



II Международная  
научно-практическая  
конференция

ЦИФРОВИЗАЦИЯ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО  
КОМПЛЕКСА

В 2-х томах  
Том I

Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Администрация Тамбовской области  
Управление регионального развития и поддержки инвестиционной деятельности Тамбовской области  
ФИЦ «Информатика и управление» РАН  
ФГБУН «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова» РАН  
АНО «Центр компетенций по цифровизации АПК»  
Ассоциация «ТПП АПК»  
Группа компаний «РУСАГРО»  
Ассоциация «Объединенный университет им. В. И. Вернадского»  
Неправительственный экологический фонд им. В. И. Вернадского  
Российская экологическая академия  
Ассоциация инженерного образования России  
ПАО «МТС»  
Белорусский государственный аграрный технический университет  
Мичуринский государственный аграрный университет  
Воронежский государственный университет инженерных технологий  
Тамбовское региональное отделение ООО «Союз машиностроителей России»  
Тамбовский государственный технический университет

**II Международная научно-практическая конференция**  
**«ЦИФРОВИЗАЦИЯ**  
**АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»**

В 2-х томах

Том I

Сборник научных статей

Тамбов, 21 – 23 октября 2020 г.

Научное электронное издание

**II International Scientific and Practical Conference**  
**“DIGITALIZATION**  
**OF AGROINDUSTRIAL COMPLEX”**

In 2 volumes

Volume I

Proceedings

Tambov, october 21 – 23, 2020

Scientific electronic publication



---

Тамбов

◆ Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ» ◆  
2020

УДК 631.5  
ББК 381+П07  
Ц75

**Редакционная коллегия:**

Муромцев Д. Ю. – ответственный редактор, проректор по научно-инновационной деятельности ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.;

Громов Ю. Ю. – заместитель председателя организационного комитета, директор Института «Автоматика и информационные технологии» ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.;

Третьяков А. А. – доцент кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.;

Никитин Д. В. – доцент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.;

Дьяков И. А. – доцент кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.;

Елизаров И. А. – доцент кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.;

Назаров В. Н. – доцент кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.;

Меньщикова В. И. – и.о. зав. кафедры «Экономика» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. экон. наук, доц.

Ц75 **Цифровизация** агропромышленного комплекса [Электронный ресурс] : сборник научных статей II Международ. науч.-практ. конф. В 2-х т. Тамбов, 21 – 23 октября 2020 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020.

Т. I. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 00,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мыш. – Загл. с экрана. – ISBN 978-5-8265-2245-5.

Включены материалы пленарных и секционных докладов, вошедших в программу II Международной научно-практической конференции «Цифровизация агропромышленного комплекса».

**Editorial team:**

Muromtsev D. Yu. – responsible editor, prorector for scientific and innovative activities of the TSTU, dr. tech. sciences, prof.;

Gromov Yu. Yu. – deputy chairman of the organizing committee, director of the Institute “Automation and information technologies” of TSTU, dr. tech. sciences, prof.;

Tretyakov A. A. – associate professor of the department “Information processes and management” of TSTU, cand. of tech. sciences;

Nikitin D. V. – associate professor of the department “Mechanics and engineering graphics” of TSTU, cand. of tech. sciences;

Dyakov I. A. – associate professor of the department “Automated decision support systems” of TSTU, cand. of tech. sciences;

Yelizarov I. A. – associate professor of the department “Information processes and management” of TSTU, cand. of tech. sciences;

Nazarov V. N. – associate professor of the department “Information processes and management” of TSTU, cand. of tech. sciences;

Menshchikova V. I. – acting head of department “Economics”, TSTU, cand. econ. sciences, associate professor

Ц75 **Digitalization** of the agro-industrial complex [Electronic resource] : proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. In 2 vol. Tambov, October 21 – 23, 2020. – Tambov : Publishing center TSTU, 2020.

Vol. I. – 1 electron. optical disk (CD-ROM). – System requirements : PC not lower than class Pentium II ; CD-ROM-drive ; 00,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; mouse. – The title from the screen. – ISBN 978-5-8265-2245-5.

The collection includes materials from plenary and section reports that were included in the program of the II International Scientific and Practical Conference “Digitalization of the Agro-Industrial Complex”.

УДК 631.5  
ББК 381+П07

*Материалы статей предоставлены в электронном виде и сохраняют авторскую редакцию.*

ISBN 978-5-8265-1944-8 (общ.)  
ISBN 978-5-8265-2245-5 (т. I)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>Секция 1. Интегрированные цифровые системы мониторинга и управления в малых сельскохозяйственных компаниях и агропромышленном комплексе</b> . . . . .	3
<i>Аггашян Р. В., Маргаров Г. И.</i> Достоверность и безопасность информации при цифровизации агропромышленных процессов . . . . .	3
<i>Алексеев В. В., Ленков Д. С., Полянский А. С.</i> Атрибутивная архитектура базы данных для организации информационной поддержки принятия решений специалистами агропромышленных комплексов по агротехническим операциям . . . . .	16
<i>Благовещенский И. Г., Благовещенская М. М., Назойкин Е. А.</i> Создание нового поколения интеллектуальных экспертных систем контроля качества сельскохозяйственного сырья, полуфабрикатов и готовых изделий . . . . .	19
<i>Елизаров И. А., Елизарова М. И., Назаров В. Н., Третьяков А. А.</i> Подход к построению системы мониторинга и управления производственными процессами в интенсивном садоводстве . . . . .	24
<i>Журавлёв Д. В., Погребной Д. С., Русанов А. В., Сафонов И. А.</i> Конвейерный алгоритм обработки изображений класса HDR+ для задач автономного мониторинга объектов агропромышленного комплекса . . . . .	27
<i>Алексеев В. В., Ленков Д. С., Полянский А. С.</i> Планирование, мониторинг и анализ использования техники на базе геоинформационной системы и спутниковой навигации . . . . .	32
<i>Артемова С. В., Каменская М. А., Чиен В. Ч.</i> Интеллектуальная система мониторинга влажности спиртовой барды . . . . .	35
<i>Артемова С. В., Каменская М. А., Чиен В. Ч.</i> Методы машинного обучения при энергосберегающем управлении энергоёмкими объектами . . . . .	39
<i>Архинов А. Е., Вехтева Н. А., Сидорчук А. О.</i> Применение адаптивных тренажерных комплексов для подготовки работников сельскохозяйственной промышленности . . . . .	43
<i>Бабич А. М., Роганов В. Р., Филиппенко В. О.</i> Возможность использования монокулярной системы технического зрения при определении расстояний между объектами . . . . .	46

<i>Балашов А. А.</i> Цифровая система мониторинга полимерного наполненного покрытия теплиц . . . . .	50
<i>Балыхин М. Г., Благоевещенский И. Г.</i> Эффективная автоматизированная система поддержки принятия решений для управления производством пищевой продукции . . . . .	53
<i>Батурина Е. В., Ивановский М. А.</i> Аналитическая модель синтеза модульной структуры программ- ных комплексов сельскохозяйственного назначения . . . . .	58
<i>Благоевещенская М. М., Благоевещенский И. Г., Соловьев М. С.</i> Использование Web-технологий для поддержки принятия реше- ний в интеллектуальных экспертных системах . . . . .	64
<i>Вехтева Н. А., Архипов А. Е.</i> Технологии визуализации в сельскохозяйственных тренажерных комплексах . . . . .	69
<i>Волков А. А., Обухов А. Д.</i> Организация потоковой передачи данных для автоматизации управления сельскохозяйственной техникой . . . . .	72
<i>Гордеев А. С., Каширин Ю. А.</i> Исследование плотности почвы с применением цифрового устройства . . . . .	76
<i>Грибков А. Н., Залукаева Н. Ю., Шамкин В. Н.</i> Функциональная модель процесса построения интеллектуальных информационно-управляющих систем многомерными техноло- гическими объектами агропромышленного комплекса . . . . .	83
<i>Благоевещенский В. Г., Благоевещенская М. М., Бесфамильная Е. М.</i> Использование методов визуальной корреляции для анализа данных от различных источников . . . . .	87
<i>Дергунова Е. С., Крисанова М. В., Калмыкова Е. Н.</i> Система RGB-мониторинга «загара» яблок при хранении . . . . .	92
<i>Ищук И. Н., Долгов А. А.</i> Методы оценки теплофизических свойств материалов по разно- временным изображениям ИК-диапазона длин волн . . . . .	94
<i>Дубровина С. В., Немтинов В. А.</i> Решение задачи оптимизации структуры посевных площадей для крестьянско-фермерского хозяйства . . . . .	98
<i>Дьяков И. А.</i> Автоматизированная система контроля концентрации CO, NO, NH <sub>3</sub> в воздухе рабочей зоны . . . . .	101

<i>Благовещенский И. Г., Благовещенский В. Г., Назойкин Е. А., Петряков А. Н.</i>	
Интеллектуальный анализ данных для систем поддержки принятия решений диагностики процессов производства пищевой продукции . . . . .	105
<i>Залукаева Н. Ю., Грибков А. Н.</i>	
Логистические задачи в системах энергосберегающего управления теплотехнологическими объектами агропромышленного комплекса . . . . .	110
<i>Зимняков А. М.</i>	
Технохимические методы контроля в пищевой промышленности . . . . .	113
<i>Ищук И. Н., Глинчиков С. Н.</i>	
Определение прочностных характеристик композитных материалов по данным инфракрасного мониторинга . . . . .	117
<i>Картечина Н. В., Абадуев Р. Н., Чиркин С. О.</i>	
Разработка мобильного приложения под Android для управления «Умной теплицей» . . . . .	121
<i>С. Н. А. Аль Кнфер</i>	
Интегрированная цифровая система управления поставкой и отправкой на переработку сахарной свеклы . . . . .	128
<i>Ищук И. Н., Ивановский М. А., Данилкин С. В., Уланов А. О.</i>	
Использование сетевого подхода для решения двухмерных задач теплопроводности в грунте . . . . .	131
<i>Кошелев Е. В., Минин Ю. В.</i>	
Подсистема выбора класса задач распределения ресурсов информационных систем сельскохозяйственных компаний . . . . .	135
<i>Криволапов И. П., Пукальчик М. А., Тарова З. Н., Бобрович Л. В., Коротков А. А., Гречушкина К. С.</i>	
Возможность применения БПЛА для повышения точности результатов таксационной оценки плодовых деревьев . . . . .	138
<i>Лелюхин А. С., Муслимов Д. А., Чесноков И. С., Волобуев И. А.</i>	
Измерение спектральных распределений фотонного излучения при радиационной обработке . . . . .	143
<i>Лихачев М. А., Мелешенко П. А.</i>	
Возможности применения беспилотного летательного аппарата для мониторинга антропогенных ландшафтов с применением элементов искусственного интеллекта . . . . .	147
<i>Мазалов А. Н.</i>	
Применение метода рационального размещения ресурсов по узлам распределенной информационной системы мониторинга и управления . . . . .	152

<i>Мелешенко П. А., Кулаков Ю. В., Дидрих И. В., Карева Н. А.</i> Постановка и метод решения задачи управления БПЛА в рамках функционирования информационной системы мониторинга сельскохозяйственного предприятия . . . . .	155
<i>Михеев М. Ю., Прокофьев О. В., Сёмочкина И. Ю.</i> Аграрные системы поддержки принятия решений . . . . .	158
<i>М. Х. АльРуешд</i> Интегрированная цифровая система управления материально- техническими ресурсами в НИИ сельского хозяйства . . . . .	164
<i>Муромцев Д. Ю., Тюрин И. В., Токарев Р. А.</i> Особенности реализации интеллектуальных информационно- управляющих систем для энергоёмких объектов агропромыш- ленного комплекса . . . . .	167
<i>Николюкин М. С., Обухов А. Д., Зверев М. В.</i> Адаптивное управление процессами передачи информации в автоматизированных сельскохозяйственных системах . . . . .	171
<i>Печерский Д. К., Назойкин Е. А., Благовещенский И. Г., Благовещенский В. Г.</i> Создание базы данных для информационно-аналитического сервиса подбора персонализированного рациона питания . . . . .	174
<i>Подашевская Е. И.</i> Применение методологии дискретного программирования в решении задач распределительной логистики . . . . .	179
<i>Потанин А. С.</i> Мобильное приложение для агронома-технолога . . . . .	183
<i>Пьяных Н. С., Немтинов В. А.</i> Оптимальная трассировка газораспределительной сети низкого давления сельских поселений . . . . .	186
<i>Роганов В. Р., Роганова Э. В., Герасименко А. В.</i> К вопросу о расчете показателей надежности систем активного резервирования . . . . .	190
<i>Подашевская Е. И.</i> Моделирование алгоритма принятия решений в сфере АПК . . . . .	193
<i>Родионов Д. А., Лазарев С. И.</i> Исследование состава молочной сыворотки с использованием цифровых TDS-, PH-, ЕС-тестеров . . . . .	199
<i>Русецкий И. Ю., Бурак Д. А., Левиунов С. А.</i> Программный модуль системы мониторинга освоения агроинже- нерных специальностей . . . . .	202

<i>Сазонов С. Н.</i> Анализ технической эффективности использования ресурсов в фермерских хозяйствах . . . . .	207
<i>Герасимович Л. С., Сапун О. Л.</i> Интегрированная цифровая система расчета энергосберегающих проектов предприятий АПК . . . . .	211
<i>Селиванова З. М.</i> Оценка точности информационно-измерительной и управляю- щей системы при решении задач контроля качества экологиче- ских строительных материалов для объектов агропромышлен- ного комплекса . . . . .	215
<i>Сукачев А. И., Сукачева Е. А., Попов Д. А., Кондауров К. С.</i> Разработка мобильной метеостанции для задач фермерского хозяйства . . . . .	219
<i>Титов Е. А., Селиванов А. Ю., Андреев Д. С.</i> Модели прогнозирования влажности почвы на основе методов машинного обучения в условиях неполных данных . . . . .	223
<i>Тяпкин В. Н., Ищук И. Н., Громов Ю. Ю.</i> Методы тепловой томографии при обработке данных инфра- красного мониторинга . . . . .	226
<i>Сукачев А. И., Сукачева Е. А., Попов Д. А., Татаринцев Е. С.</i> Информационная система мониторинга состояния сельскохозяй- ственных полей . . . . .	232
<i>Тяпкин В. Н., Елисеев А. И., Шахов Н. Г., Казанцев В. Д.</i> Использование методов машинного обучения для анализа изоб- ражений сельскохозяйственных полей с целью оценки урожай- ности зерновых культур . . . . .	238
<i>Fedosenkov D. B., Simikova A. A., Yeroshevitch K. V., Fedosenkov B. A.</i> On Parameters of Scalar Feeding Flow Rate Signals in the Mixture- Producing Aggregate . . . . .	241
<i>Ищук И. Н., Филимонов А. М.</i> Статистическая обработка динамических инфракрасных изобра- жений дистанционного мониторинга . . . . .	244
<i>Фролов С. С., Шатиллов Д. А.</i> Паразитный спектр тока рекуперации при принудительном раз- ряде в сеть аккумуляторных батарей при управлении процессом сигналом с ОДШИМ-2 . . . . .	249
<i>Fedosenkov D. B., Simikova A. A., Sulimova A. A., Fedosenkov B. A.</i> Technical Realization of the Computer-Aided System Controlling the Mixture-Producing Processes by Means of Wavelet Transforms . . . . .	253



<i>Фролов С. С.</i>	
Оценка метрологических требований к неинвазивному фотоплетизмографическому измерителю концентрации глюкозы . . . . .	257
<i>Муромцев Д. Ю., Ковергин Р. Е., Крынков М. А., Шамкин В. Н., Шибурина И. О.</i>	
К вопросу о функциональном моделировании процесса построения информационно-управляющей системы дестабилизационной оптимизации режимов сложного технологического объекта . . . . .	261
<i>Шибанов Э. Д., Благовеценский И. Г., Благовеценская М. М.</i>	
Обзор систем технического зрения, применяемых в 3D-печати . . . . .	264
<i>А. А. Аль-Раммахи, Ф. А. Сарн</i>	
Повышение эффективности кластеризации на основе нечеткого SimHash-алгоритма с-средних для аналитики больших данных . . . . .	269
<i>А. А. Аль-Раммахи, Ф. А. Сарн</i>	
Кластеризация данных с использованием генетического алгоритма . . . . .	275
<i>А. А. Аль-Раммахи, Ф. А. Сарн</i>	
Кластеризация данных с помощью Даве–Сена и нечетких с-средних: сравнительное исследование . . . . .	280
<b>Секция 2. «Умное» сельское хозяйство и предпринимательство.</b>	
<b>«Интернет вещей» для удовлетворения спроса на продукты здорового питания . . . . .</b>	<b>287</b>
<i>Завражнов А. А., Завражнов А. И., Ланцев В. Ю.</i>	
Принципы безтракторного земледелия в современном сельском хозяйстве . . . . .	287
<i>Волиенкова Е. С., Фролов Д. И.</i>	
Влияние удобрения с применением микроводоросли хлореллы на урожайность томатов . . . . .	293
<i>Громов Ю. Ю., Дидрих В. Е., Минин Ю. В., Микенин Д. В.</i>	
Системы управления структурами беспилотных летательных аппаратов в условиях сложной радиоэлектронной обстановки . . . . .	297
<i>Дидрих И. В., Дидрих В. Е., Ивановский М. А., Провоторов А. А.</i>	
Модель выбора и распределения ресурсов сетевцентрической системы энергосберегающего управления для проекта «Умный сад» . . . . .	299
<i>Дмитриев Д. Д., Шахов Н. Г., Нурутдинов Г. Н., Гребенников А. В.</i>	
Оценка качества использования засеянных сельскохозяйственных земель с помощью анализа изображений, полученных с беспилотных летательных аппаратов . . . . .	304

<i>Дидрих И. В., Дидрих В. Е., Ивановский М. А., Провоторов А. А.</i> Повышение качества классификации изображений путем использования нечеткой логики в системах мониторинга сельскохозяйственных работ . . . . .	307
<i>Штыркина Т. В., Сарр А., Дергунова Е. С., Калмыкова Е. Н.</i> Флуориметрическое определение антоцианидинов в садовых растениях . . . . .	312
<i>Караваева Ю. С., Штыркина Т. В., Коровина С. А., Дергунова Е. С., Калмыкова Е. Н.</i> Особенности выделения флавоноидов из айвы и малины . . . . .	315
<i>Коровина С. А., Штыркина Т. В., Караваева Ю. С., Дергунова Е. С., Калмыкова Е. Н.</i> Извлечение флавоноидов из красной и черноплодной рябины . . .	318
<i>Рыженко Д. Д., Гончаров В. В., Красникова Е. М.</i> Исследование микроудобрений на основе аминокислот в технологии возделывания рапса . . . . .	321
<i>Елизаров И. А., Назаров В. Н., Третьяков А. А.</i> Использование RFID-технологий в системах мониторинга в животноводстве . . . . .	325
<i>Нетесов Е. Ю., Зацепина В. И.</i> Особенности систем управления в дождевальными машинами кругового типа . . . . .	329
<i>Парфиров А. В., Дмитриев Д. Д., Петросян Я. В.</i> Цифровая система мониторинга техногенных объектов робототехническими комплексами воздушного базирования . . . . .	332
<i>Парфиров А. В., Громов Ю. Ю., Минин Ю. В., Фетищева И. Ю.</i> Нечеткая модель управления движением беспилотных летательных аппаратов в рамках функционирования информационной системы мониторинга сельскохозяйственного предприятия . . . . .	337
<i>Погонин В. А., Нагорнов С. А., Корнев А. Ю.</i> «Умный» нефтесклад как неотъемлемый компонент перехода к «интеллектуальному» сельскому хозяйству . . . . .	340
<i>Алексенцев Д. С., Попов А. И.</i> Оптимизация внесения удобрений . . . . .	343
<i>Селиванова П. И., Иванова И. В., Скоморохова А. И., Зорина О. А.</i> Разработка рецептуры вареников на основе картофеля и грибов «вешенка» . . . . .	346
<i>Соловченко А. Е., Ткачев Е. Н., Цуканова Е. М., Шурыгин Б. М., Хрущев С. С., Конюхов И. В., Птушенко В. В.</i> Фотосинтетическая активность древесных растений в период зимнего покоя и ее неинвазивный мониторинг . . . . .	352

<i>Ищук И. Н., Тельных Б. К., Тяпкин В. Н.</i>	
Расчет оптимального маршрута беспилотного летательного аппарата в задачах воздушного мониторинга с применением глубокого обучения нейронных сетей с подкреплением . . . . .	356
<i>Теплякова П. С., Штыркина Т. В., Дергунова Е. С., Калмыкова Е. Н.</i>	
Спектрофотометрическое определение рутина в водных растворах . . . . .	359
<i>Елизаров И. А., Назаров В. Н., Третьяков А. А.</i>	
Использование элементов «интернета вещей» в системах управления микроклиматом . . . . .	362
<i>Филимонов А. М., Елисеев А. И., Данилкин С. В., Карева Н. А.</i>	
Методы анализа изображений, полученных с беспилотных летательных аппаратов, для определения дефектов сельскохозяйственных земель перед посевными работами . . . . .	368
<i>Фролов Д. И., Курочкин А. А.</i>	
Влияние температуры и содержания влаги на физико-химические свойства экструдированных продуктов из овса . . . . .	371
<i>Шабурова Г. В., Гарькина П. К.</i>	
Разработка рецептуры изделий повышенной биологической ценности из дрожжевого теста . . . . .	374
<i>Шматкова Н. Н.</i>	
Перспективы применения обогащающих добавок из нетрадиционного растительного сырья . . . . .	377
<i>Щур А. В., Валько В. П., Синельников В. М., Попов А. И.</i>	
Инновационное обновление АПК при внедрении биотехнологической системы земледелия . . . . .	385
<i>Сукачев А. И., Сукачева Е. А., Сафонов И. А., Новиков А. А.</i>	
Система биометрической идентификации водителя сельскохозяйственной техники . . . . .	388
<i>Епифанова К. А., Роганова Э. В., Амури Саер, Есимова Н.</i>	
К задаче создания роботизированных комплексов «Умная теплица» . . . . .	393
<i>Завражнов А. А., Ланцев В. Ю., Мишин Б. С., Елизаров И. А., Крецу Н. И.</i>	
Современные сеялки точного высева как интеллектуальные мехатронные системы . . . . .	401
<i>Kliorova I., Budrys R. P.</i>	
New Biotechnologies for Bio-Waste Processing in Agricultural Complex . . . . .	408
<i>Bernardo Buonomo, Lucia Capasso, Oronzio Manca, Sergio Nardini.</i>	
Solar Chimney with Integrated Latent Thermal Storage Applications in Agro-industrial Complex . . . . .	413

**Секция 1**  
**ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ**  
**МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ**  
**В МАЛЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМПАНИЯХ**  
**И АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

---

---

УДК 378.147

**Р. В. Аггашян, Г. И. Маргаров**

(Национальный политехнический университет Армении, Ереван,  
Республика Армения, e-mail: rubag@seua.am, gmargarov@gmail.com)

**ДОСТОВЕРНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ**  
**ПРИ ЦИФРОВИЗАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ**  
**ПРОЦЕССОВ**

*Аннотация.* Рассмотрены предпосылки и основные направления цифровизации экономики, включая и агропромышленный комплекс, а также возникающие при этом потенциальные угрозы достоверности и безопасности информации. Приведена степень достоверности информации, доступной в цифровой среде. Выявлены профессиональные и персональные риски при размещении информации в цифровой среде. Предложены общедоступные меры и практические рекомендации по снижению рисков информационной безопасности.

*Ключевые слова:* цифровизация, агропромышленный комплекс, достоверность информации, безопасность информации, профессиональные риски, персональные риски.

**R. V. Aghgashyan, G. I. Margarov**

(National Polytechnic University of Armenia, Yerevan,  
Republic of Armenia)

**INFORMATION RELIABILITY AND SECURITY**  
**IN DIGITALIZATION OF AGRO-INDUSTRIAL PROCESSES**

*Abstract.* The prerequisites and main directions of digitalization of the economy, including the agro-industrial complex, and the caused potential threats to the reliability and security of information are considered. The level of reliability of information accessible in the digital environment is presented. The professional and personal risks arising when placing information in the digital environment are explored. Widely available measures and practical recommendations for mitigating information security risks are proposed.

*Keywords:* digitalization, agro-industrial complex, information reliability, information security, professional risks, personal risks.

В последние годы наметилась устойчивая тенденция цифровизации экономики, которую можно рассматривать как новую форму экономического и социального развития. По существу, речь может идти о формировании новой цифровой экономики, которая формулируется как новый тактический инструмент ведения народного хозяйства, где оцифрованные знания и данные являются ключевым производственным фактором. При этом современные информационные сети, в том числе Интернет, выступают носителем информации, а цифровые технологии – движущей силой повышения производительности и оптимизации структуры экономики [1].

Именно стремительное развитие информационных сетей и цифровых технологий являются главными предпосылками цифровизации экономики, в том числе и агропромышленного комплекса, как одной из важнейших ее составляющих. В аграрном секторе цифровизация в первую очередь может коснуться таких аспектов, как совершенствование сельхозтехники и производственных процессов на основе «умных» решений, комплексное планирование аграрных технологий и отслеживание (мониторинг) качества сельхозпродукции на основе специализированных информационных систем, реорганизация сельской торговли на основе цифровых торговых платформ и других [2]. При этом основными тенденциями цифровизации могут являться переход от отдельных цифровых технологий к цифровой интеграции и автоматизации, а также переход от единообразных форм информационного обслуживания к более гибкому обслуживанию «на заказ» по запросам аграриев.

На самом деле цифровизация значительно более широкое понятие и, естественно, люди используют цифровые технологии и инструменты не только в производственной деятельности, но и в общественной, социальной и бытовой сферах. Следует отметить, что не производственные применения составляют значительную часть взаимодействия человека с цифровой средой, которая предоставляет возможность общаться с коллегами, родственниками и друзьями в разных городах и странах. Цифровые инструменты могут широко использоваться для саморазвития, предоставляя возможность доступа к разным источникам информации. Это особенно актуально для сельской местности, где традиционные источники информации и услуги, как правило, менее доступны.

Подобная широкая доступность информации и простота ее размещения в цифровой среде, будучи очень полезными и удобными для

пользователей, одновременно создают благодатную почву для возникновения потенциальных угроз достоверности и безопасности информации. Наряду с полезной и достоверной информацией в цифровой среде часто можно встретить фальсифицированную и откровенно ложную информацию (дезинформацию), навязанную в рекламных или даже криминальных целях спам-информацию, а также иную бесполезную или вредоносную информацию. В конечном итоге все это в определенном смысле можно считать дезинформацией.

Дезинформация в Интернете, особенно ложная и неточная информация в форме новостей и псевдонаучных публикаций, стала серьезной угрозой и может иметь пагубные последствия как для социально-общественных, так и производственно-экономических процессов, включая агропромышленные. Для борьбы с дезинформацией и изучения этого феномена в мире мобилизованы усилия многих учебных и специализированных организаций. В частности, недавние исследования [3] показывают, что такие факторы сообщения, как источник, несоответствия, субъективность, сенсационность или манипулируемые изображения кажутся менее важными для оценки статей как дезинформация, чем индивидуальные различия и особенности.

Выявлено также, что около 60% пользователей, включая и представителей агропромышленного сектора, получают информацию преимущественно из социальных сетей, в которых около 70% составляет, по сути, дезинформация [4]. Нужно согласиться, что развитие Интернета, с одной стороны, широко распахнуло двери потокам дезинформации, но с другой – и создало возможность проверять информацию и распространять опровержения. Уже существуют и продолжают разрабатываться множество онлайн-инструментов обнаружения и блокирования дезинформации, призванных бороться с существующей угрозой [5].

Анализ показывает, что для проактивного предупреждения рисков при работе в цифровом пространстве необходимо обеспечить безопасность и конфиденциальность информации при соблюдении надежной аутентификации пользователей. При этом необходимо иметь в виду, что риски нарушения безопасности и конфиденциальности могут быть связаны не только с целенаправленными действиями злоумышленников, но и с непреднамеренным раскрытием информации самими пользователями.

Профессиональные и персональные риски при размещении информации в цифровой среде могут нанести вред:

- служебной информации, в результате ее некорректного размещения, что в свою очередь может привести к нежелательным последствиям, связанным с ее разглашением;
- профессиональной репутации, в результате размещения неподобающих сведений, которые могут стать угрозой для общественных и карьерных перспектив пользователя;
- личным отношениям, в результате публикации импульсивных комментариев и фотографий, которые могут отрицательно отразиться на взаимоотношениях пользователя с коллегами, друзьями и знакомыми;
- личной безопасности, в результате размещения сведений личного характера, что может создать реальную угрозу безопасности и даже жизни пользователя.

При этом необходимо иметь в виду, что указанные риски могут возникнуть не только для самого пользователя, но и в отношении других лиц, в частности его контактов по цифровой среде.

Таким образом, можно заключить, что обеспечение достоверности и безопасности информации при любой цифровизации, включая и цифровизацию агропромышленных процессов, является актуальной задачей, которая решается путем обеспечения высокого уровня общественной осведомленности и следования ранее предложенным общедоступным мерам и практическим рекомендациям [6].

#### ***Список использованных источников***

1. Kirton, J. J. G20 Governance of Digitalization / J. J. Kirton, B. Warren // International Organizations Research Journal. – 2018. – V. 13, No. 2. – P. 16 – 41.
2. Kovács, I. The role of digitalization in the agricultural 4.0 – how to connect the industry 4.0 to agriculture? / I. Kovács, I. Husti // Hungarian Agricultural Engineering. – 2018. – No. 33. – P. 38 – 42.
3. When is Disinformation (In) Credible? Experimental Findings on Message Characteristics and Individual Differences / L. Schaewitz, J. P. Kluck, L. Klösters, N. C. Krämer // Mass Communication and Society. – Feb 22, 2020. – P. 1 – 26.
4. Гунгер, В. 70 процентов информации в социальных сетях является заведомо ложной / В. Гунгер // Вечерний Бишкек, 16.06.2020, [Электронный ресурс]. – URL : [https://www.vb.kg/doc/389015\\_70\\_percentov\\_informacii\\_v\\_socialnyh\\_setiah\\_iavliaetsia\\_zavedomo\\_lojnoj.html](https://www.vb.kg/doc/389015_70_percentov_informacii_v_socialnyh_setiah_iavliaetsia_zavedomo_lojnoj.html) (дата обращения: 22.07.2020).

5. Fighting Disinformation Online, A Database of Web Tools, [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.rand.org/research/projects/truth-decay/fighting-disinformation.html> (дата обращения: 22.07.2020).

6. Аггашян, Р. В. Анализ современных угроз информационной безопасности в системах виртуального моделирования / Р. В. Аггашян, Г. И. Маргаров // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – Вып. 5, Т. 1. – С. 14 – 19.

### *References*

1. Kirton, J. J. G20 Governance of Digitalization / J. J. Kirton, B. Warren // International Organizations Research Journal. – 2018. – V. 13, No. 2. – P. 16 – 41.

2. Kovács, I. The role of digitalization in the agricultural 4.0 – how to connect the industry 4.0 to agriculture? / I. Kovács, I. Husti // Hungarian Agricultural Engineering. – 2018. – No. 33. – P. 38 – 42.

3. When is Disinformation (In) Credible? Experimental Findings on Message Characteristics and Individual Differences / L. Schaewitz, J. P. Kluck, L. Klösters, N. C. Krämer // Mass Communication and Society. – Feb 22, 2020. – P. 1 – 26.

4. Gunger, V. 70 protsentov informatsii v sotsial'nykh setyakh yavlyayetsya zavedomo lozhnoy / V. Gunger // Vecherniy Bishkek, 16.06.2020, [Electronic resource]. – URL: [https://www.vb.kg/doc/389015\\_70\\_procentov\\_informacii\\_v\\_socialnyh\\_setiah\\_iavliaetsia\\_zavedomo\\_lojnoy.html](https://www.vb.kg/doc/389015_70_procentov_informacii_v_socialnyh_setiah_iavliaetsia_zavedomo_lojnoy.html) (access date: 22.07.2020).

5. Fighting Disinformation Online, A Database of Web Tools, [Electronic resource]. – URL: <https://www.rand.org/research/projects/truth-decay/fighting-disinformation.html> (access date: 22.07.2020).

6. Aggashyan, R. V. Analiz sovremennykh ugroz informatsionnoy bezopasnosti v sistemakh virtual'nogo modelirovaniya / R. V. Aggashyan, G. I. Margarov // Virtual'noye modelirovaniye, prototipirovaniye i promyshlennyy dizayn. – Tambov : TGTU, 2018. – Vyp. 5, Tom 1. – S. 14 – 19.



УДК 681.5

**В. В. Алексеев, Д. С. Ленков, А. С. Полянский**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
Тамбов, Россия, e-mail: vvalex1961@yandex.ru)

**АТРИБУТИВНАЯ АРХИТЕКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ  
ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СПЕЦИАЛИСТАМИ  
АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ  
ПО АГРОТЕХНИЧЕСКИМ ОПЕРАЦИЯМ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к организации архитектуры базы данных для информационной поддержки принятия решений специалистами агропромышленных комплексов по агротехническим операциям. Приведены основные атрибуты базы данных, необходимые для принятия управленческих решений.

*Ключевые слова:* архитектура, база данных, платформа, геоинформационная система, электронная карта, цифровая модель местности, информационная поддержка принятия решений.

**V. V. Alekseev, D. S. Lenkov, A. S. Polyansky**  
(Tambov State Technical University, Department of Information  
Systems and Information Protection, Tambov, Russia)

**ATTRIBUTE ARCHITECTURE OF THE DATABASE  
FOR ORGANIZING INFORMATIONAL SUPPORT  
OF DECISION-MAKING BY SPECIALISTS  
OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEXES  
FOR AGROTECHNICAL OPERATIONS**

*Abstract.* The approach to organizing the database architecture for information support for decision-making by specialists of agro-industrial complexes on agrotechnical operations is considered. The main attributes of the database needed to make management decisions are presented.

*Keywords:* architecture, database, platform, geo-information system, electronic map, digital terrain model, decision-making information support.

Развитие сельского хозяйства должно идти по пути обеспечения высокой эффективности и рентабельности производства. В этой связи создание новых технологий управления экономическими объектами должно базироваться на системном подходе при широком использовании информационных технологий и технических средств обработки и передачи информации. При этом управление как экономическая категория представляет собой замкнутый цикл следующих функций:

анализ, планирование, организация, информационное обеспечение, контроль, регулирование, мотивация. Связующим звеном для них является информационное обеспечение, так как без соответствующей информации невозможна практическая реализация ни одной из вышеперечисленных функций.

Для обеспечения руководителей необходимой для принятия управленческих решений информацией на платформе геоинформационной системы (ГИС) создается база данных, содержащая:

– цифровую модель местности, на которой осуществляются агротехнические операции;

- сведения о дистанционном зондировании;
- информацию о свойствах и характеристиках почв;
- карты посевов по годам;
- историю обработки полей и т.д.

При разработке системы поддержки принятия решений (СППР) обычно используются имеющиеся базы данных предприятий, но практика показывает, что они очень «бедны» для извлечения из них значимой информации, так как разрабатывались для решения учетных, а не управленческих задач.

Для более эффективного использования агрономическая ГИС должна содержать многослойную электронную карту хозяйства и атрибутивную базу данных истории полей с информацией о всех агротехнических мероприятиях. Обязательно должны быть включены слои мезорельефа, сведения о крутизне склонов и их экспозиции, микроклимате, уровне грунтовых вод, содержании гумуса в почве и т.д.

Атрибутивная база данных, содержащая данные различного характера, связана со слоями электронной карты.

Привязку начинают с гидрографической сети, овражно-балочного комплекса, в большинстве случаев дополняют дорожной сетью и другими объектами. К конкретным объектам цифровой карты также привязывают пользовательские базы данных, включающие информацию о посевных площадях, данные о состоянии почв и др.

Задачей соответствующей информационной технологии (ИТ) становится максимальная автоматизация всех этапов производственного цикла для сокращения потерь, повышения продуктивности бизнеса, оптимального управления ресурсами. Но даже в этом случае результат относится только к растениям, готовым к сбору урожая, или животным, но не гарантирует получение прибыли, так как урожай еще необходимо собрать, хранить, осуществлять первичную обработку и транспортировать до покупателя/потребителя.

Дальнейшая автоматизация процесса управления представляет собой более высокий уровень цифровой интеграции, который затраги-

вает сложнейшие организационные изменения в бизнесе, однако их реализация способна кардинально повлиять на прибыль и конкурентоспособность продукции и компании в целом. Интеграция получаемых данных с различными интеллектуальными ИТ-приложениями, производящими их обработку в режиме реального времени, осуществляет революционный сдвиг в принятии решений для фермера, предоставляя результаты анализа множественных факторов и обоснование для последующих действий. При этом, чем больше датчиков, сенсоров и полевых контроллеров подключены в единую сеть и обмениваются данными, тем более умной становится информационная система и больше полезной информации для пользователя она способна предоставить.

Для решения задач комплексного анализа данных в сельском хозяйстве используются электронные карты с результатами спутниковых геодезических измерений. Использование таких методов позволяет получать детализированную информацию об обширных территориях (сельскохозяйственное предприятие, административный район и т.д.), возможность определения конфигурации полей, их ориентировки, площади, направления вспашки, состояния полей на момент съемки и способствует оперативной оценке сельскохозяйственных угодий.

Таким образом, создание системы информационной поддержки процессов принятия решений на основе ГИС-технологий позволяет повысить общую эффективность сельскохозяйственного производства за счет предоставления актуальной аналитической информации по всему комплексу необходимых параметров для принятия оптимальных и своевременных управленческих решений.

#### ***Список использованных источников***

1. Фаулер, М. Предметно-ориентированные языки программирования / М. Фаулер ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2011. – 576 с.
2. Яковлев, К. С. Графовые модели в задаче планирования траектории на плоскости / К. С. Яковлев, Е. С. Баскин // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2013. – № 1. – С. 5 – 12.

#### ***References***

1. Fowler M. Subject-oriented programming languages / M. Fowler ; per. s angl. – М. : Publishing house “William”, 2011. – 576 p.
2. Yakovlev, K. S. Graph models in the problem of trajectory planning on a plane / K. S. Yakovlev, E. S. Baskin // Artificial intelligence and decision-making. – 2013. – No. 1. – P. 5 – 12.

**И. Г. Благовещенский, М. М. Благовещенская, Е. А. Назойкин**  
(ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», кафедра «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами», Москва, Россия,  
e-mail: igblagov@mgupp.ru, mmb@mgupp.ru, nazojkinea@mgupp.ru)

## **СОЗДАНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА С/Х СЫРЬЯ, ПОЛУФАБРИКАТОВ И ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Аннотация.* Статья посвящена методологии создания нового поколения интеллектуальных экспертных систем автоматического контроля качества сельскохозяйственного сырья, полуфабрикатов и готовых изделий для организации на их основе эффективного производства продуктов питания. Типичным классом подобных объектов являются технологические процессы производства пищевой продукции. Решение этой задачи направлено на повышение уровня автоматизации управления, расширение автоматизации интеллектуальных функций человека, сокращение доли человеческого труда в промышленном производстве, повышение качества производимой продукции.

*Ключевые слова:* экспертные системы, автоматический контроль, прогнозирование в потоке, качество сырья и продуктов питания.

**I. G. Blagoveshchenskiy, M. M. Blagoveshchenskaya, E. A. Nazoykin**  
(Moscow State University of Food Production,  
Department of Automated Control Systems  
for Biotechnological Processes, Moscow, Russia)

## **CREATION OF A NEW GENERATION OF INTELLIGENT EXPERT SYSTEMS FOR QUALITY CONTROL OF AGRICULTURAL RAW MATERIALS, SEMI-FINISHED PRODUCTS AND FINISHED PRODUCTS**

*Abstract.* The article is devoted to the methodology of creating a new generation of intelligent expert systems for automatic quality control of agricultural raw materials, semi-finished products and finished products for organizing efficient food production on their basis.

The use of situational management, based on intelligent expert knowledge systems of managerial specialists (technologists), as well as modern information technologies for knowledge processing, makes it possible to create effective automated control systems for such objects for which there is no complete a priori information about quality parameters or such information is contradictory. A typical class of such objects is technological processes of food production.

Methods, algorithms, methodological support for building intelligent expert control systems in the flow and predicting food quality indicators in the production process are described. The main tasks, structure and development stages of IES are presented. It is shown that the main categories of tasks solved by this IES are: control, observation (monitoring), forecasting and support for making managerial decisions to regulate food production processes.

The use of situational control, based on expert knowledge systems of technologists, as well as modern information technologies for knowledge processing, allows creating effective automated control systems for such objects for which there is no complete a priori information about the parameters of the flow of production processes or such information is contradictory. A typical class of such objects is technological processes of food production.

At the same time, it becomes possible to adapt control as experience accumulates in the implementation of technological processes. The article presents the goal of this research study: ensuring the transition to advanced digital, intelligent production technologies for creating safe and high-quality food products through the development of an intelligent module for supporting technological decisions on food safety based on machine learning using neural network technologies and computer vision systems.

The tasks of scientific research for the implementation of the intended goal are shown. The solution to this problem is aimed at increasing the level of control automation, expanding the automation of human intellectual functions, reducing the share of human labor in industrial production, and improving the quality of products.

*Keywords:* intelligent software and information expert systems, automatic control, forecasting in the flow, quality of raw materials and food.

В данном исследовании рассматривается проблема создания нового поколения интеллектуальных программно-информационных экспертных систем автоматического контроля и прогнозирования органолептических показателей качества сельскохозяйственного сырья, полуфабрикатов и готовых изделий для организации на их основе ресурсосберегающего производства безопасных продуктов питания, что соответствует следующему направлению из Стратегии НТР РФ: Н1 Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта. Наличие опыта разработки и использования в отраслях пищевой промышленности систем компьютерного зрения и нейросетевых технологий в производственных целях дает возможность формализации данной проблемной области и обеспечивает основы для разработки и проектирования интеллектуальных программно-информационных систем, основанных на знаниях и опыте экспертов.

В качестве интеллектуального ядра создания интеллектуальных экспертных систем удобно использовать модель искусственных нейронных сетей (ИНС) [1 – 6]. При этом методы обучения ИНС не требуют построения явных алгоритмических зависимостей. Согласно данной технологии построение интеллектуальных экспертных сетей (ИЭС) происходит на основе накопленной базы знаний (БЗ) о рассматриваемой задаче [7]. Формирование баз знаний (БЗ) ИЭС осуществляется при совместной работе пользователей и экспертов в исследуемой предметной области на основе анализа полученных структурно-параметрических, математических и ситуационных моделей исследуемых процессов производства пищевых изделий. Затем, при получении необходимого объема БЗ, происходит построение интеллектуальной модели задачи контроля и прогнозирования качества исследуемой пищевой продукции.

Моделирование осуществляется с помощью построения и обучения ИНС на основе накопленной БЗ.

Предлагаемая технология была реализована за счет разработки специализированного программного комплекса (ПрК), в состав которого входят три основных компонента: информационная часть; компонента импортирования данных (интегратор); модуль работы с ИНС. Информационная часть обеспечивает накопление, хранение и предоставление информации, а также реализует интерфейс конечного пользователя.

Модуль работы с ИНС обеспечивает автоматизированное формирование интеллектуального ядра ИЭС контроля в потоке и прогнозирования качества пищевой продукции. В основу работы данного компонента положен алгоритм самоорганизации и подбора архитектуры ИНС. Результатом работы компонента является интеллектуальная модель объекта, по ходу работы системы принимающая соответствующие состояния. Модель может находиться в трех состояниях: построения, доучивания и классификации. В процессе построения интеллектуальной модели объекта происходит выявление взаимосвязей и зависимостей между входными параметрами объекта и соответствующими выходными состояниями. Построенная модель определяет выходное состояние объекта по вновь поступающим входным данным. На основе определенного выходного состояния происходит классификация поступившей информации.

Все вышеописанные компоненты являются взаимосвязанными частями единого ПрК ИЭС контроля и прогнозирования качества пищевой продукции. Каждому этапу соответствует реализация опре-

деленных задач. Предложенный специализированный нейросетевой модуль позволяет осуществлять построение и поддержку дальнейшего функционирования нейросетевой ИЭС контроля в потоке и прогнозирования показателей качества пищевой продукции. Связующим звеном всей системы будет библиотека решений нейрокибернетических задач, содержащая БЗ по полученным решениям. Задача управления процессом моделирования включает в себя обеспечение данными объекта моделирования, получение доступа к архитектуре вычислений, их визуализацию, влияние на процесс обучения, возможность замены внутренней информации сети и ее настройки.

В архитектуре ИЭС контроля и прогнозирования качества пищевой продукции различают следующие уровни представления знаний: уровень пользователя – проблемно-ориентированный; уровень, ориентированный на знания, представленные на языке программирования системы и системный уровень (биты) – внутрикомпьютерное представление.

Важную роль при создании ИЭС играют инструментальные средства. Среди инструментальных средств для создания ИЭС наиболее популярны такие языки программирования, как LISP и PROLOG, а также экспертные системы-оболочки (ЭСО): KEE, CENTAUR, G2 и GDA, CLIPS, АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, предоставляющие в распоряжение разработчика – инженера по знаниям широкий набор для комбинирования систем представления знаний, языков программирования, объектов и процедур [3 – 7].

Представленный подход позволяет обеспечить создание нового поколения интеллектуальных экспертных систем автоматического контроля качества сельскохозяйственного сырья, полуфабрикатов и готовых изделий для организации на их основе эффективного производства продуктов питания.

### ***Список использованных источников***

1. Благовещенский, И. Г. Экспертная интеллектуальная система мониторинга процесса формирования помадных конфет с использованием системы технического зрения / И. Г. Благовещенский, С. М. Носенко. – М. : Пищевая промышленность, 2015. – № 6. – С. 32 – 36.
2. Благовещенский И. Г. Использование системы компьютерного зрения для контроля в режиме онлайн качества сырья и готовой продукции пищевой промышленности / И. Г. Благовещенский. – М. : Пищевая промышленность. – 2015. – № 6. – С. 9 – 13.

3. Благовещенский, И. Г. Автоматизированная экспертная система контроля в потоке показателей качества помадных конфет с использованием нейросетевых технологий и систем компьютерного зрения / И. Г. Благовещенский. – М. : Франтера, 2017. – 243 с.

4. Балыхин, М. Г. Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции / М. Г. Балыхин, А. Б. Борзов, И. Г. Благовещенский. – М. : Пищевая промышленность, 2017. – № 11. – С. 60 – 63.

5. Благовещенский, И. Г. Использование нейронных сетей как фактора повышения качества и безопасности производства пищевых продуктов при решении задач автоматизации / И. Г. Благовещенский // Автоматизация технологических и бизнес-процессов. – Одесса, 2015. – № 1.

6. О создании автоматизированной экспертной системы органолептической оценки качества пищевых продуктов / В. Г. Аитов, И. Г. Благовещенский, М. М. Благовещенская, А. С. Носенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 4.

### *References*

1. Blagoveshchenskiy I. G., Nosenko S. M. An expert intelligent system for monitoring the fondant candy molding process using a computer vision system. – М. : Food industry, 2015. – No. 6. – P. 32 – 36.

2. Blagoveshchenskiy, I. G. Using a computer vision system for online control of the quality of raw materials and finished products of the food industry. – М. : Food industry, 2015. – No. 6. – P. 9 – 13.

3. Blagoveshchenskiy, I. G. An automated expert system for monitoring the flow of quality indicators of fondant sweets using neural network technologies and computer vision systems. – М. : Frantera, 2017. – 243 p.

4. Balykhin M. G., Borzov A. B., Blagoveshchenskiy I. G. Architecture and basic concept of creating an intelligent expert system for food quality control. – М. : Food industry, 2017. – No. 11. – P. 60 – 63.

5. Blagoveshchenskiy, I. G. The use of neural networks as a factor in improving the quality and safety of food production in solving automation problems / I. G. Blagoveshchenskiy // Automation of Technological and Business – Processes. – Odessa, 2015. – No. 1.

6. Blagoveshchenskiy, I. G. and others. About the creation of an automated expert system for organoleptic assessment of food quality / Aitov V. G., Blagoveshchenskiy I. G., Blagoveshchenskaya M. M., Nosenko A. S. // Storage and processing of agricultural raw materials. 2015. – No. 4.



**И. А. Елизаров, М. И. Елизарова, В. Н. Назаров, А. А. Третьяков**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: elial68@yandex.ru)

## **ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В ИНТЕНСИВНОМ САДОВОДСТВЕ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к построению автоматизированной системы мониторинга и управления производственными процессами в интенсивном садоводстве. Изложены основные возможности системы мониторинга и управления и ее функциональный состав. Обоснован выбор беспроводного способа сбора данных о состоянии контролируемых объектов.

*Ключевые слова:* интенсивное садоводство, производственные процессы в садоводстве, автоматизированная система управления, беспроводные сетевые технологии.

**I. A. Elizarov, M. I. Elizarova, V. N. Nazarov, A. A. Tret'yakov**  
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

## **AN APPROACH TO BUILDING A MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR PRODUCTION PROCESSES IN INTENSIVE HORTICULTURE**

*Abstract.* An approach to the construction of an automated monitoring and control system for production processes in intensive gardening is considered. The main capabilities of the monitoring and control system and its functional composition are considered. The choice of a wireless method for collecting data on the state of controlled objects is substantiated.

*Keywords:* intensive horticulture, horticultural production processes, automated control system, wireless networking technologies.

Интенсивное садоводство на сегодняшний день представляет собой достаточно прогрессивную технологию выращивания плодовых культур. При правильной организации экономическая эффективность участка будет в разы выше, чем в случае с использованием традиционной технологии. Обязательным элементом технологии интенсивного садоводства являются система ирригации (орошения), фертигации (внесения жидких удобрений) и автоматизированная система мониторинга и управления.

Использование современных информационных технологий и программно-технических средств автоматизации и управления позволит

значительно повысить экономическую эффективность промышленного садоводства и улучшить качество плодов.

В минимальном варианте автоматизированная система управления процессами ирригации и фертигации в интенсивном садоводстве включает подсистему сбора данных (датчиков), исполнительную подсистему, отвечающую за управление капельным поливом и внесением удобрений, и автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора-технолога с интегрированной системой поддержки принятия решений.

Кроме этого, автоматизированная система управления может обладать дополнительными возможностями:

- SMS-уведомление: при возникновении внештатных ситуаций по техническим или технологическим причинам система управления в автоматическом режиме осуществляет SMS-оповещение работникам соответствующих служб. Это существенно повышает оперативность реагирования на внештатные ситуации;

- подключение к облачному сервису через проводной или беспроводной Internet. Использование облачных технологий наделяет систему мониторинга и управления возможностью дистанционного доступа к системе из любой точки, где есть доступ в сеть Internet. Пользователь осуществляет доступ к облачному сервису с помощью web-интерфейса с любого компьютера или планшета.

Отличительной особенностью автоматизированной системы управления является наличие интеллектуальной системы поддержки принятия решений, обеспечивающей выдачу рекомендаций оператору по осуществлению ирригации, фертигации и выполнению других мероприятий, а также широкое использование беспроводного способа сбора данных на базе технологии LoRa [1].

LoRa – современная беспроводная технология передачи небольших по объему данных на дальние расстояния. Она обеспечивает:

- дальность передачи данных до 15 км в зоне прямой видимости;

- сверхнизкое энергопотребление (датчик может работать до 10 лет от одной пальчиковой батареи емкостью 3400 mAh);

- высокую защиту данных;
- масштабируемость (базовая станция может обслуживать до 5 тысяч датчиков на каждый км<sup>2</sup>).

Датчики могут быть разнесены на десятки квадратных километров, передают по радиоканалам информацию о состоянии контролируемых объектов, контролируются влажность и температура почвы, влажность и температура окружающего воздуха, водный потенциал почвы и его засоленность, уровень освещенности, скорости ветра, количество осадков, осуществляется фитомониторинг, т.е. измеряются

параметры дерева (толщина ствола, размер плода), и др. Вся информация от датчиков поступает на базовую станцию, а затем на АРМ оператора-технолога, где осуществляется ее обработка, архивирование, визуализация в удобном для оператора виде. После получения команды от оператора система управления в автоматическом режиме осуществляет управление клапанами, насосами оросительной системы.

Характерной особенностью автоматизированной системы управления является развитое алгоритмическое и программное обеспечение. Математическое обеспечение строится по модульному принципу и включает модули обработки измерительной информации с датчиков; модуль формирования команд управления насосами и клапанами; модули прогнозирования параметров процессов ирригации и фертигации и др.

Модули формирования команд управления и модули прогнозирования параметров процессов ирригации и фертигации взаимодействуют с базой данных интеллектуальной системы поддержки принятия решений, в которой накапливаются данные по параметрам питательных растворов, видам растений и другим параметрам процессов ирригации и фертигации. Это позволяет вырабатывать наиболее оптимальные рекомендации по осуществлению капельного орошения, внесения удобрений.

Важным элементом системы подачи питательного раствора (фертигации) являются дозаторы удобрений. Смешение удобрений осуществляется в миксерах. Эти устройства позволяют готовить питательный раствор с определенным составом и характеристиками ЕС и рН. В миксере производится смешивание в соответствующих пропорциях воды, концентрированных растворов удобрений и кислоты. Миксер оснащается датчиками ЕС и рН, что позволяет контролировать и следить за этими параметрами в почвенном растворе.

Фертигация осуществляется автоматически в зависимости от уровня влажности почвы, солнечной активности, сезонности и других параметров. Интеллектуальная система управления позволяет устанавливать различные режимы частоты полива, разные параметры питательного раствора (ЕС, рН), которые могут изменяться в разное время, информация с датчиков и данные учитываются при планировании поливочных циклов, а также проводить одновременную фертигацию различных участков.

Предлагаемый подход к построению автоматизированной системы управления процессами ирригации и фертигации позволит реализовать прогрессивные технологии выращивания плодовых культур.

### **Список использованных источников**

1. Применение технологии LoRa в интенсивном садоводстве / М. Н. Краснянский, И. А. Елизаров, А. А. Третьяков, и др. // Цифровизация агропромышленного комплекса: сб. науч. ст. – 2018. – С. 16 – 18.

### **References**

1. Primenenie tekhnologii LoRa v intensivnom sadovodstve / M. N. Krasnyanskij, I. A. Elizarov, A. A. Tret'yakov, D. Yu. Muromcev, A. A. Zavrazhnov // Cifrovizaciya agropromyshlennogo kompleksa. Sbornik nauchnyh statej. – 2018. – S. 16 – 18.

УДК 004.932.1

**Д. В. Журавлёв, Д. С. Погребной, А. В. Русанов, И. А. Сафонов**  
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия, e-mail: ddom@bk.ru, denis2371@gmail.com, ralval@mail.ru, saff@inbox.ru)

## **КОНВЕЙЕРНЫЙ АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ КЛАССА HDR+ ДЛЯ ЗАДАЧ АВТОНОМНОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

*Аннотация.* Рассмотрены возможности применения технологии обработки изображений HDR+ в системах мониторинга объектов агропромышленного комплекса (АПК), основные преимущества использования конвейерной обработки изображений HDR+. Проведено исследование эффективности применения данного класса алгоритмов.

*Ключевые слова:* алгоритмы обработки изображений, вычислительная фотография, обработка изображения, HDR+, мониторинг объектов.

**D. V. Zhuravlev, D. S. Pogrebnoy, A. V. Rusanov, I. A. Safonov**  
(Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia)

## **THE PIPELINE ALGORITHM FOR PROCESSING IMAGES OF THE HDR+ CLASS FOR THE AUTONOMOUS MONITORING TASKS OF AGROINDUSTRIAL COMPLEX**

*Abstract.* The possibilities of using HDR+ image processing technology in monitoring systems of the agroindustrial complex are considered, the main advantages of using HDR+ pipeline image processing are considered. The effectiveness of the application of this class of algorithms is investigated.

*Keywords:* image processing algorithms, computational photography, image processing, HDR+, object monitoring.

**Введение.** Развитие инновационной техники и внедрение самоорганизующихся агротехнических комплексов подразумевает использование в своем арсенале не только инновационного оборудования, но и современных высокотехнологичных интеллектуальных алгоритмов, что позволяет обеспечивать высокую конкурентоспособность и эффективность производства [1]. Так, концепция умного сельского хозяйства подразумевает использование систем локального мониторинга с применением датчиков, сенсоров и камер видеонаблюдения, обеспечивающих контроль состояния сельскохозяйственных культур и почвы в случае промышленного садоводства, растениеводства [2], контроля за животными, перемещения автотранспорта с фиксацией его госномера. В контексте сказанного важны четкая фиксация цветовой палитры и уменьшение зашумленности изображения изучаемого объекта. Особенно это актуально при контроле и переработке сырья, выращивании продукции, борьбе с болезнями и вредителями растений. Важную роль в мониторинге территории предприятий АПК играют БЛА с камерами, имеющими маленькую матрицу и низкую светосилу объектива, что приводит к появлению зашумленных изображений (при низкой освещенности) и сужению динамического диапазона (при контрольном свете).

Таким образом, в агропромышленной сфере остро востребовано получение качественного изображения с использованием решений, нетребовательных к вычислительным и аппаратным ресурсам.

*Цель настоящей статьи – рассмотрение возможности применения алгоритма HDR+ для задач автономного мониторинга объектов АПК.*

**Описание конвейерного алгоритма класса HDR+.** Технология HDR+ обеспечивает возможность выполнения задач соответствия оптико-электронной системы по реализации изображения с параметрами, сопоставимыми по характеристикам с воспринимаемыми сетчаткой глаза человека. Конвейерный алгоритм HDR+ [4] разработан на основе метода коротких экспозиций, применяемого в астрофотографии. Получение результирующего изображения происходит сплавлением кадров с короткой выдержкой [3 – 7].

**Исследование эффективности применения конвейерного алгоритма HDR+.** В ходе работы было проведено исследование серии кадров без использования (на рис. 1 – 4 слева) и с использованием алгоритма HDR+ (на рис. 1 – 4 справа) с целью определить качествен-

ное отличие исходного и результирующего изображения, обработанного конвейерным алгоритмом на основе HDR+.

Из рисунка 1 видно, что оценочная площадь изображения на правом кадре выше на 30% (отсутствуют засветы). Что позволит корректнее оценить степень готовности семенного материала картофеля (качество отростков) к высадке.



Рис. 1. Семенной материал картофеля сорта Родриго

На рисунке 2 возможность количественной оценки яйцекладок колорадского жука на правом кадре увеличена в 2 раза (на 100%).

Справа на рис. 3 на 50% более четко прослеживается изменение цветовой гаммы и повреждение листа плодового дерева, что может являться признаком заболевания, диагностика которого обеспечена большей детализацией.

По рисунку 4 по правому кадру есть возможность оценить степень спелости ягод клубники для определения дальнейшего ее использования.



Рис. 2. Картофельная ботва с яйцекладками колорадского жука

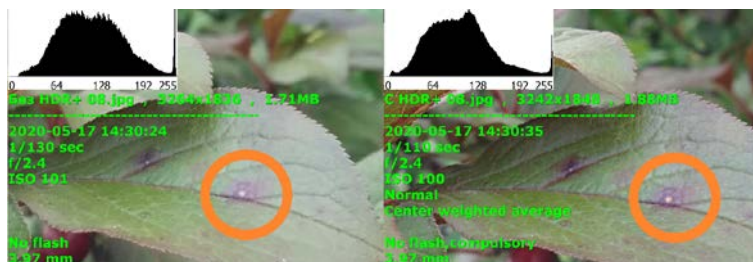


Рис. 3. Пораженный лист дерева алычи



Рис. 4. Ягоды клубники

**Закключение.** На основании представленных результатов исследования можно заключить, что применение конвейерного алгоритма обработки изображений класса HDR+ для задач автономного мониторинга объектов АПК обеспечивает от 30 до 100% увеличение использования оценочных критериев, что значительно повышает вероятность распознавания и снижает требования к вычислительным ресурсам, тем самым делая фотовидеотехнические решения более экономически рентабельными. Также это обеспечивает возможность фотофиксации в условиях низкой освещенности и контрового света, в которых однокадровые алгоритмы съемки изображений неэффективны.

#### *Список использованных источников*

1. Башилов, А. М. Основные направления видеоцифровизации АПК / А. М. Башилов, В. А. Королев // Цифровизация агропромышленного комплекса : I Междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – Т. 1. – С. 92 – 94.

2. Концепция «умного» сельского хозяйства на примере отрасли промышленного садоводства / А. А. Завражнов, А. И. Завражнов, В. Ю. Ланцев и др. // Цифровизация агропромышленного комплекса : материалы I Междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – Т. 2. – С. 12 – 16.

3. Burst photography for high dynamic range and low-light imaging on mobile cameras / Samuel W. Hasinoff, Dillon Sharlet, Ryan Geiss, Andrew Adams, Jonathan T. Barron, Florian Kainz, Jiawen Chen, and Marc Levoy // ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH Asia 2016). – 2016. – No. 35(6). – 12 p.

4. Опыт получения изображений меркурия методом коротких экспозиций / Л. В. Ксанфомалити, В. П. Джипиашвили, В. О. Кахиани и др. // Астрон. Вестн. – 2001. – Т. 35, № 3. – С. 208 – 213.

5. Новейшие методы обработки изображений / А. А. Потапов, Ю. В. Гуляев, С. А. Никитов и др. ; под ред. А. А. Потапова. – М. : Физматлит, 2008. – 496 с. (монография по гранту РФФИ № 07-07-07005).

6. Погребной, Д. С. Конвейерный алгоритм обработки фотографий HDR+ / Д. С. Погребной, А. С. Самодуров // Комплексные проблемы техносферной безопасности : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – 2019. – С. 61 – 65.

7. Погребной, Д. С. Алгоритм обработки серии фотографий с целью объединения их в одну / Д. С. Погребной, Д. В. Журавлев, А. С. Самодуров ; под ред. Д. Н. Борисова // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. материалов XIX Междунар. науч.-метод. конф. – 2019. – С. 844 – 848.

### *References*

1. Bashilov A. M., Korolev V. A. Main directions of video digitization of the agro-industrial complex // I international scientific-practical conference “Digitalization of the agro-industrial complex”. – 2018. – V. 1. – P. 92 – 94. (In Russ., abstract in Eng.).

2. Zavrazhnov A. A., Zavrazhnov A. I., Lantsev V. Yu., Muromtsev D. Yu., Elizarov I. A. The concept of “smart” agriculture on the example of the industry of horticulture // I international scientific-practical conference “Digitalization of the agro-industrial complex”. – 2018. – V. 2. – P. 12 – 16. (In Russ., abstract in Eng.).

3. Samuel W. Hasinoff, Dillon Sharlet, Ryan Geiss, Andrew Adams, Jonathan T. Barron, Florian Kainz, Jiawen Chen, and Marc Levoy Burst photography for high dynamic range and low-light imaging on mobile cameras // ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH Asia 2016). – 2016. – No. 35(6). – 12 p.

4. Xanfomality L. V., Dzhipiashvili V. P., Kakhiani V. O. et al. Experience in obtaining images of mercury by the method of short exposures // Astron. Vestn. – 2001. – V. 35. – P. 208 – 213. (In Russ., abstract in Eng.).

5. Potapov A. A., Gulyaev Yu. V., Nikitov S. A., Pakhomov A. A., German V. A. The latest image processing methods / Ed. A. A. Potapova. М. : Fizmatlit, 2008. – 496 p. (monograph on the grant of the Russian Foundation for Basic Research No. 07-07-07005). (In Russ., abstract in Eng.).



6. Pogrebnoy D. S., Samodurov A. S. HDR + conveyor photo-processing algorithm // Complex problems of technosphere safety Materials of the V International scientific and practical conference. – 2019. – P. 61 – 65. (In Russ., abstract in Eng.).

7. Pogrebnoy D. S., Zhuravlev D. V., Samodurov A. S. Algorithm for processing a series of photographs with the aim of combining them into one // Informatics: problems, methodology, technologies Collection of materials of the XIX international scientific and methodological conference. Ed. D. N. Borisov. – 2019. – P. 844 – 848. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 681.5

**В. В. Алексеев, Д. С. Ленков, А. С. Полянский**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные системы и технологии», Тамбов, Россия, e-mail: vvalex1961@yandex.ru)

**ПЛАНИРОВАНИЕ, МОНИТОРИНГ  
И АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ  
НА БАЗЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
И СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к решению задач планирования деятельности агропромышленного предприятия на основе мониторинга и анализа данных, получаемых при использовании техники на базе геоинформационной системы и спутниковой навигации. Приведены используемые технологии и их краткая характеристика.

*Ключевые слова:* агропромышленное предприятие, деятельность, геоинформационная система, мониторинг, анализ данных, спутниковая навигация.

**W. W. Alekseev, D. S. Lenkov, A. S. Poliyanskiy**  
(Tambov State Technical University, Department  
of Information Systems and Information Protection, Tambov, Russia)

**PLANNING, MONITORING AND ANALYSIS  
OF THE USE OF TECHNOLOGY BASED  
ON GEO-INFORMATION SYSTEM  
AND SATELLITE NAVIGATION**

*Abstract.* The approach to solving the problems of planning the activities of the agro-industrial enterprise is considered on the basis of monitoring and analysis of data obtained using technology based on geo-information system and satellite navigation. The technologies used and their brief characteristic are presented.

*Keywords:* agro-industrial enterprise, activity, geo-information system, monitoring, data analysis, satellite navigation.

Планирование деятельности агропромышленного предприятия на основе мониторинга и анализа с использованием данных, полученных от техники на базе геоинформационной системы (ГИС) и спутниковой навигации, включает:

- составление графиков использования техники и ее ремонта;
- анализ использования техники и горюче-смазочных материалов (всех перемещений техники, расчет пробега и обработанных площадей);
- определение оптимальных маршрутов движения и транспортировки техники от базы до обрабатываемых полей;
- определение оптимальных маршрутов доставки урожая до пунктов приема;
- контроль за скоростью перемещения техники при выполнении полевых работ;
- определение длины гона или оптимального расстояния между полями и пунктами сдачи сельскохозяйственной продукции по цифровой карте;
- формирование учетных листов трактористов-машинистов;
- формирование путевых листов автотранспорта.

Также ГИС помогут усовершенствовать процессы, протекающие в животноводческом секторе, например, эффективно и с незначительными затратами решить следующие задачи картирования районов:

- со скудной природной растительностью;
- опустынивания вследствие перегрузки пастбищ;
- деградации природной растительности на пастбищах;
- с выбиванием растительности и эрозией почвенного покрова вокруг водоемов, на трассах перегонов и т.п.;
- с загрязненными стоками животноводческих комплексов и птицефабрик и т.д.

Руководящему составу предприятия использование ГИС-технологий поможет осуществить дистанционный контроль за работой хозяйства (управлять процессами в реальном времени), а также на основе получаемых отчетов анализировать эффективность вложений в производство.

Для диспетчерской службы применение данных технологий позволяет оперативно отслеживать местоположение техники, координировать работу механизаторов и водителей, в том числе посредством установления голосовой связи, а также контролировать расходование горюче-смазочных материалов и состояние техники.

Автоматизированное рабочее место агронома с использованием ГИС-технологий:

- предусматривает ведение истории полей по урожайности, культурам, применяемым удобрениям и средствам защиты;
- позволяет планировать внесение удобрений с учетом индивидуальных особенностей полей;
- оказывает информационную поддержку при оценке качества работ и выработке предложений по их планированию.

Геоинформационные системы позволяют сотрудникам экономического подразделения проводить сравнительный анализ плановых и фактических данных, автоматизировать учет рабочего времени и формирование отчетов и справок.

Особенно важны ГИС-технологии в управлении сельскохозяйственным производством в регионах с рискованным земледелием. Для данных территорий необходим постоянный контроль за условиями развития культур и проведением агротехнических и агрохимических мероприятий. Надзор может осуществляться как на отдельных полях, так и в пределах района, области или более обширной территории.

В европейских странах использование ГИС-приложений в сельском хозяйстве уже давно стало необходимым компонентом в системе управления хозяйством. В нашей стране имеющиеся у сельхозпроизводителей картографические материалы часто не пригодны для работы, отсутствуют достоверные сведения как о местности, так и о характере землепользования, а уровень информационной подготовки работников хозяйства, как правило, не отвечает современным требованиям.

Отсутствие систематизации и отображения на карте всех данных агропромышленной деятельности и результатов их анализа негативно влияет на эффективность сельскохозяйственного производства. Для руководства предприятий это прежде всего непроизводительные затраты, снижение урожайности и качества продукции.

Внедрение прикладной ГИС и обучение сотрудников помогает в сравнительно небольшие сроки повысить эффективность работы сельхозпредприятия.

#### ***Список использованных источников***

1. Мырзабекова, А. М. Обзор современных систем для хранения зерновых культур / А. М. Мырзабекова // Информационно-измерительная техника и технологии : материалы VI науч.-практ. конф. – Томск : Изд-во ТПУ, 2015. – С. 95 – 101.

### **References**

1. Myrzabekova, A. M. Review of modern systems for storing cereals, Information and measuring equipment and technologies: materials of the VI scientific-practical conference. – Tomsk : Publishing house TPU, 2015. – P. 95 – 101.

УДК 004.8

**С. В. Артемова, М. А. Каменская, В. Ч. Чиеп**  
(МИРЭА – Российский технологический университет, кафедра информатики, Москва, Россия, e-mail: SArtemova@yandex.ru; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», Тамбов, Россия, e-mail: Art\_Mari@bk.ru)

### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВЛАЖНОСТИ СПИРТОВОЙ БАРДЫ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к построению интеллектуальной системы. Приведены модель оценки влажности в виде искусственной нейронной сети и структурная схема интеллектуальной системы мониторинга влажности спиртовой барды.

*Ключевые слова:* интеллектуальная система мониторинга, модель оценки влажности, искусственные нейронные сети.

**S. V. Artemova, M. A. Kamenskaya, Chien Vu Tri**  
(MIREA – Russian Technological University, Department of Computer Science, Moscow, Russia; Tambov State Technical University, Department of Design of Radio-Electronic and Microprocessor Systems, Tambov, Russia)

### **INTELLIGENT ALCOHOL BARD MOISTURE MONITORING SYSTEM**

*Abstract.* An approach to building an intelligent system is Considered. A model for estimating humidity in the form of an artificial neural network and a block diagram of an intelligent humidity monitoring system for alcohol distillery are presented.

*Keywords:* intelligent monitoring system, humidity estimation model, artificial neural networks.

Описываемая интеллектуальная система предназначена для мониторинга влажности спиртовой барды в барабанной кожухотрубной сушильной установке при ее сушке. Спиртовая барда является побочным продуктом производства этилового спирта. Жидкая барда представляет собой сироп, из которого произведен отбор необходимых фракций. После сушки барда может использоваться в качестве кормовой добавки или удобрения.

Массовая доля сухой барды для разных областей применения может составлять  $96 \pm 1\%$ ,  $93 \pm 2\%$ ,  $90 \pm 1\%$ . В процессе сушки температура материала не должна превышать  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в противном случае начинаются процессы горения, что отрицательно сказывается на качестве и, соответственно, стоимости готового продукта. В процессе сушки жидкая спиртовая барда при подаче на вход сушильной установки разбавляется уже высушенной на смесительном шнеке для обеспечения отсутствия накопления на предприятии промежуточных продуктов.

Целевым показателем качества сухой барды на выходе сушильной установки является ее остаточная влажность. На предприятии определение влажности высушенной барды осуществляется в лабораторных условиях раз в два часа, при этом на досушивание пробы тратится время, образующаяся в итоге временная задержка делает невозможным использование значения остаточной влажности для определения параметров управления процессом сушки в режиме реального времени. Для устранения этого недостатка и создана интеллектуальная система мониторинга влажности спиртовой барды.

В основе ее функционирования лежит искусственная нейронная сеть, имеющая топологию многослойного персептрона с одним скрытым слоем, содержащим 12 нейронов. При обучении сети использована логистическая активационная функция нейронов скрытого слоя и функция гиперболического тангенса для выходного слоя.

В качестве входных переменных искусственной нейронной сети используются следующие параметры технологического процесса сушки:

- $x_1$  – исходная влажность барды на входе сушильной установки, % сухого вещества;
- $x_2$  – температура барды на выходе сушильной установки,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $x_3$  – давление теплоносителя, атм.;
- $x_4$  – температура воздуха в сушильной установке,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $x_5$  – мощность вытяжных вентиляторов, %;
- $x_6$  – содержание кислорода в воздухе сушильной установки, %;

- $x_7$  – температура выпара (отходящего воздуха), °С;
- $x_8$  – нагрузка электродвигателя сушильной установки, %.

Данные величины выбраны в качестве входов сети, так как наиболее полно описывают процесс сушки, при этом используются все имеющиеся в СУПП измерительные средства, относящиеся к участку сушки барды.

На основе работы полученной нейронной сети была составлена модель оценки влажности, представляющая функциональную связь между ключевым показателем – влажностью барды и входными переменными – характеристиками технологического процесса. Она имеет следующий вид:

$$\varphi = \text{th} \left( \sum_j^m \left( 1 + e^{-\left( \sum_{i=1}^n x_i w_{i,j}^{\text{ВХ}} + b_{i,j}^{\text{ВХ}} \right)} \right)^{-1} w_j^{\text{ВЫХ}} + b_j^{\text{ВЫХ}} \right),$$

где  $\varphi$  – оценка влажности материала;  $n$  – число входных переменных (в нашем случае  $n = 8$ );  $m$  – число нейронов в скрытом слое (в нашем случае  $m = 12$ );  $x_i$  – значение  $i$ -й входной переменной;  $w_{i,j}^{\text{ВХ}}$ ,  $w_j^{\text{ВЫХ}}$  – входные и выходные весовые коэффициенты;  $b_{i,j}^{\text{ВХ}}$ ,  $b_j^{\text{ВЫХ}}$  – входные и выходные смещения.

Полученная аналитическая зависимость позволяет оценивать влажность материала на выходе сушильной установки в реальном времени с относительной погрешностью оценки влажности не более 1,5%. Таким образом, полученная нейронная сеть вербализована, это позволяет реализовать ее в программном коде или в виде специализированного электронного устройства.

На рисунке 1 приведена структурная схема системы мониторинга влажности спиртовой барды.

Достоинство применения интеллектуальной системы оценки влажности с использованием нейронных сетей состоит в том, что она дает возможность одновременного получения и обработки информации, поступающей с физических датчиков [1]. Это значительно ускоряет процесс обработки данных даже при большом числе внутренних слоев и связей между нейронами. Также построенная нейронная сеть устойчива к действию дестабилизирующих факторов в некоторых связях, так как роль поврежденных связей берут на себя исправные устройства. Важным свойством нейронной сети является способность к самообучению за счет накопления и обобщения статистических данных в процессе ее функционирования.

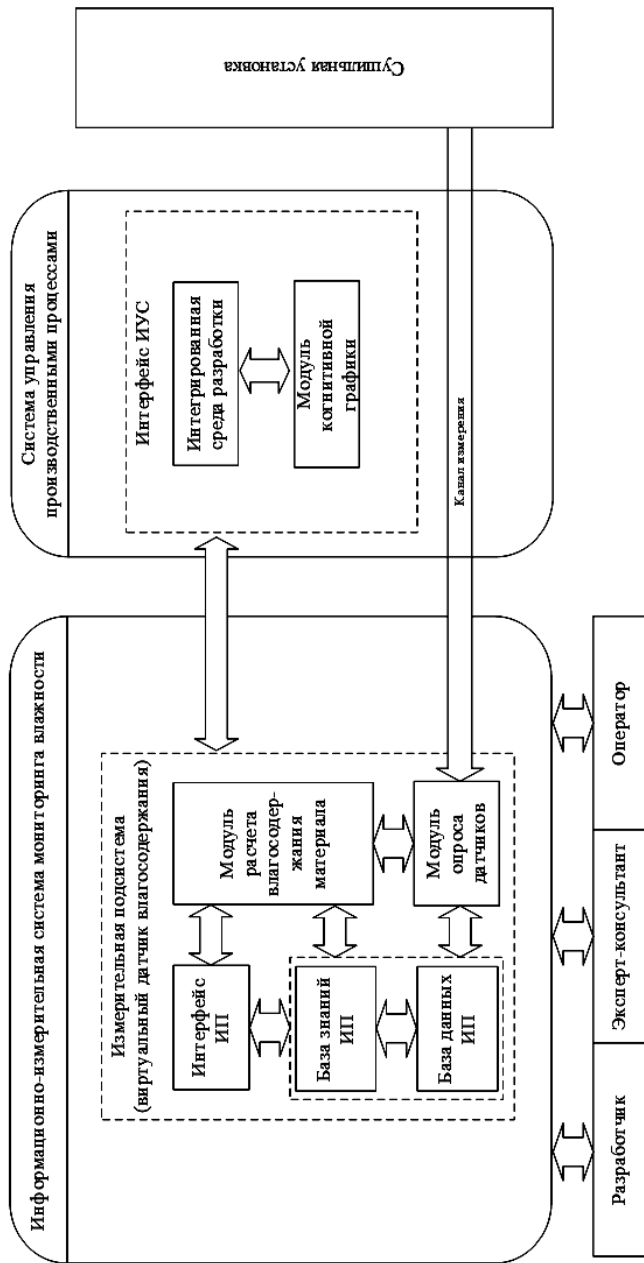


Рис. 1. Структурная схема интеллектуальной информационно-измерительной системы мониторинга влажности барды

### **Список использованных источников**

1. Артемова, С. В. Методология проектирования интеллектуальной информационно-управляющей системы тепло-технологическими аппаратами : монография / С. В. Артемова, А. А. Артемов, М. А. Каменская. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 196 с.

### **References**

1. Artemova, S. V. Methodology of designing an intelligent information and control system with heat-technological devices : monograph / S. V. Artemova, A. A. Artemov, M. A. Kamenskaya. – Tambov : Publishing house OF TSTU, 2016. – 196 p.

УДК 004.8

**С. В. Артемова, М. А. Каменская, В. Ч. Чиеп**  
(МИРЭА – Российский технологический университет, кафедра информатики, Москва, Россия, e-mail: SArtemova@yandex.ru; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», Тамбов, Россия, e-mail: Art\_Mari@bk.ru)

### **МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕМ УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГОЕМКИМИ ОБЪЕКТАМИ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к использованию методов машинного обучения при формализации и решении задач энергосберегающего управления энергоемкими объектами.

*Ключевые слова:* методы машинного обучения, энергосберегающее управление.

**S. V. Artemova, M. A. Kamenskaya, Chien Vu Tri**  
(MIREA – Russian Technological University, Department of Computer Science, Moscow, Russia; Tambov State Technical University, Department of Design of Radio-Electronic and Microprocessor Systems, Tambov, Russia)

### **MACHINE LEARNING METHODS FOR ENERGY-EFFICIENT MANAGEMENT OF ENERGY-INTENSIVE OBJECTS**

*Abstract.* An approach to the application of machine learning methods for formalizing and solving problems of energy-saving management of energy-intensive objects is considered.

*Keywords:* machine learning methods, energy-saving management.



Низкая конкурентоспособность отечественной продукции связана в основном с неэффективным использованием энергетических ресурсов и постоянным ростом цен на них. В большинстве энергоустановок преобразование энергии происходит с низким коэффициентом полезного действия (в подвижных – 8...10%, в стационарных – 25...30%). В энергоемких объектах большое количество тепла идет на подогрев окружающей среды. Экономить топливно-энергетические ресурсы можно за счет повышения коэффициента полезного действия энергоустановок или проводя ряд мер по энергосбережению. Основным подходом к энергосбережению является создание и внедрение в различных отраслях системы управления энергоемкими объектами по ряду таких показателей, как расход топлива и затраты электроэнергии.

Энергоемкие объекты управления описываются нелинейными системами с распределенными параметрами. Известно, что для управления процессами, протекающими в них, решаются системы дифференциальных уравнений в частных производных. Такие системы включают в себя эмпирические коэффициенты, что обычно затрудняет оперативное получение решения об управлении. Как правило, для определения основных параметров управляемого процесса используются инженерные методы. В этих методах присутствуют погрешности вычислений, которые приводят к нежелательным последствиям управления. Поэтому такие методы не рекомендуется использовать для решения задач энергосберегающего управления. Однако современные методы машинного обучения позволяют находить решение задач управления энергоемкими объектами в реальном масштабе времени с минимальными погрешностями вычислений.

При построении системы управления по энергетическим показателям энергоемкими объектами требуется разработать ее методологическое, алгоритмическое, математическое, информационное, техническое и программное обеспечение. При этом используются традиционные подходы, такие как методы математического моделирования, системного анализа, теории дифференциальных уравнений, многокритериальной оптимизации, искусственного интеллекта, оптимального управления, регрессионного анализа, теории нечетких множеств, раздел комбинаторной топологии – линейные направленные графы, фильтрация, электрические измерения, генетические алгоритмы, нейронные сети, информационные технологии, алгоритмы поиска решения задачи в пространстве состояний и технологии объектно-ориентированного программирования.

Кроме того, широко используется методология научной школы профессора Муромцева Юрия Леонидовича, метод синтезирующих переменных для оперативного получения вида функций оптимального управления и их параметров, теория анализа и синтеза систем на множестве состояний функционирования [1].

Также при разработке алгоритмического и математического обеспечения систем управления энергоемкими объектами были развиты методы и алгоритмы адаптивного и робастного управления, учитывающие особенности энергоемких объектов, использованы методы машинного обучения для решения трудноформализуемых задач (см. табл. 1) [1].

### 1. Решаемые задачи системой энергосберегающего управления и используемые методы машинного обучения

Решаемые задачи при управлении энергоемкими объектами	Методы машинного обучения
Синтез управляющего воздействия в динамических режимах энергоемких объектов в целях экономии энергоресурсов, в том числе при наличии дестабилизирующих факторов	Семантическая сеть, представленная в виде графа И–ИЛИ. Объектно-ориентированное представление знаний фреймами. Представление знаний правилами продукций
Обработка потоков информации	Семантическая сеть
Параметрическая идентификация моделей слабоформализованных процессов	Нейронные сети
Определение состояния функционирования и распознавание классов управления и измерения	Семантическая сеть, представленная в виде графа И–ИЛИ
Синтез оптимального управляющего воздействия, позволяющего обеспечить качество выпускаемой продукции не ниже требуемого при оптимальной производительности	Нечеткая логика. Теория Демпстера–Шафера. Нечеткий логический вывод

Решаемые задачи при управлении энергоемкими объектами	Методы машинного обучения
Синтез решения задач управления	Семантическая сеть, представленная в виде графа И–ИЛИ
Структурный синтез систем	Генетические алгоритмы
Определение процедуры косвенного измерения, лежащей в основе интеллектуальных датчиков, используемых в системе	Нейронные сети
Диагностика работоспособности оборудования интеллектуальных датчиков и выбор адекватной модели косвенного измерения значения фактора, влияющего на качество выпускаемой продукции	Представление знаний правилами продукции. Семантическая сеть представленная в виде графа И–ИЛИ

Применение методов машинного обучения в подобных системах позволяет формализовать и решать задачи энергосберегающего управления энергоемкими объектами в реальном масштабе времени, а внедрение этих систем в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства дает возможность экономии до 25% энерго-ресурсов.

#### ***Список использованных источников***

1. Артемова, С. В. Методология проектирования интеллектуальной информационно-управляющей системы тепло-технологическими аппаратами : монография / С. В. Артемова, А. А. Артемов, М. А. Каменская. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 196 с.

#### ***References***

2. Artemova, S. V. Methodology of designing an intelligent information and control system with heat-technological devices : monograph / S. V. Artemova, A. A. Artemov, M. A. Kamenskaya. – Tambov : Publishing house OF TSTU, 2016. – 196 p.

УДК 004.946

**А. Е. Архипов, Н. А. Вехтева, А. О. Сидорчук**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении», Тамбов, Россия, e-mail: alexeiarh@gmail.com)

## **ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ РАБОТНИКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Аннотация.* Приводится обзор известных отечественных и зарубежных тренажерных комплексов для подготовки специалистов сельскохозяйственной промышленности.

*Ключевые слова:* дополненная реальность, виртуальная реальность, визуализация, тренажеры-симуляторы, сельскохозяйственная промышленность, обучение.

**A. E. Arkhipov, N. A. Vekhteva, A. O. Sidorchuk**  
(Tambov State Technical University, Department of Computer-Integrated  
Systems in Mechanical Engineering, Tambov, Russia)

## **APPLICATION OF ADAPTIVE TRAINING COMPLEXES FOR TRAINING AGRICULTURAL WORKERS**

*Abstract.* This article provides an overview of well-known domestic and foreign training complexes for training specialists in the agricultural industry.

*Keywords:* augmented reality, virtual reality, visualization, simulators, agricultural industry, training.

Постоянно развивающаяся сельскохозяйственная промышленность как одна из важнейших отраслей экономики, обеспечивающая население продовольствием, нуждается в массовом обучении или переквалификации существующих специалистов, приобретении ими навыков безопасной и эффективной эксплуатации техники различной сложности в области земледелия и животноводства.

Проблему с подготовкой специалистов возможно решить с помощью специализированных тренажерных комплексов. Тренажерные комплексы в контексте сельского хозяйства – это сложные системы моделирования и симуляции, использующие компьютерные обучающие программы, физические модели агрегатов и специальные методики, создаваемые для того, чтобы подготовить специалиста к выполне-

нию различных сельскохозяйственных задач. Использование тренажерных комплексов вместо реальных агрегатов обусловлено следующими причинами:

1. Экономическая. Стоимость реальных машин не сопоставима с бюджетами учебных заведений.

2. Инновационная. Технологии меняются с достаточно большой скоростью, а применяемая техника устаревает.

3. Организация. Из-за достаточной габаритности агрегатов расположить их все в близости от обучающихся не всегда является возможным.

4. Образовательная. Во-первых – это невозможность показать некоторые процессы, протекающие в агрегате из-за соображений безопасности или доступности, во-вторых, некоторые естественные процессы, как например сбор урожая, зависят от времени года [1].

Далее приводится обзор известных отечественных тренажерных комплексов для подготовки специалистов сельскохозяйственной промышленности.

В компании ООО НПП «Учтех-Профи» представлены учебные программно-методические комплексы на базе интерактивных персональных компьютеров, очков виртуальной реальности и сенсорных панелей. Их комплексы предназначены для проведения как индивидуальных, так и групповых занятий учащихся. Обеспечивается детальное изучение устройства и принцип действия почвообрабатывающих, посевных, уборочных машин и систем по обработке и хранению сельскохозяйственной продукции. Один из примеров программного комплекса для изучения почвообрабатывающего механизма – «Плуг».

В состав комплекса входит детальное изучение всех составных частей агрегата и демонстрация механизмов взаимодействия с ним.

Следующие компании по списку поставляют более сложные комплексы, в состав которых входят сложное программное обеспечение, реализующее трехмерное виртуальное пространство, и аппаратное обеспечение, моделирующее кабину водителя с разной степенью детализации [2].

Так, например «Учебный тренажер сельскохозяйственной техники “Комбайн”» от компании ООО «Зарница», в состав которого входит оригинальная приборная панель комбайна ACROS. По заявлению разработчика учебный тренажер позволяет:

1. Отрабатывать базовые моторные навыки управления типичным зерноуборочным комбайном.

2. Изучать общие принципы управления зерноуборочным комбайном при разных метеорологических условиях и времени суток.

3. Изучать принципы и режимы работы узлов и агрегатов зерноуборочного комбайна на практике без риска и амортизационных расходов, связанных с эксплуатацией реального учебного транспортного средства, затрат на техобслуживание и горюче-смазочные материалы.

4. Отображать режимы работы зерноуборочного комбайна на информационной панели ПИ-142-03.

5. Вводить пять неисправностей систем зерноуборочного комбайна с рабочего места инструктора и отображать их на информационной панели ПИ-142-03 с речевым информатором.

Оснащен телевизором диагональю 42", моделирующим фронтальный обзор с рабочего места машиниста. Звукоряд обеспечивается акустической системой, интегрированной в корпус тренажера. Тренажер оснащен системой локально-сетевое подключения, которая позволяет соединять все тренажеры данной модели в локальную сеть для совместного прохождения тренировочных или экзаменационных заездов в едином виртуальном пространстве [3].

Как видно из приведенного обзора, большинство тренажерных систем являются сложными программно-аппаратным комплексами, позволяющими максимально повысить эффективность подготовки специалистов и обучить их всем возможным штатным и внештатным условиям работы на сельскохозяйственном оборудовании. Возможность имитации реальных агрегатов и получение обратной связи при использовании их позволяет избежать ограничения нереальности происходящего. Таким образом, тренажер можно использовать на любых этапах подготовки специалиста без применения реального оборудования.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-013-00567 с использованием вычислительного оборудования ЦКП «Цифровое машиностроение».*

### **Список использованных источников**

1. Сухоруков Д. С. Применение тренажеров сельскохозяйственных машин в профессиональном обучении / Д. С. Сухоруков // Актуальные проблемы естественнонаучного образования, защиты окружающей среды и здоровья человека. – 2017. – Т. 6, № 6. – С. 69 – 73.

2. ООО НПП «Учтех-Профи» [Электронный ресурс]. – М., 2020. – URL : <http://labstand.ru/> (дата обращения: 20.06.2020).

3. ООО Производственное объединение «Зарница» [Электронный ресурс]. – М., 2005 – 2020. – URL : <https://zarnitza.ru/> (дата обращения: 20.06.2020).

## References

1. Suhorukov D. S. Primenenie trenazherov sel'skokozyajstvennykh mashin v pro-fessional'nom obuchenii / D. S. Suhorukov //Aktual'nye problemy estestven-nonauchnogo obrazovaniya, zashchity okruzhayushchej sredy i zdorov'ya cheloveka. – 2017. – Т. 6, № 6. – S. 69 – 73.
2. LLC NPP “Uchtech-Profi” [Electronic resource]. – M., 2020. – URL : <http://labstand.ru/> (accessed: 20.06.2020).
3. LLC Production Association “Zarnitsa” [Electronic resource]. – M., 2005 – 2020. – URL : <https://zarnitsa.ru/> (accessed: 20.06.2020).

УДК 004

**А. М. Бабич<sup>1</sup>, В. Р. Роганов<sup>1,2</sup>, В. О. Филиппенко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> (Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия, e-mail: fieryeye@yandex.ru, fvo304@yandex.ru);

<sup>2</sup> (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Россия, e-mail: Vladimir\_roganov@mail.ru)

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОНОКУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ**

*Аннотация.* Рассмотрен вариант определения дистанции до выбранного объекта с использованием монокулярной системы технического зрения. Эксперименты показали, что такой подход может использоваться и при определении размера рассматриваемого объекта, что позволяет использовать его для управления мобильными роботами. Предложен алгоритм, реализующий данный метод.

*Ключевые слова:* монокулярная система, нейронные сети, дистанция.

**A. M. Babich<sup>1</sup>, V. R. Roganov<sup>1,2</sup>, V. O. Filippenko<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> (Penza State Technological University, Penza, Russia);

<sup>2</sup> (Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia)

## **POSSIBILITY OF USING THE MONOCULAR SYSTEM OF TECHNICAL VISION WHEN DETERMINING THE DISTANCES BETWEEN THE OBJECTS**

*Annotation.* A variant of determining the distance to the selected object using a monocular vision system is considered. Experiments have shown that this approach can be used in determining the size of the object in question, which allows it to be used to control mobile robots. An algorithm is proposed that implements this method.

*Keywords:* monocular system, neural networks, distance.

Разработка мобильных роботов и сокращение сроков их внедрения в народное хозяйство – одна из актуальных задач [1]. При решении этой задачи необходимо предотвращать столкновения с препятствиями [2]. В основу этой статьи было положено одно из таких решений для системы управления мобильного робота класса «Профи», принявшего участие во всероссийских соревнованиях РОБОФЕСТ. Трасса позволяла использовать маячки, расположенные на поворотах трассы [3]. Для упрощения была реализована система, ориентированная на маячок в виде оранжевого шарика для настольного тенниса диаметром 40 мм. Для более качественного выделения маячка из других фигур он подсвечивался светодиодом [4].

В качестве датчика технического зрения была использована веб-камера Genuine Logitech C270 с частотой захвата 30 кадров в секунду и углом обзора  $48,4^\circ$  с убранными опциями Right Light и «Усиление». Мобильный робот был создан на подвижной платформе, управляемой аппаратной вычислительной платформой Arduino. Для реализации программы управления использованы библиотеки OpenCV – для обработки изображений с видеокamеры и FANN – для операций с нейронными сетями для ОС Windows.

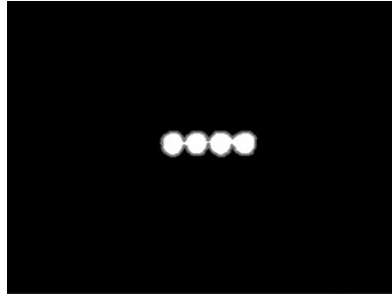
При проведении экспериментов маячки выстраивались в ряд, соприкасаясь друг с другом. Движение тележки с системой технического зрения начиналось с расстояния 1,5 м по направлению к маячкам. Задача считалась выполненной, если тележка останавливалась на расстоянии 10 см до маячка.

Работа программы начиналась с захвата изображения с видеокamеры. Далее по признаку оранжевого цвета отслеживались маячки по параметрам:

$$\begin{aligned}R_i &< G_i < B_i; \\G_i - B_i &\geq R_i - G_i - 20; \\R_i &> 180; \\R_i - G_i &> 20; \\G_i - B_i &> 20.\end{aligned}$$

Из отфильтрованных пикселей формировалось отдельное черно-белое изображение, которое после обработки позволяло определить контур фигуры. Если ширина превышала 10 пикселей (нижний порог), то ее значение записывалось в вектор данных. Данный процесс повторялся итеративно до тех пор, пока ширина объекта не превышала верхнего порогового значения, равного 160 пикселям (рис. 1).





**Рис. 1.** Слева – обработанный кадр с видеокамеры; справа – соответствующий отфильтрованный по оранжевому цвету кадр

Структура нейронной сети из трех слоев была выбрана исходя из возможностей, определяемых особенностями реализации библиотеки FANN для C++. Количество нейронов во входном слое и количество элементов массива равно 50. Количество нейронов в выходном слое соответствует количеству объектов, на которых обучалась сеть – 4. Экспериментально было подобрано, что количество нейронов в выходном слое должно быть равным 7. Функция активации нейронов – сигмоидальная симметричная. В качестве обучающего алгоритма выбран алгоритм обратного распространения ошибки. Эксперименты показали, что на момент окончания этапа сбора данных система технического зрения (СТЗ) получала 50 убывающих значений ширины объекта на изображении, наблюдаемом через равные промежутки времени (0,033 с).

При анализе полученных данных и передаче значений массива на вход нейронной сети по полученному вектору с единственным единичным элементом делался вывод о наблюдаемом объекте [3].

На первом этапе происходит обучение нейронной сети на примере динамики приближения некоторого количества объектов разного размера. Каждый входной вектор представляет собой последовательность значений, соответствующих ширине объекта в пикселях в заданный момент времени, начиная с момента, в котором ширина объекта равна некоторому значению  $j_1$ . Количество входных векторов соответствует количеству объектов. Первый этап является предварительным и осуществляется один раз перед непосредственной эксплуатацией СТЗ.

Второй этап осуществляется в ходе работы СТЗ (движения робота). Через равные промежутки времени  $T$  происходит получение изображения с видеокамеры. Затем изображение обрабатывается: за счет

сглаживания происходит фильтрация помех, выделяются границы сред, происходит распознавание объекта-препятствия.

Если объект распознан, то определяется его горизонтальная составляющая, и если она не превышает заранее заданного значения  $j_1$ , то записывается в базу данных. Далее весь процесс повторяется итеративно.

В ходе работы экспериментального стенда СТЗ показала устойчивое распознавание объектов при условии сохранения скорости движения платформы, при которой проводилось обучение.

#### ***Список использованных источников***

1. Бабич, А. М. Алгоритм использования нейронной сети в системе технического зрения мобильного робота / А. М. Бабич // Вопросы радиоэлектроники. Сер. «Общетехническая». – М.: ОАО «ЦНИИ “Электроника”», 2011. – Вып. 2. – С. 116 – 122.
2. URL : <http://www.russianrobofest.ru/olimpiada> (дата обращения: 15.02.2018).
3. URL : <http://www.russianrobotics.ru> (дата обращения: 15.02.2018).
4. Бабич, А. М. Использование монокулярной системы технического зрения при оценке расстояния до препятствий / А. М. Бабич, В. Р. Роганов // Вопросы радиоэлектроники. – 2008. – Т. 2, № 5. – С. 107 – 111.

#### ***References***

1. Babich, A. M. Algoritm ispol'zovaniya nejronnoj seti v sisteme tekhnicheskogo zreniya mobil'nogo robota // Voprosy radioelektroniki Seriya “Obshchetekhnicheskaya” Vypusk 2, ОАО «ЦНИИ “Elektronika”», М., 2011. – S. 116 – 122.
2. URL : <http://www.russianrobofest.ru/olimpiada> (data obrashcheniya: 15.02.2018).
3. URL : <http://www.russianrobotics.ru> (data obrashcheniya: 15.02.2018).
4. Babich, A. M., Roganov V. R. Ispol'zovanie monokulyarnoj sistemy tekhnicheskogo zreniya pri ocenke rasstoyaniya do prepyatstvij // Voprosy radioelektroniki. – 2008. – T. 2, № 5. – S. 107 – 111.

**А. А. Балашов**

(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
кафедра «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»,  
Тамбов, Россия, e-mail: balashovalexei@yandex.ru)

## **ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОЛИМЕРНОГО НАПОЛНЕННОГО ПОКРЫТИЯ ТЕПЛИЦ**

*Аннотация.* Рассмотрен способ контроля теплофизических свойств полимерного наполненного покрытия теплицы. Приведены результаты контроля коэффициента тепловой активности полимерного материала.

*Ключевые слова:* теплофизические свойства, теплица, полимерный материал, информационно-измерительная система.

**А. А. Balashov**

(Tambov State Technical University, Department of Energy Supply  
of Enterprises and Heat Engineering, Tambov, Russia)

## **DIGITAL MONITORING SYSTEM POLYMER FLOOR COVERING OF GREENHOUSES**

*Abstract.* A method for controlling the thermophysical properties of a polymer filled greenhouse coating is considered. The results of controlling the coefficient of thermal activity of the polymer material are presented.

*Keywords:* thermophysical properties, greenhouse, polymer material, information and measurement system.

Самыми распространенными на сегодняшний день в России являются промышленные остекленные теплицы [1]. Однако в последние годы в мире все больше находят применение тепличные конструкции с полимерным покрытием. Совершенствование технологий выращивания в совокупности с технической модернизацией тепличных комплексов – первостепенная задача развития отрасли защищенного грунта в России. В статье [2] приведены результаты исследований по выращиванию четырех сортов и трех гибридов перца сладкого в теплицах с покрытием пленкой «светлица» и поликарбонатом. Изучен световой и тепловой режим теплиц с различным покрытием, выявлено снижение суммарной радиации и сильная рассеивающая способность поликарбоната, определен температурный режим в теплицах с различным покрытием. Изучено влияние покрытия на высоту растений, количество листьев, цветков, плодов, формирование ассимиляционной поверхности, массу стебля, урожайность, среднюю массу плода, количество плодов на растении перца сладкого.

С использованием структурной схемы информационно-измерительной системы (ИИС) и алгоритма неразрушающего контроля (НК) [3] возможен контроль теплофизических свойств полимерного наполненного покрытия теплиц.

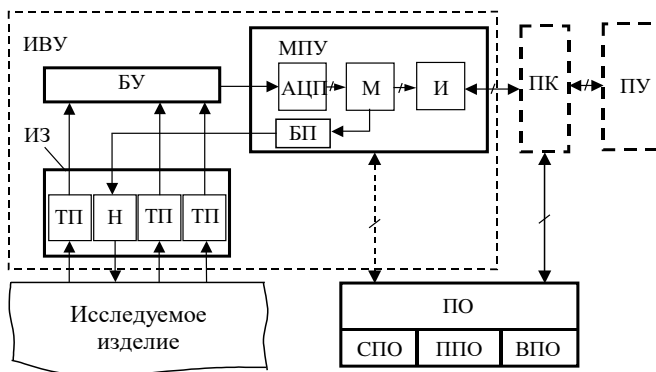


Рис. 1. Структурная схема ИИС

Метод НК температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах включает следующие этапы [3]: калибровка ИИС; фиксирование термограммы на исследуемом изделии; обработка термограммы; анализ температурных характеристик.

Результат работы ИИС и разработанного метода представлен на рис. 2, на котором видна зависимость  $\varepsilon_i^* = f(T_s)$ , построенная по термограмме, зафиксированной на изделии из полиметилметакрилата (ПММА).

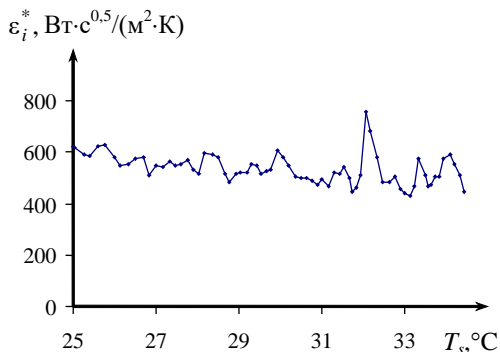


Рис. 2. Зависимость  $\varepsilon_i^* = f(T_s)$  для изделия из ПММА

Таким образом, разработанная ИИС позволяет контролировать неразрушающим способом теплофизические свойства полимерного наполненного покрытия теплиц с высокой точностью достаточно быстро и без нарушения целостности самого покрытия теплиц. Также разработан метод выделения сигнала [4], позволяет выделять структурный переход в виде полезного сигнала из шума, который также входит в разработанную ИИС [3].

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 15-01-08043А.*

### **Список использованных источников**

1. Аспидова, Л. А. Пленочные теплицы в современном овощеводстве / Л. А. Аспидова // Гавриш. – М.: Изд-во «Научно-исследовательский институт овощеводства защищенного грунта», 2011. – № 1. – С. 34–35.

2. Осипова, Г. С. Влияние полимерного покрытия на рост, развитие и продуктивность перца сладкого в ленинградской области / Г. С. Осипова, Д. А. Попова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – СПб.: Изд-во «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», 2017. – № 2(47). – С. 33 – 37.

3. Балашов, А. А. Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах / А. А. Балашов, Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков // Приборы. – М.: Изд-во «Союз общественных объединений “Международное научно-техническое общество приборостроителей и метрологов”», 2010. – № 12(126). – С. 53 – 57.

4. Балашов, А. А. Поиск структурного перехода в полимере на термограмме путем дискретной фильтрации / А. А. Балашов, И. В. Жигулина, Н. П. Жуков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 687 – 693.

### **References**

1. Aspidova, L. A. Film greenhouses in modern vegetable growing / L. A. Aspidova // Gavrish. – M.: Publishing house: Research Institute of protected ground sheep breeding. – 2011. – No. 1. – P. 34–35.

2. Osipova, G. S. Influence of polymer coating on the growth, development and productivity of sweet pepper in the Leningrad region / G. S. Osipova, D. A. Pova // Izvestia of the Saint Petersburg state agrarian

University. Saint Petersburg. Publishing house: Saint Petersburg state agrarian University. – 2017. – No. 47. – P. 33 – 37.

3. Balashov, A. A. Information and measurement system of nondestructive control of temperature characteristics of structural transitions in polymer materials / A. A. Balashov, N. F. Mainikova, N. P. Zhukov // Instrumentation. – M. : Publishing house: Union of public associations “International scientific and technical society of instrument makers and metrologists”. – 2010. – No. 12(126). – P. 53 – 57.

4. Balashov, A. A. Search for a structural transition in a polymer on a thermogram by discrete filtration / A. A. Balashov, I. V. Zhigulina, N. P. Zhukov // Bulletin of Tambov state technical University. – 2016. – V. 22. – No. 4. – P. 687 – 693.

УДК 004.94

**М. Г. Балыхин, И. Г. Благовещенский**  
(ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»), кафедра «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами», Москва, Россия,  
e-mail: mgupp@mgupp.ru, igblagov@mgupp.ru)

## **ЭФФЕКТИВНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Аннотация.* Статья посвящена адаптивной системе управления с идентификатором нестационарными процессами производства пищевой продукции. Рассмотрена двухконтурная адаптивная система управления с идентификатором в основном контуре и группой экспертов во внешнем контуре, отражающая специфику прикладной области исследований. Обобщается подход, предложенный для случая многомерного односвязного объекта управления, на многомерный многосвязный объект управления. Эта информация используется экспертами при анализе выходного продукта и управления его качеством в режиме реального времени. На основе полученной информации формируется база данных для анализа хода процессов и экспертных оценок выходного продукта в целом. Информация с этой базы данных позволяет связать нижний уровень управления производством (АСУТП) с верхним уровнем АСУП и предоставить ERP-системе данные нижнего уровня. Это позволяет создать эффективную автоматизированную систему поддержки принятия решений.

*Ключевые слова:* адаптивная система управления, идентификатор, нестационарные технологические процессы, процессы пищевой промышленности.

**M. G. Balykhin, I. G. Blagoveshchenskiy**  
(Moscow State University of Food Production, Department of Automated  
Control Systems for Biotechnological Processes, Moscow, Russia)

## **EFFECTIVE AUTOMATED DECISION SUPPORT SYSTEM FOR FOOD PRODUCTION MANAGEMENT**

*Abstract.* The article is devoted to an adaptive control system with an identifier for non-stationary food production processes. A double-loop adaptive control system with an identifier in the main loop and a group of experts in the outer loop, reflecting the specifics of the applied research area, is considered. The approach proposed for the case of a multidimensional simply connected control object is generalized to a multi-dimensional multiply connected control object. This information is used by experts to analyze the output product and manage its quality in real time. Based on the information received, a database is formed to analyze the progress of processes and expert assessments of the output product as a whole. Information from this database allows you to link the lower level of production management (CAM) with the upper level of the CAM and provide the ERP system with the data of the lower level. This allows you to create an effective automated decision support system.

*Keywords:* adaptive control system, identifier, non-stationary technological processes, food industry processes.

К настоящему времени разработано и в той или иной мере исследовано большое число рекуррентных алгоритмов идентификации. Предложено достаточно много методов идентификации. Большинство из них основано на методе наименьших квадратов и его модификациях. В условиях неопределенности широкое применение получили итерационные методы, обладающие рядом преимуществ: простота реализации, большое быстродействие, возможность получения состоятельных оценок. Некоторые конструктивные особенности в итерационные алгоритмы вносятся в процессе непосредственной реализации их в системах управления, что связано с особенностями и свойствами исследуемых процессов в отраслях пищевой промышленности. К сожалению, никто из исследователей не собрал предложенные алгоритмы и методы идентификации в одной работе и не исследовал возможность их использования в отраслях пищевой промышленности. Они разбросаны по большому числу монографий, специальных периодических изданий и технических отчетов.

Алгоритмы можно использовать в системах реального времени, в частности в адаптивных системах управления с идентификатором. Инженер-практик, взявшийся за реализацию адаптивной системы управления с идентификатором, оказывается перед проблемой выбора конкретного алгоритма идентификации. В таких системах управления именно идентификатор позволяет получать модели заданного качества

для управления по модели, когда по поступающим данным, результатам измерений, уточняются параметры модели.

Ряд методов рекуррентной идентификации реализовано в известном программном пакете Matlab. В пакете Matlab возможно получение оценок параметров модели объекта непосредственным программированием, т.е. обращением к функции расчета полинома коэффициентов ARMAX или использованием подсистем Simulink и System Identification Toolbox. Однако ни в целом пакет, ни отдельные его части, даже алгоритмы нецелесообразно использовать на промышленных контроллерах в системах адаптивного управления. Причем размер и стоимость пакета отнюдь – не главные причины отказа в использовании пакета в промышленных регуляторах. Все средства Matlab работают с одномерными односвязными объектами и не ориентированы на получение текущих оценок параметров, т.е. можно получить оценки параметров в любой момент времени и характеристики качества слежения с остановкой процесса решения. Используемые алгоритмы идентификации: фактор забывания и алгоритм Левенберга–Маркварда показали для нестационарных объектов не лучшие результаты, в сравнении с другими алгоритмами. В данном исследовании на основе имитационного моделирования проанализировано свыше 53 алгоритмов рекуррентной идентификации плюс основные модификации этих алгоритмов по 47 критериям для нестационарных многомерных односвязных динамических объектов.

В данной статье рассматриваются методы машинного обучения [1 – 3]. Существует множество моделей для машинного обучения, но они, как правило, относятся к одному из трех типов [4]: обучение с учителем; обучение без учителя, или самообучение; обучение с подкреплением. В зависимости от выполняемой задачи, одни модели могут быть более подходящими и более эффективными, чем другие. Для технологических процессов пищевой промышленности наиболее подходящим и удобным способом является обучение с учителем. Также применяются методы непрерывного мониторинга в Scada-системе Trace Mode и методы реализации НС-Р в среде Matlab [4, 5].

Практически все рассматриваемые алгоритмы идентификации представляют собой нелинейные функции, поэтому получение аналитических оценок для большинства алгоритмов вызывает значительные трудности. Поэтому сравнение алгоритмов выполнялось численным моделированием [5]. Для получения достоверных убедительных результатов на основе численного моделирования был создан программный пакет, позволяющий выполнить поставленную задачу. В программном пакете предусмотрено моделирование входных сигналов по вероятностным распределениям: равномерное, нормальное, гамма, бета, экспоненциальное, Лапласа, Коши. Реализованы алгоритмы идентификации коэффициентов в авторегрессионном уравнении: алгоритмы на основе Р-и SP-подходов, алгоритмы Айзермана, Качмажа, Нагумо–Нода, МНК,



РМНК, Аведьяна, Растригина, алгоритмы Цыпкина, фильтр Калмана, алгоритм фактор забывания, алгоритм Левенберга–Маркварда и др. Всего проанализировано 53 алгоритма идентификации плюс основные модификации этих алгоритмов. Для оценки качества идентификации использовались различные критерии адаптации: по выходу и параметрам, точечные и интегральные, оценки скорости сходимости, отношения ошибки дисперсии, величины ошибки, среднеквадратические оценки – всего 47 критериев. Проведен анализ сходимости коэффициентов модели объекта по оценке качества идентификации в случае их стационарности или нестационарности при большом количестве идентифицируемых коэффициентов (для 10 входов). При проведении исследования в разных опытах для сравнения использовались разные алгоритмы идентификации с соответствующими им параметрами.

При идентификации стационарных коэффициентов в уравнении объекта наиболее эффективными оказались следующие алгоритмы: Айзермана – 1, Качмажа, Нагумо–Нода, Растригина, фильтр Калмана, Цыпкина; при нестационарных коэффициентах объекта: Качмажа, Нагумо–Нода, фильтр Калмана. Лучший результат показал алгоритм идентификации Нагумо–Нода. Полученные результаты исследований показали, что для реализации нейросетевых алгоритмов и большого объема вычислений самым перспективным программным пакетом для изучения и моделирования НС является Neural Network Toolbox в среде Matlab фирмы Mathworks, который позволяет получить представление о топологиях, методах обучения и применении НС, что делает его подходящим для пользователей, не имеющих опыта работы с НС.

Таким образом, проведенные исследования позволили сделать вывод о перспективности данного научного направления и возможной реализации полученных результатов в различных отраслях пищевой промышленности. Полученные результаты позволяют повысить адаптацию режимных параметров к внешним изменяющимся условиям при минимальном изменении существующей конфигурации АСУТП.

### ***Список использованных источников***

1. Интеграция адаптивного управления в технологические процессы пищевой отрасли / Е. Б. Карелина, М. М. Благовещенская, В. Г. Благовещенский и др. // Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности : сб. материалов конференции. – 2019. – С. 81 – 89.

2. Адаптивный подход к идентификации нестационарных технологических процессов в отраслях пищевой промышленности / М. М. Благовещенская, И. Г. Благовещенский, Е. А. Назойкин,

Ю. В. Бабин // Сб. науч. трудов I науч.-практ. конф. с междунар. участием. – 2018. – С. 651 – 654.

3. Повышение качества идентификации и позиционирования объекта на цифровых стереоизображениях при помощи алгоритмов построения карты глубины / А. Н. Петряков, М. М. Благовещенская, В. Г. Благовещенский и др. // Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности : сб. материалов конференции. – 2019. – С. 133 – 138.

4. Подбор рекуррентных алгоритмов идентификации адаптивной системы управления процессами пищевых производств с нестационарными и стационарными параметрами / М. М. Благовещенская, И. Г. Благовещенский, Е. А. Назойкин, Л. А. Крылова // Современное состояние и перспективы развития упаковки в пищевой промышленности : сб. конференции с международным участием. – 2018. – С. 105 – 109.

### *References*

1. Karelina E. B., Blagoveshchenskaya M. M., Blagoveshchenskiy V. G., Kleho D. Yu., Blagoveshchenskiy I. G. Integration of adaptive control into technological processes of the food industry. Intelligent systems and technologies in the food industry. Collection of conference materials. 2019. P. 81 – 89.

2. Blagoveshchenskaya M. M., Blagoveshchenskiy I. G., Nazoikin E. A., Babin Yu. V. An adaptive approach to the identification of non-stationary technological processes in the food industry. In the collection: Advanced food technologies: state, trends, growth points Collection of scientific papers of the I scientific and practical conference with international participation. 2018. P. 651 – 654.

3. Petryakov A. N., Blagoveshchenskaya M. M., Blagoveshchenskiy V. G., Mitin V. V., Blagoveshchenskiy I. G. Improving the quality of object identification and positioning on digital stereo images using depth mapping algorithms. In the collection: Intelligent systems and technologies in the food industry Collection of conference materials. 2019. P. 133 – 138.

4. Blagoveshchenskaya M. M., Blagoveshchenskiy I. G., Nazoikin E. A., Krylova L. A. Selection of recurrent identification algorithms for an adaptive food production process control system with non-stationary and stationary parameters. In the collection of the conference with international participation: Current state and prospects for the development of packaging in the food industry. 2018. P. 105 – 109.

**Е. В. Батурина, М. А. Ивановский**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные системы и защита информации», Тамбов, Россия,  
e-mail: elenavikbaturina@yandex.ru, ivanovskiy\_62@mail.ru)

## **АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИНТЕЗА МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Аннотация.* Данная статья посвящена рассмотрению аналитической модели синтеза модульной структуры сельскохозяйственных программных комплексов в программном обеспечении. Проведен анализ формального описания концептуальной модели модульного программного обеспечения. Определены модули и межмодульные интерфейсы и предложена концептуальная схема модульного программного обеспечения, критерии оценки ее качества. Поставлены задачи синтеза оптимальной концептуальной схемы модульной структуры программных комплексов сельскохозяйственных назначений.

*Ключевые слова:* концептуальная модель модульного программного обеспечения, межмодульные интерфейсы, концептуальная схема модульного программного обеспечения.

**E. V. Baturina, M. A. Ivanovsky**  
(Tambov State Technical University, Department of Information Systems and Information Protection, Tambov, Russia)

## **AN ANALYTICAL MODEL FOR SYNTHESIS OF THE MODULAR STRUCTURE OF SOFTWARE SYSTEMS AGRICULTURAL PURPOSE**

*Abstract.* This article is devoted to the analytical model of synthesis of modular structure of agricultural software systems in software. The analysis of the formal description of the conceptual model of modular software is carried out. Modules and intermodule interfaces are defined and the conceptual scheme of modular software, criteria of an estimation of its quality is offered. The tasks of synthesis of optimal conceptual scheme of modular structure of software complexes of agricultural purposes are set.

*Keywords:* conceptual model of modular software inter-module interfaces, the conceptual diagram of the modular software.

Анализ практики разработки программных комплексов сельскохозяйственного назначения показывает, что ввиду высоких трудоемкости и стоимости их создания (50...70% от общей стоимости информационных систем) разработка альтернативных проектов не проводится. В докладе обсуждаются некоторые вопросы повышения «живучести» перспективных программных комплексов сельскохозяйственных назначений путем улучшения таких их свойств, как эффективность, надежность, сопровождаемость, а также технологичность в эксплуатации. Повышение показателей данных свойств программных комплексов сельскохозяйственных назначений связано с использованием при их создании математических моделей и методов синтеза модульного программного обеспечения. Методология модульного построения общеизвестна и широко используется в самых различных областях, в том числе и при разработке информационных систем. Однако процесс синтеза модульного программного обеспечения недостаточно формализован и зачастую осуществляется на основе здравого смысла и практического опыта проектировщиков. Основным способом преодоления указанных трудностей является введение этапа концептуального проектирования модульного программного обеспечения в жизненный цикл разработки программного и информационно-лингвистического обеспечения информационной системы.

*Формальное описание концептуальной модели модульного программного обеспечения.* Под концептуальным проектированием модульного программного обеспечения информационных систем сельскохозяйственного назначения понимается итерационная процедура определения состава и количества модулей, а также такой схемы их взаимодействия, которая удовлетворяла бы заданным критериям качества. Ключевым вопросом, который решается на данном этапе, является разрешение проблемы рационального распределения информационно-расчетных ресурсов, определенных на множестве задач, по каждому функциональному модулю таким образом, чтобы система модулей обеспечивала бы решение поставленных задач и удовлетворяла бы предъявляемым к ней критериям качества. Для решения проблемы в такой постановке требуется однозначно определить понятия функционального модуля, межмодульного интерфейса, а также концептуальной схемы модульного программного обеспечения. Полученные описания позволят рассмотреть критерии оценки качества модульной структуры, сформулировать задачу синтеза оптимальной структуры модульного программного обеспечения и предложить алгоритм ее построения.

*Определения модуля и межмодульного интерфейса.* Основным при разработке концептуальной модели модульного программного обеспечения является понятие функционального модуля. Для его формализации предлагается воспользоваться теоретико-множественной нотацией с элементами теории графов.

Пусть  $P = \{p_1, \dots, p_j, \dots, p_l\}$  – множество процессов обработки данных, с помощью которых реализуется множество поставленных задач.  $O = \{o_1, \dots, o_i, \dots, o_T\}$  – множество входных, промежуточных и выходных данных (переменных, объектов), обрабатываемых и преобразуемых процессами из  $\mathbf{P}$ . На множествах  $\mathbf{P}$  и  $\mathbf{O}$  ( $P \cap O = \emptyset$ ) определены отношения иерархии процессов  $H_p \subseteq P \times B(P)$ , иерархии данных  $H_o \subseteq O \times B(O)$ ;  $\mathfrak{R} = \{\text{In}, \text{Out}\}$  – отношения взаимодействия:  $\text{In} \subseteq B(O) \times P$  – отношения входные объекты процесса – процесс,  $\text{Out} \subseteq P \times B(O)$  – отношения процесс – выходные объекты процесса;  $\mathfrak{J} \subseteq P \times B(P)$  – отношения следования процессов. Заданные таким образом множества и отношения образуют концептуальную модель вычислительных процессов [1].

Этой модели можно поставить в соответствие граф обработки данных  $\Gamma = (V, U)$ . Вершинами  $V = \{v_i; i = \overline{1, R}\}$  такого графа являются процессы обработки данных из  $\mathbf{P}$ , а ребрами  $U = \{u_{ij} = (v_i, v_j)\}$  – множество данных из  $\mathbf{O}$ , общих для соответствующих процессов. Характер соответствия элементов графа обработки данных элементам концептуальной модели вычислительных процессов определяется по правилу

$$\begin{aligned} & \forall p_r, \forall p_s (p_r, p_s \in P, p_s \in h_p(p_r), \{o_t\} = \text{in}(p_s), \{o_w\} = \\ & = \text{out}(p_s), \forall p_m : t_p(p_m) = t_p(p_s) \Rightarrow \exists v_i \exists v_j (v_i, v_j \in V, v_i \neq v_j, (v_i, v_j) = \\ & = u_{ij} \in U, p_r \leftrightarrow v_i, (p_s, \{p_m\}) \leftrightarrow v_j, (\{o_t\}, \{o_w\}) \leftrightarrow u_{ij}). \end{aligned} \quad (1)$$

Пусть на множестве всех допустимых подмножеств множества  $\mathbf{V}$  – булеане ( $B(V) = \{M_q; q = \overline{1, 2^R - 1}\}; M_q = \{v_i\}$ ) задано некоторое подмножество  $M_f(V)$ , элементы  $M_q$  которого удовлетворяют условиям:

$$\bigcup M_q = V, \quad \text{где } M_q \in M_f(V), \quad q = \overline{1, Q}; \quad (2)$$

$$M_q \cap M_{q'} = \emptyset, \quad \text{где } q \neq q', M_q, M_{q'} \in M_f(V). \quad (3)$$

Множество  $M_f(V)$  представляет собой агрегированный граф  $G = (\Gamma_q, S)$ , вершинами которого являются подграфы  $\Gamma_q = (M_q, D_q)$ , ( $M_q = \{v_i\}, M_q \in M_f(V)$ );  $D_q = \{u_{ij} = (v_i, v_j), v_i, v_j \in M_q\}$  – множество ребер  $M_q$ , а  $S$  – множество ребер, связывающих подграфы  $\Gamma_q$  между собой:

$$S = \bigcup_{q \neq q'} \{u_{ij} = (v_i, v_j), v_i \in M_q, v_j \in M_{q'}\}. \quad (4)$$

Подграфы  $\Gamma_q = (M_q, D_q)$  называются функциональными модулями графа  $\Gamma = (V, U)$  обработки данных. Множество ребер  $S$  графа  $G$  образуют межмодульный информационный интерфейс системы модулей графа обработки данных  $\Gamma$ . Построенная таким образом графовая модель в дальнейшем используется при постановке и решении задачи синтеза оптимальной концептуальной схемы модульной структуры.

*Концептуальная схема модульного программного обеспечения и критерии оценки ее качества.* Концептуальная схема модульного программного обеспечения формально представляется в виде тройки [2]:

$$\mathbf{SK\_M} = \langle \mathbf{Am}, \mathbf{KSm}, \mathbf{SVm} \rangle, \quad (5)$$

где  $\mathbf{Am}$  – совокупность описаний всех элементов модели (имена данных и процессов, их типов, а также типов иерархических отношений);  $\mathbf{KSm}$  – концептуальная схема модульной структуры;  $\mathbf{SVm}$  – схема связи модульной структуры.

Концептуальной схемой модульной структуры называется пара:

$$\mathbf{KSm} = \langle \mathbf{NM}, \mathbf{SM} \rangle, \quad (6)$$

где  $\mathbf{NM}$  – имя модульной структуры;  $\mathbf{SM}$  – схема модулей, которая представляется парой:

$$\mathbf{SM} = \langle \mathbf{PSM}, \mathbf{PFV} \rangle, \quad (7)$$

$\mathbf{PSM} = \{SM_q; \mathbf{q} = \overline{1, Q}\}$  – множество схем модулей, где  $SM_q$  – схема  $\mathbf{q}$ -го модуля:

$$SM_q = \langle P, O, H, \mathfrak{R}, \mathfrak{Z} \rangle; \quad (8)$$

$\mathbf{PFV} = \{FV_{qq'}; q, q' = \overline{1, Q}\}$  – множество отношений, существующих между модулями ( $Q$  – количество модулей), где  $FV_{qq'}$  – множество

входных и выходных данных процессов, принадлежащих модулю  $q'$  и вызываемых из модуля  $q$  ( $q \neq q'$ ):

$$FV_{qq'} = \{o_i \mid o_i \in \text{in}(p_j) \vee o_i \in \text{out}(p_j), p_j \in h_p(p_i); p_i \in SM_q, p_j \in SM_{q'}\}. \quad (9)$$

Необходимо заметить, что затраты и время разработки и внедрения программных комплексов сельскохозяйственных назначений определяются сложностью межмодульного информационного интерфейса. Таким образом, в процессе построения модульной структуры программных комплексов сельскохозяйственных назначений в условиях задания жестких требований к срокам разработки и качеству проекта межмодульный информационный интерфейс необходимо минимизировать.

*Постановка задачи синтеза оптимальной концептуальной схемы модульной структуры программных комплексов сельскохозяйственных назначений.* Пусть  $SM_f$  – некоторая схема модулей для **КСм**. Множество допустимых схем модулей обозначим через  $\sigma$  ( $SM_f \subset \sigma$ ) [3]. Тогда задача синтеза оптимальной концептуальной схемы модульной структуры в общем виде может быть представлена как

$$SM^0 \rightarrow \min_{SM_f \subset \sigma} \Omega(SM_f), \quad (10)$$

где  $\Omega(SM_f)$  – функция, определенная на множестве допустимых схем модулей  $\sigma$  и отражающая сложность межмодульных информационных связей.

Необходимо заметить, что рассматриваемый класс функций  $\Omega(SM_f)$  характеризуется сложной аналитической зависимостью, включающей большое число переменных, поэтому методы решения, ориентированные на поиск экстремума  $\Omega(SM_f)$ , представляют существенные алгоритмические и вычислительные трудности. Это утверждение обуславливает переход к вспомогательной модели – графа обработки данных с последующей постановкой и решением на нем задачи синтеза оптимальной концептуальной схемы модульной структуры. Для этого выполним взаимоднозначное соответствие между множеством схем модулей  $SM_f$  и множеством разбиений  $M_f(V)$ , удовлетворяющих условиям (2), (3). Такое преобразование позволяет представить общий вид задачи синтеза оптимальной концептуальной схемы модульной структуры в следующей форме:

$$M^0(V) \rightarrow \min_{M_f(V) \subset \sigma} \Psi(M_f(V)), \quad (11)$$

где  $\Psi(M_f(V))$  – функция, определенная на множестве допустимых разбиений  $\sigma$  графа обработки данных  $\Gamma$ .

Задача нахождения оптимальной концептуальной схемы модульной структуры в формулировке (2), (3), (11) аналогична известной в теории графов задаче о разрезании графов. Для ее построения был разработан приближенный алгоритм смешанного типа на базе структурированного метода ветвей и границ [1].

### ***Список использованных источников***

1. Евстигнеев, В. А. Применение теории графов в программировании / В. А. Евстигнеев. – М. : Наука, 1985.
2. Ветошкин, В. М. Основы теории концептуального проектирования баз данных для автоматизированных систем / В. М. Ветошкин. – М. : ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1992.
3. Чискидов, С. В. Методика концептуального проектирования модульного специального математического и программного обеспечения перспективных АСУ ВВС / С. В. Чискидов // материалы XX юбилейной науч.-техн. конф. молодых специалистов. – Ногинск, НИЦ 30-го ЦНИИ МО РФ, 1997.

### ***References***

1. Evstigneev, V. A. Primenenie teorii grafov v programirovanii. – M. : Nauka, 1985.
2. Vetoshkin, V. M. Osnovy teorii konceptual'nogo proektirovaniya baz dannyh dlya avtomatizirovannyh sistem. – M. : VVIA im. N. E. Zhukovskogo, 1992.
3. CHiskidov, S. V. Metodika konceptual'nogo proektirovaniya modul'nogo special'nogo matematicheskogo i programmnogo obespecheniya perspektivnyh ASU VVS // Materialy XX-j yubilejnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii molodyh specialistov. Noginsk, NIC 30-go CNII MO RF, 1997.



**М. М. Благовещенская, И. Г. Благовещенский, М. С. Соловьев**  
(ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», кафедра «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами», Москва, Россия, e-mail: mmb@mgupp.ru, igblagov@mgupp.ru, maksimsolovyovs@gmail.com)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ**

*Аннотация.* Статья посвящена использованию web-технологий для поддержки принятия решений в интеллектуальных экспертных системах. Изложены результаты исследований современных технологических процессов для обеспечения их мониторинга с использованием web-технологий. Показано, что благодаря использованию OpenSCADA или так называемых открытых систем можно обойтись минимальными средствами без потери функциональности, в частности рассматривая мониторинг в виде web-приложения, которое входит в часть OpenSCADA или как отдельный web-сервер. Особое внимание уделено структурной схеме сервера Web SCADA. Приведенный анализ позволит не только максимально снизить потери в производстве, но и повысить эффективность производства.

*Ключевые слова:* информационные технологии, мониторинг, web-технологии, автоматизированные системы, технологический процесс.

**M. M. Blagoveshchenskaya, I. G. Blagoveshchensky, M. S. Soloviev**  
(Moscow State University of Food Production, Department of Automated Control Systems for Biotechnological Processes, Moscow, Russia)

## **USING WEB TECHNOLOGIES TO SUPPORT DECISION MAKING IN INTELLIGENT EXPERT SYSTEMS**

*Abstract.* The article is devoted to the use of web technologies to support decision making in intelligent expert systems. The results of studies of modern technological processes to ensure their monitoring using web technologies are presented. It is shown that thanks to the use of OpenSCADA or the so-called open systems, one can do with minimal means without losing functionality, in particular, considering monitoring in the form of a web application that is part of OpenSCADA or as a separate web server. Particular attention is paid to the structural diagram of the Web SCADA server. The above analysis will allow not only to minimize production losses, but also to increase production efficiency.

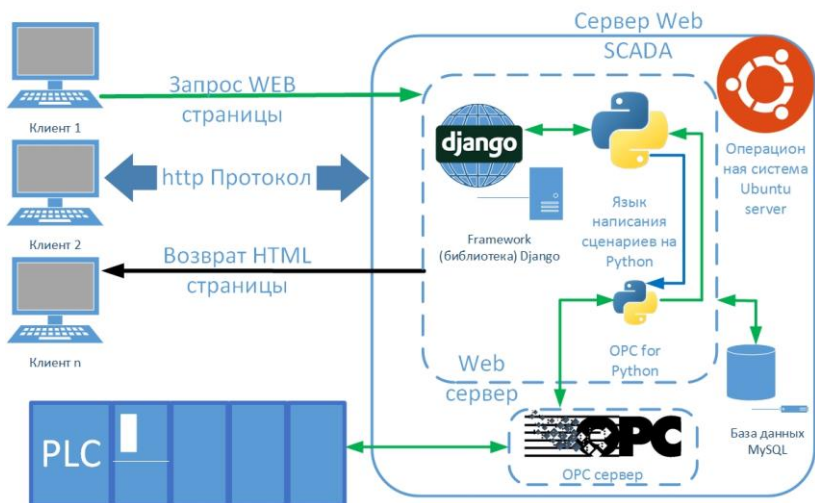
*Keywords:* information technology, monitoring, web technologies, automated systems, technological process.

Современные производства пищевой промышленности используют системы оперативного контроля технологическим процессом, но для обеспечения мониторинга применяются дорогостоящие системы диспетчеризации в реальном времени [1 – 3]. При использовании web-технологий все больше внедряют приложения, основываясь на архитектуре клиент-сервера, используя Интернет в качестве передачи данных от сервера к клиенту [4, 5]. Данная архитектура позволяет использовать PC-клиенты с меньшей мощностью, так как вся логика происходит на сервере. При этом предполагается возможность подключения из любой точки мира, если есть подключение к Интернету или в рамках отдельной сети предприятия.

Не всегда внедрение SCADA-системы оправдывает вложенные средства, многие из них являются закрытыми системами с точки зрения изменения программного интерфейса [5]. Но благодаря использованию OpenSCADA или так называемых открытых систем можно обойтись минимальными средствами без потери функциональности, в частности, рассматривая мониторинг в виде web-приложения, которое входит в часть OpenSCADA или как отдельный web-сервер [2, 4].

Целью создания такого вида мониторинга является разработка программы для обеспечения мониторинга за технологическими процессами производства. Для примера можно представить архитектуру, в которую могут входить специализированный web-сервер с применением framework (библиотеки) Django (Python), OPC сервер Kerware, библиотека OpenOPC for Python, CSS (HTML). Web-сервер обеспечивает обработку запросов и отправку данных клиентам. OPC сервер обеспечивает связь между web-сервером и контроллером, при этом не важно, какая модель используется. OpenOPC for Python является дополнительной библиотекой для сервера и связывает переменные OPC Kerware с программой на самом web-сервере. Так же возможно не только получать данные из котроллера, но и отправлять команды на контроллер. CSS позволяет отображать содержимое страницы, а JavaScript отвечает за анимацию объектов. Сервер устанавливается на операционную систему на базе Linux (Ubuntu, Fedora, Debian), возможно использование Windows-ориентированных серверов. Время опроса контроллера можно задать в зависимости от того, какая выбрана система – от 100 мс до нескольких минут или часов. Схема работы web-сервера на базе Ubuntu server представлена на рис. 1.

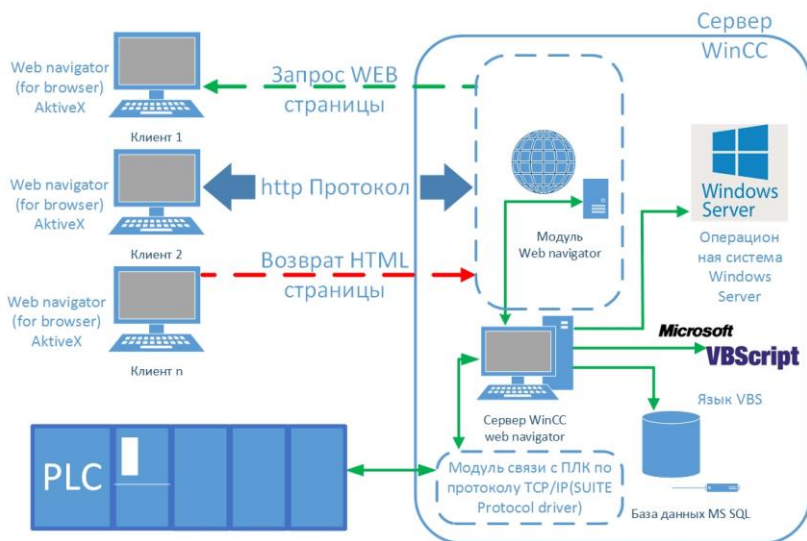
Рассмотрим работу системы. Пользователь заходит в браузер и переходит по ссылке, адресом ссылки является имя сервера или IP-адрес (возможно наличие порта). Для безопасности системы у каждого пользователя есть разграничение прав доступа и уникальный логин и пароль.



**Рис. 1. Структурная схема сервера Web SCADA**

Когда он авторизуется, то видит перед собой страницу, которая может обновляться самостоятельно или вручную пользователем. Когда пользователь производит действие на странице, в этот момент отсылается запрос на сервер, далее выполняется алгоритм на стороне web-сервера и возвращается html-страница. Если требуется отправить команду на контроллер, то сначала идет обработка на web-сервере, далее данные передаются на OPC-сервер и после отправляются на ПЛК.

Применение web-сервера для мониторинга технологических процессов производства дает преимущества над приложениями, которые надо устанавливать на ПК пользователей. На предприятиях применяют ПО в виде готового решения, состоящего из модулей. Например, применяют Simatic WinCC 7.x с модулем web-navigator, представленный на рис. 2, который позволяет организовать web-сервер внутри SCADA и на тонком клиенте просматривать страницу. Важным является то, что при выборе системы многие выбирают готовые решения, но эти решения требуют больших вложений, не все понимают, какую архитектуру лучше использовать, при выборе открытой системы такой тип является более гибким и настраивается под конкретную задачу [10, 11]. Осознание этого происходит после эксплуатации готовых решений и понимания того, что задачу можно решить более простым способом.



**Рис. 2. Структурная схема работы web navigator для WinCC**

Единственной проблемой открытого программного обеспечения (ПО) является необходимость не только его разработки, но и поддержки [12, 13]. Сейчас довольно много программистов, знакомых с такими языками, как Python, JavaScript, C# и т.п. Это эффективное направление развития интеллектуальных экспертных систем в пищевой промышленности. В дальнейшем открытые решения будут только развиваться [14].

### ***Список использованных источников***

1. Благовещенская, М. М. Идентификационный аспект в методологии создания систем управления технологическими объектами с нестационарными параметрами / М. М. Благовещенская, В. В. Макаров // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2014. – № 1. – С. 85 – 90.
2. Интеграция адаптивного управления в технологические процессы пищевой отрасли. Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности / Е. Б. Карелина, М. М. Благовещенская, В. Г. Благовещенский и др. // Сб. материалов конференции. – М.: МГУПП, 2019. – С. 81 – 89.
3. Распределенные автоматизированные системы интеллектуального мониторинга оборудования зерноперерабатывающих предприя-

тий / М. М. Благовещенская, А. М. Костин, И. Г. Благовещенский, А. В. Татаринов // В книге : Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука, ИК МГУПП. – 2017. – С. 171 – 175.

4. Разработка баз данных интеллектуальных экспертных систем автоматического контроля показателей качества пищевой продукции / И. М. Донник, М. Г. Балыхин, И. Г. Благовещенский, М. М. Благовещенская // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – № 4. – С. 126 – 138.

5. Крылова, Л. А. Разработка интеллектуальных аппаратно-программных комплексов мониторинга процессов сепарирования дисперсных пищевых масс на основе интеллектуальных технологий / Л. А. Крылова, В. Г. Благовещенский, А. В. Татаринов // В книге : Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука. – 2017. – С. 199 – 201.

### *References*

1. Blagoveshchenskaya M. M., Makarov V. V. Identification aspect in the methodology of creating control systems for technological objects with non-stationary parameters // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering. – No. 1. – 2014. – P. 85 – 90.

2. Karelina E. B., Blagoveshchenskaya M. M., Blagoveshchenskiy V. G., Kleho D. Yu., Blagoveshchenskiy I. G. Integration of adaptive control into technological processes of the food industry. Intelligent systems and technologies in the food industry. Collection of conference materials. – 2019. P. 81 – 89.

3. Blagoveshchenskaya M. M., Kostin A. M., Blagoveshchenskiy I. G., Tatarinov A. V. Distributed automated systems for intelligent monitoring of equipment of grain processing enterprises. In the book: Development of the food and processing industry in Russia: personnel and science, IC MGUPP. – 2017. – P. 171 – 175.

4. Donnik I. M., Balykhin M. G., Blagoveshchenskiy I. G., Blagoveshchenskaya M. M. Development of databases of intelligent expert systems for automatic control of food quality indicators. Storage and processing of agricultural raw materials. – 2018. – No. 4. – P. 126 – 138.

5. Krylova L. A., Blagoveshchenskiy V. G., Tatarinov A. V. Development of intelligent hardware and software systems for monitoring the processes of separation of dispersed food masses based on intelligent technologies. In the book: Development of the food and processing industry in Russia: personnel and science. – 2017. – P. 199 – 201.

УДК 631.171, 004.771

**Н. А. Вехтева, А. Е. Архипов**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия,  
e-mail: magicanloner@gmail.com, alexei.arh@gmail.com)

## **ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ**

*Аннотация.* Представлен обзор наиболее распространенных средств визуализации в тренажерах для подготовки работников сельскохозяйственной промышленности.

*Ключевые слова:* дополненная реальность, виртуальная реальность, визуализация, тренажеры-симуляторы, сельскохозяйственная промышленность, обучение.

**N. A. Vekhteva, A. E. Arhipov**  
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

## **VISUALIZATION TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL TRAINING COMPLEXES**

*Abstract.* The article provides an overview of the most common visualization tools in simulators for training agricultural workers.

*Keywords:* augmented reality, virtual reality, visualization, simulators, simulators, agricultural industry, training.

В последнее время замечается бурное развитие цифровых технологий и улучшение оборудования в сельскохозяйственной промышленности. Модернизация оборудования и закупка новых технологических решений требуют повышения квалификации обслуживающего персонала и нахождения новых подходов к процессу обучения.

Технология дополненной реальности (AR) помогает расширить область информации, воспринимаемой человеком, с помощью переноса цифровых объектов в реальный мир. Это может достигаться в результате введения в поле восприятия человека сенсорных данных. Например, с помощью камеры или другого устройства обрабатывается видеосигнал, а специальная программа дополняет картинку виртуальными объектами, такими как видео- и аудиоматериалы, 3D-модели, текст. За счет этого дополняются сведения об окружении и улучшается восприятие информации.

Технология виртуальной реальности (VR) позволяет человеку полностью или частично погрузиться в искусственный мир. Взаимодействовать с ним можно с помощью специальных сенсорных устройств, которые связывают его движения с аудиовизуальными эффектами.

Тренировки операторов сложных промышленных технических систем на реальных установках и в реальных условиях слишком опасны и дороги, а часто и нереализуемы. Поэтому использование AR\VR-технологии визуализации для обучения персонала позволяет погрузиться в виртуальную среду и отработать практические навыки, при этом сокращая время на изучение учебных материалов примерно в 2,5 раза [1].

При работе с сельскохозяйственной техникой технические специалисты на AR-симуляторах могут осваивать обслуживание оборудования, обучаться работе с ним, проходить тестирование уровня технических знаний и действий при возникновении нестандартных ситуаций или выходе техники из строя. Чаще всего они выглядят как реальная кабина транспорта со всеми соответствующими элементами и с экраном для проецирования объектов цифрового мира.

Рассмотрим наиболее популярные виды тренажеров компании «Форвард»: тренажер трактора или тренажер экскаватора-погрузчика на базе трактора, представляющие собой часть оригинальной кабины. Они включают в себя рычаги управления, сидение и монитор, вместо лобового окна, на который проецируется изображение дополненной реальности.

Тренажеры трактора или комбайна представляют собой оригинальную кабину транспорта. Кабина имеет два или три радиусных проекционных экранов по периферии, на которые проецируется мир цифровой реальности. Тренажеры оборудованы местом для инструктора, системой видеонаблюдения и двухсторонней аудиосвязью.

На примере тренажеров-имитаторов трактора и погрузчика МТЗ, Кировец, John Deere рассмотрим часть основных возможностей оборудования: ознакомление с органами управления; выполнение разворотов; движение по проселочной дороге с прицепом; вспашка беспетлевым комбинированным способом; вспашка петлевым способом с чередованием загонов. Дополнительные возможности программы: вождение в условиях большого города; система контроля ПДД при вождении в городских условиях; реалистичное поведение трафика на городских улицах.

Высококачественная современная графика позволяет с максимальной достоверностью реализовать различные погодные условия, время суток и времена года, а также изменение состояния объектов в зависимости от действий пользователя, например визуализация процесса покоса колосьев или вспашка грунта после прохождения комбайна в цифровой реальности через определенную область цифрового пространства.

Использование VR-тренажеров, основанных на 360-градусном видео, также могут применяться для популяризации сельского хозяйства. Такая технология используется в проекте FarmVR от Think Digital, представляющим собой виртуальную ферму. Эта платформа для совместной работы в виртуальной реальности позволяет пользователям со всего мира подключиться к виртуальной учебной среде. Она может быть использована для получения учебного и образовательного опыта, которые трудно воспроизвести в традиционных классных презентациях, например использование виртуального макета коровы с полной прорисовкой всех внутренних органов, мышц и других частей – для изучения анатомических особенностей животного.

Все вышеописанные технологии визуализации, применяемые в тренажерных комплексах, позволяют получать опыт в сфере сельскохозяйственной промышленности, не затрагивая реальные ресурсы, и с большей скоростью, чем при традиционном обучении. Захватывающий характер технологии сильно влияет на восприятие обучаемых и дает им чувство, что они являются частью истории и находятся внутри созданного мира, а не просто смотрят на него со стороны. Это приводит к увеличению заинтересованности к предмету [2].

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-013-00567 с использованием вычислительного оборудования ЦКП «Цифровое машиностроение».*

#### **Список использованных источников**

1. Обухов, А. Определение конструктивных параметров тренажера дыхательного аппарата для тренировочных комплексов / А. Обухов, Д. Дедов, А. Архипов // Материаловедение и техника : серия конференций ВГД. – ИОР Publishing, 2020. – Т. 709, № 2. – С. 22 – 90.
2. Система управления мобильным тренажером изолирующего дыхательного аппарата программно-аппаратной платформы / А. Обухов и др. // Международный журнал интерактивных мобильных технологий (iJIM). – 2020. – Т. 14, № 8. – С. 32 – 42.



### **References**

1. Obukhov A., Dedov D., Arkhipov A. Determination of the design parameters of the simulator breathing apparatus for training complexes // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – V. 709, No. 2. – P. 22 – 90.
2. Obukhov, A. et al. Mobile Simulator Control System for Isolating Breathing Apparatus of Software-Hardware Platform // International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM). – 2020. – V. 14, No. 8. – P. 32 – 42.

УДК 631.171, 004.771

**А. А. Волков, А. Д. Обухов**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»), Тамбов, Россия,  
e-mail: didim@eclabs.ru, obuhov.art@gmail.com)

### **ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ**

*Аннотация.* Рассмотрены основные подходы, применяемые для построения беспроводных систем управления сельскохозяйственной техникой. Дан краткий обзор доступных технологий, приводятся их достоинства и недостатки, а также рассматривается возможность применения для автоматизации мониторинга и управления сельскохозяйственной техникой.

*Ключевые слова:* сельскохозяйственная техника, автоматизация, системы управления, беспроводные каналы связи, телеметрия, потоковая передача, FPV.

**A. A. Volkov, A. D. Obukhov**  
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

### **ORGANIZATION OF DATA STREAMING FOR AUTOMATION OF AGRICULTURAL MACHINERY MANAGEMENT**

*Abstract.* The article describes general approaches used to build wireless control systems for agricultural machinery. A brief overview of the available technologies and their advantages and disadvantages are given, and possibility of using for automation of monitoring and management agricultural machinery also considered.

*Keywords:* agricultural machinery, automation, control systems, wireless communication channels, telemetry, streaming, FPV.

На протяжении последних двух десятилетий автоматизация технологических процессов затронула все сферы человеческой деятельности, начиная от повседневного быта и заканчивая промышленностью и сельским хозяйством. Внедрение автоматизации позволяет повысить эффективность работы, снизить вероятность ошибок, вызванных «человеческим фактором».

В сфере сельского хозяйства можно выделить несколько основных направлений автоматизации. Одним из таких направлений является управление сельскохозяйственной техникой в ходе различных работ на полях. При организации автоматизированного или дистанционного управления техникой одной из основных задач является разработка системы связи, пригодной для эксплуатации в различных условиях [1].

Так как сельскохозяйственные угодья занимают достаточно обширные площади, применение проводных линий связи вызывает ряд затруднений даже для управления наземной техникой, в случае аппаратов воздушного базирования такой способ управления невозможен. Единственным доступным способом построения системы связи остается использование беспроводных технологий, таких как соединение по радиоканалу. Причем возможно использование менее мощных передатчиков для поддержания стабильного соединения на большей дистанции из-за отсутствия сильного «загрязнения» эфира и нахождения техники в зоне прямой видимости.

Системы связи на базе радиоканалов можно классифицировать по нескольким основным признакам: дальность действия, скорость передачи данных, тип сигнала и т.д. Для нужд сельского хозяйства имеет смысл рассматривать только системы среднего и дальнего радиуса действия, от нескольких сотен метров (размещение наземного оборудования на границах каждого отдельного участка) до нескольких километров (использование единого наземного приемопередатчика сразу для нескольких участков).

По скорости передачи данных системы связи можно разделить на низкоскоростные и высокоскоростные. Среди низкоскоростных систем связи наибольшее распространение получил промышленный частотный диапазон 433 МГц. При этом для данного диапазона существуют как аналоговые, так и цифровые приемопередатчики. Такой тип связи используется при небольшом объеме передаваемых данных, например для простой телеметрии. Диапазон 433 МГц позволяет в условиях открытого пространства организовывать радиосвязь в ра-

диусе нескольких километров. Оборудование для данного диапазона также имеет невысокую стоимость.

В ряде случаев для автоматизации сельскохозяйственных работ необходима обработка изображений с борта техники. При этом можно пойти двумя путями: либо организовывать обработку непосредственно на борту аппаратов, либо передавать картинку в реальном времени на базовый узел управления и производить обработку централизованно. Первый подход позволяет обойтись низкоскоростными каналами связи, однако удорожает саму технику из-за необходимости размещения на ее борту производительного вычислительного комплекса. Второй способ позволит обойтись единственным мощным сервером для обработки всех поступающих данных, однако потребует более быстрых каналов связи, позволяющих передавать изображение в необходимом качестве.

Среди высокоскоростных технологий радиосвязи наибольшую популярность на данный момент имеют два открытых промышленных диапазона: 2,4 и 5,8 ГГц. Данные диапазоны широко применяются, например для построения FPV (First Person View – вид от первого лица) систем управления авиамоделями и квадрокоптерами. Такие системы позволяют передавать сигнал в условиях открытой местности на расстояния до 3...4 км на скоростях до нескольких десятков мегабит в секунду. Системы FPV существуют как в аналоговом, так и в цифровом исполнении. Аналоговые системы более дешевые, а также имеют меньшие задержки сигнала за счет отсутствия необходимости кодирования сигнала в цифровой поток на борту аппарата и декодирования потока на стороне приемника. Однако аналоговые системы предоставляют менее качественное изображение (обычно в разрешении PAL или NTSC) и менее стабильную картинку. Цифровые системы позволяют передавать изображение в более высоком разрешении (вплоть до Full HD), однако обладают несколько большей задержкой сигнала и стоят значительно дороже аналоговых.

При построении цифровых систем потоковой передачи изображения важную роль играет выбор видекодека – алгоритма, который отвечает за преобразование видеосигнала с камеры в цифровой поток. Поскольку радиоканалы даже на высоких частотах имеют ограниченную пропускную способность, большое значение имеет итоговый битрейт передаваемого потока. Также в условиях управления в реальном времени немаловажным фактором являются задержки при передаче

изображения. Одним из оптимальных кодеков, удовлетворяющих вышеприведенным критериям, является H.264. Данный кодек позволяет достаточно хорошо сжимать видеопоток (для передачи Full HD видео с частотой 60 кадров в секунду достаточно канала в 15...20 Мбит/с), существует множество аппаратных решений, поддерживающих кодирование и декодирование видео в данном формате. Использование аппаратных кодеров и декодеров позволяет сильно снизить задержки при передаче данных.

Таким образом, на сегодняшний день существует достаточно широкий спектр различных технологий для организации беспроводного управления техникой в сельском хозяйстве. От простых, дешевых и достаточно медленных решений на базе диапазона 433 МГц до куда более продвинутых высокоскоростных систем в диапазоне 2,4...5,8 ГГц. Выбор конкретной реализации может варьироваться в зависимости от поставленной задачи, бюджета и предполагаемых условий эксплуатации.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00660.*

#### ***Список использованных источников***

1. Средства автоматизации для управления сельскохозяйственной техникой / А. Ю. Измайлов, В. К. Хорошенков, В. А. Колесникова и др. // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 3. – С. 3 – 9.

#### ***References***

1. Izmajlov, A. Yu. Sredstva avtomatizacii dlya upravleniya sel'skohozyajstvennoj tekhnikoj / A. Yu. Izmajlov, V. K. Horoshenkov, V. A. Kolesnikova, I. S. Alekseev, S. E. Lonin, N. T. Goncharov // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. – 2017. – No. 3. – S. 3 – 9.

**А. С. Гордеев, Ю. А. Каширин**  
(ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»,  
кафедра «Агроинженерия и электротехнологии»,  
Мичуринск, Россия, e-mail: gorde2020@gmail.com)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОЧВЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА**

*Аннотация.* Отражены вопросы полевых исследований физико-механических свойств почвы и, в частности, плотности и твердости с применением разработанного цифрового устройства.

Предложено устройство, позволяющее осуществлять измерения плотности и твердости почвы в полевых условиях.

В результате исследований получен цифровой пенетрометр для исследования плотности почвы, а также методика проведения исследований с его помощью. Данная методика позволит упростить и повысить скорость проведения исследований и контроля состояния почвенного покрова.

*Ключевые слова:* цифровое устройство, пенетрометр, плотность, математический анализ.

**A. S. Gordeev, Yu. A. Kashirin**  
(The Michurinsk State Agrarian University, Department  
of Agroengineering and Electrotechnology, Michurinsk, Russia)

## **SOIL DENSITY STUDY USING A DIGITAL DEVICE**

*Annotation.* The presented article reflects the issues of field research of the physical and mechanical properties of the soil, and in particular, density and hardness using the developed digital device.

A device is proposed for measuring soil density and hardness in the field.

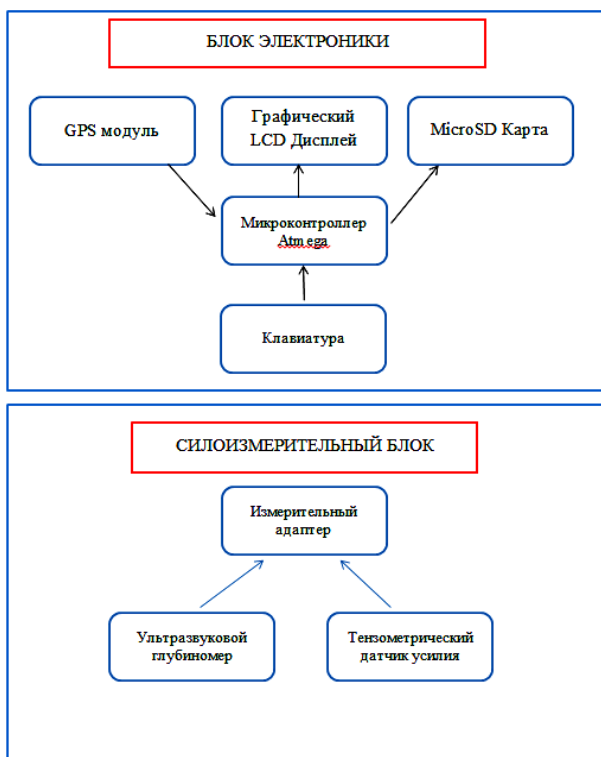
As a result of the research, a digital penetrometer was obtained for studying soil density, as well as a method for conducting research with its help. This technique will simplify and increase the speed of research and control of the state of the soil cover.

*Keywords:* digital device, penetrometer, density, mathematical analysis.

В настоящее время для проведения исследований плотности почвы существуют различные методы. К ним относятся: статическое и динамическое зондирование, электромагнитные, радиоизотопные, методы с выполнением отбора образцов [1]. Последние из перечисленных являются самыми точными, но и самыми трудоемкими. В настоящее время все более широкую сферу применения обретают исследования с применением методов статического зондирования. На основании показателей сопротивления пенетрации, модуля упругости, угла внут-

ренного трения, а также с учетом механического состава исследуемого грунта можно определить показатели плотности почвы.

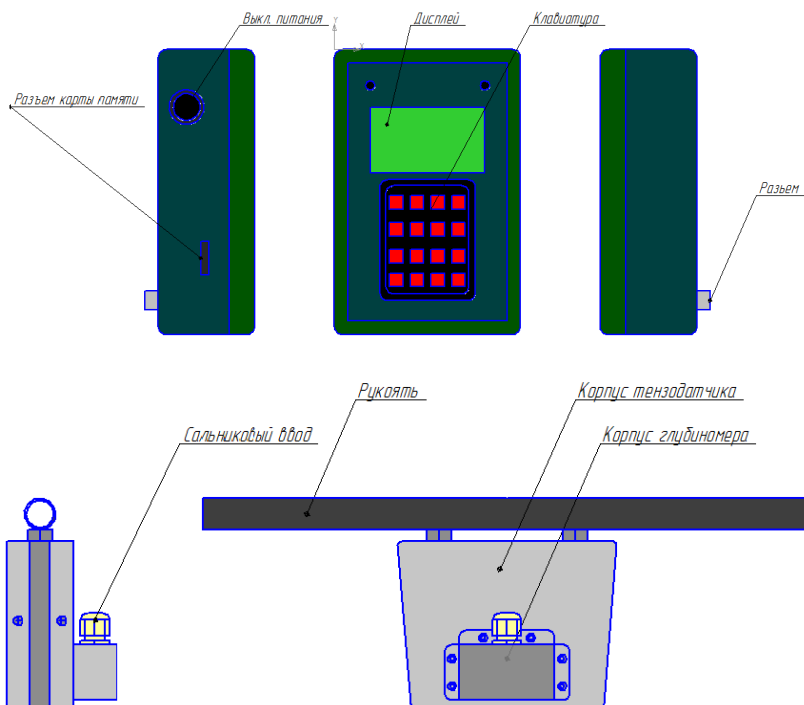
В ходе проведенных исследований была разработана структурная схема цифрового устройства, позволяющего проводить исследования плотности почвы по косвенным параметрам (рис. 1). Устройство основано на базе отладочной платы ArduinoMega.



**Рис. 1.** Структурная схема устройства цифрового пенетromетра

В качестве датчика, позволяющего измерять величину сопротивления пенетрации, использован тензометрический датчик усилия. Для контроля текущей глубины зондирования используется ультразвуковой датчик расстояния. Для отображения информации использован графический дисплей, на который выводится вся необходимая информация. Для управления устройством использована матричная клавиатура.

Состоит устройство из двух блоков: силоизмерительного и блока электроники (рис. 2).



**Рис. 2. Конструкция разработанного устройства.**  
**Сверху изображен блок электроники, ниже – силоизмерительный блок**

В ходе разработки были разработаны печатные платы, позволившие повысить общую надежность и компактность устройства. После разработки написан управляющий алгоритм для устройства. В данном алгоритме провели анализ алгоритмов фильтрации сигналов, повышающий точность устройства [2].

Далее выполнили лабораторные и полевые исследования с применением разработанного цифрового пенетromетра.

Были исследованы относительные погрешности измерения глубины, сопротивления пенетрации [3]. Полученные в ходе проведенных исследований данные представлены в табл. 1 и 2.

## 1. Результаты определения относительной погрешности измерения силы

Расчет относительной погрешности измерений силы					
Эталон изм, кг	Ряд измерений 1, кг	Ряд измерений 2, кг	Ряд измерений 3, кг	Ср. арифм трех изм- ий	Относит. погрешн
0	0	0	0	0	0
5,01	5,1	5,2	5,1	5,13	2,46
10,35	10,3	10,5	10,6	10,47	1,13
15,6	15,5	15,5	15,3	15,43	1,07
30,7	30,6	30,3	30,3	30,40	0,98
60,7	60,5	60,5	60,3	60,43	0,44

## 2. Результаты определения относительной погрешности измерения силы

Эталон изм, см	Ряд измерений 1, см	Ряд измерений 2, см	Ряд измерений 3, см	Ср. арифм трех изм- ий	Относит. погрешн
0	0,6	0,5	0,6	0,57	0
10	10,1	9,9	9,5	9,83	1,67
20	19,8	20,1	19,7	19,87	0,67
30	30,2	30,2	29,5	29,97	0,11
40	39,4	39,6	39,3	39,43	1,42
50	50,3	49,7	49,7	49,90	0,20
60	59,7	60	60	59,90	0,17
70	69,6	69,9	69,7	69,73	0,38
80	79,5	79,6	79,7	79,60	0,50

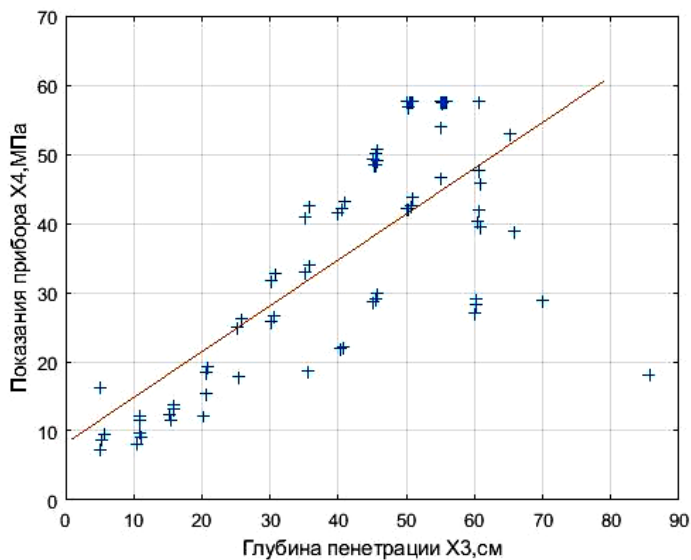
В ходе дальнейших полевых исследований провели анализ данных, получаемых с помощью разработанного цифрового пенетрометра, в сравнении с данными, полученными при отборе проб и их исследовании. Результаты исследований представлены в табл. 3.

На основе полученных данных провели математический анализ зависимостей между различными параметрами (рис. 3 – 5).

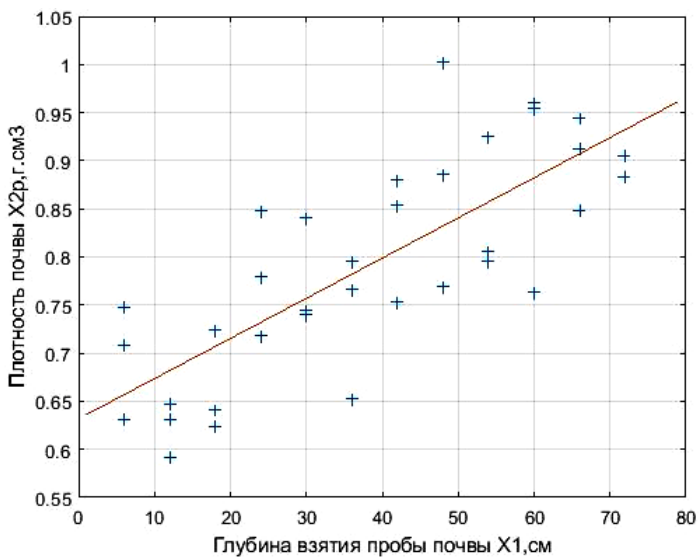


**3. Сводные данные полевых исследований, проведенных с помощью разработанного цифрового пенетрометра, а также их соответствие с номерами отобранных проб почвы**

№п/п	№ прокола	Глубина, см	Масса, гр	№ файла	№ образца	№п/п	№ проколов	Глубина, см	Масса, гр	№ файла	№ образца	№п/п	№ проколов	Глубина, см	Масса, гр	№ файла	№ образца
1	1	6	489	1	1-6	19	2	42	534	2	2-42	2	2	42	534	2	2-42
2	1	12	465	1	1-12	20	2	48	580	2	2-48	2	2	48	580	2	2-48
3	1	18	494	1	1-18	21	2	54	556	2	2-54	2	2	54	556	2	2-54
4	1	24	532	1	1-24	22	2	60	567	2	2-60	2	2	60	567	2	2-60
5	1	30	499	1	1-30	23	2	66	532	2	2-66	2	2	66	532	2	2-66
6	1	36	472	1	1-36	24	2	72	550	2	2-72	2	2	72	550	2	2-72
7	1	42	503	1	1-42	25	3	6	465	3	3-6	3	3	6	465	3	3-6
8	1	48	544	1	1-48	26	3	12	470	3	3-12	3	3	12	470	3	3-12
9	1	54	516	1	1-54	27	3	18	463	3	3-18	3	3	18	463	3	3-18
10	1	60	506	1	1-60	28	3	24	492	3	3-24	3	3	24	492	3	3-24
11	1	66	552	1	1-66	29	3	30	530	3	3-30	3	3	30	530	3	3-30
12	1	72	543	1	1-72	30	3	36	507	3	3-36	3	3	36	507	3	3-36
13	2	6	501	2	2-6	31	3	42	542	3	3-42	3	3	42	542	3	3-42
14	2	12	453	2	2-12	32	3	48	508	3	3-48	3	3	48	508	3	3-48
15	2	18	468	2	2-18	33	3	54	519	3	3-54	3	3	54	519	3	3-54
16	2	24	511	2	2-24	34	3	60	565	3	3-60	3	3	60	565	3	3-60
17	2	30	500	2	2-30	35	3	66	562	3	3-66	3	3	66	562	3	3-66
18	2	36	516	2	2-36	36	3	72	566	3	3-66	3	3	72	566	3	3-66

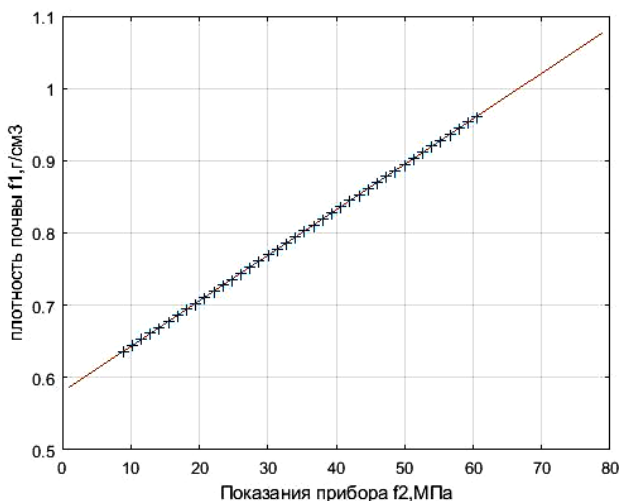


**Рис. 3. Аналитическая зависимость сопротивления пенетрации от глубины погружения зонда**



**Рис. 4. Графическое представление зависимости плотности почвы и глубины на исследуемом участке**

По данным графикам прослеживается коэффициент зависимости уплотнения почвы от удельного сопротивления пенетрации для супесчаных грунтов с естественным содержанием влаги. Очень высокий коэффициент корреляции между этими величинами, приближенный к 1, говорит о тесной связи данных величин.



**Рис. 5.** Зависимость плотности почвы от значений удельного сопротивления пенетрации для супесчаных грунтов, полученных с помощью разработанного цифрового пенетрометра почвы

**Выводы.** Дальнейшее развитие прибора и методики определения плотности почвы с его помощью может продолжаться с применением зондов, которые позволят проводить исследования как влажности, так и агрегатного состава почвы в ходе внедрения электромагнитным и электроконтактным методами. Сферы применения данного устройства довольно обширны – от сельского хозяйства до строительства. Путем внесения в программу работы устройства необходимых алгоритмов можно получить очень универсальное устройство, которое может быть полезным при проведении различных исследовательских работ.

#### *Список использованных источников*

1. Dexter, A. R. A method for prediction of soil penetration resistance / A. R. Dexter, E. A. Czyż, O. P. Gąte // Soil and Tillage Research. – No. 93. – 2007. – P. 412 – 419.

2. Цифровая фильтрация значений Arduino [Электронный ресурс]. – URL : <https://alexgyver.ru/gyverfilters/>. – Режим доступа : свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

3. Пенетрометр грунтовый ПСГ-МГ4 [Электронный ресурс]. – URL : [http://www.stroypribor.com/netcat\\_files/385/235/manual\\_psg.pdf](http://www.stroypribor.com/netcat_files/385/235/manual_psg.pdf). Режим доступа : свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

### *References*

1. Dexter, A. R. A method for prediction of soil penetration resistance / A. R. Dexter, E. A. Czyż, O. P. Gąte // Soil and Tillage Research. – No. 93. – 2007. – P. 412 – 419.

2. Cifrovaya fil'traciya znachenij Arduino [Elektronnyj resurs]. – URL : <https://alexgyver.ru/gyverfilters/>, Rezhim dostupa: svobodnyj. Zagl. s ekrana. YAz. Rus.

3. Penetrometr gruntovyj PSG-MG4 [Elektronnyj resurs]. – URL : [http://www.stroypribor.com/netcat\\_files/385/235/manual\\_psg.pdf](http://www.stroypribor.com/netcat_files/385/235/manual_psg.pdf), Rezhim dostupa: svobodnyj. Zagl. s ekrana. YAz. Rus.

УДК 681.518.3

**А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева, В. Н. Шамкин**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Энергообеспечение предприятий и теплотехника», кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», Тамбов, Россия,  
e-mail: GribkovAlexey@yandex.ru, natashazalukaeva@yandex.ru, shamkin-v@mail.ru)

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ МНОГОМЕРНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

*Аннотация.* Рассмотрены особенности функционального моделирования процесса построения интеллектуальных информационно-управляющих систем многомерными технологическими объектами агропромышленного комплекса.

*Ключевые слова:* функциональная модель, информационно-управляющие системы, энергосберегающее управление, многомерные технологические объекты.

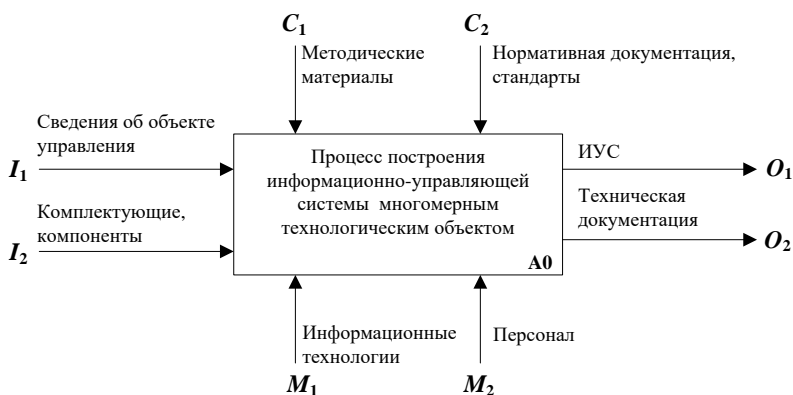
**A. N. Gribkov, N. U., Zalukaeva, V. N. Shamkin**  
(Tambov State Technical University, Department of Energy Supply  
of Enterprises and Heat Engineering, Department of Design  
of Radio-Electronic Devices and Microprocessor Systems, Tambov, Russia)

**FUNCTIONAL MODEL OF THE PROCESS  
OF BUILDING INTELLIGENT INFORMATION  
AND CONTROL SYSTEMS BY MULTIDIMENSIONAL  
TECHNOLOGICAL OBJECTS  
OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

*Abstract.* The features of functional modeling of the process of building intelligent information and control systems by multidimensional technological objects of the agro-industrial complex are considered.

*Keywords:* functional model, information and control systems, energy-saving control, multi-dimensional technological objects.

Процесс построения информационно-управляющих систем (ИУС) многомерными технологическими объектами является достаточно трудоемким и наукоемким, поскольку разработчикам таких систем приходится решать целый комплекс сложных задач, таких как: идентификация математических моделей; анализ задач энергосберегающего управления; синтез алгоритмов оптимального управления; создание баз знаний и баз данных и т.д. Поэтому очень важным этапом разработки ИУС является этап построения функциональной модели, на основе которой возможно оценить эффективность функционирования разрабатываемой системы и выявить возможные недостатки на ранних стадиях ее построения.



**Рис. 1. Контекстная диаграмма процесса построения ИУС**

Рассмотрим пример разработки функциональной модели применительно к задаче построения ИУС многомерными технологическими объектами. Примерами таких объектов являются теплотехнологические аппараты (сушильные установки, электрические печи), которые широко применяются в различных отраслях промышленности, в том числе агропромышленном комплексе. Контекстная диаграмма процесса построения ИУС в стандарте IDEF0 представлена на рис. 1.

Описание взаимодействия моделируемого процесса с внешней средой (входы, выходы, управления и механизмы) приведено в табл. 1.

### 1. Описание входов, выходов, управлений и механизмов

Обозначение	Наименование	Описание
<i>I<sub>1</sub></i>	Сведения об объекте управления	Характеристики используемого оборудования (датчиков, электроприводов, нагревательных элементов и др.), технологические режимы и т.д.
<i>I<sub>2</sub></i>	Комплекующие и компоненты	Технические средства, необходимые для аппаратной реализации ИУС
<i>O<sub>1</sub></i>	ИУС	Информационно-управляющая система многомерным технологическим объектом
<i>O<sub>2</sub></i>	Техническая документация	Документация, описывающая процесс разработки и функционирования ИУС (руководство разработчика, руководство пользователя и т.д.)
<i>C<sub>1</sub></i>	Методические материалы	Методики, используемые при разработке алгоритмического, информационного, программного обеспечения ИУС и т.д.
<i>C<sub>2</sub></i>	Нормативная документация	Стандарты, технические условия и т.д.
<i>M<sub>1</sub></i>	Информационные технологии	Инструментальное и прикладное программное обеспечение (системы компьютерной математики, SCADA-системы, CASE- и RAD- системы)
<i>M<sub>2</sub></i>	Персонал	Системные аналитики, программисты, инженеры по автоматизации и т.д.

Контекстную диаграмму на следующем уровне детализации можно представить в виде нескольких блоков, отражающих основные этапы построения ИУС. На начальном этапе разрабатывается концепция будущей системы применительно к конкретному технологическому объекту и оборудованию. На втором этапе осуществляется разработка алгоритмического обеспечения системы. Следует отметить, что данный этап является наиболее сложным и «научеёмким», поскольку во многих случаях требует применения достаточно сложного математического аппарата [1], основанного на методах системного анализа, методах искусственного интеллекта, теории оптимальных систем и т.д. Третий этап включает в себя выбор необходимых аппаратных средств, на базе которых будет реализована ИУС (микроконтроллеры, промышленные контроллеры, датчики, электроприводы и т.д.), также на данном этапе осуществляется разработка программного обеспечения системы. На четвертом этапе осуществляется непосредственный монтаж ИУС и проводятся необходимые испытания. Последние два этапа включают разработку необходимой конструкторской и технологической документации, а также последующее сопровождение системы в процессе реальной эксплуатации.

Функциональное моделирование является важным этапом построения ИУС, так как подробная и четко формализованная модель обеспечивает не только оценку эффективности проектируемой системы, но и позволяет выявить возможные недостатки системы на ранних стадиях ее проектирования. Рассмотренная обобщенная функциональная модель построения ИУС применялась на практике при проектировании систем управления динамическими режимами теплотехнологических аппаратов, в частности барабанных и вальцеленточных сушильных установок [2].

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 18-08-00555-а.*

#### **Список использованных источников**

1. Ловчаков, В. И. Применение многомерной линеаризации в синтезе квазиоптимальных регуляторов по функционалу обобщенной работы / В. И. Ловчаков // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2019. – Т. 20, № 3. – С. 131 – 142.
2. Грибков, А. Н. Информационно-управляющие системы многомерными технологическими объектами: теория и практика : монография / А. Н. Грибков, Д. Ю. Муромцев. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 164 с.

### *References*

1. Lovchakov, V. I. Primenenie mnogomernoj linearizacii v sinteze kvazioptimal'nyh reguljatorov po funkcionalu obobshchennoj raboty // Mekhatronika, avtomatizaciya, upravlenie. – 2019. – Т. 20, № 3. – С. 131 – 142.
2. Gribkov A. N., Muromcev D. Yu. Informacionno-upravlyayushchie sistemy mnogomernymi tekhnologicheskimi ob'ektami: teoriya i praktika: monografiya. – Tambov : Izd-vo FGBOU VO «TGTU», 2016. – 164 s.

УДК 51-7:664

**В. Г. Благовещенский,  
М. М. Благовещенская, Е. М. Бесфамильная**  
(ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», кафедра «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами», Москва, Россия,  
e-mail: bvg1996@mail.ru, mmb@mgupp.ru, besfamilnaya.e@mgupp.ru)

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВИЗУАЛЬНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

*Аннотация.* В последние несколько лет наблюдается большой интерес к методам визуальной корреляции. В качестве методики формирования срезов данных из различных источников для их визуального соотнесения рассмотрены технологии построения графиков и работы с ними с использованием фреймворка настольных приложений. Это связано с тем, что при решении задачи определения интервалов времени характер данных из различных источников остается неизменным. Можно сделать вывод, что состояние системы в эти периоды времени является постоянным и необходимо учитывать различные потребности в каждом случае разработки интерфейса для отображения данных.

*Ключевые слова:* анализ данных, визуальная корреляция, технологии построения графиков, отображение данных, методика формирования срезов.

**V. G. Blagoveshchenskiy,  
M. M. Blagoveshchenskaya, E. M. Besfamilnaya**  
(Moscow State University of Food Production, Department  
of Automated Control Systems for Biotechnological Processes,  
Moscow, Russia)

### **USING VISUAL CORRELATION TECHNIQUES TO ANALYZE DATA FROM VARIOUS SOURCES**

*Abstract.* There has been a lot of interest in visual correlation methods in the past few years. As a methodology for the formation of data slices from various sources for their visual correlation, technologies for plotting and working with graphs using



a desktop application framework are considered. This is due to the fact that when solving the problem of determining the time intervals during which the nature of data from various sources remains unchanged. It can be concluded that the state of the system during these periods of time is constant and it is necessary to take into account the different needs in each case of developing an interface for displaying data.

*Keywords:* data analysis, visual correlation, plotting technologies, data display, slicing technique.

На практике часто возникает задача анализа данных от различных источников [1 – 4]. Их графическое представление помогает повысить эффективность работы аналитика. Существует множество работ, в которых предлагаются подходы к построению универсального анализатора данных от одного или от нескольких источников [1, 2]. Исследование больших потоков данных с высокой скоростью поступления связано с высокой когнитивной нагрузкой на аналитика [3]. Возможным решением к снижению объемов данных является динамическое определение интервалов времени, в течение которых состояние системы неизменно или незначительно и формирование среза данных, в течение которых характер данных является практически неизменным.

В работе предлагается формировать срезы данных путем кластеризации потоков данных. При этом алгоритм может быть применен как ко всем атрибутам системы, так и к выбранным множествам.

В основу предлагаемого алгоритма положен алгоритм пространственной кластеризации DBSCAN, основанный на плотности [4]. Суть этого алгоритма заключается в том, что для набора точек в некотором пространстве алгоритм группирует вместе точки, расположенные в непосредственной близости, отмечая шумом точки, которые находятся много дальше от своих соседей, в областях с плотностью, меньшей относительно плотности сгруппированных точек. DBSCAN является одним из самых популярных алгоритмов кластеризации, используемых для анализа данных и наиболее часто встречается в научных работах.

Для работы алгоритма необходимо задать только два параметра:

- параметр  $\epsilon$  – отвечает за окрестность, в которую будут входить точки будущего кластера;
- параметр  $\text{minPts}$  – отвечает за минимальное количество точек, которые будут образовывать плотную область.

Процесс работы с набором точек состоит из следующих шагов:

- определить точки в  $\epsilon$  – окрестности каждой точки и выделить основные точки с более чем  $\text{minPts}$  соседями;

- найти связные компоненты основных точек на графе соседей, не принимая во внимание неосновные точки;
- назначить каждую неосновную точку кластеру, наиболее близкому, если кластер является соседним в пределах  $\epsilon$ , в противном случае – определяем точку как шум.

Отличие предлагаемого алгоритма в том, что при получении новой точки, если множество основных точек не пусто, то выполняется оценка ее расстояния с множеством опорных точек и, если расстояние не превышает  $\epsilon$ , то новая точка становится опорной. Если расстояние превышает  $\epsilon$ , то формируется новое множество опорных точек, состоящее из данной точки. Также возможен выбор или реализация собственной функции, отвечающей за измерение расстояния между точками. Выбор функции расстояния и параметра  $\epsilon$  определяет качество работы алгоритма. Наиболее часто используется евклидова метрика [1], но для данных с высокой размерностью она создает определенные сложности, что делает трудным нахождение оптимального  $\epsilon$ .

Схема определения кластеров с помощью алгоритма DBSCAN представлена в работе [2].

В данной работе обсуждаются результаты эксперимента с определением оптимального  $\epsilon$ .

Эксперименты выполняются с помощью данных от сенсоров, отслеживающих: температуру на входе, расход воды на водонагреватель, общее количество затраченной энергии, скорость ветра, мощность насоса, установку температуры водонагревателя, температуру сухого термометра, направление ветра, включение вентиляции и прочее. Каждому массиву показаний с сенсоров соответствует свой момент времени, представляемый в виде [год, месяц, число и время] с шагом в 5 минут. Это позволит точно оценить состояние объекта по срезам данных.

Результаты кластеризации формируются в виде JSON-массива. В массиве каждый элемент соответствует кластеру под назначаемым алгоритмом порядковым номером и набору данных, входящих в этот кластер. Другой набор данных, не вошедший в кластеры, – определенный как шум, выброшенные точки.

Эксперимент выполняется с помощью программного прототипа, реализованный функционал которого выполнен на языке JavaScript и платформе NodeJS, при поддержке фреймворка NW.js. Фреймворк предоставляет платформу для разработки десктопных приложений с HTML в качестве представления и NodeJS – для доступа к системно-

му API. Точкой входа в приложение является веб-страница, что является главным окном приложения. NW.js использует высокоуровневый подход и полную интеграцию функционала веб-браузера Chromium.

В качестве эксперимента для апробации методики были представлены данные от различных сенсоров здания по месту нахождения офиса компании.

Для визуального отображения использована библиотека d3. Она позволяет гибко и универсально построить графики различного вида в многоцветном отображении. Для проведенного эксперимента прорисованы линейные графики по точкам времени. Каждый график в цвете отображает свой параметр. Цвет отображения определяет кластер, в который вошла эта точка. Для удобства цвета отображения чередуются, так как важен сам факт кластеризации. Уникальный цвет для каждого кластера признан избыточным и границы кластеров легко различимы в данной ситуации.

Таким образом, методика для формирования среза данных от разных источников для их визуальной корреляции наглядно предоставляет информацию о полученных данных и их срезах. С помощью DBSCAN формируются кластеры, которые отображаются на веб-странице приложения в виде линейных графиков. Реализация поддерживается фреймворком NW.js, который позволяет разработать кросс-платформенное приложение с удобными инструментами.

В заключение стоит отметить, что использование визуальной корреляции для анализа данных от различных источников позволит повысить эффективность использования интеллектуальных технологий, снизить издержки производства, осуществлять непрерывный мониторинг качества выпускаемой продукции и повысить долю продукции надлежащего качества.

### ***Список использованных источников***

1. NStreamAware: real-time visual analytics for data streams to enhance situational awareness / F. Fischer, D. A. Keim // Proc. of the Eleventh Workshop on Visualization for Cyber Security (VizSec „14). ACM. – 2014. – P. 65 – 72.

2. Балыхин, М. Г. Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий: монография / М. Г. Балыхин, А. Б. Борзов, И. Г. Благовещенский. – М.: Изд-во Франтера, 2017. – 395 с.

3. Благовещенский, И. Г. Использование системы компьютерного зрения для контроля в режиме онлайн качества сырья и готовой продукции пищевой промышленности / И. Г. Благовещенский // Пищевая промышленность. – 2015. – № 6. – С. 18 – 20.

4. Крылова, Л. А. Разработка интеллектуальных аппаратно-программных комплексов мониторинга процессов сепарирования дисперсных пищевых масс на основе интеллектуальных технологий / Л. А. Крылова, В. Г. Благовещенский, А. В. Татаринов // В книге : Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука. – 2017. – С. 199 – 201.

5. Применение методов объектно-ориентированного программирования для контроля показателей качества кондитерской продукции / А. Н. Петряков, М. М. Благовещенская, В. Г. Благовещенский, Л. А. Крылова // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2018. – № 5-6(176). – С. 21 – 23.

### *References*

1. NStreamAware: real-time visual analytics for data streams to enhance situational awareness / F. Fischer, D. A. Keim // Proc. of the Eleventh Workshop on Visualization for Cyber Security (VizSec „14). ACM. – 2014. – P. 65 – 72.

2. Balykhin M. G., Borzov A. B., Blagoveshchenskiy I. G. Methodological foundations for creating expert systems for monitoring and predicting the quality of food products using intelligent technologies : Monograph. – М. : Publishing house of Frantera. – 2017. – 395 p.

3. Blagoveshchensky I. G. The use of a computer vision system for online control of the quality of raw materials and finished products of the food industry // Food Industry. – 2015. – No. 6. – P. 18 – 20.

4. Krylova L. A., Blagoveshchensky V. G., Tatarinov A. V. Development of intelligent hardware and software systems for monitoring the separation processes of dispersed food masses based on intelligent technologies. In the book : Development of the food and processing industry in Russia: personnel and science. – 2017. – P. 199 – 201.

5. Petryakov A. N., Blagoveshchenskaya M. M., Blagoveshchensky V. G., Krylova L. A. Application of object-oriented programming methods to control the quality indicators of confectionery products // Confectionery and bakery production. – 2018. – No. 5-6(176). – P. 21 – 23.

УДК 543.4; 631.1

**Е. С. Дергунова, М. В. Крисанова, Е. Н. Калмыкова**  
(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,  
Металлургический институт, кафедра химии, Липецк, Россия,  
e-mail: dergunova14@yandex.ru)

## **СИСТЕМА RGB-МОНИТОРИНГА «ЗАГАРА» ЯБЛОК ПРИ ХРАНЕНИИ**

*Аннотация.* Рассмотрено применение RGB-системы, предназначенной для мониторинга «загара» яблок в процессе хранения. Установлено, что предложенная система позволяет регистрировать заболевание плодов на ранних этапах.

*Ключевые слова:* «загар», яблоки, мониторинг хранения,  $\alpha$ -фарнезен.

**E. S. Dergunova, M. V. Krisanova, E. N. Kalmykova**  
(Lipetsk State Technical University, Metallurgical Institute,  
Department of Chemistry, Lipetsk, Russia)

## **RGB MONITORING SYSTEM FOR APPLES SCALD DURING STORAGE**

*Abstract.* The use of an RGB system designed to monitor the scald of apples during storage is considered. It was found that the system allows registering fetal disease at an early stage.

*Keywords:* scald, apples, storage monitoring,  $\alpha$ -farnesen.

Одним из основных актуальных вопросов, возникающих после сбора урожая яблок, является их хранение. Определение оптимального срока съема плодов является важнейшим фактором, отвечающим за их продолжительность хранения и низкие потери от физиологических расстройств и других заболеваний. Яблоки являются живой биологической продукцией, и продлить сроки их хранения и уменьшить потери можно, создавая условия, которые максимально замедлят метаболические процессы, протекающие в плодах. Своевременное обнаружение симптомов заболевания плодов может предотвращать развитие болезней, которые приводят к значительным потерям урожая и качества плодов [1]. Загар – это физиологическое заболевание плодов при хранении, которое визуально проявляется в виде побурения кожицы.

Поражение плодов «загаром» приносит огромный ущерб в экономическом плане, так как степень поражения отдельных сортов может достигать 90%, а иногда доходит и до 100%. Восприимчивость фруктов к «загару» в основном определяется генотипом сорта [1].

При поражении яблок болезнью изменения касаются, как правило, лишь поверхности плодов, которые хорошо наблюдаются на неокрашенной в красный цвет кожуре. После переноса плодов в помещение с комнатной температурой наступает быстрое развитие болезни, в результате которой пятна охватывают почти всю поверхность плодов. Если происходит значительное поражение кожицы, то может произойти также и повреждение мякоти, расположенной под побуревшей кожурой. Поверхность, которая подверглась «загару», может слегка западать [1 – 3].

Как уже стало понятно, основные причины развития «загара» – это накопление в покровных тканях плода продуктов окисления  $\alpha$ -фарнезена (КТ<sub>281</sub>). Главную роль в этом процессе играет эндогенный этилен, который синтезируется плодами в крайне низких концентрациях и активирует их созревание, перезревание и старение. Физиологическая роль этилена заключается в том, что он является так называемым пусковым механизмом биосинтеза  $\alpha$ -фарнезена и продуктов его окисления [2].

При разработке RGB-системы брали за основу многопоточковую теорию Кубелки–Мунка.

Исследование проводили на различных сортах яблок, собранных в различные периоды времени. Отдельно изучали влияние условий хранения яблочной продукции. Одновременно определяли методами газожидкостной хроматографии, ИК-Фурье-спектроскопии наличие внутритканевых газов. Оценивали влияние зависимости концентраций этилена,  $\alpha$ -фарнезена от показателей RGB окраски плодов яблок.

Применение разработанной системы мониторинга «загара» яблок позволило детектировать изменение цвета яблок во время хранения.

#### ***Список использованных источников***

1. Гудковский, В. А. Существующие и перспективные технологии защиты плодов от загара / В. А. Гудковский, Л. В. Кожина, Ю. Б. Назаров // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 2. – С. 28 – 31.

2. Barden, C. L. Relationship of antioxidants in apple peel to changes in R-farnesene and conjugated trienes during storage, and to superficial

scald development after storage / C. L. Barden, W. J. Bramlage // Postharvest Biol. Technol. – 1994. – V. 4, No. 1–2. – P. 23 – 33.

3. Гудковский, В. А. Влияние летучих соединений на развитие загара плодов различных сортов яблони / В. А. Гудковский, Л. В. Кожина, Ю. Б. Назаров // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – № 3. – С. 5 – 9.

### *References*

1. Gudkovskiy, V. A. Existing and cutting-edge technologies of storage gas injury fruit protection / V. A. Gudkovskiy, L. V. Kozhina, Yu. B. Nazarov // Vestnik of the Russian agricultural sciences. – 2017. – No. 2. – P. 28 – 31.

2. Barden, C. L. Relationship of antioxidants in apple peel to changes in R-farnesene and conjugated trienes during storage, and to superficial scald development after storage / C. L. Barden, W. J. Bramlage // Postharvest Biol. Technol. – 1994. – V. 4, No. 1–2. – P. 23 – 33.

3. Gudkovskiy, V. A. The impact of volatile compounds on scald development of fruit of different apple varieties / V. A. Gudkovskiy, L. V. Kozhina, Yu. B. Nazarov // Storage and Processing of Farm Products. – 2016. – No. 3. – P. 5 – 9.

УДК 004.932, 623.74

**И. Н. Ищук, А. А. Долгов**

(Военный учебно-научный центр «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», кафедра робототехнических комплексов и систем воздушного базирования, Воронеж, Россия, e-mail: boerby76@mail.ru, alexdolgov88-08@rambler.ru)

## **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПО РАЗНОВРЕМЕННЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ ИК-ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к оценке теплофизических параметров материалов и сред на основе обработки множества разновременных ИК-изображений. Приведен перечень программных продуктов, предназначенных для решения инженерных задач тепломассопереноса.

*Ключевые слова:* ИК-изображения, теплофизические параметры, беспилотный летательный аппарат, кубоид ИК-изображений.

**I. N. Ischuk, A. A. Dolgov**

(Military Training and Research Center “Military Air Academy  
named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin”,  
Department of Robotic Systems and Air-Based Systems, Voronezh, Russia)

## **METHODS FOR EVALUATING THERMAL PROPERTIES OF MATERIALS BY MULTI-TIME IMAGES OF THE IR RANGE OF WAVELENGTHS**

*Abstract.* An approach to evaluating the thermal parameters of materials and media based on processing a variety of different-time IR images is considered. The list of software products intended for solving engineering problems of heat and mass transfer is given.

*Keywords:* IR images, thermal parameters, unmanned aerial vehicle, cuboid IR images.

Активное применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в различных сферах жизнедеятельности позволило сделать качественный скачок при решении многих задач в различных отраслях народного хозяйства. Одной из таких задач является применение технологии тепловой томографии в ходе воздушного мониторинга земной поверхности, заключающейся в дистанционном определении распределения теплофизических параметров (ТФП) земной поверхности по разновременным видимым и инфракрасным (ИК) изображениям. Один из подходов решения данной задачи предполагает использование периодической съемки местности в ИК-диапазоне с получением набора ИК-изображений – кубоида ИК-изображений, отражающего динамику изменения температур на поверхности исследуемого участка. Обработка кубоида ИК-изображений позволяет выделить области со схожей динамикой изменения тепловых контрастов. Оценивание теплофизических параметров малозаметных объектов по динамике температурных контрастов может быть произведено путем решения обратной задачи теплопроводности.

При периодическом дистанционном мониторинге района исследуемой земной поверхности с применением БПЛА с размещенной на его борту оптико-электронной системой (ОЭС) на гиростабилизированной платформе получают множество разновременных растровых изображений видимого  $\{\tilde{G}'[m, n, s]\}$  и ИК  $\{\tilde{T}_r[m, n, k]\}$ ,  $\{\tilde{T}_r[m, n, s]\}$  диапазонов, где  $m, n$  – пространственные координаты на изображении;  $m \in \overline{1, M}, n \in \overline{1, N}$ ;  $M, N$  – размеры изображения в пикселах;  $k \in \overline{1, K}, s \in \overline{1, S}$  – отсчеты по времени;  $K$  и  $S$  – количество временных отсчетов [1].



Кубоиды видимых и ИК-изображений, представляющие собой совокупности разновременных попиксельно совмещенных изображений и формируемые на основе изображений, получаемых с ОЭС БПЛА, можно записать в виде [1]

$$\begin{aligned}
 [\tilde{\mathbf{G}}'_1, \tilde{\mathbf{G}}'_2, \dots, \tilde{\mathbf{G}}'_S] &\equiv \left[ \begin{pmatrix} \tilde{G}'_{11} & \dots & \tilde{G}'_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{G}'_{M1} & \dots & \tilde{G}'_{MN} \end{pmatrix}_1 \dots \begin{pmatrix} \tilde{G}'_{11} & \dots & \tilde{G}'_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{G}'_{M1} & \dots & \tilde{G}'_{MN} \end{pmatrix}_S \right] \rightarrow \\
 &\rightarrow \begin{bmatrix} \tilde{G}'[S]_{11} & \dots & \tilde{G}'[S]_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{G}'[S]_{M1} & \dots & \tilde{G}'[S]_{MN} \end{bmatrix} \equiv \tilde{\mathbf{G}}'; \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\tilde{\mathbf{T}}'_1, \tilde{\mathbf{T}}'_2, \dots, \tilde{\mathbf{T}}'_S] &\equiv \left[ \begin{pmatrix} \tilde{T}'_{11} & \dots & \tilde{T}'_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}'_{M1} & \dots & \tilde{T}'_{MN} \end{pmatrix}_1 \dots \begin{pmatrix} \tilde{T}'_{11} & \dots & \tilde{T}'_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}'_{M1} & \dots & \tilde{T}'_{MN} \end{pmatrix}_S \right] \rightarrow \\
 &\rightarrow \begin{bmatrix} \tilde{T}'[S]_{11} & \dots & \tilde{T}'[S]_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}'[S]_{M1} & \dots & \tilde{T}'[S]_{MN} \end{bmatrix} \equiv \tilde{\mathbf{T}}'; \quad (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\tilde{\mathbf{T}}_1, \tilde{\mathbf{T}}_2, \dots, \tilde{\mathbf{T}}_K] &\equiv \left[ \begin{pmatrix} \tilde{T}_{11} & \dots & \tilde{T}_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}_{M1} & \dots & \tilde{T}_{MN} \end{pmatrix}_1 \dots \begin{pmatrix} \tilde{T}_{11} & \dots & \tilde{T}_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}_{M1} & \dots & \tilde{T}_{MN} \end{pmatrix}_K \right] \rightarrow \\
 &\rightarrow \begin{bmatrix} \tilde{T}[S]_{11} & \dots & \tilde{T}[S]_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}[S]_{M1} & \dots & \tilde{T}[S]_{MN} \end{bmatrix} \equiv \tilde{\mathbf{T}}. \quad (3)
 \end{aligned}$$

Кубоиды (1) и (2) служат для построения конечно-элементной модели фоноцелевой обстановки исследуемой поверхности, обеспечивающей корректное задание граничных условий сопряжения слоистых сред и расчет пространственного распределения температурных полей.

Задача расчета ТФП материалов и сред, основанная на решении обратной задачи теплопроводности (ОЗТ) путем редукции кубоида изображений термодинамических температурных полей (3), можно записать в виде [2]

$$A_{\xi} \mathbf{f} = \tilde{\mathbf{T}}, \quad (4)$$

где  $A_{\xi}$  – ограниченный линейный оператор, обеспечивающий корректное решение ОЗТ;  $\xi$  – регуляризирующий параметр, обеспечивающий сужение класса допустимых решений  $\{\mathbf{f}\}$ ;  $\mathbf{f}$  – пространственное распределение ТФП материалов и сред, являющееся решением ОЗТ.

Приближенное решение исходной задачи (4) есть минимум целевого функционала невязки, вводимого в соответствии с методом регуляризации А. Н. Тихонова [3]:

$$J_{\xi}(\mathbf{f}) = \left\| A_{\xi} \mathbf{f} - \tilde{\mathbf{T}} \right\| + \xi \|\mathbf{f}\| \rightarrow \min_{\mathbf{f} \in D_f}. \quad (5)$$

Для решения данных задач используются как готовые программные продукты: SolidWorks, CosmosXpress, FLOW-3D, COMSOL Multiphysics, HYDRUS-1D, -2D, -3D, RadThermIR и другие, так и ведется разработка нового программного обеспечения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-08-00053 А).*

#### **Список использованных источников**

1. Ishchuk, I. N. The reconstruction of a cuboid of infrared images to detect hidden objects. Part 1. A solution based on the coefficient inverse problem of heat conduction / I. N. Ishchuk, A. V. Parfir'ev // Measurement Techniques. – 2014. – V. 56, No. 10.
2. Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики : учеб. пособие / Г. И. Марчук. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 608 с.
3. Тихонов, А. Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М. : Наука, 1979. – 283 с.

#### **References**

1. Ishchuk, I. N. The reconstruction of a cuboid of infrared images to detect hidden objects. Part 1. A solution based on the coefficient inverse problem of heat conduction / I. N. Ishchuk, A. V. Parfir'ev // Measurement Techniques. – 2014. – V. 56, № 10.
2. Marchuk, G. I. Methods of computational mathematics / G. I. Marchuk. – М. : Nauka, 1989. – 608 p.
3. Tikhonov, A. N. Methods for solving incorrect problems / A. N. Tikhonov, V. Ya. Arsenin. – М. : Nauka, 1979. – 283 p.

**С. В. Дубровина, В. А. Немтинов**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», Тамбов, Россия, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ДЛЯ КРЕСТЬЯНСКО-ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы обеспечения рационального использования земли в масштабе крестьянско-фермерского хозяйства. Решение этой задачи зависит от принятой структуры посевных площадей. Под оптимальной структурой посевных площадей сельскохозяйственной организации следует понимать состав и размер посевных площадей товарных и кормовых культур, обеспечивающих выполнение объема поставок продукции по договорам, и объема внутривладельческого потребления, а также создание прочной кормовой базы для животноводства. Осуществлена постановка задачи и разработано программное обеспечение для ее решения.

*Ключевые слова:* рациональное использование земли, крестьянско-фермерское хозяйство.

**S. V. Dubrovina, V. A. Nemtinov**  
(Tambov State Technical University,  
Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering,  
Tambov, Russia)

## **SOLVING THE PROBLEM OF OPTIMIZING THE STRUCTURE OF ACREAGE FOR A PEASANT FARM**

*Abstract.* The paper deals with the issues of ensuring the rational use of land on the scale of a peasant farm. The solution to this problem depends on the adopted structure of acreage. The optimal structure of acreage of an agricultural organization should be understood as the composition and size of acreage of commodity and forage crops that ensure the fulfillment of the volume of supplies of products under contracts and the volume of on-farm consumption, as well as the creation of a solid feed base for livestock. The problem was formulated and software was developed to solve it.

*Keywords:* rational use of land, peasant farming.

Одной из главных задач хозяйства является рациональное использование земли. Решение этой задачи зависит от принятой структуры посевных площадей.

Структура посевных площадей – один из главных показателей агроэкономического обоснования проектов внутрихозяйственного землеустройства. Она оказывает влияние на плодородие почвы, урожайность сельскохозяйственных культур, развитие животноводческих отраслей, определяя состояние кормовой базы.

На формирование структуры посевных площадей влияют различные условия. Это, прежде всего, размер и состав земельных угодий, уровень их плодородия, обеспеченность трудовыми, материально-денежными, техническими ресурсами, система ведения производства.

Под оптимальной структурой посевных площадей сельскохозяйственной организации следует понимать состав и размер посевных площадей товарных и кормовых культур, обеспечивающих выполнение объема поставок продукции по договорам, и объема внутрихозяйственного потребления, а также создание прочной кормовой базы для животноводства.

При определении оптимальной структуры возникают задачи по оптимизации структуры угодий и посевных площадей с учетом предшественников и севооборотов.

Разработка и внедрение в сельскохозяйственное производство наиболее продуктивных севооборотов – важное средство повышения эффективности использования земли, увеличения валовых сборов сельскохозяйственных культур. Реализуется перспективный план развития сельскохозяйственного предприятия с рациональной структурой посевных площадей, отвечающей специализации хозяйства, природным и экономическим условиям.

Возможны следующие критерии оптимальности: минимум материальных затрат; минимум пашни; максимум валовой продукции.

При построении модели оптимизация может осуществляться следующими основными способами:

- 1) учет требований введения севооборотов с учетом агротехнической целесообразности возделывания сельскохозяйственных культур при оптимизации структуры посевных площадей;

- 2) взаимоувязка планируемой структуры посевных площадей с рекомендуемыми для зоны расположения хозяйства схемами чередования сельскохозяйственных культур при оптимизации сочетания отраслей на сельскохозяйственном предприятии;

- 3) выбор лучших схем чередования сельскохозяйственных культур из всего числа возможных для хозяйства;

- 4) размещение севооборотов определенных типов и видов в хозяйстве или производственном подразделении с учетом качества почв.

Постановка задачи сводится к следующему: исходя из перспективы развития хозяйства, необходимости углубления специализации производства, учитывая состояние угодий, освоенные севообороты, план продажи продукции и обеспечения животноводства высококачественными кормами собственного производства определить такую структуру посевных площадей, чтобы хозяйство от этого имело максимальный экономический эффект.

Для разработки задачи необходимо изучить состояние отраслей, существующую систему севооборотов, технологию и эффективность возделываемых культур. Для построения модели необходимо подготовить следующую информацию: площадь с/х угодий (площадь пашни, естественных сенокосов, пастбищ, улучшенных сенокосов и т.д.); иметь перечень всех культур, которые могут возделываться в условиях данного хозяйства, их урожайность, выход питательных веществ с 1 га; производственные ресурсы, нормы затрат на 1 га с/х культур или 1 ц; годовые нормы вскармливания отдельных видов кормов; нормы затрат питательных веществ на 1 ц продукции животноводства; стоимость 1 ц продукции.

На неизвестные накладываются следующие ограничения по: площади пашни; рекомендуемым размерам севооборотов; использованию производственных ресурсов; выполнению производственной программы полеводства (гарантированному производству кормов и товарной продукции); условиям неотрицательности переменных. Критерием оптимальности служит получение максимального объема чистого дохода.

Программная реализация решения задачи выполнена в среде системы MS Excel с помощью сервисной функции «Поиск решения»; апробация программного обеспечения выполнения – на примере решения задачи оптимизации функционирования одного крестьянско-фермерского хозяйства Тамбовской области.

#### ***Список использованных источников***

1. Гладких, Б. А. Методы оптимизации и исследование операций для бакалавров информатики. Ч. 1. Введение в исследование операций. Линейное программирование: учебное пособие / Б. А. Гладких. – Томск: Изд-во НТЛ, 2009. – 200 с.
2. Горелик, В. А. Теория принятия решений [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Горелик. – М.: Московский педагогический государственный университет, 2016. – 152 с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/72518.html>

### *References*

1. Gladkikh, B. A. optimization Methods and operations research for bachelors of computer science. Part 1. Introduction to operations research. Linear programming: Tutorial. – Tomsk : NTL Publishing house, 2009. – 200 p.
2. Gorelik, V. A. Theory of decision-making: a textbook for magistants-Electron. text data. – M. : Moscow pedagogical state University, 2016. – 152 p. – access Mode:<http://www.iprbookshop.ru/72518.html>

УДК 681.51

**И. А. Дьяков**

(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные процессы и управление», Тамбов, Россия, e-mail: [nanogalvanotech@mail.ru](mailto:nanogalvanotech@mail.ru))

### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ CO, NO, NH<sub>3</sub> В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ**

*Аннотация.* Управление микроклиматом производственных и складских помещений агрохозяйств обеспечивает оптимальное качество производственной среды. Цифровые системы осуществляют не только оперативный контроль и управление параметрами среды, но и предоставляют дистанционные сервисы обслуживающему персоналу.

*Ключевые слова:* агропромышленность, определение концентрации газов, автоматизированные системы.

**I. A. Dyakov**

(Tambov State Technical University, Department of Information Processes and Management, Tambov, Russia)

### **AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR CO, NO, NH<sub>3</sub> CONCENTRATION IN THE AIR OF THE WORKING AREA**

*Abstract.* Microclimate control of production and storage facilities of agricultural enterprises ensures the optimal quality of the production environment. Digital systems carry out not only operational control and management of environmental parameters, but also provide remote services to maintenance personnel.

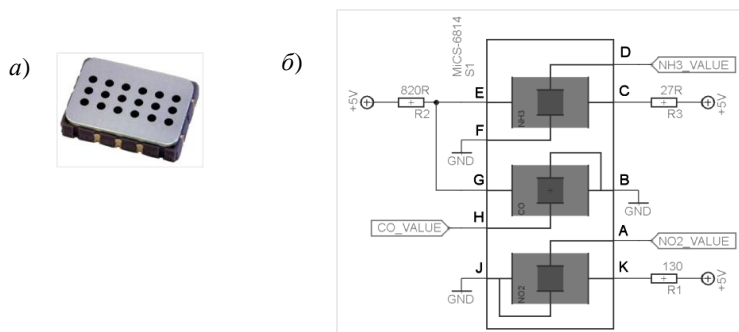
*Keywords:* agro-industry, determination of gas concentration, automated systems.

Качество воздуха в производственных помещениях обеспечивается согласно действующим нормативно-техническим документам, таким как, например, ГОСТ 30494–2011, ГОСТ 12.1.005–88 и др.

Предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны регламентируется также согласно ГОСТ и СанПиН. Для контроля каждого вещества предусмотрены соответствующие нормативные документы. Например, определение массовой концентрации монооксида углерода следует выполнять в соответствии с ГОСТ Р 52716–2007, массовой концентрации диоксида азота – в соответствии с ГОСТ Р 52717–2007, а массовой концентрации аммиака – в соответствии с ГОСТ 17.2.4.03–81. Определение массовой концентрации осуществляется с использованием индикаторных трубок, с непосредственным отсчетом показаний и ускоренным отбором проб. В случае аммиака применяется индофенольный метод. Снизить затраты и повысить оперативность выполнения измерений можно, применив автоматизированную систему с аналоговыми или цифровыми датчиками. Модуль аналоговых датчиков производства SGX Sensortech (Швейцария) включает три элемента, чувствительных к газам CO, NO, NH<sub>3</sub>. В соответствии со спецификацией [1] сенсоры позволяют измерять концентрации следующих газов:

- монооксид углерода CO от 1 до 1000 ppm;
- диоксид азота NO<sub>2</sub> от 0,05 до 10 ppm;
- этанол C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH от 10 до 500 ppm;
- водород H<sub>2</sub> от 1 до 1000 ppm;
- аммиак NH<sub>3</sub> от 1 до 500 ppm;
- метан CH<sub>4</sub> более 1000 ppm;
- пропан C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> более 1000 ppm;
- изобутан C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> более 1000 ppm.

Однако производитель рекомендует применять сенсоры для измерения концентраций только трех газов, что непосредственно указывается на принципиальной электрической схеме (рис. 1).



**Рис. 1. Сенсорный элемент MiCS-6814:**

*a* – внешний вид сенсора, размеры 7×5×1,5 мм;

*б* – принципиальная схема сенсора

Содержание CO, NO, NH<sub>3</sub>, как содержание любых вредных веществ в воздухе рабочей зоны, не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК).

При этом следует учитывать площадь помещения. Если площадь не превышает 100 м<sup>2</sup>, то используют четыре участка для измерения. Для площади свыше 100 м<sup>2</sup>, но менее 400 м<sup>2</sup>, используют восемь участков для измерения. Для площади свыше 400 м<sup>2</sup> количество участков определяется расстоянием между ними, которое не должно превышать 10 м.

Таким образом, одно из основных требований к автоматизированной системе, это удаленное размещение датчиков и обеспечение надежной передачи данных к устройству сбора и обработки данных. Комбинация аналоговых датчиков и цифровых модулей обработки и передачи измерительной информации в полной мере соответствует предъявляемым требованиям. В качестве цифрового модуля обработки нескольких аналоговых сигналов и формирования единого цифрового информационного пакета предлагается использовать микроконтроллеры серии 1986BE9х производства АО «ПКК Миландр». Структура автоматизированной системы контроля показана на рис. 2.

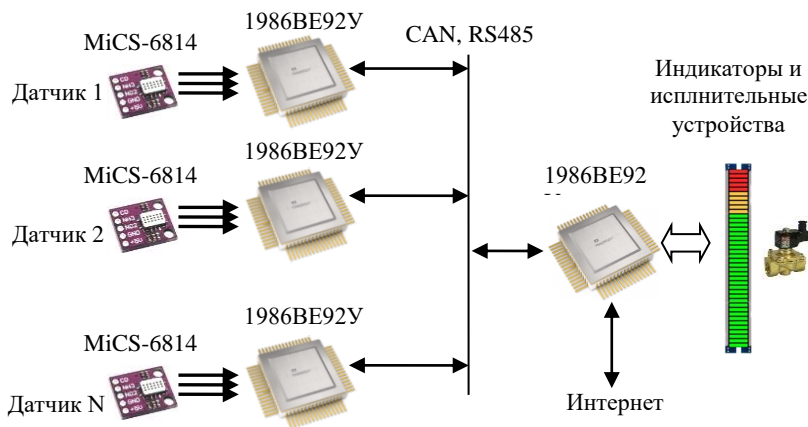


Рис. 2. Структура автоматизированной системы



Аналоговые сигналы с чувствительных элементов MiCS-6814 поступают на вход АЦП микроконтроллера 1986BE92У, преобразовываются в цифровой формат и передаются по сети CAN или RS-485 на устройство сбора данных. Количество датчиков определяется площадью помещения. Устройство сбора данных выполнено на микроконтроллере 1986BE92У и реализует две основные функции: контроль микроклимата в помещении и передачу пакета данных через сеть Интернет на вышестоящий уровень системы [2, 3]. Функция контроля может быть расширена до управления введением исполнительных устройств.

### ***Список использованных источников***

1. Datasheet-MiCS-6814-rev-8. Switzerland. – SGX Sensortech. – 5 p. – URL: [https://sgx.cdistore.com/datasheets/sgx/1143\\_datasheet%20mics-6814%20rev%208.pdf](https://sgx.cdistore.com/datasheets/sgx/1143_datasheet%20mics-6814%20rev%208.pdf)
2. Громов, Ю. Ю. Микроконтроллеры с ядром Cortex-M3 в системах управления и автоматики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Ю. Громов, И. А. Дьяков, А. В. Романенко. – Саратов : Вузовское образование, 2019. – 84 с. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/85789.html>
3. Дьяков, И. А. Технология интеллектуального управления компонентами инженерных систем. Протокол X10 [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. А. Дьяков, А. А. Терехова, А. И. Дьяков. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019.

### ***References***

1. Datasheet-MiCS-6814-rev-8. Switzerland. – SGX Sensortech. – 5 p. – URL : [https://sgx.cdistore.com/datasheets/sgx/1143\\_datasheet%20mics-6814%20rev%208.pdf](https://sgx.cdistore.com/datasheets/sgx/1143_datasheet%20mics-6814%20rev%208.pdf)
2. Gromov, Yu. Yu. Mikrokontrollery s yadrom Cortex-M3 v sistemah upravleniya i avtomatiki [Elektronnyj resurs] : uchebnoe posobie / Yu. Yu. Gromov, I. A. D'yakov, A. V. Romanenko. – Elektron. tekstovye dannye. – Saratov : Vuzovskoe obrazovanie, 2019. – 84 s. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/85789.html>
3. D'yakov, I. A. Tekhnologiya intellektual'nogo upravleniya komponentami inzhenernyh sistem. Protokol H10 [Elektronnyj resurs] : uchebnoe posobie / I. A. D'yakov, A. A. Terekhova, A. I. D'yakov. – Tambov : Izdatel'skij centr FGBOU VO «TGTU», 2019.

**И. Г. Благовещенский, В. Г. Благовещенский,  
Е. А. Назойкин, А. Н. Петряков**  
(ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых  
производств», кафедра «Автоматизированные системы управления  
биотехнологическими процессами», Москва, Россия,  
e-mail: igblagov@mgupp.ru, bvg1996@mail.ru,  
nazojkinea@mgupp.ru, A.PETR2@yandex.ru)

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ  
ДЛЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА  
ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Аннотация.* Статья посвящена различным моделям для создания систем поддержки принятия решений (СППР) для диагностирования отклонений в процессах производства пищевой продукции. Описываются современные системы диагностирования. Рассмотрено представление знаний в интеллектуальных системах. Проанализированы методы интеллектуального анализа данных. В результате анализа была создана система поддержки принятия решений диагностики процессов производства пищевой продукции.

*Ключевые слова:* система поддержки принятия решений, модель представления знаний, интеллектуального анализа данных, диагностика технических устройств.

**I. G. Blagoveshchenskiy, V. G. Blagoveshchenskiy,  
E. A. Nazoykin, A. N. Petryakov**  
(Moscow State University of Food Production,  
Department of Automated Control Systems  
for Biotechnological Processes, Moscow, Russia)

**DATA MINING FOR DECISION SUPPORT SYSTEMS  
FOR DIAGNOSTICS OF FOOD PRODUCTION PROCESSES**

*Abstract.* The article is devoted to various models for creating decision support systems (DSS) for diagnosing deviations in food production processes. The modern diagnostic systems are described. The presentation of knowledge in intelligent systems is considered. Methods of data mining are analyzed. As a result of the analysis, a decision support system for diagnosing food production processes was created.

*Keywords:* decision support system, knowledge representation model, data mining, diagnostics of technical devices.

Стратегия развития отраслей пищевой промышленности предусматривает первоочередное решение ключевых задач, в числе которых обеспечение роста эффективности, устойчивости и безопасности производства продуктов питания, развитие новейших систем управления технологическими процессами на основе инновационных технологий, снижение негативного влияния «человеческого фактора» за счет внедрения современных информационных и компьютерных технологий [1 – 5]. В этой связи приоритетным направлением работ является разработка и внедрение систем технического диагностирования и мониторинга (ТДМ) процессов производства пищевой продукции, которые позволят минимизировать время поступления информации об изменениях состояния устройств и возникших сбоях, повысить эффективность действий обслуживающего персонала, оптимизировать процесс выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту линий производства пищевой продукции и перейти к стратегии технического обслуживания «по фактическому состоянию».

Целью исследований являлась разработка новых методов синтеза моделей зависимостей как основы построения систем поддержки принятия решений для технического диагностирования и мониторинга процессов производства пищевой продукции.

Базы знаний (БЗ) – важные компоненты систем поддержки принятия решений. Они предназначены для поиска способов решения проблем из некоторой предметной области на основании имеющихся в базах записей и пользовательском описании ситуации.

Одной из основных проблем при создании системы поддержки принятия решений является выбор модели представления знаний в базе знаний. Именно от этого зависит архитектура, возможности и свойства системы, а также методы приобретения знаний [6, 7]. В настоящее время разработано множество моделей представления знаний, они различаются по идеям, лежащим в их основе, с точки зрения математической обоснованности.

Рассмотрим наиболее известные модели [8, 9]:

– производственные модели – модель, основанная на правилах логического вывода, позволяет представить знание в виде предложений типа: «ЕСЛИ условие, ТО действие». Производственная модель обладает тем недостатком, что при накоплении достаточно большого числа (несколько сотен) производств они начинают противоречить друг другу;

– сетевые модели (или семантические сети) – в инженерии знаний под ней подразумевается граф, отображающий смысл целостного

образа. Узлы графа соответствуют понятиям и объектам, а дуги – отношениям между объектами. Обладает тем недостатком, что семантическую сеть трудно определить однозначно;

– фреймовая модель – основывается на таком понятии, как фрейм (англ. frame – рамка, каркас). Фрейм – структура данных для представления некоторого концептуального объекта. Информация, относящаяся к фрейму, содержится в составляющих его слотах. Слоты могут быть терминальными либо являться сами фреймами, таким образом, образуя целую иерархическую сеть.

Для создания предлагаемой СППР было использовано сочетание двух моделей: рейтинговой и триггерной (или классически – фреймовой и продукционной).

В соответствии с рейтинговой моделью каждому признаку, являющемуся параметром с условием отклонения, сопоставляется вес (рейтинг) от 1 до 10 баллов в зависимости от значимости признака для данного процесса. Каждому процессу устанавливается пороговое значение (сумма весов признаков минимально достаточных для уверенного диагностирования отклонения в процессе). Выявление несоответствий определяется рейтингом. Рейтинг – это отношение набранной суммы весов к пороговому значению, если рейтинг больше или равен 1, это значит, в данном процессе диагностировано несоответствие. Все веса и пороговые значения определяются методом экспертных оценок. Минусом данного подхода является то, что при выявлении несоответствий у процесса может набраться рейтинг больше 1 на основе маловажных признаков, что может дать ошибку при диагностировании [10, 11].

Триггерная модель выявления несоответствий представляет собой логические правила, логическую сумму признаков. Сами признаки могут иметь три вида статусов:

0 – Нет данных, т.е. данный признак не проверялся.

1 – Положительный, т.е. признак проверен и условие признака выполнено.

2 – Отрицательный, т.е. признак проверен, но условие признака не выполнено.

Если логическое правило является истиной, то триггер считается «сработавшим». Было создано три типа триггеров:

– 1 тип – это правило, при срабатывании которого выполнение процесса считается неправильным или же в нем есть несоответствия;

– 2 тип – это правило, в которое входят признаки со статусом 0. При этом считается, что для выявления несоответствий данного процесса недостаточно данных, так как не проверялись признаки, характеризующие его. О нем нельзя говорить достоверно, что он выполняется правильно или неправильно, пока не будут проверены признаки, формирующие данный триггер;

– 3 тип – это правило, при срабатывании которого выполнение процесса считается правильным, все параметры находятся в норме.

Данный подход так же имеет свои минусы – это сложность описания всех возможных логических правил, всех возможных вариантов. Можно что-то упустить, и из-за чего не будет выявлено несоответствие, которое есть в действительности.

Поэтому предлагается использовать симбиоз этих двух подходов: если не сработает триггер, то можно будет выявить несоответствие с помощью рейтингов. Даже если не наберет 1, а число близкое к 1, то можно все равно судить, что есть высокая вероятность несоответствия.

Выявление несоответствий начинается с построения признакового пространства процесса. Лицо принимающее решение (ЛПР) фиксирует все параметры процесса, делает это путем флажкового выбора, выбора из справочников или списков значений и внесения числовых показателей. Система сканирует внесенные данные, оценивает полученную совокупность признаков и быстро выдает список возможных несоответствий, сгруппированных по процессам и ранжированных по рейтингу и типу триггеров (если они сработали). Таким образом, система не принимает окончательного решения, но позволяет принять его незамедлительно по всей совокупности зафиксированных параметров процесса. Если ЛПР не уверено, система подсказывает, какие данные необходимо уточнить для подтверждения каждого несоответствия.

Разработанная СППР диагностики несоответствий может быть применена в непрерывных и дискретных процессах пищевой, химической промышленности, медицине и других производственных, хозяйственных и социальных сферах [12].

### ***Список использованных источников***

1. Благовещенская, М. М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами / М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин. – М. : Высшая школа, 2015. – 768 с.

2. Балыхин, М. Г. Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции / М. Г. Балыхин, А. Б. Борзов, И. Г. Благовещенский // Пищевая промышленность. – 2017. – № 11. – С. 60 – 63.

3. Благовещенский, И. Г. Модель управления технологическим процессом производства муки / И. Г. Благовещенский, М. М. Благовещенская, Л. А. Крылова // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2015. – № 1(155). – С. 45 – 48.

4. Терелянский, П. В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования : монография / П. В. Терелянский ; ВолГГТУ. – Волгоград, 2009. – 127 с.

5. Благовещенский, В. Г. Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга производства халвы / И. Г. Благовещенский, Л. А. Крылова, А. С. Максимов // В книге : Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука. – 2017. – С. 196 – 199.

### *References*

1. Blagoveshchenskaya M. M., Zlobin L. A. Information technology of technological process control systems. – M. : Higher. shk., 2015. – 768 p.

2. Balykhin M. G., Borzov A. B., Blagoveshchensky I. G. Architecture and the basic concept of creating an intellectual expert system for quality control of food products / M. G. Balykhin, A. B. Borzov, I. G. Blagoveshchenskiy // Food industry. 2017. – No. 11. – P. 60 – 63.

3. Blagoveshchensky I. G., Blagoveshchenskaya M. M., Krylova L. A. A model for managing the technological process of flour production. // Confectionery and bakery production. – 2015. – No. 1(155). – P. 45 – 48.

4. Terelyanskiy P. V. Decision support systems. Design experience: monograph / P. V. Terelyanskiy ; VolgSTU. – Volgograd, 2009. – 127 p.

5. Blagoveshchensky V. G., Krylova L. A., Maksimov A. S. Development of a hardware and software complex for monitoring halva production. In the book: Development of the food and processing industry in Russia: personnel and science. – 2017. – P. 196 – 199.

**Н. Ю. Залукаева, А. Н. Грибков**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Энергообеспечение предприятий и теплотехника», Тамбов, Россия,  
e-mail: natashazalukaeva@yandex.ru, GribkovAlexey@yandex.ru)

**ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ В СИСТЕМАХ  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ  
ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

*Аннотация.* Рассмотрен комплекс логистических задач в системах энергосберегающего управления теплотехнологическими объектами агропромышленного комплекса, решение которых будет способствовать бесперебойной работе этих объектов с поддержанием оптимальных параметров.

*Ключевые слова:* энергосберегающее управление, логистические задачи, топливные пеллеты.

**N. U., Zalukaeva, A. N. Gribkov**  
(Tambov State Technical University, Department of Energy Supply  
of Enterprises and Heat Engineering, Tambov, Russia)

**LOGISTIC TASKS IN ENERGY-SAVING CONTROL SYSTEMS  
FOR HEAT TECHNOLOGY FACILITIES  
OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

*Abstract.* A set of logistic tasks in the energy-saving control systems for heat and technology facilities of the agro-industrial complex is considered, the solution of which will facilitate the smooth operation of these facilities while maintaining optimal parameters.

*Keywords:* energy-saving management, logistics tasks, fuel pellets.

Затраты на электроэнергию и различные виды топлива (теплоносителей) для большинства предприятий, использующих теплотехнологические объекты в сфере производства, относятся к числу основных и становятся сопоставимыми с затратами на сырье [1]. Для оптимизации расходов энергоресурсов применяются системы энергосберегающего управления теплотехнологическими аппаратами. Данные системы

находят свое применение и в сфере агропромышленного комплекса, которое заключается в управлении различными теплотехнологическими объектами, в том числе пеллетными котлами, а также различными установками, которым требуется энергия, вырабатываемая этими котлами, например сушилками, печами и т.д. Для эффективного функционирования требуется помимо решения задач оптимального энергосберегающего управления также решать логистические задачи, направленные на обеспечение бесперебойной поставки топлива для пеллетных котлов.

Проблеме постановки логистических оптимизационных ресурсосберегающих задач посвящено большое количество работ различных авторов. В частности, решением таких задач занимались: Э. О. Сабко, П. П. Грачев, И. В. Кушнарева, А. С. Филиппова, Д. В. Филиппов и др.

В данной работе описаны задачи логистики, которые должны решаться в целях обеспечения бесперебойной работы теплотехнологических объектов в сфере агропромышленного комплекса.

Основной функцией логистики в данной сфере является поиск оптимальных ответов и решений на вопросы: что поставить? в каком количестве? в какие сроки? по какой цене? Исходя из поставленных вопросов, были определены решаемые задачи, приведенные в табл. 1 [2, 3].

### 1. Вопросы и решаемые логистические задачи

Вопрос	Решаемые задачи
1. Что поставить?	1.1. Поиск поставщиков топливных пеллет из подходящего, для конкретного пеллетного котла на предприятии, сырья. 1.2. Отбор поставщиков по уровню качества продукции
2. В каком количестве?	2.1. Определение оптимального количества складов на обслуживаемой территории. 2.2. Выбор места расположения склада. 2.3. Соотношение размера поставки с размерами потребления
3. В какие сроки?	3.1. Выбор оптимального маршрута доставки. 3.2. Выбор подходящего типа подвижного состава по динамическим характеристикам и грузоподъемности



Вопрос	Решаемые задачи
4. По какой цене?	4.1. Выбор перевозчика по соотношению «цена-качество» предоставляемой услуги по доставке продукции. 4.2. Выбор поставщика, предоставляющего продукцию требуемого качества по наиболее выгодной стоимости. 4.3. Определение объема хранения с учетом стоимости хранения единицы топлива

Рассмотрев все вопросы, решаемые логистикой, в системах энергосберегающего управления теплотехнологическими объектами агропромышленного комплекса в данной работе определен целый комплекс логистических задач. Решение этих задач будет способствовать эффективному бесперебойному использованию различных теплотехнологических объектов в различных сферах жизнедеятельности, где они имеют применение, в том числе и в агропромышленном комплексе. Поэтому современные информационные системы управления предприятием должны включать не только подсистемы и программные модули для решения задач энергосберегающего управления технологическими объектами и процессами, но и подсистемы решения логистических задач. Такой комплексный подход позволит значительно повысить эффективность функционирования предприятия.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-08-00457-а.*

#### **Список использованных источников**

1. Грибков, А. Н. Алгоритм ресурсосберегающего управления динамическими режимами многосекционных сушильных установок / А. Н. Грибков, С. В. Артемова // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313, № 4. – С. 48 – 50.
2. Филиппова, А. С. Системный анализ для оптимизации решений в задачах транспортной логистики / А. С. Филиппова, Д. В. Филиппов // ИТ & ТРАНСПОРТ : сб. науч. тр. – Самара, 2016. – С. 3 – 11.
3. Никитин, А. В. Энергосберегающие технологии как фактор стратегического управления в агропромышленном комплексе / А. В. Никитин // Молодежный научный вестник. – 2017. – № 4(16). – С. 287 – 291.

### **References**

1. Gribkov, A. N., Artemova, S. V. Algoritm resursosberegayushhego upravleniya dinamicheskimi rezhimami mnogosekcionny`x sushil`ny`x ustanovok // Izvestiya Tomskogo politexnicheskogo universiteta. – 2008. – T. 313, № 4. – S. 48 – 50.
2. Filippova, A. S., Filippov, D. V. Sistemny`j analiz dlya optimizacii reshenij v zadachax transportnoj logistiki / A. S. Filippova, D. V. Filippov // IT & TRANSPORT : sb. nauch. tr. – Samara, 2016. – S. 3 – 11.
3. Nikitin, A. V. E`nergoberegayushhie tehnologii kak faktor strategicheskogo upravleniya v agropromy`shlennom komplekse // Molodezhny`j nauchny`j vestnik. – 2017. – № 4(16). – S. 287 – 291.

УДК 656.562

**А. М. Зимняков**

(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,  
Пенза, Россия, e-mail: zimn57@mail.ru)

## **ТЕХНОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Аннотация.* Для выпуска продукции высокого качества с минимальными затратами сырья и расходных материалов необходимо производить постоянный технoхимический контроль производства на всех его стадиях. Информацию о правильности хода технологического процесса должна давать служба технoхимического контроля на основе проведенных анализов и показаний контрольно-измерительных приборов. Большое место в работе службы технoхимического контроля должны занимать мероприятия по выявлению источников нарушения нормального хода технологического процесса, причин снижения выхода пищевой продукции и ее качества.

В работе приводится обоснование значимости технoхимических методов контроля в пищевой промышленности и необходимости в подготовке специалистов химиков-аналитиков.

*Ключевые слова:* пищевые продукты, показатели качества, технoхимический контроль, хроматография, ЯМР.

**A. M. Zimnyakov**  
(Penza State University, Penza, Russia)

## **TECHNOCHEMICAL CONTROL METHODS IN THE FOOD INDUSTRY**

*Abstract.* For the production of high quality products with minimal consumption of raw materials and consumables, it is necessary to carry out constant technochemical control of production at all its stages. Information on the correctness of the technological process should be provided by the technochemical control service on the basis of the analyzes carried out and the readings of the control and measuring devices. An important place in the work of the technochemical control service should be occupied by measures to identify sources of disturbance in the normal course of the technological process, the reasons for the decrease in the yield of food products and their quality. The paper provides a substantiation of the significance of technochemical control methods in the food industry and the need for training specialists in analytical chemists.

*Keywords:* food products, quality indicators, technochemical control, chromatography, NMR.

Пищевая промышленность – отрасль народного хозяйства, создающая на основе переработки сельскохозяйственного сырья пищевые продукты. Пищевые продукты необходимы для удовлетворения потребностей человека в полноценном питании [1]. Качество пищевой продукции представляет собой комплекс свойств: внешний вид, цвет, форма, сроки и условия хранения, температура, влажность воздуха, наличие микроорганизмов, пахучих веществ, пыли, химический состав, содержание белков, жиров, углеводов, незаменимых веществ (аминокислот, ненасыщенных жирных кислот, витаминов, минеральных веществ, ферментов), консистенция, вкус, запах, аромат, наличие вредных токсичных веществ, энергетическая ценность при использовании в пищу определенного количества жиров, белков и углеводов и многие другие факторы [2].

Методы определения качества пищевой продукции классифицируются на органолептические и лабораторные. Органолептические методы определения качества продукции базируются на сенсорных показателях, по ним определяется степень доброкачественности пищевых продуктов. Для объективной характеристики качества пищевых продуктов применяют лабораторные методы, осуществляемые по стандартной методике с использованием инструментального лабораторного оборудования. С помощью этих методов определяют химический состав. Показатели качества продукции могут быть классифи-

цированы по следующим свойствам: по назначению, сохраняемости, эргономике, эстетическим свойствам, безопасности, коэффициенту материальных ресурсов, экологичности, технологичности, патентно-правовым свойствам [3].

Для выпуска продукции высокого качества с минимальными затратами сырья и расходных материалов необходимо проводить постоянный теххимический контроль производства на всех его стадиях. Информацию о правильности хода технологического процесса должна давать служба теххимического контроля на основе проведенных анализов и показаний контрольно-измерительных приборов. Большое место в работе службы теххимического контроля должны занимать мероприятия по выявлению источников нарушения нормального хода технологического процесса, причин снижения выхода пищевой продукции и ее качества, а также по предупреждению попадания посторонних предметов в полуфабрикаты и готовые продукты питания. Теххимический контроль производства должен начинаться с проверки качества сырья, полуфабрикатов и вспомогательных материалов, поступающих на предприятие. Без разрешения лаборатории, осуществляющей проверку, ни одну партию сырья и материалов нельзя использовать в производстве. В процессе производства также необходимо проверять все химические и физические изменения, происходящие в сырье на всех стадиях технологического процесса, включая и сам процесс: продолжительность обработки, температурный режим и многое другое. Особое внимание необходимо уделять новым инструментальным методам анализа и новейшим экспрессным методам определения допустимого содержания компонента в пищевых продуктах.

Для этого необходимо внедрять в практику работы пищевого предприятия новейшие физико-химические методы анализа с соответствующим оборудованием по рефрактометрии, поляриметрии, фотоколориметрии и т.д. К примеру, одним из развивающихся методов исследования молока и молочных продуктов является ИК-Фурье-спектроскопия, особенно в ближней ПК-области. Слабая абсорбция в ближней ИК-области и использование диффузного отражения от анализируемой пробы делают возможным прямой анализ продукта, что практически исключает сложную пробоподготовку.

Все более широкое распространение находят такие методы, как инфракрасная спектроскопия (ИКС), газовая и жидкостная хроматография, атомно-адсорбционная спектрометрия, фотометрия и т.д. По характеру масс-спектров можно идентифицировать строение всех жирных кислот, аминокислот, низших углеводов. В последнее время активно применяется спектроскопия ядерного магнитного резонанса

(ЯМР) – для определения содержания непредельных жирных кислот в животных жирах, а также для определения качества пищевых продуктов по показателям влажности, массовой доли жира и белка. В аналитическую практику внедряются современные методы исследований: для определения состава белков и полисахаридов – гельфильтрация и эксклюзивная хроматография; аминокислотного состава – ионообменная хроматография и капиллярный электрофорез.

Однако наряду с разработкой и внедрением новых экспериментальных методов необходимо совершенствование отработанных классических методик измерений. Применяемые для идентификации методы должны сопровождаться разработанными методиками выполнения измерений с метрологическими характеристиками с учетом международных требований. Для этих целей необходимо осуществлять подготовку специалистов – химиков-аналитиков – на ступенях бакалавриата и магистратуры в вузах страны.

#### ***Список использованных источников***

1. Переработка продукции растительного и животного происхождения / под ред. А. В. Богомолова. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 336 с.
2. Контроль качества сырья и готовой продукции на предприятиях общественного питания [Электронный ресурс] / О. В. Бредихина, Л. П. Липатова Т. А. Шалимова, Л. Г. Черкасова. – СПб. : Троицкий мост, 2014. – 192 с. – ЭБС «Троицкий мост»
3. Качество и безопасность продукции в рамках гармонизации государственной политики в области здорового питания населения : коллективная монография / ФГБОУ ВПО «СПбГТЭУ» ; под общ. ред. Н. В. Панковой. – СПб. : ЛЕМА, 2012. – 370 с.

#### ***References***

1. Processing of products of plant and animal origin / Ed. A. V. Bogomolov. – SPb. : GIORД, 2003. – 336 p.
2. Quality control of raw materials and finished products at public catering enterprises [Electronic resource] / O. V. Bredikhina, L. P. Lipatova T. A. Shalimova, L. G. Cherkasova. – SPb. : Troitsky Most, 2014. – 192 p. – EBS “Troitsky Most”
3. Quality and safety of products within the framework of harmonization of state policy in the field of healthy nutrition of the population [Text] : collective monograph / FGBOU VPO “SPbGTЭU” ; under total. ed. N. V. Pankova. – SPb. : LEMA, 2012. – 370 p.

**И. Н. Ищук, С. Н. Глинчиков**

(Военный учебный центр Сибирского федерального университета,  
Красноярск, Россия, e-mail: boerby76@mail.ru;  
Военный учебно-научный центр «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»,  
Воронеж, Россия, e-mail: glinchikov@mail.ru)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ДАННЫМ ИНФРАКРАСНОГО МОНИТОРИНГА**

*Аннотация.* Рассмотрена технология и методы тепловой дефектоскопии композитных материалов, в том числе и фруктов в интересах контроля качества продуктов агропромышленного комплекса.

*Ключевые слова:* дефектоскопия, тепловая томограмма, контроль качества.

**I. N. Ishchuk, S. N. Glinchikov**

(Military Training Center of the Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk, Russia;  
Military Training and Research Center “Military Air Academy  
named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin”,  
Voronezh, Russia)

## **DETERMINATION OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON INFRARED MONITORING DATA**

*Abstract.* This article discusses the technology and methods of thermal flaw detection of composite materials, including fruit in the interests of quality control of agricultural products.

*Keywords:* flaw detection, thermal tomography, quality control.

При техническом диагностировании конструкционных и функциональных материалов неразрушающими методами широкое применение нашли способы, основанные на импульсном тепловом воздействии от линейного источника тепла, основными достоинствами которых являются быстроедействие, простые расчетные соотношения и достаточно точное определение теплофизических параметров (ТФП) в течение одного-двух экспериментов.

Определяя основные требования к выходным параметрам системы технической диагностики, прежде всего, рассмотрим задачу теплопереноса на основе упрощенной аналитической модели.

Ими должны быть: время регистрации заданного отношения избыточной температуры к скорости ее изменения и интегральное значение температуры.

Решение задач теплопроводности связано с обязательным определением температурного поля, т.е. пространственно-временного распределения температуры в интересующей нас области. Для полужограниченного тела, на поверхности которого действует линейный источник тепла, температурное поле описывается выражением

$$T(r_0, \tau) = \frac{q}{2\pi\tau\lambda} \exp\left\{-\frac{r_0^2}{4a\tau}\right\}, \tau > 0, \quad (1)$$

где  $\tau$  – время;  $r_0$  – расстояние от источника тепла до точки контроля;  $\lambda$  – теплопроводность;  $q$  – количество тепла, выделяемого линейным источником тепла;  $T$  – температура.

Скорость дифференциального изменения температуры на основании формулы (1) описывается выражением

$$G(t) = \frac{dT(r_0, \tau)}{d\tau} = \frac{q}{2\pi\tau^2\lambda} \exp\left\{-\frac{r_0^2}{4a\tau}\right\} \left\{\frac{r_0^2}{4a\tau} - 1\right\}. \quad (2)$$

Введем равенство, определяющее условие регистрации момента достижения наперед заданного соотношения  $w$ :

$$T(r_0, \tau_0) w = \frac{dT(r_0, \tau_0)}{d\tau}. \quad (3)$$

Подставив исходные выражения (1) и (2) в равенство (3), получим формулу для расчета теплопроводности

$$a = \frac{r_0^2}{4\tau_0(w\tau_0 + 1)}. \quad (4)$$

Выражение для расчета теплопроводности имеет вид

$$\lambda = \frac{q}{2\pi I} [E_i(k\tau_0 + 1) - E_0]. \quad (5)$$

Методика экспериментальной апробации состоит из трех этапов: подготовительный, эксперимент и обработка данных. Подготовительным этапом является зачернение поверхности материала с известными ТФП, измерение теплового потока, юстировка тепловизионного прибора, определение инструментальной погрешности. Необходимо отметить, что второй и третий этапы полностью автоматизированы и проходят под управлением специализированного программного обеспечения (СПО). В ходе второго этапа тепловой импульс, терморегулируемый контроллером на базе микропроцессора АРДУИНО или блоком питания и термостабилизации лазерных диодов LDD-10N, с помощью ИК-лампы или лазерной головки нагревает определенную область на поверхности материала в течение заданного времени. В результате дистанционного измерения радиационной температуры тепловизором, управляемым СПО, полученные в течение заданного времени термограммы записываются в базу данных ЭВМ.

Внешний вид экспериментальной установки представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки:**

- 1 – лазерная головка; 2 – устройство видеозаписи (тепловизор);
- 3 – блок питания и термостабилизации лазерных диодов LDD-10N;
- 4 – персональный компьютер (ноутбук)



При оперативном контроле технического состояния или качества продуктов определение количественных значений показателей осуществляют на основе расчета значения теплопроводности объекта контроля. Установим некоторое критическое значение  $\lambda_{\Pi}$ , при достижении которого качество объекта становится критическим. Случайное время достижения значения  $\lambda_{\Pi}$  определяется выражением

$$\Delta T = \frac{\lambda_{\Pi} - \lambda_0}{\vartheta},$$

при этом значения

$$t_c = \frac{\lambda_{\Pi} - \lambda_0}{\vartheta_B}, \quad \tilde{t}_c = \frac{\lambda_{\Pi} - \lambda_0}{\vartheta_H} \quad (6)$$

являются границами изменения времени  $\Delta T$ , т.е. времени выхода объекта контроля за значение  $\lambda_{\Pi}$  при возможных пределах изменения скорости  $\vartheta$ .

Оценка качества по временному критерию  $t_c$  согласно выражению (6) позволяет определить время сохранения качества объекта контроля в заданном состоянии с повреждением  $t_c = t_c$ , как интервал от момента последнего контроля качества (принято  $t_{0i} = 0$ ) до появления критического повреждения. Оценив значение  $t_c$ , можно установить период необходимого контроля качества или нахождения объекта в необходимом состоянии.

*Работа выполнена по гранту РФФИ № 18-08-00053 А.*

### **Список использованных источников**

1. Ищук, И. Н. Идентификация теплофизических свойств материалов на основе использования вариационных методов исчисления / И. Н. Ищук // Измерительная техника. – 2007. – № 7. – С. 34 – 36.
2. Ищук, И. Н. Принципы тепловой дефектоскопии и томографии на основе численного решения коэффициентных задач теплопроводности / И. Н. Ищук // Материалы VI Междунар. теплофизической школы «Теплофизика в энергосбережении и управлении качеством», 1 – 6 октября 2007 г. – Тамбов : ТГТУ, 2007. – Ч. 1. – С. 95 – 98.

### *References*

1 Ishchuk, I. N. Identification of thermophysical properties of materials based on the use of variational methods of calculation / I. N. Ishchuk // Measuring equipment. – 2007. – No. 7. – P. 34 – 36.

2. Ishchuk, I. N. Principles of thermal flaw detection and tomography based on numerical solution of coefficient problems of thermal conductivity / I. N. Ishchuk // Materials of the VI International school of Thermophysics “Thermophysics in energy saving and quality management”, October 1 – 6, 2007. – Tambov : TSTU, 2007. – Part 1. – P. 95 – 98.

УДК 681.5.04

**Н. В. Картечина, Р. Н. Абалуев, С. О. Чиркин**  
(ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»,  
Мичуринск, Россия, e-mail: kartechnatali@mail.ru, arn74@mail.ru,  
stas.chirkin@bk.ru)

### **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ПОД ANDROID ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ «УМНОЙ ТЕПЛИЦЕЙ»**

*Аннотация.* Статья посвящена разработке мобильного приложения под Android для управления «умной теплицей». Подробно рассказано о работе в Android Studio, Android Emulator.

*Ключевые слова:* «умная теплица», мобильное приложение, IDE, Android Emulator, Android SDK, Android Studio, Java.

**N. V. Kartechina, R. N. Abaluev, S. O. Chirkin**  
(Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia)

### **DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION FOR ANDROID TO MANAGE THE “SMART GREENHOUSE”**

*Abstract.* The article is devoted to the development of a mobile application for Android for managing a “smart greenhouse”. Detailed information about working in Android Studio, Android Emulator.

*Keywords:* “smart greenhouse”, mobile app, IDE, Android Emulator, Android SDK, Android Studio, Java.

«**Умная теплица**». Многие выращивают тепличные овощи ради самого процесса, ведь приятно ощущать, что эти продукты практически созданы своими руками. Некоторые владельцы дачных участков

с превеликим удовольствием взялись бы за подобное дело еще более серьезно, но вот только ни сил, ни времени для этого нет. Автоматизированная система, контролирующая полив, вентиляцию, подачу удобрений, до сих пор является пределом мечтаний некоторых дачников. На самом деле все мечты уже успешно работают в реальной жизни.

Благодаря тому, что прогресс безостановочно развивается, «умная теплица» существует в реальности. Развитие строительного рынка и сопутствующих технологий привело к тому, что управлять всеми процессами сегодня может автомат.

Безусловно, «умная теплица» оснащена множеством датчиков, управление которыми должно быть организовано с одного устройства: персонального компьютера, или, что намного удобнее, мобильного устройства (смартфон, планшет).

Основной функционал разрабатываемого мобильного приложения должен быть направлен на следующие основные моменты:

- автоматическое управление капельным поливом;
- автоматическое управление доосвещением теплицы;
- автоматическое управление отоплением теплицы;
- автоматическое управление вентиляцией теплицы.

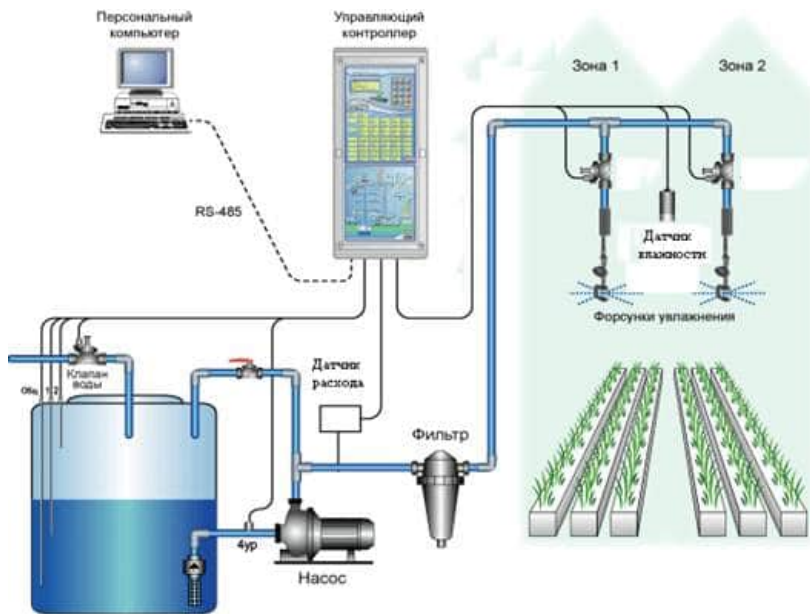
Данные разделы должны быть взаимно совместимыми, отображаться наглядно на календаре.

Систему регулирует блок управления, который программируется владельцем, в зависимости от климатической зоны и требований выращиваемых культур. Блок может быть подключен к персональному компьютеру или планшету, что позволяет менять параметры удаленно, находясь вне дома (рис. 1).

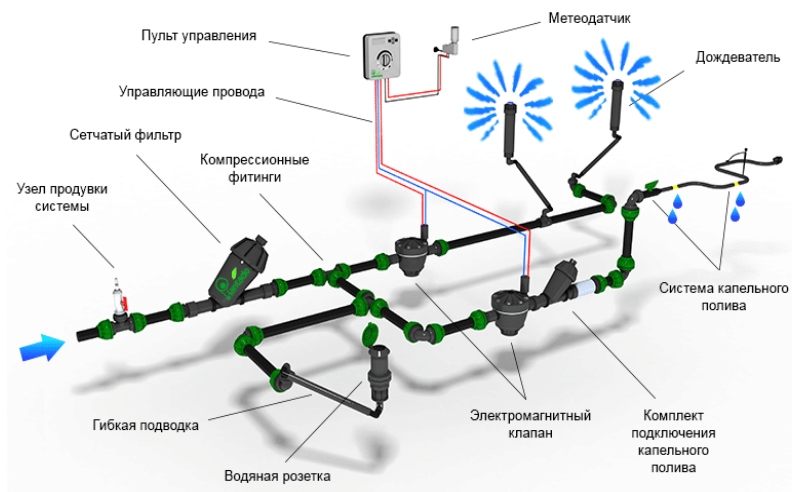
Понятно, что создание «умной теплицы» своими руками возможно лишь при наличии самого сооружения. Сделать его достаточно просто и без чрезмерных финансовых вложений. Те, кто желает сэкономить свое время, вполне могут приобрести уже готовое изделие. Для его превращения в «умное» потребуются проделать следующие действия:

- установить систему автоматической вентиляции;
- организовать автополив;
- мульчировать почву;
- усовершенствовать функциональность всех систем.

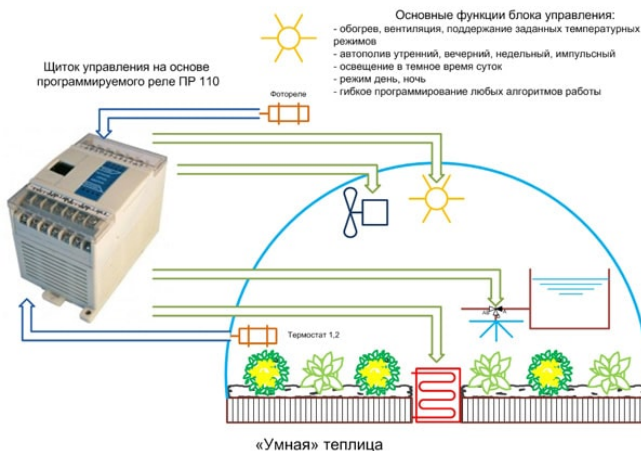
Стоит заметить, что «умная теплица» при кажущейся сложности имеет достаточно простую и понятную обычному обывателю конструкцию. Справиться с ее обустройством вполне по силам каждому, кто имеет начальные навыки строительства и «дружит» с инструментом (рис. 3).



**Рис. 1. Автоматизированная система управления**



**Рис. 2. Полив без участия человека**

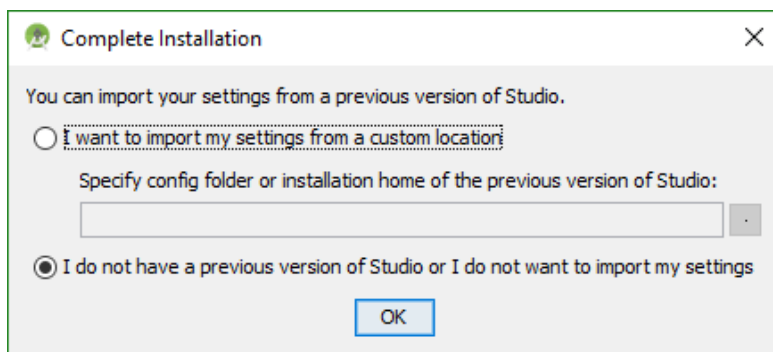


**Рис. 3. Автоматический парник – мини-теплица**

Разработка мобильного приложения. В первую очередь, нужно убедиться, что установлен JDK (Java Development Kit). Это обязательный компонент для разработки на Java. Скачать JDK можно на официальном сайте. Он бесплатный. Необходимо выбрать самую новую версию JDK.

Далее, необходимо скачать с официального сайта Android Studio. В одном установщике будет все необходимое – сама IDE, Android Emulator, Android SDK. То, чего нет в комплекте, инсталлятор докачает самостоятельно.

При первом запуске Android Studio задаст стандартный вопрос об импорте конфигурации (рис. 4).



**Рис. 4. Импорт конфигураций**

По умолчанию будет выбран тот же чекбокс, просто нажмите на кнопку «OK». После этого Android Studio начнет качать Android SDK. Это может занять некоторое время. Если загрузка завершится неудачей, IDE предложит попробовать еще раз – обязательно нажмите «Retry».

После окончания загрузки нажмите «Finish».

**Создание проекта.** Для создания проекта нужно в главном окне Android Studio нажать на «**Start new Android Studio project**».

Появится новое окно, в котором нужно выполнить несколько действий.

В первом нужно задать имя приложения, домен компании (из этих двух параметров будет создано имя пакета) и расположение проекта на диске.

В Android, как и в Java, основным идентификатором приложения является имя пакета.

Далее Android Studio спросит, какие из каких версий SDK мы хотим использовать.

На следующем экране спросит, какие компоненты приложения нужно создать. Выбрать «Empty Activity».

На следующем шаге просто нажмите «Finish», ничего не меняя.

Далее, придется подождать некоторое время (от минуты до пяти минут, в зависимости от мощности компьютера), пока Android Studio создает проект.

По завершении этого процесса будет создан первый проект.

Он уже вполне работоспособен, но, чтобы его запустить, понадобится эмулятор Android.

Для создания эмулятора Android понадобится **Android AVD Manager** (AVD = Android Virtual Device). Для этого необходимо нажать на следующую кнопку (рис. 5; далее, рис. 6).

А потом несколько раз кликнуть «Next» и, наконец, «Finish».

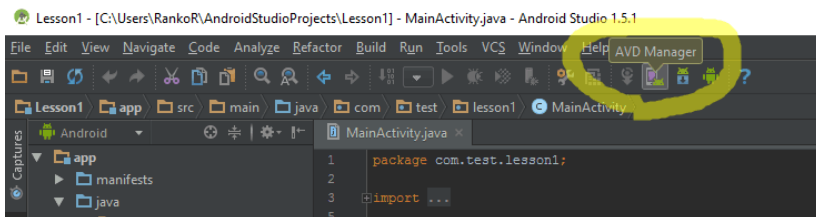
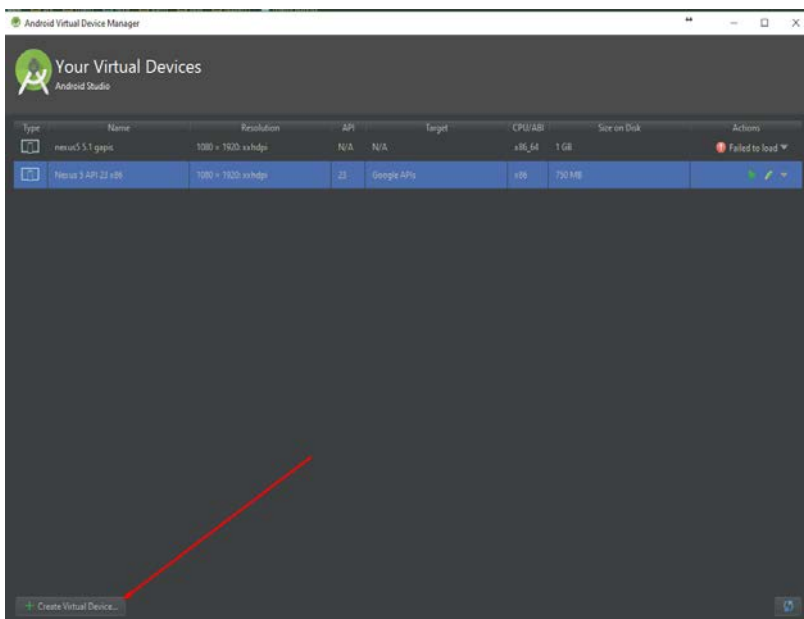


Рис. 5. Запуск эмулятора



**Рис. 6. Запуск эмулятора**

Для запуска проекта нужно нажать либо на кнопку Shift-F10. После этого будет диалог, в котором будет предложено выбрать девайс, на котором IDE должна запустить собранное приложение.

Поставьте галочку в строчке «Launch emulator» и нажмите «ОК». Начнется сборка проекта, запуск эмулятора, установка приложения на эмулятор и запуск приложения.

На это уйдет некоторое время (чем мощнее компьютер – тем меньше времени понадобится), поскольку эмулятор – вещь достаточно медлительная, несмотря на колоссальные улучшения в последние пару лет.

И вот, по прошествии 1...10 мин (после запуска эмулятора проекта, конечно же, будут собираться и запускаться быстрее) проект будет запущен в эмуляторе.

#### ***Список использованных источников***

1. Блох, Д. Эффективное программирование / Д. Блох. – 2014. – 485 с.

2. Программирование под android / Б. Харди, Б. Филлипс, К. Стюарт, К. Марсикано. – 2-е изд. – 2016.
3. Шилдт, Г. Java 8. Полное руководство / Г. Шилдт. – 9-е изд. – 2015. – 560 с.
4. Шилдт, Г. Java 8. Руководство для начинающих / Г. Шилдт. – 6-е изд. – 2015. – 720 с.
5. Абалуев, Р. Н. Интернет-технологии в образовании / Р. Н. Абалуев, Н. Г. Астафьева, Н. И. Аскакова // Информационное общество. – 2002. – № 1. – С. 129.
6. Влияние информационных технологий на рост синергетического эффекта в АПК / П. Ю. Копцев, Н. В. Картечина, Ю. А. Скрипко ; под общ. ред. В. А. Солопова // Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 187 – 190.

### *References*

1. Bloch D. “Effective programming”. – 2014. – 485 p. (book, Russian-language edition)
2. Brian Hardy, Bill Phillips, Chris Stewart, Kristin Marsicano. “Programming for android. 2nd edition”. – 2016 (book, Russian-language edition)
3. Herbert Schildt. “Java 8. Complete guide 9th edition. – 2015. – 560 p. (book, Russian-language edition)
4. G. Schildt “Java 8. guide for beginners” (6th edition). – 2015. – 720 p. (book, Russian-language edition)
5. Abaluev R. N., Astafieva N. G., Askakova N. I. “Internet technologies in education”, Information society. – 2002. – No. 1. – P. 129. (article in the Russian-language magazine / collection)
6. Koptsev P. Y., Cartechini N. In. Skripko, A. Y. “The Impact of information technology on the growth of a synergistic effect in agriculture” proceedings of the international scientific-practical conference. Under the General editorship of Solopov V. A. – 2018. – P. 187 – 190. (article in a Russian-language magazine / collection)



**С. Н. А. Аль Кнфер**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные процессы и управление», Тамбов, Россия, e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru)

## **ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВКОЙ И ОТПРАВКОЙ НА ПЕРЕРАБОТКУ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ**

*Аннотация.* Статья посвящена разработке интегрированной цифровой системы для оперативного обеспечения организационного и научно-технических процессов данными, необходимыми для принятия своевременного и обоснованного управленческого, экономического и технического решения. Особое внимание уделено решению задач в сырьевом отделе, что дает возможность увеличить аналитичность и обоснованность принимаемых решений по предприятию в целом.

*Ключевые слова:* управление, интегрированная цифровая система, единое информационное пространство, автоматизация, сахарная свекла.

**S. N. A. Al Knfer**  
(Tambov State Technical University, Department of Information Processes and Control, Tambov, Russia)

## **INTEGRATED DIGITAL CONTROL SYSTEM FOR THE SUPPLY AND SHIPMENT OF SUGAR BEET FOR PROCESSING**

*Abstract.* The article is devoted to the development of an integrated digital system for operational provision of organizational and scientific and technical processes with data necessary for making timely and justified managerial, economic and technical decisions. Special attention is paid to solving problems in the raw materials Department, which makes it possible to increase the analyticity and validity of decisions made by the enterprise as a whole.

*Keywords:* management, integrated digital system, unified information space, automation, sugar beet.

Существующие в настоящее время автоматизированные системы управления предприятиями [1, 2] не отражают реальной картины движения сырья. Основная цель разрабатываемой системы – обеспечить автоматизированное управление поставкой и отправкой на переработку сахарной свеклы на свеклопунктах с обеспечением возможности обмена данными с основными модулями автоматизированной системы управления всем предприятием.

Свекла поступает с полей сельскохозяйственных предприятий. После определения веса, кондиционности, загрязненности и сахаристости она укладывается в кагаты (места временного хранения), откуда отправляется в бурачнуюю.

Исходя из качества привезенной свеклы, контролер определяет место разгрузки и срок хранения. Распределение поступившей свеклы на разные сроки хранения основывается на ее физическом состоянии, сроках уборки, общей загрязненности и данных предуборочного обследования полей.

Кондиционную свеклу, поступившую в конце сентября и в октябре, направляют в кагаты длительного хранения. Кондиционную свеклу, но более ранних сроков уборки, направляют в кагаты средних сроков хранения. Некондиционную направляют в кагаты краткосрочного хранения, откуда отгрузку свеклы производят в первую очередь. Укладку свеклы на хранение производят буртоукладочными машинами (БУМ). При укладке свеклы соблюдаются размеры кагатов, обеспечивающие наилучшую ее сохранность.

Основное назначение цифровизации состоит в определении способа создания и развития автоматизированной системы управления предприятием как единого информационного пространства в целях повышения эффективности его деятельности.

Необходимо решить задачи:

- разработки и внедрения прикладного и системного программного обеспечения;
- формирования и использования информационных ресурсов;
- внедрения информационных сетей.

Процесс управления поступлением сырья является достаточно трудоемким и требует автоматизации в связи с большими объемами поступающего сырья и достаточно широким перечнем контрагентов, являющихся поставщиками сырья и потребителями результатов его переработки. Каждый поставщик обладает присущими ему индивидуальными особенностями как по качеству и объемам поставляемого сырья, так и по договорным условиям переработки. Каждую партию поступившего сырья необходимо принять в соответствии с существующими инструкциями, оценить ее качество. Затем необходимо контролировать все изменения, которые могут происходить с принятым сырьем. Все это требует хранения большого объема информации о портящемся со временем сырье. Без автоматизации процесса учета сырья невозможно обеспечить качественное управление деятельностью сахарного завода, контролировать протекание заготовительной кампании и расчеты с контрагентами.

Положительными сторонами применения цифровой технологии являются:

- оперативность ввода, хранения, преобразования и обмена данными;
- индивидуальность учета поступивших данных в различных «разрезах»;
- защищенность информации от несанкционированного доступа;
- уменьшение трудоемкости и времени обработки документов при повышении точности операций с информацией.

Перечень документов и отчетов следующий:

1. Товарно-транспортная накладная (ТТН) – электронный документ, формируемый на основе накладной поступившего от хозяйств сырья.
2. Пачка ТТН – сгруппированные в единую табличную форму ТТН от конкретного поставщика.
3. Приемная квитанция.
4. Справка сырьевой лаборатории.
5. Ведомость учета движения свеклы и сахара в кагатах и бурачной.
6. Ведомость учета сахарной свеклы на загрязненность и сахаристость. Имеет два варианта: по заводу и по свеклопунктам.
7. Реестр ТТН.
8. Поступление по железной дороге.
9. Отгрузка по железной дороге.
10. Списание потерь хранения.

Внедрение интегрированной цифровой системы управления поставкой и отправкой в переработку сахарной свеклы позволит:

- сократить затраты временных и людских ресурсов на обработку большого объема информации;
- повысить актуальность информации, ее точность и объективность;
- осуществлять быструю и безошибочную модификацию информации.

#### ***Список использованных источников***

1. Дмитриевский, Б. С. Автоматизированные информационные системы управления инновационным наукоемким предприятием / Б. С. Дмитриевский. – М. : Машиностроение-1, 2006. – 156 с.
2. Матвейкин, В. Г. Проектирование системы управления инновационно-производственной системой / В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, И. С. Панченко // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 289–296.

### *References*

1. Dmitrievsky, B. S. Automated information systems of management of innovative high-tech enterprise / B. S. Dmitrievsky. – M. : Mechanical engineering-1, 2006. – 156 p.
2. Matveykin, V. G. Designing a management system for an innovation-production system / V. G. Matveykin, B. S. Dmitrievsky, I. S. Panchenko // Bulletin of Tambov State Technical University. – 2011. – V. 17, No. 2. – P. 289–296.

УДК 004;51

**И. Н. Ищук, М. А. Ивановский, С. В. Данилкин, А. О. Уланов**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
Тамбов, Россия, e-mail: boerby76@mail.ru)

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕВОГО ПОДХОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДВУХМЕРНЫХ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ГРУНТЕ**

*Аннотация.* Рассмотрена возможность использования сетевого подхода для решения двухмерных задач теплопроводности в грунте. Приведены используемые технические средства, дана их краткая характеристика, рассмотрены аналитические модели.

*Ключевые слова:* теплопроводность, солнечная радиация.

**I. N. Ischuk, M. A. Ivanovsky, S. V. Danilkin, A. O. Ulanov**  
(Tambov State Technical University, Department of Information Systems  
and Information Protection, Tambov, Russia)

### **USING A NETWORK APPROACH TO SOLVE TWO-DIMENSIONAL PROBLEMS OF THERMAL CONDUCTIVITY IN THE GROUND**

*Abstract.* The possibility of using a network approach to solve two-dimensional problems of thermal conductivity in the ground is considered. The technical means used are given, their brief characteristics are given, and analytical models are considered.

*Keywords:* thermal conductivity, solar radiation.

Солнечная радиация, поступающая на земную поверхность, частично поглощается в тонком слое почвы, частично отражается обратно в атмосферу. Кроме потока солнечной радиации, земная

поверхность получает тепло в виде инфракрасной радиации от атмосферы и теряет тепло путем собственного теплового излучения. Наряду с радиацией, на баланс тепла подстилающей поверхности влияют турбулентные потоки тепла и влаги (затраты тепла на испарение) на границе атмосфера–суша, а также перенос тепла в почве. Основное уравнение для расчета температуры почвы – уравнение теплопроводности. В качестве верхнего граничного условия (на верхней границе почвы) задаются потоки излучения и турбулентные потоки явного и скрытого тепла. Нижнее граничное условие для уравнения теплопроводности в почве задается в виде климатической температуры в нижнем слое – эта температура принята постоянной во времени, но разной в разных узлах сетки. На верхней границе почвы тепловой поток рассчитывается в виде суммы радиационного баланса и турбулентных потоков явного и скрытого тепла.

В математическую постановку задачи входят коэффициенты теплоемкости и теплопроводности, которые зависят от влажности и плотности почвы. Объемная теплоемкость почвы в модели определяется по следующей формуле:

$$c(w) = (0,2 + w/100)p.$$

Связь теплопроводности и влажности почвы хорошо аппроксимируется квадратичной зависимостью вида

$$\chi(w) = c(w)(\lambda_1(w - \lambda_4)^2 + \lambda_2\rho + \lambda_3).$$

Неизвестные коэффициенты  $\lambda_i$  определены по литературным источникам и уточнены при проведении численных экспериментов.

Разработана одномерная модель теплового режима почв.

Преобразуем уравнение теплопереноса

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \left( \chi \frac{\partial T}{\partial y} \dots \right), \quad y \in [0, H].$$

Введем коэффициент температуропроводности  $K = \frac{\chi}{\rho c}$  и перепишем уравнение в дивергентном виде

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\rho c} \left( \frac{\partial}{\partial y} \chi \frac{\partial T}{\partial y} \right).$$

Для численного решения модели составим ее конечно-разностный аналог 2-го порядка точности по пространственной переменной  $y$ :

$$T_i^{k+i} - \frac{\tau}{h_i} K_{i+1}^{k+1} \frac{T_{i+1}^{k+1} - T_i^{k+i}}{h_{i+1}} + \frac{\tau}{h_i} K_i^{k+1} \frac{T_i^{k+1} - T_{i-1}^k}{h_i} = f\tau + T_i^k.$$

Для решения уравнения будет использован метод прогонки. Уравнение для метода прогонки имеет вид

$$-a_i T_{i-1} + b_i T_i - c_i T_{i+1} = d_i, \quad i = \overline{2; N-1}.$$

При равномерном шаге ( $\overline{h_i} = h_i$ ) уравнение имеет вид

$$T_i^{k+i} - \frac{\tau}{h^2} \overline{K_{i+1}^{k+1}} T_{i+1}^{k+1} + \frac{\tau}{h^2} K_{i+1}^{k+1} T_i^{k+1} + \\ + \frac{\tau}{h^2} K_i^{k+1} T_i^{k+1} - \frac{\tau}{h^2} K_i^{k+1} T_{i-1}^{k+1} = f\tau + T_i^k.$$

Согласно алгоритму метода прогонки  $T_i = \alpha_i T_{i+1} + \beta_i$ ,  $i = \overline{N-1; 2}$ ,

$$\alpha_2 = \frac{c_2}{b_2}, \quad \beta_2 = \frac{d_2 + a_2 \beta_1}{b_2}, \quad \alpha_i = \frac{c_i}{b_i - a_i \alpha_{i-1}}, \quad \beta_i = \frac{d_i + a_i \beta_{i-1}}{b_i - a_i \alpha_{i-1}}, \quad i = \overline{3; N-1}.$$

Постановка задачи для программной реализации. Модель теплового режима почвы в одномерном случае имеет вид

$$\frac{\partial T}{\partial t} = K \frac{\partial^2 T}{\partial y^2},$$

здесь  $T$  – температура почвы.

Для численного решения задачи почвенный компартмент разбивается на слои, а к уравнению применяется метод сеток и затем явные и неявные методы решения. Рассмотрим двумерную аппроксимацию задачи о распределении температуры в массивах почвы, имеющих вертикальную (относительно направления силы тяжести) границу раздела, связанную с неоднородностью структурных пластов почвы.

Пусть неоднородный почвенный компартмент  $\Omega$  состоит из двух участков. Границы участков  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  полагаются известными и прямолинейными.

Пусть система координат выбрана таким образом, что ось  $Oy$  проходит по границе раздела областей  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$ . Функция  $T_1$  определяет температуру почвы в области  $\Omega_1$ , а  $T_2$  – температуру почвы в области  $\Omega_2$ . Тогда в силу почвенной однородности самих областей  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  граничные условия при  $x = x_1$  и  $x = x_2$  примут вид:

$$\frac{\partial T_1}{\partial x} = 0 \text{ при } x = x_1; \quad \frac{\partial T_2}{\partial x} = 0 \text{ при } x = x_2.$$

На границе раздела компарментов  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  должны выполняться условия непрерывности температур и тепловых потоков:

$$T_1 = T_2 \text{ и } \chi_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} = \chi_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} \text{ при } x = 0.$$

Уравнения теплопереноса в двумерном случае будут иметь вид:

$$\rho_i c_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \chi_i \frac{\partial T_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \chi_i \frac{\partial T_i}{\partial y} \right) + f(x, y, t), \quad i = 1, 2,$$

где  $\rho(x, y)$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  $c(w(x, y))$  – теплоемкость, Дж/(см<sup>3</sup>·°C);  $T_i$  – температура почвы, °C;  $\chi$  – коэффициент теплопроводности, зависящий от влажности почвы  $w$ ;  $\chi = \chi(w(x, y))$ , Дж/(см·ч·°C);  $f(x, y, t)$  – функция источника тепла. Влажность почвы  $w$  считается заданной функцией.

Теплоперенос осуществляется вдоль координатных осей  $OxOy$ . Численное исследование задачи о распределении температуры в областях  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  проводится с использованием конечно-разностных методов.

#### ***Список использованных источников***

1. Воронин, А. Д. Основы физики почв / А. Д. Воронин. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 244 с.

#### ***References***

1. Voronin, A. D. Fundamentals of soil physics / A. D. Voronin. – M. : Publishing house of Moscow State University, 1986. – 244 p.

**Е. В. Кошелев, Ю. В. Минин**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
Тамбов, Россия, e-mail: lyutsian-zzz@yandex.ru, yuri.minin@gmail.com)

## **ПОДСИСТЕМА ВЫБОРА КЛАССА ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМПАНИЙ**

*Аннотация.* Реализован нейронечеткий классификатор выбора класса решаемых задач при распределении информационных ресурсов в информационных системах, на которые воздействуют негативные воздействия. Разработанный нейронечеткий классификатор является основным элементом разрабатываемой информационной подсистемы.

*Ключевые слова:* негативные внешние воздействия (НВВ), класс решаемых задач, нечеткий классификатор, нечеткие правила классификации.

**E. V. Koshelev, Yu. V. Minin**  
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

## **SUBSYSTEM FOR SELECTING THE CLASS OF TASKS FOR THE DISTRIBUTION OF RESOURCES OF INFORMATION SYSTEMS OF AGRICULTURAL COMPANIES**

*Abstract.* A neuro-fuzzy classifier for choosing a class of problems to be solved is implemented when distributing information resources in information systems that are affected by negative influences. The developed neuro-fuzzy classifier is the main element of the developed information subsystem.

*Keywords:* negative external influences (NVV), class of problems to solve, fuzzy classifier, fuzzy classification rules.

Эффективность (организационная, социальная, техническая, экономическая и т.п.) любой системы, в том числе и информационной, зависит от правильного распределения внутренних и внешних ресурсов.

Как и в любой сфере, работа информационных систем (ИС) не проходит в идеальных условиях. Это значит, что ИС работает в условиях внешних воздействий, которые, как правило, несут негативный характер. Негативные внешние воздействия (НВВ) приводят к нестабильному функционированию ИС. Для противодействия этому влиянию можно осуществить перераспределение элементов и ресурсов внутри ИС с помощью решения оптимизационных задач, постановка которых представлена в работах [1, 2]. Выбор вида или класса таких задач происходит на основе анализа. В работе [3] проведен анализ



негативных внешних воздействий на информационную систему и предложено дерево таких воздействий, которое будет использоваться в данной работе при построении нейронечеткого классификатора класса решаемых задач.

НВВ обозначаются как  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_{N_V}\}$ , где  $V_i$  – конкретный тип внешнего воздействия на ИС,  $N_V$  – количество типов негативных внешних воздействий (в данном случае  $N_V = 10$ ).

Каждый тип негативного воздействия описывается набором параметров, которые могут относиться к детерминированным или случайным величинам. Таким образом, негативное воздействие одного типа описывается некоторым количеством детерминированных величин, а также некоторым количеством случайных величин. Каждый тип воздействия характеризуется тремя параметрами, т.е.  $V_i = \{v_{i,1}, v_{i,2}, v_{i,3}\}$ , где  $v_{i,j}$  – объем информации, относящейся к  $j$ -му классу, для  $i$ -го типа воздействия.

В зависимости от типа параметров, характеризующих весь набор негативных воздействий, оказывающих влияние на функционирование ИС, выбирается соответствующий класс задач адаптации системы. К таким классам отнесем: задачи, в которых все параметры являются детерминированными величинами ( $K_1$ ); задачи, в которых параметры являются детерминированными или случайными величинами ( $K_2$ ); задачи, в которых параметры являются нечеткими величинами ( $K_3$ ).

Объем информации, относящейся к  $j$ -му классу, для  $i$ -го типа воздействия будет выражаться тремя нечеткими величинами – «малый», «средний», «большой».

Поскольку для классификатора рассматривались 10 типов внешних негативных воздействий, а объем информации, относящийся к одному из трех классов, варьируется между тремя нечеткими величинами («малый», «средний» и «большой»), то у классификатора должно быть 30 входов –  $v_{1,1}, v_{1,2}, v_{1,3}, v_{2,1}, v_{2,2}, \dots, v_{10,3}$ .

Фрагмент нечетких правил нейронечеткого классификатора представлен ниже.

1. *If* ( $v_{1,1}$  is малый) and ( $v_{1,2}$  is малый) and ( $v_{1,3}$  is малый) and ( $v_{2,1}$  is малый) and ( $v_{2,2}$  is малый) and ( $v_{2,3}$  is малый) and ( $v_{3,1}$  is малый) and ( $v_{3,2}$  is малый) and ( $v_{3,3}$  is малый) and ( $v_{4,1}$  is малый) and ( $v_{5,2}$  is малый) and ( $v_{5,3}$  is малый) and ( $v_{6,1}$  is малый) and ( $v_{6,2}$  is малый) and ( $v_{6,3}$  is малый) and ( $v_{7,1}$  is малый) and ( $v_{7,2}$  is малый) and ( $v_{7,3}$  is малый) and ( $v_{8,1}$  is малый) and ( $v_{8,2}$  is малый) and ( $v_{8,3}$  is малый) and ( $v_{9,1}$  is малый) and ( $v_{9,2}$  is малый) and ( $v_{9,3}$  is малый) and ( $v_{10,1}$  is малый) and ( $v_{10,2}$  is малый) and ( $v_{10,3}$  is малый) then (Класс is  $K_3$ )

...  
30. *If* ( $v_{1,1}$  is малый) and ( $v_{1,2}$  is малый) and ( $v_{2,1}$  is малый) and ( $v_{2,2}$  is малый) and ( $v_{2,3}$  is средний) and ( $v_{3,1}$  is малый) and ( $v_{3,2}$  is

малый) and ( $v_{3,3}$  is средний) and ( $v_{4,1}$  is малый) and ( $v_{4,2}$  is малый) and ( $v_{4,3}$  is большой) and ( $v_{5,1}$  is малый) and ( $v_{5,2}$  is малый) and ( $v_{5,3}$  is большой) and ( $v_{6,1}$  is малый) and ( $v_{6,2}$  is малый) and ( $v_{6,3}$  is большой) and ( $v_{7,1}$  is малый) and ( $v_{7,2}$  is малый) and ( $v_{7,3}$  is большой) and ( $v_{8,1}$  is малый) and ( $v_{8,2}$  is малый) and ( $v_{8,3}$  is большой) and ( $v_{9,1}$  is малый) and ( $v_{9,2}$  is малый) and ( $v_{9,3}$  is большой) and ( $v_{10,1}$  is малый) and ( $v_{10,2}$  is малый) and ( $v_{10,3}$  is большой) then (Класс is  $K_3$ ).

Разработанный нейронечеткий классификатор является основным элементом разрабатываемой информационной подсистемы.

### ***Список использованных источников***

1. Размещение узлов сетевой информационной системы с топологией «дерево» / Ю. В. Минин, А. И. Елисеев, Б. М. Г. Саид, Е. Н. Минина // Информация и безопасность. 2015. – Т. 18, № 1. – С. 131 – 134.

2. Probabilistic and Fuzzy Models of the Optimal Allocation of Resources of a Network Information System / Y. Gromov, Y. Minin, A. A. Habib Alrammahi, F. A. Sari // 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russia. – 2019. – P. 353 – 358.

3. Overall Score of Information System Performance and Selection of Synthesis Problem / Y. Gromov, Y. Minin, A. Eliseev, A. A. Habib Alrammahi and F. A. Sari // 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russia. – 2019. – P. 377 – 382.

### ***References***

1. Location of network information system nodes with the tree topology / Yu. V. Minin, A. I. Eliseev, B. M. G. Said, E. N. Minina // Information and Security. – 2015. – V. 18, No. 1. – P. 131 – 134.

2. Probabilistic and Fuzzy Models of the Optimal Allocation of Resources of a Network Information System / Y. Gromov, Y. Minin, A. A. Habib Alrammahi, F. A. Sari // 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russia. – 2019. – P. 353 – 358.

3. Overall Score of Information System Performance and Selection of Synthesis Problem / Y. Gromov, Y. Minin, A. Eliseev, A. A. Habib Alrammahi and F. A. Sari // 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russia. – 2019. – P. 377 – 382.

**И. П. Криволапов<sup>1</sup>, М. А. Пукальчик<sup>2</sup>, З. Н. Тарова<sup>1</sup>,  
Л. В. Бобрович<sup>1</sup>, А. А. Коротков<sup>1</sup>, К. С. Гречушкина<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> (ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»), кафедра технологических процессов и техносферной безопасности, кафедра агрохимии, почвоведения и агроэкологии, Мичуринск, Россия);

<sup>2</sup> (Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия, e-mail: TarovaZ@mail.ru, ivan0068@bk.ru)

### **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТАКСАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

*Аннотация.* Предложена методика для разработки программы в целях автоматического определения состояния каждого дерева на основе использования технологии цифрового распознавания. Предлагаемая технология позволит значительно сократить затраты времени и труда и исключить субъективный фактор оценки.

*Ключевые слова:* бонитировка, привойно-подвойная комбинация, интенсивный сад.

**I. P. Krivolapov<sup>1</sup>, M. A. Pukal'chik<sup>2</sup>, Z. N. Tarova<sup>1</sup>,  
L. V. Bobrovich<sup>1</sup>, A. A. Korotkov<sup>1</sup>, K. S. Grechushkina<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> (Michurinsk State Agrarian University, Department of Technological Processes and Technosphere Safety, Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Michurinsk, Russia);

<sup>2</sup> (Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia)

### **THE POSSIBILITY OF USING UAV TO IMPROVE THE ACCURACY OF THE RESULTS OF THE TAX ASSESSMENT OF FRUIT TREES**

*Abstract.* A method is proposed for developing a program to automatically determine the position of each tree based on the use of digital recognition technology. the proposed technology will significantly reduce the time and labor costs and eliminate the subjective evaluation factor.

*Keywords:* appraisal, pivoine-rootstock combination, the intensive garden.

В настоящее время активно развиваются направления в сфере сельскохозяйственного производства, позволяющие изменять традиционные технологии на высокотехнологичные. Данные, получаемые

от различных датчиков и устройств автоматизированного контроля (метеонаблюдения, датчики контроля состояния животных, датчики позиционирования и т.д.), позволяют выявить определенные закономерности роста и развития растений и животных, эксплуатации сельскохозяйственной техники, и, следовательно, попытаться управлять основными процессами в сельском хозяйстве [1 – 3].

Садоводство, являясь наиболее сложной отраслью в отношении технологии получения, хранения и переработки продукции, еще имеет статус важнейшей, так как продукция, производимая в отрасли, формирует базу для обеспечения здорового питания населения. Поэтому, когда речь заходит об импортозамещении, приоритетным направлением в первую очередь определяется садоводство [2, 3].

Исследования, связанные с интенсификацией садоводства, определяют необходимость оптимизации объема солнечной радиации, поступающей в процессе роста и развития плодового дерева, а своевременное выделение области заражения болезнями позволяет снизить потери производства и ареала распространения инфекции. Обнаружение дефектных, слабо развивающихся деревьев на ранних стадиях позволит специалисту подобрать менее затратный способ исправления ситуации (увеличение подачи питательных веществ, обработка регуляторами роста) [4]. Эти факторы определяют необходимость проведения исследований по формированию кроны плодового дерева в процессе его роста и развития.

Перевод на цифровую основу и автоматизация наибольшего числа технологических процессов становятся требованием XXI века [1]. Разработка новых интернет-продуктов, значительные достижения в создании различных роботов, использование дронов создают условия для преобразования методических подходов к решению вопросов оценки состояния плодовых насаждений, выращиваемых по любой из принятых в хозяйстве технологий.

Целью исследований является разработка методики использования квадрокоптера при таксации садовых агроценозов с возможностью применения автоматизированной системы распознавания.

Для организации проведения технологических операций в садах, возделываемых по любой из названных технологий, производственникам необходимы сведения о качественном состоянии деревьев в конкретном насаждении или его части. Обеспечить такими знаниями технологов может процедура бонитировки, которая проводится на основе

таксации насаждений. Система оценки была предложена в конце прошлого столетия А. С. Девятовым (1985) и в приложении к насаждениям яблони была значительно расширена и доработана сотрудниками Мичуринского ГАУ [4].

Результаты применения указанного метода дают достаточно информативные показатели, оценивающие состояние сада, однако его использование требует значительных затрат времени и труда. Для снижения этих затрат планируется использовать квадрокоптер DJI Inspire 1 2.0 (Инжиниринговый центр Мичуринского ГАУ). Управление данным устройством осуществляется дистанционно с помощью соответствующей программы на планшете.

Квадрокоптер выполняет съемку объекта с расстояния до 500 м (в некоторых случаях расстояние до объекта съемки может быть сокращено до минимально допустимого). Кроме этого, с помощью квадрокоптера можно выполнить телевизионную съемку. Продолжительность полета от 18 минут при нормальных погодных условиях [5, 6].

Видеосигнал передается по цифровому каналу в формате HD и сохраняется на съемный носитель.

Для получения достоверных данных, определенных целью работы, облет сада производится на предельно малой высоте – от 2 м в зависимости от возраста сада, при этом скорость полета не превышает 1 м/с. Изображения сада и деревьев получаются с использованием камеры DJI Zenmuse X3.

На основе полученных снимков появляется возможность визуальной оценки дерева и сравнения его с эталоном, однако и в этом случае большое значение имеет человеческий фактор, способный привести к определенной погрешности [6, 7].

Для устранения человеческого фактора предлагается выделить эталонные деревья определенных привойно-подвойных комбинаций с различной оценкой бонитета, получить их снимки. Они будут положены в основу программы для распознавания снимков. То есть фотографии, полученные при облете сада, программа сравнивает с базой эталонов, которая на начальном этапе будет иметь снимки групп деревьев с различной таксационной оценкой: 100, 90, 80...10 баллов. В дальнейшем возможности данного программного обеспечения можно расширить, детализировав таксацию, а также добавив новые параметры, например: объем кроны, состояние листьев и т.д.

Таким образом, разработка и внедрение технологий и программного обеспечения, позволяющего достаточно быстро оценить состояние деревьев в саду и исключая субъективный человеческий фактор, позволит значительно ускорить процесс оценки сада и определить мероприятия для его дальнейшего развития.

Кроме того, при использовании современных средств исследователь имеет возможность получить большой объем данных по параметральным характеристикам кроны в зависимости от сорта, подвоя, схемы посадки и даже влияния ландшафтных особенностей на состояние деревьев.

### ***Список использованных источников***

1. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития / В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуков, Д. С. Буклагин и др. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 316 с.

2. Коротков, А. А. Автоматизированные системы контроля в сельском хозяйстве в контексте реализации концепта IOTAGRO / А. А. Коротков, И. П. Криволапов // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 25.

3. Nikitin, A. V. The assessment of the effectiveness of the implementation of scenarios for the sustainable development of agriculture / A. V. Nikitin, S. N. Trunova, V. A. Voropaeva // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – No. 8(10). – P. 3002 – 3005.

4. Ростовые характеристики привойно-подвойных комбинаций яблони в условиях Новгородской области / З. Н. Тарова, Л. В. Бобрович, О. А. Борисова, Н. В. Кухтикова // Приоритетные направления развития садоводства (I Потаповские чтения) : материалы Национальной науч.-практ. конф., посвященной 85-й годовщине со дня рождения профессора, доктора сельскохозяйственных наук, лауреата Государственной премии Потапова Виктора Александровича. – Мичуринск, 2019. – С. 278 – 281.

5. Unmanned aerial vehicles for estimation of vegetation quality / A. Yu. Astapov, K. A. Prishutov, I. P. Krivolapov et al. // Amazonia Investiga. – 2019. – V. 8, No. 23. – P. 27 – 36.

6. Никитин, В. И. Фотограмметрическая обработка изображений с беспилотных летательных аппаратов / В. И. Никитин, А. Ю. Астапов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы V Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2018. – С. 170 – 172.

7. Астапов, А. Ю. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в садоводстве / А. Ю. Астапов, К. А. Пришутов, С. С. Астапова ; под общ. ред. В. А. Солопова // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 159 – 162.

### *References*

1. Digital agriculture: state and prospects of development: scientific publication / Fedorenko V. F., Mishurov N. P., Buklagin D. S., Golytchin V. Ya., Golubev I. G. – M. : Rosinformagrotech, 2019. – 316 p.

2. Korotkov, A. A. Automated control systems in agriculture in the context of the implementation of the INTEGRO concept / A. A. Korotkov, I. P. Krivolapov // Science and Education. – 2019. – V. 2, No. 2. – P. 25.

3. Nikitin, A. V. The assessment of the effectiveness of the implementation of scenarios for the sustainable development of agriculture / A. V. Nikitin, S. N. Trunova, V. A. Voropaeva // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – No. 8(10). – P. 3002 – 3005.

4. Tarova, Z. N. Growth characteristics of graft-rootstock combinations of Apple trees in the conditions of the Novgorod region / Tarova Z. N., Bobrovich L. V., Borisova O. A., Kukhtikova N. V. // in the collection: Priority directions of gardening development (I Potapov readings) Materials of the National scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the birth of Professor, doctor of agricultural Sciences, state prize winner Viktor Potapov. – Michurinsk, 2019. – P. 278 – 281.

5. Unmanned aerial vehicles for estimation of vegetation quality / A. Yu. Astapov, K. A. Prishutov, I. P. Krivolapov et al. // Amazonia Investiga. – 2019. – V. 8, No. 23. – P. 27 – 36.

6. Nikitin, V. I. Photogrammetric image processing from unmanned aerial vehicles / V. I. Nikitin, A. Yu. Astapov // In the collection: energy Saving and efficiency in technical systems. Proceedings of the V International scientific and technical conference of students, young scientists and specialists. – 2018. – P. 170 – 172.

7. Astapov, A. Yu. Prospects for the use of unmanned aerial vehicles in horticulture / A. Yu. Astapov, K. A. Prishutov, S. S. Astapova // In the collection: Engineering support of innovative technologies in the agro-industrial complex. Collection of materials of the International scientific and practical conference. Under the General editorship of V. A. Solopov. – 2018. – P. 159 – 162.

**А. С. Лелюхин, Д. А. Муслимов, И. С. Чесноков, И. А. Волобуев**  
(ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», кафедра  
промышленной электроники и информационно-измерительной  
техники, Оренбург, Россия, e-mail: fit2007@inbox.ru)

## **ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ**

*Аннотация.* Приведено описание способа измерения спектральных распределений фотонного излучения по данным о пространственном распределении фотонов вторичного излучения. Представлены результаты моделирования, подтверждающие возможность восстановления спектров методом максимизации математического ожидания максимального правдоподобия.

*Ключевые слова:* радиационная обработка, спектр излучения, метод максимизации математического ожидания максимального правдоподобия.

**A. S. Lelyukhin, D. A. Muslimov, I. S. Chesnokov, I. A. Volobuev**  
(Orenburg State University, Department of Industrial Electronics  
and Information and Measurement Technology, Orenburg, Russia)

## **MEASUREMENT OF SPECTRAL DISTRIBUTIONS OF PHOTON RADIATION DURING IRRADIATION**

*Abstract.* A description is given of a method for measuring the spectral distributions of photon radiation from data on the spatial distribution of photons of secondary radiation. The results of modeling are presented, confirming the possibility of reconstructing the spectra by the maximum likelihood expectation maximization method.

*Keywords:* irradiation, radiation spectrum, maximum likelihood expectation maximization method.

Радиационные технологии находят применение для контроля и обработки сельскохозяйственной продукции [1]. Одной из проблем, сопровождающих внедрение генерирующих источников излучения, является обеспечение мониторинга пучков излучения в условиях высоких доз облучения.

Авторами работы предлагается новый способ измерения спектральных распределений фотонных пучков, основанный на анализе профилей полей вторичного излучения. Схема измерений приведена на рис. 1.



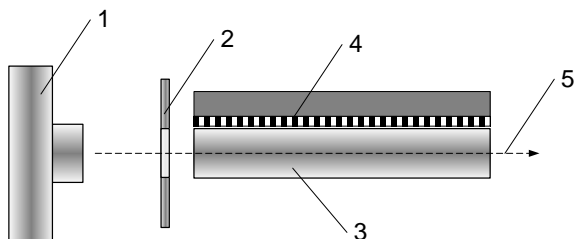


Рис. 1. Схема регистрации первичных данных

Согласно схеме, в первичном пучке излучения, возбуждаемом источником 1, вдоль направления его распространения 5 размещается протяженное цилиндрическое рассеивающее тело 3 из гомогенного материала, вне поля первичного пучка, ограниченного коллиматором 2, вдоль образующей рассеивающего тела размещается линейный позиционно-чувствительный детектор 4, регистрирующий фотоны вторичного излучения и координаты их вылета, определяемые пространственным положением отдельных каналов регистрации детектора.

В результате воздействия фотонов вторичного излучения в линейном позиционно-чувствительном детекторе формируется распределение сигналов, соответствующее профилю поля вторичного излучения вдоль образующей рассеивающего тела. Для восстановления спектрального состава излучения выполняют итерационный процесс, используя итерационную формулу, реализующую метод максимизации математического ожидания максимального правдоподобия [2]:

$$E_i^{(n+1)} = E_i^{(n)} \frac{1}{\sum_l M_{l,i}} \sum_l \frac{M_{l,i} P_l}{\sum_j M_{l,j} E_j^{(n)}},$$

где  $E_i^{(n)}$  – интенсивность  $i$ -й спектральной линии, вычисленная на итерации  $n$ ;  $M_{l,j}$  – аппаратурная функция схемы регистрации (матрица реконструкции, рассчитанная как отклик схемы регистрации на фотоны моноэнергетического излучения;  $l$  – число интервалов дискретизации по пространственной координате;  $j$  – число интервалов квантования по энергии);  $P_l$  – профиль поля вторичного излучения (совокупность сигналов, зарегистрированных линейным позиционно-чувствительным детектором).

С целью оценки эффективности предложенного способа измерений был разработан программный модуль [3], имитирующий процессы возбуждения и взаимодействия фотонного излучения с веществом рас-

сеивающего фантома цилиндрической формы. При моделировании учитывалось многократное рассеяние и влияние связанных электронов на пространственное распределение фотонов вторичного излучения.

В вычислительном эксперименте решалась прямая задача определения отклика схемы регистрации на излучение заданного спектрального состава. Методом Монте-Карло разыгрывалось взаимодействие  $10^6$  фотонов первичного пучка излучения, имеющих энергетическое распределение, заданное вектором  $E = (E_1, E_2, \dots, E_m)$ . В результате формировалось пространственное распределение фотонов вторичного излучения вдоль образующей рассеивающего тела  $P = (P_1, P_2, \dots, P_l)$ . Для получения аппаратурной функции  $M_{l,j}$  рассчитывался отклик схемы регистрации на моноэнергетическое излучение в диапазоне энергий фотонов от 1 до 150 кэВ с шагом 1 кэВ. Обратная задача заключалась в реализации итерационного процесса для начального приближения распределения спектра излучения, заданного вектором  $E^{(0)} = (E_1^{(0)}, E_2^{(0)}, \dots, E_j^{(0)})$ . После выполнения условия выхода из итерационного процесса фиксировалось распределение фотонов первичного пучка излучения по энергии.

В качестве примера на рис. 2 приведены исходное и восстановленное спектральные распределения, соответствующие первичному пучку, возбуждаемому рентгеновской трубкой с вольфрамовым анодом при напряжении 150 кВ, и полной фильтрации 2 мм алюминия.

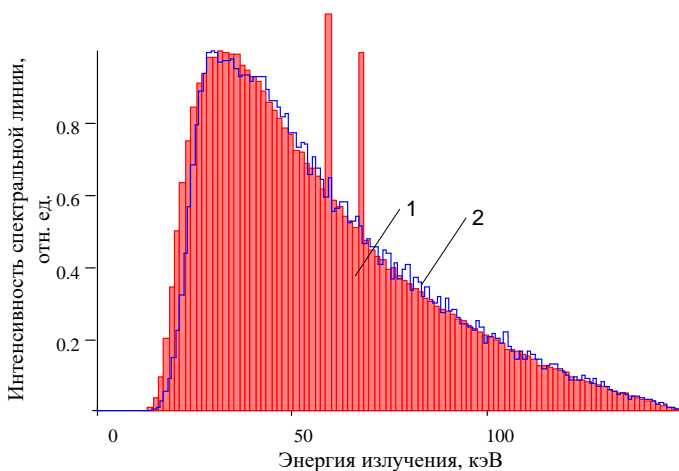


Рис. 2. Исходное (1) и восстановленное (2) спектральные распределения

Формирование профиля поля вторичного излучения выполнялось для рассеивающего тела цилиндрической формы радиусом 5 мм, выполненного из алюминия.

Предложенный способ восстановления спектральных распределений фотонного излучения по профилю полей вторичного излучения позволяет получать массив экспериментальных данных, достаточный для восстановления спектральных распределений, за время  $\tau$ , меньшее или равное длительности импульса источника излучения  $t$ . В случае если  $\tau \ll t$ , появляется возможность многократно рассчитывать спектр и оценивать динамику изменения спектрального состава излучения в течение экспозиции.

### ***Список использованных источников***

1. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Г. В. Козьмин, Н. И. Санжарова, И. И. Кибина и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 5. – С. 87 – 92.
2. Теребиж, В. Ю. Введение в статистическую теорию обратных задач / В. Ю. Теребиж. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 376 с.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020616238 от 15.06.2020. Программный модуль для восстановления спектральных распределений тормозного излучения по профилю полей вторичного излучения / Лелюхин А. С., Муслимов Д. А., Чесноков И. С., Волобуев И. А. // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. Россия.

### ***References***

1. Koz'min G. V., Sanzharova N. I., Kibina I. I., Pavlov A. N., Tihonov V. N. Radiation technologies in agriculture and food industry // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2015. – V. 29, No. 5. – P. 87 – 92.
2. Terebyzh, V. Yu. Introduction to the statistical theory of inverse problems, (Fizmatlit, Moscow, 2005) [in Russian].
3. Lelyukhin A. S., Muslimov D. A., Chesnokov I. S., Volobuev I. A. Software module for reconstructing the spectral distributions of bremsstrahlung from the profile of the secondary radiation fields. Certificate of state registration of a computer program No. 2020616238 dated 06/15/2020. Federal Service for Intellectual Property. Russia.

**М. А. Лихачев, П. А. Мелешенко**

(Военный учебно-научный центр «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия, e-mail : turborg051@mail.ru; АО «Концерн «Созвездие», e-mail : meleshenko@rambler.ru)

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*Аннотация.* Рассмотрены возможности применения беспилотного летательного аппарата для мониторинга антропогенных ландшафтов с применением элементов искусственного интеллекта.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, тепловая томограмма, антропогенный ландшафт, технологии тепловой томографии, теплопроводность, теплоемкость.

**M. A. Likhachev, P. A. Meleshenko**

(Military Training and Research Center “Military Air Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia; JSC “Concern” Constellation”)

## **POSSIBILITIES OF USING AN UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR MONITORING ANTHROPOGENIC LANDSCAPES WITH THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ELEMENTS**

*Abstract.* This article discusses the possibility of using an unmanned aerial vehicle for monitoring anthropogenic landscapes using artificial intelligence elements.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, thermal tomography, anthropogenic landscape, thermal tomography technologies, thermal conductivity, heat capacity.

Активное применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в различных сферах жизнедеятельности позволило сделать качественный скачок при решении многих задач, в том числе мониторинга антропогенных ландшафтов (АЛ). Развитие БПЛА и размещенных на них оптико-электронных систем (ОЭС) существенно расширили возможности технологии тепловой томографии (ТТТ), позволив реализовать дистанционные измерения теплофизических свойств поверхности земли на глубину прогрева ее деятельного слоя. Дистанци-

онные исследования, проводимые методами ТТТ с применением БпЛА, открывают новые возможности по анализу объектов на поверхности земли и почв.

Применение БпЛА в ТТТ также привело к необходимости модернизации существующих алгоритмов сбора и обработки информации в комплексах средств автоматизации обработки данных воздушной съемки, в которых при анализе информации, полученной в ИК-диапазоне длин волн, осуществляют поиск объектов путем выявления тепловых контрастов. Такие системы ограничены временными параметрами съемки, влиянием погодных условий и другими внешними факторами. Следовательно, для повышения эффективности поиска объектов АЛ возникает необходимость выделения детерминированных параметров объектов, к которым относятся их теплофизические свойства, и прежде всего – теплопроводность, теплоемкость (тепловая активность). Применение ТТТ с реализацией алгоритмов распознавания объектов по новому дешифровочному признаку с использованием нейронных сетей глубокого обучения решает данную задачу за минимальное время.

Суточный температурный контраст характеризует амплитуду изменения теплового излучения объектов и фонов, которое обусловлено поступлением солнечного тепла, его поглощением, теплопередачей и излучением. Это позволяет выявлять неоднородности, связанные с особенностями теплофизических свойств исследуемых объектов и фонов с учетом теплового баланса земли и атмосферы.

В результате решения оптимизационной параметрической задачи в пределах раstra ИК-изображения получают распределения оценочных значений теплопроводности и температуропроводности исследуемого изотропного материала в пределах глубины прогрева – тепловую томограмму [1 – 3]. Получение динамических ИК-изображений земной поверхности приводит к информационной избыточности, что обеспечивает необходимое преимущество над вновь создаваемыми методами обработки инфракрасных изображений [4, 5], и является основой для обработки новых элементов технологии тепловой томографии [6, 7].

Возможности применения БпЛА для мониторинга АЛ с применением искусственного интеллекта в разы увеличивает производительность, сокращает время обработки полученной информации ОЭС с БпЛА. Основной трудностью в классификации изображений является отсутствие унифицированных идентификационных знаков, не существует необходимого классификатора. Глубокое обучение сверточной нейронной сети очень эффективно при обучении высокоуровневым признакам, однако для оптимизации значений весов и коэффициентов

требуется значительный объем набора обучающих изображений, при наличии которых возможно создать оптимальную модель обучения необходимым характеристикам для решения конкретной задачи.

Обученный искусственный интеллект обладает возможностями контроля и временного реагирования, превосходящими человеческие, что доказывает, что внедрение алгоритмов нейронных сетей может в полной мере способствовать развитию возможностей применения БПЛА для мониторинга АЛ в различных условиях обстановки, а также внедрять в системные процессоры БПЛА систему искусственного интеллекта.

Оценка теплофизических свойств (ТФС) материалов и сред АЛ с применением искусственных нейронных сетей заключается в получении приближенных численных значений теплофизических параметров (теплопроводность, теплоемкость, плотность и др.) материалов и сред АЛ путем использования баз данных, обучающих инфракрасных термограмм объекта воздушной съемки БПЛА, содержащих информацию о пространственном распределении температурных полей материалов с априорно известными ТФС. Обобщенная схема обучения нейронной сети представлена на рис. 1.

Задача сети заключается в автоматизированном обнаружении и кластеризации АЛ. Обучение нейронной сети для выделения классов, областей необходимо проводить путем ручного выбора температурных аномалий, вызванных неравномерными теплофизическими параметрами.

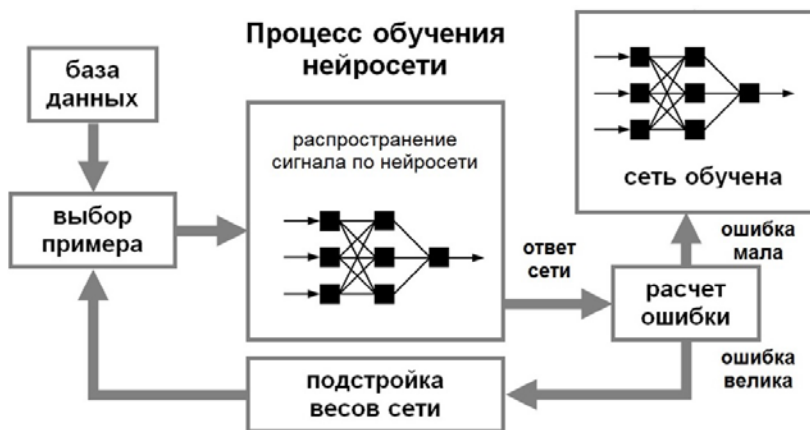


Рис. 1. Процесс обработки и обучения нейронной сети на данных воздушной съемки

Таким образом, в ходе решения задач дистанционного мониторинга АЛ в оптическом диапазоне длин волн существенное развитие ГТТ возможно на основе применения нейронных сетей, используемых для получения карт распределения теплофизических параметров почв и объектов на земной поверхности, что обеспечит новое качественное развитие агропромышленного комплекса.

*Номер проекта РФФИ, при поддержке которого выполнялась работа: № 18-08-00053 А: Технология тепловой томографии земной поверхности робототехническими комплексами воздушного и наземного базирования.*

### **Список использованных источников**

1. Ishchuk I. N. and A. V. Parfir'ev. 2014. The Reconstruction of a Cuboid of Infrared Images to Detect Hidden Objects. Part 1. A Solution Based on the Coefficient Inverse Problem of Heat Conduction. Measurement Techniques. – January 2014. – V. 56, Is. 10. – P. 1162 – 1166.

2. Ishchuk I. N. and A. V. Parfir'ev. 2014. The Reconstruction of a Cuboid of Infrared Images to Detect Hidden Objects. Part 2. A Method and Apparatus for Remote Measurements of the Thermal Parameters of Isotropic Materials. Measurement Techniques. – April 2014. – V. 57, Is. 1. – P. 74 – 78.

3. Ishchuk I. N., Filimonov A. M., Tyapkin V. N., Semenov M. E., Kabulova E. A. Cuboids of Infrared Images Reduction Obtained from Unmanned Aerial Vehicles // Modern applied science. – 2015. – No. 3(9). – P. 233 – 240.

4. Nishar Abdul, Richards Steve, Breen Dan, Robertson John, Breen Barbara. Thermal infrared imaging of geothermal environments and by an unmanned aerial vehicle (UAV): A case study of the Wairakei-Tauhara geothermal field // Taupo. New Zealand. – 2016. – No. 86. – P. 1256 – 1264.

5. Jiayi Ma, Chen Chen, Chang L, Jun Huang. Infrared and visible image fusion via gradient transfer and total variation minimization // Information Fusion. – 2016. – No. 31. – P. 100 – 109.

6. Корреляционная обработка кубоида инфракрасных изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов. Часть 1. Моделирование и обработка инфракрасных сигнатур техногенных объектов в процессе суточного изменения температур / И. Н. Ишук, Ю. Ю. Громов, К. В. Постнов и др. // Техника и технологии. – 2016. – № 9(3). – С. 310 – 318.

7. Корреляционная обработка кубоида инфракрасных изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов. Часть 2.

Метод обработки инфракрасных сигнатур эталонных объектов на основе численного решения нелинейной задачи теплообмена / И. Н. Ищук, А. М. Филимонов, К. В. Постнов и др. // Техника и технологии. – 2016. – № 9(3). – С. 376 – 384.

### *References*

1. Ishchuk I. N. and A. V. Parfir'ev. 2014. The Reconstruction of a Cuboid of Infrared Images to Detect Hidden Objects. Part 1. A Solution Based on the Coefficient Inverse Problem of Heat Conduction. Measurement Techniques. – January 2014. – V. 56, Is. 10. – P. 1162 – 1166.

2. Ishchuk I. N. and A. V. Parfir'ev. 2014. The Reconstruction of a Cuboid of Infrared Images to Detect Hidden Objects. Part 2. A Method and Apparatus for Remote Measurements of the Thermal Parameters of Isotropic Materials. Measurement Techniques. – April 2014. – V. 57, Is. 1. – P. 74 – 78.

3. Ishchuk I. N., Filimonov A. M., Tyapkin V. N., Semenov M. E., Kabulova E. A. Cuboids of Infrared Images Reduction Obtained from Unmanned Aerial Vehicles // Modern applied science. – 2015. – No. 3(9). – P. 233 – 240.

4. Nishar Abdul, Richards Steve, Breen Dan, Robertson John, Breen Barbara. Thermal infrared imaging of geothermal environments and by an unmanned aerial vehicle (UAV): A case study of the Wairakei-Tauhara geothermal field // Taupo. New Zealand. – 2016. – No. 86. – P. 1256 – 1264.

5. Jiayi Ma, Chen Chen, Chang L, Jun Huang. Infrared and visible image fusion via gradient transfer and total variation minimization // Information Fusion. – 2016. – No. 31. – P. 100 – 109.

6. Ishchuk I. N., Gromov Yu. Yu., Postnov K. V., Stepanov E. A., Tyapkin V. N. Correlation processing of cuboid infrared images obtained from unmanned aerial vehicles. Part 1. Modeling and processing of infrared signatures of technogenic objects in the process of daily temperature changes. – 2016. – No. 9(3). – P. 310 – 318.

7. Ishchuk I. N., Filimonov A. M., Postnov K. V., Stepanov E. A., Dmitriev D. D. Correlation processing of cuboid infrared images obtained from unmanned aerial vehicles. Part 2. Method of processing infrared signatures of reference objects on the basis of numerical solution of nonlinear heat transfer problem // Technika i tekhnologii. – 2016. – No. 9(3). – P. 376 – 384.



**А. Н. Мазалов**

(ФГБОУ ВО «Гамбовский государственный технический университет»,  
кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
Тамбов, Россия, e-mail: alexmazalov2293@yandex.ru)

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ РЕСУРСОВ ПО УЗЛАМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ**

*Аннотация.* Описано применение операций кластеризации для редукции сложности задачи рационального размещения ресурсов по узлам распределенной информационной системы мониторинга и управления в сельскохозяйственных компаниях и агропромышленном комплексе.

*Ключевые слова:* система мониторинга и управления, распределенные информационные системы, кластеризация, редукция, размещение ресурсов.

**A. N. Mazalov**

(Tambov State Technical University, Department of Information  
System and Information Security, Tambov, Russia)

## **APPLICATION OF THE METHOD OF RATIONAL ALLOCATION OF RESOURCES TO THE NODES OF A DISTRIBUTED INFORMATION MONITORING AND CONTROL SYSTEM**

*Abstract.* The article describes the application of clustering operations to reduce the complexity of the problem of rational allocation of resources on the nodes of a distributed information monitoring and management system in agricultural companies and the agro-industrial complex.

*Keywords:* monitoring and control system, distributed information systems, clustering, reduction, resource allocation.

Системы мониторинга и управления в малых сельскохозяйственных компаниях и агропромышленном комплексе часто представляют собой распределенные информационные системы (РИС). Используемые системы должны работать круглосуточно, быть отказоустойчивыми и оперативно обрабатывать информацию для минимизации финансовых потерь компании.

Постоянное использование РИС и их глубокая интеграция в процессы производства приводит к росту объема передаваемых и хранимых в них данных, что снижает их эффективность. Для повышения эффективности функционирования РИС разработчики вынуждены

искать компромисс между минимизацией объема передаваемых данных и размещением информационных сущностей по узлам.

Задача размещения информационных ресурсов по узлам РИС актуальна в связи с невозможностью найти оптимальное решение из-за наличия «проклятия размерности» этой задачи, т.е. NP-полной задачи.

В работе [1] приведена аналитическая модель процессов взаимодействия информационными ресурсами на основе агломеративных и дивизимных операций кластерного анализа. Исходя из рассмотренной модели задача размещения сущностей по узлам формулируется таким образом: определить такое размещение сущностей по узлам РИС, которое минимизирует целевую функцию (полное время обработки запросов при решении всей совокупности задач на заданном временном интервале) при заданных ограничениях:

$$\Phi \rightarrow \min_{\Phi} Z(\Phi). \quad (1)$$

Эта задача относится к классу задач целочисленного программирования, особенностью которой является оптимизации структуры РБД при неявной зависимости целевой функции от переменной размещения и наличии ограничений [1].

Решение начинается с генерации всех вариантов размещения сущностей по узлам. В работе [2] доказано, что количество размещений возможных вариантов по узлам носит факториальный характер, и установлено, что количество вариантов размещений изменяется нелинейно при изменении количества узлов и сущностей и это изменение различно по направлениям изменения узлов и сущностей [2].

В работе [3] доказано, что применение редукции позволит снизить размерность решаемой NP-полной задачи.

Редукцию возможно проводить по следующим направлениям: на множестве сущностей; на множестве узлов; на обоих множествах одновременно.

Осуществить редукцию можно следующими методами: методом структурной фиксации сущностей, обуславливающим жесткую привязку фрагментов РБД к узлам, благодаря чему некоторое подмножество сущностей можно рассматривать как неперемещаемое; методом кластерного анализа, позволяющим из некоторого множества объектов, подлежащих кластеризации, получить набор подмножеств множества объектов, называемых кластерами, которые характеризуются относительной внутренней связностью и (или) внешней изолированностью.

Использование методов кластеризации позволяет выполнить редукцию пространства исходных данных решаемой задачи и полу-

чить решение за ограниченное время. Если редукция проводилась на множестве сущностей, то размещение кластера сущностей означает, что все сущности, принадлежащие этому кластеру, будут размещены в данном узле РИС.

Когда используемые критерии размещения данных приводят к деградации баланса загрузки, необходимо провести реорганизацию базы данных (БД). Статическая реорганизация проводится периодически и служит для изменения размещения данных либо в связи с увеличением размера БД, либо из-за изменения структуры спроса на доступ к данным. В отличие от статической, динамическая реорганизация БД не требует остановки работы системы и обеспечивает плавный переход к новому размещению данных. Существенно, чтобы реорганизация была прозрачна для скомпилированных программ, работающих в РИС.

### *Список использованных источников*

1. Аналитическая модель оптимизации ресурсов сетевой информационной системы / А. Н. Мазалов, В. В. Алексеев, А. В. Яковлев, Е. С. Косинов // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – 2020. – Т. 1. – 314 с.

2. Мазалов, А. Н. Анализ размещения фрагментов РБД по узлам распределенной информационной системы : в 4 т. / А. Н. Мазалов, А. В. Яковлев // Инженерные технологии для устойчивого развития и интеграции науки, производства и образования : матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ». – 2019. – С. 119 – 121.

3. Абдулхаков, А. Р. Методы редукции нечетких правил в базах знаний интеллектуальных систем / А. Р. Абдулхаков, А. С. Катасев, А. П. Кирпичников // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 23. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-reduktsii-nechetkih-pravil-v-bazah-znaniy-intellektualnyh-sistem> (дата обращения: 10.07.2020).

### *References*

1. Analiticheskaya model' optimizatsii resursov setevoy informatsionnoy sistemy / A. N. Mazalov, V. V. Alekseev, A. V. Yakovlev, Ye. S. Kosinov // Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma NADEZHNOST' i KACHESTVO. – 2020. – Т. 1. – 314 s.

2. Mazalov, A. N. Analiz razmeshcheniya fragmentov RBD po uzlam raspredelennoy informatsionnoy sistemy / A. N. Mazalov, A. V. Yakovlev // Inzhenernyye tekhnologii dlya ustoychivogo razvitiya i integratsii nauki, proizvodstva i obrazovaniya, v 4 t. : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. conf. – Tambov: Izdatel'skiy tsentr FGBOU VO «TGTU». – 2019. – S. 119 – 121.

3. Abdulkhakov, A. R. Metody reduktsii nechetkikh pravil v bazakh znaniy intellektual'nykh sistem / A. R. Abdulkhakov, A. S. Katasov, A. P. Kirpichnikov // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. – № 23. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-reduktsii-nechetkikh-pravil-v-bazah-znaniy-intellektualnyh-sistem> (data obrashcheniya: 10.07.2020).

УДК 629.7.05

**П. А. Мелешенко, Ю. В. Кулаков, И. В. Дидрих, Н. А. Карева**  
(АО «Концерн «Созвездие», Воронеж, Россия;  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический  
университет», Тамбов, Россия, e-mail: davydova\_n1992@mail.ru)

### **ПОСТАНОВКА И МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА В РАМКАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Аннотация.* Рассмотрен способ решения задачи расчета оптимального маршрута для беспилотных летательных аппаратов в целях проведения мониторинга сельскохозяйственного предприятия с применением глубокого обучения нейронных сетей с подкреплением. Дана краткая характеристика и математическая модель данного способа.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, глубокое обучение, задача оптимизации, обучение нейронных сетей с подкреплением.

**P. A. Meleshenko, Y. V. Kulakov, I. V. Didrich, N. A. Kareva**  
(JSC “Concern “Sozvezdie”, Voronezh, Russia;  
Tambov State Technical University, Tambov, Russia,  
e-mail: davydova\_n1992@mail.ru)

### **STATEMENT AND METHOD FOR SOLVING THE UAV CONTROL PROBLEM WITHIN THE FRAMEWORK OF THE FUNCTIONING OF THE AGRICULTURAL ENTERPRISE MONITORING INFORMATION SYSTEM**

*Abstract.* A method for solving the problem of calculating the optimal route for unmanned aerial vehicles for the purpose of monitoring an agricultural enterprise using deep learning of neural networks with reinforcement is considered. A brief description and mathematical model of this method is given.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, deep learning, optimization problem, reinforcement learning.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в последнее время привлекают внимание исследователей из-за широкого разнообразия их применения. Однако современные технологии навигации БПЛА в сельском хозяйстве нуждаются в доработке для их эффективного выполнения задач в различных направлениях данной отрасли. Одна из задач применения БПЛА в сельском хозяйстве – воздушный мониторинг. Способность прогнозировать и обходить препятствия становится одним из ключевых вопросов обеспечения безопасности полетов БПЛА.

Существует множество методов расчета оптимального маршрута полета для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для навигации их в трехмерном пространстве, заполненном препятствиями, которые формулируют расчет маршрута полета как задачу оптимизации. Общий процесс для алгоритмов расчета оптимальной траектории и маршрута полета начинается с разбиения полетной зоны на вычислительные области с использованием таких методов, как тесселяция области, матричная декомпозиция или их комбинирование. Эти структуры данных помогают в создании возможных траекторий БПЛА. После генерации траектории из-за разрешения вычислительной области генерируемые траектории требуют процесса сглаживания траектории, которую может пройти БПЛА.

Задача расчета оптимальной траектории (маршрута) относится к классу недетерминированных сложных задач полиномиального времени, которые обычно решаются для реальных условий путем принятия некоторых допущений для снижения сложности до уровня задач полиномиального времени [1, 2]. Предполагается, что область ведения воздушного мониторинга транслируется в ряд регулярных сеток, и цель алгоритма расчета оптимального маршрута состоит в том, чтобы найти свободный от естественных и искусственных препятствий кратчайший путь от начальной до конечной точки [3, 4].

Модель глубокого обучения с подкреплением состоит из пяти элементов:

1.  $S$  как множество состояний.
2.  $A$  как совокупность действий.
3. Условия или механизм перехода между состояниями.
4. Определение скалярного вознаграждения перехода.
5. Метод наблюдения за агентами.

Методику глубокого обучения нейронных сетей с подкреплением (с представлением таблицы поиска) можно рассматривать как метод решения уравнения Беллмана с использованием стохастической

аппроксимации. Максимизация суммы функции подкрепления соответствует рациональному распределению как цели БПЛА.

Пусть  $S$  – множество всех возможных состояний, а  $A$  – множество всех действий. Действие  $a$  БПЛА дает реальную отдачу  $r_t$ . Цель обучения с подкреплением – получение стратегии  $\pi: S \rightarrow A$ , которая максимизирует эту отдачу. Чтобы узнать значения  $Q$  (которые сопоставляют состояние с действием), обучение проводится на основе немедленного возврата и долгосрочного возврата действия, как представлено в уравнении (1):

$$Q(s, a) = r(s, a) + \gamma \max_a Q(\delta(s, a), a), \quad (1)$$

В этом методе, используя вероятностные модели процессов, такие как Марковский процесс принятия решений, БПЛА многократно наблюдает текущее состояние  $s$ , выбирает и выполняет определенное действие  $a$ , наблюдает возвращенный результат  $r = r(s, a)$  и новое состояние  $s = \delta(s, a)$ . Любое действие  $a$  можно найти с помощью уравнения:

$$a = \operatorname{argmax}_a r(s, a) + Q(\delta(s, a), a). \quad (2)$$

Таким образом, в работе представлен способ решения задачи расчета оптимального маршрута полета БПЛА с применением технологии глубокого обучения нейронных сетей с подкреплением для автономного принятия решений и управления беспилотными летательными аппаратами в целях обеспечения безопасной эксплуатации БПЛА в задачах воздушного мониторинга.

*Работа выполнена по гранту РФФИ № 18-08-00053 А.*

#### **Список использованных источников**

1. Chen C., Li H.-X. and Dong D. Hybrid control for robot navigation a hierarchical Q-learning algorithm, *Robot. Autom. Mag.* – 2008. – No. 15(2). – P. 37 – 47.
2. Goerzen C., Kong Z. and Mettler B. A survey of motion planning algorithms from the perspective of autonomous UAV guidance, *Journal of Intelligent and Robotic Systems.* – 2010. – No. 57(1 – 4). – P. 65 – 100.
3. Tsitsiklis, J. N. Asynchronous stochastic approximation and Q-learning, *Machine Learning.* – 1994. – No. 16(3). – P. 185 – 202.
4. Zhang Q., Li M., Wang X. and Zhang Y. Reinforcement learning in robot path optimization, *J. Softw.* – 2012. – No. 7(3). – P. 657 – 662.

### References

1. Chen C., Li H.-X. and Dong D. Hybrid control for robot navigation a hierarchical Q-learning algorithm, *Robot. Autom. Mag.* – 2008. – No. 15(2). – P. 37 – 47.
2. Goerzen C., Kong Z. and Mettler B. A survey of motion planning algorithms from the perspective of autonomous UAV guidance, *Journal of Intelligent and Robotic Systems.* – 2010. – No. 57(1 – 4). – P. 65 – 100.
3. Tsitsiklis, J. N. Asynchronous stochastic approximation and Q-learning, *Machine Learning.* – 1994. – No. 16(3). – P. 185 – 202.
4. Zhang Q., Li M., Wang X. and Zhang Y. Reinforcement learning in robot path optimization, *J. Softw.* – 2012. – No. 7(3). – P. 657 – 662.

УДК 004.9

**М. Ю. Михеев, О. В. Прокофьев, И. Ю. Сёмочкина**  
(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», кафедра «Информационные технологии и системы», Пенза, Россия, e-mail: mix1959@gmail.com, prokof\_ow@mail.ru, ius@penzgtu.ru)

### АГРАРНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*Аннотация.* Высокий спрос на продовольствие растущего населения всего мира и потребность в развитии экспортных отраслей страны стимулируют повышение производительности сельского хозяйства. Авторы провели обзор систем поддержки принятия решений, применяемых для планирования в сельском хозяйстве, управления водными ресурсами, адаптации к изменению климата и для контроля пищевых отходов. Оценка проводится с учетом аспектов совместимости, масштабируемости, доступности, удобства использования. На основе результатов оценки выявлены и обобщены проблемы внедрения и адаптации аграрных систем поддержки принятия решений, исследованы тенденции развития и показаны потенциальные возможности их совершенствования для будущих разработок.

*Ключевые слова:* система поддержки принятия решений, ADSS, SIDSS, FDSS.

**M. Yu. Mikhayev, O. V. Prokofiev, I. Yu. Semochkina**  
(Penza State Technological University,  
Department of Information Technologies and Systems, Penza, Russia)

### AGRICULTURAL DECISION SUPPORT SYSTEMS

*Abstract.* The strong food demand of the growing world population and the need to develop the country's export industries are driving increased agricultural productivity. This article provides an overview of decision support systems used

for agricultural planning, water management, climate change adaptation and food waste management. The assessment is carried out taking into account aspects of compatibility, scalability, availability, usability. Based on the results of the assessment, the problems of implementation and adaptation are identified and summarized, development trends are identified and potential opportunities for improvement are shown for future research.

*Keywords:* decision support system, ADSS, SIDSS, FDSS.

Система поддержки принятия решений в сельском хозяйстве (Agricultural Decision Support Systems, ADSS) является системой «человек–компьютер», которая использует данные из различных источников в целях предоставления фермерам списка рекомендаций для поддержки их принятия решений. Одной из характеристик ADSS является то, что она не дает прямых инструкций фермерам и они могут сами принимать окончательные решения.

В настоящее время эволюция сельского хозяйства происходит благодаря использованию современных технологий, таких как «Интернет вещей», «Большие данные», «Искусственный интеллект», «Облачные вычисления», «Дистанционное зондирование» и т.д., что повысит эффективность сельского хозяйства. Цель исследования авторов – выявление и систематизация предстоящих проблем использования ADSS, а также выработка рекомендаций для их преодоления. Рассмотрим основные виды ADSS, отвечающие различному функциональному назначению [1 – 6].

**ADSS для планирования задач.** Текущие исследования ADSS для планирования задач в основном сосредоточены на двух аспектах: распределение задач и планирование пути. С одной стороны, сельскохозяйственные задачи должны быть распределены между наиболее подходящими для выполнения механизмами, а с другой стороны, правильное планирование пути может быстро и точно направить технику к ближайшим пунктам назначения.

**ADSS для управления водными ресурсами** в целом касаются ирригационных систем. Ирригационная система должна предоставлять фермерам эффективную поддержку для принятия решений по контролю за количеством воды, применяемой для посева и поддержания экосистем. Умная система поддержки принятия решений по ирригации (SIDSS) имеет целью создание ирригационных планов более эффективным и точным способом с теми же ресурсами. Процесс вывода решения основывается на двух методах машинного обучения: регрес-



сии частичных наименьших квадратов (PLSR) и адаптивных нечетких нейронных систем вывода (ANFIS). Система поддержки нечетких решений (FDSS) разрабатывается для оказания помощи фермерам в планировании ежедневных ирригационных мероприятий путем объединения прогностической модели влажности почвы и системы логического вывода.

**ADSS для адаптации к изменению климата.** Чтобы сохранить устойчивость сельского хозяйства в условиях изменения климата, предполагается адаптировать управление фермой к изменению климата с помощью операций:

- предоставление как исторических, так и прогнозных климатических данных для конечных пользователей с наглядной визуализацией;
- предоставление многосценарного и многомодельного моделирования для анализа неопределенности;
- предоставление потенциальных стратегий для адаптации к изменению климата;
- предоставление конечным пользователям оценки изменения климата по сельскохозяйственной деятельности.

**ADSS для контроля пищевых отходов.** Из-за увеличения расстояния между партнерами ADSS могут использоваться для определения поставщиков, каналов распределения, видов транспорта, запасов на каждом складе. Чтобы обеспечить поддержку этих решений и достичь как экономических, так и экологических целей, цепочка поставок математически сформулирована как многокритериальная модель линейного программирования (модель MOLP). Необходимыми входными данными для функции экономической цели являются складские расходы на хранение и транспортные расходы при отправке на экспорт и ввозе. Определены ограничения, такие как общий объем выбросов CO<sub>2</sub> при транспортировке, запасы на всех складах, возможность удовлетворения потребностей рынка, минимальные пути перемещения и т.д.

**Выводы.** Предстоящие проблемы показывают возможность потенциального улучшения ADSS и тенденции их развития, перечисленные ниже.

1. Упрощение графических интерфейсов для повышения доступности ADSS.
2. Предоставление фермерам адекватных рекомендаций в течение всего жизненного цикла. В зависимости от продолжительности сельскохозяйственной деятельности определяется краткосрочное, среднесрочное и долгосрочное планирование. Краткосрочное планирование охватывает тактические повседневные действия по принятию

решений, такие как назначение сельскохозяйственных задач на наиболее подходящие механизмы, создание оптимальных маршрутов перемещения для каждого механизма, планирование ежедневных и еженедельных поливных мероприятий и т.д.

3. Адаптация к неопределенности и динамическим факторам: неопределенность и динамические факторы существуют в сельском хозяйстве. Во-первых, метеорологические условия оказывают большое влияние на рост урожая. Во-вторых, динамически меняются и условия сельскохозяйственных угодий, особенно влажность почвы и кормовая база. В-третьих, фермеры должны справляться с экономической неопределенностью рынков.

4. Рассмотрение компонентов перепланирования. Перепланирование является сложной темой для ADSS. Время от времени могут возникать непредвиденные сбои и проблемы, такие как механические сбои сельскохозяйственной техники и внезапные изменения погоды. Поэтому ADSS должны скорректировать текущие стратегии или создать новое решение.

5. Принятие знаний от опытных экспертов. Должен быть разработан интерактивный интерфейс, позволяющий экспертам выражать свои знания и мнения. Проверяя сгенерированные стратегии перед выполнением, ADSS могут снизить вероятность ошибок.

6. Включение прогноза. Во-первых, рост урожая зависит от множества факторов, таких как погода, почва, ирригация и удобрение. Во-вторых, прогнозы изменения климата позволяют фермерам корректировать управление урожаем и избегать ненужных климатических рисков. В-третьих, выявляя потенциальные симптомы и ранние признаки, ADSS могут предупреждать фермеров о возможных случаях появления вредителей и болезней, помогая им принимать определенные меры предосторожности. В-четвертых, анализируя рыночные колебания, ADSS могут прогнозировать потребности потребителей и динамику цен на сельскохозяйственную продукцию.

7. Выполнение анализа исторической информации. Похожие шаблоны между историческими и текущими наборами данных могут быть распознаны и сопоставлены. Успешный опыт прошлых случаев может быть использован в качестве ориентира при выполнении текущих сельскохозяйственных работ. Между тем ADSS могут отказаться от бесполезных стратегий, судя по сбоям в предыдущих случаях.

Благодаря способности обрабатывать большой объем сельскохозяйственных данных и учету фактора неопределенности [7 – 11], ADSS помогают фермерам в выполнении различных сельскохозяйственных работ и имеют значительный потенциал роста.

### *Список использованных источников*

1. Ferrandez-Pastor F. J., Garcia-Chamizo J. M., Nieto-Hidalgo M., Mora-Pascual J., Mora-Martinez J., 2016. Developing ubiquitous sensor network platform using Internet of Things: Application in precision agriculture. *Sensors* 16(7). <https://doi.org/10.3390/s16071141>
2. Wolfert S., Ge, L., Verdouw C., Bogaardt M. J., 2017. Big data in smart farming – a review. *Agric. Syst.* 153, 69 – 80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
3. Liakos K. G., Busato P., Moshou D., Pearson S., Bochtis D., 2018. Machine learning in agriculture: a review. *Sensors* 18(8). <https://doi.org/10.3390/s18082674>
4. Tyrychtr J., Vostrovsky V., 2017. The current state of the issue of information needs and dispositions among small Czech farms. *Agr. Econ-Czech.* 63(4), 164 – 174. <https://doi.org/10.17221/321/2015-AGRIC ECON>
5. Hayman, P., 2004. Decision support systems in Australian dryland farming: A promising past, a disappointing present and uncertain future. *Science Congress.* [http://www.agronomyaustraliaproceedings.org/images/sampledata/2004/symposia/4/1/1778\\_haymanp.pdf](http://www.agronomyaustraliaproceedings.org/images/sampledata/2004/symposia/4/1/1778_haymanp.pdf)
6. Nguyen N. C., Wegener M. K., Russell I. W., 2007. Decision support systems in Australian agriculture: State of the art and future development. *AFBM J.* 4(1–2), 1 – 7. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.122229>
7. Методы анализа данных и их реализация в системах поддержки принятия решений. Аспекты инжиниринга информационно-измерительных систем : учебное пособие / А. И. Белозерцев, М. Ю. Михеев, О. В. Прокофьев, И. Ю. Семочкина. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2018. – 148 с.
8. Прокофьев, О. В. Методы и средства поддержки принятия решений в социально-экономических задачах / О. В. Прокофьев, И. Ю. Семочкина. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2010. – 100 с.
9. Долгова, И. А. Компьютерная поддержка принятия решений для управления социально-экономическими системами / И. А. Долгова, О. В. Прокофьев. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2012. – 116 с.
10. Михеев, М. Ю. Методы анализа данных и их реализация в системах поддержки принятия решений : учебное пособие / М. Ю. Михеев, О. В. Прокофьев, И. Ю. Семочкина. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2014. – 118 с.
11. Прокофьев, О. В. Концепция и способы построения систем поддержки принятия решений на основе интеллектуального анализа данных // Системы интеллектуального анализа данных: методология, реализация, приложения / О. В. Прокофьев. – Пенза : АННОО ПДЗ (Пенза), 2013. – Гл. 1.2. – С. 22 – 40.

### *References*

1. Ferrandez-Pastor F. J., Garcia-Chamizo J. M., Nieto-Hidalgo M., Mora-Pascual J., Mora-Martinez J., 2016. Developing ubiquitous sensor network platform using Internet of Things: Application in precision agriculture. *Sensors* 16(7). <https://doi.org/10.3390/s16071141>
2. Wolfert S., Ge, L., Verdouw C., Bogaardt M. J., 2017. Big data in smart farming – a review. *Agric. Syst.* 153, 69 – 80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
3. Liakos K. G., Busato P., Moshou D., Pearson S., Bochtis D., 2018. Machine learning in agriculture: a review. *Sensors* 18(8). <https://doi.org/10.3390/s18082674>
4. Tyrychtr J., Vostrovsky V., 2017. The current state of the issue of information needs and dispositions among small Czech farms. *Agr. Econ-Czech.* 63(4), 164 – 174. <https://doi.org/10.17221/321/2015-AGRICECON>
5. Hayman, P., 2004. Decision support systems in Australian dryland farming: A promising past, a disappointing present and uncertain future. *Science Congress.* [http://www.agronomyaustraliaproceedings.org/images/sampledata/2004/symposia/4/1/1778\\_haymanp.pdf](http://www.agronomyaustraliaproceedings.org/images/sampledata/2004/symposia/4/1/1778_haymanp.pdf)
6. Nguyen N. C., Wegener M. K., Russell I. W., 2007. Decision support systems in Australian agriculture: State of the art and future development. *AFBM J.* 4(1–2), 1 – 7. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.122229>
7. Methods of data analysis and their implementation in decision support systems. *Aspects of engineering information-measuring systems: textbook* / A. I. Belozertsev, M. Yu. Mikheev, O. V. Prokofiev, I. Yu. Semochkina. – Penza : Publishing house of Penz. state University, 2018. – 148 p.
8. Methods and means of decision-making support in socio-economic problems / O. V. Prokofiev, I. Yu. Semochkina. – Penza : Publishing house of Penz. state University, 2010. – 100 p.
9. Computer support for decision-making for managing socio-economic systems / I. A. Dolgova, O. V. Prokofiev. – Penza : Publishing house of Penz. state University, 2012. – 116 p.
10. Methods of data analysis and their implementation in decision support systems: a tutorial / M. Yu. Mikheev, O. V. Prokofiev, I. Yu. Semochkina. – Penza : Publishing house of Penz. state University, 2014. – 118 p.
11. The concept and methods of building decision support systems based on data mining // *Data mining systems: methodology, implementation, applications* / O. Prokofiev. – Penza : ANNOO PDZ (Penza), 2013. – Ch. 1.2. – P. 22 – 40.

**М. Х. АльРуешд**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные процессы и управление», Тамбов, Россия, e-mail: ipu@mail.ahp.tstu.ru)

## **ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ В НИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Аннотация.* Рассмотрены основные понятия управления материально-техническими ресурсами, особенности автоматизированного расчета потребности в материалах, формирования плана снабжения, выбора поставщика, определения лимитов на отпуск материалов в производство. На основе исследования разработаны модули интегрированной цифровой системы управления материально-техническими ресурсами в НИИ сельского хозяйства.

*Ключевые слова:* управление, интегрированная цифровая система, задачи управления, модуль системы управления, НИИ сельского хозяйства.

**М. Н. AlRoshd**  
(Tambov State Technical University, Department of Information Processes and Control, Tambov, Russia)

## **INTEGRATED DIGITAL SYSTEM FOR MANAGING MATERIAL AND TECHNICAL RESOURCES IN THE RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE**

*Abstract.* The paper deals with the basic concepts of material and technical resources management, features of automated calculation of the need for materials, forming a supply plan, selecting a supplier, determining the limits on the release of materials to production. Based on the research, modules of the integrated digital system for managing material and technical resources in the research Institute of agriculture were developed.

*Keywords:* management, integrated digital system, management tasks, management system module, research Institute of agriculture.

Актуальность работы заключается в том, что серьезные качественные изменения, происшедшие за последние годы в области управления НИИ [1], почти не затронули сферы управления материально-техническими ресурсами. К ней сохранился инерционный подход. В этих условиях службы НИИ вынужден приспосабливаться к поставленным маркетологами задачам, исполняя текущие заказы при жестком лимитировании выделенных финансовых средств и времени на выполнение.

Целью исследования является выявление «узких» мест в организации в области управления материально-техническими ресурсами (МТР) НИИ сельскохозяйственного профиля и выработка предложений по их ликвидации с помощью внедрения цифровых технологий.

В снабженческой деятельности НИИ сельского хозяйства можно выделить два основных вида функций: внешние и внутренние.

Внешние функции снабжения определяют взаимоотношения предприятия с другими предприятиями-поставщиками, оптовыми и розничными торговыми фирмами, транспортными организациями:

- поиск возможных поставщиков материальных ресурсов, анализ и выбор наиболее подходящих из них; заключение договоров с поставщиками;

- установление рациональных хозяйственных связей по поставкам продукции, заключение договоров с потребителями;

- выбор средств доставки материальных ресурсов от поставщиков к потребителям, заключение договоров с транспортными фирмами.

Внутренние функции снабжения характеризуют взаимодействие службы снабжения с административными научными и производственными подразделениями:

- планирование материально-технического снабжения;

- организация и планирование снабжения средствами и предметами труда подразделений;

- лимитирование отпуска материалов со склада;

- подготовка материальных ресурсов к производственному потреблению, отпуск и доставка материальных ресурсов со склада на место их потребления;

- оперативное регулирование движения материальных ресурсов, контроль над их использованием на предприятии.

Задача интегрированной цифровой системы управления материально-техническими ресурсами в НИИ сельского хозяйства состоит в автоматизации следующих работ:

- расчет потребности в материалах;

- формирование плана снабжения в соответствии с потребностью;

- выбор поставщика;

- формирование договоров на поставку продукции;

- учет поступивших материалов;

- расчет лимитов на отпуск материалов со склада.

Работа модуля системы управления «Определения потребности в МТР и формирование плана снабжения» начинается с проверки наличия плана научных работ и производства. На основе плана и данных о нормах расхода формируется потребность в материалах для обеспечения производственной программы, которая отображается на экране. Анализируются данные об остатках на складе, при их наличии вычитаются из потребности, образуя чистую потребность в МТР для закупки с выводом плана снабжения в виде документа.

Работа модуля системы управления «Закупка МТР» начинается с запроса данных о поставщиках из базы данных системы. Далее проверяется наличие плана снабжения, при его отсутствии дальнейшая работа модуля невозможна. Для выбора из списка имеющихся поставщиков – оптимальных, вводятся – цена, удаленность от предприятия, условия поставки, наличие отношений и др. Выводится документ – список оптимальных поставщиков.

Далее формируется заказ на поставку. Если заказ не принят поставщиком, происходит изменение условий. Если принят, в системе происходит подтверждение отгрузки материалов поставщиком.

При фактическом приеме в систему вводятся данные о приеме МТР, формируются приходные документы.

Затем происходит проверка соответствия объема и качества полученной партии МТР заказанной. При ее несоответствии происходит формирование претензий. При полном соответствии МТР оприходуются на склад.

В начале работы модуля системы управления «Отпуск МТР» определяются остатки материалов в производстве. Данные об остатках хранятся в системе на основе отчетов подразделений. Далее проводится анализ лимита за прошедший период. Поступают данные о лимитах цехов. На экране отображается отчет о выдачах. Проверяется наличие введенного плана производства. На основе него рассчитываются лимиты. Затем формируется общий отчет об обеспеченности предприятия МТР.

Внедрение интегрированной цифровой системы управления материально-техническими ресурсами в НИИ сельского хозяйства позволит решать поставленные задачи на более качественном уровне за счет оперативности расчетов, сокращения времени на решение, предоставления полной информации за прошедший период, что является необходимым для анализа и принятия эффективных управленческих решений.

### ***Список использованных источников***

1. Дмитриевский, Б. С. Автоматизированные информационные системы управления инновационным наукоемким предприятием / Б. С. Дмитриевский. – М. : Машиностроение-1, 2006. – 156 с.

### ***References***

1. Dmitrievsky, B. S. Automated information systems of management of innovative high-tech enterprise / B. S. Dmitrievsky. – M. : Mechanical engineering-1, 2006. – 156 p.

УДК 662.977

**Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин, Р. А. Токарев**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», Тамбов, Россия, e-mail: crems@mail.tstu.ru, postmaster@nauka.tstu.ru)

## **ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭНЕРГОЕМКИХ ОБЪЕКТОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

*Аннотация.* Рассмотрены особенности создания прототипа интеллектуальной информационно-управляющей системы технологическими режимами сложных объектов агропромышленного комплекса. Предложена структура прототипа, рассмотрены принципы формирования оптимальных управляющих воздействий для динамического режима и режима стабилизации.

*Ключевые слова:* интеллектуальные системы, информационно-управляющие системы, сложные объекты, оптимальное управление, энергосбережение.

**D. Yu. Muromtsev, I. V. Tyurin, R. A. Tokarev**  
(Tambov State Technical University, Department of Radioelectronic and Microprocessor Systems Designing, Tambov, Russia)

## **FEATURES OF IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS FOR ENERGY-INTENSIVE OBJECTS OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

*Abstract.* The features of creating a prototype of an intelligent information management system by the technological modes of complex objects of the agro-industrial complex are considered. The structure of the prototype is proposed,



the principles of the formation of optimal control actions for the dynamic mode and stabilization mode are considered.

*Keywords:* intelligent systems, information management systems, complex objects, optimal control, energy saving.

Проектирование и внедрение интеллектуальных информационно-управляющих систем (ИУС) для различных энергоемких объектов агропромышленного комплекса (АПК), позволяющих оперативно выработать управляющие воздействия, оптимизирующие потребление энергетических ресурсов в динамических режимах без снижения качества конечного продукта и производительности технологических процессов, является важным направлением промышленной модернизации АПК. Современные ИУС должны обеспечивать возможность интеграции в существующие информационные системы предприятий АПК, реализовывать работу в сетевой среде, поддерживать многопользовательский режим, обладать интеллектуальными возможностями и относительно простой аппаратно-технической архитектурой.

Сложность разработки математического аппарата, слабая теоретическая подготовка операторов, работающих с системой управления, обуславливает необходимость применения методов искусственного интеллекта [1].

Рассмотрим разработанную с учетом вышеизложенных требований и особенностей структуру прототипа интеллектуальной ИУС, пригодной для энергосберегающего управления различными объектами АПК (см. рис. 1).

ИУС должна формировать управляющие воздействия для двух режимов работы объекта управления: динамического, когда осуществляется достижение необходимых значений параметров технологического процесса, и режима поддержания значений параметров процесса в заданном диапазоне.

В динамическом режиме в блоке идентификации состояния функционирования (рис. 1) определяется текущее состояние функционирования объекта управления и цель управления. В базе данных (БД) отыскивается подходящий алгоритм управления и в блоке синтеза формируются необходимые управляющие воздействия. Если такой алгоритм в БД отсутствует, то с использованием базы знаний (БЗ) определяется задача управления, подбирается стратегия управления, пригодная для решения данной задачи, идентифицируется модель объекта управления, рассчитываются ее параметры и передаются в блок анализа оптимального управления [2].

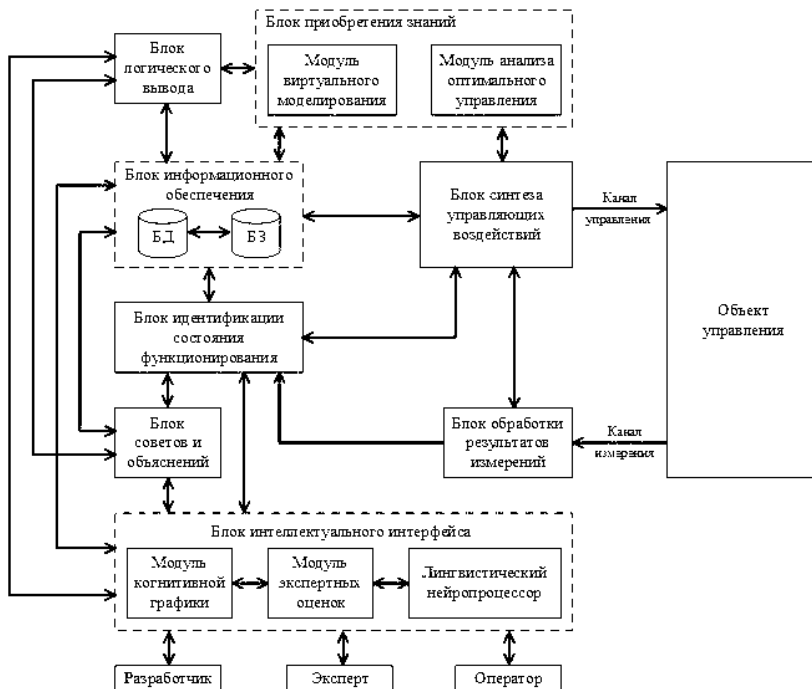


Рис. 1. Структурная схема прототипа интеллектуальной ИУС

Полученные результаты анализа передаются в блок синтеза, который и формирует управляющие воздействия для объекта управления. В целях безопасности вновь синтезированный алгоритм тестируется в модуле виртуального моделирования. Прошедшие тестирование алгоритмы сохраняются в БЗ для дальнейшего использования. Для обеспечения возможности внесения изменений в работу системы, а также для контроля прототип интеллектуальной ИУС имеет блок интеллектуального интерфейса.

После достижения необходимых значений фазовых координат процесса ИУС переходит в режим поддержания параметров технологического процесса в заданных границах. В этом случае по каналу измерения информация от объекта управления после обработки поступает в блок идентификации состояния функционирования, где определяется тип решаемой задачи. Затем просматриваются БД и БЗ на предмет наличия в них решения аналогичной задачи управления. Если такая задача ранее не решалась, то исходные данные задачи сохраняются в БД и передаются в блок логического вывода.

В блоке логического вывода на основании данных, хранящихся в БД и БЗ, выполняется фазификация и происходит логический вывод. Затем осуществляется дефазификация, в результате которой происходит определение обычного значения для каждой из выходных лингвистических переменных. Полученные значения управляющих воздействий решаемой задачи передаются в блок советов и объяснений, сохраняются в базе данных блока информационного обеспечения и передаются в блок синтеза управляющих воздействий, в котором генерируется программа управления.

Использование интеллектуальных ИУС в АПК обеспечит сокращение энергопотребления на 10...30% и позволит увеличить срок эксплуатации оборудования без снижения уровня качества продукции.

*Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта РФФИ № 18-08-00555-а «Разработка методологии построения помехоустойчивых информационно-управляющих систем многомерными объектами на множестве состояний функционирования».*

#### **Список использованных источников**

1. Распределенные интеллектуальные информационные системы и среды : монография / А. Н. Швецов, А. А. Суконщиков, Д. В. Кочкин и др. – Курск : ЗАО «Университетская книга», 2017. – 197 с.
2. Проектирование базы знаний интеллектуальной информационно-управляющей системы для многомерных технологических объектов / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, И. В. Тюрин, В. Н. Шамкин // Информационно-управляющие системы. – 2018. – No. 4(95). – P. 24 – 30.

#### **References**

1. Shvetsov A. N., Sukonshchikov A. A., Kochkin D. V. et al. Distributed Intelligent Information Systems and Environments : Monograph. – Kursk : University Book CJSC, 2017. – 197 p.
2. Muromtsev D. Yu., Gribkov A. N., Tyurin I. V., Shamkin V. N. Designing the knowledge base of an intelligent information management system for multidimensional technological objects. // Information management systems. – 2018. – No. 4(95). – P. 24 – 30.

**М. С. Николюкин, А. Д. Обухов, М. В. Зверев**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
кафедра «Системы автоматизированной поддержки принятия  
решений», Тамбов, Россия, e-mail: Ch1ppuone@mail.ru)

## **АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к построению автоматизированных систем в сфере сельского хозяйства, а также выдвинута проблема передачи видеоданных в условиях плохого интернет-соединения и слабого железа управляющего устройства. Для решения поставленной проблемы поставлена задача оптимизации и кратко рассмотрен способ ее решения.

*Ключевые слова:* автоматизированная система, алгоритм адаптации, передача данных.

**M. S. Nikolyyukin, A. D. Obukhov, M. V. Zverev**  
(Tambov State Technical University, Department of Automated  
Systems for Decision-Making Support, Tambov, Russia)

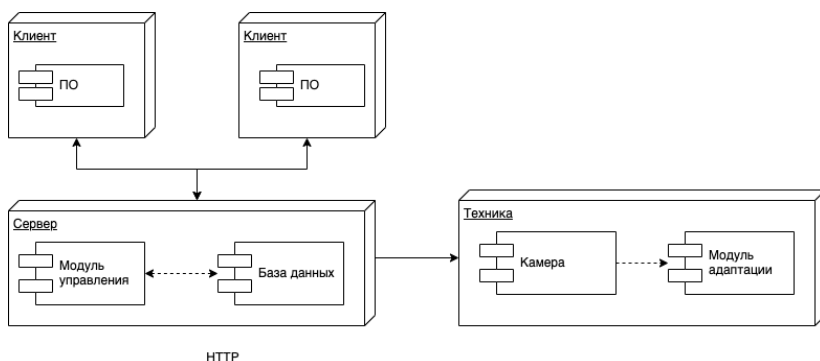
## **ADAPTIVE CONTROL OF INFORMATION TRANSFER PROCESSES IN AUTOMATED AGRICULTURAL SYSTEMS**

*Abstract.* An approach to the construction of automated systems in the field of agriculture is considered, and the problem of video data transmission in conditions of a poor Internet connection and weak hardware of the control device is put forward. To solve the problem posed, an optimization problem is posed and a method for its solution is briefly considered.

*Keywords:* automated system, adaptation algorithm, data transmission.

Адаптивная автоматизированная система – система, которая может автоматически изменять свои алгоритмы функционирования или собственную структуру с целью достижения, а также сохранения оптимального состояния при изменении факторов внешней среды. Использование алгоритмов адаптации является актуальным и применяется в автоматизированных системах, ориентированных на различные сферы деятельности [1]. Активное применение они нашли и в сфере сельского хозяйства, например при построении «умных» теплиц или при проектировании интеллектуальной сельскохозяй-

ственной техники. Основными задачами в таких системах, которые могут быть решены с использованием адаптивных алгоритмов, – наблюдение за объектом, в случае построения «умных» теплиц, а также дистанционное управление и контроль за сельскохозяйственной техникой. Таким образом, типовая архитектура такой системы может иметь вид, представленный на рис. 1.



**Рис. 1. Типовая архитектура адаптивной системы**

Внешним фактором в случае представленной архитектуры является скорость интернет-соединения, так как в полевых условиях, пропускной способности канала для передачи полноразмерного видео может быть недостаточно, поэтому появляется необходимость передачи видеопотока такого качества, которое бы удовлетворяло каналу передачи данных. Помимо скорости интернет-соединения, стоит также учесть и мощность управляющего устройства, которое занимается непосредственно процессом декодирования и передачи видеопотока на промежуточный сервер для его последующего хранения и раздачи клиентским приложениям [2]. В зависимости от конфигурации управляющего устройства может различаться скорость и возможность декодирования видео в целом. Так, например, видеопоток в разрешении 4K с максимальным битрейтом может просто «убить» устройство, поэтому адаптация характеристик видеопотока для оптимального декодирования под текущие характеристики устройства управления также является актуальной.

Для этого можно осуществить постановку задачи оптимизации. Необходимо найти такие значения параметров  $(r, b, f)$  качества видео, при которых значение целевой функции качества видеопотока стремится к максимуму:

$$K \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$K = r \times b \times f \quad (2)$$

при ограничениях

$$N(K) \leq 70\%; \quad (3)$$

$$S(K) \leq I, \quad (4)$$

где  $r$  – разрешение видеопотока (высота×ширина);  $f$  – частота кадров видеопотока;  $b$  – битрейт видеопотока;  $K$  – качество видеопотока, определяемое как произведение основных характеристик видеопотока;  $N$  – нагрузка на центральный процессор управляющего устройства;  $S$  – размер одного кадра видеопотока;  $I$  – пропускная способность канала передачи данных.

Для того чтобы решить данную задачу, перед началом процесса декодинга видео необходимо провести ряд тестовых испытаний (бенчмарков), чтобы выяснить характеристики устройства и текущую скорость интернет-соединения, затем опираясь на полученные данные и проверяя на соответствие ограничения, рассчитать оптимальные характеристики для его декодинга и передачи [3]. Описанный выше способ был протестирован на базе ЦКП «Цифровое машиностроение» Тамбовского государственного технического университета в рамках проекта интеллектуальной платформы-трактора. Данный алгоритм позволил в условиях плохого интернет-соединения и маломощного устройства управления минимизировать задержки передачи видео и уменьшить нагрузку на само устройство, что позволит в дальнейшем запустить на нем еще несколько процессов обработки какой-либо информации.

#### ***Список использованных источников***

1. Обухов, А. Д. Нейросетевая архитектура информационных систем / А. Д. Обухов, М. Н. Краснянский // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2019. – Т. 29, № 3. – С. 438 – 455.

2. Николукин, М. С. Автоматизированная система мониторинга и управления тепличным хозяйством / М. С. Николукин, А. А. Сиухин, С. А. Васильев // Импортзамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья. – 2019. – С. 531 – 536.

3. Siuhin, A. The control system of universal platform for agriculture based on machine vision technology / A. Siuhin, M. Nikolukin, D. Nikitin // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – V. 126. – P. 00017.

### *References*

1. Obukhov A. D., Krasnyansky M. N. Neural network architecture of information systems // Bulletin of the Udmurt University. Maths. Mechanics. Computer science. – 2019. – V. 29, No. 3. – P. 438 – 455.
2. Nikolyyukin M. S., Siukhin A. A., Vasiliev S. A. Automated monitoring and management system for greenhouse facilities // Import substitution technologies and equipment for deep complex processing of agricultural raw materials. – 2019. – P. 531 – 536.
3. Siuhin A., Nikolukin M., Nikitin D. The control system of universal platform for agriculture based on machine vision technology // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – V. 126. – P. 00017.

УДК 51-74:664

**Д. К. Печерский, Е. А. Назойкин,  
И. Г. Благовещенский, В. Г. Благовещенский**  
(ФГБОУ ВО «Московский государственный университет  
пищевых производств», кафедра «Автоматизированные системы  
управления биотехнологическими процессами»,  
Москва, Россия, e-mail: pechenejik@mail.ru, nazojkinea@mgupp.ru,  
igblagov@mgupp.ru, bvg1996@mail.ru)

### **СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО СЕРВИСА ПОДБОРА ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО РАЦИОНА ПИТАНИЯ**

*Аннотация.* Рассмотрена практическая реализация базы данных, предназначенной для хранения информации о типовых продуктах питания. Описываемая в статье база данных является составной частью при разработке информационно-аналитического сервиса подбора персонализированного и школьного питания в виде сбалансированного меню из типовых продуктов. Приведены теоретические и практические предпосылки к разработке подобного информационно-аналитического сервиса, в частности, приведены ссылки на документы, регламентирующие сферу социального питания, а также справочники, содержащие информацию о типовых продуктах питания РФ.

*Ключевые слова:* типовые продукты, сервис, подбор питания, пищевая ценность, рацион, проектирование базы данных.

**D. K. Pecherskij, E. A. Nazoykin,  
I. G. Blagoveshchensky, V. G. Blagoveshchenskiy**  
(Moscow State University of Food Production, Department of Automated  
Control Systems for Biotechnological Processes, Moscow, Russia)

## **CREATION OF A DATABASE FOR AN INFORMATION AND ANALYTICAL SERVICE FOR THE SELECTION OF A PERSONALIZED DIET**

*Annotation.* This article discusses the practical implementation of a database designed to store information about typical food products. The database described in the article is an integral part of the development of an information and analytical service for selecting personalized and school meals in the form of a balanced menu of typical products. The article provides theoretical and practical prerequisites for the development of such an information and analytical service, in particular, links to documents regulating the sphere of social nutrition, as well as reference books containing information about typical food products of the Russian Federation.

*Keywords:* typical products, service, selection of food, nutritional value, diet, database design.

Современные информационные технологии охватывают все сферы человеческой жизни. Одной из самых важных является сфера питания, а в частности – подбор рациона питания с возможностью персонализированного формирования на основе заданных предпочтений и индивидуальных ограничений. На данный момент рынок подобных продуктов заполнен частичными решениями и разрозненными базами данных в области подбора персонализированного рациона питания и в области контроля правильного питания. Существуют приложения, в том числе мобильные, реализующие части описанной системы, но не предлагается комплексных решений; так же существующие решения оперируют неактуализированными данными.

Уникальность разработки информационно-аналитического сервиса подбора персонализированного рациона питания состоит в комплексном подходе, объединяющем в себе сбор информации о продуктах питания РФ, применение нейросетевых технологий и технологий искусственного интеллекта для составления персонализированного рациона питания, составление персонализированного меню с возможностью учета индивидуальных особенностей человека или группы лиц [1].

С медицинской точки зрения к формированию правильного персонализированного рациона питания требуется подходить основательно. Для этих целей в диетологии применяются следующие методы исследования организма пациента (приводится частично [2]):

- опрос пациента;
- антропометрические методы исследования;
- оценка состояния фактического питания;



Данные методы приведены как пример возможности оценки правильности питания человека в дистанционном формате, без использования медицинских показателей, основанных на лабораторных методах сбора информации. Для подбора персонализированного рациона питания в дистанционном формате требуются следующие данные:

1. От стандартов [3]:
  - а) нормы суточной потребности в энергии;
  - б) нормы суточной потребности в белках, жирах и углеводах (БЖУ);
  - в) нормы суточной потребности в витаминах и минералах.
2. От продуктов питания (ПП):
  - а) содержание в ПП энергии, БЖУ, витаминов и минералов в абсолютном и процентном выражении;
  - б) совместимость различных ПП;
  - в) аллергенность различных ПП;
  - г) взаимозаменяемость различных ПП.
3. От потребителя:
  - а) антропометрические показатели: возраст, рост, вес;
  - б) исключения определенных ПП из рациона питания на основании любого рода непереносимости;
  - в) индивидуальные или специфические предпочтения в определенных ПП или их сочетании.

Данный сервис планируется использовать для разработки рационов питания в СОШ, для чего требуется учесть стандарты школьного питания [3], а также ценовой разброс стоимости определенных ПП [4].

Для реализации информационно-аналитического сервиса подбора персонализированного рациона питания определен состав информации о продуктах питания, входящих в БД:

1. Список возможных микроэлементов, которые могут входить в содержание продукта.
2. Список возможных типовых продуктов питания.
3. Список соответствий продукта питания и микроэлементов с указанием массовой доли микроэлемента на определенный вес продукта.

Для описания структуры физической модели базы данных требуется уточнить форму хранения данных.

Список возможных микроэлементов делится на подгруппы; каждый элемент может входить в какую-либо группу, которая также может входить в другую группу. Вследствие этого, для хранения данных об элементах требуется одна таблица базы данных, в которой предусмотрена связь на саму себя (внешний ключ, связанный с этой же таблицей). В качестве полей данных должны быть представлены: название элемента или группы, единица измерения.

Список типовых продуктов питания должен содержать кроме названия продукта питания также его отличительные черты от подобных продуктов, в том числе категорию мясной продукции, способ приготовления, консистенцию, и пр. Часть этой информации регулируется ГОСТами и может быть вынесена в отдельную таблицу, часть этой информации уникальна и может быть в составе наименования продукта. В связи с описанным выше для хранения данных о типовых продуктах требуется минимум одна таблица, в которой в качестве полей данных должны быть представлены: наименование продукта питания, связи со всеми возможными категориями.

Для хранения данных о содержании внутри продукта питания определенных микроэлементов требуется также создать отдельную таблицу, так как каждый продукт может содержать в себе множество микроэлементов, и при этом каждый микроэлемент может содержаться во множестве продуктов. В качестве полей данных должны быть представлены: связь с таблицей продуктов, связь с таблицей элементов, количество элемента в продукте.

Для практической разработки базы данных было принято решение использовать СУБД PostgreSQL [3] с целью дальнейшей интеграции с web-фреймворком Django [4]. Исходя из разработанной ранее модели, физическая структура БД содержит 3 таблицы, 2 связи. Схема данных представлена на рис. 1.

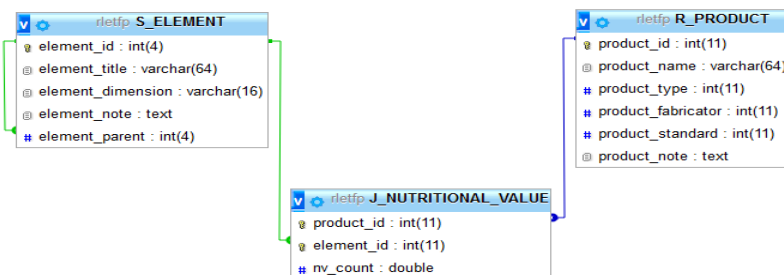


Рис. 1. Схема данных БД

Данная схема данных является базовой, что позволяет в дальнейшем расширять ее дополнительными таблицами и связями. В частности, база данных будет расширена таблицами для хранения следующих данных:

- параметры продукта: производитель, ГОСТ на изготовление, категория;
- информация по возможным вариантам блюд, составленным на основе продуктов;

- информация о подборках персонализированного рациона питания для пользователей сервиса.

В результате проектирования и разработки базы данных была получена физическая модель базы данных, обеспечивающая получение информации о необходимых продуктах питания. Для реализации дальнейших этапов разработки информационно-аналитического сервиса в базу данных были загружены справочные данные по содержанию БЖУ, витаминов и минералов для типовых продуктов питания [4]. В дальнейшем планируется расширить эти данные информацией о типовых продуктах питания в РФ, используя отечественные источники информации [5].

#### ***Список использованных источников***

1. Балыхин, М. Г. Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий : монография / М. Г. Балыхин, А. Б. Борзов, И. Г. Благовещенский. – М. : Изд-во Франтера. 2017. – 395 с.

2. Разработка баз данных интеллектуальных экспертных систем автоматического контроля показателей качества пищевой продукции / И. М. Донник, М. Г. Балыхин, И. Г. Благовещенский, М. М. Благовещенская // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – № 4. – С. 126 – 138.

3. Опыт Ульяновской области в сфере социального питания. Формирование региональных стандартов школьного питания. – URL : <https://hf.kursobr.ru/wp-content/uploads/2019/07/Form.pdf>

4. DataGrip: The Cross-Platform IDE for Databases & SQL by JetBrains. – URL : <https://www.jetbrains.com/datagrip/>

5. PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database. – URL : <https://www.postgresql.org/>

#### ***References***

1. Balykhin M. G., Borzov A. B., Blagoveshchenskiy I. G. Methodological foundations for creating expert systems for monitoring and predicting the quality of food products using intelligent technologies : Monograph. M. : Publishing house of Frantera, 2017. – 395 p.

2. Donnik I. M., Balykhin M. G., Blagoveshchenskiy I. G., Blagoveshchenskaya M. M. Development of databases of intelligent expert systems for automatic control of food quality indicators // Storage and processing of agricultural raw materials. – 2018. – No. 4. – P. 126 – 138.

3. Experience of the Ulyanovsk region in the field of social nutrition. Formation of regional standards for school meals. – URL : <https://hf.kursobr.ru/wp-content/uploads/2019/07/Form.pdf>

4. DataGrip: The Cross-Platform IDE for Databases & SQL by Jet-Brains. – URL : <https://www.jetbrains.com/datagrip/>

5. PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database. – URL : <https://www.postgresql.org/>

УДК 330.47

**Е. И. Подашевская**

(УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь,  
e-mail: [Nelly.pdsh@yandex.by](mailto:Nelly.pdsh@yandex.by))

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ДИСКРЕТНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЛОГИСТИКИ**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к применению методов решения оптимизационных задач в практике принятия управленческих решений с учетом согласования проблемы выбора критерия и реализации модели.

*Ключевые слова:* критерий оптимизации, распределительная логистика, обучение специалистов, дискретная модель.

**Н. I. Podashevskaya**

(Belarusian State Agrarian Technical University,  
Minsk, Republic of Belarus)

## **APPLICATION OF DISCRETE PROGRAMMING METHODOLOGY IN PROBLEM SOLVING DISTRIBUTION LOGISTICS**

*Abstract.* An approach to the application of methods for solving optimization problems in the practice of managerial decision-making is considered, taking into account the coordination of the problem of selecting the criterion and implementing the model.

*Keywords:* optimization criteria, distribution logistics, training of specialists, discrete model.

Современная жизнь требует от руководителя принятия множества решений и эти решения должны быть оптимальными, учитывающими совокупность критериев, которые могут противоречить друг другу [1].

Необходимо согласовывать также краткосрочные и долгосрочные цели и вписываться в заданные временные рамки. При этом окончательную формулировку критерия часто удается сделать только в процессе решения задачи. Долгосрочные цели тесно связаны с прогнозированием, что в свою очередь требует использования модели для принятия решения.

Если качественная постановка задачи зависит от лица, принимающего решение (ЛПР), для построения модели сложной задачи и проведения расчетов требуется специфическая подготовка [2].

ЛПР не всегда может выступить в качестве универсально-специалиста, поэтому работа по моделированию выполняется профессионалом. Если ЛПР не имеет базовых понятий составления моделей и не почувствовал на собственном опыте достоинства их использования, то, во-первых, у него не сформирована потребность в их использовании, и, во-вторых, при возникновении необходимости их построения ему будет затруднительно сформулировать специалисту свои требования к модели. В результате обозначенных проблем построенная модель может оказаться ненадлежащего качества, принятое на ее основе решение – ошибочным, а ЛПР – заблокировавшим пути саморазвития и развития своей организации.

При обучении специалистов-управленцев следует уделять больше внимания оптимизационным методам, делая акцент на относительно компактные, но реальные задачи, чтобы «привить вкус» к моделированию и развить способность к грамотной постановке задачи.

В качестве задач такого рода предлагается использовать задачи распределения персонала [3]. Примерами могут служить следующие задачи.

1. Составление графиков работы персонала, в частности графика рабочих перерывов в ситуации не одновременного обеденного перерыва в организации и необходимости функционирования отделов.

2. Составление рабочих расписаний сотрудников при различной потребности в рабочей силе в разные дни недели или в разное время дня.

3. Составление временных рабочих коллективов для работы над проектами с учетом возможности выполнения требуемой работы и личностных предпочтений.

Для решения задачи подобного рода требуется относительно малое количество исходных данных. Требуется определить цель и составить ограничения, что уже само по себе позволит повысить качество управленческой работы. Далее задачу можно решить, например, используя такой распространенный программный продукт, как Excel, инструмент *Поиск решения*. Рассмотрим пример предлагаемой оптимизационной работы.

Имеется некая логистическая организация, в которой работает 11 человек: 5 – в отделе продаж, 4 – в отделе закупок, 2 – на складе, обеденный перерыв – 1 час, и предоставляется тремя группами, с 12.00 до 15.00. В течение обеденного времени все отделы должны функционировать, при этом в отделе продаж на рабочем месте всегда должно оставаться минимум 3 сотрудника, в отделе закупок – минимум 2 сотрудника, а операторы склада не могут одновременно покинуть рабочее место.

Сформулируем личностные требования. Во-первых, никто не желает обедать в одиночестве. Во-вторых, количество мужчин и женщин в каждой группе обедающих должно различаться как можно меньше.

Цель решения задачи: сотрудники должны получать максимум удовольствия от обеда при одновременном условии выполнения указанных ограничений. Удовольствие оценим, присвоив каждому из трех возможных обеденных перерывов оценку в баллах: с 12.00 до 13.00 – 7 баллов, с 13.00 до 14.00 – 10 баллов, с 14.00 до 15.00 – 5 баллов. На рисунке 1 представлена рабочая матрица.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1		Отдел продаж					Отдел закупок				Склад		Обедают	Отдел продаж	На работе	Отдел закупок	Склад	М+Ж	баллы	
2		M1	M2	M3	Ж1	Ж2	M4	M5	M6	Ж3	Ж4	Ж5	M	Ж						
3																				
4	'12-13												0	0	5	4	2	0	7	
5	'13-14												0	0	5	4	2	0	10	
6	'14-15												0	0	5	4	2	0	5	
7	Сумма по столбцу переменных	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0	
8							Обязательное количество сотрудников на рабочем месте:								3	2	1	2		

Рис. 1. Рабочая матрица

В колонках M и N подсчитывается количество обедающих мужчин и женщин соответственно. В колонках O, P, Q – количество сотрудников за вычетом обедающих. В колонке R – суммарное количество обедающих мужчин и женщин (M и N). В колонке S представлены баллы предпочтительности. В ячейках O8, P8, Q8 указано обязательное минимальное количество сотрудников на рабочих местах. Ячейка R8 отвечает за баланс мужчин и женщин в каждой группе обедающих. Ячейки B7 – L7 используются для подсчета сумм по столбцам переменных. Целевая функция – сумма произведений массивов R4:R6 и S4:S6.

Используя инструмент *Поиск решения*, запишем ограничения и укажем целевую функцию. Результаты решения представлены на рис. 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1		Отдел продаж				Отдел закупок				Склад		Обедают		Отдел продаж	На работе	Отдел закупок	Склад	M+Ж	баллы
2		M1	M2	M3	Ж1	Ж2	M4	M5	M6	Ж3	Ж4	Ж5	M	Ж					
3																			
4	'12-13	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	2	2	3	3	1	4	7
5	'13-14	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	3	2	3	2	1	5	10
6	'14-15	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	4	3	2	2	5
7	Сумма по столбцу переменных	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							88
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			

Обязательное количество сотрудников на рабочем месте:	3	2	1	2
---	---	---	---	---

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию:

До:  Максимум  Минимум  Значения:

Изменяя ячейки переменных:

В соответствии с ограничениями:

\$B\$4:\$L\$6 = бинарное  
 \$B\$7:\$L\$7 = 1  
 \$M\$4:\$N\$6 >= 1  
 \$O\$4:\$O\$6 >= \$O\$8  
 \$P\$4:\$P\$6 >= \$P\$8  
 \$Q\$4:\$Q\$6 >= \$Q\$8  
 \$R\$4:\$R\$6 >= \$R\$8

Добавить  
 Изменить  
 Удалить

**Рис. 2. Поиск решения и оптимальный график**

Внедрение оптимизационного моделирования в повседневную управленческую работу позволит ЛПР решать свои текущие задачи и обеспечит развитие способности формулировать требования к более объемным задачам, для которых требуется привлекать специалистов. Способность будущего ЛПР к саморазвитию послужит как повышению качества функционирования организации, так и карьерному росту активно применяющего оптимизационные методы сотрудника.

### **Список использованных источников**

1. Романенко, А. В. О системных основах управления в реальном секторе экономики / А. В. Романенко, А. И. Попов, В. Л. Пархоменко // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. – 2014. – № 2(31). – С. 28 – 35.
2. Поляков, Д. В. Оптимизация управления финансовой деятельностью на основе теории нечетких множеств / Д. В. Поляков, А. И. Попов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 64 – 78.
3. Зайцев, М. Г. Методы оптимизации управления и принятия решений: примеры, задачи, кейсы / М. Г. Зайцев, С. Е. Варюхин. – М. : Изд-во «Дело» АНХ, 2008. – 664 с.

### **References**

1. Romanenko, A. V. On system bases of management in the real sector of economy / A. V. Romanenko, A. I. Popov, V. L. Parkhomenko // Bulletin of the Volga state Tatishcheva University. – 2014. – No. 2(31). – P. 28 – 35.
2. Polyakov, D. V. Optimization of financial activity management based on the theory of odd sets / D. V. Polyakov, A. I. Popov // Vestnik of TSTU. – 2020. – V. 26. – No. 1. – P. 64 – 78.
3. Zaitsev M. G., Varyukhin S. E. Methods of optimization of management and decision-making: examples, tasks, cases. – М., 2008. – 664 p.

УДК 633.11, 633.41/44

**А. С. Потанин**

(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,  
кафедра «Автоматизированные системы управления», Липецк, Россия,  
e-mail: mr.camcamcam@mail.ru, potanin1964@mail.ru)

### **МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АГРОНОМА-ТЕХНОЛОГА**

*Аннотация.* Данная программа предназначена для слежения и контроля действий, происходящих на сельскохозяйственных участках организации, без возможности пользователя выйти в сеть Интернет.

*Ключевые слова:* система мониторинга и управления, сельскохозяйственные участки и поля, работоспособность без доступа к сети Интернет, дозировки, концентрации, нормы, WEB API.

**A. S. Potanin**

(Lipetsk State Technical University, Department of Automated  
Control Systems, Lipetsk, Russia)

### **MOBILE APPLICATION FOR AN AGRONOMIST-TECHNOLOGIST**

*Abstract.* An approach to the construction of an intensive garden management system using LoRa wireless technology is considered. The used technical means are given, their brief characteristic is given.

*Keywords:* monitoring and control system, agricultural plots and fields, operability without access to the Internet, dosages, concentrations, norms, WEB API.

В основе любой пищевой промышленности, будь то производство хлеба или выращивание свеклы, лежит сельское хозяйство. Именно сельское хозяйство занимается производством основополагающих



продуктов, таких как картофель, кукуруза, зерно и т.п. С ростом запросов потребителей необходимо увеличивать объемы выращиваемой продукции. Поэтому в необходимости обработки нуждаются все больше участки земли, а следовательно, приходится увеличивать объемы агрохимии для ее обработки. Для возможности следить и управлять процессами обработки необходимо приложение, автоматизирующее работу над поставленными пользователем задачами.

На рынке агрохимии присутствует огромное количество предлагаемых товаров, таких как гербициды, пестициды и т.п. В целях максимизации прибыли необходимо выбрать качественный препарат, произвести точный расчет его дозировки и составить план обработки. Все эти процессы трудоемки и затратны. Для решения этих проблем необходимо емкое и компактное решение, с помощью которого пользователь сможет быстро и легко найти нужную ему информацию, даже не имея доступа к сети Интернет. Поможет сделать необходимые расчеты или составить план по обработке местности (размеры, координаты, чем засеяно и т.п.).

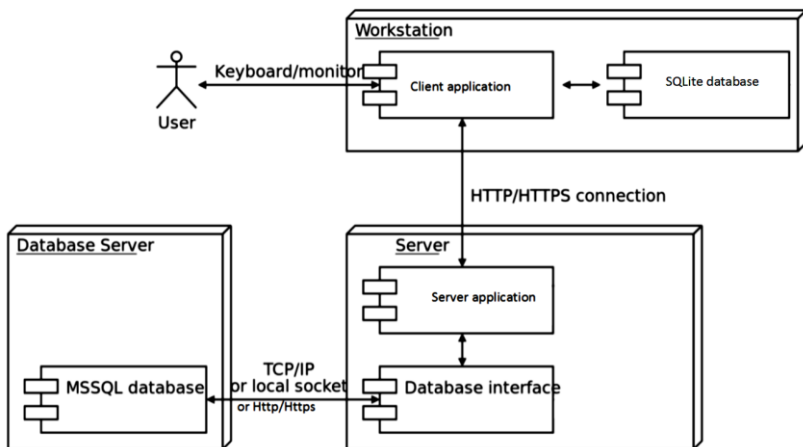
Работа посвящена актуальной теме автоматизации в сельском хозяйстве. Специфика работы агронома-технолога заключается в том, что большую часть времени он проводит в полях. Реализация необходимых ему инструментов в виде мобильного приложения даст для него возможность оперативной работы, исключая необходимость бумажных записей.

Основной целью данной работы является разработать мобильное приложение, обладающее рядом инструментов, автоматизирующих работу по расчету дозировок и норм агрохимии, планированию и ведению истории полевых работ, для сельскохозяйственных земельных участков, поиску информации в справочнике агрохимии [1].

Особое внимание должно быть уделено возможности работы с приложением в «Offline» [2] режиме при отсутствии доступа в Интернет. Это необходимо, так как покрытие сотовой связью сельскохозяйственных земель не является сплошным.

Так как приложение подразумевает удаленную работу с сервером, лучшей архитектурой для его разработки подойдет клиент-сервер. На стороне сервера должен быть развернут API, с помощью которого клиент сможет общаться с сервером, для получения нужной ему информации. Подразумевается, что клиент и сервер общаются между собой по протоколу HTTP.

В лучшей степени способы взаимодействия интерфейсов подсистем отражает диаграмма развертывания, представленная на рис. 1. Система подразумевает наличие двух баз данных – это MS SQL Server для сервера и SQLite для клиента (мобильного приложения).



**Рис. 1. Диаграмма развертывания**

Клиент и сервер состоят их 5 основных модулей. Модуль работы со справочником – работает с данными агрохимикатов и пестицидов. Модуль работы с дозировками – работает с дозировками и служит для их расчета. Модуль работы с фитофторозом – предназначен для расчета вероятности фитофтороза. Модуль работы с дневником – предназначен для мониторинга сельскохозяйственных полей и планирования задач.

Модуль авторизации служит для авторизации пользователя в системе, так же он предоставляет данные для других модулей, необходимые для их работы.

В качестве инструментальных средств программирования предполагается использование интегрированных сред разработки Visual Studio 2013 и Android Studio. В данных средах разработки можно программировать на таких языках, как: C# и Java.

В качестве библиотек рекомендуется использование ASP NET MVC, WEB API, а также ADO NET.

### ***Список использованных источников***

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL : [https://www.garant.ru/products/ ipo/prime/doc/71833632/](https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71833632/), свободный.
2. Web API. Введение в Web API [Электронный ресурс]. – URL : <https://metanit.com/sharp/mvc/12.1.php>, свободный.

### **References**

1. The state catalog of pesticides and agrochemicals permitted for use in the Russian Federation [Electronic resource]. – URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc / 71833632 />, free.
2. Web API. Introduction to the Web API [Electronic resource]. – URL : <https://metanit.com/sharp/mvc/12.1.php>, free.

УДК 681.5

**Н. С. Пьяных, В. А. Немтинов**

(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», Тамбов, Россия, e-mail: [pyanyh1992@mail.ru](mailto:pyanyh1992@mail.ru))

### **ОПТИМАЛЬНАЯ ТРАССИРОВКА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ**

*Аннотация.* В работе решена задача оптимизации трассировки газопровода низкого давления населенного пункта, являющаяся подзадачей формирования генеральной схемы территории сельских поселений. Выполнена апробация ее решения на примере трассировки газопровода на территории станции Рада, Тамбовского района, Тамбовской области.

*Ключевые слова:* трассировка газопровода низкого давления, генеральная схема территории сельских поселений, газораспределительные станции.

**N. S. Pyanyh, V. A. Nemtinov**

(Tambov State Technical University,  
Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering,  
Tambov, Russia)

### **OPTIMAL TRACING OF THE LOW PRESSURE GAS DISTRIBUTION NETWORK OF RURAL SETTLEMENTS**

*Abstract.* This paper sets the task of optimizing the routing of a low-pressure gas pipeline, which is a subtask of forming a general scheme of the territory of rural settlements. Its solution was tested on the example of routing a gas pipeline on the territory of the Rada station, Tambov region, Tambov region.

*Keywords:* tracing of a low-pressure gas pipeline, general scheme of the territory of rural settlements, gas distribution stations (GDS), cabinet gas control points (SHGRP).

Вопросы энергоресурсосбережения будут актуальны на протяжении всей жизни человечества. Численность населения увеличивается, растет потребность в использовании природных ресурсов, которые не бесконечны. Закрываются истощенные газовые месторождения, а запасы новых не столь оптимистичны. Разрабатываются новые методы экономии природных ресурсов, некоторые из них действенные, а некоторые носят рекомендательный характер ввиду своей нецелесообразности применения. Нами разработана методика оптимизации конфигурации газовой сети. Она позволяет сохранять до 300 тыс. руб. с каждых 100...150 м газопровода. С учетом того, что прокладываются многокилометровые газовые сети, то экономический эффект становится очевиден. Уже в процессе проектирования можно сэкономить финансы благодаря использованию оптимизации построения трассировки газовых сетей на начальном этапе [1, 2].

Генеральная схема предназначена для использования в целях координации инвестиционной деятельности субъектов газовой отрасли и смежных отраслей с учетом общегосударственных интересов и задач развития субъектов Российской Федерации. Основные положения Генеральной схемы могут применяться органами государственной власти регионов РФ, а также самостоятельными субъектами газовой отрасли в рамках разработки и реализации мер государственного регулирования и стимулирования в сфере топливно-энергетического комплекса, а также при подготовке региональных энергетических программ. Представленные в Генеральной схеме показатели являются оценочными и должны актуализироваться с учетом следующих факторов: принятия государственных документов, определяющих долгосрочные стратегические ориентиры развития экономики и ТЭК страны; параметров Энергетической стратегии России на период до 2030 года; темпов либерализации газового рынка в России; темпов глобального удорожания потребляемых отраслью ресурсов, определяющего инвестиционные возможности недропользователей; структурных изменений на международных рынках энергоносителей и других факторов.

Системы газоснабжения состоят из системы распределительных газопроводов, газораспределительных станций (ГРС), газорегуляторных пунктов (ГРП) и газорегуляторных установок (ГРУ). Требования к газораспределительным системам определяются СНиП 42-01-2002.

В современной практике снабжения населенных пунктов сетевым природным газом широкое распространение получили двухступенчатые системы газоснабжения со шкафными газорегуляторными пунктами (ШГРП).

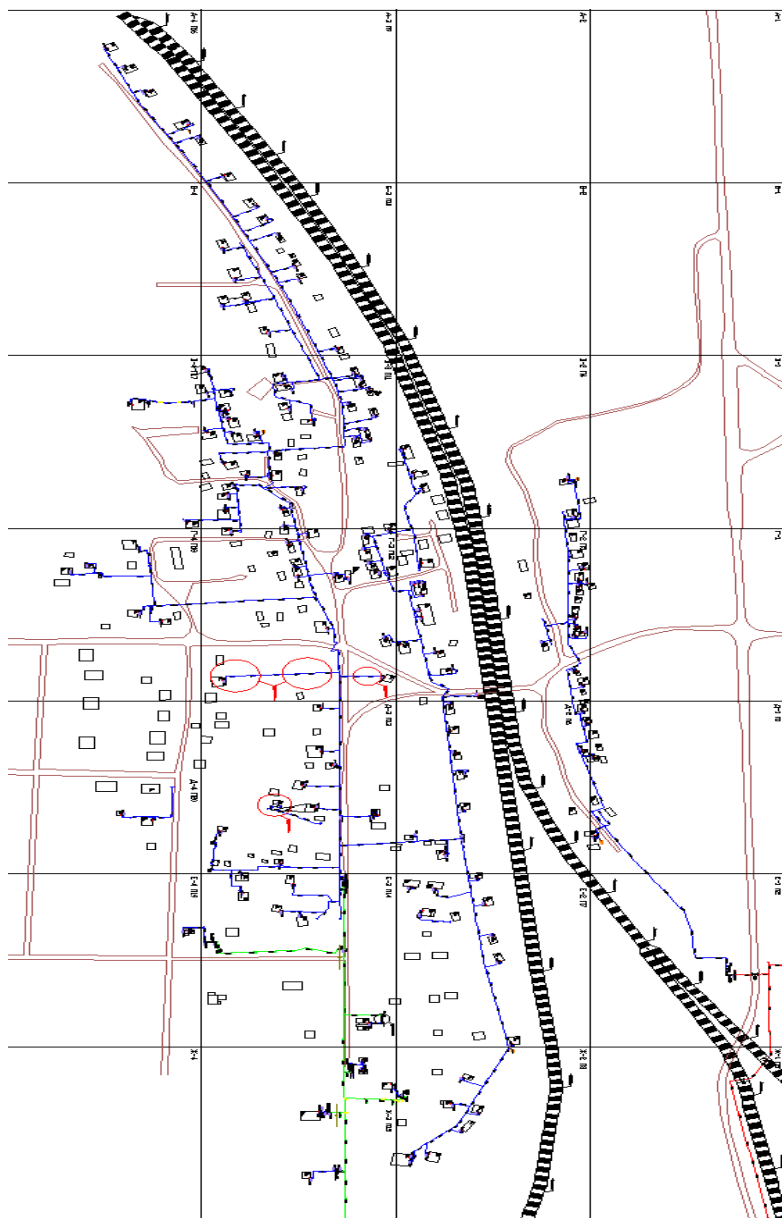


Рис. 1. Результаты решения задачи трассировки газопроводной системы на территории станции Рада

Степень централизации указанных систем, т.е. количество квартир (зданий), подключаемых к одному ШГРП, в проектной практике обычно принимается в зависимости от пропускной способности ШГРП, трассировки распределительных газопроводов, специфики застройки поселка и т.д. Указанное обстоятельство в силу субъективности принимаемых решений часто приводит к перерасходу материальных и денежных средств в сооружение и эксплуатацию систем газоснабжения, поэтому оптимальное решение данного вопроса требует экономического обоснования. Такая трассировка газопроводов специфична для существующих систем газоснабжения крупных населенных пунктов на базе мощных ГРП, располагаемых в отдельно стоящих зданиях.

С увеличением централизации систем газоснабжения (с уменьшением количества ШГРП в поселке) снижаются затраты по самим ШГРП, а также затраты в поселковые сети высокого (среднего) давления за счет уменьшения их протяженности. Вместе с тем увеличиваются затраты в сети низкого давления за счет увеличения их среднего диаметра.

Предложенная система газоснабжения объектов на территории населенного пункта носит локальный характер, но учитывая возможность получения «хорошего» начального размещения объектов и последующего улучшения решения за счет оптимальной централизации поселковых систем газопроводов низкого давления, полученное решение достаточно близко к глобальному оптимуму. Апробация процедуры оптимизации трассировки газораспределительной сети низкого давления населенного пункта проведена на примере газификации на территории станции Рада, Тамбовского района, Тамбовской области (см. рис. 1).

#### ***Список использованных источников***

1. СНИП 42 01–2002. Газораспределительные системы – Введение. 2003-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2003.
2. Пахомов, П. И. Технология поддержки принятия решений по управлению инженерными коммуникациями / П. И. Пахомов, В. А. Немтинов. – М., 2009. – 123 с.

#### ***References***

1. SNiP 42 01–2002. Gas distribution systems-Introduction. 2003-07-01. – М. : publishing house of standards, 2003.
2. Pakhomov P. I., Nemtinov V. A. Technology of decision support for engineering communications management. – М., 2009. – 123 p.

**В. Р. Роганов<sup>1,2</sup>, Э. В. Роганова<sup>2,3</sup>, А. В. Герасименко<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> (Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия, e-mail: Vladimir\_roganov@mail.ru);

<sup>2</sup> (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Россия, e-mail: roganelka@mail.ru);

<sup>3</sup> (ООО «Видео3», Пенза, Россия);

<sup>4</sup> (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия, e-mail: andrey.v.gerasimenko@yandex.ru)

## **К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ АКТИВНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ**

*Аннотация.* Для повышения показателей работоспособности на особо важных объектах принято проводить мероприятия по активному резервированию. В частности, используют системы мажоритарного контроля. Вместе с тем вопрос о методах расчета показателей надежности остается открытым. Как правило, ограничиваются рассуждениями о том, насколько лучше должна работать система с мажоритарным контролем. Считаем, что вопрос о расчете показателей надежности надо решать более комплексно.

*Ключевые слова:* энергообъекты, теория надежности, системы релейной защиты.

**V. R. Roganov<sup>1,2</sup>, E. V. Roganova<sup>2,3</sup>, A. V. Gerasimenko<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> (Penza State Technological University, Penza, Russia);

<sup>2</sup> (Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia);

<sup>3</sup> (ООО “Видео3”, Penza, Russia);

<sup>4</sup> (Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia)

## **ON THE CALCULATION OF RELIABILITY INDICATORS FOR ACTIVE REDUNDANCY SYSTEMS**

*Abstract.* To improve performance at critical sites, it is customary to carry out activities for active backup. In particular, they use systems of majority control at large power facilities. At the same time, the question of methods for calculating reliability indicators remains open. As a rule, they limit themselves to reasoning about how much better the system with majority control should work. We believe that the question of calculating reliability indicators should be solved more comprehensively.

*Keywords:* power facilities, reliability theory, relay protection systems.

В теории надежности один из методов повышения работоспособности – горячее резервирование. Основатель Рижской школы релейной защиты В. Л. Фабрикант, рассматривая изменение вероятностей безотказной и ошибочной работы систем из устройств релейной защиты

(Срз), предложил гипотезу расчета состояний, в которых может находиться как РЗ, так и Срз [1]. По этой гипотезе число возможных состояний РЗ оценивается как работоспособность  $P_P$  и отказ  $P_O$ . Соответственно  $P$  полная вероятность одной РЗ будет равна

$$P = P_P + P_O, \quad (1)$$

а  $P_C$  полная вероятность  $C_{PЗ}$

$$P_C = P_{C_P} + P_{C_O}. \quad (2)$$

Было предложено при объединении двух УРЗ

$$P_C = (P_P + P_O)^2 = P_P^2 + 2P_P P_O + P_O^2. \quad (3)$$

Из формулы (3) следует, что

$$P_{P_C} = P_P^2, \quad (4)$$

$$P_{O_C} = 2P_P P_O + P_O^2. \quad (5)$$

Тогда

$$P_{P_C} < P_P, \quad (6)$$

что не имеет смысла и поэтому в этом направлении не стоит двигаться.

Однако проведенные эксперименты [2] показывают, что это не всегда так, иногда

$$P_{P_C} > P_P, \quad (7)$$

в том числе [3], когда для повышения работоспособности используют систему с мажоритарным элементом (МЭ).

Изменим гипотезу, разделив вероятность ошибочной работы как УРЗ, так и СРЗ, на две вероятности по последствиям ошибочной работы для энергосистемы [2]. Для одного УРЗ введем два ошибочных состояния: несрабатывание –  $P_H$  и ложное срабатывание  $P_L$ . При рассмотрении СРЗ соответственно безотказная работа  $P_{P_C}$ , несрабатывание  $P_{H_C}$  и ложное срабатывание  $P_{L_C}$ . Тогда формула (3) преобразуется как

$$P_C = P_P + P_H + P_L. \quad (8)$$

При объединении двух УРЗ в любую из систем выражение (3) преобразуется как

$$P_C = (P_P + P_H + P_L)^2 = P_P^2 + P_H^2 + P_L^2 + 2P_P P_H + 2P_P P_L + 2P_H P_L. \quad (9)$$

Выделим из многочлена, описывающего полную вероятность нахождения СРЗ в возможных состояниях, вероятности, описывающие



возможность нахождения СРЗ в каждом из трех состояний: работоспособность, несрабатывание и ложное срабатывание. Для СРЗ, созданной с помощью схемы «И»:

$$P_{PC} = P_P^2 + 2P_P P_L, \quad (10)$$

$$P_{HC} = P_H^2 + 2P_P P_H + 2P_H P_L, \quad (11)$$

$$P_{LC} = P_L^2. \quad (12)$$

Для СРЗ, созданной с помощью схемы «ИЛИ»:

$$P_{PC} = P_P^2 + 2P_P P_H, \quad (13)$$

$$P_{HC} = P_H^2, \quad (14)$$

$$P_{LC} = P_L^2 + 2P_P P_L + 2P_H P_L. \quad (15)$$

Вычислив возможные значения

$$\Delta P_{PC} = P_{PC} - P_P, \quad (16)$$

$$\Delta P_{HC} = P_{HC} - P_H, \quad (17)$$

$$\Delta P_{LC} = P_{LC} - P_L. \quad (18)$$

получаем, что при использовании СРС со схемой «И» в ряде случаев имеем положительное  $\Delta P_{PC}$ . Аналогичные результаты можно получить и при использовании СРС со схемой «ИЛИ», но при других значениях  $P_P$ ,  $P_H$ ,  $P_L$ .

**Выводы.** Если в соответствии с новой гипотезой рассчитать вероятности, описывающие систему из трех УРЗ как со схемой «И», так и со схемой «ИЛИ» или со схемой с мажоритарным элементом, то получим, что все эти решения, как и решения с объединением большего числа элементов, **неэффективны.**

#### *Список использованных источников*

1. Фабрикант, В. Л. О применении теории надежности к оценке устройств релейной защиты / В. Л. Фабрикант // Электричество. – 1965. – № 9. – С. 36 – 44.

2. Гемст, В. К. Синтез микропроцессорных систем локальной автоматики с устройством функционального контроля / В. К. Гемст,

В. Р. Роганов // Микропроцессорные системы контроля и управления : сб. науч. тр. – Рига : Рижск. политехи, ин-т, 1984. – С. 22 – 29.

3. Базовский, И. Надежность / И. Базовский. – М. : Мир, 1965. – 374 с.

### *References*

1. Fabrikant, V. L. O primenении teorii nadezhnosti k ocenke ustrojstv relejnoj zashchity // Elektrichestvo. – 1965. – № 9. – С. 36 – 44.

2. Gemst, V. K., Roganov V. R. Sintez mikroprocessornyh sistem lokal'noj avtomatiki s ustrojstvom funkcional'nogo kontrolya // Mikroprocessornye sistemy kontrolya i upravleniya : Sb. nauch. tr. – Riga : Rizhsk. politekhi, in-t, 1984. – С. 22 – 29.

3. Bazovskij I. Nadezhnost' / I. Bazovskij. – М. : Mir, 1965. – 374 с.

УДК 330.46

**Е. И. Подашевская**

(УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь,  
e-mail: Nelly.pdsh@yandex.by)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ АПК**

*Аннотация.* Использование графической модели в виде дерева решений и ее компьютерная реализация развивает навыки логического мышления при обосновании принятия управленческих решений.

*Ключевые слова:* дерево решений, оптимальная стратегия, анализ вариантов, обучение студентов.

**Н. I. Podashevskaya**

(Belarusian State Agrarian Technical University,  
Minsk, Republic of Belarus)

## **MODELING OF THE DECISION-MAKING ALGORITHM IN THE AGRICULTURAL SECTOR**

*Abstract.* The use of a graphical model in the form of a decision tree and its computer implementation develops logical thinking skills when justifying management decisions.

*Keywords:* decision tree, optimal strategy, analysis of options, training of students.

Цифровизация становится определяющим фактором качества принятия решений экономического плана [1, 2]. Для обоснованного выбора оптимального решения в условиях неопределенности первое, что необходимо сделать, – это представить все возможные варианты действий и развилки со случайными исходами [3]. Хорошим средством для визуального представления является построение графической модели в виде дерева решений [4]. Поскольку в дальнейшем потребуется проводить многовариантные расчеты, то целесообразно в качестве технического средства использовать программу Excel. Для широкого внедрения такого подхода в практику принятия решений нужно сделать его максимально простым для реализации и активно использовать в процессе обучения студентов.

Дерева решений состоят из вершин (круги, квадраты) и ветвей (линии).

1. Узел принятия решений – состояние, в котором лицо, принимающее решение, должно выбрать одно из возможных решений. Традиционное обозначение – квадрат. Очевидно, что исходное состояние системы – это всегда узел решений.

2. Линии, выходящие из узла решения и показывающие принятое решение. Линия может заканчиваться либо следующим узлом решений, либо состоянием, после которого возможны различные исходы. Так как принимающий решение не может повлиять на исход, то остается лишь вычислять вероятности, соответствующие этим исходам.

3. Узел событий – место появления случайных исходов, которые определяются вероятностными оценками. Традиционное обозначение – кружок.

4. Линии, выходящие из узла событий и характеризующиеся своими вероятностями. Они соответствуют различным возможным вариантам разрешения неопределенности и не являются объектом чьего-либо управления. Сумма вероятностей по всем ветвям, исходящим из одной вершины, равна 1.

Когда все решения и их исходы указаны на дереве решений, то все ветви будут заканчиваться конечными узлами, для которых можно определить числовое значение результата. Поэтому такие узлы часто называют конечными значениями. Если все возможные решения реализованы и для каждого узла событий вероятности возможных исходов определены, то постановка задачи и построение модели закончены.

Расчет оптимальной многоходовой стратегии выполняется в обратном порядке. Если узел решений является предшествующим узлом,

то выбираем ветвь, которая дает наилучший результат. Он ставится в соответствие этому узлу. Если предшествующий узел – узел событий, то ему будет соответствовать математическое ожидание результата.

Математическое ожидание результата рассчитывается в Excel как сумма парных произведений значений для возможных исходов, умноженных на их вероятности. Результат, который будет получен для текущего узла событий, – это математическое ожидание результата при использовании этого узла. В зависимости от случайных факторов как результат, так и сама стратегия могут изменяться. На построенном дереве решений все варианты стратегий и получаемые результаты уже показаны.

Поскольку вероятностные оценки возможных исходов зачастую имеют субъективный характер, то целесообразно проводить серию расчетов, прокачивая отдельные числовые параметры. Это позволит оценить, при каких изменениях оценок вероятностей возможных исходов происходит изменение оптимальной стратегии.

Рассмотрим реализацию предлагаемого подхода на примере. Необходимо принять решение о монтаже новой производственной линии переработки продуктов. Стоимость монтажа и ожидаемая прибыль известны, но успешность ее работы оценивается только предположительной вероятностной оценкой. Возможно проведение эксперимента, который потребует определенных затрат, но позволит повысить точность вероятностных оценок. При первом расчете, показанном на рис. 1, оптимальным решением будет проведение эксперимента и монтаж линии только в случае его успеха.

Предположим, что оценка вероятности успешной работы линии увеличена до 0,66 при неизменных остальных данных (рис. 2). В этом случае оптимальная стратегия изменится – эксперимент излишен, надо сразу монтировать линию. Увеличится также и стоимостная оценка прибыли.

С помощью построенного дерева решений можно анализировать любые варианты исходных данных. Естественно, что первоначальное построение дерева решений может показаться трудоемким, однако по мере накопления опыта основная работа – это продумывание вариантов развития событий и оценка их характеристик. При этом для сокращения трудозатрат при графическом построении модели рекомендуется предварительно подготавливать необходимые графические элементы для последующего использования.

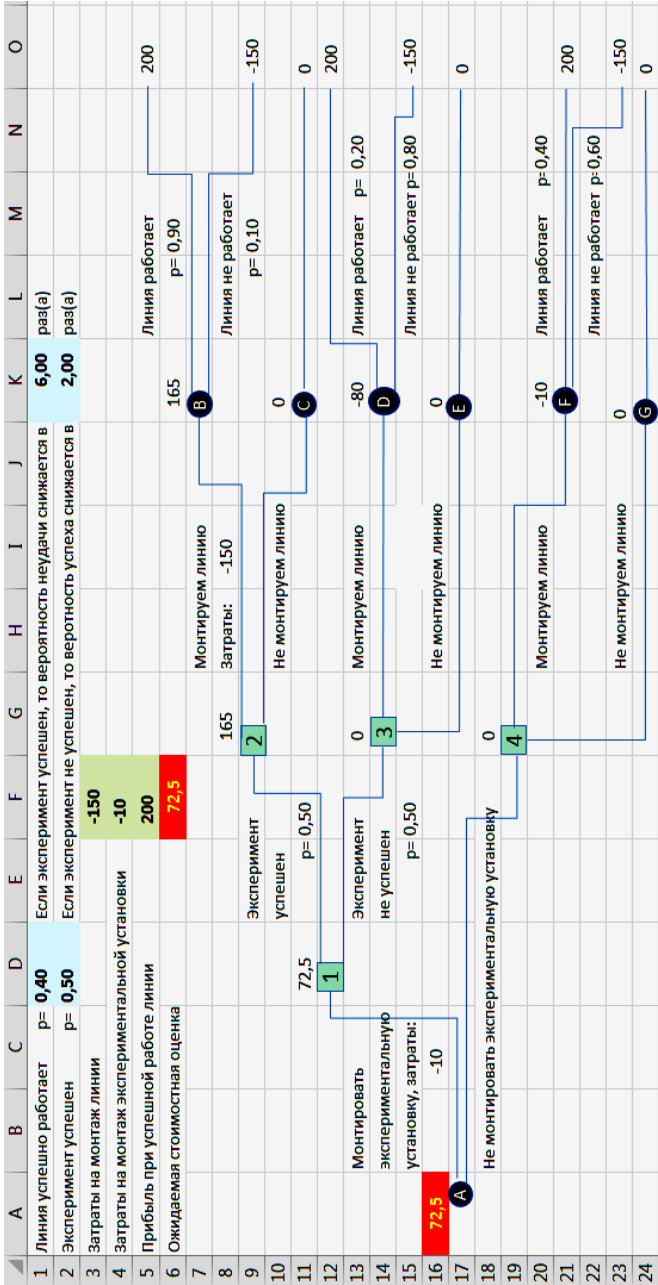


Рис. 1. Дерево решений при вероятности успешной работы линии 0,40

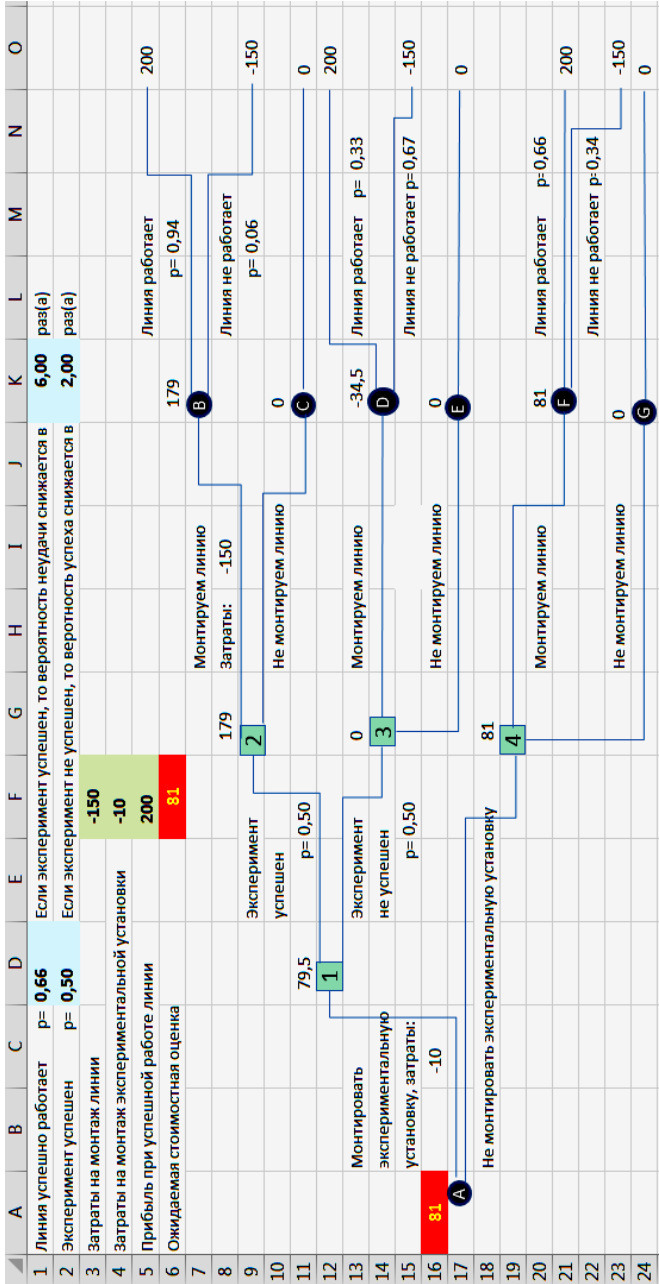


Рис. 2. Дерево решений при вероятности успешной работы линии 0,66

Применение дерева решений при обучении будущих специалистов будет способствовать развитию умения анализировать возможные варианты развития ситуации и логично обосновывать выбор оптимальной стратегии действий.

### ***Список использованных источников***

1. Романенко, А. В. О системных основах управления в реальном секторе экономики / А. В. Романенко, А. И. Попов, В. Л. Пархоменко // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. – 2014. – № 2(31). – С. 28 – 35.

2. Поляков, Д. В. Оптимизация управления финансовой деятельностью на основе теории нечетких множеств / Д. В. Поляков, А. И. Попов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 64 – 78.

3. Романенко, А. В. Об информационных основах принятия решений при управлении хозяйствующим субъектом / А. В. Романенко, А. И. Попов, В. Л. Пархоменко // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – № 8. – С. 134 – 136.

4. Винстон Уэйн Л. Microsoft Excel 2013. Анализ данных и бизнес-моделирование. – М.: Изд-во «Русская редакция»; СПб.: «БХВ-Петербург», 2015.

### ***References***

1. Romanenko, A. V. on system bases of management in the real sector of economy / A. V. Romanenko, A. I. Popov, V. L. Parkhomenko // Bulletin of the V. N. Tatishchev Volga state University. – 2014. – No. 2(31). – P. 28 – 35.

2. Polyakov, D. V. Optimization of financial activity management based on the theory of odd sets / D. V. Polyakov, A. I. Popov // Vestnik of TSTU. – 2020. – V. 26, No. 1. – P. 64 – 78.

3. Romanenko, A. V. On information bases of decision-making in the management of an economic entity / A. V. Romanenko, A. I. Popov, V. L. Parkhomenko // Science and business: ways of development. – 2013. – No. 8. – P. 134 – 136.

4. Winston, Wayne L. In Microsoft Excel 2013. Data analysis and business modeling. – Moscow; Saint Petersburg, 2015. – 864 p.

**Д. А. Родионов, С. И. Лазарев**

(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
кафедра «Механика и инженерная графика», Тамбов, Россия,  
e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ TDS-, pH-, EC-ТЕСТЕРОВ**

*Аннотация.* Рассмотрено применение цифровых тестеров для определения количества солей, pH, электропроводности молочной сыворотки в процессе концентрирования молочных белков.

*Ключевые слова:* молочная сыворотка, концентрирование, мембрана, цифровые тестеры.

**D. A. Rodionov, S. I. Lazarev**

(Tambov State Technical University, Department of Mechanics  
and Engineering Graphics, Tambov, Russia)

## **STUDY OF THE COMPOSITION OF WHEY USING DIGITAL TDS, PH, EC TESTERS**

*Abstract.* The paper considers the use of digital testers to determine the amount of salts, pH, electrical conductivity of whey in the process of concentrating milk proteins.

*Keywords:* whey, concentration, membrane, digital testers.

В процессе переработки молока в сыр образуется большое количество вторичного молочного сырья. Во вторичное молочное сырье переходит наибольшее количество полезных элементов, таких как водорастворимые витамины, минеральные вещества, а также молочный белок. При использовании мембранных технологий молочный белок с высокой долей до 80% по массе можно сконцентрировать [1]. Для исследования процесса концентрирования молочной сыворотки применялась установка, описанная в работе [2]. В качестве мембран использовались трубчатые ультрафильтры типа БТУ 05/2 с внутренним расположением мембраны, изготовленные из полисульфона [3]. В процессе концентрирования молочной сыворотки под действием температуры изменялась pH, что могло негативно повлиять на мембрану, а впоследствии на процесс концентрирования. Согласно ГОСТ Р 53456–2009 «Концентраты сывороточных белков. Технические условия» [4] уровень деминерализации концентрата сывороточ-



ного белка должен быть не менее 80%. Имеются исследования по концентрированию молочной сыворотки с наложением электрического тока [5]. Имея данные по количеству солей, рН, а также электропроводности, можно более эффективно концентрировать белок из вторичного молочного сырья. Для определения трех вышеуказанных параметров использовались экспресс-цифровые TDS-, рН-, ЕС-тестеры. Результаты экспериментальных данных представлены на рис. 1 – 3.

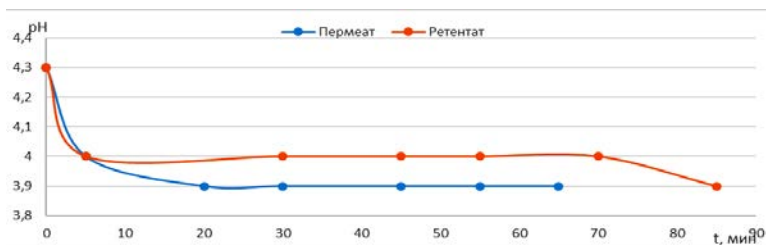


Рис. 1. Изменение рН от времени эксперимента

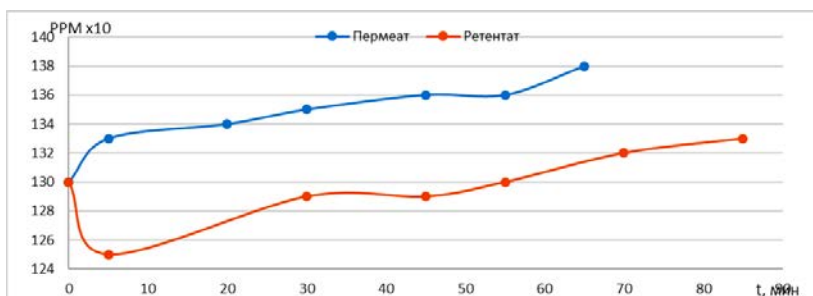


Рис. 2. Изменение концентрации солей от времени эксперимента

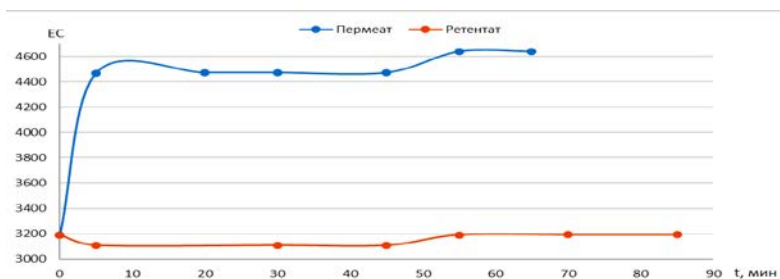


Рис. 3. Изменение электропроводности молочной сыворотки от времени эксперимента

Как видно на рис. 1, исходный рН молочной сыворотки был 4,3, во время эксперимента его рН изменился до 3,9 для двух потоков пермеата и ретентата. Так как для материала мембраны из полисульфона диапазон рН от 1 до 13, то можно сделать вывод, что рН раствора 3,9 является допустимым, но, например, для материала мембраны из ацетата целлюлозы данный показатель был бы на грани нижнего порога, рабочий диапазон рН для ацетатцеллюлозной мембраны – 4...8 [3].

Как видно на рис. 2, 3, графики имеют одинаковый вид, это связано с тем, что на рис. 2 показана зависимость концентрации солей от времени эксперимента, а поскольку ультрафильтрационная мембрана не задерживает соли, то концентрация в обоих растворах почти одинакова, наблюдается более низкая концентрация в ретентате. Это связано с тем, что у мембраны образуется пограничный слой, который затрудняет прохождение части солей. А поскольку именно соли в растворе молочной сыворотки проводят электрический ток, то схожую картину мы наблюдаем на рис. 3.

В работе представлены результаты применения цифровых тестеров для определения количества солей, рН, электропроводности молочной сыворотки в процессе концентрирования молочных белков.

#### ***Список использованных источников***

1. Ожгихина, Н. Н. Рациональная переработка молочной сыворотки / Н. Н. Ожгихина, Т. А. Волкова // Переработка молока. – 2012. – № 9. – С. 44 – 47.
2. Ультрафильтрационная установка для концентрирования молочной сыворотки / Д. А. Родионов, С. И. Лазарев, Е. В. Эккерт, К. К. Полянский // Сыроделие и маслоделие. – 2020. – № 1. – С. 40–41.
3. ВЛАДИПОР [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.vladipor.ru/catalog/show/&cid=010&id=1> (дата обращения: 20.07.2020).
4. ГОСТ Р 53456–2009. Концентраты сывороточных белков. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2010. – 9 с.
5. Разработка мембранного аппарата комбинированного типа для очистки промышленных стоков / В. Ю. Богомолов, В. И. Кочетов, С. И. Лазарев, А. Е. Стрельников // Техника и технологии – 2014 : сб. статей Междунар. науч.-техн. конф. – Брянск, 2014. – С. 66 – 68.

#### ***References***

1. Ozhgikhina N. N., Volkova T. A. Rational processing of milk whey // Processing of milk. – 2012. – No. 9. – P. 44 – 47.
2. Rodionov D. A., Lazarev S. I., Eckert E. V., Polyansky K. K. Ultrafiltration unit for concentrating milk whey // Cheese making and butter making. – 2020. – No. 1. – P. 40–41.

3. VLADIPOR [Electronic resource]. – URL : <http://www.vladipor.ru/catalog/show/&cid=010&id=1> (Date of treatment: 20.07.2020).

4. GOST R 53456–2009. Whey protein concentrates. Technical conditions. – М. : Standartinform, 2010. – 9 p.

5. Development of a combined-type membrane apparatus for industrial wastewater treatment / V. Yu. Bogomolov, V. I. Kochetov, S. I. Lazarev, A. E. Strelnikov // Technics and Technologies – 2014 : Collection of Articles of the Intern. scientific and technical conf. – Bryansk, 2014. – P. 66 – 68.

УДК 378.012

**И. Ю. Русецкий, Д. А. Бурак, С. А. Левшунов**

(УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», кафедра моделирования и проектирования, Минск, Республика Беларусь, e-mail: bsatu.silver@gmail.com; Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь)

## **ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОСВОЕНИЯ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

*Аннотация.* Рассмотрен процесс проектирования программного модуля для мониторинга изучения учебных материалов студентами на основе ASP.NET MVC и AngularJS.

*Ключевые слова:* модель данных, проектирование, система, сервер, клиент.

**I. Yu. Ruseckij, D. A. Burak, S. A. Levshunov**

(Belarusian State Agrarian Technical University, Department of Modeling and Design, Minsk, Respublika Belarus; Belarusian National Technical University, Minsk, Respublika Belarus)

## **SOFTWARE MODULE OF THE SYSTEM FOR MONITORING THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL ENGINEERING SPECIALTIES**

*Abstract.* The process of designing a software module for monitoring the study of educational materials by students based on ASP.NET MVC and AngularJS.

*Keywords:* data model, design, system, server, client.

**Введение.** Целью исследования является проектирование и реализация программного модуля для мониторинга изучения учебных материалов студентами на основе ASP.NET MVC и AngularJS.

В процессе работы над проектом выполнено логическое и физическое моделирование данных, спроектирована и реализована база данных.

**Материалы и методы исследования.** Созданное программное обеспечение использует многослойный принцип построения архитектуры приложений, который позволяет разрабатывать масштабируемые программные решения, легкие в тестировании, сопровождении. Это обуславливает практическую значимость данного направления.

Для выполнения проекта выбраны язык программирования C#, среда разработки MS Visual Studio 2017, для разработки пользовательского интерфейса HTML5 и CCS3, фреймворк AngularJS, система управления базами данных MS SQL.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результат построения физической модели данных обуславливается выбором СУБД MS SQL Server 2016. Физическая модель содержит информацию о всех объектах базы данных: таблицах, полях, индексах, процедурах и т.д. Физическая модель БД приведена на рис. 1.

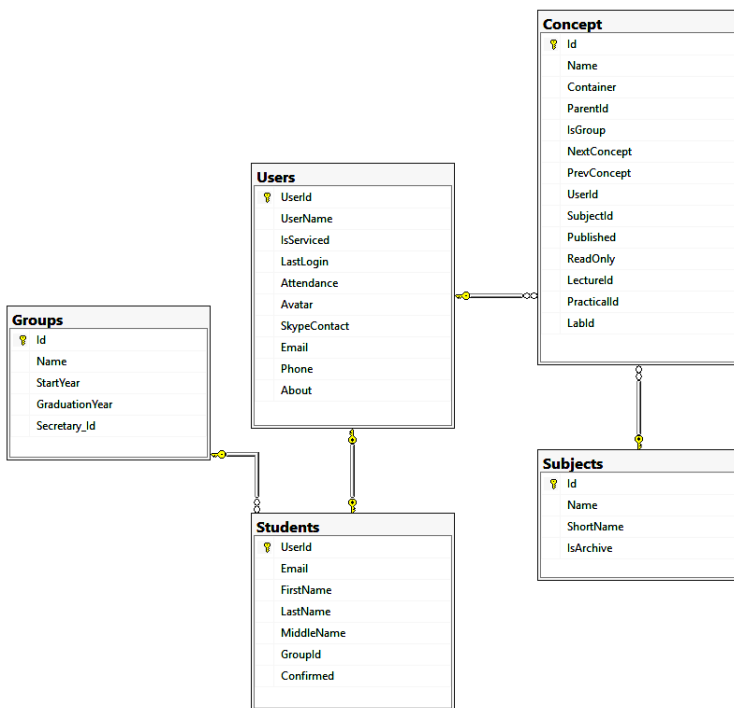


Рис. 1. Схема физической модели данных

На рисунке 2 изображен набор таблиц, которые хранят информацию о пользователях и их ролях.

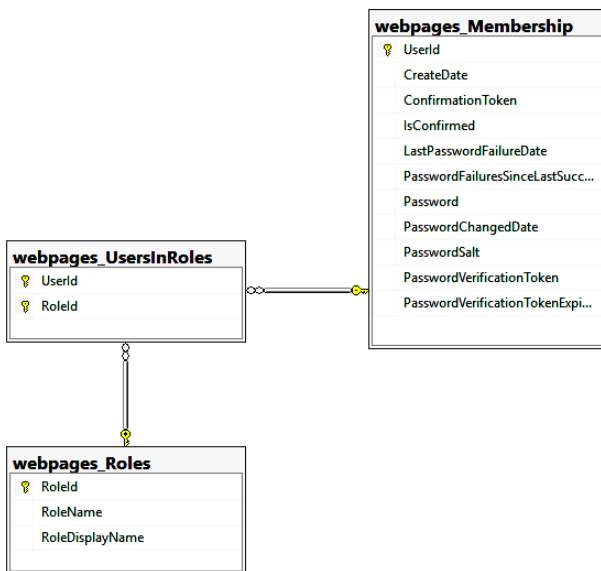


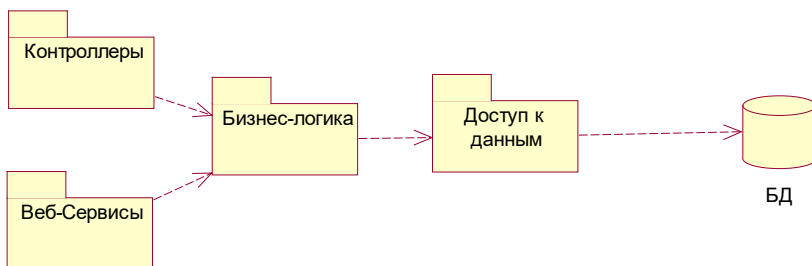
Рис. 2. Таблицы информации о пользователях и их ролях

Диаграмма компонентов клиентской части приложения, представленная на рис. 3, состоит из компьютера клиента с установленным на нем браузером, который делает запрос на сервер, чтобы получить содержимое сайта и отобразить на экране.



Рис. 3. Диаграмма компонентов клиентской части

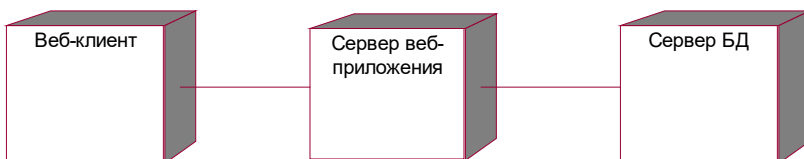
Диаграмма серверной части приложения состоит из сервера Web-приложения, на котором находятся модули сайта, и сервера базы данных. Web-сервер по запросам клиента обращается к серверу БД, генерирует HTML-страницы с требуемыми данными и отправляет их клиенту. Диаграмма компонентов серверной части представлена на рис. 4.



**Рис. 4. Диаграмма компонентов серверной части**

Диаграмма компонентов серверной части определяет архитектуру разрабатываемой системы, устанавливает зависимости между функциональными частями системы, которые показаны пунктирными стрелками. Серверная часть приложения имеет многослойную архитектуру.

Физическое расположение системы представляется с использованием диаграммы развертывания, на которой отображаются элементы и компоненты системы, существующие только в момент ее исполнения: исполняемые файлы или динамические библиотеки. На диаграмме развертывания изображаются процессоры, устройства, процессы и связи между ними. Данная диаграмма изображена на рис. 5.



**Рис. 5. Диаграмма развертывания системы**

**Выводы.** Разработанная система предоставляет следующие возможности:

- 1) доступ в систему двух типов пользователей: преподавателя и студента;
- 2) для пользователя-студента – просмотр учебных материалов;
- 3) для пользователя-преподавателя – предоставляется возможность добавления/изменения/удаления учебных материалов, а также просмотр статистики их изучения студентами;
- 4) дружественный и интуитивно понятный пользовательский интерфейс;

5) контроль над целостностью, корректностью и непротиворечивостью вводимых данных;

6) возможность легкого сопровождения, а также дальнейшего расширения и наращивания функциональности, благодаря трехуровневой архитектуре проектирования.

В ходе выполнения тестирования система показала достаточно стабильные результаты работы. Было установлено, что система успешно работает в стандартном режиме эксплуатации, а также при различных несанкционированных действиях пользователя.

### ***Список использованных источников***

1. Серебрякова, Н. Г. Современные концепции инженерного образования: анализ в рамках компетентностного подхода / Н. Г. Серебрякова // Высшая школа: наукова-методичны і публіцистичны часопис. – 2017. – № 6(122). – С. 23 – 27.

2. Серебрякова, Н. Г. Интеграция дисциплин естественнонаучного и профессионального циклов учебного плана технического вуза // Н. Г. Серебрякова, Л. С. Шабека, Е. В. Галушко // Профессиональное образование. – 2017. – № 2(28). – С. 19 – 23.

3. Серебрякова, Н. Г. Образовательные стандарты подготовки инженеров-механиков / Н. Г. Серебрякова, А. М. Карпович // Профессиональное образование. – 2018. – № 2(32). – С. 3 – 11.

4. Основы информационных технологий: пособие / Н. Г. Серебрякова, О. Л. Сапун, Р. И. Фурунжиев. – Минск : БГАТУ, 2015. – 400 с.

### ***References***

1. Serebryakova, N. G. Modern concepts of engineering education: analysis within the competence approach / N. G. Serebryakova // Vysheishaya shkola: influence-metodyczny i publcaton chaps. – 2017. – No. 6(122). – P. 23 – 27.

2. Serebryakova, N. G. Integration of disciplines of natural science and professional cycles of the curriculum of a technical University // N. G. Serebryakova, L. S. Shabeka, E. V. Galushko // Professional education. – 2017. – No. 2(28). – P. 19 – 23.

3. Serebryakova, N. G. Educational standards for training mechanical engineers / N. G. Serebryakova, A. M. Karpovich // Professional education. – 2018. – No. 2(32). – P. 3 – 11.

4. Basics of information technologies: a manual / N. G. Serebryakova, O. L. Sapun, R. I. Furunzhiev. – Minsk : BGATU, 2015. – 400 p.

## **АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ**

*Аннотация.* Установлено, что в фермерских хозяйствах как минимум на 18% могут быть сокращены ресурсные затраты без снижения объемов производства или на 39% увеличены объемы товарной продукции при неизменной ресурсообеспеченности.

*Ключевые слова:* фермерские хозяйства, техническая эффективность, метод анализа оболочки данных.

**S. N. Sazonov**

(FSBSI “All-Russian Research Institute for Use of Machinery  
and Petroleum Products in Agriculture”, Tambov, Russia)

## **ANALYSIS OF TECHNICAL EFFICIENCY OF USE OF RESOURCES IN FARM ENTERPRISES**

*Abstract.* It was established that resource costs of farm enterprises can be reduced by at least 18% without reducing production output or otherwise production output can be increased by 39% with the present resource availability.

*Keywords:* farm enterprises, technical efficiency, data envelopment analysis method.

В отечественной научной практике при анализе экономической эффективности обычно ограничиваются традиционными показателями рентабельности. В то же время в зарубежной научной практике, а с недавних пор и в отечественной научной литературе, активно используются более информативные методы экономического анализа. В частности, речь идет об исчислении технической эффективности в рамках концепции, выдвинутой Фаррелом [1]. Исходная посылка при этом подразумевает, что для используемого перечня ресурсов производства существует максимум производимой продукции. Естественно, что результаты деятельности конкретного, например, фермерского хозяйства могут или совпадать с этим максимумом, или быть меньше его. Суть анализа технической эффективности состоит в сравнении расхождений между фактическими показателями фермерского хозяйства и лучших (эталонных) хозяйств, которые формируют так называемую границу эффективности [2 – 5].



Для проведения расчетов по оценке технической эффективности используется несколько методов, ниже представлены материалы, полученные с использованием метода анализа оболочки данных АОД (Data Envelopment Analysis). Этот метод с помощью линейного программирования позволяет получить «оболочку данных», которая определяет максимальный результат деятельности при любом сочетании ресурсов производства. В лучших по результативности хозяйствах они зафиксированы на линейной оболочке, при увеличении ресурсного обеспечения их отдача не уменьшается («постоянный эффект масштаба» – CRS (Constant Returns to Scale)). Понятно, что это является самой жесткой оценкой, и в практических условиях подобное развитие событий маловероятно. Наиболее реальна ситуация, когда изменение объема привлекаемых ресурсов влечет за собой и изменение их отдачи («переменный эффект масштаба» – VRS (Variable Returns to Scale)). Очевидно, что решение должно охватывать и задачу «на максимум продукции», и задачу «на минимум затрат ресурсов». В качестве информационной базы использовались результаты многолетнего мониторинга деятельности фермерских хозяйств Тамбовской области [6 – 11].

В результате проведенных исследований установлено следующее. При решении задачи на минимум затрат ресурсов установлено, что в модели с постоянным эффектом масштаба средняя техническая эффективность составила – 0,53, а в модели с переменным эффектом масштаба – 0,82. Это говорит о том, что в условиях, наиболее приближенных к реальной хозяйственной практике, в среднем в фермерском секторе сохранение прежних объемов производства возможно при сокращении ресурсной обеспеченности на 18%. При этом доля фермерских хозяйств, которые при переменном эффекте масштаба сформировали эффективный фронт, составляет 57,5%. Это свидетельствует о том, что не менее 42,5% хозяйств могут существенно повысить эффективность использования ресурсов.

Анализ данных полученных при оценке технической эффективности фермерских хозяйств, нацеленной на максимизацию объемов производства, свидетельствует, что в среднем техническая эффективность с постоянным эффектом масштаба составила 0,53, а в модели с переменным эффектом масштаба – 0,61. Это свидетельствует о том, что в реальных условиях потенциально возможно увеличение выручки в фермерских хозяйствах на 39%, без использования дополнительных ресурсов производства. При этом установлено, что не менее 80,5% фермерских хозяйств теоретически могут увеличить объемы производства, используя уже имеющиеся у них ресурсы.

В целом полученные результаты позволяют утверждать, что целесообразно использовать дифференцированные подходы для повышения эффективности использования производственных ресурсов в различных группах фермерских хозяйств, которые отличаются между собой не только наличием производственных ресурсов, но и эффективностью их использования.

### ***Список использованных источников***

1. Farrel J. Michael. 1957: The measurement of Productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Series A, General 125 Part 2: 252 – 267.
2. Сарайкин, В. А. Анализ изменений технической эффективности сельскохозяйственных организаций России за годы реформ / В. А. Сарайкин, Р. Г. Янбых // Проблемы прогнозирования. – 2004. – № 4(145). – С. 38 – 46.
3. Тиллак, П. Техническая эффективность сельскохозяйственных предприятий Ленинградской области / П. Тиллак, Д. Эпштейн // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2003. – № 4. – С. 33 – 46.
4. Сазонов, С. Н. Анализ технической эффективности использования ресурсов в фермерских хозяйствах / С. Н. Сазонов // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2019. – № 1. – С. 148 – 153.
5. Сазонова, Д. Д. Оценка технической эффективности использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах / Д. Д. Сазонова, С. Н. Сазонов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2012. – № 3-4. – С. 108 – 128.
6. Сазонова, Д. Д. Итоги деятельности фермерских хозяйств Тамбовской области / Д. Д. Сазонова, С. Н. Сазонов // Наука в центральной России. – 2016. – № 5. – С. 44 – 54.
7. Сазонов, С. Н. Анализ производственной функции, отражающей эффективность использования ресурсов в фермерских хозяйствах / С. Н. Сазонов, Д. Д. Сазонова // Наука в центральной России. – 2017. – № 4(28). – С. 81 – 88.
8. Сазонов, С. Н. Структура и динамика затрат в фермерских хозяйствах / С. Н. Сазонов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2018. – Т. 8, № 8А. – С. 112 – 120.
9. Сазонова, Д. Д. Ретроспективный анализ оснащенности фермерских хозяйств машинами и механизмами / Д. Д. Сазонова, С. Н. Сазонов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2015. – № 2. – С. 91 – 112.
10. Сазонов, С. Н. Обеспечение нефтепродуктами фермерских хозяйств / С. Н. Сазонов, Д. Д. Сазонова, О. Н. Попова // Наука в центральной России. – 2013. – № 1. – С. 51 – 57.

11. Ерохин, Г. Н. Моделирование потерь зерна за зерноуборочными комбайнами / Г. Н. Ерохин, С. Н. Сазонов, В. В. Коновский // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2014. – № 2. – С. 65 – 68.

### *References*

1. Farrel, J. Michael. 1957: The measurement of Productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Series A, General 125 Part 2: 252 – 267.

2. Sarajkin, V. A. Analiz izmenenij tekhnicheskoy effektivnosti sel'skohozyajstvennyh organizacij Rossii za gody reform / V. A. Sarajkin, R. G. Yanbyh // Problemy prognozirovaniya. – 2004. – № 4(145). – S. 38 – 46

3. Tillak, P. Tekhnicheskaya effektivnost' sel'skohozyajstvennyh predpriyatij Leningradskoj oblasti / P. Tillak, D. Epshtejn // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. – 2003. – № 4. – S. 33 – 46.

4. Sazonov, S. N. Analiz tekhnicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya resursov v fermerskih hozyajstvah / S. N. Sazonov // Vestnik Michurinskogo GAU. – 2019. – № 1. – S. 148 – 153.

5. Sazonova, D. D. Ocenka tekhnicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya proizvodstvennyh resursov v fermerskih hozyajstvah / D. D. Sazonova, S. N. Sazonov // Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra. – 2012. – № 3-4. – S. 108 – 128.

6. Sazonova, D. D. Itogi deyatelnosti fermerskih hozyajstv Tambovskoj oblasti / D. D. Sazonova, S. N. Sazonov // Nauka v central'noj Rossii. – 2016. – № 5. – S. 44 – 54.

7. Sazonov, S. N. Analiz proizvodstvennoj funkicii, otrazhayushchej effektivnost' ispol'zovaniya resursov v fermerskih hozyajstvah / S. N. Sazonov, D. D. Sazonova // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. – № 4(28). – S. 81 – 88.

8. Sazonov, S. N. Struktura i dinamika zatrat v fermerskih hozyajstvah / S. N. Sazonov // Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra. – 2018. – T. 8. – № 8A. – S. 112 – 120.

9. Sazonova, D. D. Retrospektivnyj analiz osnashchennosti fermerskih hozyajstv mashinami i mekhanizmami / D. D. Sazonova, S. N. Sazonov // Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra. – 2015. – № 2. – S. 91 – 112.

10. Sazonov, S. N. Obespechenie nefteproduktami fermerskih hozyajstv / S. N. Sazonov, D. D. Sazonova, O. N. Popova // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 1. – S. 51-57

11. Erohin, G. N. Modelirovanie poter' zerna za zernouborochnymi kombajnami / G. N. Erohin, S. N. Sazonov, V. V. Konovskij // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 2. – S. 65 – 68.

**Л. С. Герасимович, О. Л. Сапун**  
(УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», кафедра энергетики, кафедра информационных процессов и моделирования экономических процессов, Минск, Республика Беларусь)

## **ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к построению интегрированной системы расчета энергосберегающих проектов предприятий АПК. Приведены функции и характеристики данной системы.

*Ключевые слова:* интегрированная система, расчет энергосберегающих проектов, декомпозиция энергосистемы, концептуальное моделирование энергосистем.

**L. S. Gerasimovich, O. L. Sapun**  
(Belarusian State Agrarian Technical University, Department of Energy, Department of Information Processes and Modeling of Economic Processes, Minsk, Respublika Belarus)

## **INTEGRATED DIGITAL SYSTEM FOR CALCULATING ENERGY-SAVING PROJECTS OF AGRICULTURAL ENTERPRISES**

*Abstract.* An approach to building an integrated system for calculating energy-saving projects of agricultural enterprises is considered. The functions and characteristics of this system are given.

*Keywords:* integrated system, calculation of energy-saving projects, decomposition of the energy system, conceptual modeling of energy systems.

Методологической базой исследований является комплексный энергоэкономический метод и метод системного анализа аграрной энергетики.

В соответствии с этими методами энергосистема агрогородков рассматривается как часть общеэнергетической системы Беларуси. Она представляет собой единую совокупность взаимосвязанных специализированных подсистем, систем электро-, тепло- и газоснабжения, а также подсистем снабжения различными видами твердого и жидкого топлива, и подсистем, основанных на использовании местных и возобновляемых энергоресурсов и энергоносителей [1].

При разработке комплексного энергообеспечения, энергоэффективности и энергобезопасности предприятий АПК в качестве базовых приняты основополагающие документы, определяющие социально-экономическое развитие Беларуси и безопасное энергетическое обеспечение страны на период до 2020 г. [2].

В рамках данной концепции авторами была разработана интегрированная цифровая система автоматизированного расчета энергосберегающих проектов (АРЭП). Весь программный комплекс выполнен в виде информационного хранилища WEB-сайта «Аграрная энергетика» Института энергетики НАН Беларуси совместно со специалистами Белорусского государственного аграрного технического университета.

Интегрированная цифровая система АРЭП предназначена для разработки приоритетного ряда энергосберегающих мероприятий при формировании плана этих мероприятий, предпроектной подготовки бизнес-планов и автоматизированного расчета энергосберегающих проектов по исходным данным пользователя, проведения анализа рассчитанных проектов, их многокритериального сравнения, оценки эффективности их реализации, а также по исходным данным энергоаудита предприятия [3].

В соответствии с изложенными принципами решение задачи включает следующие этапы: формулирование конкретной задачи; декомпозиция предприятия на элементы; упорядочение элементов по степени их предпочтения, включающее разработку эвристико-кибернетических моделей элементов; формирование целевых последовательностей элементов.

Система обеспечивает выполнение следующих функций: декомпозиция объекта и ввод первичных данных об элементах декомпозиции; проверка и корректировка энергетического баланса; оценка текущего состояния объектов с помощью вербального анализа; фильтрация и выбор объектов для анализа; выбор энергосберегающих мероприятий (ЭСМ) из базы, в том числе использование созданных пользовательских энергосберегающих мероприятий; ввод характеристик ЭСМ и констант; многокритериальное сравнение ЭСМ в рамках одного объекта и всего проекта; формирование отчета по выбранным ЭСМ.

Работа с системой начинается с обледования и декомпозиции энергосистемы предприятия и затем формирования целевых последовательностей в зависимости от конкретных постановок задач энергосбережения.

Под элементами энергетической системы предприятия понимается подсистема (или устройство), на вход которой поступают, а на выходе образуются соответствующие энергетические потоки.

В качестве основных подсистем различают источники и потребители энергетических ресурсов. Источниками потоков энергии являются электро- или теплогенерирующие установки (электрические подстанции и тепловые котельные предприятия). Потребителями энергоресурсов могут быть приняты основные и вспомогательные цеха предприятий.

Это так называемый первый иерархический уровень декомпозиции предприятия, необходимый для составления энергетического баланса предприятия.

Дальнейшая декомпозиция энергетической системы второго и последующих уровней декомпозиции включает разделение источников и потребителей энергоресурсов на отдельные системы (теплоснабжения, электроснабжения, сжатого воздуха, водопотребления и т.д.), установки, агрегаты и группы одинаковых установок, относящихся к основной технологической схеме превращения и потребления энергоресурсов. Ключевым моментом является то, что каждый нижеследующий уровень является потребителем, а вышестоящий – источником энергоресурсов соответственно.

В обоих случаях перечень элементов, подлежащих дальнейшему обследованию с точки зрения энергоэффективности, может быть составлен с учетом системы показателей, характеризующих состояние учета и нормирования расхода энергоносителей, энергетическую составляющую себестоимости продукции, расход энергоносителя, затраты на совершенствование элемента и эффект от этого совершенствования.

Важную роль играют экспертная оценка этого процесса декомпозиции и синтез энергоэкономических решений. Экспертами являются главные специалисты энергослужбы предприятия и привлеченные из аудиторских фирм и предприятий.

Конечным результатом экспертизы является декомпозиция с последующим синтезом системы энергосберегающих мероприятий по выбранным критериям эффективности с использованием приложенного банка данных энергетических объектов различного назначения.

Результат декомпозиции выбранного уровня вводится в качестве исходных объектов в систему АРЭП [4].

Интегрированная цифровая система выполняет расчет таких критериев эффективности, как: чистый дисконтированный доход, индекс доходности проекта, статический и динамический срок окупаемости инвестиций, внутренняя норма дохода, комплексный показатель энергоэффективности проекта, годовой эффект.

Разработанная интегрированная цифровая система расчета энергосберегающих проектов показала, что она обеспечивает системное концептуальное моделирование взаимосвязанных подсистем энергоснабжения и энергопотребления энергосистем и расчет критериев эффективности для предприятий АПК.

### *Список использованных источников*

1. Комплексное энергообеспечение сельского хозяйства. Научные системы ведения сельского хозяйства Республики Беларусь / Л. С. Герасимович, О. Л. Сапун и др. ; В. Г. Гусаков (гл. ред.) и др. // Нац. Акад. наук Беларуси, Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ. – Минск : Беларуская навука, 2020. – С. 634 – 639.
2. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь // Энергетика и ТЭК. – 2016. – № 1. – С. 33 – 40.
3. Герасимович, Л. С. Методология научного обоснования аграрных комплексных энергосистем с использованием местных ресурсов / Л. С. Герасимович, О. Л. Сапун, А. В. Синенький // Весті нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – Минск, 2019. – Т. 57, № 1. – С. 93 – 109.
4. Герасимович, Л. С. Система автоматизированного расчета энергосберегающих проектов предприятия «АРЭП» / Л. С. Герасимович, О. Л. Сапун // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК : сб. науч. статей XII Междунар. науч.-практ. конф. – Минск : БГАТУ. – 2020. – С. 304 – 309.

### *References*

1. Gerasimovich L. S. Sapun O. L. etc. / Integrated energy supply of agriculture // Scientific systems of agriculture of the Republic of Belarus / V. G. Gusakov (chap. Red.) Nat. Acad. Sciences of Belarus, Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus. – Minsk : Belaruskaya Navuka, 2020. – P. 634 – 639.
2. The concept of energy security of the Republic of Belarus / Energy and fuel and energy complex. – 2016. – No. 1. – P. 33 – 40.
3. Gerasimovich L. S., Sapun O. L., Sinenky A. V. Methodology of the scientific justification of agrarian integrated energy systems using local resources. – Minsk : Vesti natsyanalnay akademii science of Belarus. – 2019. – V. 57, No. 1. – P. 93 – 109.
4. Gerasimovich L. S., Sapun O. L. The system of automated calculation of energy-saving projects of the enterprise “AREP” // Collection of scientific articles of the XII International scientific-practical conference “Formation of organizational and economic conditions for the effective functioning of the agro-industrial complex”. – Minsk : BSTU. – 2020. – P. 304 – 309.

**З. М. Селиванова**

(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных  
систем», Тамбов, Россия, e-mail: selivanova\_zm@mail.ru)

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ  
ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ДЛЯ ОБЪЕКТОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

*Аннотация.* Осуществлена постановка задачи обеспечения требуемой точности контролируемых параметров экологических строительных материалов для объектов агропромышленного комплекса; предложена математическая модель, позволяющая установить точность контроля теплопроводности объектов исследования; разработан алгоритм оценки точности информационно-измерительной и управляющей системы.

*Ключевые слова:* экологические строительные материалы, оценка точности, теплопроводность, алгоритм обеспечения заданной точности, объекты агропромышленного комплекса.

**Z. M. Selivanova**

(Tambov State Technical University, Department of Design  
of Radio-Electronic and Microprocessor Systems, Tambov, Russia)

**ASSESSMENT OF THE ACCURACY  
OF THE INFORMATION-MEASURING  
AND CONTROL SYSTEM WHEN SOLVING QUALITY  
CONTROL PROBLEMS OF ECOLOGICAL  
CONSTRUCTION MATERIALS FOR OBJECTS  
OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

*Abstract.* The task was formulated to ensure the required accuracy of the controlled parameters of ecological building materials for the objects of the agro-industrial complex; a mathematical model has been proposed that allows to establish the accuracy of monitoring the thermal conductivity of research objects; an algorithm for assessing the accuracy of the information-measuring and control system has been developed.

*Keywords:* ecological building materials, assessment of accuracy, thermal conductivity, algorithm for ensuring the specified accuracy, objects of the agro-industrial complex.



В строительной индустрии агропромышленного комплекса широко применяются экологически чистые технологии, развивается эко-дизайн в строительстве, так как реализация строящихся объектов (животноводческие и тепличные комплексы, птицеводческие комбинаты и др.) становится финансово более прибыльной, если здания и сооружения построены из экологических строительных материалов (ЭСМ). Контроль теплопроводности, являющейся важной характеристикой ЭСМ, необходим при оценке качества строительного материала. Предлагается информационно-измерительная и управляющая система (ИИУС) [1] для контроля теплопроводности экологических строительных материалов и показателей режима технологических процессов изготовления ЭСМ, что позволит обеспечить заданную точность измерения теплопроводности ( $\lambda$ ) и повысить качество материалов. Погрешность контроля  $\lambda$  ЭСМ ( $\lambda = [0,03 \dots 0,80]$  Вт/(м·К)) зависит от ряда факторов: метрологического уровня системы, точности технологических процессов при изготовлении строительных материалов, воздействия дестабилизирующих факторов на ИИУС и технологические процессы выпуска продукции.

*Постановка задачи обеспечения требуемой точности ИИУС:* проанализировать погрешности контроля  $\lambda$  строительных материалов с применением ИИУС; оценить точность функционирования ИИУС с учетом влияния внешних и внутренних факторов; согласно требованиям ГОСТ на параметры и характеристики строительных материалов обеспечить выпуск продукции надлежащего качества с заданной теплопроводностью; создать математическую модель, позволяющую определить точность контроля теплопроводности строительных материалов с использованием функциональной зависимости точности результатов измерения теплопроводности  $\lambda$  от показателей точности ЭСМ, ИИУС, режимных параметров технологических процессов; разработать алгоритм, который обеспечивает требуемую точность контроля  $\lambda$  ЭСМ, относительную погрешность измерения не более 6%.

Точность определения  $\lambda$  ЭСМ зависит от погрешностей алгоритма функционирования ИИУС, устройств измерительного канала системы и влияющих факторов. Техническое несовершенство измерительных устройств ИИУС и влияние дестабилизирующих факторов предлагается устранить в результате применения разработанного алгоритма оценки и коррекции результатов измерения  $\lambda$  ЭСМ, цифровизации измерительного канала ИИУС.

Разработана математическая модель, устанавливающая функциональную зависимость точностных параметров при контроле  $\lambda$  ЭСМ:

$$y_n = f(x_i, \delta_T, Q_j, D_m, V_{\text{ИИУС}}),$$

где  $y_n$  – выходные показатели точности результатов измерения  $\lambda$  ЭСМ,  $n$  – количество  $y$ ;  $x_i$  – входные показатели оценивания уровня точности (исследуемых материалов, исходного сырья, технологического оборудования, измерительной системы),  $i$  – число  $x$ ;  $\delta_T$  – точность контроля  $\lambda$  материалов;  $Q_j$  – параметры управления технологическим процессом производства продукции,  $j$  – количество  $Q$ ;  $D_m$  – параметры, имеющие случайный характер, неуправляемые,  $m$  – количество  $D$  (влияющие факторы на измерительную систему и технологический процесс изготовления ЭСМ);  $V_{\text{ИИУС}}$  – параметры метрологического уровня измерительной системы.

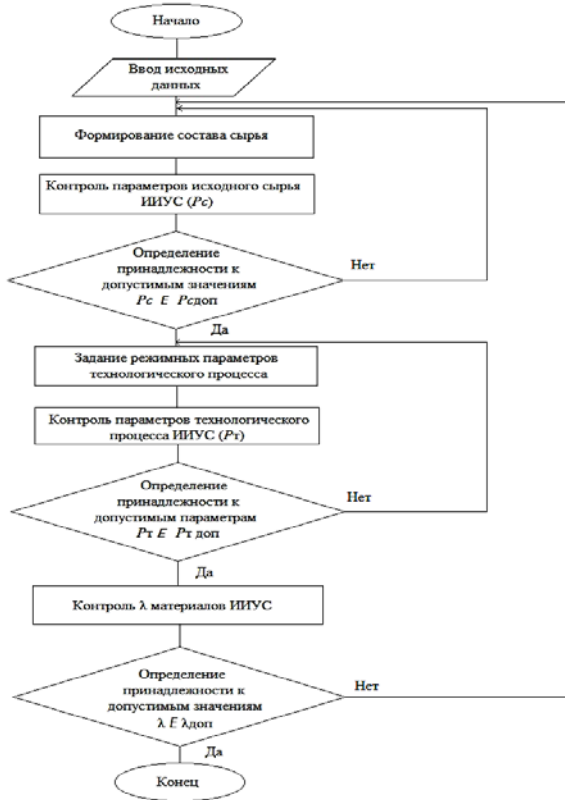


Рис. 1. Алгоритм оценки и коррекции результатов измерения  $\lambda$  ЭСМ

На рисунке 1 приведен алгоритм оценки и коррекции результатов измерения  $\lambda$  экологических строительных материалов.

Ряд экспериментальных исследований ИИУС ЭСМ позволил установить влияние точности входных параметров  $x_i$  – ЭСМ, сырья для производств ЭСМ, применяемого оборудования, измерительной системы, управляемых показателей технологических процессов и влияющих факторов, на точность выходных параметров  $y_n$ . Получены аппроксимирующие зависимости:  $\lambda = f(x_i)$ ;  $\lambda = f(Q_j)$ ;  $\lambda = f(D_m)$ ;  $\lambda = f(V_{\text{ИИУС}})$ .

Применение математической модели, позволяющей установить точность контроля  $\lambda$  ЭСМ, и алгоритма достижения точностных характеристик определения  $\lambda$  позволили выполнить оценку точности функционирования ИИУС, что способствует повышению качества строительных материалов.

#### ***Список использованных источников***

1. Селиванова. З. М. Моделирование интеллектуальной информационно-измерительной системы для контроля термофизических свойств материалов и изделий / З. М. Селиванова, Д. С. Куренков, Т. А. Хоанг // Физический журнал. Серия конференций. – 2019. – Т. 1278. – С. 12 – 40.

#### ***References***

1. Selivanova, Z. M. Modelling of intelligent information measuring system to control hermophysical properties of materials and products / Z. M. Selivanova, D. S. Kurenkov, T. A. Hoang // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1278. – P. 12 – 40.

**А. И. Сукачев, Е. А. Сукачева, Д. А. Попов, К. С. Кондауров**  
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,  
Воронеж, Россия, e-mail: mag.dip@yandex.ru)

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Аннотация.* Рассмотрена реализация мобильной метеостанции для фермерского хозяйства. Приведен алгоритм разработки влагомера почвы, осуществлен выбор компонентной базы. Разработано схмотехническое решение и представлена трехмерная модель сборки печатной платы.

*Ключевые слова:* метеостанция, датчик, генератор, микроконтроллер.

**A. I. Sukachev, E. A. Sukacheva, D. A. Popov, K. S. Kondaurou**  
(Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia)

## **DEVELOPMENT OF A MOBILE WEATHER STATION FOR FARMING TASKS**

*Abstract.* The implementation of a mobile weather station for a farm is Considered. An algorithm for developing a soil moisture meter is considered, a component base is selected, a circuit design is developed, and a three-dimensional model of PCB Assembly is presented.

*Keywords:* weather station, sensor, generator, microcontroller.

Системы автоматизированного мониторинга и поддержки принятия решений в сельскохозяйственной области состоят из набора датчиков, которые являются сенсорной системой и программным обеспечением, которое анализирует собранную информацию и формирует перечень возможных решений проблемы. Одним из элементов сенсорной системы являются мобильные метеостанции. Задача метеостанции – предоставлять информацию о температуре, влажности воздуха, направлении и скорости ветра, давлении и влажности почвы. В рамках данной статьи рассмотрен вопрос разработки почвенного влагомера.

В качестве почвенного влагомера предлагается схема устройства, изменяющего свою рабочую частоту в зависимости от влажности почвы. Структурная схема устройства изображена на рис. 1.

В качестве генератора использована микросхема генератора, управляемого напряжением (ГУН) производства компании Motorola MC1648.

Микросхема является ГУНом, если используется типовая схема включения с варикапом в резонансном контуре (рис. 2).

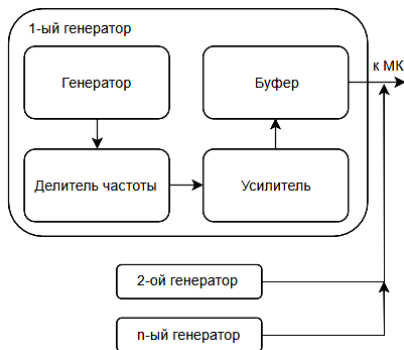


Рис. 1. Структурная схема влагомера

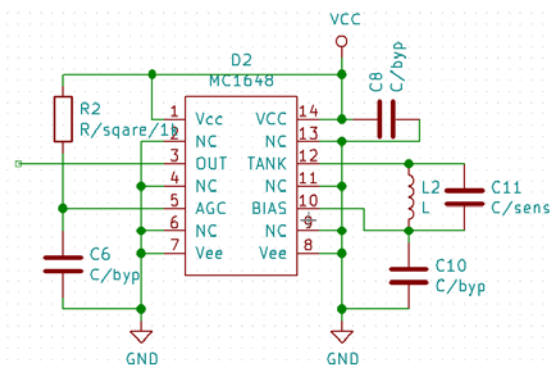


Рис. 2. Принципиальная схема генератора

Резистор R2 необходим для получения на выходе схемы прямоугольного импульса, задает смещение на 5 вход схемы. C11 – используемая сенсорная емкость, составляет резонансный контур с индуктивностью L2. C6, C8, C10 – помехозащитные шунтирующие конденсаторы.

Конструкция датчика влажности почвы (сенсорной емкости) представляет собой несколько пар сенсорных емкостей, закрепленных на металлической трубе. Обкладки конденсаторов выглядят как алюминиевые цилиндрические поверхности толщиной около 1 мм и высотой около 10 см. Расстояние между краями обкладок около 2,5 см. При таком расположении и форме обкладок емкость полученного конденсатора можно посчитать по следующей формуле:

$$C = \frac{2\varepsilon_0\varepsilon\pi rl}{d},$$

где  $d$  – среднее расстояние между обкладками;  $r$  – наружный радиус обкладки;  $l$  – длина одной обкладки;  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды;  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная.

Величина емкости такого датчика варьируется в пределах от 10 до 40 пФ. Зададимся средним значением около 25 пФ. Тогда, установив рабочую частоту генератора около 80 МГц, можем рассчитать индуктивность резонансного контура по формуле

$$L = \frac{1}{C(2\pi f)^2} = \frac{1}{25 \text{ пФ} \cdot (2\pi \cdot 80 \text{ МГц})^2} = 158,3 \text{ нГн},$$

где  $C$  – величина сенсорной емкости;  $f$  – рабочая частота генератора.

Подставим формулу частоты резонансного контура емкости плоского конденсатора и получим функцию зависимости от  $\varepsilon$ :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{\left(\frac{2\varepsilon_0\varepsilon\pi rl}{d}\right)}}.$$

Построим график полученной зависимости и изобразим его на рис. 3.



**Рис. 3. Зависимости частоты генератора от диэлектрической проницаемости почвы**

Исходя из этого, можно сделать вывод, что полученная кривая имеет квадратичную форму и является приближенной калибровочной зависимостью датчика. Также имеет место быть большая девиация частоты в районе 60 МГц, что позволит получить относительно высокую точность измерений.

Выходной сигнал генератора поступает на делитель частоты, так как микроконтроллер не может измерять частоты выше своей тактовой. Для этого используется микросхема производства компании Philips Semiconductors SAB6456. Для измерения выходного сигнала необходимо привести его к логическим уровням 0...5 В. Для этого используется высокоскоростной низковольтный компаратор напряжения LMV331 в корпусе SOT-23-5.

Показания с датчиков снимаются по очереди в определенное заданное время. В остальное время генераторы, как и другие периферийные устройства, должны быть отключены от питания для минимизации потребления тока в состоянии холостого хода. Для этого используется схема подачи питания через оптопару. Чтобы минимизировать количество используемых выводов от микроконтроллера, используется схема с инвертирующим элементом на основе триггера Шмидта.

Итоговая схема разработанного генератора изображена на рис. 4.

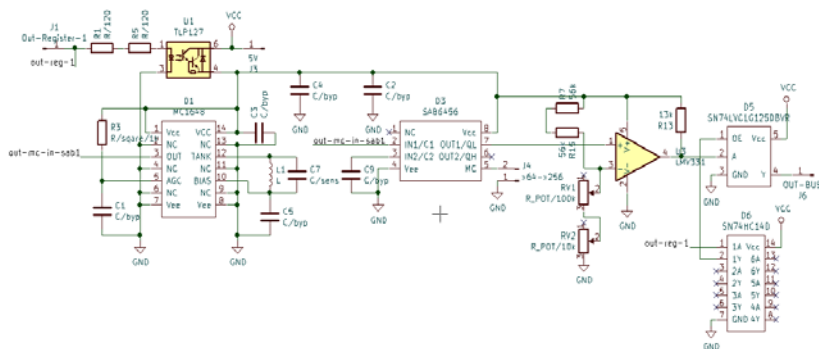


Рис. 4. Итоговая схема генератора

3D-модель разработанного устройства изображена на рис. 5.

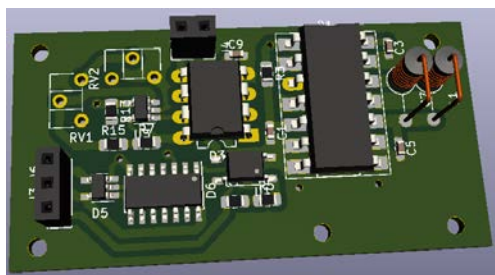


Рис. 5. 3D-модель устройства, верхний слой

### ***Список использованных источников***

1. Система регистрации параметров окружающей среды для прогнозирования лесных пожаров / Ю. С. Балашов, Д. В. Журавлев, А. И. Сукачев и др. / Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. тр. конф. – Тамбов, 2018. – С. 79 – 82.

### ***References***

1. System of registration of environmental parameters for predicting forest fires / Balashov Yu. S., Zhuravlev D. V., Sukachev A. I., Miller I. V., Volodko A. V. / Digitalization of the agro-industrial complex : proceedings of the conference. – Tambov, 2018. – P. 79 – 82.

УДК 681.5

**Е. А. Титов, А. Ю. Селиванов, Д. С. Андреев**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
Тамбов, Россия, e-mail: ztccsr4568@mail.ru, istrebion@yandex.ru,  
aylhthtd@gmail.com)

## **МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНЫХ ДАННЫХ**

*Аннотация.* Рассмотрен пример построения моделей прогнозирования влажности почвы на основе алгоритма XGBoost.

*Ключевые слова:* прогнозирование влажности почвы, машинное обучение, XGBoost.

**E. A. Titov, A. Y. Selivanov, D. S. Andreev**  
(Tambov State Technical University, Department of Information  
Systems and Information Security, Tambov, Russia)

## **SOIL MOISTURE PREDICTION MODELS BASED ON MACHINE LEARNING METHODS IN INCOMPLETE DATA CONDITIONS**

*Abstract.* An example of building soil moisture prediction models based on the XGBoost algorithm.

*Keywords:* soil moisture prediction, machine learning, XGBoost.



Точная оценка влажности почвы является сложным процессом и имеет большое значение для управления ресурсами в растениеводстве, а также для проектирования и эксплуатации ирригационных систем. При разработке вычислительных методов оценки водного баланса почвы применяются методы машинного обучения, использующие среднемесячные климатические данные за достаточно большой промежуток времени [1]. В случае отсутствия подобной статистики (введение нового поля в оборот, изменение типа выращиваемой культуры) вопрос прогнозирования влажности почвы по небольшому объему исторических данных остается открытым.

Для решения задачи построения модели прогнозирования влажности почвы в условиях неполных данных авторами использован датасет, который был собран компанией WAZIHUB в рамках эксперимента, проведенного с использованием датчиков «Интернета вещей» (IoT) в течение нескольких месяцев на четырех сельскохозяйственных полях [2]. Датчики IoT были размещены на полях, засеянных двумя видами культур. Поля были расположены рядом друг с другом и находились на расстоянии одного метра.

При орошении полей использовались три графика полива:

1. Достаточный объем полива: орошение производилось каждые два дня.

2. Меньший объем полива, чем требуется: орошение производилось реже, чем раз в два дня, т.е. культуры орошались нерегулярно, в результате чего получали меньше влаги, чем требовалось.

3. Полив, основанный на потерях влаги: вода подавалась на основании оценки потерь влаги. Потери влаги рассчитывались с использованием различных параметров, включая эвапотранспирацию и уровень влажности почвы, собранный с помощью датчиков IoT.

Достаточный объем полива при орошении получала культура четвертого поля, меньший объем полива – культуры первого и третьего полей. График полива, основанный на потерях влаги, использовался для орошения второго поля.

На каждом из полей были установлены датчики влажности почвы IoT, а рядом с полями – метеостанция IoT. IoT-устройства передавали следующие данные с интервалом пять минут: влажность почвы (%), температура воздуха (°C), влажность воздуха (%), давление (кПа), скорость ветра (км/ч), порыв ветра (км/ч), направление ветра (градусы). В собранный набор данных также включена переменная «индикатор орошения», связанная с каждым из четырех полей. Переменная «индикатор орошения» установлена в значение 1, если в определенный

пятиминутный интервал орошение было произведено, и в значение 0, когда орошение не производилось. Другие данные были собраны вручную на ежедневной основе (но были записаны за предыдущий день). Список дополнительных признаков представлен в работе [2].

Для построения модели прогнозирования влажности почвы на основе методов машинного обучения использовался тренировочный набор, включающий в себя 7134 образца данных каждого из четырех полей. Для проверки качества работы модели использовался тестовый набор, включающий 1779 образцов данных для каждого из четырех полей. Используемая метрика оценки качества моделей – RMSE.

В результате серии проведенных экспериментов были построены четыре модели машинного обученного (по одной на каждое поле), имеющие общую среднюю квадратическую ошибку при прогнозе влажности почвы на тестовых данных, равную 9,31. Все модели используют алгоритм градиентного бустинга над деревьями решений XGBoost, показавший лучшую обобщающую способность среди прочих протестированных алгоритмов.

Отбор признаков, на которых строились модели, проводился в рамках самого алгоритма градиентного бустинга во время обучения модели. В качестве меры для выбора оптимального разделения данных в узлах деревьев и оценки важности признаков использовался показатель информационного выигрыша. По результатам отбора было установлено, что использование множества следующих признаков позволяет получить модель, имеющую минимальную ошибку на тестовых данных: температура воздуха (Air temperature (°C)), влажность воздуха (Air humidity (%)), давление (Pressure (kPa)), скорость ветра (Wind speed (km/h)), порыв ветра (Wind gust (km/h)), направление ветра (Wind direction (Deg)), индикатор орошения (Irrigation field 1/2/3/4), коэффициент культуры ( $K_c$ ), потребность в воде культуры за день (Water\_Need\_1day), средняя скорость ветра за предыдущий день (Wind\_Speed), число пятиминутных интервалов без полива и с поливом (Counter). Число пятиминутных интервалов без полива и с поливом – новый признак, который был искусственно создан по результатам проведенных экспериментов. Значение коэффициента культуры ( $K_c$ ) рассчитывается как отношение показателей  $ET_c$  и  $ET_o$ .  $ET_c$  – измеренная скорость эвапотранспирации,  $ET_o$  – эталонная эвапотранспирация.

Очевидно, что в тестовых данных, на которых надо было выполнить прогноз, отсутствовали значения следующих признаков: коэффициент культуры, средняя скорость ветра за предыдущий день (исключая первый день прогноза), потребность в воде культуры за день. В качестве отсутствующих значений признаков брался максимум среди значений

этих признаков в пределах некоторого окна. Полученное решение фактически использует одну модель (XGBoost) для прогнозирования влажности почвы для всех четырех полей, при этом модель должна быть переобучена на каждом поле в отдельности без изменения каких-либо параметров. Полученное решение может стать основой приложения.

### ***Список использованных источников***

1. Prasad R., Deo R. C., Li Y., Maraseni T. Soil moisture forecasting by a hybrid machine learning technique: ELM integrated with ensemble empirical mode decomposition // *Geoderma*. – 2018. – V. 330. – P. 136 – 161.
2. Wazihub Soil Moisture Prediction Challenge [Электронный ресурс]. – URL : <https://zindi.africa/competitions/wazihub-soil-moisture-prediction-challenge/>

### ***References***

1. Prasad R., Deo R. C., Li Y., Maraseni T. Soil moisture forecasting by a hybrid machine learning technique: ELM integrated with ensemble empirical mode decomposition // *Geoderma*. – 2018. – V. 330. – P. 136 – 161.
2. Wazihub Soil Moisture Prediction Challenge [Digital resource]. – Access Mode: <https://zindi.africa/competitions/wazihub-soil-moisture-prediction-challenge/>

УДК 004.932,623.74

**В. Н. Тяпкин, И. Н. Ищук, Ю. Ю. Громов**

(Военный учебный центр Сибирского федерального университета,  
Красноярск, Россия, e-mail: [tyrkin58@mail.ru](mailto:tyrkin58@mail.ru);

Военный учебно-научный центр «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»,  
Воронеж, Россия, e-mail: [boerby76@mail.ru](mailto:boerby76@mail.ru);

Тамбовский государственный технический университет,  
Тамбов, Россия, e-mail: [gromovtambov@yandex.ru](mailto:gromovtambov@yandex.ru))

## **МЕТОДЫ ТЕПЛОВОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ИНФРАКРАСНОГО МОНИТОРИНГА**

*Аннотация.* Рассмотрены технология и методы тепловой томографии с использованием видовой информации, получаемой от беспилотных летательных аппаратов, в интересах мониторинга объектов агропромышленного комплекса.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, тепловая томограмма, антропогенный ландшафт.

**V. N. Tyapkin, I. N. Ishchuk, Yu. Yu. Gromov**  
(Military Training Center of the Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk, Russia;  
Military Training and Research Center “Military Air Academy  
named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin”,  
Voronezh, Russia;  
Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

## **THERMAL TOMOGRAPHY METHODS FOR PROCESSING INFRARED MONITORING DATA**

*Annotation.* The technology and methods of thermal tomography using specific information obtained from unmanned aerial vehicles in the interests of monitoring objects of the agro-industrial complex are considered.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, thermal tomogram, anthropogenic landscape.

Одним из направлений опережающего развития в области мониторинга техногенных объектов агропромышленного комплекса на основе данных, полученных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), является интеграция интеллектуальных систем и методов теории регуляризации. В основе методов регуляризации лежит эксперимент – целенаправленная организация наблюдений над геофизическим полем и измерение его характеристик. Результаты этих измерений служат исходными данными для последующих выводов о антропогенных ландшафтах района дистанционного мониторинга с БПЛА. Кроме экспериментальных данных, необходимо знание математических моделей, описывающих формирование инфракрасных (ИК) сигнатур объектов агропромышленного комплекса и подстилающей поверхности. В понятие математической модели входит описание закона, по которому можно вычислить геофизическое поле с учетом априорных сведений о характеристиках объектов и множестве их допустимых значений. Решение таких задач относится к обратным задачам, условно-корректная постановка которых позволяет получить некоторое компактное множество допустимых решений. Компактность достигается за счет конечного числа параметров, перебираемых оптимизационным алгоритмом. Получение регуляризирующего оператора с учетом данных натуральных экспериментов обеспечивает семейство стохастически регуляризирующих операторов, зависящих от параметра регуляризации.

Ведение аэрокосмической съемки в условиях полигонных испытаний одного участка местности в течение длительного времени позволяет фиксировать динамику процессов, происходящих на поверхности земли в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн. Поэтому использование робототехнических комплексов с большой продолжительностью полета послужило причиной развития новых подходов к обработке набора изображений, полученных в различные промежутки времени. Один из таких подходов предполагает использование периодической съемки местности в ИК-диапазоне с получением набора ИК-изображений – кубоида ИК-изображений, отражающего динамику изменения температур на поверхности исследуемого района. Обработка кубоида ИК-изображений позволяет выделить области со схожей динамикой изменения тепловых контрастов. Наличие на изображении антропогенных ландшафтов с известными теплофизическими параметрами – эталонных тест-объектов, позволяет выделить области, в которых динамика изменения тепловых контрастов оказалась близкой к заданным эталонным тест-объектам. Такой подход основан на методах теории регуляризации, в ходе практической реализации которых решены следующие задачи:

1. Построено компактное множество допустимых моделей конвективного теплообмена антропогенных ландшафтов на подстилающих поверхностях в условиях полигонных измерений, обеспечивающих комплексный анализ изображений в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн на основе априорных сведений об испытуемом районе и объектах [1 – 3].

2. Разработан алгоритм получения стохастически регуляризованного по принципу невязки решения коэффициентной обратной задачи теплопроводности, принадлежащего компактному множеству допустимых моделей, обеспечивающему формирование базы данных тепловых томограмм «объектов-аналогов» и подстилающих поверхностей, позволяющий провести метрологическую оценку данных дистанционных измерений теплофизических параметров «эталонных» объектах [4 – 6].


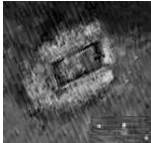
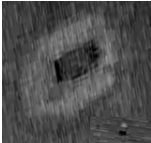
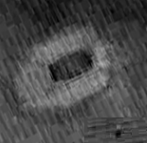
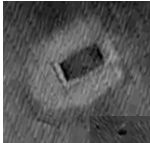

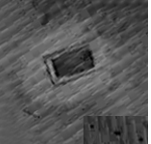


3. Построена компьютерная модель антропогенных ландшафтов на основе алгоритма экстраполяции температурных и радиационных полей районов дистанционного мониторинга по базам данных тепловых томограмм «объектов-аналогов», подстилающих поверхностей, учитывающая их географическое положение, а также метеорологические условия, и обеспечивающая получение пространственно-временных оценок эффективности ведения мониторинга в инфракрасном

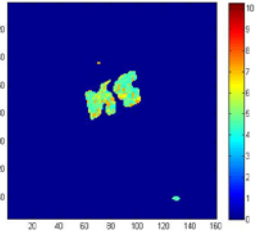
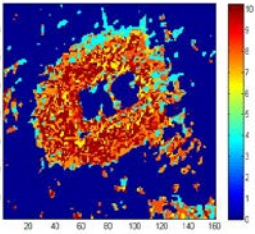
диапазоне длин волн. Компьютерная модель реализована в виде комплекса программ наземной станции обработки динамических изображений в видимом и ИК-диапазонах длин волн с построением тепловых томограмм, функционирующих на базе многомашинного вычислительного кластера [7, 8].

Один из полученных практических результатов заключается в алгоритмическом построении тепловых томограмм объектов дистанционного мониторинга, которые представлены в табл. 1.

Таким образом, научная значимость решения проблемы определяется возникшим противоречием между потребностью представления информации о пространственном распределении теплофизических свойств антропогенных ландшафтов в ходе решения задач дистанционного мониторинга в оптическом диапазоне длин волн и существующей практикой анализа данных по отдельным ИК-сигнатурам земной поверхности. Учитывая ускоренное развитие новых БПЛА большой длительности полета «Альтаир» (УЗГА г. Екатеринбург) и «Орион» («Кронштадт» г. Москва), внедрение технологии тепловой томографии в геоинформационные системы обеспечит новое качественное развитие агропромышленного комплекса.

### 1. Сигнатуры объектов

Макет объекта (видимый диапазон)				
Инфракрасные изображения 19-20.07.2019				
	18 : 00	20 : 00	22 : 00	00 : 00
				
	02 : 00	05 : 00	09 : 30	11 : 20

Тепловые томограммы в градации яркости относительно тепловой активности $\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с}^{1/2})$		
	Наземный объект	Подповерхностный объект

*Работа выполнена по гранту РФФИ № 18-08-00053 А.*

#### **Список использованных источников**

1. Ishchuk I. N., Parfir'ev A. V. 2014. The Reconstruction of a Cuboid of Infrared Images to Detect Hidden Objects. Part 1. A Solution Based on the Coefficient Inverse Problem of Heat Conduction. Measurement Techniques, January 2014. – V. 56, Is. 10. – P. 1162 – 1166.

2. Ishchuk I. N., Parfir'ev A. V. 2014. The Reconstruction of a Cuboid of Infrared Images to Detect Hidden Objects. Part 2. A Method and Apparatus for Remote Measurements of the Thermal Parameters of Isotropic Materials. Measurement Techniques. – April 2014. – V. 57, Is. 1. – P. 74 – 78.

3. Ishchuk I. N., Filimonov A. M., Tyapkin V. N., Semenov M. E., Kabulova E. A. Cuboids of Infrared Images Reduction Obtained from Unmanned Aerial Vehicles // Modern applied science. – 2015. – No. 3(9). – P. 233 – 240.

4. Корреляционная обработка кубоида инфракрасных изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов. Часть 1. Моделирование и обработка инфракрасных сигнатур техногенных объектов в процессе суточного изменения температур / И. Н. Ищук, Ю. Ю. Громов, К. В. Постнов и др. // Техника и технологии. – 2016. – № 9(3). – С. 310 – 318.

5. Корреляционная обработка кубоида инфракрасных изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов. Часть 2. Метод обработки инфракрасных сигнатур эталонных объектов на основе численного решения нелинейной задачи теплообмена / И. Н. Ищук, А. М. Филимонов, К. В. Постнов и др. // Техника и технологии. – 2016. – № 9(3). – С. 376 – 384.

6. Методика оценки динамики изменения вероятностных характеристик распознавания объектов воздушной разведки / И. Н. Ищук, А. А. Долгов, А. М. Филимонов, Д. Д. Дмитриев // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Техника и технологии. – 2019. – Т. 12, № 6. – С. 683 – 693.

7. Ищук, И. Н. Способ классификации техногенных объектов на основе построения многослойных тепловых томограмм / И. Н. Ищук, А. А. Долгов // Сборник трудов ИТНТ-2019.

8. Ищук, И. Н. Оценка вероятностных характеристик распознавания техногенных объектов на фоне земной поверхности по их температурным контрастам / И. Н. Ищук, А. А. Долгов ; под ред Д. Н. Борисова // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. материалов XIX Междунар. науч.-метод. конф. ; Воронеж, Воронежский государственный университет, 14–15 февраля 2019 г. – Воронеж : Изд-во «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2019. – С. 312 – 316.

### *References*

1. Ishchuk I. N., Parfir'ev A. V. 2014. The Reconstruction of a Cuboid of Infrared Images to Detect Hidden Objects. Part 1. A Solution Based on the Coefficient Inverse Problem of Heat Conduction. Measurement Techniques, January 2014. – V. 56, Is. 10. – P. 1162 – 1166.

2. Ishchuk I. N., Parfir'ev A. V. 2014. The Reconstruction of a Cuboid of Infrared Images to Detect Hidden Objects. Part 2. A Method and Apparatus for Remote Measurements of the Thermal Parameters of Isotropic Materials. Measurement Techniques. – April 2014. – V. 57, Is. 1. – P. 74 – 78.

3. Ishchuk I. N., Filimonov A. M., Tyapkin V. N., Semenov M. E., Kabulova E. A. Cuboids of Infrared Images Reduction Obtained from Unmanned Aerial Vehicles // Modern applied science. – 2015. – No. 3(9). – P. 233 – 240.

4. Correlation processing of the cuboid of infrared images obtained from unmanned aerial vehicles. Part 1. Modeling and processing of infrared



signatures of technogenic objects in the process of daily temperature changes / I. N. Ishchuk, Yu. Yu. Gromov, K. V. Postnov, etc. // *Technique and technologies*. – 2016. – No. 9(3). – P. 310 – 318.

5. Correlation processing of the cuboid of infrared images obtained from unmanned aerial vehicles. Part 2. method for processing infrared signatures of reference objects based on the numerical solution of the nonlinear heat transfer problem / I. N. Ishchuk, A. M. Filimonov, and K. V. Postnov // *Technika I tehnologii*. – 2016. – No. 9(3). – P. 376 – 384.

6. Methods for assessing the dynamics of changes in probabilistic characteristics of recognition of air reconnaissance objects / I. N. Ishchuk, A. A. Dolgov, a.m. Filimonov, D. D. Dmitriev // *Journal of the Siberian Federal University. Ser.: Technique and technology*. – 2019. – V. 12, No. 6. – P. 683 – 693.

7. Ishchuk, I. N. Method of classification of technogenic objects based on the construction of multilayer thermal tomograms / I. N. Ishchuk, A. A. Dolgov // *Proceedings of ITNT-2019*.

8. Ishchuk, I. N. evaluation of probabilistic characteristics of recognition of technogenic objects on the background of the earth's surface by their temperature contrasts / I. N. Ishchuk, A. A. Dolgov ; ed. by D. N. Borisov // *Informatics: problems, methodology, technologies : collection of materials of the XIX international. scientific method. Conf. ; Voronezh, Voronezh state University, February 14–15, 2019 – Voronezh : Publishing house “Research publications” (LLC “Welborn”), 2019. – P. 312 – 316.*

УДК 621.396

**А. И. Сукачев, Е. А. Сукачева, Д. А. Попов, Е. С. Татаринцев**  
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия, e-mail: mag.dip@yandex.ru)

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ**

*Аннотация.* Приведена реализация клиентского ПО информационной системы мониторинга состояния сельскохозяйственных полей. Рассмотрен вопрос проектирования функциональной структурной схемы клиентского ПО. Спроектирована UML-диаграмма. Представлены примеры интерфейсов системы.

*Ключевые слова:* информационная система, UML диаграмма, функциональная структурная схема.

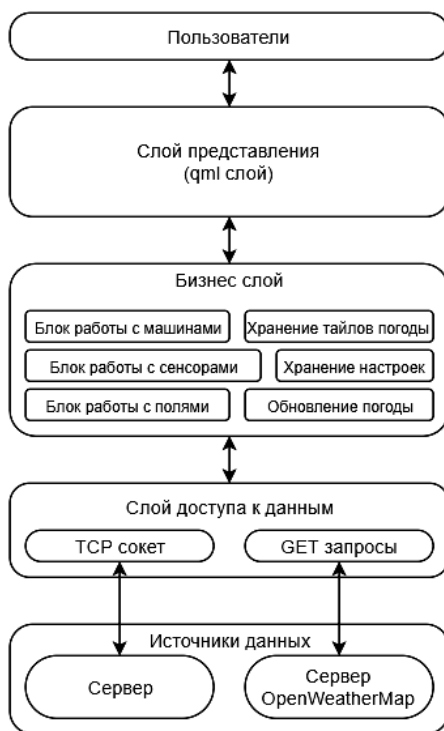
**A. I. Sukachev, E. A. Sukacheva, D. A. Popov, E. S. Tatarintsev**  
(Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia)

## **INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING THE STATE OF AGRICULTURAL FIELDS**

*Abstract.* The implementation of the client software information systems for monitoring the state of agricultural fields is considered. The issue of designing a functional and structural scheme of client software is considered. The UML diagram is designed. Examples of system interfaces are provided.

*Keywords:* information system, UML diagram, functional block diagram.

В данной работе рассмотрен вопрос разработки клиентского ПО системы мониторинга состояния сельскохозяйственных полей. Клиентское ПО спроектировано по архитектуре, представленной на рис. 1.



**Рис. 1. Структура шаблона проектирования**

К слою источника данных относится собственный сервис системы и сервер OpenWeatherMap, последний позволяет получить текущую погоду и прогноз погоды до 14 дней.

К слою доступа к данным относится TCP-сокет, он необходим для подключения, авторизации и получения данных с сервера системы. Для получения погоды необходимо делать GET-запросы.

К бизнес-слою относятся все блоки для получения, хранения и обработки поступающих данных, среди них можно выделить блоки для работы с данными, поступающими от сервера системы (блок работы с машинами, блок работы с сенсорами и блок работы с полями), поступающими от сервера OpenWeatherMap (обновление погоды, получение и хранение тайлов погоды), а также блок хранения – настраивание.

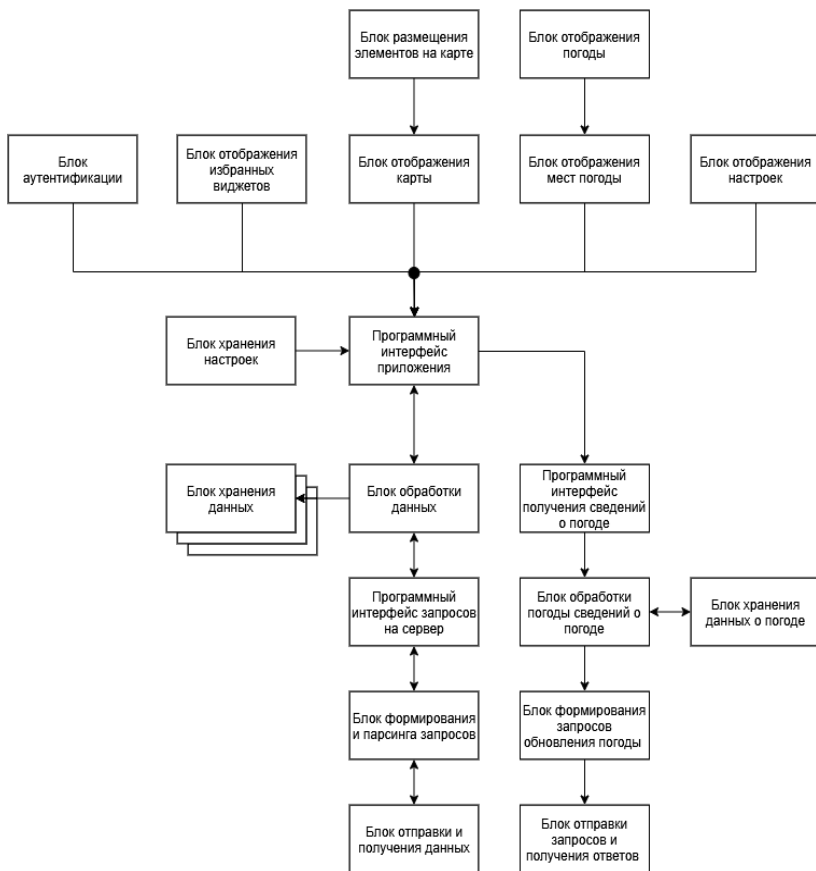
Слой представления представляет собой набор виджетов, используемых для отображения информации.

На рисунке 2 изображена функциональная схема клиентского программного обеспечения.

Блок отправки и получения данных реализует обмен данными посредством потока. Это обеспечивает выполнение модели OSI, когда нижний уровень ничего не знает о передаваемых данных. Далее идет блок формирования и парсинга запросов, данный блок отвечает за протокол обмена между клиентом и сервером. При изменении протокола необходимо будет править только этот блок. Далее идет программный интерфейс запросов на сервер, он обеспечивает одинаковый набор функций для получения данных от сервера. Следующим идет блок обработки данных, он распределяет данные по определенным классам, это могут быть сведения о полях, датчиках или технике. Все ранее описанные блоки собираются в единый блок программного интерфейса приложения. Этот блок реализует единый набор функций для взаимодействия графического пользовательского интерфейса с бизнес-логикой программы. Также слева находится блок хранения настроек приложения. Это могут быть логин и пароль клиента, адрес сервера, выбранный тип карты и т.д.

Графический интерфейс пользователя начинается с объекта main.qml, где содержатся 4 основные страницы приложения и компонент, осуществляющий навигацию между ними.

Первая страница – MainPage.qml, на ней находится компонент, содержащий изобразные виджеты пользователя и диалог для добавления новых.



**Рис. 2. Функциональная схема клиента**

Вторая страница – MapPage.qml, она содержит панель навигации и управления данными с сервера, кнопку фильтрации данных на карте, кнопку управления отображением погодных текстур, кнопку добавления нового поля и саму карту. Карта также является составным элементом, на ней находятся представления всех типов данных, таких как поля, сенсоры и техника.

Третья страница – WeatherPage.qml, на ней находится панель выбора места отображения погоды, виджет текущей погоды, представление из 5 виджетов прогноза погоды на 5 дней по 3 часа и представление из 14 виджетов, содержащих краткий прогноз погоды на 14 дней.

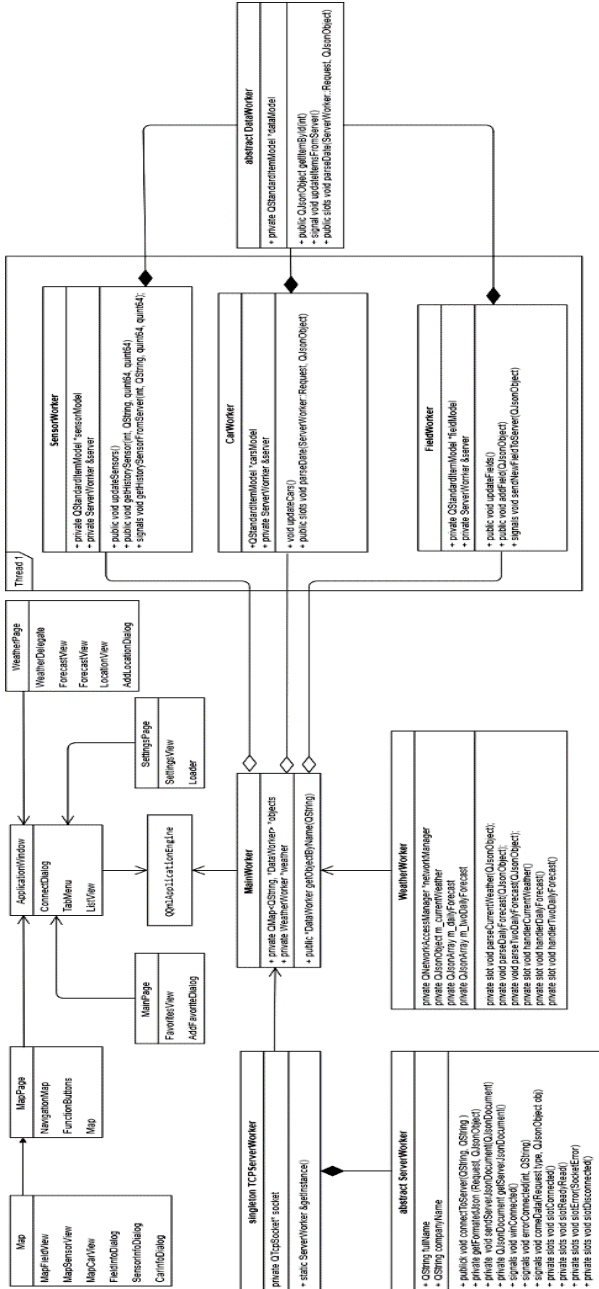


Рис. 3. UML-диаграмма разрабатываемого приложения

Есть два типа виджетов погоды – WeatherDelegate.qml и SmallWeatherDelegate.qml, на первом находятся данные о текущей температуре, минимальная и максимальная температура за день, давление в гПа, влажность в процентах, скорость ветра в м/с и направление, время восхода и заката, иконка и текст текущего типа погоды и прогноз каждые 3 часа начинают с текущего виджета о температуре. SmallWeatherDeleage.qml содержит только иконку типа погоды, данные о средней температуре днем, давлении, влажности, направлении и скорости ветра, а также о времени восхода и заката. Этот тип виджета используется только при отображении прогноза погоды на 14 дней, это обусловлено тем, что невозможно предсказать погоду с точностью, которую отображает WeatherDelegae.qml.

Четвертая страница – SettingPage.qml, она содержит панель навигации между типами настроек и компонент загрузки и отображения выбранной страницы настроек.

#### ***Список использованных источников***

1. Сукачев, А. И. Разработка аппаратно-программной платформы интернета вещей / А. И. Сукачев, И. В. Миллер, Е. А. Сукачева // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития: Четвертая Всерос. молодежная науч. конф., посвященная дню радио. – 2019. – С. 210 – 212.

2. Bashlykov, V. V. Alternative approach to development of specialized elements of object-oriented interface / A. I. Sukachev, Yu. V. Hudyaikov // Modern informatization problems in economics and safety. Proc. of the XXIII-th Int. Open Science Conf. – 2018. – P. 14 – 18.

#### ***References***

1. Sukachev, A. I. Development of hardware and software platform for the Internet of things / A. I. Sukachev, I. V. Miller, E. A. Sukacheva / Radioelectronics. Problems and prospects of development: the Fourth all-Russian conference. youth scientific conference dedicated to the radio day. – 2019. – P. 210 – 212.

2. Bashlykov, V. V. Alternative approach to development of specialized elements of object-oriented interface / A. I. Sukachev, Yu. V. Hudyaikov // Modern informatization problems in economics and safety. Proc. of the XXIII-th Int. Open Science Conf. – 2018. – P. 14 – 18.

**В. Н. Тяпкин, А. И. Елисеев, Н. Г. Шахов, В. Д. Казанцев**  
(ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,  
Красноярск, Россия, e-mail: tyarkin58@mail.ru;  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический  
университет», кафедра «Информационные процессы и управление»,  
Тамбов, Россия)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

*Аннотация.* Рассмотрены возможности применения беспилотного летательного аппарата и методов машинного обучения для анализа изображений сельскохозяйственных полей с целью оценки урожайности зерновых культур.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, зерновые культуры, тепловая томограмма, антропогенный ландшафт, технологии тепловой томографии, теплопроводность, теплоемкость.

**V. N. Tyarkin, A. I. Eliseev, N. G. Shakhov, V. D. Kazantsev**  
(Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia;  
Tambov State Technical University,  
Department of Information Processes and Management,  
Tambov, Russia)

## **USING MACHINE LEARNING METHODS TO ANALYZE IMAGES OF AGRICULTURAL FIELDS IN ORDER TO ASSESS THE YIELD OF CROPS**

*Abstract.* This article discusses the possibilities of using an unmanned aerial vehicle and machine learning methods for analyzing images of agricultural fields in order to assess the yield of grain crops.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, grain crops, thermal tomography, anthropogenic landscape, thermal tomography technologies, thermal conductivity, heat capacity.

Возможность применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) мониторинга антропогенных ландшафтов (АЛ) для оценки урожайности зерновых культур с применением искусственного интел-

лекта в разы увеличивает производительность, сокращает время обработки полученной информации оптико-электронных систем (ОЭС) с БПЛА. Основной трудностью в классификации изображений является отсутствие унифицированных идентификационных знаков, не существует необходимого классификатора. Глубокое обучение сверточной нейронной сети очень эффективно при обучении высокоуровневым признакам, однако для оптимизации значений весов и коэффициентов требуется значительный объем набора обучающих изображений, при наличии которых возможно создать оптимальную модель обучения необходимым характеристикам для решения конкретной задачи.

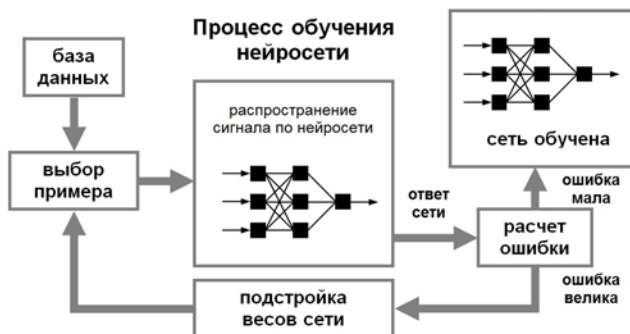
Обученный искусственный интеллект обладает возможностями контроля и временного реагирования, превосходящими человеческие, что доказывает, что внедрение алгоритмов нейронных сетей может в полной мере способствовать развитию возможностей применения БПЛА для мониторинга АЛ в различных условиях обстановки, а также внедрять в системные процессоры БПЛА систему искусственного интеллекта.

В результате решения оптимизационной параметрической задачи в пределах раstra ИК-изображения получают распределения оценочных значений теплопроводности и температуропроводности исследуемого изотропного материала в пределах глубины прогрева – тепловую томограмму. Получение динамических ИК-изображений земной поверхности приводит к информационной избыточности, что обеспечивает необходимое преимущество над вновь создаваемыми методами обработки инфракрасных изображений, и является основой для обработки новых элементов технологии тепловой томографии [1, 2].

Оценка теплофизических свойств (ТФС) материалов и сред АЛ с применением искусственных нейронных сетей заключается в получении приближенных численных значений теплофизических параметров (теплопроводность, теплоемкость, плотность и др.) материалов и сред АЛ путем использования баз данных, обучающих инфракрасных термограмм объекта воздушной съемки БПЛА, содержащих информацию о пространственном распределении температурных полей материалов с априорно известными ТФС. Обобщенная схема обучения нейронной сети представлена на рис. 1.

Задача сети заключается в автоматизированном обнаружении и кластеризации АЛ. Обучение нейронной сети для выделения классов, областей необходимо проводить путем ручного выбора температурных аномалий, вызванных неравномерными теплофизическими параметрами.





**Рис. 1. Процесс обработки и обучения нейронной сети на данных воздушной съемки**

Таким образом, в ходе решения задач дистанционного мониторинга АЛ в оптическом диапазоне длин волн существенное развитие ТТТ возможно на основе применения нейронных сетей, используемых для получения карт распределения теплофизических параметров почв и объектов на земной поверхности, что обеспечит новое качественное развитие агропромышленного комплекса.

*Номер проекта РФФИ, при поддержке которого выполнялась работа: № 18-08-00053 А: Технология тепловой томографии земной поверхности робототехническими комплексами воздушного и наземного базирования.*

### **Список использованных источников**

1. Корреляционная обработка кубоида инфракрасных изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов. Часть 1. Моделирование и обработка инфракрасных сигнатур техногенных объектов в процессе суточного изменения температур / И. Н. Ищук, Ю. Ю. Громов, К. В. Постнов и др. // Техника и технологии. – 2016. – № 9(3). – С. 310 – 318.
2. Корреляционная обработка кубоида инфракрасных изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов. Часть 2. Метод обработки инфракрасных сигнатур эталонных объектов на основе численного решения нелинейной задачи теплообмена / И. Н. Ищук, А. М. Филимонов, К. В. Постнов и др. // Техника и технологии. 2016. – № 9(3). – С. 376 – 384.

### **References**

1. Ishchuk I. N., Gromov Yu. Yu., Postnov K. V., Stepanov E. A., Tyapkin V. N. Correlation processing of cuboid infrared images obtained from unmanned aerial vehicles. Part 1. Modeling and processing of infrared

signatures of technogenic objects in the process of daily temperature changes. – 2016. – No. 9(3). – P. 310 – 318.

2. Ishchuk I. N., Filimonov A. M., Postnov K. V., Stepanov E. A., Dmitriev D. D. Correlation processing of cuboid infrared images obtained from unmanned aerial vehicles. Part 2. Method of processing infrared signatures of reference objects on the basis of numerical solution of nonlinear heat transfer problem // *Technika I tekhnologii*. – 2016. – No. 9(3). – P. 376 – 384.

UDC: [621.6.04:66.028]:663.032.9

**D. B. Fedosenkov, A. A. Simikova,  
K. V. Yeroshevitch, B. A. Fedosenkov**

(T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia,  
e-mail: rafwaveletsve@mail.ru)

## **ON PARAMETERS OF SCALAR FEEDING FLOW RATE SIGNALS IN THE MIXTURE-PRODUCING AGGREGATE**

*Abstract.* The subject of the research is the issues of designing and creating a computer-aided modal control system (CMCS) for mixing dry food ingredients. In this case, the scalar signals of the feeding devices (FD) material flows are formed in terms of the state space method, and monitoring of such processes is carried out in the time-frequency wavelet medium. The latter makes it possible to analyze the processes occurring in the CMCS at a semantically transparent and information-saturated level.

*Keywords:* discrete and continuous-type feeders, state space method, vector-matrix model, wavelet medium.

**Д. Б. Федосенков, А. А. Симилова,  
К. В. Ерошевич, Б. А. Федосенков**

(Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева, Кемерово, Россия)

## **О ПАРАМЕТРАХ СКАЛЯРНЫХ СИГНАЛОВ РАСХОДА ДОЗАТОРОВ**

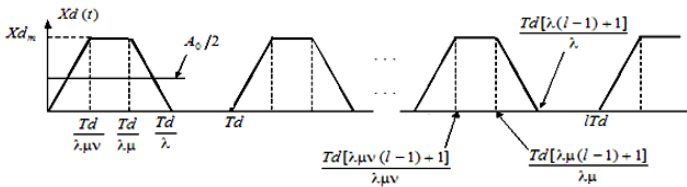
*Аннотация.* Предмет исследования – вопросы проектирования автоматизированной системы модального управления, предназначенной для получения смесей сухих пищевых ингредиентов. При этом скалярные сигналы материалополютков расхода дозирующих устройств формируются в терминах пространства состояний, а мониторингирование этих процессов проводится во время-частотной вейвлет-среде. Последнее дает возможность проводить анализ протекающих в системе процессов на семантически прозрачном и информационно насыщенном уровне.

*Ключевые слова:* дозаторы дискретного и непрерывного действия, метод пространства состояний, векторно-матричная модель, вейвлет-среда.

The paper presents mathematical models of flow signals of continuous and discrete feeding devices. Third-order models describe continuous-type feeders (CF) – spiral and screw ones.

Based on the experimental data obtained in the course of studies of various discrete-type feeders, the method of precise formalization [1] of the portion flow rate signal was chosen as a general approach. The discrete feeding signal formed taking into account this approach is shown in Fig. 1.

Under these conditions, the flow at the outlet of the feeding device for an arbitrary number of cycles is described by the following functional relationship (1).



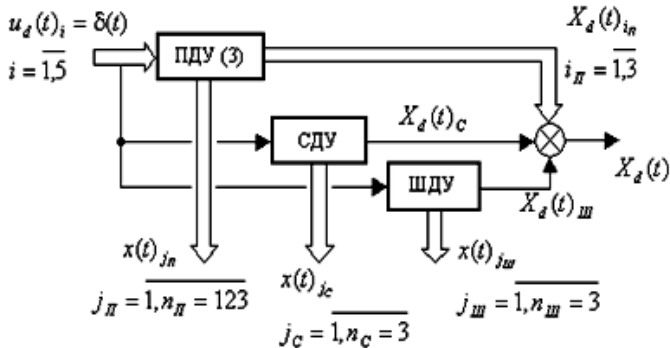
**Fig. 1. Setting the parameters of the discrete feeding signal for a general dosing mode**

Here  $T_d$  is the feeding period;  $X_{m_d}$  – weight flow rate of material through the feeder;  $l$  – arbitrary number of the feeding cycle;  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\nu$  – respectively, the values of duty cycles: portion feeding, the dose formation interval before the start of the cut-off, and the interval for reaching the nominal dosing mode.

The dependence of the signal analyzed is expressed as follows:

$$X_d(t) = \sum_{l=1}^k \begin{cases} \frac{X_{m_d} \lambda \mu \nu}{T_d} (t - (l-1)T_d) & \text{при } (l-1)T_d \leq t < \frac{T_d(\lambda \mu \nu (l-1) + 1)}{\lambda \mu \nu}; \\ X_{m_d} & \text{при } \frac{T_d(\lambda \mu \nu (l-1) + 1)}{\lambda \mu \nu} \leq t < \frac{T_d(\lambda \mu (l-1) + 1)}{\lambda \mu}; \\ \frac{X_{m_d} \mu}{1 - \mu} \left( \frac{\lambda}{T_d} (t - T_d(l-1)) - 1 \right) & \text{при } \frac{T_d(\lambda \mu (l-1) + 1)}{\lambda \mu} \leq t < \frac{T_d(\lambda (l-1) + 1)}{\lambda}; \\ 0 & \text{при } \frac{T_d(\lambda (l-1) + 1)}{\lambda} \leq t < lT_d. \end{cases} \quad (1)$$

The final computational model of the feeding devices unit – FDU (Fig. 2), consisting of three discrete-type FDs (ПДУ), the spiral (СДУ), and the screw (ШДУ) ones, is considered as a vector dynamic system in the state space.



**Fig. 2. Feeding devices unit in the form of a structural fragment of the modeling scheme in the technological state space for the mixture-producing aggregate**

When simulating FDU-processes in the frame of state space [2], based on the operator functions of the links, a system of differential equations is compiled, which is then transformed into a system of differential equations of state written in Cauchy normal form, and a linear algebraic equation of the output expressing the output system signal through a combination of state variables and a control signal. Representing the set of variables in the form of vectors, and the set of parameters in the form of corresponding matrices, we obtain a vector-matrix model (VMM) of the aggregate in the state space.

A new approach is implemented in the work, which is based on mathematical models and algorithms for approximation, identification and correction of controlled variables in a certain space. The latter is carried out on the platform of wavelet functions and Gabor time-frequency wavelet thesauri formed on their basis [1]. In this case, the used information about the state of the object is displayed in the wavelet medium in the format of two-dimensional / three-dimensional quadratic Cohen's class distributions [3]. The Wigner and Choi-Williams distributions were used as working ones.

### References

1. Fedosenkov, D. B. Nauchno-tehnicheskie osnovy sozdaniya i modelirovaniya avtomatizirovannykh system upravleniya nepreryvnymi smesepriготовitel'nymi protsessami. Avtoreferat dis. ...d-ra tekhn. nauk. – M. : Izdat. Kompleks MGUPP, 2005. – 55 p.

2. Phillips Ch. I., Harbor R. D. *Sistemy upravleniya s obratnoi svyaz'yu*. – М. : Laboratoria bazovykh znaniy Publ., 2001. – 616 p.

3. Auger, F. Quadratic time-frequency analysis I: Cohen's class / E. Chassande-Mottin // In “Time-frequency analysis: concepts and methods”, ISTE. – 2008 (January). – P. 131 – 163.

#### ***Список использованных источников***

1. Федосенков, Б. А. Научно-технические основы создания и моделирования автоматизированных систем управления непрерывными смесеприготовительными процессами : автореф. дис. ... д-ра техн. наук ; 05.13.06 / Б. А. Федосенков. – М. : Издат. комплекс МГУПП, 2005. – 55 с.

3. Филлипс, Ч. Л. Системы управления с обратной связью / Ч. Л. Филлипс, Р. Д. Харбор. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 616 с.

3. Auger, F. Quadratic time-frequency analysis I: Cohen's class / E. Chassande-Mottin // In “Time-frequency analysis: concepts and methods”, ISTE. – 2008 (January). – P. 131 – 163.

УДК 004.932.4

**И. Н. Ищук, А. М. Филимонов**

(Военный учебно-научный центр «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия, e-mail: Flyfil87@mail.ru)

### **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКИХ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА**

*Аннотация.* Приведен обзор программного обеспечения для обработки динамических инфракрасных изображений, полученных при мониторинге земной поверхности с БПЛА. Описан алгоритм расчета новых изображений одного участка местности с использованием методов интерполяции для получения обучающей выборки. Представлен интерфейс программного обеспечения и описан порядок его работы.

*Ключевые слова:* дистанционный мониторинг, инфракрасные изображения, динамика изменения яркости, интерполяция, сегментация.

**I. N. Ishchuk, A. M. Filimonov**  
(Military Training and Research Center “Military Air Academy  
named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin”,  
Voronezh, Russia)

## **STATISTICAL PROCESSING OF DYNAMIC INFRARED IMAGES OF REMOTE MONITORING**

*Abstract.* The article provides an overview of software for processing dynamic infrared images obtained when monitoring the earth's surface from a UAV. An algorithm for calculating new images of a single area using interpolation methods to obtain a training sample is described. The software interface is presented and the procedure for its operation is described.

*Keywords:* remote monitoring, infrared images, interpolation, segmentation.

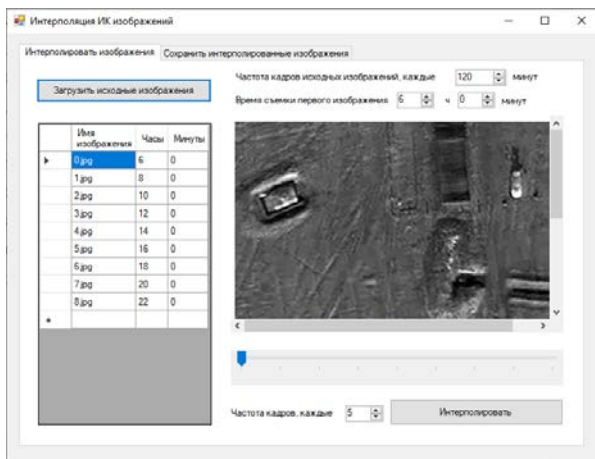
Применение различных видов датчиков при дистанционном зондировании поверхности земли послужило причиной накопления информации, полученной для каждого исследуемого участка в различных спектральных диапазонах. Это привело к необходимости обработки многомерных данных новыми алгоритмами, способными сегментировать изображения либо выделять объекты на них с учетом многослойной структуры исходной информации, сформированной всеми сенсорами зондирующей аппаратуры. Первичной задачей в таких алгоритмах является задача совмещения объектов на изображениях. Затем, как правило, решаются задачи фильтрации, выделения контуров и поиска объектов. Ввиду того, что наиболее доступными для массового применения являются сенсоры, работающие в видимом и инфракрасном (ИК) диапазоне длин волн, задачи совмещения и обработки изображений, полученных с этих датчиков, являются наиболее актуальными и популярными [1]. Кроме того, особый интерес вызывает исследование динамики изменения ИК-изображений одного участка местности, полученных в различные моменты времени. Исследуя динамику, возможно выявлять различные тепловые аномалии или получать информацию о свойствах объектов, которые попали в объектив тепловизора. Для решения этой задачи не подходят всем известные алгоритмы сегментации и кластеризации, такие как k-means. Несомненно, можно сегментировать каждое полученное ИК-изображение в отдельности и визуально оценить характер изменения полученных сегментов во времени. Однако оценить изменения «в глубину» без участия оператора-дешифровщика будет довольно проблематично. Наиболее подходящими алгоритмами для решения задачи сегментации «кубоида» ИК-изображений являются корреляционный алгоритм [2] и алгоритмы, основанные на нейронных сетях. В частности, корреляционный алгоритм позволяет сгруппировать пикселы «кубоида» в одно сегментированное

изображение путем сравнения значений выборочного коэффициента корреляции, рассчитанного «в глубину» с учетом каждого временного слоя. Для успешного выполнения этого алгоритма оператор-дешифровщик должен по изображению в видимом диапазоне или по одному из ИК-изображений определить количество кластеров сегментированного изображения и указать по одному пикселу на кубоиде ИК-изображений, соответствующему каждому сегменту [3]. Ввиду «человеческого фактора» возможно допустить ошибку в определении количества кластеров и пропустить необходимый сегмент изображения. Кроме того, указание всего одного пикселя, соответствующее одному кластеру, увеличивает вариативность алгоритма и приводит к увеличению времени на обработку изображений ввиду необходимости поиска наиболее характерного каждому сегменту пикселя.

Также для решения задачи семантической сегментации кубоида ИК-изображений применяются нейронные сети. Они позволяют решить задачу классификации каждого пикселя изображения. Данный подход, как и корреляционный алгоритм, требуют выполнения процедуры обучения, в ходе которой оператор-дешифровщик должен выделить пиксель «кубоида» и указать к какому классу он относится. Несомненным достоинством данного подхода в сравнении с корреляционным алгоритмом является возможность указания сразу нескольких пикселей для отнесения их к одному из кластеров. Однако, как правило, в качестве исходных данных для выполнения операции сегментации имеются от 2 до 6 изображений одного участка местности, а для успешного решения задачи обучения нейронной сети и качественной сегментации необходимо гораздо больше. Для решения этой проблемы необходимо применять алгоритмы интерполяции, позволяющие восстановить ИК-изображения участка местности в промежутках времени между съемкой.

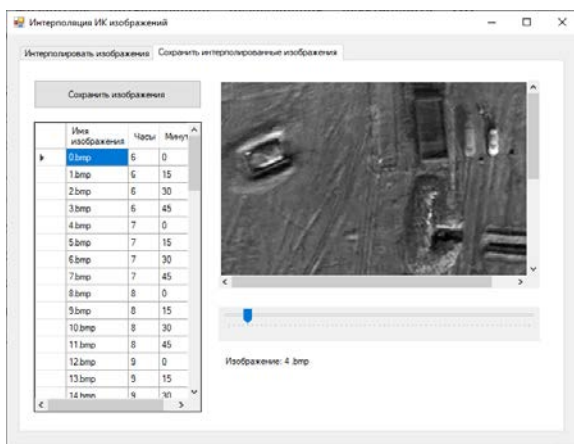
Пусть в процессе аэрофотосъемки в  $k$ -х промежутках времени было получено  $K$  ИК-изображений растром  $M \times N$ . Тогда задача интерполяции полученного кубоида ИК-изображений состоит в построении новых ИК-изображений в промежутке между съемками. То есть необходимо рассчитать яркость каждого пикселя новых изображений для промежутков времени  $k$  от 1 до  $K$ , не совпадающих с временем съемки ИК-изображений из кубоида. В результате решения задачи интерполяции для каждого  $m$ ,  $n$ -го пикселя кубоида рассчитывается функция изменения яркости, которая проходит через все узлы интерполирования. Построение такой функции возможно осуществить с использованием любого из известных алгоритмов интерполяции.

В целях восстановления изображений в промежуточных временных интервалах была разработана программа, интерфейс которой представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Интерфейс программы для загрузки исходных изображений**

После загрузки исходных изображений в программу оператором вводится время съемки первого изображения и периодичность воздушной съемки. Затем указывается, с какой частотой кадров необходимо интерполировать кубоид, и нажать кнопку «Интерполировать». Программа автоматически осуществит сплайн-интерполяцию и на соседней вкладке предложит просмотреть и сохранить рассчитанные изображения (рис. 2).



**Рис. 2. Интерфейс программы для просмотра результатов интерполяции и сохранения результатов расчетов**



Таким образом, разработанная программа позволяет многократно увеличить количество исходных данных для обучения нейронной сети, что в свою очередь приведет к улучшению качества сегментации кубоида ИК-изображений. Кроме того, выделение из интерполяционного многочлена полиномиальных коэффициентов и группировка их алгоритмами кластеризации позволит эффективно сегментировать полученные ИК-снимки с учетом динамики изменения яркости на них.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-08-00053 А.*

### **Список использованных источников**

1. Алгоритм совместной обработки многоспектральных изображений по данным воздушной съемки с беспилотных летательных аппаратов / И. Н. Ищук, А. М. Филимонов, А. А. Долгов и др. // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2018. – № 10 – С. 27 – 34.

2. Корреляционная обработка кубоида инфракрасных изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов. Часть 2. Метод обработки инфракрасных сигнатур эталонных объектов на основе численного решения нелинейной задачи теплообмена / И. Н. Ищук, А. М. Филимонов, К. В. Постнов и др. // Техника и технологии. – 2016. – № 9(3) – С. 376 – 384.

3. Филимонов, А. М. Классификация объектов дистанционного мониторинга по тепловым томограммам / И. Н. Ищук, А. М. Филимонов, Ю. Ю. Громов. – Тамбов : МИНЦ «Нобелистика», 2019. – 132 с.

### **References**

1. Ischuk, I. N. Algorithm for joint processing of multispectral images from aerial survey data from unmanned aerial vehicles / I. N. Ischuk, A. M. Filimonov, A. A. Dolgov, E. A. Stepanov, V. N. Tyapkin // Industrial ACS and controllers. – 2018. – No. 10 – P. 27 – 34.

2. Ischuk, I. N. Correlation processing of the cuboid of infrared images obtained from unmanned aerial vehicles. Part 2. Method of processing infrared signatures of reference objects based on the numerical solution of a nonlinear heat transfer problem / I. N. Ischuk, A. M. Filimonov, K. V. Postnov, E. A. Stepanov, D. D. Dmitriev // Technics and technologies. – 2016. – No. 9(3) – P. 376 – 384.

3. Filimonov, A. M. Classification of objects of remote monitoring by thermal tomograms / I. N. Ischuk, A. M. Filimonov, Yu. Yu. Gromov. – Tambov : INC “Nobelistics”, 2019. – 132 p.

**С. С. Фролов, Д. А. Шатилов**  
(ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
Оренбург, Россия, e-mail: frolovsergey7@mail.ru)

**ПАРАЗИТНЫЙ СПЕКТР ТОКА РЕКУПЕРАЦИИ  
ПРИ ПРИНУДИТЕЛЬНОМ РАЗРЯДЕ  
В СЕТЬ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ  
ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ СИГНАЛОМ С ОДШИМ-2**

*Аннотация.* Для сельскохозяйственных бесперебойных систем питания (БСП) актуален принудительный разряд аккумуляторных батарей (АКБ) в сеть с повышенными требованиями к синусоидальности возвратного тока. В работе представлены результаты получения зависимости степени искажения его синусоидальности от амплитуды тока, напряжения батареи и количества отсчетов на период при ОДШИМ-управлении разрабатываемой системой разряда АКБ в сеть.

*Ключевые слова:* принудительный разряд аккумуляторов, степень искажения синусоидальности, ток рекуперации, активный выпрямитель, управление с помощью ОДШИМ-2.

**S. S. Frolov, D. A. Shatilov**  
(Orenburg State University, Orenburg, Russia)

**THE PARASITIC SPECTRUM OF THE RECUPERATION  
CURRENT DURING A FORCED DISCHARGE  
INTO THE BATTERY NETWORK WHEN CONTROLLING  
THE PROCESS WITH A SIGNAL WITH UTSPWM-2**

*Abstract.* For remoted and insulated high voltage power supply systems, a forced discharge of rechargeable batteries (RB) into the network with increased requirements for the sinusoidality of the returnable current is required. The paper presents the results of obtaining the dependence of the degree of distortion of its sinusoidality on the amplitude of the current, battery voltage, and the number of samples per period when UTSPWM control of the being developed system for battery discharge into the network.

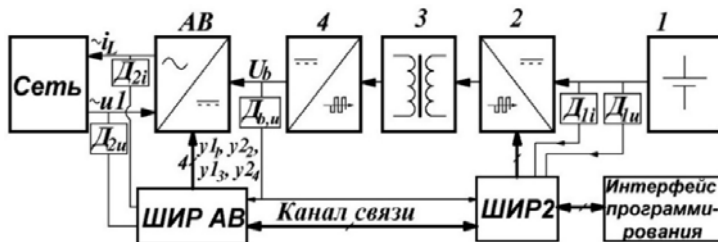
*Keywords:* forced discharge of the batteries, the degree of distortion of the sinusoidality, the recovery current, an active rectifier, control using UTSPWM-2.

Для АКБ сельскохозяйственных БСП необходимы тренировочный и диагностический разряды [1]. Реализация разряда АКБ в сеть снижает массу зарядно-разрядных устройств БСП. От способа управления активным выпрямителем (АВ) разрабатываемого блока принудительного разряда (БПР) (рис. 1) требуется:

- адаптация БПР к АКБ с разными значениями ЭДС и тока разряда;
- снижение степени искажения синусоидальности (СИС) тока  $i_L$  до 1,4% [2].

Для мостового АВ (рис. 0) СИС возвратного тока  $i_L$  зависит от отношений:

- амплитуды сетевого напряжения к напряжению питания АВ –  $k_u = U_m / U_b$ ;
- амплитуды тока  $I_{m,L}$  к максимальному току катушки –  $k_i = I_{m,L} / I_{m,L,max}$ , где  $I_{m,L,max} = U_m T_{PWM} / L1$ ;
- периода сетевого напряжения к периоду ШИМ-сигнала –  $N1 = T_c / T_{PWM}$ .



**Рис. 1. Схема блока принудительного разряда в однофазную сеть:**  
 АВ – активный выпрямитель;  $D_{1u}$ ,  $D_{2u}$ ,  $D_{b,u}$  – датчики напряжения;  
 $D_{1i}$ ,  $D_{2i}$  – датчики тока; ШИР – широтно-импульсный регулятор;  
 $y_{11}$ ,  $y_{14}$ ,  $y_{22}$  и  $y_{23}$  – сигналы управления АВ

Целью представляемой работы является получение зависимости СИС возвратного тока от упомянутых соотношений для сигнала управления с ОДШИМ-2 [3].

Для решения задачи в программе Mathcad получены табличные функции:

- для коэффициентов заполнения  $D_i$  для каждого импульса ОДШИМ-2;
- для построения кривой возвратного тока  $i_L$ .

Для периодизированного тока  $i_L$  получены выражения спектра:

$$I_{L,n} = 2f_c |S(n2\pi f_c)|,$$

$$\psi_n = \arg\{S(n2\pi f_c)\}, \quad (1)$$

где  $S(\omega)$  – функция спектральной плотности одного периода тока  $i_L$ ;  $f_c$  – частота сети.

Анализ спектра (1) подтвердил [3] – четных гармоник нет, основная часть паразитных собирается около гармоники  $N1$ . Последние даются сетевыми фильтрами устройств сети, к которой подключен БПР. В области низших частот 5-я гармоника меньше 3-й уже в 3 раза. Потому за меру СИС взято отношение 3-й гармоники к 1-й

$$k_{г,3} = \frac{I_{L,3}}{I_{L,1}} = f(k_u, k_i, N1). \quad (2)$$

При анализе выражения (2) исследован диапазон  $k_u = 0,71...0,91$ , соответствующий  $U_b = 341...434$  В. Изменения СИС в указанном диапазоне менее 0,5% (рис. 2).

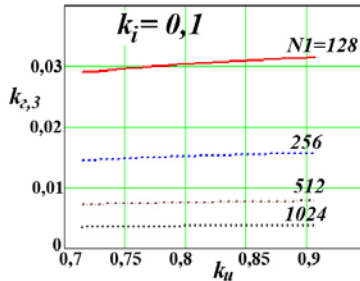


Рис. 2. Зависимость степени искажения от отношения амплитуды напряжения сети к напряжению питания активного выпрямителя

Полученные зависимости на рис. 2 и 3 показывают принципиальную возможность выбором оптимального значения  $N1$  получения возвратного в сеть тока с СИС не более 1% для тока разряда  $(0,1...1,0) I_{разр, \max}$  (линейно связан с  $I_{m,L}$  и  $k_i$ ) и ЭДС АКБ  $(0,71...0,91) U_{АКБ, \max}$  (линейно связана с  $U_b$  и  $k_u$ ).

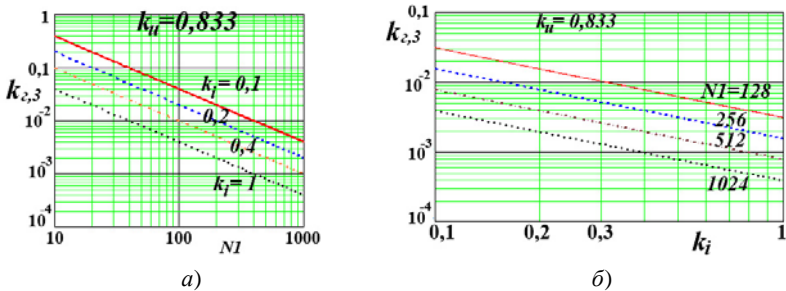


Рис. 3. Зависимости степени искажения:

*a* – от числа ШИМ-импульсов на период сети  $N1$ ;

*б* – от отношения  $k_i$  амплитудного и максимального токов

С помощью функции (2) возможно рассмотрение зависимостей при других значениях параметров. Получаемые результаты актуальны при разработке узлов БПР и программ для микроконтроллеров блоков ШИР АВ и ШИР 2 (рис. 1).

### ***Список использованных источников***

1. Шичков, Л. П. Автоматизированный зарядно-разрядный тиристорный преобразователь для электротехнологий регенерации аккумуляторных батарей / Л. П. Шичков, В. П. Людин, О. П. Мохова // Российский государственный аграрный заочный университет. Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2013. – № 14(19). – С. 105 – 109.
2. Гармонические искажения в электрических сетях [Электронный ресурс] // Schneider Electric. Техническая коллекция Schneider Electric, 2018. – Вып. № 22. – 32 с. – URL : <http://www.pro-schneider.ru/content/files/140.pdf>
3. Ягуп, В. Г. Энергетические характеристики однофазного активного выпрямителя тока при синусоидальной и трапецеидальной широтно-импульсной модуляции / В. Г. Ягуп, А. А. Краснов, В. В. Божко // Украинский государственный университет железнодорожного транспорта (Харьков). Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2018. – № 2(129). – С. 3 – 11.

### ***References***

1. Shichkov, L. P. Automated charge-discharge thyristor converter for electrical technologies of battery regeneration / Shichkov L. P., Lyudin V. P., Mokhova O. P. // Russian State Agrarian Correspondence University. Bulletin of the Russian State Agrarian Correspondence University. – 2013. – No. 14(19). – P. 105 – 109.
2. Harmonic distortion in electrical networks [Electronic resource] // Schneider Electric. Schneider Electric Technical Collection, 2018. – Issue No. 22. – 32 p. – URL : <http://www.pro-schneider.ru/content/files/140.pdf>
3. Yagup, V. G. Energy characteristics of a single-phase active rectifier of current with sinusoidal and trapezoidal pulse-width modulation / Yagup V. G., Krasnov A. A., Bozhko V. V. // Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkov). Information and control systems in railway transport. – 2018. – No. 2(129). – P. 3 – 11.

**D. B. Fedosenkov, A. A. Simikova,  
A. A. Sulimova, B. A. Fedosenkov**  
(T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University,  
Kemerovo, Russia,  
e-mail: rafwaveletsve@mail.ru)

## **TECHNICAL REALIZATION OF THE COMPUTER-AIDED SYSTEM CONTROLLING THE MIXTURE-PRODUCING PROCESSES BY MEANS OF WAVELET TRANSFORMS**

*Abstract.* The article presents and describes the necessary aspects of designing and operational functioning of computer-aided modal control systems, using the example of a control system for feeding processes in a mixture-producing unit. The object of study is the structure of the feeding devices unit and transient processes during feeding certain food ingredients. The actual engineering realization of the system is submitted here.

*Keywords:* wigner map, 1D- and 2D/3D-signals, wavelets, Gabor time-frequency wavelet dictionary.

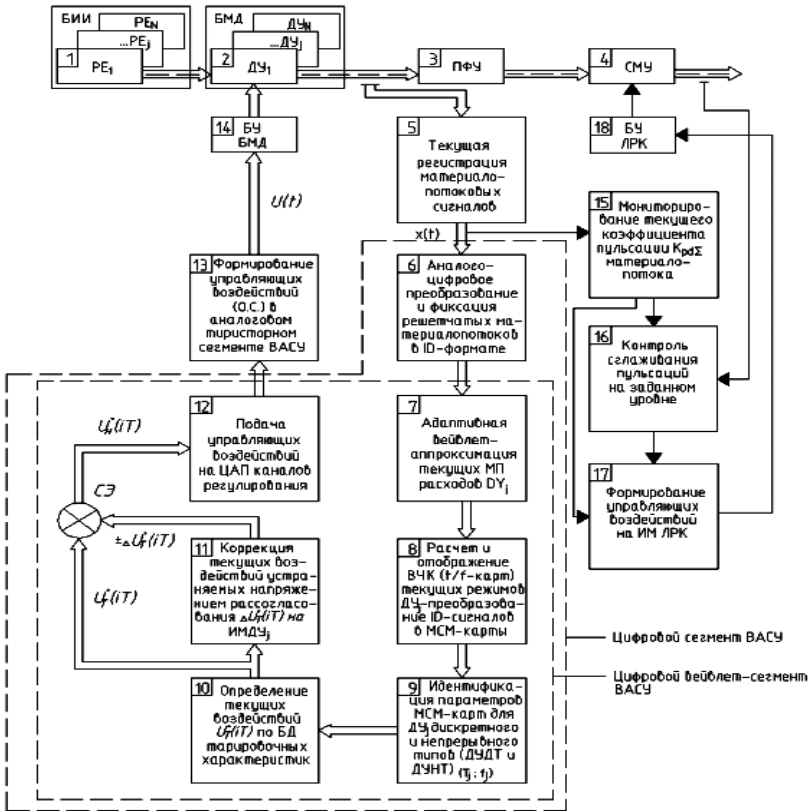
**Д. Б. Федосенков, А. А. Сими́кова,  
А. А. Сулимова, Б. А. Федосенков**  
(Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева,  
Кемерово, Россия)

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ СРЕДСТВАМИ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**

*Аннотация.* Представлены и описаны необходимые аспекты проектирования и рабочего функционирования автоматизированных систем управления на примере системы управления процессами дозирования в смесеприготовительном агрегате. Объект исследования – блок дозирующих устройств и переходные процессы, возникающие при дозировании определенных пищевых ингредиентов. Представлена техническая реализация системы управления, функционирующая в вейвлет-среде.

*Ключевые слова:* карта Вигнера, 1D- и 2D/3D-сигналы, вейвлеты, время-частотный словарь вейвлет-функций Габора.

The control system for the mixture-producing unit to obtain food compositions, running in the wavelet medium, is shown in Fig. 1. It consists of  $N$  scalar autonomous loops to control feeders included in БМД, and the loop to control the mixing device by means of influence to the internal recirculation channel.



**Fig. 1. Block diagram of the vector system for controlling the mixing aggregate performance in a wavelet medium**

Boxes 1, 2, 3, 4 form the actual controlled object – a mixture-producing aggregate. Here, the box БИИ contains  $N$  recipe containers (PE) with the original ingredients in them. БМД includes dosing devices of continuous and discrete action. Technological streams are carried from БМД through a transfer-forming unit (ПФУ) to a mixing device (СМУ). Techno-

logical streams on the block diagram look like double arrows with dash lines inside. Scalar information streams are presented with single arrows and vector information (signal) streams – with single ones;  $T_j$  – dosing period (for ДУДТ);  $f_j$  – dosing frequency (for ДУНТ); БИИ – block of initial ingredients; БМД – multi-dosing unit; РЕ – recipe containers; ЛРК – local recycling channel; БУ – control unit; СМУ – mixing device.

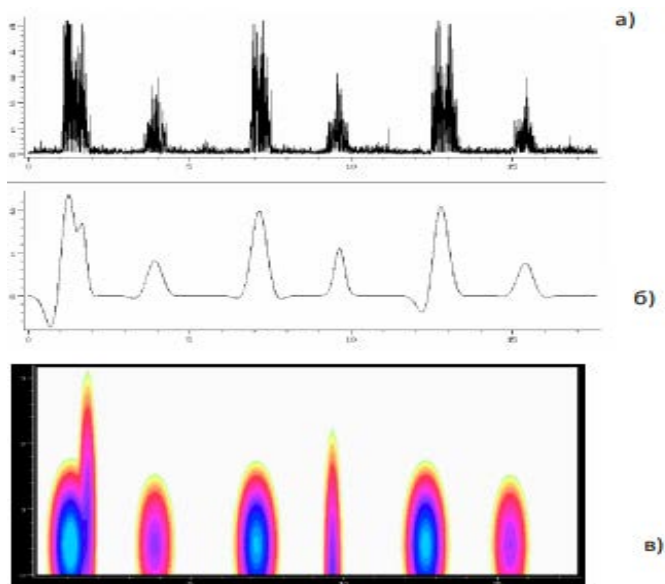
The autonomous analog-to-digital scalar feeding control loop includes boxes 5-14. In box 5, the current registration of material flow signals is performed using primary transducers (strain gauge and piezoelectric sensors). The digital wavelet segment of a scalar contour includes boxes 7-12. Box 6 describes the transformation and fixing of material flow comb signals in a digital medium using an autonomous analog-to-digital converter (ADC). The adaptive approximation (box 7) is performed by the computer for registration and processing of data in 1D-format using Gabor time-frequency wavelet dictionary [1]. Further (in box 8), converting one-dimensional signals into 2D / 3D-representations (time-frequency maps, or maps of modified signals of material flows – MCM-maps, the so-called Wigner maps – [2]). At the next stage (box 9), the processor analyzes MCM-maps to detect and identify elements (time-frequency atoms) on Wigner maps. Because of the analysis, the basic control parameter is determined in a corresponding scalar contour: dosing period  $T_j$  – for a discrete-type feeder, or frequency  $f_j$  of a continuous-type feeder-unloading signal.

Then, in box 10, the digital value of the current voltage of the feeder electric drive ДУ $_j$  is determined – when accessing the calibration characteristics database for feeding devices motors, which is formed in the unit-controlling computer. In boxes 11, 12 determination of corrective actions on the actuators of feeders is fulfilled according to the calibration base  $T_j(f_j) = F(u_j)$ . Here also, corrected voltages in digital form are supplied to the digital-to-analog converter (DAC) creating nominal "framed" MCM-maps (modes). In box 13, a set of operations is performed to convert the digital signal (code) of the flow at the output of the module «LPT-port of the controlling computer / DAC» to an analog voltage (controlling action) at the electric drive terminals of a certain feeder. The analog controlling action is formed in a thyristor-controlled rectifier (TCR) using the principle of pulse width modulation. The mixing device (СМУ) is controlled by realizing the procedures in boxes 15-18. At the СМУ input (box 15), monitoring the degree of material flow fluctuations is performed by analyzing the ripple factor  $K_{p\Delta\Sigma}$ . At the СМУ output, monitoring its smoothing ability  $S^0(\omega)$  is continuously carried out. For relevant demanded smoothing levels and an existing value of the local recycle coefficient  $K_r$ , such a control action is formed on the valve of the reflective element СМУ, which corre-



sponds to a lower value of  $K_{tr}$ , which creates the same value of the mixer smoothing ability. The latter mode leads to an increase in the intensity of the output flow, which, in turn, reduces the mixture time preparation and increases the productivity of the mixing device with previous parameters of the mixture preparation mode, characterizing the mixture quality.

As the example of a time-frequency distribution (box 8 in Fig. 1), one of the «online» wave diagrams of the material flow signals at the output of the portion feeder, registered at the interval of 17.7 s, and its corresponding two-dimensional time-frequency MCM-map (Wigner map) are submitted in Fig. 2.



**Fig 2. Conversion of one-dimensional primary material flow signal to 2D-representation:**

*a* – actual signal; *b* – reconstructed signal with 7 wavelets available;  
*c* – Wigner map at the voltage  $U = 100$  V

The procedure of processing the Wigner map presented in Fig. 2, *c* according to the developed method of forming the controlling actions is the basis for the functioning of the automatic system circuit controlling the current modes of a corresponding feeding device. Maintaining the operating modes of all feeders at nominal levels makes it possible to harmonize pre-mixing material flows, which ultimately contributes to obtain mixtures of a required quality.

### **References**

1. Mallat, Stephane G. A Wavelet Tour of Signal Processing / Stephane G. Mallat. – 2<sup>nd</sup> edition. – NY : Academic Press, September 1999. – Revised, 2001. – 637 p.
2. Debnath, L. Recent development in the Wigner-Ville distribution and time-frequency signal analysis / L. Debnath // PINSА. – January 2002. 68, A, No 1. – P. 35 – 56.

### **Список использованных источников**

1. Маллат, Стефан Г. Вейвлет-тур по обработке сигналов / Стефан Г. Маллат. – 2-е изд. – NY: Academic Press, сентябрь 1999 года. – Пересмотрено в 2001 году. – 637 с.
2. Дебнат, Л. Последние разработки в области распределения Вигнера-Вилла и анализа частотно-временных сигналов / Л. Дебнат // PINSА. – Январь 2002 года. 68, А, № 1. – С. 35 – 56.

УДК 621.317.18

**С. С. Фролов**

(ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
Оренбург, Россия, e-mail: frolovsergey7@mail.ru)

### **ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К НЕИНВАЗИВНОМУ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФИЧЕСКОМУ ИЗМЕРИТЕЛЮ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ**

*Аннотация.* Работа связана с проблемой точного неинвазивного измерения концентрации глюкозы в крови людей и домашних животных с сахарным диабетом плетизмографическим спектрофотометром. Оценены требования к погрешности измерения световых потоков, возможности узлов каналов спектрофотометра указанные требования обеспечить и длительность измерения. Результаты оценки востребованы при разработке опытного макета прибора.

*Ключевые слова:* неинвазивный глюкометр, плетизмографический спектрофотометр, концентрация глюкозы, амплитуда шума, метод усреднения.

**S. S. Frolov**

(Orenburg State University, Orenburg, Russian)

### **EVALUATION OF METROLOGICAL REQUIREMENTS TO THE NON-INVASIVE PHOTOPLETHYSMOGRAPHIC GLUCOSE CONCENTRATION METER**

*Abstract.* The work is related to the problem of accurate non-invasive measurement of glucose concentration in the blood of people and pets with diabetes mellitus a plethysmographic spectrophotometer. The requirements for the measure-

ment error of light fluxes, the possibility of the nodes of the spectrophotometer channels to ensure the specified requirements and the duration of the measurement are estimated. The results of the estimated are in demand when developing a prototype device.

*Keywords:* non-invasive glucometer, plethysmographic spectrophotometer, glucose concentration, noise amplitude, averaging method.

В работе [1] о проблеме неинвазивного измерения содержания глюкозы у людей и животных плетизмографическим спектрофотометром разбиралось отношение потоков  $\Phi_{G,2}$  (в систоле) и  $\Phi_{G,1}$  (в диастоле), прошедших фалангу пальца:

$$\phi = \Phi_{G,2} / \Phi_{G,1} = \exp\left(-(\varepsilon_{w,G}c_w + \varepsilon_{Hb,G}c_{Hb} + \varepsilon_G c_G)(\varphi_2 - \varphi_1)\right) S_G. \quad (1)$$

При исследованиях выяснено – колебание содержания глюкозы на допустимую ошибку анализа  $\pm 15\%$  [2] дает относительное изменение (1)

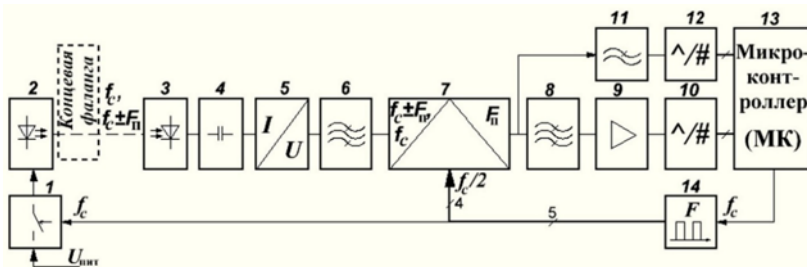
$$\delta\phi = (8,5 \dots 51,9) \cdot 10^{-6}.$$

Для устранения влияния на измерения колебаний содержания в крови воды  $c_w$  и гемоглобина  $c_{Hb}$  в [1] в схеме плетизмографического спектрофотометра предложено добавить каналы фотоприема для гемоглобина и воды. Погрешность измерения каждого должна удовлетворять условию

$$\delta_\Sigma \leq (0,1 \dots 0,3333) \delta\phi. \quad (2)$$

Цель настоящей работы – оценка технических возможностей одного измерительного канала (рис. 1) упомянутого спектрофотометра обеспечить требование 0, также оценка длительности обработки полученной информации в МК с помощью алгоритма усреднения.

В схеме применен метод «модуляции-демодуляции» для удаления фоновой составляющей от внешнего света (ФСВС). МК формирует импульсы с частотой  $f_c \leq 1$  кГц, которые через формирователь 14 управляют четырьмя ключами мостового синхронного детектора (СД) 7 и вентилем импульсного DC-AC-преобразователя 1 питания светодиода 2. ФСВС удаляется гальванической развязкой 4. Величина  $\Delta f = 30$  Гц полосы пропускания полосового фильтра (ПФ) 6 – ширина спектра пульсограммы. После демодуляции в СД 7 выделенная с ПФ 8 переменная компонента масштабируется усилителем 9. ФНЧ 11 и АЦП 12 обрабатывают необходимую для расчетов постоянную компоненту пульсограммы.

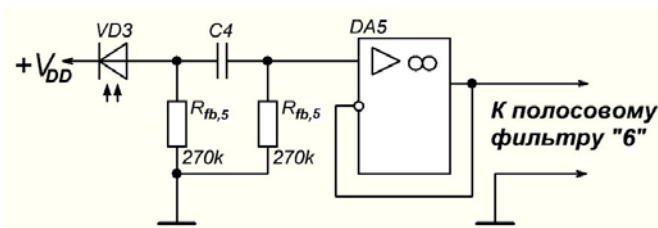


**Рис. 1. Схема измерительного канала фотоплетизмографа [3]:**  
 $f_c = 1$  кГц – частота импульсов света;  $F_{п} = 1 \dots 3$  Гц – частота пульса;  
 1 – импульсный DC-AC-преобразователь для питания светодиода;  
 4 – блок емкостной гальванической развязки; 5 – фотопреобразователь ток–напряжение; 6 – ПФ LC-типа,  $f_0 = f_c$ ,  $\Delta f = 30$  Гц – ширина спектра пульсограммы; 8 – ПФ LC-типа,  $f_{п.н.8} \approx 0,1$  Гц,  $f_{п.в.8} \approx \Delta f + 0,1$  Гц;  
 10, 12 – 24-разрядные сигма-дельта АЦП; 11 – ФНЧ LC-типа,  $f_{п.в.11} < 0,1$  Гц, выделяет постоянную составляющую пульсограммы

Для многих медицинских аппаратов на основе МК предусмотрена коррекция параметров расчетных уравнений по сличению показаний поверяемого и образцового приборов. После коррекции систематические составляющие погрешности учтены. Поэтому в тезисах рассмотрены только шумовые составляющие.

Для активных блоков рассмотрены наиболее малошумящие элементы: для блока 3 (рис. 1) – pin-фотодиод IC17X1000T9 (VD3 рис. 2), для фотопреобразователя (ФП) 5 – операционный усилитель (ОУ) ADA4625-1, для СД 7 – ключи аналогового мультимплексора MAX14757, для неинвертирующего усилителя (НУ) 9 – ОУ с периодической компенсацией смещения ADA4528, для блоков 10 и 12 – 24-разрядный сигма-дельта АЦП MAX11216.

ПФ 6 и 8, ФНЧ 11 – реактивные LC-фильтры, поэтому существенные источники шума в них – входные и нагрузочные согласующие сопротивления.



**Рис. 2. Преобразователь фототок–напряжение**

Рассчитаны амплитуды шума каждого блока, приведенные к выходу ФП 5, и сравнены с колебаниями амплитуды пульсограммы  $\Delta U_{G,5}$  на выходе ФП, вызванными минимальной флюктуацией содержания глюкозы  $\delta c_G = \pm 15\%$ :

$$\Delta U_{G,5} = \Delta I_{G,pd} R_{fb,5} / 2 = 2,3 \dots 134,5 \text{ мкВ}.$$

Установлено – основной вклад в суммарный шум внесли синхронный детектор 7, усилитель 9 и АЦП 10. Амплитуда общего шума  $\Delta U_N = 8,85$  мкВ, определенная по СКО-критерию, выше величины  $\Delta U_{G,5}$  и отношение  $\Delta U_N / \Delta U_{G,5} = 0,065 \dots 3,860$  условию (2) не удовлетворяют.

Следовательно, общий шум  $\Delta U_N$  необходимо уменьшить минимум в  $K_{\min} = \max(\Delta U_N / \Delta U_{G,5}) \cdot 3 = 3,86 \cdot 3 = 11,57$  раза.

Проблема решается алгоритмически, методом усреднения. Рост интервала усреднения в  $N$  раз снижает амплитуду шума в  $N^{0,5}$  раз. При измерении потоков света из выражения (1) нужно усреднить  $N_{\min} = \text{ceil}\{(K_{\min})^2\} = 134$  периода пульсограммы.

В итоге при пульсе  $F_n = 60 \dots 180 \text{ мин}^{-1}$  время измерения потоков  $\Phi_{G,2}$  и  $\Phi_{G,1}$  от одного из трех фотоприемников составит  $89,4 \dots 168,0$  с или  $1,5 \dots 5,3$  мин.

Итоги анализа востребованы при разработке рабочего макета плетизмографического спектрофотометра для неинвазивного анализа содержания глюкозы.

### ***Список использованных источников***

1. Фролов, С. С. Метод понижения погрешности измерения концентрации глюкозы неинвазивным спектрофотометром / С. С. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 2 – С. 225 – 235.
2. ГОСТ Р ИСО 15197–2015. Требования к системам мониторинга глюкозы в крови для самоконтроля при лечении сахарного диабета. – Введ. 2016-06-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 73 с.
3. Алексеев, В. А. Автоматизированный фотоплетизмограф / В. А. Алексеев, С. А. Ардашев, С. И. Юран // Приборы и методы измерений. – 2013. – № 1(6). – С. 46 – 51.

### ***References***

1. Method for reducing the error in measuring glucose concentration a non-invasive spectrophotometer / Frolov S. S. – Herald TSTU, 2019. – V. 25, No. 2. – P. 225 – 235.
2. GOST R ISO 15197–2015. Requirements for blood glucose monitoring systems for self-monitoring in the treatment of diabetes mellitus. – Intr. 2016-06-01. – М. : Standardinform, 2015. – 73 p.

3. Automated photoplethysmograph / Alekseev V. A., Ardashev S. A., Yuran S. I. – Instruments and measurement methods. – 2013. – No. 1(6). – P. 46 – 51.

УДК 681.5

**Д. Ю. Муромцев<sup>1</sup>, Р. Е. Ковергин<sup>2</sup>,  
М. А. Крынков<sup>1</sup>, В. Н. Шамкин<sup>1</sup>, И. О. Шибирина<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup> (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», Тамбов, Россия, e-mail: mdjur@mail.ru);  
<sup>2</sup> (ПАО «Газпром-нефть», Санкт-Петербург, Россия, e-mail: roman.kovergin@gmail.com)

**К ВОПРОСУ О ФУНКЦИОНАЛЬНОМ  
МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ПОСТРОЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ  
ДЕСТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ  
СЛОЖНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**

*Аннотация.* Обсуждается вопрос, связанный с управлением сложными энерго- и ресурсоемкими технологическими объектами, работающими на длительных интервалах времени в режимах переменной производительности по получаемым продуктам, с использованием алгоритмов дестабилизационной оптимизации.

*Ключевые слова:* дестабилизация, интервал времени, объект, оптимизация, производительность, управляющая система, функциональное моделирование.

**D. Yu. Muromtsev<sup>1</sup>, R. E. Kovergin<sup>2</sup>,  
M. A. Krynkov<sup>1</sup>, V. N. Shamkin<sup>1</sup>, I. O. Shibirina<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup> (Tambov State Technical University, Department of Design of radio-electronic and microprocessor systems, Tambov, Russia);  
<sup>2</sup> (Gazprom Neft, St. Petersburg, Russia)

**TO THE QUESTION OF FUNCTIONAL MODELING  
OF THE PROCESS OF CONSTRUCTION  
OF INFORMATION-MANAGEMENT SYSTEM  
OF DESTABILIZATION OPTIMIZATION OF THE MODES  
OF A COMPLEX TECHNOLOGICAL OBJECT**

*Abstract.* The issue of managing complex energy and resource-intensive technological objects operating at long intervals in variable performance modes for the resulting products, using destabilizing optimization algorithms, is discussed.

*Keywords:* destabilization, time interval, object, optimization, performance, control system, functional modeling.

Переход к анализу функционирования некоторого технологического объекта на интервале времени открывает новые возможности оптимизации его технологических режимов, обеспечивающих на соответствующих временных отрезках требуемые производительности получаемых продуктов. Такой переход возможен благодаря введению дополнительных (дестабилизационных) управляющих воздействий, расширяющих область допустимых управлений объекта. Возможность формирования таких воздействий появляется в результате снятия ограничений на постоянство технологических параметров, характеризующих протекающие в объекте процессы и поддерживаемых с помощью автоматических систем регулирования (АСР). Другими словами, организуется определенным образом допустимое изменение упомянутых параметров на всем интервале времени и реализуется «режим дестабилизации» технологического процесса. В результате решения возникающей задачи оптимизации на интервале времени возможно получение дополнительного экономического эффекта по сравнению с традиционным решением задачи обеспечения требуемой производительности объекта.

В основополагающей публикации [1] теоретически обоснованы, описаны и геометрически проиллюстрированы алгоритмы дестабилизационной оптимизации, используемые при управлении сложными энерго- и ресурсоемкими технологическими объектами, работающими в режимах переменной производительности по получаемым продуктам на длительных интервалах времени.

В публикации [2] изложена методология разработки и исследования дестабилизационных систем управления такими технологическими объектами и определены принципы их функционирования. В соответствии с ними дестабилизационные системы должны содержать следующие подсистемы: прогноза времени работы объекта и изменения его производительности по получаемым продуктам (возмущений); локальных АСР технологических параметров процесса; расчета оптимальных (в смысле минимума энерго- или ресурсозатрат на интервале времени) статических и дестабилизационных управляющих воздействий; перевода объекта с режима на режим.

Процесс разработки информационно-управляющей системы дестабилизационной оптимизации режимов сложного технологического объекта можно рассматривать как совокупность этапов его жизненного цикла: построение адекватной математической модели статики объекта; исследование статических режимов, включая оценку влияния на положение и конфигурацию областей допустимых управлений (ОДУ) различных возмущающих и управляющих воздействий, в целях выявления опасных и несущественных возмущений, определения наиболее эффективных управлений и нахождения возможности

построения алгоритмов перевода объекта с режима на режим; оптимизация статических режимов; выбор алгоритмов дестабилизационной оптимизации, соответствующих конкретному изменению производительности объекта; оценка эффективности дестабилизационной оптимизации и принятие решения об использовании статической или дестабилизационной оптимизации; разработка локальных АСР технологических параметров объекта; создание алгоритмов перевода объекта с одних технологических режимов на другие режимы; реализация на рассматриваемом интервале времени с помощью локальных АСР необходимых технологических режимов.

Проводится функциональное моделирование рассматриваемой информационно-управляющей системы, т.е. процесс моделирования выполняемых ею функций путем создания описательного структурированного графического изображения, показывающего что, как и кем делается в рамках функционирования объекта с учетом имеющейся информации. Используемая функциональная модель процесса является точной спецификацией всех функций, осуществляемых в рамках процесса более высокого уровня иерархии, а также характера взаимосвязей между ними. Модель дает представление как о функционировании исследуемого процесса, так и обо всех имеющих в нем место потоках информации. Она позволяет четко определить распределение ресурсов между операциями процесса, что дает возможность оценить эффективность их использования.

*Работа выполнена в соответствии с Грантом РФФИ № 18-08-00555-а.*

### ***Список использованных источников***

1. Using destabilization control to improve the functioning of complex multidimensional technological objects on the time interval / V. N. Shamkin, D. Yu. Muromtsev, A. N. Gribkov / Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – V. 12, No. 24, December. – P. 7198 – 7217.
2. Методология разработки систем дестабилизационного управления технологическими объектами, функционирующими при переменной нагрузке / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, А. Ю. Коток, В. Н. Шамкин // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. – 2017. – Т. 2. – С. 22 – 26.

### ***References***

1. Using destabilization control to improve the functioning of complex multidimensional technological objects on the time interval / V. N. Shamkin, D. Yu. Muromtsev, A. N. Gribkov / Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – V. 12, No. 24, December. – P. 7198 – 7217.



2. Methodology for the development of destabilization management systems for technological objects that operate under variable load / D. Yu. Muromtsev, A. N. Gribkov, A. Yu. Kotok, V. N. Shamkin // Mathematical methods in technique and technology – ММТТ. – 2017. – V. 2. – P. 22 – 26.

УДК 004.94

**Э. Д. Шибанов, И. Г. Благовещенский, М. М. Благовещенская**  
(ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», кафедра «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами», Москва, Россия,  
e-mail: TAKKERRU@ya.ru, igblagov@mgupp.ru, mmb@mgupp.ru)

### **ОБЗОР СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В 3D-ПЕЧАТИ**

*Аннотация.* Выполнен обзор систем контроля за процессом FDM (FFF) 3D-печати, основанных на техническом зрении и алгоритмах машинного обучения. Выявлены работоспособные методы и алгоритмы, имеющие успешное применение в 3D-печати пластиком и бетоном. Рассмотрены их преимущества и недостатки, а также была проведена оценка их применимости для автоматизированного контроля за 3D-процессом печати шоколадом.

*Ключевые слова:* машинное обучение, техническое зрение, обработка изображений, 3D-печать шоколадом, аддитивные технологии.

**E. D. Shibanov, I. G. Blagoveshchenskiy, M. M. Blagoveshchenskaya**  
(Moscow State University of Food Production, Department  
of Automated Control Systems for Biotechnological Processes,  
Moscow, Russia)

### **OVERVIEW OF VISION SYSTEMS USED IN 3D PRINTING**

*Abstract.* The paper provides an overview of control systems for the FDM (FFF) 3D printing process based on technical vision and machine learning algorithms. Workable methods and algorithms have been identified that have been successfully applied in 3D printing with plastic and concrete. Their advantages and disadvantages were considered, and an assessment of their applicability for automated control over the 3D printing process of the chocolate-house was carried out.

*Keywords:* machine learning, technical vision, image processing, chocolate 3D printing, additive technologies.

Пищевые аддитивные технологии являются новым и весьма перспективным направлением. Для кафе и ресторанов пищевые 3D-принтеры – это возможность удивить клиента и показать людям новый и уникальный способ приготовить вкусную и красивую еду. Благодаря аддитивным технологиям появилась еще одна возможность создавать эксклюзивные изделия из шоколада самой разнообразной формы. Это позволяет делать шоколадную продукцию еще более персонализированной [1 – 4].

Для того чтобы качественно печатать изделия из шоколада, необходима достаточно точная настройка параметров печати, которая занимает длительное время. На результат печати влияет температура окружающей среды, вид и марка используемого шоколада, рабочая температура сопла, скорость подачи материала, высота наносимого слоя и площадь печатаемого участка (или время печати одного слоя). Если один из параметров изменяется или подобран неверно, результат печати будет неудовлетворительным. В большинстве случаев необходимо непосредственное участие оператора, который следит за процессом печати. Он может корректировать температурные и скоростные режимы, проводя визуальный контроль качества. Параметры печати изменяются на его усмотрение исходя из анализа внешних факторов и собственного опыта. Так как 3D-печать шоколадом занимает длительное время – эффективность ручной настройки очень низка, а существующий основной контроль за процессом печати, который является определяющим в настоящий момент, не дает 100%-ной гарантии хорошего результата. Для избежания таких проблем необходимо автоматизировать процесс 3D-печати шоколадом, что позволит сэкономить время, а также сделать процесс подбора параметров для новых материалов автоматическим. Это может повысить интерес к данной технологии у пищевых предприятий ввиду упрощения работы с пищевыми 3D-принтерами.

В настоящее время информации об автоматизированном контроле за процессом 3D-печати шоколадом не найдено. Однако существуют работы, направленные на автоматизацию других видов 3D-печати, не относящихся к пищевой области. Был проведен анализ реализации методов и алгоритмов контроля за процессом 3D-печати, представленных в различных публикациях, и была оценена возможность их использования для контроля за процессом 3D-печати шоколадом. К основным дефектам 3D-печати шоколадом относятся недоэкструзия или переэкструзия, которые влияют на внешний вид печатаемого изделия, а также перегрев, препятствующий нормальному застыванию шоколада, и недогрев, который приводит к застыванию материала в печатающей головке и дальнейшей остановке подачи [4, 5]. Проведенный обзор

материалов по автоматизированному контролю за процессом 3D-печати показал, что для нашей области исследования полезно визуально фиксировать каждый напечатанный слой, или отдельный участок детали, или даже всю форму печатаемого изделия и сравнивать этот результат с заданной 3D-моделью. Благодаря системам распознавания образов возможно контролировать текущее состояние печати в режиме реального времени [5]. Это позволит сэкономить материал, рабочее время оператора и оборудования. Благодаря таким решениям аддитивные технологии могут выйти на новый уровень использования. Для того чтобы реализовать такую систему, достаточно дооснастить 3D-принтер соответствующим оборудованием: одной или несколькими видеокамерами и дополнительным контроллером, который обрабатывает полученные данные. При этом в основе используемых программ применяются искусственные нейронные сети и глубокое машинное обучение, что позволяет настраивать и обучать систему на реакцию к определенным событиям [5].

В работе [1] предлагается метод автоматической оценки качества печатаемой на 3D-принтере детали с использованием встроенной камеры, обработкой изображения, и контролируемого машинного обучения. Этот метод способен обнаруживать структурные и геометрические дефекты. К недостаткам этого метода можно отнести паузы в процессе печати для выполнения снимков и проведения контроля. В работе [2] представлена разработка системы, включающая в себя расширенные алгоритмы машинного обучения для классификации и обнаружения проблем печати и самостоятельной коррекции процесса. Предлагаемая система отслеживания в режиме реального времени использует сверточные нейронные сети (CNN). Общее время коррекции от обнаружения дефекта до исправления параметров занимает не более 10 секунд. Точность системы достигает 98%.

Контроль скорости экструзии в режиме реального времени также был предложен в работе [3] для контроля качества строительной 3D-печати. Представленный алгоритм визуальной системы распознает экструдированный слой бетонной смеси, измеряет его ширину и сравнивает с заданной для выявления дефектов. В работе [3] авторы также представили систему обеспечения качества «Проверь как ты построил» с возможностью контроля детали в процессе печати, захвата геометрии с использованием трехмерной цифровой корреляции изображений (3D-DIC) и сравнения геометрии печати с компьютерной моделью, чтобы обнаружить ошибки *прямо на месте*. К недостаткам можно отнести высокую стоимость оборудования, отсутствие системы принятия решений и автоматической коррекции процесса печати. Метод

контроля модели путем сканирования на каждом слое в режиме реального времени также реализован в работе [4]. Однако, в отличие от предыдущего способа, для его реализации необходима всего одна камера. Основной принцип работы всей системы заключается в получении и обработке изображения на каждом слое. Преимущество данного метода заключается в том, что он позволяет запечатлеть любые дефекты напечатанной модели. Недостатком этого метода является необходимость делать паузу для изображения текущего слоя, а также отсутствие системы автоматического распознавания дефектов. Этот вариант является целесообразным при контроле дорогих конструктивных деталей. Однако для пищевой 3D-печати необходимо более дешевое и доступное оборудование.

Проведенный обзор и анализ показал, что для решения проблем пищевой промышленности возможно использование практически всех рассмотренных алгоритмов, предложенных в работах [1 – 5]. Наиболее интересными и перспективными для 3D-печати шоколадом являются методы, приведенные в работах [2, 3]. Для их реализации требуется всего одна веб-камера и дополнительный контроллер. На их основе возможно создание системы автоматизированного подбора параметров печати для каждого вида шоколада. В результате подробного изучения имеющихся материалов был сделан следующий вывод. Наблюдается тенденция разработки и внедрения систем технического зрения для контроля 3D-печати в различных областях. Большинство рассмотренных систем способно принимать решение об остановке процесса 3D-печати при возникновении существенных дефектов. Существуют системы, позволяющие успешно регулировать параметры 3D-печати (скорость и подача) на основании визуальной информации о наносимом слое, что повышает стабильность печати и качество на протяжении всего процесса. Часть алгоритмов и оборудования могут быть использованы при разработке системы автоматизированного подбора параметров 3D-печати шоколадом. Помимо этого, с помощью компьютерного зрения возможно распознавать оттенок и структуру поверхности шоколада. Предпочтительно использование всего одной веб-камеры. Контроль должен быть осуществлен в режиме реального времени либо на каждом напечатанном слое. Для обеспечения стабильности процесса визуального контроля возможна установка дополнительных источников освещения, направленных в зону выращивания контролируемого объекта.

Это еще раз подтверждает правильность выбранного пути за визуальным контролем процесса 3D-печати шоколадом.

### *Список использованных источников*

1. Aradwad P. & Kumar A. 3D Food Printing Technology : Future of Customized Food Products Scanned with CamScanner. December 2019.
2. Delli, U. & Chang S. Automated Process Monitoring in 3D Printing Using Supervised Machine Learning. *Procedia Manufacturing*, 26, 865 – 870. – URL : <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.111>
3. Fastowicz J., Grudziński M., Teclaw M. & Okarma K. Objective 3D printed surface quality assessment based on entropy of depth maps. *Entropy*, 21(1), 2019. 1 – 13. – URL : <https://doi.org/10.3390/e21010097>
4. Балыхин, М. Г. Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий : монография / М. Г. Балыхин, А. Б. Борзов, И. Г. Благовещенский. – М. : Изд-во «Франтера», 2017. – 395 с.
5. Благовещенский, И. Г. Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06 / И. Г. Благовещенский. – 2018. – 46 с.

### *References*

1. Aradwad P. & Kumar A. 3D Food Printing Technology : Future of Customized Food Products Scanned with CamScanner. December 2019.
2. Delli, U. & Chang S. Automated Process Monitoring in 3D Printing Using Supervised Machine Learning. *Procedia Manufacturing*, 26, 865 – 870. – URL : <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.111>
3. Fastowicz J., Grudziński M., Teclaw M. & Okarma K. Objective 3D printed surface quality assessment based on entropy of depth maps. *Entropy*, 21(1), 2019. 1 – 13. – URL : <https://doi.org/10.3390/e21010097>
4. Balykhin M. G., Borzov A. B., Blagoveshchensky I. G. Methodological foundations for the creation of expert systems for monitoring and predicting the quality of food products using intelligent technologies : Monograph / M. G. Balykhin, A. B. Borzov, I. G. Blagoveshchensky. – М. : Publishing house of Franther, 2017. – 395 p.
5. Blagoveshchensky, I. G. (2018). Methodological foundations for the creation of expert systems for monitoring and predicting the quality of food products using intelligent technologies: Avtoref. dis ... doct. tech. Sciences: 05.13.06. 46 p.

**А. А. Аль-Раммахи, Ф. А. Сари**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
кафедра «Информационные системы и защита информации»,  
Тамбов, Россия, e-mail: alia.alramahi@uokufa.edu.iq,  
mscitfarah@gmail.com)

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО SIMHASH-АЛГОРИТМА С-СРЕДНИХ ДЛЯ АНАЛИТИКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ**

*Аннотация.* Нечеткий алгоритм с-средних является одним из самых популярных методов плоской кластеризации, но он требует много времени для вычисления подобия больших данных, что на практике приводит к снижению производительности. В предыдущих исследованиях предлагались способы для нахождения лучших начальных центроидов для облегчения эффективного распределения точек данных по подходящим кластерам с уменьшенной временной сложностью. Однако в представлении векторного пространства с увеличением объема данных размерность векторного пространства увеличивается, что занимает больше времени при вычислении подобия. Предложен алгоритм кластеризации нечетких с-средних на основе SimHash, который использует хэширование с учетом локальности и уменьшения размерности для повышения эффективности анализа больших данных. Результаты эксперимента показали, что предлагаемый метод значительно сокращает время обработки нечеткой кластеризации с-средних без существенного влияния на эффективность. Дальнейшее исследование необходимо для проверки производительности данных в более крупном масштабе.

*Ключевые слова:* кластеризация документов, SimHash, К-средства, нечеткие с-средние, уменьшение размеров, расчет сходства.

**A. A. Al-Rammahi, F. F. Sari**  
(Tambov State Technical University, Department of Information  
Systems and Information Security, Tambov, Russia)

## **CLUSTERING EFFICIENCY BASED SIMHASH FUZZY C-MEANS ALGORITHM FOR BIG DATA ANALYTICS**

*Abstract.* The fuzzy c-means algorithm is one of the most popular methods of flat clustering, but it takes a long time to calculate the similarity of big data, which in practice leads to a decrease in performance. Previous studies have proposed improvements to find the best initial centroids to facilitate the efficient distribution of data points across suitable clusters with reduced time complexity. However, in the

representation of vector space with increasing data volume, the dimension of the vector space increases, which takes more time when calculating the similarity. In this article, we propose a SimHash-based fuzzy c-means clustering algorithm that uses hashing based on locality and dimensionality reduction to increase the efficiency of big data analysis. The experimental results showed that our method significantly reduces the processing time of fuzzy clustering of c-means without significant impact on efficiency. Further research is needed to test data performance on a larger scale.

*Keywords:* document clustering, SimHash, K-means, fuzzy c-means, dimension reduction, similarity calculation.

**Предлагаемый метод.** Наборы данных сначала предварительно обрабатываются в том же формате и разделяются на контент и метаданные. Затем объекты содержимого преобразуются в хеш-пространство для уменьшения размера. Наконец, алгоритм кластеризации нечетких с-средних был модифицирован для включения оценки сходства в hash-пространстве с использованием расстояния Хэмминга. Общая архитектура предложенного подхода иллюстрируется на рис. 1.

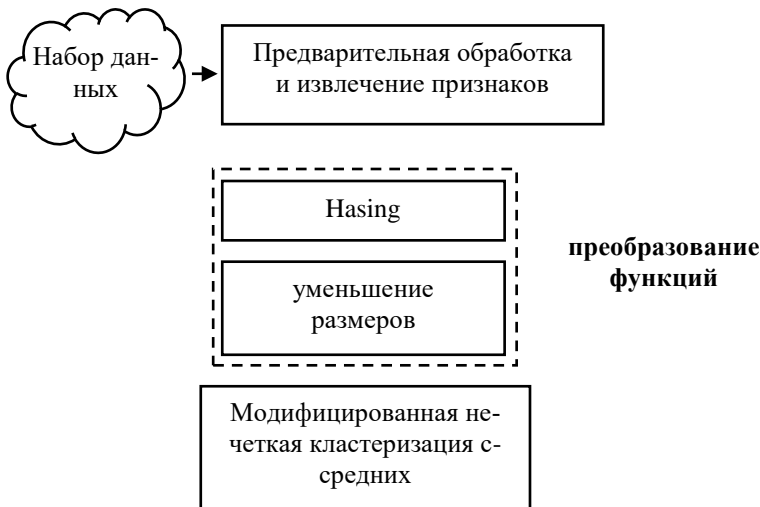


Рис. 1. Архитектура системы предлагаемого подхода

**Нечеткая кластеризация с-средних на основе SimHash.** Основное различие между нечетким с-средним на основе SimHash и оригинальным алгоритмом нечеткого с-среднего состоит из двух частей. Первое отличие заключается в выборе начальной центроиды. Чтобы

получить более равномерное распределение центроиды для разных кластеров, разработан метод порогового, чтобы отделить начальные центроиды, насколько это возможно, чтобы избежать аналогичных кластеров, которые находятся близко друг к другу. Второе отличие заключается в методе расчета подобия в составе кластера – присвоение и пересчет центроида. Так как художественное пространство было преобразовано в hash-пространство  $f$ -бит, сходство рассчитывается по расстоянию Хэмминга. Вычисление более эффективно, чем косинусное сходство. Существует два различия в деталях.

### **1. Начальный порог центроида**

Оригинальный алгоритм нечетких  $s$ -средних принимает случайно выбранные начальные центроиды, которые могут легко подобрать два одинаковых документа как центроиды, если распределение данных плотное и неравномерное.

Чтобы избежать таких проблем, выберут начальные центроиды, которые равномерно распределены в hash-пространстве. Первый центроид был рассчитан из среднего значения всех документов. Остальные центроиды случайным образом выбираются из всех документов, а затем фильтруются по минимальному порогу  $R$ . То есть расстояние между любыми двумя центроидами должно быть больше, чем пороговое значение  $R$ . Но при выборе  $R$  есть некоторые проблемы. Если  $R$  слишком велико, центроиды не могут быть добавлены, кроме первого. Если  $R$  слишком мало, тогда никакие центроиды не могут быть исключены, что делает порог бесполезным. Поскольку в этой статье используется has-пространство на основе SimHash, то устанавливается целочисленный порог  $R$  для расстояний Хэмминга в диапазоне  $[0, f]$ , где  $f$  – размерность hash-пространства. В частности, порог  $R$  начинается с более строгого значения  $f$  и затем уменьшается, чтобы можно было добавить больше центроидов, пока  $k$  начальных центроидов не могут быть выбраны. Также сохраняется заказ первоначального выбора центроида для последующей цели разрыва связей.

### **2. Назначение членов кластера:**

а) Расчет подобия в hash-пространстве. После того как центроиды были определены для каждого кластера, необходимо переназначить членство в кластере для каждого документа в набор данных. Это включает в себя расчет расстояний для каждого документа для всех кластерных центроидов. Учитывая количество кластеров  $K$ , количество документов  $N$ , расчет будет  $O(KN)$  за одну итерацию.



Для документа  $d_j$  и центроида  $c_k$  кластера  $C_k$  hash-расстояние между  $d_j$  и  $c_k$  определяется как расстояние Хэмминга между значением SimHash  $d_j$  и представлением hash-пространства  $c_k$  следующим образом:

$$dist_{hash}(d_j, C_k) = \sum_i diff(b_i(SimHash(d_j)), b_i(c_k)), \quad (1)$$

где  $b_i(v)$  принимает  $i$ -th бит hash-значения  $v$ . И  $c_k$  обозначает представление в хеш-пространстве центроида кластера  $C_k$  расстояние hasha между документом  $d_j$  и центроидом  $c_k$  количество разных цифр в двух соответствующих hash-значениях.

б) Идентичное разрешение сходства. Поскольку расстояние Хэмминга используется для измерения разницы или сходства между значениями hash, очень вероятно, что одни и те же значения подобия являются дискретными целочисленными значениями в пределах размерности  $f$  hash-пространства. Здесь реализованы две стратегии одинакового разрешения сходства: случайное распределение и заказное назначение. Для случайного назначения случайным образом назначается свое членство любому кластеру с таким же расстоянием Хэмминга.

Первый кластер в порядке первоначального выбора центроида. Оценивается эффективность этих двух стратегий в эксперименте.

**3. Пересчет центроида.** Центроид кластера определяется как центр масс для членов кластера, который обычно является средним значением представлений для всех точек данных. В традиционной модели векторного пространства для текстовых документов рассчитывается как среднее значение отдельных векторов, соответствующих элементам кластера. Поскольку выполняются все вычисления подобия в хеш-пространстве, в отличие от обычных вычислений, определяется среднее значение hash-значений в хеш-пространстве SimHash следующим образом:

$$average_{hash}(C_k) = U_i s_i \left( H \left( \sum_{d_j \in c_k} h(b_i(d_j)) \right) \right), \quad (2)$$

где  $d_j$  является документом в кластере  $C_k$ , а  $b_i(v)$  занимает  $i$ -th бит hash-значения  $v$ ,  $s_i(v)$  устанавливает  $i$ -th бит hash-значения  $v$ , и  $h(\cdot)$

сохраняет 1 бит при изменении 0 бит на  $-1$ ,  $H(\cdot)$  изменяет положительные значения на 1 и отрицательные значения на 0.

После пересчета всех центроидов алгоритм повторяет второй и третий этапы переназначения принадлежности к кластеру и перерасчета центроидов до тех пор, пока не будет достигнуто условие завершения. Обычно условие завершения в алгоритме нечетких  $c$ -средних включает: элементы кластера остаются неизменными, или центроиды всех кластеров остаются неизменными, или фиксированное число итераций. В этой статье принимается условие завершения, когда все центроиды остаются неизменными.

**Заключение.** В этом отчете предложен алгоритм нечеткой кластеризации  $c$ -средних на основе SimHash. Разрабатывая новые методы начального порогового центроида, предпринята попытка улучшить распределение начальных центроидов, чтобы избежать близких начальных центроидов. Кроме того, разработав расчет сходства в хеш-пространстве для назначения членства в кластере и пересчета центроидов, возможно повысить эффективность нечеткой кластеризации  $c$ -средних для данных больших размеров. Результаты экспериментов показывают, что предлагаемый подход может достичь сопоставимой производительности с оригинальным алгоритмом нечеткого  $c$ -среднего значения с гораздо более высокой эффективностью. Это показывает потенциал предлагаемого метода в приложениях для анализа больших данных. В будущем необходимы дальнейшие эксперименты с другими типами данных и большими размерами данных.

### *Список использованных источников*

1. Charikar, M. Similarity estimation techniques from rounding algorithms, Proceedings of the 34th Annual Symposium on Theory of Computing (STOC 2002), 2002. – P. 380 – 388.
2. Jain A. K., Anil M. N., Flynn P. J. Data clustering: a review, ACM computing surveys (CSUR), 1999.
3. Bezdek J. C., Ehrlich R., Full W. FCM: The fuzzy  $c$ -means clustering algorithm, Computers & Geosciences, 1984. – No. 10(2). – P. 191 – 203.
4. Xianfeng Y., Pengfei L. Tailoring fuzzy  $C$ -means clustering algorithm for big data using random sampling and particle swarm optimization, International Journal of Database Theory and Application 8.3, 2015. – P. 191 – 202.
5. Mehdizadeh E., Sadi-Nezhad S., Tavakkoli-Moghaddam R. Optimization of fuzzy clustering criteria by a hybrid PSO and fuzzy  $c$ means clustering algorithm, Iranian Journal of Fuzzy Systems 5.3, 2008. – P. 1 – 14.

6. Amir Khoshkbarchi, Ali Kamali, Mehdi Amjadi, Maryam Amir Haeri, A Modified Hybrid Fuzzy Clustering Method for Big Data, In 2016 8th International Symposium on Telecommunications (IST'2016), 2016.

Venkat R., Pamidi Srinivasulu. Clustering of data using fuzzy C- means (FCM) algorithm with aid of gravitational search optimization, 2017 IEEE International Conference on Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM), 2017.

### *References*

7. Charikar, M. Similarity estimation techniques from rounding algorithms, Proceedings of the 34th Annual Symposium on Theory of Computing (STOC 2002), 2002. – P. 380 – 388.

8. Jain A. K., Anil M. N., Flynn P. J. Data clustering: a review, ACM computing surveys (CSUR), 1999.

9. Bezdek J. C., Ehrlich R., Full W. FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm, Computers & Geosciences, 1984. – No. 10(2). – P. 191 – 203.

10. Xianfeng Y., Pengfei L. Tailoring fuzzy C-means clustering algorithm for big data using random sampling and particle swarm optimization, International Journal of Database Theory and Application 8.3, 2015. – P. 191 – 202.

11. Mehdizadeh E., Sadi-Nezhad S., Tavakkoli-Moghaddam R. Optimization of fuzzy clustering criteria by a hybrid PSO and fuzzy cmeans clustering algorithm, Iranian Journal of Fuzzy Systems 5.3, 2008. – P. 1 – 14.

12. Amir Khoshkbarchi, Ali Kamali, Mehdi Amjadi, Maryam Amir Haeri, A Modified Hybrid Fuzzy Clustering Method for Big Data, In 2016 8th International Symposium on Telecommunications (IST'2016), 2016.

13. Venkat R., Pamidi Srinivasulu. Clustering of data using fuzzy C- means (FCM) algorithm with aid of gravitational search optimization, 2017 IEEE International Conference on Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM), 2017.

**А. А. Аль-Раммахи, Ф. А. Сари**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные системы и защита информации», Тамбов, Россия,  
e-mail: alia.alramahi@uokufa.edu.iq, mscitfarah@gmail.com)

## **КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА**

*Аннотация.* Статья сосредоточена на проблеме кластеризации данных, где сходство между примерами измеряется евклидовым метрическим расстоянием. Рассмотрен случай, когда измерение данных, количество кластеров и размер набора данных могут быть очень большими. Генетический алгоритм используется благодаря его возможностям захватить глобальную оптимальность, ведущую к многообещающему эмпирическому представлению в данной среде. Два метода выбора набора пересечения, шесть подходов кроссовера и техника *ne-tuning* применены в проектах. Эксперименты также подтверждают, что генетический алгоритм является вычислительным и позволяет достичь сопоставимой производительности, если не лучше, то как наиболее часто используемый работает на большом наборе данных.

*Ключевые слова:* проблема кластеризации, генетические алгоритмы, крупномасштабный набор данных.

**A. A. Al-Rammahi, F. F. Sari**  
(Tambov State Technical University, Department of Information  
Systems and Information Security, Tambov, Russia)

## **DATA CLUSTERING USING A GENETIC ALGORITHM**

*Abstract.* This project focus on the problem of data clustering, where the similarity between instances are measured by Euclidean distance metric. Here we include the case where the data dimension, the number of clusters and the size of data set could be very large. Genetic algorithm is used due to its capability to capture the global optimality, leading to a promising empirical performance in the given environment.

Two crossing set selection methods, six crossover approaches and a *ne-tuning* technique are applied in the projects. Our experiments also verify that the genetic algorithm is computationally efficient, and achieve comparable performance, if not better, as the most commonly used state-of-the-art works on large data set.

*Keywords:* clustering problem, genetic algorithms, large scale data set.

**Кластерная проблема.** В задаче кластеризации  $X = x_1, \dots, x_N^T \in R^{N \times D}$  обозначает матрицу экземпляров, которая состоит из  $N$  примеров и каждый экземпляр вектора имеет  $D$  атрибутов.  $C = c_1, \dots,$

$x_N^T \in [1, M]^{N \times 1}$  – вектор, обозначающий назначения кластера. Специфическая кластеризация или разделение могут быть выражены как  $\pi = C_1, \dots, C_M$  по  $X$ .

Для конкретной кластеризации каждый кластер  $C_i$ ;  $i \in [1; M]$ , имеет альтернативный репрезентативный элемент, называемый центроидом, обозначенный как  $c_i$ , и его можно вычислить из матрицы экземпляров  $X$ :

$$c_i = \frac{\sum_{x \in C_i} x}{|C_i|}, \dots, \quad (1)$$

где  $|c_i|$  – номер экземпляра, соответствующий кластеру  $C_i$ , это означает, что  $c_i$  – ближайший центр тяжести для этих экземпляров.

Учитывая, что данные вложены в евклидово пространство, можно определить расстояние между двумя экземплярами  $x_i$  и  $x_j$ :

$$D(x_i, x_j)^2 = \|x_i - x_j\|_2^2 = \sum_k^d (x_i(k) - x_j(k))^2, \dots \quad (2)$$

Тогда возможно нарисовать среднеквадратичную ошибку для конкретной кластеризации  $\pi$  как

$$MES(\pi) = \frac{1}{ND} \sum_{i=1}^N \|x_i - f(x_j)\|_2^2, \dots, \quad (3)$$

где  $f$  – отображение, дающее ближайший центр тяжести в растворе  $\pi$ , например  $x_i$  и, по сути, проблема кластеризации заключается в определении кластеризации  $\pi^*$ , такой, что

$$\pi^* = \arg \min MES(\pi_k), \dots \quad (4)$$

Когда используется выражение (2) в качестве меры расстояния, предполагается, что каждое измерение экземпляра является числовым и имеет одинаковый масштаб. Поэтому перед кластеризацией нужно предварительно обработать исходные данные. Бинаризуется порядковое значение и нормализуется каждое измерение, используя норму L1. MSE формулирует в `refmse` и измеряет искажение кластерного решения. Это один из возможных критериев оценки, и пользователь может переключать выбор в зависимости от конкретной среды.

**Генетические алгоритмы.** Эскиз генетического алгоритма показан в Алгоритме 1. Генетический алгоритм развивает популяцию возможных решений, представленных строками фиксированной длины. Каждая группа населения выступает за кластеризацию данных,

и это могут быть либо векторные кластерные назначения, либо набор центроидов. Индивидуум изначально создается путем случайного выбора  $M$  экземпляров из набора данных в качестве центроидов кластера, а затем сопоставления всех экземпляров в наборе данных с их ближайшим центроидом, согласно выражению (2). На каждой итерации лучшие  $S_b$ -решения отбираются, чтобы дойти до следующего поколения. Остальная часть населения заменяется новыми решениями, созданными на этапе кроссовера.

**Алгоритм 1. Контур для генетического алгоритма.**

**Шаг 1.** Создать  $S$  случайных решений для первого поколения.

**Шаг 2.** Время итерации  $< T$  или критерии завершения не соответствуют.

**Шаг 3.** Выберите выживающие решения  $S_b$  для следующего поколения.

**Шаг 4.** Выберите решения для формирования набора пересечений.

**Шаг 5.** Выберите  $S_c$  пар решений из набора пересечений.

**Шаг 6.** Выполните кроссовер, чтобы создать новое решение.

**Шаг 7.** Выполните мутацию в решениях.

**Шаг 8. конец пока.**

**Представление решения.** Решение проблемы кластеризации может быть представлено либо таблицей разбиения, либо набором центроидов кластера. Эти два варианта зависят друг от друга, поэтому, если закрепить один из них, другой может быть сконструирован уникальным образом, как описано ниже:

- Учитывая набор центроидов кластера, таблица разделов может быть построена путем назначения каждого экземпляра в наборе данных его ближайших центроидов относительно функции расстояния.

- Учитывая таблицу разделов, центры кластера могут быть получены путем взятия среднего вектора экземпляра, соответствующего этому кластеру, и центроиды для всех кластеров образуют представителя кластера.

Эти два варианта представления кластеризации порождают два альтернативных подхода к проблеме кластеризации: методы кластеризации на основе центроидов и разделов.

В методах, основанных на разделах, разделами являются индивидуумы населения, а ген (элементарная единица) представляет собой принадлежность к определенному кластеру. Центроиды, таким образом, можно рассчитать, используя способ выше. Кластеризация на основе разделов широко используется в традиционных алгоритмах кластеризации и все еще широко используется в настоящее время, но со вспомогательными механизмами, гарантирующими ее производительность и эффективность.

В подходах, основанных на центроидах, наборы центроидов – особи населения, а ген является центром тяжести соответствующего кластера. Этот способ обычно используется в векторном квантовании. Таблица разделов, однако, необходима, когда совершаются дальнейшие операции, такие как кроссовер, и когда необходимо обновить отношение кластеризации, где можно использовать путь ближайшего соседа. И эти наборы центроидов также называют кодовой книгой. Создание кодовой книги, или, другими словами, связь между центроидами и таблицей разделов изображена на рис. 1.

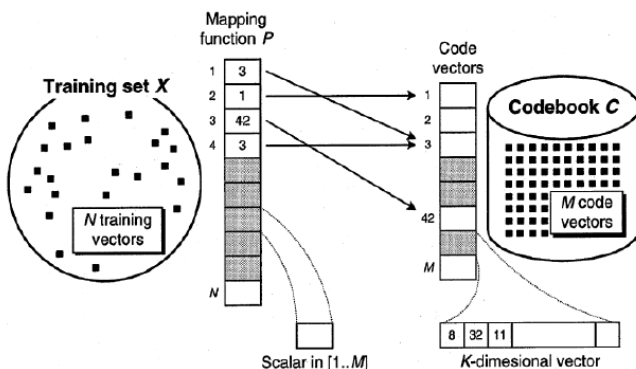


Рис. 1. Связь между центроидами и таблицей

**Заключение.** Решения ГА для крупномасштабных задач кластеризации были изучены в этом проекте. Реализация кластеризации на основе ГА. Алгоритм довольно прост и понятен. Тем не менее из-за характера данных были необходимы специфические для проблемы модификации. Евклидова дистанционная метрика не подходит для захвата эллиптических или цепочечных кластеров, поэтому дистанционное обучение метрике может быть принято для улучшения производительности. Кроме того, можно использовать лучшую функцию фитнес, может быть, вся или частичная информация на этикетке также может быть использована для улучшения производительности. Новые варианты решения созданы в кроссовере, но они слишком произвольны, чтобы дать разумное решение проблемы. Таким образом, подходящие решения должны быть настроены на небольшое количество шагов алгоритма  $k$ -средних. Основными параметрами ГА для рассматриваемых здесь проблем кластеризации являются включение шагов  $k$ -средних, метод кроссовера, а также анализ скорости мутаций, отбраковывающий суть эволюционных подходов, таких как ГА. В большинстве случаев вероятность мутации и выбор метода отбора кажутся незначительными. Для реше-

ния было использовано представление на основе центроидов. Результаты были многообещающими для этой конфигурации GA.

Результаты GA, который измеряется внутрикластерным разнообразием в этом проекте, были лучше, чем результаты k-средних и других распространенных алгоритмов кластеризации. В целом SOM дал конкурентные результаты GA с гораздо большими вычислительными усилиями.

#### *Список использованных источников*

1. Razavi S. H., Ebadati E. O. M., Asadi S., Kaur H. An efficient grouping genetic algorithm for data clustering and big data analysis. In Computational Intelligence for Big Data Analysis; Springer: Berlin, Germany, 2015. – P. 119 – 142.
2. Popat S. K., Emmanuel M. Review and comparative study of clustering techniques. Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol. – 2014. – No. 5. – P. 805 – 812.
3. Mann A. K., Kaur N. Survey paper on clustering techniques. Int. J. Sci. Eng. Technol. Res. 2013. – No. 2. – P. 803 – 806.
4. Jain A. K., Maheswari S. Survey of recent clustering techniques in data mining. Int. J. Comput. Sci. Manag. Res. – 2012. – No. 3. – P. 72 – 78.
5. Qing L., Gang W., Zaiyue Y., Qiuping W. Crowding clustering genetic algorithm for multimodal function optimization. Appl. Soft Comput. – 2008. – No. 8. – P. 88 – 95.
6. Chehourri A., Younes R., Perron J., Ilinca A. A Constraint-Handling Technique for Genetic Algorithms using a Violation Factor. J. Comput. Sci. – 2016. – No. 12. – P. 350 – 362.
7. Agustin-Blas L., Salcedo-Sanz S., Jimenez-Fernandez S., Carro-Calvo L., Del Ser J., Portilla-Figueras J. A. A new grouping GA for clustering problems. Expert Systems with Applications. – 2012. – V. 39. – No. 10.
8. Agustin-Blas L. E., Salcedo-Sanz S., Jimenez-Fernandez S., Carro-Calvo L., Del Ser J. A new grouping genetic algorithm for clustering problems. Expert Systems with Applications. – 2011. – V. 39. – P. 96959703.

#### *References*

1. Razavi S. H., Ebadati E. O. M., Asadi S., Kaur H. An efficient grouping genetic algorithm for data clustering and big data analysis. In Computational Intelligence for Big Data Analysis; Springer: Berlin, Germany, 2015. – P. 119 – 142.
2. Popat S. K., Emmanuel M. Review and comparative study of clustering techniques. Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol. – 2014. – No. 5. – P. 805 – 812.



3. Mann A. K., Kaur N. Survey paper on clustering techniques. Int. J. Sci. Eng. Technol. Res. 2013. – No. 2. – P. 803 – 806.
4. Jain A. K., Maheswari S. Survey of recent clustering techniques in data mining. Int. J. Comput. Sci. Manag. Res. – 2012. – No. 3. – P. 72 – 78.
5. Qing L., Gang W., Zaiyue Y., Qiuping W. Crowding clustering genetic algorithm for multimodal function optimization. Appl. Soft Comput. – 2008. – No. 8. – P. 88 – 95.
6. Chehourri A., Younes R., Perron J., Ilinca A. A Constraint-Handling Technique for Genetic Algorithms using a Violation Factor. J. Comput. Sci. – 2016. – No. 12. – P. 350 – 362.
7. Agustin-Blas L., Salcedo-Sanz S., Jimenez-Fernandez S., Carro-Calvo L., Del Ser J., Portilla-Figueras J. A. A new grouping GA for clustering problems. Expert Systems with Applications. – 2012. – V. 39. – No. 10.
8. Agustin-Blas L. E., Salcedo-Sanz S., Jimenez-Fernandez S., Carro-Calvo L., Del Ser J. A new grouping genetic algorithm for clustering problems. Expert Systems with Applications. – 201. – 39. – 96959703.

УДК 004

**А. А. Аль-Раммахи, Ф. А. Сари**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные системы и защита информации», Тамбов, Россия,  
e-mail: alia.alramahi@uokufa.edu.iq, mscitfarah@gmail.com)

### **КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА ДАВЕ–СЕНА И НЕЧЕТКИХ С-СРЕДНИХ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

*Аннотация.* Кластеризация больших данных является одной из наиболее важных проблем в настоящее время, поэтому эта статья фокусируется на классификации данных с использованием стандартного алгоритма (нечеткое с-среднее) и алгоритма Даве–Сена (FRC) для определения оптимального алгоритма с точки зрения скорости в работе и точности в разделении. Приведены результаты испытаний, используя меры разделения. Описан алгоритм построения нечетких иерархий. Это иерархии, где элементы могут иметь нечеткое членство в узлах. В документе представлен подход, который в основном следует восходящей стратегии, и описаны функции, необходимые для работы с нечеткими атрибутами. Пример применения подхода также представлен.

*Ключевые слова:* нечеткое с-среднее, алгоритм Даве–Сена (FRC), набор данных.

**DATA CLUSTERING BY THE DAVE–SEN AND FUZZY C-MEANS: A COMPARATIVE STUDY**

*Abstract.* Big data clustering is one of the most important problems at present, therefore this thesis focuses on data classification using a standard algorithm (fuzzy c-mean) and another Dave–Sen algorithm (FRC) to determine the optimal algorithm in terms of speed in operation and separation accuracy and test results using separation measures. This thesis describes an algorithm for constructing fuzzy hierarchies. These are hierarchies where elements can have fuzzy membership in nodes. The paper presents an approach that follows an upstream strategy, and describes the functions needed to work with fuzzy attributes. An example application of the approach is also presented.

*Keywords:* fuzzy c-mean, Dave–Sen (FRC), data set.

**Нечеткое с-среднее.** Нечеткое с-среднее (FCM) – это метод кластеризации, который позволяет одному фрагменту данных принадлежать двум или более кластерам. Этот метод (разработанный Данном в 1973 году и усовершенствованный Бездеком в 1981 году) часто используется при классификации данных. Он основан на минимизации следующей целевой функции:

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2, \quad 1 \leq m < \infty,$$

где  $m$  – любое действительное число, большее 1;  $u_{ij}$  – степень членства  $x_i$  в кластере  $j$ ,  $x_i$  –  $i$ -й из  $d$ -мерных измеренных данных;  $c_j$  – центр  $d$ -размерности кластера, а  $\|\cdot\|$  – любая норма, выражающая сходство между любыми измеренными данными и центром.

Нечеткое разбиение выполняется посредством итеративной оптимизации целевой функции, показанной выше, с обновлением членства  $u_{ij}$  и центров кластера  $c_j$ :

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left( \frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}}, \quad c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m}.$$

Эта итерация остановится, когда  $\max_{ij} \left\{ |u_{ij}^{(k+1)} - u_{ij}^{(k)}| \right\} < \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – критерий завершения между 0 и 1, тогда как  $k$  – шаги итерации. Эта процедура сходится к локальному минимуму или седловой точке  $J_m$ .

**Алгоритм Даве–Сена (FRC).** FRC-алгоритм, который выводится, хорошо работает для всех типов неевклидовых данных о различиях. Таким образом, показано, что дополнительные вычисления для расширения данных (широко распространенное преобразование) алгоритмом NERFCM не нужны. Этот новый алгоритм называется надежной неевклидовой нечеткой реляционной кластеризацией данных (надежный -NE-FRC), и его надежность продемонстрирована на нескольких числовых примерах. Преимущества этого нового алгоритма: более быстрая сходимость, устойчивость к выбросам и способность обрабатывать все виды реляционных данных, включая неевклидовы.

Получен новый алгоритм FRC, который объединил хорошие функции RFCM и FANNY. Функционал для FRC

$$FRC = \sum_{i=1}^c \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n u_{ik}^m u_{ij}^m R_{jk}}{2 \sum_{t=1}^n u_{it}^m} \dots, \quad (1)$$

$$u_{ik} \geq 0, i = 1, 2, \dots, c; k = 1, 2, \dots, n, \dots, \quad (2)$$

$$L = \sum_{i=1}^c \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n u_{ik}^m u_{ij}^m R_{jk}}{2 \sum_{t=1}^n u_{it}^m} - \sum_{k=1}^n \lambda_k \left( \sum_{j=1}^c u_{jk} - 1 \right) \dots \quad (3)$$

Вышеупомянутое уравнение может быть минимизировано относительно  $u_{ik}$  и путем устранения множителей Лагранжа,  $\lambda_k$  один может получить следующее:

$$u_{ik} = \frac{\left( \frac{1}{a_{ik}} \right)^{1/(m-1)}}{\sum_w^c \left( \frac{1}{a_{ik}} \right)^{1/(m-1)}} \dots, \quad (4)$$

$$a_{ik} = \frac{u_{ij}^m R_{jk}}{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m} - \frac{m \sum_{h=1}^n \sum_{j=1}^n u_{ij}^m u_{ih}^m R_{jh}}{2 \left( \sum_{j=1}^n u_{iv}^m \right)} \dots \quad (5)$$

Таким образом, путем непосредственного применения метода множителей Лагранжа для получения минимизации с ограничением (1) решение получается из выражений (4) и (5). Следует отметить, что при выводе предыдущего уравнения единственное ограничение  $R_{jk}$  – (1). Таким образом, этот вывод имеет преимущество перед выводом в RFCM. Несколько замечаний относительно (4) и (5). Во-первых, выражение (4) является трансцендентным уравнением в  $u_{ik}$ , а во-вторых, ограничение (2) явно не выполняется. Чтобы решить  $u_{ik}$  из выражения (4), можно использовать метод градиентного спуска, такой как метод Ньютона, или просто использовать метод последовательной замены, в котором можно многократно использовать старые значения  $u_{ik}$  в (5), чтобы получить  $a_{ik}$ , а затем решить для новых значений  $u_{ik}$  от (4) до сходимости. На практике можно улучшить порядок сходимости этого метода с помощью итерации Зайделя, где в решении для  $a_{ik}$  используются все новые доступные значения членства.

**Иерархическое нечеткое кластерство.** Учитывая набор элементов  $X$ , применен смешанный подход для построения нечеткой иерархической структуры. Процесс создает нечеткое разбиение  $X$  с применением нечетких  $s$ -средних. В результате получается набор нечетких функций принадлежности  $\mu_i$ , каждая из которых построена на центроиде  $v_i$ . Этот нечеткий раздел запускает процесс. Затем итерационный процесс применяется для построения иерархической кластеризации по алгоритму Даве–Сена. Каждый этап процесса начинается с нечеткого разбиения  $X$ , представленного набором функций принадлежности  $\mu_i$ . Такой набор функций принадлежности разбивается с использованием метода частичной кластеризации для нечетких множеств. Данный метод разделительной кластеризации возвращает новое нечеткое разбиение  $\mu'_i$ , которое используется в качестве начальной точки нового шага.

В этом алгоритме используется алгоритм нечетких  $s$ -средних для построения начального нечеткого разбиения. Такое нечеткое разбиение получается путем применения к  $X$  нечеткого алгоритма  $s$ -средних. В этом случае алгоритм применяется с большим количеством класте-

ров. Этот выбор должен иметь большое количество листьев в нечеткой иерархии. В итерационном процессе используется нечеткий метод кластеризации на основе  $s$ -средних. Различия заключаются в том, как расстояние  $\|x_k - v_i\|$  вычисляется. Здесь  $x_k$  и  $v_i$  представляют нечеткие множества. Более конкретно,  $x_k$  обозначает  $k$ -й нечеткий набор, который должен быть разделен, а  $v_i$  – один из нечетких наборов в новом разделе. Соответственно,  $\|x_k - v_i\|$  – это расстояние между нечеткими множествами.

Следуя стандартному подходу в нечетких  $s$ -средних, нечеткое членство нечеткого множества с центроидом  $v$  определяется с учетом всех других центроидов  $v_i$ . В нашем случае членство нечеткого множества с центроидом  $x_k$  вычисляется для всех  $x$  с учетом всех других центроидов  $x_j$  следующим образом:

$$\mu_{xk}(x) = \left( \sum_{j=1}^c \left( \frac{d(x_k, x)^2}{d(x_k, x_j)^2} \right)^{\frac{1}{m-1}} \right)^{-1}.$$

Аналогично, членство нечеткого множества с центроидом  $v_i$  вычисляется для всех  $x$  с учетом всех других центроидов  $v_j$  следующим образом:

$$\mu_{xk}(x) = \left( \sum_{j=1}^{c'} \left( \frac{d(v_k, x)^2}{d(v_k, v_j)^2} \right)^{\frac{1}{m-1}} \right)^{-1}.$$

Обратите внимание, что здесь  $x_j$  – центроиды кластеризованных нечетких множеств, а  $v_j$  – центроиды кластеров, которые строятся с помощью нечетких  $s$ -средних. Точно так же,  $c$  – число центроидов,  $x_j$  и  $c'$  – это количество центроидов в  $v_j$ . Затем расстояние между нечетким множеством с центроидом  $x_k$  и другим с центроидом  $v_i$  будет вычислено с учетом того, что расстояние ограничено множеством  $A = \{x | \alpha v_i + (1 - \alpha)x_k, \alpha \in [0, 1]\}$ . Еще один элемент, который следует принимать во внимание, это как вычислить новый центроид,

как только членство станет известно. Как определить новый  $v_i$ ? Для нечетких с-средних это делается следующим образом:

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n n(\mu_{ik})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m}.$$

Здесь применяется то же выражение, используя в качестве  $x_k$  центроиды кластеризованных кластеров и соответствующие значения членства. Хотя в этой точке возможно использовать нечеткое расширение для агрегирования нечетких кластеров (принимая  $x_k$  в качестве самого нечеткого кластера вместо его центроида), надо избегать такой операции, поскольку это увеличит нечеткость всего результата, и в то же время это приведет к тому, что  $v_i$  – не четкий центроид, а нечеткий.

**Заключение.** В статье описан подход для построения нечетких с-средних и одного из алгоритмов кластеров. Алгоритм позволяет построить нечеткую иерархию более простым способом, чем предыдущий подход. Метод требует меньше параметров и получает нечеткое разбиение без дальнейшей манипуляции с нечетким членством, полученным методами кластеризации.

#### *Список использованных источников*

1. Rasmussen E. M. and Willett P. Efficiency of hierarchic agglomerative clustering using the ICL distributed array processor, J. Doc. – 1989. – V. 45, No. 1. – P. 1 – 24.
2. Miyamoto, S. (1999), Introduction to fuzzy clustering, Ed. Morikita, Japan.
3. Torra V., Miyamoto S. Evaluating fuzzy clustering algorithms for microdata protection, Privacy in Statistical Databases, 2004. (Lecture Notes in Computer Science 3050. – 2004. – P. 175 – 186.
4. Jain, A. K. Data clustering: 50 years beyond K-means. Pattern Recognit. Lett. – 2010. – No. 3(8). – P. 651 – 666.
5. Dahlhaus, E. Parallel Algorithms for Hierarchical Clustering and Applications to Split Decomposition and Parity Graph Recognition. J. Algorithms. – 2000. – No. 36. – P. 205 – 240.
6. Pandove D. and Goel S. A comprehensive study on clustering approaches for big data mining, in Proc. 2 nd Int. Conf. Electronics and Communication System, Coimbatore, India. – 2015. – P. 1333 – 1338.

7. Jensi R. and Jiji G.W. Hybrid data clustering approach using k-means and flower pollination algorithm, *Adv. Comput. Intell.: Int. J.* – 2015. – V. 2, No. 2. – P. 15 – 25.

8. Rashedi E. and Mirzaei A. A novel multi-clustering method for hierarchical clusterings based on boosting, in *Proc. 9th Iranian Conf. Electrical Engineering.* – 2011. – P. 1 – 5.

### *References*

1. Rasmussen E. M. and Willett P. Efficiency of hierarchic agglomerative clustering using the ICL distributed array processor, *J. Doc.* – 1989. – V. 45, No. 1. – P. 1 – 24.

2. Miyamoto, S. (1999), *Introduction to fuzzy clustering*, Ed. Morikita, Japan.

3. Torra V., Miyamoto S. Evaluating fuzzy clustering algorithms for microdata protection, *Privacy in Statistical Databases, 2004.* (Lecture Notes in Computer Science 3050. – 2004. – P. 175 – 186.

4. Jain, A. K. Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognit. Lett.* – 2010. – No. 3(8). – P. 651 – 666.

5. Dahlhaus, E. *Parallel Algorithms for Hierarchical Clustering and Applications to Split Decomposition and Parity Graph Recognition.* *J. Algorithms.* – 2000. – No. 36. – P. 205 – 240.

6. Pandove D. and Goel S. A comprehensive study on clustering approaches for big data mining, in *Proc. 2 nd Int. Conf. Electronics and Communication System, Coimbatore, India.* – 2015. – P. 1333 – 1338.

7. Jensi R. and Jiji G.W. Hybrid data clustering approach using k-means and flower pollination algorithm, *Adv. Comput. Intell.: Int. J.* – 2015. – V. 2, No. 2. – P. 15 – 25.

8. Rashedi E. and Mirzaei A. A novel multi-clustering method for hierarchical clusterings based on boosting, in *Proc. 9th Iranian Conf. Electrical Engineering.* – 2011. – P. 1 – 5.

**Секция 2**  
**«УМНОЕ» СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО  
И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО.  
«ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ» ДЛЯ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ СПРОСА  
НА ПРОДУКТЫ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ**

---

УДК 631.37

**А. А. Завражнов, А. И. Завражнов, В. Ю. Ланцев**  
(ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный  
аграрный университет», Мичуринск, Россия)

**ПРИНЦИПЫ БЕЗТРАКТОРНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ  
В СОВРЕМЕННОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

*Аннотация.* Представлены основные принципы, определяющие базовые положения безтракторного земледелия.

*Ключевые слова:* безтракторное земледелие, тягово-энергетическая и энергетическая концепция, садоводство.

**A. A. Zavrazhnov, A. I. Zavrazhnov, V. Yu. Lantsev**  
(Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia)

**PRINCIPLES NON-TRACTOR FARMING  
IN MODERN AGRICULTURES**

*Abstract.* The article presents the basic principles that determine the basic provisions of non-tractor farming.

*Keywords:* non-tractor farming, traction and energy concept, gardening.

Данной публикацией авторы открывают цикл статей, определяющих научные, технико-технологические основы и направления развития, так называемого безтракторного земледелия.

Термин «безтракторное земледелие» – новый и в настоящее время не имеет точного и регламентированного определения. Так же отсутствует точный перевод термина на английский язык. В авторском варианте перевод термина определен как «не тракторное земледелие» – «non-tractor farming».

В представленной статье кратко изложены основные принципы и концепты, лежащие в основе безтракторного земледелия.



Предметной областью использования безтракторного земледелия являются отрасли сельского хозяйства, в которых на выполнение технологических операций не требуется больших энергозатрат, таких как садоводство и овощеводство.

Так, по данным авторов [1], на выполнение самой энергоемкой технологической операции в садоводстве – выкопка саженцев – требуется не более 10 кВт (на практике для выкопки саженцев используются тракторы с мощностью двигателя 90 кВт и более). Для наиболее распространенных «зеленых» операций, таких как окулировка, прищипка, кронирование, обрезка, ошмыгивание и др., требуется не более 1 кВт энергии.

В качестве энергетических средств для механизации работ, садоводстве и питомниководстве, в основном, используются тракторы, снабженные передней и задней навеской, задним и передним валом отбора мощности.

Так же, особенностью садовых тракторов является возможность реверсивного управления (для работы с вилочными и грейферными погрузчиками), герметичность кабины (для работы с опрыскивателями) и малые габаритные размеры по ширине (для работы в садах, имеющих уплотненную схему посадки 2,5...4,5 м).

Основным параметром типажирования тракторов для промышленного садоводства является их тяговый класс и эксплуатационная мощность, а именно:

- малогабаритные тракторы одноосные (мотоблоки) тягового класса 0,1 – 0,2 (с тяговым усилием 0,3...5,4 кН и эксплуатационной мощностью 3...16 кВт);
- малогабаритные тракторы двухосные (минитракторы) тягового класса 0,2 – 0,6 (с тяговым усилием 5,4...8,1 кН и эксплуатационной мощностью 16...32 кВт);
- колесные тракторы общего назначения тягового класса 0,6 – 1,4 (с тяговым усилием 8,1...18 кН и эксплуатационной мощностью 32...94 кВт);
- колесные и гусеничные тракторы общего назначения тягового класса 2 (с тяговым усилием 18...27 кН и эксплуатационной мощностью до 150 кВт для колесных и до 94 кВт для гусеничных тракторов);
- высококлеренсные энергетические средства (ВЭС) тягового класса 0,6 – 0,9 (с тяговым усилием 8,1...12,6 кН и эксплуатационной мощностью до 94 кВт).

Широкий спектр тракторов обусловлен огромным разнообразием технологических операций и соответствующим им типам машин и орудий.

Так, отечественной Системой машин на 1986 – 1995 гг. только для садов экстенсивного и нормального типа предусмотрено 15 ма-

шинно-технологических комплексов, содержащих 70 наименований машин и выполняющих более 160 технологических операций.

Система машин республики Беларусь (утверждена в 2014 г.) для плодоводства предусматривает 11 машинно-технологических комплексов, содержащих 137 (!!) наименований машин и орудий.

Изложенные аспекты, а также эволюция тракторостроения на современном этапе развития, предопределяют изменение подходов и стратегии энергетического обеспечения технологических процессов и операций в сельском хозяйстве в общем, и садоводстве и овощеводстве, в частности.

Одним из перспективных направлений развития энергетического обеспечения является переход на так называемое безтракторное земледелие, в основе которого лежат известные принципы и положения, а именно:

- принципы гравитационного и реактивного земледелия [2, 3];
- принципы тягово-энергетической и энергетической концепции тракторного земледелия [4, 5];
- принципы блочно-модульного формирования техники [6];
- электроприводных мехатронных систем [7];
- беспилотного транспорта [7];
- групповой робототехники [8].

Использование перечисленных принципов предопределяет синергетические свойства системы безтракторного земледелия.

На рисунках 1, 2, 3 представлены результаты предварительных исследований и концепты мобильных энергетических модулей в системе безтракторного земледелия.

#### Тяговая концепция

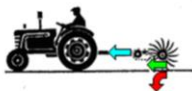


#### Тягово-энергетическая концепция

$$P_{\text{тяги}} = 0,5 G \text{ трактора}$$

$$N_{\text{тяги}} = 0,2 \dots 0,3 N \text{ двигателя}$$

$$\Xi = N_{\text{двигателя}} / G \text{ трактора} = 0,02 \text{ кВт/кг}$$



#### Энергетическая концепция

$$N_{\text{процесса}} = 0,7 \dots 1,0 N \text{ двигателя}$$

$$\Xi = N_{\text{двигателя}} / G_{\text{зн. средства}} = 0,1 \text{ кВт/кг}$$



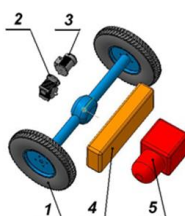
Рис. 1. Критерии и индикаторы тракторного земледелия различных концепций

**Садовые тракторы  
(тяговая концепция)**



$P_{\text{тяги}} = 0,5 G$  трактора  
 $N_{\text{тяги}} = 0,2...0,3 N$  двигателя  
 $\mathcal{E} = N / G = 0,02 \text{ кВт/кг}$

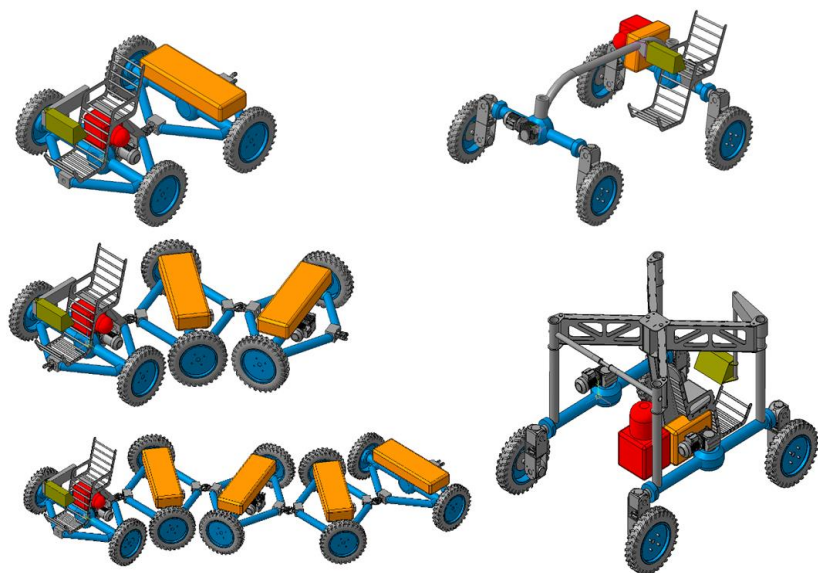
**Электроприводные модули-трансформеры  
(энергетическая концепция)**



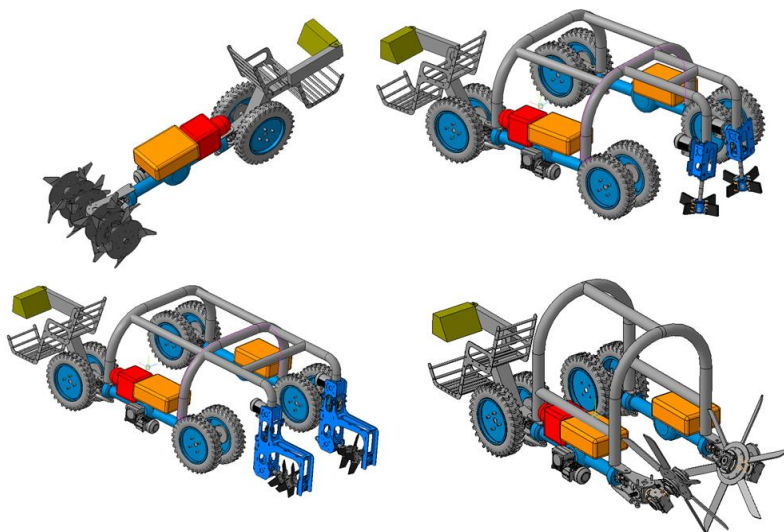
1 – приводной мост;  
 2 – понижающий редуктор;  
 3 – низковольтный синхронный эл/двигатель;  
 4 – аккумуляторная батарея;  
 5 – ДВС-генератор.

$N_{\text{процесса}} = 0,7...1,0 N$  двигателя  
 $\mathcal{E} = N / G = 0,1 \text{ кВт/кг}$

**Рис. 2. Принцип формирования энергетических модулей в системе безтракторного земледелия**



**Рис. 3. Концепты мобильных энергетических модулей в системе безтракторного земледелия (начало)**



**Рис. 3. Продолжение**

Представленные концепты показывают широкие возможности при формировании энергетического обеспечения выполнения технологических операций в отрасли промышленного садоводства и овощеводства.

*Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства сельского хозяйства РФ № АААА-А20-120011400206-1 «Разработка и практическая реализация комплексной системы дистанционного зондирования, сенсоров, датчиков ИТ и технологий точного земледелия на примере тест-полигона «Умный сад».*

#### **Список использованных источников**

1. Babushkin, V. A. Technology and machinery for intensive Russian Horticulture / V. A. Babushkin, A. A. Zavrzhnov, A. I. Zavrachnov // Ecology, Environment and Conservation Paper. V. 21 Suppl. Issue August. – 2015. – P. 11 – 12.
2. Медведев, В. И. Энергетика машинных агрегатов с рабочими органами – двигателями / В. И. Медведев. – Чебоксары : Чувашское книжное издательство, 1972.
3. Гайко, С. Н. Почвообрабатывающие рабочие органы – двигатели / С. Н. Гайко. – Зерноград : Печатно-множительная группа ВНИПТИМЭСХ, 1999.

4. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства : учебник / Г. М. Кутьков. – М. : ИНФРА-М, 2014.
5. Кутьков, Г. М. Развитие технической концепции трактора. Тракторы и сельхозмашины / Г. М. Кутьков. – 2019. – URL : <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-1-27-35>
6. Васильев, А. Л. Модульный принцип формирования техники / А. Л. Васильев. – М. : Изд-во стандартов, 1989.
7. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020 / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк. – URL : <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.1.74-85>
8. Лем, С. Непобедимый / С. Лем. – М. : АСТ, 1964. – Эксклюзивная классика (АСТ).

### *References*

1. Babushkin, V. A. Technology and machinery for intensive Russian Horticulture / V. A. Babushkin, A. A. Zavrachnov, A. I. Zavrachnov // Ecology, Environment and Conservation Paper. V. 21 Suppl. Issue August. 2015. P. 11 – 12.
2. Medvedev, V. I. Power engineering of machine units with working bodies – movers / V. I. Medvedev. – Cheboksary : Chuvash Book publishing house, 1972.
3. Gaiko, S. N. Tillage working bodies – DVI-residents / S. N. Gaiko. – Zernograd : a Printing shop FARM group, 1999.
4. Kutkov, G. M. Tractors and cars: theory and technological properties : textbook / G. M. Kutkov. – М. : INFRA-М, 2014.
5. Kutkov, G. M. Development of the technical concept of the tractor. Tractors and agricultural machines / G. M. Kutkov. 2019. – URL : <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-1-27-35>
6. Vasiliev, A. L. modular principle of technology formation / A. L. Vasiliev. – Moscow : Publishing house of standards, 1989.
7. Didmanidze, O. N. agricultural Tractor: yesterday, today, tomorrow. Agricultural science of the Euro-North-East. 2020 / O. N. Didmanidze, S. N. Devyanin, E. P. Parlyuk. – URL : <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.1.74-85>
8. LEM, S. Invincible / S. LEM. – “AST”, 1964. – Exclusive classics (AST).

**Е. С. Волшенкова, Д. И. Фролов**  
(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»), кафедра «Пищевые производства»,  
Пенза, Россия, e-mail: surr@bk.ru

## **ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТОВ**

*Аннотация.* В ранневесенний период выращивания был проведен эксперимент по изучению влияния микроводорослей *Chlorella Vulgaris* на сохранение питательных веществ в безземельных выращенных тепличных томатах. Было применено восемь процедур: 1) 100% полноценное питание (контроль); 2) 100% полноценное питание + водоросли; 3) 80% питания; 4) 80% питания + водоросли; 5) 60% питания; 6) 60% питания + водоросли; 7) 40% питания; 8) 40% питания + водоросли. Исследовано влияние *Chlorella Vulgaris* на рост растений томата, урожайность и свойства плодов. Рост растений в восстановленных питательных веществах не уменьшался при добавлении водорослей. Результаты показали значительную экономию минеральных питательных веществ при беспочвенном применении микроводоросли Хлореллы (*Chlorella Vulgaris*).

*Ключевые слова:* биоудобрение, *chlorella vulgaris*, микроводоросль, томаты, гидропоника, теплица.

**E. S. Volshenkova, D. I. Frolov**  
(Penza State Technological University,  
Department of Food Production, Penza, Russia)

## **INFLUENCE OF FERTILIZATION WITH THE USE OF CHLORELLA MICROALGAE ON TOMATO PRODUCTIVITY**

*Abstract.* In the early spring growing period, an experiment was conducted to study the effect of the microalgae *Chlorella vulgaris* on nutrient retention in landless grown greenhouse tomatoes. Eight procedures were applied: 1) 100% complete nutrition (control); 2) 100% complete nutrition + algae; 3) 80% nutrition; 4) 80% nutrition + algae; 5) 60% nutrition; 6) 60% nutrition + algae; 7) 40% nutrition; 8) 40% nutrition + algae. The influence of *Chlorella vulgaris* on the growth of tomato plants, yield and fruit properties was investigated. Plant growth in recovered nutrients did not decrease with the addition of algae. The results showed significant savings in mineral nutrients when the microalgae *Chlorella vulgaris* was applied without soil.

*Keywords:* biofertilizer, *chlorella vulgaris*, microalgae, tomatoes, hydroponics, greenhouse.

Производители выбирают культуру без почвы вместо традиционной по нескольким причинам: в случае, если почва загрязнена химическими остатками или загрязнена патогенными микроорганизмами, которые колонизируются и сохраняются в почве в течение многих лет или при чрезмерных проблемах с засолением [1]. Основным преимуществом беспочвенных культур является то, что растения выращиваются в контролируемой среде. Культивирование без почвы служит для лучшего контроля над средой для выращивания и позволяет избежать каких-либо проблем при орошении и поддержании надлежащих концентраций питательных веществ. Это дает хороший контроль роста растений и лучшее качество сельскохозяйственных культур по сравнению с традиционным производством в почве. Однако использование интенсивных минеральных удобрений в безземельных культурах имеет некоторые недостатки: открытые системы создают риск загрязнения почвы и воды при выщелачивании удобрений; вредное воздействие на здоровье человека, в частности, несезонное растениеводство, выращенное в защищенных безземельных системах с низкой интенсивностью света, имеет тенденцию накапливать больше нитратов в тканях; высокая стоимость удобрения для приготовления питательного раствора.

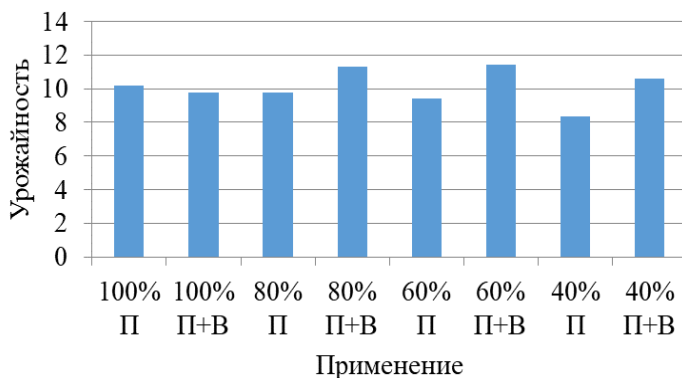
Биоудобрения определяются как препараты, содержащие живые клетки или латентные клетки эффективных штаммов микроорганизмов, которые помогают растительным культурам поглощать питательные вещества благодаря их взаимодействию в ризосфере [2]. В последнее время биоудобрения или микробные удобрения стали популярными. Их популярность обеспечивается благодаря экологическому подходу, эффективности в питании растений и снижению стоимости удобрений, а также увеличению роста растений и урожайности. Микроводоросли представляют собой большую и очень разнообразную группу организмов и могут использоваться для многих целей; топливо, продукты питания, фармацевтика, косметика, пигменты, химикаты, топливо, биомасса, гормоны, биоудобрения и для очистки сточных вод [4].

Использование микроводорослей в почве выращиваемых овощей более распространено, чем при выращивании при беспочвенном использовании. Так, некоторые исследователи сообщают [2], что водорослевые биоудобрения *Anabaena variabilis* и *Nostoc gelatinosum* повысили продуктивность томатов, полученных с площади 1 м<sup>2</sup>, в 1,73 – 3,40 раза.

Помидор (*Solanum Lycopersicum*) является одной из самых важных садовых культур в мире и наиболее предпочтительным видом, выращиваемым в теплицах. В настоящем исследовании микроводоросли *Chlorella Vulgaris* использовались для выращивания томата без почвы в весенний период выращивания в теплице. Целью исследования являлось уменьшение количества минеральных питательных веществ в беспочвенных системах с использованием микроводоросли *Chlorella Vulgaris* без снижения урожайности и качества урожая.

Использованные в эксперименте восстановленные питательные вещества с применением водорослей: 1) 100%-ное полноценное питание (контроль); 2) 100%-ное полноценное питание + водоросли; 3) 80% питания; 4) 80% питания + водоросли; 5) 60% питания; 6) 60% питания + водоросли; 7) 40% питания; 8) 40% питания + водоросли.

Более высокие урожаи томатов были получены на 11,45 и 11,32 кг/м<sup>2</sup> при обработке 60% питательных веществ + водоросли и 80% питательных веществ + водоросли соответственно (рис. 1).



**Рис. 1. Влияние водорослей *Chlorella Vulgaris* на снижение уровня питательных веществ и урожайность томатов (кг/м<sup>2</sup>):  
П: питание; В: Водоросли *Chlorella Vulgaris***

Урожайность при 80% питании *Chlorella Vulgaris* была на 15,3% и 11,3% выше, по сравнению с 80% и 100% (контрольным) питанием без водорослей. Урожайность при 60% питания с *Chlorella Vulgaris* была на 21,8% и 12,9% выше по сравнению с 60% и 100% (контролем) питанием без водорослей. Хорошо видно, что при снижении уровня питательных веществ на 40% и 20% вместе с добавлением *Chlorella Vulgaris* наблюдалось увеличение урожайности. Водоросли увеличива-



ли урожай, потому что микроводоросли могут выделять значительные количества растительных гормонов, полиаминов, бетаинов, ауксинов, цитокининов, гиббереллинов и brassinosterоидов [3]. Органические материалы, вырабатываемые микроводорослями, и неорганические материалы, обеспечиваемые мертвыми водорослями, могут вносить питательные вещества в растения. Микроводоросли также могут выделять хелаты, что позволяет растению получать больше пользы от питательных веществ. Водоросли, как стимулятор роста растений, могут также увеличивать скорость хлорофилла и скорость фотосинтеза в листьях.

### *Список использованных источников*

1. Pathogenic and beneficial microorganisms in soilless culture. Argon / J. Vallance et al. // Sustain Dev. INRA, EDP Sciences, Published on line, DOI. – 2010. – V. 10.
2. Administration of algal bio-fertilizers to cultivation of tomatoes (*Lycopersicum esculentum* L.) under greenhouse conditions. Scientific Papers-Series A / S. Dobrojan et al. // Agronomy. – 2017. – V. 60. – P. 73 – 76.
3. Micro-algae based plant biostimulant and its effect on water stressed tomato plants / F. Oancea et al. // Rom. J. Plant Prot. – 2013. – V. 6. – P. 104 – 117.
4. Волшенкова, Е. С. Возможность применения суспензии хлореллы как альтернатива антибиотикам в животноводстве / Е. С. Волшенкова, Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2018. – № 2 (15). – С. 19 – 22.

### *References*

1. Pathogenic and beneficial microorganisms in soilless culture. Argon / J. Vallance et al. // Sustain Dev. INRA, EDP Sciences, Published on line, DOI. – 2010. – V. 10.
2. Administration of algal bio-fertilizers to cultivation of tomatoes (*Lycopersicum esculentum* L.) under greenhouse conditions. Scientific Papers-Series A / S. Dobrojan et al. // Agronomy. – 2017. – V. 60. – P. 73 – 76.
3. Micro-algae based plant biostimulant and its effect on water stressed tomato plants / F. Oancea et al. // Rom. J. Plant Prot. – 2013. – V. 6. – P. 104 – 117.
4. Volshenkova, E. S. Possibility of using chlorella suspension as an alternative to antibiotics in animal husbandry / E. S. Volshenkova, D. I. Frolov // Innovative Technique and Technology. – 2018. – No. 2(15). – P. 19 – 22.

**Ю. Ю. Громов, В. Е. Дидрих, Ю. В. Минин, Д. В. Микенин**  
(ФГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
Тамбов, Россия, e-mail: gromovtambov@yandex.ru)

## **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРАМИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОБСТАНОВКИ**

*Аннотация.* В настоящее время актуальной является проблема, связанная с использованием групп беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). При этом используются термины «стая», «рой» и некоторые другие, однако определения этих терминов не приводятся, и часто они используются как синонимы, что вряд ли является правильным. Необходимо раскрыть термины, дать им пояснения и рассмотреть, на каких математических формулах они базируются.

*Ключевые слова:* система управления, БПЛА, радиоэлектроника, управление группой устройств.

**Yu. Yu. Gromov, V. E. Didrih, Yu. V. Minin, D. V. Mikenin**  
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

## **STRUCTURE MANAGEMENT SYSTEMS UNMANNED AEROSPACE VEHICLES IN RADIOELECTRONIC SYSTEMS**

*Abstract.* At present the problem associated with the use of groups of unmanned aerial vehicles is of current importance. The terms “flock”, “swarm” and some other terms are used, but no definitions of these terms are given and they are often used as synonyms, which is unlikely to be correct. The terms should be disclosed, explained and the mathematical formulas on which they are based should be considered.

*Keywords:* control system, UAV, radio electronics, control of a group of devices.

Задачи управления, которые рассматриваются, являются классическими. В этом плане очевидным является рассмотрение двухэтапных задач управления. Будем считать, что структура группы беспилотных летательных аппаратов представлена некоторым графом.

Пусть  $x(t)$  – граф, существующий в момент времени  $t$ , и пусть закон изменения графа во времени описывается в форме некоторого рекуррентного выражения

$$x(t+1) = F[x(t)], \quad (1)$$

где  $F$  – некоторый оператор под графом, преобразующий граф, наблюдаемый в момент времени  $t$ , в граф, который появляется в момент времени  $t+1$ .

Поскольку для описания графов с пронумерованными вершинами будут в дальнейшем использоваться целочисленные функции, естественно воспользоваться для них таким математическим аппаратом, где задача графодинамики переводится на язык рекуррентных целочисленных соотношений. Эти соотношения удовлетворяют некоторым специальным условиям, которые обычно при рассмотрении целочисленных рекуррентных соотношений не вводятся [1, 2].

Рассмотрим класс графов, выделенный следующими двумя условиями: каждый граф из этого класса является деревом или состоит из нескольких таких деревьев («лес»); везде, кроме особо оговоренных случаев, предполагается, что число вершин конечно и равно  $N$  и что вершины пронумерованы положительными целыми числами:  $1, 2, 3, \dots, N$ .

Введем в рассмотрение целочисленную функцию  $\varphi^t(n, n_1, n_2)$ , заданную на множестве положительных целых чисел и определенную на множестве всех неотрицательных целых чисел  $0, 1, 2, 3, \dots$ , следующим образом:  $n$  – номер вершины дерева,  $n_1$  – тип решаемой задачи,  $n_2$  – тип радиоэлектронной обстановки, а функция  $\varphi^t(n, n_1, n_2)$  определяет номер той вершины предыдущего уровня, с которой связана (которой «подчинена») вершина с номером  $n$ . Такую целочисленную функцию назовем функцией подчинения, или кратко  $P_S$ -функцией.

Целочисленная  $P_S$ -функция  $\varphi^t(n, n_1, n_2)$  заведомо удовлетворяет следующим ограничениям:  $\varphi^t(n, n_1, n_2) < n$ , т.е. номер любой вершины всегда больше номера той вершины, которой она «подчинена»;  $\varphi^t(n, n_1, n_2)$ , определена для всех целых  $n$  от 1 до некоторого  $N$ .

Если провести в области  $G$  какую-либо непрерывную кривую и условиться в качестве значений  $\varphi^t(n, n_1, n_2)$ , при всех  $n$  принимать ближайшее к этой кривой целое число, лежащее снизу, то задание кривой индуцирует конкретную  $P_S$ -функцию, а, следовательно, граф.

Определяются унарные операции, такие как разукрупнение, укрупнение, предпочтения, параболический рост, разукрупнение и развитие, укрупнение с сокращением, локальные переподчинения, дефрагментация, арифметическое осреднение, экстремизация.

Когда граф формализован в виде значений целочисленной  $P_S$ -функции и введены имеющие содержательную графовую трактовку операции над этими функциями, уравнения графодинамики, определяющие графовые траектории, могут быть поняты как итерационные процедуры, записанные в терминах таких функций и операций. Далее

строятся уравнения графодинамики различных порядков, решение которых позволяет получить решение задачи первого этапа, а для отдельно взятого элемента группы решаются задачи классической теории управления, в частности, управление структурами БпЛА.

### ***Список использованных источников***

1. Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики) / М. А. Айзерман, Л. А. Гусев, С. В. Петров, И. М. Смирнова // *АиТ*. – 1977. – № 9. – С. 123 – 136.

2. Графовые операторы подстановки и динамики коллегально-иерархических графов I, II / Л. А. Гусев, С. В. Петров, И. М. Смирнова, Л. А. Тененбаум // *АиТ*. – 1981. – № 1. – С. 104 – 111.

### ***References***

1. Dynamic approach to analysis of structures described by graphs (basics of graphodynamics) / M. A. Aizerman, L. A. Gusev, S. V. Petrov, I. M. Smirnova // *AiT*. – 1977. – No. 9. – С. 123 – 136.

2. Graf operators of substitution and dynamics of collegial-hierarchical graphs I, II / L. A. Gusev, S. V. Petrov, I. M. Smirnova, L. A. Tenenbaum // *AiT*. – 1981. – No. 1. – С. 104 – 111.

УДК 681.5

**И. В. Дидрих<sup>1</sup>, В. Е. Дидрих<sup>2</sup>,**

**М. А. Ивановский<sup>1</sup>, А. А. Провоторов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> (ФГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные системы и защита информации», Тамбов, Россия,  
e-mail: didr-irina@yandex.ru, ivanovskiy\_62@mail.ru, blat-altema@yandex.ru);

<sup>2</sup> (АО «Тамбовский завод «Ревтруд», Тамбов, Россия,  
e-mail: dve54@mail.ru)

## **МОДЕЛЬ ВЫБОРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТА «УМНЫЙ САД»**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к построению модели выбора и распределения ресурсов сетевидной системы энергосберегающего управления.

*Ключевые слова:* система управления, оценочные показатели, «умный сад», техническая реализация системы.

I. V. Didrikh<sup>1</sup>, V. E. Didrikh<sup>2</sup>, M. A. Ivanovsky<sup>1</sup>, A. A. Provotorov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (Tambov State Technical University, Department of Information Systems and Information Security, Tambov, Russia);

<sup>2</sup> (JSC “Tambov Plant “Revtrud”, Tambov, Russia)

## MODEL FOR SELECTING AND DISTRIBUTING RESOURCES OF A NETWORK-CENTRIC ENERGY-SAVING MANAGEMENT SYSTEM FOR THE SMART GARDEN PROJECT

*Abstract.* An approach to constructing a model for selecting and distributing resources of a network-centric energy-saving management system is Considered.

*Keywords:* management system, evaluation indicators, smart garden, technical implementation of the system.

Стратегия выбора и распределения ресурсов должна осуществляться в соответствии с критерием минимальных потерь потребителей электроэнергии или минимальными затратами на развитие и эксплуатацию энергосистемы. Формулировка задачи предполагает, что необходимо определить [1]:  $X$  – параметр, скорректированная приобретаемая мощность и пропускные способности основных линий электропередачи на конец расчетного периода;  $Z$  – параметр, энергетическая мощность дополнительных корректирующих мероприятий (объекты автономной генерации и электрических сетей);  $D$  – параметр, зависящий от  $X$  и  $Z$  – недополучение энергии, обеспечивает минимум затрат на развитие и работу энергосистемы, а также ущерб от недополучения энергии

$$\min \{ \mathfrak{Z}(X, Z, R(X, Z)) + \mathfrak{Z}(D) \}, \quad (1)$$

где первое слагаемое – затраты на развитие и функционирование энергосистемы, а второе – ущерб от недополучения энергии при следующих условиях.

Покрытие спроса на энергиюю:

$$\mathfrak{E}(R(X, Z)) + D = \mathfrak{E}_{\text{стр}} + d\mathfrak{E}, \quad (2)$$

где  $\mathfrak{E}(R(X, Z))$  – получение энергии;  $\mathfrak{E}_{\text{стр}}$  – параметр, заданный в рациональной стратегии потребления энергии;  $d\mathfrak{E}$  – параметр изменения потребления в результате реализации угрозы негативных воздействий, технических ограничений на режимы использования энергетического оборудования

$$0 \leq R(X, Z) \leq R_{\text{огр}}, \quad (3)$$

где  $R(X, Z)$  – технически допустимые мощности использования энергетических объектов (режимы работы);  $R_{\text{огр}}$  – их максимальная величина.

Ограничения по расходу топлива на объектах автономной генерации:

$$T(R(X, Z)) \leq T_{\text{стр}} + dT, \quad (4)$$

где  $T(R(X, Z))$  – годовой расход топлива;  $T_{\text{стр}}$  – ограничения на использование топлива в рациональной стратегии;  $dT$  – изменения в допустимом расходе топлива в результате реализации угрозы негативных воздействий.

$$X_{\text{стр}} - dX \leq X \leq X_{\text{стр}} + dX, \quad (5)$$

где  $X_{\text{стр}}$  – мощности энергетических объектов рациональной стратегии;  $dX$  – допустимые по временным, финансовым и техническим условиям изменения мощностей энергетических объектов стратегии, ограничений на мощности корректирующих мероприятий.

$$Z \leq Z_{\text{огр}}, \quad (6)$$

где  $Z_{\text{огр}}$  – предельные мощности корректирующих мероприятий и ограничений на неотрицательность переменных

$$(X, Z, D) \geq 0. \quad (7)$$

Исходными данными считаются расположение на местности точек и объектов автономной генерации и их свойств. Формально, исходные данные задаются следующим образом [2]:

$\Pi$  – множество всех точек,

$A_{\Pi}(p)$  – набор свойств точки, где  $p$  обозначает конкретную точку.

Компоненты этого вектора:

$A_{\Pi}(p).P$  – заказанная для точки  $p$  мощность;

$A_{\Pi}(p).T$  – тариф, по которому точке отпускается энергия;

$A_{\Pi}(p).V$  – требуемое точке напряжение;

$A_{\Pi}(p).x$ ,  $A_{\Pi}(p).y$ ,  $A_{\Pi}(p).z$  – координаты точки;

$\mathcal{E}$  – множество всех объектов получения электроэнергии;

$A_{\mathcal{E}}(e)$  – набор свойств объектов получения электроэнергии, где  $e$  обозначает конкретный объект, компоненты у него следующие:

$A_{\mathcal{E}}(e).P$  – предел выходной мощности;

$A_{\mathcal{E}}(e).V$  – напряжение, на котором объект выпускает электроэнергию.

Варьируется количество используемых объектов и линий электропередач, а также их свойства (выбирая для эксплуатации в сети какие-то конкретные модели из всех доступных).

Характеристики объектов эксплуатации:

$T$  – множество трансформаторных подстанций;

$A_T(s)$  – набор свойств подстанции  $s$ , где

$A_T(s).P$  – предельная пропускная подстанцией мощность;

$A_T(s).V_i$  – входное напряжение для подстанции;

$A_T(s).V_o$  – выходное напряжение для подстанции;

$A_T(s).C$  – стоимость строительства подстанции;

$A_T(s).M$  – эксплуатационные расходы подстанции  $s$ ;

$A_T(s).x, A_T(s).y, A_T(s).z$  – координаты подстанции;

$L$  – множество линий электропередач;

$A_L(l)$  – набор свойств конкретной линии электропередач, обозначаемой  $l$ ; компоненты:

$A_L(l).P$  – предельная пропускная линией мощность;

$A_L(l).p$  – фактически пропускная линией мощность;

$A_L(l).V$  – напряжение, на котором работает линия;

$A_L(l).C$  – удельная стоимость строительства линии;

$A_L(l).D$  – длина линии;

$A_L(l).M$  – удельные эксплуатационные расходы линии  $l$ .

Должны соблюдаться условия целостности сети:

пусть  $L_{\mathcal{O}}(e)$  – множество всех линий электропередач, подсоединенных к объекту  $e$ . Тогда для любой линии электропередач  $l$ , подсоединенной к объекту  $e$ , необходимо, чтобы было выполнено равенство напряжений

$$\forall e \in \mathcal{O} \quad \forall l \in L_{\mathcal{O}}(e) \quad A_{\mathcal{O}}(e).V = A_L(l).V. \quad (8)$$

Для любого объекта  $e$  требуется, чтобы суммарная мощность, проходящая по присоединенным к  $e$  линиям передач, была ниже предела выходной мощности  $e$

$$\forall e \in \mathcal{O} \quad \sum_{l \in L_{\mathcal{O}}(e)} A_L(l).p \leq A_{\mathcal{O}}(e).P, \quad (9)$$

$L_{iT}(s)$  и  $L_{oT}(s)$  обозначают множество всех линий электропередач, подсоединенных к подстанции  $s$  на вход и на выход соответственно. Тогда для всякой линии электропередач  $l$ , подсоединенной на вход (выход) подстанции  $s$ , должны совпадать рабочее напряжение линии  $l$  и напряжение на входе (выходе) подстанции  $s$ .

$$\begin{aligned} \forall s \in T \quad \forall l \in L_{iT}(s) \quad A_T(s).V_i &= A_L(l).V, \\ \forall l \in L_{oT}(s) \quad A_T(s).V_o &= A_L(l).V. \end{aligned} \quad (10)$$

Подстанции не должны перегружаться; это значит, что для любой подстанции  $s$  суммарная входящая и суммарная выходящая мощности не должны превышать предельную пропускаемую подстанцией  $s$  мощность.

$$\forall s \in T \quad \sum_{l \in L_{iT}(s)} A_L(l).p \leq A_T(s).P, \quad \sum_{l \in L_{oT}(s)} A_L(l).p \leq A_T(s).P. \quad (11)$$

Никакая линия электропередач не должна быть перегружена,

$$\forall l \in L \quad A_L(l).p \leq A_L(l).P. \quad (12)$$

Во всякой точке должна быть обеспечена заказанная для нее мощность;  $L_{\Pi}(p)$  – все линии электропередач, подсоединенных к потребителю.

$$\begin{aligned} \forall p \in \Pi \quad A_{\Pi}(p).P &\leq \sum_{l \in L_{\Pi}(p)} A_L(l).p, \\ \forall p \in \Pi \quad \forall l \in L_{\Pi}(p) \quad A_{\Pi}(p).V &= A_L(l).V. \end{aligned} \quad (13)$$

Требования, которые могут быть предъявлены к энергетической системе, рассматриваются на четырех различных уровнях:

- техническая эффективность: оценка строится на основе свойств эксплуатируемого оборудования;
- системотехническая эффективность: анализируется структура расположения элементов системы, ее морфология и топология;
- функциональная эффективность: показатели строятся на характеристиках системы, связанных с дополнительными требованиями к снабжению точек электроэнергией;
- экономическая эффективность: оценивается прибыльность и расходы на сопровождение системы.

### ***Список использованных источников***

1. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ–ИСЭМ / отв. ред. Н. И. Воропай. – Новосибирск : Наука, 2010. – 686 с.
2. Громов, Ю. Ю. Энергосберегающее оптимальное управление в системах с сетцентрической структурой / Ю. Ю. Громов, Ю. В. Минин, С. А. Копылов // Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве : труды Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж : ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – Т. 1. – С. 228 – 232.



## *References*

1. System studies in the energy sector: a Retrospective research directions SEI–ISEM / ed. N. And. Voropai. Novosibirsk : Nauka, 2010. – 686 p.
2. Gromov Yu. Yu., Minin Yu. V., Kopylov S. A. Energy-Saving optimal control in systems with a network-centric structure // New technologies in scientific research, design, management, production: proceedings of the international conference. scientific-technical Conf. Voronezh : Voronezh state technical University. – 2017. – V. 1. – P. 228 – 232.

УДК 004.932,623.74

**Д. Д. Дмитриев, Н. Г. Шахов, Г. Н. Нурутдинов, А. В. Гребенников**  
(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия, e-mail: boerby76@mail.ru; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия)

### **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАСЕЯННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

*Аннотация.* В работе рассмотрена программная реализация оценки качества использования засеянных сельскохозяйственных земель с помощью анализа изображений, полученных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), на основе получения обученной модели Faster R-CNN в среде Python, позволяющей анализировать входное изображение в целях оценки качества засеянных земель и распознавания их классов.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, нейронная сеть, цифровая обработка изображений.

**D. D. Dmitriev, N. G. Shakhov, G. N. Nurutdinov, A. V. Grebennikov**  
(Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia;  
Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

### **ASSESSMENT OF THE QUALITY OF USE OF SOWN AGRICULTURAL LAND USING THE ANALYSIS OF IMAGES OBTAINED FROM UAVS**

*Abstract:* The paper considers the software implementation of assessing the quality of use of sown agricultural land by analyzing images obtained from UAVs based on obtaining a trained Faster R-CNN model in the Python environment, which allows analyzing the input image in order to assess the quality of sown land and recognize their classes.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, neural network, digital image processing.

В настоящее время актуальной задачей управления сельскохозяйственным производством является оценка качества использования засеянных сельскохозяйственных земель робототехническими комплексами воздушного базирования. Использование данных систем позволяет следить за состоянием посевов и своевременно принимать решения о проведении агротехнических мероприятий. Широкое применение в этой области получили сверхлегкие планеры, оснащенные системой автопилота, которая позволяет задавать траекторию полета аппарата перед его запуском при помощи специальных программных средств.

Целью настоящей работы является создание программных средств, способных эффективно решать задачу оценки качества использования засеянных сельскохозяйственных земель робототехническими комплексами воздушного базирования. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Сделать обзор существующих алгоритмов и реализаций распознавания. Задача поиска объекта по образцу является подзадачей распознавания образов. При ненаправленном и несистематизированном поиске похожих объектов из множества их можно перечислять достаточно долго и не достигнуть завершения с заданной точностью. В большинстве случаев объекты характеризуются такими параметрами как форма, цвет, положение и т.п. Объекты классифицируются в зависимости от этих параметров. При этом нередко нет задачи классифицировать все возможные объекты из входящего видеопотока, чаще всего, требуется выделить (распознать) только объекты определенного типа [1, 2].

2. Дать математическое описание алгоритмов и методов машинного обучения, применяемых для быстрого распознавания заданных объектов на аэрофотоснимках. В последнее время для решения данной задачи широкое распространение получили алгоритмы, основанные на применении региональных глубоких сверточных нейронных сетей или Regional Convolutional Neural Networks (R-CNN), которые принципиально ориентированы на решение задачи поиска объектов с одновременной их классификацией [3, 4]. По сравнению с методами, представленными выше, эти алгоритмы принципиально адаптированы для решения задачи мониторинга сельскохозяйственных земель.

3. Предложить собственное решение, основанное на анализе положительных сторон текущих методов.

4. Выполнить программную реализацию алгоритма, которую условно можно разделить на несколько частей: выбор наиболее эффективной модели; создание специальной структуры данных; подготовка обучающей выборки; обучение модели. Для работы с региональными

сверточными нейронными сетями необходима библиотека машинного обучения от компании Google под названием TensorFlow, с открытым исходным кодом. Данная библиотека разработана для языка программирования Python, поэтому в качестве языка реализации был выбран именно он. Основную работу по загрузке изображений и наглядному отображению результатов берет на себя библиотека OpenCV. Результатом решения задачи является обученная модель Faster R-CNN на изображениях сельскохозяйственных земель.

5. Протестировать реализованный алгоритм на конкретных снимках, сделанных в результате съемки с беспилотного летательного аппарата, и провести сравнительный анализ по полученным данным. Объектом тестирования является обученная модель Faster R-CNN на двух классах объектов: рожь и пшеница. Целью тестирования является оценка качества использования засеянных сельскохозяйственных земель, которые не участвовали в процессе обучения.

Показателем точности является оценка качества засеянных земель и правильность определения класса объекта. Для определения точности обнаружения объектов были взяты 10 произвольных снимков сельскохозяйственных земель, на каждом из них проводилась оценка качества верно обнаруженных земель с рожью и пшеницей.

Таким образом, в результате выполнения работы получена обученная модель Faster R-CNN в среде Python, которая позволяет анализировать входное изображение в целях обнаружения объектов и определения их классов. По итогам проведенных тестирований была установлена средняя точность обнаружения объекта, равная 89%, и правильность классификации обнаруженных объектов достигла 94%.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-08-00053 А).*

#### **Список использованных источников**

1. Нгуен, К. М. Методы и алгоритмы обработки изображений в системах технического зрения промышленных робототехнических комплексов / К. М. Нгуен. – М., 2015. – 136 с.
2. Демяненко, Я. М. Компьютерное зрение и обработка изображений / Я. М. Демяненко / Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Лекция 2017. – 32 с.
3. Girshick, R. Fast R-CNN / R. Girshick // International Conference on Computer Vision (ICC) / R. Girshick. – 2015.
4. Girshick, R. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks / R. Girshick, R. Shaoqing, H. Kaiming // Neural Information Processing Systems (NIPS). – 2015.

### References

1. Nguen, K. M. Metody i algoritmy obrabotki izobrazhenij v sistemah tekhnicheskogo zreniya promyshlennyh robototekhnicheskikh kompleksov Moskva, 2015. – 136 p.
2. Demyanenko, Ya. M. Komp'yuternoe zrenie i obrabotka izobrazhenij / Yuzhnyj federal'nyj universitet, Rostov-na-Donu, Lekciya. – 2017. – 32 p.
3. Girshick, R. Fast R-CNN / R. Girshick // International Conference on Computer Vision (ICC). – 2015.
4. Girshick, R. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Re-gion Proposal Networks / R. Girshick, R. Shaoqing, H. Kaiming // Neural Information Processing Systems (NIPS). – 2015.

УДК 681.5

**И. В. Дидрих<sup>1</sup>, В. Е. Дидрих<sup>2</sup>, М. А. Ивановский<sup>1</sup>, А. А. Провоторов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные системы и защита информации», Тамбов, Россия, e-mail: didr-irina@yandex.ru, ivanovskiy\_62@mail.ru, blat-altema@yandex.ru);

<sup>2</sup>(АО «Тамбовский завод «Ревтруд», Тамбов, Россия, e-mail: dve54@mail.ru)

### **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ**

*Аннотация.* Для систем мониторинга применяются алгоритмы классификации изображений.

*Ключевые слова:* настройки алгоритмов анализа изображений, процедур распознавания.

**I. V. Didrikh<sup>1</sup>, V. E. Didrikh<sup>2</sup>, M. A. Ivanovsky<sup>1</sup>, A. A. Provotorov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>(Tambov State Technical University, Department of Information Systems and Information Security, Tambov, Russia);

<sup>2</sup>(JSC “Tambov Plant “Revtrud”, Tambov, Russia)

### **IMPROVING THE QUALITY OF IMAGE CLASSIFICATION BY USING FUZZY LOGIC IN AGRICULTURAL MONITORING SYSTEMS**

*Abstract.* Image classification algorithms are used for monitoring systems.

*Keywords:* settings for image analysis algorithms, recognition procedures.

В большинстве случаев для решения задач классификации изображений применяются различные комбинации уже известных алгоритмов. Одним из способов сокращения времени и трудозатрат при разработке программного обеспечения является применение средств, автоматизирующих процедуры выбора и настройки алгоритмов анализа изображений.

Повышение качества классификации изображений возможно путем разработки подходов к автоматизированному построению и выбору процедур распознавания, которые основаны на теории модулей. Модули рассматриваются как линейные системы, для которых пространства входных сигналов и состояний – конечномерные векторные пространства над полем  $\mathfrak{R}$ .

В [1] представлено выражение для алгебраической структуры линейных динамических систем. В его подходе на основе теории модулей рассматриваются линейные системы, для которых пространства входных сигналов и состояний – конечномерные векторные пространства над полем  $\mathfrak{R}$ . Введены  $\mathfrak{R}$ -гомоморфизмы  $A \in Hom_{\mathfrak{R}}(X, X)$ ,  $B \in Hom_{\mathfrak{R}}(U, X)$  и рассмотрен составной объект  $(A, B)$ , моделируемый уравнением

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k),$$

где  $k \in Z, u(k) \in U, x(k) \in X, Z$  – множество целых чисел.

Можно использовать понятие нечеткой категории, при анализе уравнения состояния нечеткой системы [2].

Обобщением категории  $\mathfrak{R}-Mod$  является нечеткая категория  $\mathfrak{R}-MOD$ , объектами которой – действительные векторные пространства, и для любых двух векторных пространств  $V, W$  задается нечеткое отображение  $\mathfrak{R}-Mod(V, W) \rightarrow [0, 1]$

Если  $T$  – еще одно векторное пространство и если  $u \in \mathfrak{R}-MOD(V, W), u' \in \mathfrak{R}-MOD(W, T)$ , то композиция  $u' \circ u \in \mathfrak{R}-MOD(V, T)$  определяется отображением  $\mathfrak{R}-Mod(V, T) \rightarrow [0, 1]$  вида

$$h \in \mathfrak{R}-Mod(V, T) \mapsto (u' \circ u)(h) = \begin{cases} \sup \inf (u'(f), u'(g)), \\ f \in \mathfrak{R}-Mod(V, W) \\ g \in \mathfrak{R}-Mod(W, T) \\ h = g + f \\ 0 \text{ в противном случае} \end{cases}$$

Рассмотрим теперь два морфизма категории  $\mathfrak{R} - Mod$ , а именно  $A \in \mathfrak{R} - MOD(X, X)$ ,  $B \in \mathfrak{R} - MOD(U, X)$ . Теперь мы в состоянии определить их сумму как нечеткий морфизм категории  $\mathfrak{R} - Mod$ , задаваемый выражением

$$w \in \mathfrak{R} - Mod(X, X) \mapsto (A + B)(w) = \begin{cases} \sup_{u \in \mathfrak{R} - Mod(X, X)} \inf_{v \in \mathfrak{R} - Mod(U, X)} (A(w), B(w)), \\ w = u + v \\ 0 \text{ в противном случае} \end{cases}$$

Пусть  $SET$  – нечеткая категория над  $Set$  (категорией, объекты которой – множества, а морфизмы – отображения множеств), получаемая также как  $\mathfrak{R} - MOD$  из  $\mathfrak{R} - Mod$ . Это означает, что если взять траекторию  $\{1, 2, \dots, k\} \rightarrow X$ , обозначаемую также через  $(k, X)$ , то нечеткой траекторией будет функция  $Set(k, X) \rightarrow [0, 1]$  или элемент нечеткой категории  $SET(Z, X)$ , где  $Z$  – множество целых чисел. Точно так же входная последовательность есть элемент нечеткой категории  $SET(Z, U)$ .

Существующую инъекцию  $\{1, 2, \dots, k\} \xrightarrow{i} \{1, 2, \dots, k+1\}$  можно интерпретировать как переход от момента времени  $k$  к моменту времени  $k+1$  в соответствии с отображением

$$Set(k+1, X) \xrightarrow{i'} Set(k, X).$$

Условие коммутативности для диаграммы (рис. 1), будет иметь вид  $t(k+1) = At(k) + Bu(k)$ . Таким образом, траектория  $t$ , которая рассматривается как нечеткое множество, имеет ступенчатую форму и определяется нечеткими преобразованиями  $A$  и  $B$  и нечеткой входной последовательностью  $u(k)$ . При заданных степенях значимости преобразований  $A$  и  $B$  получится описать все возможные траектории.

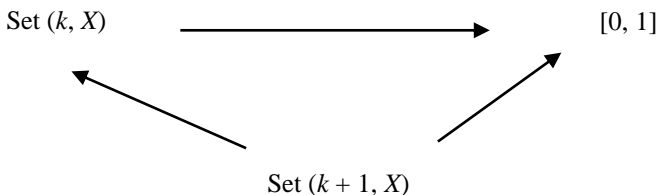


Рис. 1. Диаграмма коммутативности

Категория  $Kat$  задается классом объектов, причем для любых двух объектов  $V, W$  имеется множество  $Kat(V, W)$ , которое называется множеством Кат-морфизмов из  $V$  в  $W$ , и для любых трех объектов  $V, W, Z$  существует отображение композиции:

$$Kat(V, W) \times Kat(W, Z) \rightarrow Kat(V, Z): (V \xrightarrow{f} W, W \xrightarrow{g} Z) \mapsto V \xrightarrow{gf} Z.$$

Для каждого объекта  $V$  выделен единичный элемент  $id_V$  множества  $Kat(V, V)$ . В описанной системе выполняются следующие аксиомы:

$$(fg)h = f(gh) \text{ для всех } V \xrightarrow{h} W, W \xrightarrow{g} Z, Z \xrightarrow{f} Y$$

$$V \xrightarrow{id_V} V \xrightarrow{f} W = V \xrightarrow{f} W = V \xrightarrow{f} W \xrightarrow{id_W} W.$$

Стандартной называется категория  $Set$ , объекты которой – множества, а морфизмы – отображения. Множество  $Set(V, W)$  включает в себя все отображения из множества  $V$  на множество  $W$ , при этом  $id_V: V \rightarrow V: v \mapsto v$  есть, очевидно, тождественное отображение, а композиция морфизмов определяется как обычная композиция отображений:  $(gf)(v) = g(f(v))$ .

Пусть  $Kat$  – произвольная категория. Тогда динамикой системы в  $Kat$  является пара  $(X, A)$ , где  $X$  – объект категории  $Kat$ , а  $A: X \rightarrow X$  представляет собой Кат-морфизм. Морфизм динамик  $g: (X, A) \rightarrow (X', A')$ , называемый динаморфизмом, есть Кат-морфизм  $g: X \rightarrow X'$ , такой, что  $A'g = gA$  в соответствии с диаграммой (рис. 2).

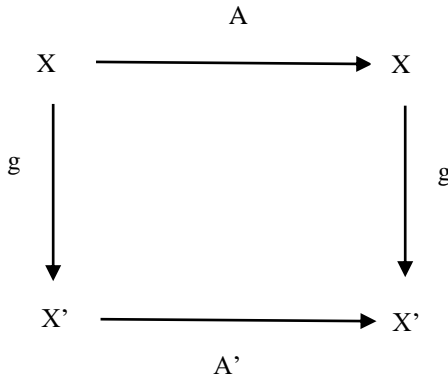


Рис. 2. Диаграмма динаморфизма

Отображение  $id_x : (X, A) \rightarrow (X, A)$  является динаморфизмом и композиция динаморфизма  $f : (X_1, A_1) \rightarrow (X_2, A_2)$  и динаморфизма  $g : (X_2, A_2) \rightarrow (X_3, A_3)$  – тоже динаморфизм:

$$(gf)A_1 = g(fA_1) = g(A_2f) = (gA_2)f = (A_3g)f = A_3(gf).$$

Это порождает категорию динамик системы в  $\text{Kat}$ , которую мы обозначим через  $\text{Dyn}(\text{Kat})$ ; ее объекты – динамики системы, а морфизмы – динаморфизмы.

Системой в категории  $\text{Kat}$  называется четверка  $S = (X, A, U, B)$ , такая, что  $(X, A)$  – динамика системы в  $\text{Kat}$ , а  $B$  представляет собой  $\text{Kat}$ -морфизм вида  $U \rightarrow X$  (входное отображение).

Применение алгебраических структур линейных динамических систем на основе теории модулей осуществляется на целевых изображениях, которые задает пользователь.

Алгоритмы классификации изображений приобретают стандартную стратегию управления исполнением программ. Они могут с успехом быть использованы в системах мониторинга сельскохозяйственных работ

### ***Список использованных источников***

1. Грант региональный РФФИ 17-48-680254. Модели и методы ИК-заметности подповерхностных объектов для предотвращения аварий в системах жизнеобеспечения города с использованием беспилотных летательных аппаратов. Рук. Алексеев В. В.
2. ПНИЭР RFMEFI57716X0214. Построение моделей и алгоритмов информационного обеспечения систем технического зрения для контроля качества растительной сельскохозяйственной продукции. Рук. Дивин А. Г.

### ***References***

1. Grant regional RFBR 17-48-680254 “Models and methods of IR visibility of subsurface objects to prevent accidents in city life support systems using unmanned aerial vehicles”. Ruk. Alekseyev V. V.
2. PNIER RFMEFI57716X0214 Construction of models and algorithms for information support of technical vision systems for quality control of plant agricultural products of the hands. Divin A. G.



**Т. В. Штыркина, А. Сарр, Е. С. Дергунова, Е. Н. Калмыкова**  
(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,  
Металлургический институт, кафедра химии, Липецк, Россия,  
e-mail: veter1407@rambler.ru)

## **ФЛУОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТОЦИАНИДИНОВ В САДОВЫХ РАСТЕНИЯХ**

*Аннотация.* Рассмотрена возможность применения флуориметрического метода для определения биологически активных фенольных соединений – антоцианидинов, содержащихся в садовых растениях (листья вишни, мята, полынь, чистотел).

*Ключевые слова:* экстрагирование, антоцианидины, флуориметрическое определение, листья вишни, мята, полынь, чистотел.

**T. V. Shtyrkina, A. Sarr, E. S. Dergunova, E. N. Kalmykova**  
(Lipetsk State Technical University, Metallurgical Institute,  
Department of Chemistry, Lipetsk, Russia)

## **FLUORIMETRIC DETERMINATION OF ANTHOCYANIDINS IN GARDEN PLANTS**

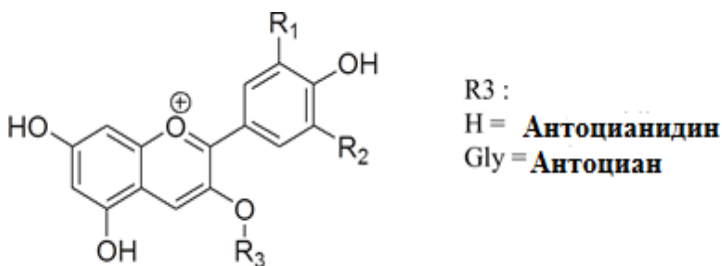
*Abstract.* The possibility of application of the fluorometric method to determine biologically active phenolic compounds – anthocyanidins, containing in the garden plants (cherry leaves, mint, wormwood, celandine) is considered.

*Keywords:* extraction, anthocyanidins, fluorometric determination, cherry leaves, mint, wormwood, celandine.

Антоцианидины – вторичные метаболиты, относящиеся к классу полифенолов, встречающихся у большинства видов растений. Эти биологически активные вещества имеют разнообразную структуру и отвечают за различные биологические свойства: защиту растений от биотических и абиотических стрессов, пигментацию, цветков, листьев, плодов. Они также играют важную роль в укреплении здоровья человека: являются антиоксидантными, тормозят воспалительные процесс, активизируют сопротивление организма канцерогенам, вирусам, уменьшают ломкость капилляров [1].

Антоцианины имеют основную структуру «флавоноидов» ( $C_6-C_3-C_6$ ), т.е. они состоят из двух ароматических колец (А и В) и

насыщенного кислородом гетероцикла (С), но они заряжены положительно. Эта структура называется антоцианидин. Наиболее распространенными являются цианидин, дельфинидин, мальвидин, пеларгонидин и пеонидин. Как только эта структура связана с сахаром, т.е. содержится в гликозилированной форме, она называется антоцианом (рис. 1).



**Рис. 1. Химическое строение антоцианидинов**

Работа посвящена разработке методики определения антоцианидинов в этанольных экстрактах растений с использованием метода флуориметрического детектирования. В качестве стандарта для осуществления флуориметрического детектирования предварительно выделена фракция, содержащая антоцианидины из сока черники. Проведена общая характеристика полученной фракции с использованием методов бумажной, тонкослойной и высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Для построения градуировочных функций при длине волны 340 нм использованы растворы с известными концентрациями антоцианидинов, выделенных из черники. Для определения антоцианидинов в растениях использовали этанольные экстракты, полученные при выделении полисахаридов из различных растений (мяты, чистотела, полыни и листьев вишни) и исследовали методом градуировочного графика. Расчет содержания антоцианидинов проводили по уравнению  $Y = 0,3259 X - 0,0048$ , где  $Y$  – интенсивность полосы длины волны 340 нм,  $X$  – концентрация антоцианидинов в пробе.

Полученные результаты представлены в табл. 1. Установлено, что суммарное содержание антоцианидинов в экстрактах растений значительно различается. Самое высокое количество биологически активных антоциановых веществ присутствует в полыни (2,17...2,35 мг/мл для образцов, полученных после обработки расте-

ния водой и раствором оксалата аммония соответственно). Экстракты чистотела содержат близкие между собой, но почти в 2 раза меньшие по сравнению с полынью, концентрации флавоноидов (1,34... 1,62 мг/мл).

### Содержание антоцианидинов в растениях ( $n = 3$ ; $P = 0,95$ )

Образец	Антоцианидины, мг/мл	$s_r$	$C_{\min}$
Вишня ЛК	$0,14 \pm 0,01$	0,3	0,02
Вишня ОА	$0,20 \pm 0,01$	0,3	0,02
Полынь В	$2,17 \pm 0,02$	0,3	0,02
Полынь ОА	$2,35 \pm 0,02$	0,3	0,02
Мята В	$0,57 \pm 0,01$	0,3	0,08
Мята ЛК	$0,48 \pm 0,01$	0,3	0,09
Чистотел ЛК	$1,62 \pm 0,01$	0,3	0,03
Чистотел ОА	$1,34 \pm 0,01$	0,3	0,04

Содержание антоцианов и антоцианидинов в образцах вишни и мяты почти в 5 раз меньше, чем в полыни (составляет  $0,14 - 0,20$  мг/мл). Такие различия могут быть обусловлены природой растений, особенностями их произрастания, временем сбора растений. Но в целом, метод характеризуется хорошей воспроизводимостью и может быть предложен для определения антоцианидинов в растениях.

### Список использованных источников

1. Андерсен, О. М. Антоцианы / О. М. Андерсен, М. Джордхайм, К. Р. Марк-Хэм (ред.) // Флавоноиды: химия, биохимия и применение. – Бока-Ратон, Флорида: CRC Press. – 2006. – С. 452 – 471.

### References

1. Andersen O. M. The anthocyanins / O. M. Andersen, M. Jordheim, K. R. Markham (Eds.) // Flavonoids: chemistry, biochemistry and applications. – Boca Raton, FL: CRC Press. – 2006. – P. 452 – 471.

**Ю. С. Караваева, Т. В. Штыркина, С. А. Коровина,  
Е. С. Дергунова, Е. Н. Калмыкова**  
(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»  
Металлургический институт, кафедра химии, Липецк, Россия,  
e-mail: veter1407@rambler.ru)

## **ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ФЛАВОНОИДОВ ИЗ АЙВЫ И МАЛИНЫ**

*Аннотация.* Представлены результаты исследования влияния температуры и продолжительности водно-этанольной экстракции на выход флавоноидов (кверцетина и антоцианидина) из плодов айвы и малины. Предложена методика выделения флавоноидов из садовых растений (плодов малины и айвы) с выходом 8 и 12 % для айвы и малины соответственно.

*Ключевые слова:* экстракция, кверцетин, антоцианидины, малина, айва.

**Yu. S. Karavaeva, T. V. Shtyrkina, S. A. Korovina,  
E. S. Dergunova, E. N. Kalmykova**  
(Lipetsk State Technical University, Metallurgical Institute,  
Department of Chemistry, Lipetsk, Russia)

## **OBTAINING FLAVONOIDS FROM QUINCE AND RASPBERRY**

*Abstract.* The results of a study of the effect of temperature and duration of water-ethanol extraction on the yield of flavonoids (quercetin and anthocyanidin) from quince and raspberry fruits are presented in the article. A method is proposed for the isolation of flavonoids from garden plants (fruits of raspberry and quince) with a yield of 8 and 12% for quince and raspberry, respectively.

*Keywords:* extraction, quercetin, anthocyanidins, raspberry, quince.

В последнее время идет активный поиск новых методов извлечения флавоноидов из различных объектов растительного происхождения [1, 2]. Это связано с антиоксидантным статусом этих веществ, представляющих собой сложную многокомпонентную матрицу, что затрудняет возможность быстрого получения флавоноидов в индивидуальном состоянии, поэтому очень важен поиск основных методов выделения и концентрирования флавоноидных комплексов. Возрастающий интерес обусловлен не только разнообразием и многофункциональностью флавоноидов, но и относительной простотой и низкой стоимостью получения. Поиск новых источников флавоноидов, методов эффективного извлечения, а также исследование осо-

бенностей строения флавоноидов, является актуальной задачей на сегодняшний день.

Целью работы явилась разработка технологии выделения флавоноидов из растительного сырья: плодов айвы и ягод малины.

Сырьевой базой для получения флавоноидов служили ремонтантная малина сорта «Бабье Лето» и Айва обыкновенная, собранные в окрестностях г. Липецка в период август – октябрь 2019. Ягоды тщательно отбирали и высушивали при комнатной температуре до постоянной массы. Для извлечения флавоноидов к навескам малины и айвы (по 5 г) приливали по 200 мл 70% этилового спирта. Далее емкости помещали в колбонагреватель, экстрагировали в течение фиксированного времени при различной температуре и охлаждали до комнатной температуры. Полученную гетерогенную смесь фильтровали с помощью воронки и плотного бумажного фильтра (белая лента) для удаления растительных клеток, упаривали с помощью вакуумного роторного испарителя, при температуре 50 °С до минимального объема. Для определения выхода продукта использовали кристаллизацию в токе носителя (воздуха) над раствором до достижения постоянной массы целевого продукта.

Одним из факторов, влияющих на эффективность извлечения флавоноидов, является продолжительность и температура экстрагирования целевых продуктов из растительных клеток. Нами исследовано влияние длительности процесса экстрагирования на выход фракций, содержащих флавоноиды (табл. 1).

### **1. Выход фракций, содержащих флавоноиды, при различной продолжительности экстрагирования сырья этанолом**

Продолжительность экстрагирования, мин	Выход, %	
	айва	малина
5	2	3
10	3,7	5,5
15	7,7	11
20	8	12

Отмечено, что увеличение времени экстракции приводит к увеличению выхода флавоноидов от 2 до 8% для айвы и от 3 до 12% для малины. Оптимальным временем, обеспечивающим максимальный выход целевого продукта, является экстракция в течение 20 мин.

Дальнейшее увеличение времени экстракции может привести к деградации флавоноидных антиоксидантов.

Также исследовано влияние температуры в пределах 40...90 °С на выход флавоноидов. Результаты представлены в табл. 2.

## 2. Влияние температуры на эффективность экстрагирования

Температура экстрагирования	Выход флавоноидов, %	
	айва	малина
40	3	5
50	4	6
60	6	9
70	8	12
80	7	10
90	5	7

Установлено, что с повышением температуры степень извлечения флавоноидов из растительного сырья увеличивается и достигает своего максимума при температуре 70 °С, что можно объяснить снижением вязкости воды и увеличением скорости молекулярной диффузии за счет повышения кинетической энергии молекул. Показано, что содержание флавоноидов в малине выше, чем в айве, практически в 1,5 раза (12 и 8% при 20-минутном нагревании ягод с этанолом).

Идентификацию компонентов выделенной флавоноидной фракции осуществляли методами бумажной, тонкослойной и высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). При этом обнаружено присутствие двух основных компонентов – кверцетина и антоцианидина, которые различались по цвету пятен (желтое, характерное для кверцетина, и фиолетовое, характерное для антоцианидинов) при проявлении соответствующими реагентами бумажной и тонкослойной хроматограмм, а также выходили двумя пиками на хроматограмме ВЭЖХ. Таким образом, предложен способ извлечения флавоноидов (кверцетина и антоцианидина) из растительного сырья, исследовано влияние температуры и длительности экстрагирования на выход флавоноидов и показано, что более эффективным временем экстрагирования является 20 мин при 70 °С. Предложена методика выделения флавоноидов из садовых растений (плодов малины и айвы) с выходом 8 и 12% для айвы и малины соответственно.

### **Список использованных источников**

1. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и их влияние на здоровье и старение человека / Я. И. Яшин, В. Ю. Рыжнев, А. Я. Яшин, Н. И. Черноусова. – М. : ТрансЛит. – 2009. – 212 с.
2. Analytical separation and detection methods for flavonoids / E. Rijke, P. Out, W. M. A. Niessen, F. Ariese, C. Gooijer, U. A. T. Brinkman // J. Chromatogr. A. – 2006. – V. 1112, No. 1–2. – P. 31.

### **References**

1. Natural antioxidants. Content in food products and their impact on human health and aging / Ya. I. Yashin, V. Yu. Ryzhnev, A. Ya. Yashin, N. I. Chernousova // TransLit. – 2009. – 212 p.
2. Analytical separation and detection methods for flavonoids / E. Rijke, P. Out, W. M. A. Niessen, F. Ariese, C. Gooijer, U. A. T. Brinkman // J. Chromatogr. A. – 2006. – V. 1112, No. 1–2. – P. 31.

УДК 542.05

**С. А. Коровина, Т. В. Штыркина, Ю. С. Каравая,  
Е. С. Дергунова, Е. Н. Калмыкова**  
(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический  
университет», Metallurgical Institute, кафедра химии,  
Липецк, Россия, e-mail: veter1407@rambler.ru)

### **ИЗВЛЕЧЕНИЕ ФЛАВОНОИДОВ ИЗ КРАСНОЙ И ЧЕРНОПЛОДНОЙ РЯБИНЫ**

*Аннотация.* Проведен сравнительный анализ содержания рутина и кверцетина в составе красной и черноплодной рябины. Идентификация выделенных флавоноидов осуществлялась с использованием методов бумажной, тонкослойной и высокоэффективной хроматографии.

*Ключевые слова:* экстрагенты, флавоноиды, рутин, кверцетин, рябина.

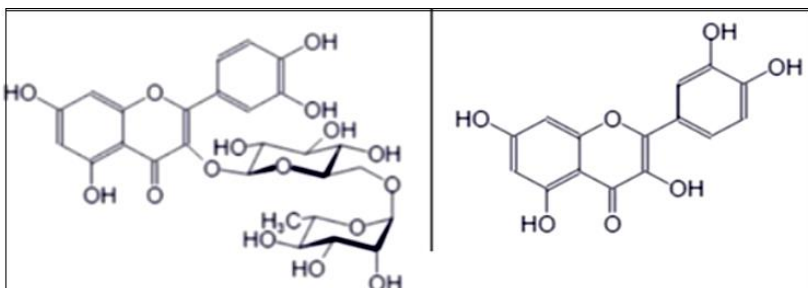
**S. A. Korovina, T. V. Shtyrkina, Yu. S. Karavaeva,  
E. S. Dergunova, E. N. Kalmykova**  
(Lipetsk State Technical University, Metallurgical Institute,  
Department of Chemistry, Lipetsk, Russia)

### **EXTRACTION OF FLAVONOIDS FROM RED AND BLACK CHOKEBERRY**

*Abstract.* A comparative analysis of the content of rutin and quercetin in the composition of red and chokeberry has been carried out. The isolated flavonoids were identified using paper, thin layer, and high performance chromatography.

*Keywords:* extractants, flavonoids, rutin, quercetin, mountain ash.

Рутин и кверцетин являются отдельными представителями биоактивных веществ – флавоноидов, которые представляют собой многочисленный класс биологически активных природных соединений, многообразие которых обуславливается строением агликона, а также составом гликозидного фрагмента [1].



**Рутин, кверцетин**

Интерес к флавоноидам велик ввиду присущего им широкого спектра биологического действия и антиоксидантной активности [2]. В современной науке огромное внимание уделяется поиску оптимальных путей использования флавоноидов в интересах укрепления здоровья людей, профилактики и лечения различных патологий, вызванных или сопровождающихся усилением свободно-радикальных процессов окисления.

Целью работы является разработка методики выделения природных флавоноидов (рутина и кверцетина) из красной и черноплодной рябины.

Сырьевым источником служили плоды красной и черноплодной рябины, собранные в окрестностях г. Липецка, в период сентябрь–октябрь 2019 г. Собранные плоды промывали и измельчали с помощью гомогенизатора. Для извлечения флавоноидов проводили экстракцию ягод 70%-ным этиловым спиртом при температуре 95 °С, полученные экстракты охлаждали до комнатной температуры, после чего фильтровали через бумажный фильтр для удаления растительных частиц. Экстракты упаривали с помощью вакуумного роторного испарителя, при температуре 50 °С до минимального объема и последующей кристаллизации в токе носителя воздуха над раствором. После установления постоянной массы навеску взвешивали и рассчитывали выход продукта (табл. 1).



## 1. Выход флавоноидов из растительного сырья

Растительное сырье	Выход, %
Черноплодная рябина	22
Красная рябина	17

Показано, что содержание флавоноидов больше в черноплодной рябине, чем в красной, при этом разница незначительна.

Для идентификации флавоноидов в полученных экстрактах красной и черноплодной рябины использовали стандартные растворы рутина и кверцетина.

Для определения качественного состава использовали метод тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинках Sorbfil с элюентом состава: н-бутанол – уксусная кислота – вода (4:1:3, v/v/v). Хроматографирование проводили для четырех образцов: двух стандартных (рутина и кверцетина) и экстрактов красной и черноплодной рябины. При обработке хроматограмм раствором хлорида алюминия с последующим облучением УФ-лампой установлено присутствие различных по хроматографической подвижности флавоноидов в полученных фракциях.

Количественный состав выделенных флавоноидов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на хроматографе Shimadzu–LC–20 с диодно-матричным детектором (Япония), на колонке «диасфер 110 – С18». Полученные результаты коррелировали с данными ТСХ. При сравнительном анализе хроматограмм стандартных растворов флавоноидов и экстрактов красной и черноплодной рябины было обнаружено, что рутин содержится в обоих экстрактах, а кверцетин только в черноплодной рябине.

Таким образом, установлено, что черноплодная рябина богата такими полезными биофлавоноидами, как рутин и кверцетин, а красная рябина только рутином. Разработанная методика позволяет получить смесь биофлавоноидов из растительного сырья с максимальным выходом 17 и 22% для красной и черноплодной рябины соответственно.

### *Список использованных источников*

1. Природные флавоноиды / Д. Ю. Корулькин, Ж. А. Абилов, Р. А. Музыкакина, Г. А. Толстиков. – Новосибирск : Академическое Изд-во «Гео». – 2007. – 232 с.
2. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / Ю. С. Тараховский, Ю. А. Ким, Б. С. Абдрасилов, Е. Н. Музафаров. – Пушино : Synchronbook. – 2013. – 310 с.

### References

1. Natural flavonoids / D. Yu. Korulkin, Zh. A. Abilov, R. A. Muzychkina, G. A. Tolstikov // Novosibirsk: Academic publishing house "Theo". – 2007. – 232 p.

2. Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine / Yu. S. Tarakhovskaya, Yu. A. Kim, B. S. Abdrasilov, E. N. Muzafarov. – Pushchino : Synchrobook. – 2013. – 310 p.

УДК 631.812

**Д. Д. Рыженко, В. В. Гончаров, Е. М. Красникова**  
(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,  
кафедра «Химия», Липецк, Россия,  
e-mail: ryjenko49@mail.ru, slawick.gon4arow@yandex.ru,  
k.elena-73120@yandex.ru)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ АМИНОКИСЛОТ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАПСА**

*Аннотация.* Рассмотрено влияние микроудобрений в хелатной форме на основе тирозина на развитие и вегетацию рапса. Выявлено, что внекорневая подкормка микроудобрениями, содержащими медь, марганец, железо и кобальт, в целом благоприятно сказывается на развитии и вегетации рапса.

*Ключевые слова:* хелаты, микроудобрения, микроэлементы, рапс.

**D. D. Ryzhenko, V. V. Goncharov, E. M. Krasnikova**  
(Lipetsk State Technical University, Department of Chemistry,  
Lipetsk, Russia)

### **RESEARCH OF MICRONUTRIENT FERTILIZERS BASED ON AMINO ACIDS IN RAPESEED CULTIVATION TECHNOLOGY**

*Abstract.* The article deals with the influence of tyrosine-based microfertilizers in a chelated form on the development and vegetation of rapeseed. It was revealed that foliar feeding with micronutrient fertilizers containing copper, manganese, iron and cobalt, in general, has a beneficial effect on the development and vegetation of rapeseed.

*Keywords:* chelates, micronutrient fertilizers, microelements, rapeseed.

Рапс широко используют во многих областях промышленности и сельского хозяйства. В дело идут все части растения, это практически безотходное производство. Главный продукт, получаемый после отжима семян, – это рапсовое масло. Его применяют в медицине и кос-

метологии. Оставшийся жмых идет на корм скоту. Зеленая масса тоже является отличным кормом.

Широкое применение находит техническое масло из рапса. Его используют в качестве основы многих смазочных материалов, так как оно дешевле и лучше традиционных технических составов. Кроме этого, очень важна экологическая составляющая. Продукция из рапса не загрязняет окружающую среду, а также не создает токсичных отходов [1].

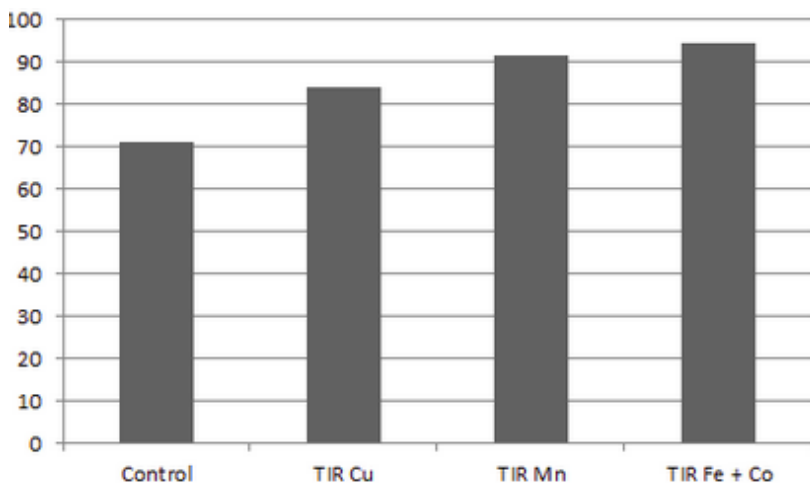
Питательные вещества поглощаются яровым рапсом довольно быстро с весны до зрелости – молодые растительные клетки должны содержать высокую концентрацию питательных веществ, необходимых для инициирования процесса роста. Кроме поглощения питательных веществ надземными частями растений, растениям рапса также необходимо около 10% питательных веществ побега для образования корней. Одним из ключевых макроэлементов, необходимых для роста и развития любого растения, является азот. Потребность в азоте у рапса составляет 1 т/га семян, включая солому [2].

Помимо азота, для нормального развития и роста рапса необходимы ионы металлов: Cu, Zn, Mn и др., оказывающие решающее значение на процесс фотосинтеза и пр. Традиционные методы земледелия привели к общему дефициту этих ионов металлов в почве. Хорошо известно, что добавление их либо в почву, либо в листву растений может значительно повлиять на урожай [3].

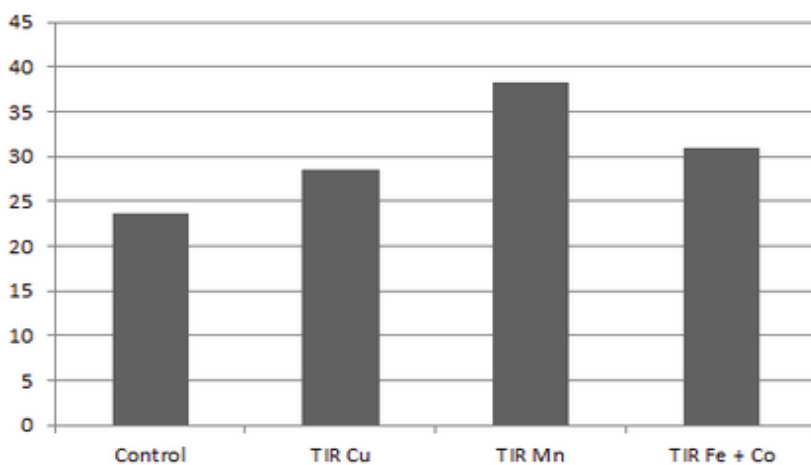
Одним из наиболее распространенных способов доставки микроэлементов-металлов является использование комплексов ионов металла с синтетическими хелатами, главное свойство которых – хорошая растворимость, что создает удобство применения и уменьшает адсорбцию и фиксацию металла в почве. В работе в качестве хелатирующего агента был использован тирозин, микроэлементы – медь, марганец, железо, кобальт. Хелатные комплексы этих элементов с тирозином легко кристаллизуются и хранятся в твердом виде. В работе были использованы растворы полученных хелатов с концентрацией 1% (масс.), контроль – вода.

Протравленные семена рапса выдерживали ночь в приготовленном растворе хелатного комплекса тирозина с медью, марганцем, железом и кобальтом и высаживали на участок размером 1 м<sup>2</sup>. Раз в две недели ростки обрабатывали тем же раствором, разбрызгивая его на листья. Всего было проведено 6 обработок. Растения с созревшими семенами срезали и связывали в снопы по 10 шт. На каждом участке статистической обработке подвергали 1, 6 и 14 снопы, при этом заме-

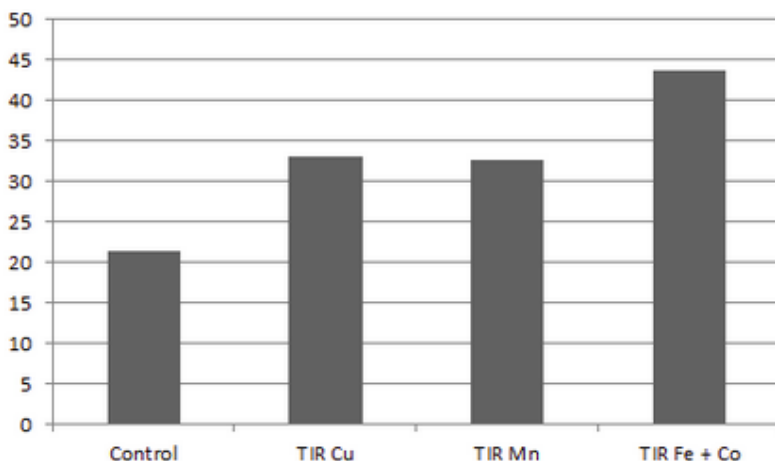
ряли высоту растения, высоту стебля до первого ветвления, длину центральной кисти, количество стручков на центральной кисти, длину стручков, количество стеблей первого порядка, количество семян в стручке и общее количество семян. Полученные результаты по некоторым из исследуемых параметров приведены на рис. 1 – 4.



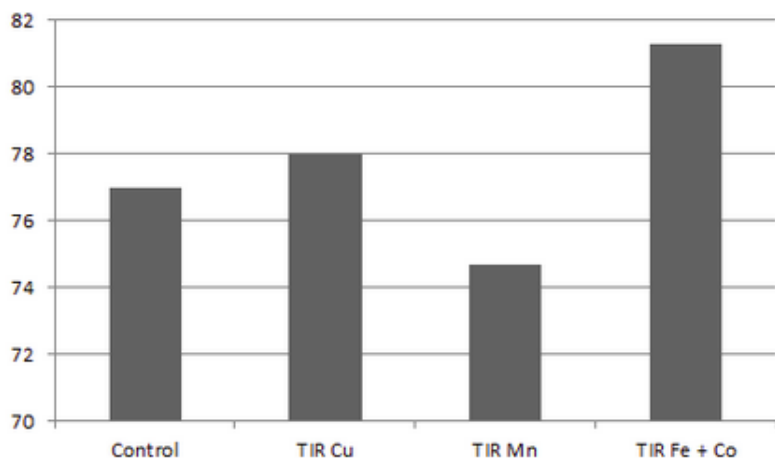
**Рис. 1.** Влияние микроудобрений на длину центральной кисти рапса



**Рис. 2.** Влияние микроудобрений на высоту стебля до первого ветвления



**Рис. 3. Влияние микроудобрений на количество стручков на центральной кисти**



**Рис. 4. Влияние микроудобрений на общее количество семян**

Таким образом, проведенные исследования показали, что хелатные микроудобрения на основе тирозина благоприятно влияют на развитие рапса и в целом на урожай.

#### ***Список использованных источников***

1. Что такое рапс и что из него делают [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.olis.com.ua/rus/press-centre/st-raps/> (дата обращения: 04.04.20).

2. Interactive effect of nitrogen and sulphur on growth and yield of rape-seedmustard genotypes / A. Ahmad, G. Abraham, N. Gandotra, Y. P. Abrol and M. Z. Abdin // J. Agronomy and Crop Science 181. – 1998. – P. 193 – 199.

3. 219-227, IPI/IMPPOS, Poznan. Changzhi, L. Guangyong, Y., Zhongxi, C. and Hechen, J. (1991): Effect of zincon Zn content, seed yield and some qualities of rape. Proceedings of the International Symposium on the Role of Sulphur, Magnesium and Micronutrients in Balanced Plant nutrition, p. 333 – 336, Potash and Phosphate Inst., Hong Kong.

### *References*

1. What is rapeseed and what is made of it [Electronic resource]. – URL: <https://www.olis.com.ua/rus/press-centre/st-raps/> (date of access: 04.04.20)

2. Ahmad A., Abraham G., Gandotra N., Abrol, Y. P. and Abdin M. Z. (1998): Interactive effect of nitrogen and sulphur on growth and yield of rape-seedmustard genotypes. J. Agronomy and Crop Science 181. – P. 193 – 199.

3. 219-227, IPI/IMPPOS, Poznan. Changzhi, L. Guangyong, Y., Zhongxi, C. and Hechen, J. (1991): Effect of zincon Zn content, seed yield and some qualities of rape. Proceedings of the International Symposium on the Role of Sulphur, Magnesium and Micronutrients in Balanced Plant nutrition, p. 333-336, Potash and Phosphate Inst., Hong Kong.

УДК 681.2

**И. А. Елизаров, В. Н. Назаров, А. А. Третьяков**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: nazvic@yandex.ru)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RFID-ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

*Аннотация.* Предложен подход к построению системы мониторинга в животноводстве на базе RFID-технологии.

*Ключевые слова:* RFID, беспроводные технологии связи, точное животноводство, дистанционный мониторинг, автоматизированная система управления.

**I. A. Elizarov, V. N. Nazarov, A. A. Tret'yakov**  
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

## **USE OF RFID TECHNOLOGIES IN MONITORING SYSTEMS IN ANIMAL HUSBANDRY**

*Annotation.* An approach to the construction of a system of monitoring in animal husbandry based on the RFID-technology.

*Keywords:* RFID, wireless communication technologies, precise farming, remote monitoring, automated control system.

Один из основных трендов в современном животноводстве – это автоматизация. Это подразумевает использование технических средств и программного обеспечения для сбора данных о показателях животных для автоматизированного и индивидуального подхода к уходу за животными и называется точным животноводством.

Обязательным элементом точного животноводства является автоматизированная система мониторинга и учета. Основными элементами системы мониторинга в животноводстве являются датчики и автоматизированная система сбора данных и управления. Вся информация от датчиков поступает в систему управления считывателями, а затем в систему сбора данных и управления, где осуществляется ее обработка, архивирование, визуализация и формирование отчетов.

Для сбора информации с большого количества датчиков рационально использовать беспроводные каналы связи, построенные на RFID-технологии.

RFID-система включает в себя особые радиочастотные метки, оборудование и программное обеспечение. Антенны меток посылают радиоволновой сигнал, который можно уловить специальным считывателем (ручным или стационарным). Вся полученная информация поступает в автоматизированную систему сбора данных и управления.

Основные преимущества RFID-технологии:

- не требуется прямая видимость радиочастотной метки, чтобы считывать из нее информацию;
- высокая скорость чтения меток, которая может достигать 1000 шт в сек.;
- возможно практически одновременное чтение большого количества меток;
- возможно изменение информации в метке;
- возможность чтения и записи метки на расстоянии;
- долговечность;
- высокая степень безопасности, которая обеспечивается применением уникального идентификатора метки, присваемого на заводе при ее изготовлении, а также шифрованием данных, записываемых в метку;
- устойчивость к воздействию окружающей среды.

RFID-система состоит из:

- меток (tag) или транспондеров;

- считывателей (reader);
- антенны;
- систем управления считывателями (middleware).

RFID-технологии могут помочь фермерским хозяйствам и предпринимателям, работающим в сфере выращивания поголовья, провести на современном уровне инвентаризацию всего крупного рогатого скота. В России вообще нет системы идентификации таких животных. Эту проблему возможно решить путем размещения инновационных RFID-чипов на коже или в теле животного.

Использование RFID-системы позволяет:

- быстро идентифицировать животное на расстоянии в несколько метров: все данные о животном можно за пару секунд считать с достаточно большого расстояния;

- повысить безопасность животных: можно легко узнать, если какая-то корова (или лошадь, или овца) вдруг оказалась не своем загоне или не пришла с пастбища и вернуть ее;

- вести электронный паспорт: для каждого животного можно завести свой электронный документ принятого мирового стандарта, в котором будет собрана необходимая о нем информация: порода, прививки, вязки и т.д.;

- упростить кормление: установив считыватель около кормушек, можно легко определить и изменить информацию о специфике и количестве корма для каждого животного, а также сопоставить эти сведения с получаемыми надоями.

RFID-очипирование существенно улучшит процесс управления животноводством. Технология позволит автоматизировать все этапы от кормления до мойки и стрижки животных, а также выявить и помочь сократить поголовье, имеющее наследственные болезни. С помощью этой технологии можно оптимизировать планы вакцинаций и, кроме того, предотвратить несанкционированную подмену племенных особей.

Технология RFID предполагает размещение на теле или внутри тела животного радиочастотных меток. Некоторым особям вживят чипы под кожу либо прикрепят на ухе как клипсу. Другие будут носить метку в виде ошейника или в желудке в форме керамической капсулы.

Использование RFID-систем в животноводстве очень удобно. Сотрудники фермы избавляются от выполнения множества рутинных



операций, связанных с подсчетом поголовья, учетом перемещения и кормлений животных. Технология RFID позволяет быстро и точно получать данные о конкретном животном, о его активности, перемещениях, а также о поголовье стада или о его динамике его изменения [1].

RFID-метки более надежны и долговечны, чем классические средства идентификации животных (штрихкоды). RFID-метка не только позволяет записать гораздо больше информации, чем штрихкод, но, что очень важно, ее гораздо проще считать, так как совершенно необязательно располагать ее в прямой видимости считывателя.

Когда животное перемещается по ферме (например, переходит из одного помещения или загона в другой), его метка считывается, и данные автоматически обновляются в информационной системе.

Внедрение RFID-систем позволяет перейти к автоматическому заполнению и ведению электронного паспорта животного. Таким образом, удастся не только сократить время обработки данных, но и снизить вероятность возникновения ошибок при занесении данных в информационную систему фермы. При сканировании животного данные о нем отображаются на экране ручного считывателя. Электронный паспорт является принятым мировым стандартом и позволяет контролировать качество продукции и повышает доверие к поставщикам, пользующимся электронными паспортами.

### ***Список использованных источников***

1. Шилин, Д. В. Система автоматических ворот с идентификацией животных и базой данных для перегруппировки стада РКС в электророботизированной ферме / Д. В. Шилин, В. Р. Краусп // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве : тр. Междунар. науч.-техн. конф. – 2014. – Т. 5. – С. 171 – 177.

### ***References***

1. Shilin, D. V. Sistema avtomaticheskikh vorot s identifikaciej zhivotnyh i bazoj dannyh dlya peregruppировки stada RKS v elektrorobotizirovannoj ferme / D. V. Shilin, V. R. Krausp // Energoobespechenie i energosberezhenie v sel'skom hozyajstve : trudy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii – 2014. – Т. 5 – S. 171 – 177.

УДК 631.1; 631.6

**Е. Ю. Нетесов, В. И. Зацепина**  
(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», кафедра электрооборудования,  
Липецк, Россия, e-mail: netyosov1983@yandex.ru, vizats@gmail.com)

## **ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИНАХ КРУГОВОГО ТИПА**

*Аннотация.* Представлена усовершенствованная модель дождевальной машины кругового типа, обладающая повышенной надежностью и простотой в обслуживании. Данная модель апробирована в полевых условиях с период с мая по август 2020 года.

*Ключевые слова:* дождевальная машина, асинхронный электродвигатель, установка, контроллер, орошение почвы.

**E. Yu. Netesov, V. I. Zatsepina**  
(Lipetsk State Technical University,  
Department of Electrical Equipment, Lipetsk, Russia)

## **SPECIFICITY OF CONTROL SYSTEM THE CIRCULAR SPRINKLING MACHINE**

*Abstract.* This paper provides an analysis of automatic irrigation of fields, using examples of the technologies used for watering the soil. An improved model of a circular sprinkler machine with increased reliability and ease of maintenance is presented. This model was tested in the field from May to August 2020.

*Keywords:* sprinkling machine, asynchronous electric motor, installation, controller, soil irrigation.

В настоящее время все больше уделяется внимание интенсивному развитию агропромышленных комплексов. Существует ряд актуальных задач развития сельского хозяйства, одна из которых затрагивает проблемы орошения почвы для устойчивого поддержания водного баланса и повышения урожайности культур.

Автоматическое орошение почвы – это современные системы полива, которые применяются для промышленного назначения. Рассмотрим установки кругового типа. Данные установки рассчитаны на большие территории, в диаметре они обхватывают площадь до двух с половиной километра, и это не предел.

К промышленному поливу относят три типа орошения почвы:

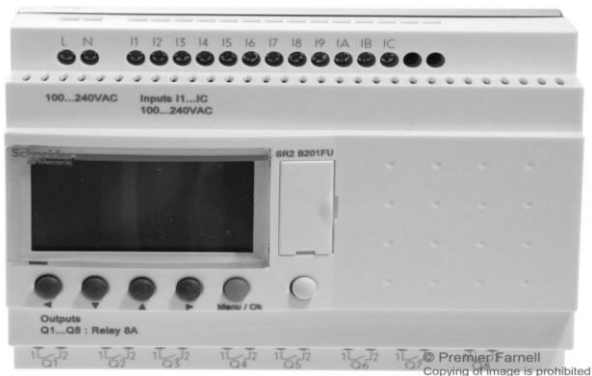
- 1) механизированный;
- 2) капельный;
- 3) автоматический.

Механизированный полив почвы происходит с помощью сельскохозяйственной техники «трактора с установкой полива», что является нерациональным способом, требующим дополнительных затрат в технике и привлечением человеческих ресурсов [1]. Капельный полив почвы [2] происходит с помощью установленных ранее капельных лент, которые проложены по периметру всей местности «поля», а подача воды осуществляется из скважины или из ближайшего водоема. Данную систему полива можно автоматизировать, но это повлечет дополнительные финансовые затраты.

Одним из решений проблемы полива является автоматическое орошение почвы с помощью дождевальной машины кругового типа [3].

В работе представлена модель спроектированной дождевальной машины, представляющая собой секции соединения пролетов. Каждый пролет имеет определенную длину от 41 до 61 метра. Количество данных пролетов в одной установке исчисляется по заданному давлению воды на входе установки, составляющее 2,5...4,0 кг/см<sup>2</sup>. Каждый пролет состоит из четырех триангуляций, идущих от начала секции к середине, составляющих мощный металлический каркас. Количество триангуляций зависит от длины пролета. На каждую секцию устанавливается колесная база с индивидуальной трансмиссией и электродвигателем на привод. Электродвигатель устанавливается асинхронного типа с короткозамкнутым ротором.

Простота в обслуживании и отсутствие подвижных контактов увеличивает надежность безотказной работы всей установки в целом. На каждой башне устанавливается индивидуальный блок управления, который предназначен для распределения сигналов на ход, остановку и вывод секции в ошибку. С блоками управления каждой секции данная установка работает как единое целое, придающее уникальность всему механизму. В данной дождевальной машине кругового типа для передачи сигналов на управление и силовой цепи используется передвижной коллектор в исполнение щеточного коллекторного узла. Данный коллектор имеет в качестве подвижного контакта – медные гладкие кольца, а неподвижный контакт представлен токо-съемными щетками, расположенные одна относительно другой на 180° на одном сегменте. Такое расположение щеточного механизма придает надежную пропускную способность электрического сигнала.



**Рис. 1. Контроллер Zelio Logic Schneider Electric SR2 D201FU**

Логика собрана на базе Zelio Logic Schneider Electric SR2 D201FU (рис. 1). В своем роде простое компактное интеллектуальное реле выполняет функции по управлению такого сложного механизма, в котором задействованы многие параметры.

Простота интеллектуального реле заключается в дискретном входе и выходе, нет необходимости ставить гальванические развязки и дополнительное питание для токового сигнала 4...20 мА, что преобладает в аналоговых входах. Напряжение, подключаемое к дождевой машине, составляет 0,4 кВ, а потребляемая мощность составляет 2 кВт.

Таким образом, выбор метода автоматического орошения почвы весьма разнообразен. Однако применение современных блоков управления позволяет упростить и автоматизировать работу дождевальной машины кругового типа. Разработанная машина обладает повышенной надежностью и простой в обслуживании. Данная модифицированная модель апробирована в полевых условиях с период с мая по август 2020 года.

### ***Список использованных источников***

1. Саидходжаева, Д. А. Применение экономически выгодных современных методов орошения на полях фермерских хозяйств Узбекистана / Д. А. Саидходжаева, Д. Д. Хусанов, Р. В. У. Закиров // Российский электронный научный журнал. – 2017. – № 1(23). – С. 218 – 229.
2. Влияние капельного полива на биологическую активность почвы и урожай картофеля / В. В. Ивенин, А. В. Ивенин, С. П. Тихонов и др. // Земледелие. – 2011. – № 3. – С. 34–35.
3. Исследования гидравлических характеристик дождевальной машины кругового действия / В. С. Бочарников, О. В. Козинская,

М. А. Денисова, О. В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агро-университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 2. – С. 319 – 327.

### *References*

1. Saidkhodzhaeva, D. A. Application of efficient modern methods of irrigation in the farmers' fields of Uzbekistan / D. A. Saidkhodzhaeva, D. D. Khusanov, R. V. Zakirov // The Russian electronic scientific magazine. – 2017. – № 1(23). – P. 218 – 229.

2. Drip influence on soil biological activity and yield of potato / V. V. Ivenin, A. V. Ivenin, S. P. Tikhonov et al. // Zemledelie. – 2011. – № 3. – P. 34–35.

3. The studies of hydraulic characteristics of a circular sprinkler machine / V. S. Bocharnikov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. – 2020. – № 2, (58) – P. 319 – 327.

УДК 004.932.623.74

**А. В. Парфирьев<sup>1</sup>, Д. Д. Дмитриев<sup>2</sup>, Я. В. Петросян<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия, e-mail: keperate@mail.ru, peterson72@yandex.ru);

<sup>2</sup>(Военный учебный центр Сибирского федерального университета, Красноярск, Россия, e-mail: boerby76@mail.ru)

## **ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ ВОЗДУШНОГО БАЗИРОВАНИЯ**

*Аннотация.* В работе рассмотрена программная реализация цифровой системы мониторинга техногенных объектов робототехническими комплексами воздушного базирования на основе получения обученной модели Faster R-CNN в среде Python, позволяющей анализировать входное изображение в целях обнаружения объектов и распознавания их классов.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, нейронная сеть, цифровая обработка изображений.

**A. V. Parfiriev<sup>1</sup>, D. D. Dmitriev<sup>2</sup>, Ya. V. Petrosyan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> (Military Educational and Scientific Center of the Air Force  
“Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky  
and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia);

<sup>2</sup> (Military Training Center of the Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk, Russia)

## **DIGITAL MONITORING SYSTEM OF MAN-MADE OBJECTS BY AIRBORNE ROBOTIC COMPLEXES**

*Abstract.* The paper considers the software implementation of a digital system for monitoring technogenic objects by airborne robotic systems based on obtaining a trained Faster R-CNN model in the Python environment, which allows analyzing the input image in order to detect objects and recognize their classes.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, neural network, digital image processing.

В настоящее время актуальной задачей в области воздушной разведки является мониторинг техногенных объектов робототехническими комплексами воздушного базирования. Широкое применение в этой области получили сверхлегкие планеры, оснащенные системой автопилота, которая позволяет задавать траекторию полета аппарата перед его запуском при помощи специальных программных средств.

Задачи автоматического поиска и обнаружения востребованы в самых разных областях жизнедеятельности. Так, газовые и нефтяные корпорации могут существенно сократить свои расходы на повседневное обеспечение безопасности своих трубопроводов благодаря возможности частичного или полного замещения человеческого труда роботами, которые в состоянии преодолевать большие расстояния и собирать информацию о возможных повреждениях на линиях. Структуры по надзору и охране заповедных зон могут своевременно выявлять случаи пожаров, вырубки лесов. Так же за последние десятилетия участились случаи крушения гражданских авиалайнеров и пропажи туристов в труднодоступных зонах. В Вооруженных силах Российской Федерации беспилотные летательные аппараты осуществляют сбор, обработку и передачу разведывательной информации для целей поиска и обнаружения стратегически важных объектов противника. В общем виде задача статического обнаружения некоторого объекта обуславливается выбором изображения этого объекта, в дальнейшем именуемого шаблоном, и фотографии местности, в которой осуществляется поиск.

Целью настоящей работы является создание программных средств, способных эффективно решать задачу мониторинга техногенных объектов робототехническими комплексами воздушного базирования. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

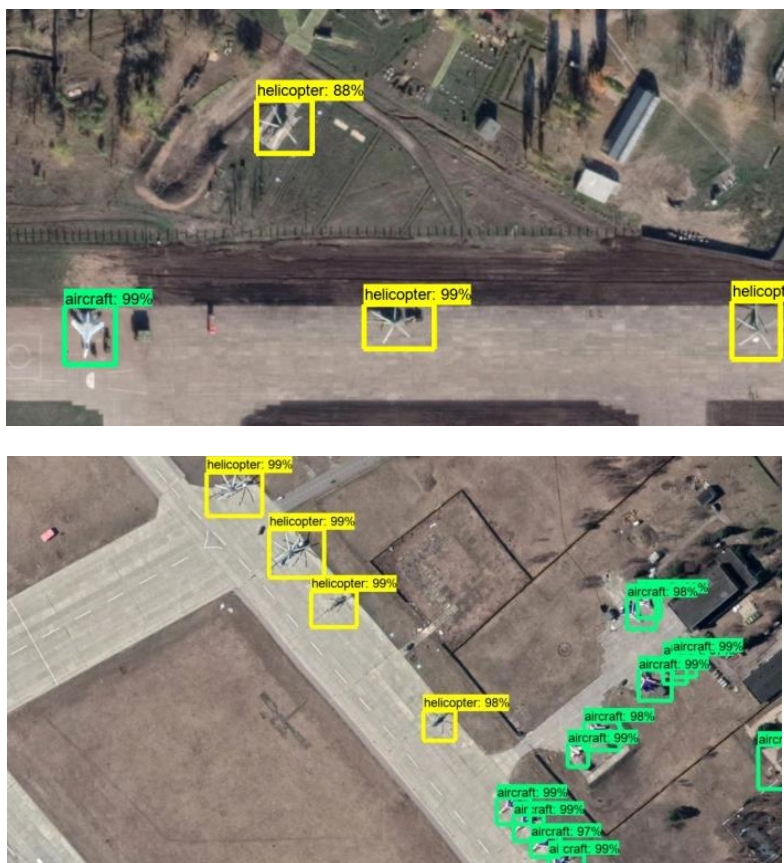
1. Сделать обзор существующих алгоритмов и реализаций распознавания. Задача поиска объекта по образцу является подзадачей распознавания образов. При ненаправленном и несистематизированном поиске похожих объектов из множества их можно перечислять достаточно долго и не достигнуть завершения с заданной точностью. В большинстве случаев объекты характеризуются такими параметрами как форма, цвет, положение и т.п. Объекты классифицируются в зависимости от этих параметров. При этом нередко нет задачи классифицировать все возможные объекты из входящего видеопотока, чаще всего, требуется выделить (распознать) только объекты определенного типа [1 – 4].

2. Дать математическое описание алгоритмов и методов машинного обучения, применяемых для быстрого распознавания заданных объектов на аэрофотоснимках. В последнее время для решения данной задачи широкое распространение получили алгоритмы, основанные на применении региональных глубоких сверточных нейронных сетей или Regional Convolutional Neural Networks (R-CNN), которые принципиально ориентированы на решение задачи поиска объектов с одновременной их классификацией [5 – 7]. По сравнению с методами, представленными выше, эти алгоритмы принципиально адаптированы для решения задачи мониторинга техногенных объектов.

3. Предложить собственное решение, основанное на анализе положительных сторон текущих методов.

4. Выполнить программную реализацию алгоритма, которую условно можно разделить на несколько частей: выбор наиболее эффективной модели; создание специальной структуры данных; подготовка обучающей выборки; обучение модели. Для работы с региональными сверточными нейронными сетями необходима библиотека машинного обучения от компании Google под названием «TensorFlow», с открытым исходным кодом. Данная библиотека разработана для языка программирования Python, поэтому в качестве языка реализации был выбран именно он. Основную работу по загрузке изображений и наглядному отображению результатов берет на себя библиотека OpenCV. Результатом решения задачи является обученная модель Faster R-CNN на изображениях техногенных объектов.

5. Протестировать реализованный алгоритм на конкретных снимках, сделанных в результате съемки с беспилотного летательного аппарата, и провести сравнительный анализ по полученным данным. Объектом тестирования является обученная модель Faster R-CNN на двух классах объектов: самолетах и вертолетах. Целью тестирования является определение точности обнаружения объектов на снимках аэродромов, которые не участвовали в процессе обучения. Пример работы данной модели показан на рис. 1.



**Рис. 1. Пример работы обученной модели Faster R-CNN**

Показателем точности является количество правильно обнаруженных объектов и правильность определения класса объекта. Для определения точности обнаружения объектов были взяты 10 произвольных снимков аэродромов, на каждом из них подсчитывалось количество верно обнаруженных самолетов и вертолетов.

Таким образом, в результате выполнения работы получена обученная модель Faster R-CNN в среде Python которая позволяет анализировать входное изображение в целях обнаружения объектов и определения их классов. По итогам проведенных тестирований, была установлена средняя точность обнаружения объекта, равная 89%, и правильность классификации обнаруженных объектов достигла 94%.



### *Список использованных источников*

1. Roberts, L. Machine Perception of Three-Dimensional Solids / L. Roberts ; Massachusetts Institued of Technology, Cambridge, 1963. – 82 p.
2. Нгуен, К. М. Методы и алгоритмы обработки изображений в системах технического зрения промышленных робототехнических комплексов / К. М. Нгуен. – М., 2015. – 136 с.
3. Демяненко, Я. М. Компьютерное зрение и обработка изображений / Я. М. Демяненко ; Южный федеральный университет. – Ростов-н/Д : Лекция, 2017. – 32 с.
4. Valerie Randle Olaf Engler Introduction to Texture Analysis: Macrotecture, Microtexture, and Orientation Mapping, Second Edition ; Dresden, Germany : CRC Press, 2009. – 490 p.
5. Girshick, R. Region-Based Convolutional Networks for Accurate Object Detection and Segmentation / R. Girshick, J. Darrell, T. Malik // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2015. – No. 38.
6. Girshick, R. Fast R-CNN / R. Girshick // International Conference on Computer Vision (ICC). – 2015.
7. Girshick, R. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Re-gion Proposal Networks / R. Girshick, R. Shaoqing, H. Kaiming // Neural Information Processing Systems (NIPS). – 2015.

### *References*

1. Roberts, L. Machine Perception of Three-Dimensional Solids / L. Roberts ; Massachusetts Institued of Technology, Cambridge, 1963. – 82 p.
2. Nguen, K. M. Metody i algoritmy obrabotki izobrazhenij v sistemah tekhnicheskogo zreniya promyshlennyh robototekhnicheskikh kompleksov / K. Nguen. – Moskva, 2015. – 136 p.
3. Demyanenko, Ya. M. Komp'yuternoe zrenie i obrabotka izobrazhenij / Ya. M. Demyanenko ; Yuzhnyj federal'nyj universitet, Rostov-na-Donu, Lekciya 2017. – 32 p.
4. Valerie Randle Olaf Engler Introduction to Texture Analysis: Macrotecture, Microtexture, and Orientation Mapping, Second Edition / Dresden, Germany : CRC Press, 2009. – 490 p.
5. Girshick, R. Region-Based Convolutional Networks for Accurate Object Detection and Segmentation / R. Girshick, J. Darrell, T. Malik // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2015. – No. 38.

6. Girshick, R. Fast R-CNN / R. Girshick // International Conference on Computer Vision (ICC). – 2015.

7. Girshick, R. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Re-gion Proposal Networks / R. Girshick, R. Shaoqing, H. Kaiming // Neural Information Processing Systems (NIPS). – 2015.

УДК 004.932,623.74

**А. В. Парфирьев<sup>1</sup>, Ю. Ю. Громов<sup>2</sup>, Ю. В. Минин<sup>2</sup>, И. Ю. Фетищева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> (Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия);

<sup>2</sup> (ФГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: gromovtambov@yandex.ru)

## **НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РАМКАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Аннотация.* Рассмотрена нечеткая модель управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), являющимися средством мониторинга показателей сельскохозяйственных площадей в информационной системе поддержки принятия решений.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, управление, нечеткая модель, сельское хозяйство.

**A. V. Parfiriev<sup>1</sup>, Yu. Yu. Gromov<sup>2</sup>, Yu. V. Minin<sup>2</sup>, I. Yu. Fetischeva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> (Military Educational and Scientific Center of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia);

<sup>2</sup> (Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

## **FUZZY MODEL OF UAV TRAFFIC CONTROL WITHIN THE FRAMEWORK OF THE FUNCTIONING OF THE INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING AN AGRICULTURAL ENTERPRISE**

*Abstract.* This article discusses a fuzzy model of control of unmanned aerial vehicles, which are a means of monitoring indicators of agricultural areas in the decision support information system.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, control, fuzzy model, agriculture.

Современный агропромышленный комплекс функционирует аналогично любому иному бизнесу, одной из целей которого является снижение себестоимости продукции при повышении производительности. Классические подходы, такие как энергоемкие сельскохозяйственные машины, высокопродуктивные сорта сельскохозяйственных культур, эффективные методы ухода и т.п., по-прежнему актуальны, однако их потенциал практически достиг предела [1]. Наблюдается появление нового инструментария, например, спутниковые и компьютерные технологии, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые стали общедоступными.

БПЛА – это летательный аппарат без экипажа на борту, способный обладать разной степенью автономности – от управляемого дистанционно до полностью автоматического режима. Поэтому проблема управления БПЛА является в подобных условиях актуальной задачей.

Пусть  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$  – множество признаков, описывающих состояния группы БПЛА. Каждый признак  $p_i$  ( $i \in \{1, 2, \dots, m\}$ ) описывается соответствующей лингвистической переменной

$$(p_i, T_i, D_i),$$

где  $T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_m^i\}$  – терм-множество лингвистической переменной,  $m_i$  – число термов (нечетких значений) признака  $p_i$ ;  $D_i$  – базовое множество признака  $p_i$ . Для описания термов  $T_j^i$  ( $i \in \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $j \in \{1, 2, \dots, m_i\}$ ) используются нечеткие множества  $A_{ij}$ , заданные значениями функций принадлежности  $\mu_{A_{ij}}(p_i)$ , в соответствующих базовых множествах  $p_i \in D_i$ :

$$A_{ij} = \left\{ \left( \mu_{A_{ij}}(p_i) / p_i \right) \right\}, p_i \in D_i.$$

*Нечеткой ситуацией*  $\hat{s}$  называется нечеткое множество второго уровня

$$\hat{s} = \left\{ \left( \hat{s}(p_i) / p_i \right) \right\}, i = 1, 2, \dots, m,$$

где

$$\hat{s}(p_i) = \left\{ \left( \mu_{A_{ij}}(p_i') / T_j^i \right) \right\}, j = 1, 2, \dots, m_i,$$

где  $\mu_{A_{ij}}(p_i')$  – значение функции принадлежности при заданном значении  $p_i$ .

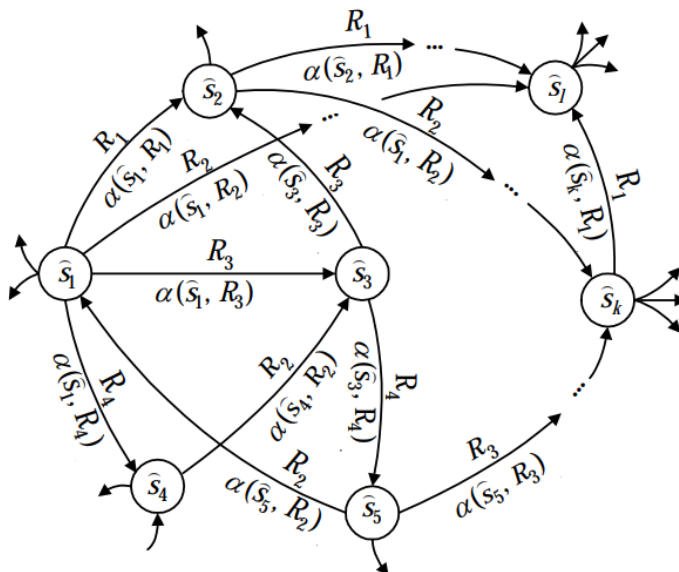


Рис. 1. Нечеткая ситуационная сеть

Нечеткой ситуационной сетью (НСС) называют нечеткий ориентированный взвешенный граф (рис. 1):

$$G = (S, R, a),$$

где  $\hat{S} = \{\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_W\}$  – вершины НСС, соответствующие эталонным нечетким ситуациям,  $R = \{R_1, R_2, \dots, R_f\}$  – множество дуг между вершинами, представляющих возможные управляющие решения,  $\alpha(\hat{s}_i, R_j)$  – степень предпочтения применения управляющего решения  $R_j$  в ситуации  $\hat{s}_i$ , по сравнению с другими управляющими решениями из множества  $R$ .

#### Список использованных источников

1. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / Ю. Н. Зубарев, Д. С. Фомин, А. Н. Чашин, М. В. Заболотнова // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2019. – № 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-selskom-hozyai-stve>.

### *Reference*

1. The use of unmanned aerial vehicles in agriculture / Yu. N. Zubarev, D. S. Fomin, A. N. Chashchin, M. V. Zabolotnova // Bulletin of the Perm Federal Research Center. – 2019. – No. 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-selskom-hozyai-stve>.

УДК 631.95

**В. А. Погонин<sup>1</sup>, С. А. Нагорнов<sup>2</sup>, А. Ю. Корнев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> (ФГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Информационные процессы и управление», Тамбов, Россия, e-mail: pogvas@inbox.ru);

<sup>2</sup> (ФГБНУ «ВНИИТиН», Лаборатория «Организация нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов», Тамбов, Россия, e-mail: snagornov@yandex.ru)

### **«УМНЫЙ» НЕФТЕСКЛАД КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ КОМПОНЕНТ ПЕРЕХОДА К «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМУ» СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ**

*Аннотация.* Установлено, что в сельском хозяйстве передовых стран наблюдается переход к использованию наиболее перспективных концепций для развития аграрного производства, среди которых центральную роль играют прецизионное земледелие, «разумное» земледелие, «умное» сельское хозяйство. Предложено логическим завершением концепции «умного» сельского хозяйства считать включение в нее проекта «умный» нефтесклад.

*Ключевые слова:* моторное топливо, интеллектуальный нефтесклад, умное сельское хозяйство, автоматизация, роботизация, технология.

**V. A. Pogonin<sup>1</sup>, S. A. Nagornov<sup>2</sup>, A. Yu. Kornev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> (Tambov State Technical University, Department of Power Engineering, Tambov, Russia);

<sup>2</sup> (VNIITIN, Laboratory “Organization of Oil and Economy Consumption of Oil Products”, Tambov, Russia)

### **“SMART” OIL STORAGE AS AN INTEGRAL COMPONENT OF THE TRANSITION TO “SMART” AGRICULTURE**

*Abstract.* It is established that in the agriculture of advanced countries there is a transition to the use of the most promising concepts for the development of agricultural production, among which the Central role is played by precision agriculture,

“smart” agriculture, “smart” agriculture. It is suggested that the logical conclusion of the concept of “smart” agriculture is considered to be the inclusion of the “smart” oil storage project in it.

*Keywords:* motor fuel, intelligent oil storage, smart agriculture, automation, robotics, technology.

Установлено, что при существующем технико-технологическом уровне сельскохозяйственного производства перейти к его устойчивому развитию практически невозможно. Отмечена необходимость на базе накопленного опыта переосмысления сути современных технологий получения сельхозпродукции, рассматривая выполнение технологических процессов с учетом взаимосвязи и взаимозависимости не только между собой, но и с окружающей природной средой. Подчеркнуто, что только в этом случае можно перейти к экономико-экологической и энергетической стабильности сельского хозяйства. Поэтому центральное внимание сегодня уделяется формированию так называемого «умного» сельского хозяйства, включающего разработку и применение не только автоматизированных систем принятия решений, комплексной автоматизации и роботизации сельскохозяйственных машин и снижения влияния человеческого фактора, контроля технического состояния и диагностики мобильной и стационарной энергетики, но и технологий проектирования и моделирования экосистем.

Определено, что основные тенденции современности заключаются в создании интеллектуальной техники для производства сельхозпродукции посредством адаптации существующих знаний и переносе мирового опыта в системы управления новыми технологиями и машинами, т.е. интеллектуального управления. Выявлено, что функционирование таких систем управления основано на использовании реальных состояний параметров конкретного объекта в данный момент времени, в частности, обеспечения автономного поведения машин и механизмов, своевременно и адекватно реагирующих на возникающую ту или иную ситуацию. Доказано, что именно решение проблемы самостоятельного поведения машин и механизмов непосредственно связано с эволюцией интеллектуальных систем управления в разрезе их автономности.

Установлено, что переход к «умному» сельскому хозяйству предъявляет повышенные требования к сохранности качества моторного топлива, используемого мобильной и стационарной энергетикой. Однако ни в одной модели развития сельского хозяйства, ни в Прави-

тельствующих программных документах ничего не говорится о роли сельских нефтескладов в обеспечении сельскохозяйственного производства кондиционным моторным топливом и современных требований к его материально-технической базе. Выявлено, что отсутствие современных интеллектуальных систем управления делают такие объекты (сельские нефтесклады) чрезвычайно опасными с производственной точки зрения. Доказано, что современное развитие сельскохозяйственного производства невозможно без управления нефтескладом с использованием интеллектуальных систем, искусственного интеллекта [1]. В настоящей работе предложены новые понятия: «умный» нефтесклад («Smart» oil bill) и «интеллектуальный» нефтесклад («Intelligent» oil storage).

Подчеркнуто, что признаки и атрибуты «умной» среды – это наличие сенсорного и информационного инструментария, позволяющего мгновенно собирать, аккумулировать и передавать информацию об окружающей действительности, а «интеллектуальной» среды – это возможность анализа и принятия решения в управляющих процедурах изменения окружающей действительности. Другими словами, нужны такие киберфизические системы (мехатронные и роботизированные комплексы), которые должны управлять «умным» нефтескладом: способны находить новые алгоритмы поведения в новых проблемных ситуациях, а также находить решения возникших задач.

Таким образом, современное ведение сельского хозяйства невозможно без применения управления нефтескладом с использованием интеллектуальных систем, искусственного интеллекта. Внедрение подобных систем позволит обеспечить технико-технологическую и экологическую безопасность резервуарного парка при сохранении кондиционности хранимого топлива.

#### ***Список использованных источников***

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017660610 от 22.09.2017. Система автоматизированного управления горизонтальными резервуарами на нефтескладе / М. Ю. Левин, С. А. Нагорнов.

#### ***References***

1. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2017660610 ot 22.09.2017. Sistema avtomatizirovannogo upravleniya gorizonta'l'nymi rezervuarami na neftesklade / M. Yu. Levin, S. A. Nagornov.

**Д. С. Алексенцев, А. И. Попов**  
(ФГОУ ВО «Тамбовский государственный технический  
университет», Тамбов, Россия,  
e-mail: aleksentsevds@yandex.ru)

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

*Аннотация.* Проанализирована проблема сохранения плодородия почвы и рассмотрены методы повышения эффективности использования посевных площадей посредством использования различных схем внесения удобрений. Обоснована целесообразность прикорневого внесения удобрений и оптимизация данного процесса при использовании цифровых технологий.

*Ключевые слова:* плодородие почвы, агротехнологические мероприятия, урожайность, моделирование внесения удобрений.

**D. S. Aleksencev, A. I. Popov**  
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

## **OPTIMIZATION OF FERTILIZER APPLICATION**

*Abstract.* The problem of preserving soil fertility is Analyzed and methods for improving the efficiency of using acreage through the use of various fertilizer application schemes are considered. The feasibility of root fertilization and optimization of this process using digital technologies is proved.

*Keywords:* soil fertility, agrotechnological measures, productivity, modeling of fertilizer application.

Индустриализация повлекла за собой повышение урбанизации населения и, соответственно, расширение городских границ, что привело к сокращению площадей, которые могли быть использованы для производства сельскохозяйственной продукции. В связи с этим применение экстенсивных методов ведения сельского хозяйства постепенно теряет свою актуальность, а особенности местности некоторых регионов и вовсе исключают подобные методы. Несомненно, расширение сельскохозяйственных угодий относится к важной части развития АПК, но наиболее значимой составляющей является эффективность использования этих территорий.

Повышенная интенсивность использования почвы для выращивания разнообразных агрокультур быстро истощает ее ресурсы, способ-



ствуя ухудшению качества и количества продукции с каждым последующим урожаем. Поэтому применение удобрений в современных условиях ведения сельского хозяйства является неизбежным условием, от эффективности которого зависит множество аспектов поддержания конкурентоспособности не только на внутреннем, но и на внешнем рынке.

Существует несколько основных групп минеральных удобрений: гранулированные, водорастворимые и жидкие. Несмотря на различные положительные и отрицательные стороны каждой группы удобрений, их эффективность во многом определяет метод, с помощью которого проводится внесение самих удобрений. Гранулированные удобрения вносятся преимущественно разбрасыванием, а жидкие и водорастворимые – опрыскиванием. Но эти методы объединяет одна основная проблема – скопление питательных веществ на поверхности почвы.

Так как большая часть питательных элементов остается на поверхности, а их проникновение вглубь почвы во многом зависит от дополнительных факторов (дождь, орошение и т.п.), эффективность подкормки значительно снижается не только за счет концентрации питательных веществ в верхних слоях, но и за счет провоцирования роста корневой системы «вверх». Это влечет за собой недостаточное укоренение культуры вглубь почвы и сокращение количества поступающих питательных элементов.

Решением данной проблемы может послужить набирающий популярность метод внесения непосредственно в прикорневую зону растения. Этот метод основан на подаче удобрений в жидкой фазе на заданную глубину близ корневой системы агрокультуры, что позволяет решить ряд проблем, связанных с опрыскиванием, например: потери вещества вследствие уноса ветром или испарении, неравномерность распределения рабочего раствора по площади, а также ожоги растений из-за несоблюдения ряда погодных условий. При поступлении удобрений непосредственно к корневой системе, минует стадия «обратного» роста корней к поверхности, что позволяет культуре получить необходимые вещества и глубже укорениться.

В теплицах, где установлены стационарные системы подвода питательных веществ к растениям, широко используются цифровые системы управления данным процессом. В настоящее время актуализируется проблема цифрового моделирования работы мобильных

систем для внесения удобрений и создание соответствующих видов техники.

Улучшение поступления необходимых питательных элементов к выращиваемым культурам значительно повышает эффективность использования посевных площадей, как за счет увеличения собираемого урожая с единицы площади, так и за счет повышения его качества, а также сокращения потерь рабочего вещества. Использование технических систем на основе данного метода замедляет истощение почвы и экономит средства на ее обработку.

### *Список использованных источников*

1. Романенко, А. В. Об информационных основах принятия решений при управлении хозяйствующим субъектом / А. В. Романенко, А. И. Попов, В. Л. Пархоменко // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – № 8. – С. 134 – 136.
2. Попов, А. И. Цифровизация в управлении инновациями в АПК / А. И. Попов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. научн. статей Междунар. научно-практ. конф. – Гродно, 2019. – С. 156–157.
3. Романенко, А. В. О системных основах управления в реальном секторе экономики / А. В. Романенко, А. И. Попов, В. Л. Пархоменко // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. – 2014. – № 2(31). – С. 28 – 35.

### *References*

1. Romanenko, A. V. On information bases of decision-making in the management of an economic entity / A. V. Romanenko, A. I. Popov, V. L. Parkhomenko // Science and business: ways of development. – 2013. – № 8. – Pp. 134 – 136.
2. Popov, A. I. Digitalization in innovation management in the agro-industrial complex / A. I. Popov // Modern agricultural production technology: collection of scientific. articles are not Included. scientific and practical Conf. – Grodno, 2019. – Pp. 156–157.
3. Romanenko, A. V. On system bases of management in the real sector of economy / A. V. Romanenko, A. I. Popov, V. L. Parkhomenko // Bulletin of the V. N. Tatishchev Volga state University. – 2014. – № 2(31). – P. 28 – 35.

**П. И. Селиванова, И. В. Иванова,  
А. И. Скоморохова, О. А. Зорина**  
(ФГОУ ВО «Тамбовский государственный технический  
университет», Тамбов, Россия, e-mail: 89204774110@mail.ru)

### **РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ВАРЕНИКОВ НА ОСНОВЕ КАРТОФЕЛЯ И ГРИБОВ «ВЕШЕНКА»**

*Аннотация.* Дается описание вареников и рассмотрена особенность их приготовления. Представлен химический состав грибов сорта «Вешенка», который обуславливает их употребление для поддержания здоровья всего организма. Обосновано использование вареников в качестве продукта функционального назначения, обогащенного биологически активными веществами. Предложена рецептура приготовления вареников с начинкой из картофеля и грибов сорта «Вешенка».

*Ключевые слова:* вареники, грибы сорта «Вешенка», экстрагирование, начинка.

**P. I. Selivanova, I. V. Ivanova,  
A. I. Skomorokhova, O. A. Zorina**  
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

### **DEVELOPMENT OF RECIPES FOR DUMPLINGS BASED ON POTATOES AND MUSHROOMS “OYSTER MUSHROOM”**

*Abstract.* The article describes the dumplings and discusses the peculiarities of their preparation. The chemical composition of mushrooms of the “Oyster mushroom” variety is presented, which determines their use to maintain the health of the whole organism. The use of dumplings as a functional product enriched with biologically active substances has been substantiated. A recipe for the preparation of dumplings stuffed with potatoes and mushrooms of the “Oyster mushroom” variety is proposed.

*Keywords:* dumplings, mushrooms of the “Oyster mushroom” variety, extraction, filling.

**Ведение.** Вареники – это национальное блюдо Украинской кухни из пресного отварного теста с различной начинкой. Особенность их приготовления состоит в том, чтобы тесто в готовом продукте было крепким и хорошо проваренным, но при этом нежным. Чаще всего вареники имеют форму, напоминающую полумесяц.

Многие задумываются о правильном питании, ассоциируя его со строгими диетами и жесткими ограничениями в еде. Но даже обычные продукты ежедневного рациона могут быть функциональными при правильном их подборе и приготовлении.

Так, при правильном выборе ингредиентов для теста и начинки, а также способа их переработки для добавления в готовую продукцию, вареники становятся полезными для обеспечения организма всеми необходимыми веществами.

Среди растительных начинок наиболее популярны: тыква, картофель, яблоки и вишня. Грибы также являются частым ингредиентом, используемым в качестве начинки, так как помимо вкусовых качеств, они обладают широким разнообразием витаминов и элементов, способствующих поддержанию здоровья человека. В таблице 1 представлены витамины, макро- и микроэлементы, входящие в состав грибов сорта «Вешенка» [1].

### 1. Химический состав грибов сорта «Вешенка»

Пищевое вещество	Содержание, мг/100 г
<b>Витамины</b>	
Витамин А	0,002
Бета Каротин	0,029
Тиамин	0,125
Рибофлавин	0,349
Холин	48,7
Пантотеновая кислота	1,294
Пиридоксин	0,11
Фолаты	0,038
Кальциферол	0,0007
Эргокальциферол	0,0007
Биотин	0,011
Витамин РР	4,956
Бетаин	12,1
<b>Микроэлементы</b>	
Алюминий	0,1805
Бор	0,0351
Ванадий	0,0017

Продолжение табл. 1

Пищевое вещество	Содержание, мг/100 г
Железо	1,33
Кобальт	0,00002
Марганец	0,113
Медь	0,244
Молибден	0,0122
Рубидий	0,0071
Селен	0,0026
Стронций	0,0504
Титан	0,0047
Фтор	0,0239
Хром	0,0127
Цинк	0,77
Макроэлементы	
Калий	420
Кальций	3
Кремний	0,2
Магний	18
Натрий	18
Сера	33,1
Фосфор	120
Хлор	17

Как видно из табл. 1, в грибах «Вешенка» содержатся витамины, обуславливающие их полезные свойства. Например, рибофлавин (витамин В<sub>2</sub>) участвует в окислительно-восстановительных реакциях, повышает восприимчивость цвета зрительным анализатором. Пантотеновая кислота (витамин В<sub>5</sub>) участвует в белковом, жировом, углеводном обмене, обмене холестерина, синтезе ряда гормонов, гемоглобина, способствует всасыванию аминокислот и сахаров в кишечнике, поддерживает функцию коры надпочечников. Биотин (витамин Н) участвует в синтезе жиров, гликогена, метаболизме аминокислот. Витамин РР участвует в окислительно-восстановительных реакциях энергетического метаболизма.

Макроэлементы, входящие в состав грибов сорта «Вешенка», также выполняют не менее важные функции для организма. Калий является основным внутриклеточным ионом, принимающим участие в регуляции водного, кислотного и электролитного баланса, участвует в процессах проведения нервных импульсов, регуляции давления. Фосфор принимает участие во многих физиологических процессах, включая энергетический обмен, регулирует кислотно-щелочного баланса, входит в состав фосфолипидов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот, необходим для минерализации костей и зубов. Медь входит в состав ферментов, обладающих окислительно-восстановительной активностью и участвующих в метаболизме железа, стимулирует усвоение белков и углеводов. Участвует в процессах обеспечения тканей организма человека кислородом.

**Цель работы** заключается в разработке рецептуры приготовления вареников с картофелем и экстрактом и жомом грибов сорта «Вешенка».

**Методы и методика.** Важным этапом создания начинки из грибов является их сушка и экстрагирование, которые осуществляются в соответствии с литературой [2 – 4]. Для осуществления процесса сушки применяется двухступенчатая конвективно-вакуумная сушка (ДКВИС) [5], после чего проводится экстрагирование на вакуумно-импульсной экстракционной установке (УВЭУ) [6].

**Результаты и их обсуждение.** Для приготовления вареников необходимо отварить предварительно очищенный от кожуры картофель, добавить 20 г масла сливочного и приготовить пюре. Измельченные грибы сорта «Вешенка» обжариваются на растительном масле, затем смешиваются с пюре, после чего необходимо добавить соль и специи. Тесто раскатывается в пласт, с помощью выемки ему придается форма, на середину выкладывается фарш, затем вареники защепляются. Масса одного изделия должна быть около 12 – 13 г. Сформированные вареники укладываются в ровные ряды на поддон. Соединение вареников не допустимо.

Количество нутриентов, входящих в состав вареников с картофелем и грибами, представлено в табл. 2.

## 2. Пищевая ценность продукта на 100 грамм

Нутриент	Количество
Калорийность	210 кКал
Белки	6 г
Жиры	7 г
Углеводы	30 г



**Рис. 1. Вареники ручной лепки**

Кроме того, тесто также можно разнообразить путем добавления в него порошков из растительного материала, различных экстрактов и соков овощей. Готовый продукт представлен на рис. 1.

Для того чтобы извлечь максимальное количество полезных компонентов, содержащихся в грибах, предлагается добавлять в тесто водный экстракт, а в качестве начинки использовать оставшийся после экстрагирования жом. Это позволит обогатить вареники биологически активными веществами и расширить ассортимент продукции функционального назначения.

**Заключение.** В работе рассмотрены полезные свойства грибов сорта «Вешенка» и обусловлено их применения в качестве ингредиента для приготовления вареников функционального назначения.

В целях сохранения наибольшего количества биологически активных веществ и обогащения ими готового продукта предложено добавление водного экстракта грибов как добавку в тесто, а оставшийся после экстрагирования жом использовать в качестве начинки.

#### ***Список использованных источников***

1. Мой здоровый рацион [Электронный ресурс]. – URL : <https://health-diet.ru>, свободный.
2. Попова, И. В. Совершенствование технологии и средств сушки овощного сырья : автореф. дис. ... канд. техн. наук: специальность 05.20.01 / И. В. Попова. – Мичуринск, 2009. – 18 с.

3. Инновационные технологии сушки растительного сырья / Ю. Г. Скрипников, М. А. Митрохин, Е. П. Ларионова, Ю. В. Родионов, А. С. Зорин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского – 2012 – № 3(41) – С. 371 – 376.

4. Гуськов, А. А. Совершенствование технологии и технических средств экстрагирования растворимых веществ из растительного сырья : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. А. Гуськов. – Мичуринск, 2019. – 16 с.

5. Энергоэффективность двухступенчатой сушки растительного сырья / В. Б. Воробьев, А. М. Климов, Ю. В. Родионов и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2011. – № 3(34). – С. 361 – 365.

6. Технологическая линия по производству экстрактов из растительного сырья / А. А. Гуськов, Ю. В. Родионов, С. А. Анохин и др. // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 2. – С. 82 – 85.

### *References*

1. Moj zdravnyj racion [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : <https://health-diet.ru, svobodnyj>.

2. Popova, I. V. Sovershenstvovanie tehnologii i sredstv sushki ovoshhnogo syr'ja: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni k.t.n.: special'nost' 05.20.01 / Popova Irina Viktorovna. – Michurinsk, 2009. – 18 p.: il.

3. Innovacionnye tehnologii sushki rastitel'nogo syr'ja / Ju. G. Skripnikov, M. A. Mitrohin, E. P. Larionova, Ju. V. Rodionov, A. S. Zorin // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo – 2012. – № 3(41) – P. 371 – 376.

4. Gus'kov, A. A. Sovershenstvovanie tehnologii i tehniceskikh sredstv jekstragirovanija rastvorimyh veshhestv iz rastitel'nogo syr'ja: Aftoref. diss. kand. tehn. nauk. – Michurinsk, 2019. – 16 p.

5. Jenergojefektivnost' dvuhstupenchatoj sushki rastitel'nogo syr'ja / V. B. Vorob'ev, A. M. Klimov, Ju. V. Rodionov, V. A. Preobrazhenskij, D. V. Skvorcov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. 2011. – № 3(34). – P. 361 – 365.

6. Tehnologicheskaja linija po proizvodstvu jekstraktov iz rastitel'nogo syr'ja / A. A. Gus'kov, Ju. V. Rodionov, S. A. Anohin, I. A. Elizarov, V. N. Nazarov, D. V. Nikitin // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2019. – № 2. P. 82 – 85.



**А. Е. Соловченко, Е. Н. Ткачев, Е. М. Цуканова,  
Б. М. Шурыгин, С. С. Хрущев, И. В. Конюхов, В. В. Птушенко**  
(Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина,  
Лаборатория технологий точного садоводства, Мичуринск, Россия,  
e-mail: solovchenko@mail.bio.msu.ru;  
МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия)

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ  
ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ПЕРИОД ЗИМНЕГО ПОКОЯ  
И ЕЕ НЕИНВАЗИВНЫЙ МОНИТОРИНГ**

*Аннотация.* Обсуждается проблема неинвазивного мониторинга прохождения периода покоя у древесных растений и важность ее решения для интенсивного садоводства. Рассматривается возможность применения регистрации переменной флуоресценции хлорофилла для решения этой проблемы.

*Ключевые слова:* покой, физиологический покой, вынужденный покой, флуоресценция хлорофилла, нефотохимическое тушение.

**A. E. Solovchenko, E. N. Tkachyov, E. M. Tsukanova,  
B. M. Shurygin, S. S. Khrushchev, I. V. Konyukhov, V. V. Ptushenko**  
(Federal Research Center Named After I. V. Michurin,  
Laboratory of Technologies for Precision Horticulture,  
Michurinsk, Russia;  
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia)

**PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF WOODY PLANTS  
DURING THEIR WINTER DORMANCY  
AND ITS NON-INVASIVE MONITORING**

*Abstract.* The problem of non-invasive monitoring of the dormant period in woody plants and the importance of its solution for intensive horticulture are discussed. The possibility of using variable chlorophyll fluorescence to solve this problem is considered.

*Keywords:* dormancy, endodormancy, ecodormancy, chlorophyll fluorescence, non-photochemical quenching.

Одной из ключевых адаптаций для выживания в холодное время года является период покоя (dormancy), характеризующийся минимальной интенсивностью жизнедеятельности растений [1, 2]. Состоя-

нием покоя считается неактивное состояние меристем и(или), способных к росту органов, в котором рост не возобновляется даже в благоприятных условиях до тех пор, пока это состояние не будет изменено сигналами окружающей среды. В покое растения характеризуются высокой толерантностью к действию неблагоприятных факторов среды. Таким образом, согласованная с сезонными изменениями климата ритмика вхождения в покой и выхода из него, обеспечивает максимальную сохранность тканей побегов, вегетативных и генеративных и почек в холодное время года.

Период зимнего покоя принято делить на три фазы, наиболее выраженные у растений умеренного климатического пояса. Вначале растения вступают в фазу предварительного покоя (предпокоя, *predormancy*). В период предварительного покоя завершаются генетические, физиолого-биохимические и морфологические перестройки, увеличивающие стресс-толерантность растения, подробнее описанные ниже. Предварительный покой переходит в физиологический или глубокий покой (*endo-dormancy*), препятствующий росту даже в благоприятных условиях. При этом толерантность к действию неблагоприятных условий среды увеличивается до максимума, у листопадных видов наблюдается осеннее старение и опадение листьев. Под действием низких температур в холодное время года растения переходят из глубокого покоя в состояние вынужденного покоя (*eco-dormancy*), в котором рост сдерживается только неблагоприятными климатическими условиями. Точные механизмы поддержания покоя неизвестны. По наступлении теплого сезона возобновляется рост, стресс-толерантность снижается до уровня, предшествующего вступлению в покой.

Пристальное внимание исследователей к явлению зимнего покоя обусловлено практической важностью этого явления для растениеводства, в особенности плодоводства в регионах с неблагоприятными климатическими условиями (в так называемых зонах рискованного садоводства). С одной стороны, критически важно поддержание покоя в период нестабильных температур и в межсезонье, поскольку преждевременно вышедшие из покоя растения уязвимы для холодового повреждения. С другой стороны, глобальное потепление приводит к риску недостаточности холодового воздействия и, как следствие, к нарушению ритмики прохождения фенологических фаз. Данная проблема стала особенно актуальной в последние годы в связи с учащением

ем флуктуаций гидротермического режима садов, вызывающих аномальное протекание периода покоя у плодовых растений [2]. Понимание закономерностей влияния резких изменений климатических условий на состояние растений при вступлении в период покоя, в покое и при выходе из него позволило бы спланировать меры по смягчению негативных последствий этих явлений. Эта проблема особенно остра в нынешнюю эпоху климатической нестабильности.

В этой связи актуально определение тенденций изменения ритмики прохождения периода покоя и вероятности раннего цветения в период, когда высок риск заморозков. Не менее важен и подбор сортов с адекватным местным климатическим условиям уровнем зимостойкости (а значит, и объективная количественная, но при этом неинвазивная оценка зимостойкости). Для решения этой задачи оптимальны высокопроизводительные неинвазивные экспресс-методы. К таковым относится метод регистрации и анализа амплитудно-кинетических характеристик переменной флуоресценции хлорофилла (РАМ-флуориметрии), широко применяемый при высокопроизводительном фенотипировании растений [3]. Предварительные исследования показали техническую осуществимость измерений индукционных кривых флуоресценции хлорофилла а (ФХ) фотосистемы II, была охарактеризована сезонная динамика фотосинтетической активности хлорофиллоносных тканей побегов дикорастущих и культурных древесных растений [3].

Последние достижения в технике регистрации и теории анализа сигналов ФХ открывают новые потенциальные возможности для мониторинга ритмики и глубины зимнего покоя. Возможность размещения множества автономных датчиков ФХ, связанных в вычислительное «облако» через беспроводные телекоммуникационные каналы, позволяет вести мониторинг состояния растений в покое с беспрецедентным временным разрешением как в природных, так и в антропогенных экосистемах.

Основные проблемы применения данной методики в настоящее время связаны с недостаточным пониманием фундаментальных механизмов зимнего покоя и отсутствия независимых методов, позволяющих оперативно оценивать статус покоя растений. По-прежнему нет четкого метода критерия для выявления перехода растений от глубокого покоя к вынужденному, не ясно даже, является ли этот переход плавным или дискретным. До сих пор для этой цели применяют, в ос-

новном, традиционные методики (отращивание срезанных побегов, анатомо-гистохимические методы). Перспективным для решения этой задачи подходом можно признать использование состояния ФСА молодых побегов. Оно может служить «внутренним зондом», отражающим метаболическую активность тканей, по всей видимости, связанную с глубиной покоя растений.

Очевидна необходимость дополнительных исследований для выявления связей между различными проявлениями покоя на морфологическом, генетическом и физиолого-биохимическом уровнях (включая регуляцию диссипации поглощенной энергии света в ФСА). В частности, необходимы критерии, позволяющие отличать картину сравнительно долговременной индукции фотозащитных механизмов (NPQ) при вхождении в покой от «оперативной» акклимации к действию стрессоров, таких как свет высокой интенсивности и(или) низкие температуры. В этой связи важна проблема выбора наиболее информативных параметров ФХ, отражающих статус покоя растений.

#### ***Список использованных источников***

1. Withers, P. Dormancy / P. Withers, C. Cooper // Encyclopedia of ecology / Ed. Fath B. D. Elsevier, 2018. – P. 309.
2. Luedeling, E. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review / E. Luedeling // Sci. Hort., 2012. – V. 144. – P. 218.
3. Феномика растений: фундаментальные основы, программно-аппаратные платформы и методы машинного обучения / В. В. Демидчик, А. Ю. Шашко, В. Ю. Бондаренко и др. // Физиология растений. – 2020. – Т. 67. – С. 227.

#### ***References***

1. Wither, P. Dormancy / P. Withers, C. Cooper. Encyclopedia of ecology. Ed. Fath B. D. – Elsevier, 2008. – P. 952 – 957.
2. Luedeling, E. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review / E. Luedeling. // Sci. Hort., 2012. – V. 144. – P. 218 – 229.
3. Demidchik V. V., Shashko A. Y., Bandarenka U. Y. et al. Plant Phenomics: Fundamental Bases, Software and Hardware Platforms, and Machine Learning. Russ. J. Plant Physiol. 2020. – V. 67. – P. 397 – 412.

**И. Н. Ищук, Б. К. Тельных, В. Н. Тяпкин**  
(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора  
Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия,  
e-mail: boerby76@mail.ru, bogdanfm0508@yandex.ru;  
ФГБОУ ВО «Сибирский Федеральный Университет»,  
Красноярск, Россия)

**РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА БЕСПИЛОТНОГО  
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ЗАДАЧАХ ВОЗДУШНОГО  
МОНИТОРИНГА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЛУБОКОГО  
ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ**

*Аннотация.* Рассмотрен способ решения задачи расчета оптимального маршрута для беспилотных летательных аппаратов с применением глубокого обучения нейронных сетей с подкреплением. Дана краткая характеристика и математическая модель данного способа.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, глубокое обучение, задача оптимизации, обучение нейронных сетей с подкреплением.

**I. N. Ishchuk, B. K. Telnykh, V. N. Tyapkin**  
(Military Educational and Scientific Center of the Air Force  
“Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky  
and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia;  
Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia)

**CALCULATION OF THE OPTIMAL ROUTE  
FOR AN UNMANNED AERIAL VEHICLE IN  
AIR MONITORING TASKS USING DEEP  
REINFORCEMENT LEARNING**

*Abstract.* A method for solving the problem of calculating the optimal route for unmanned aerial vehicles using deep learning of neural networks with reinforcement is considered. A brief description and mathematical model of this method is given.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, deep learning, optimization problem, reinforcement learning.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в последнее время привлекают внимание исследователей из-за широкого разнообразия их применения. Однако современные технологии навигации БПЛА нуж-

даются в доработке для их эффективного выполнения задач в различных сферах, в том числе и в задачах воздушного мониторинга. Одним из ключевых вопросов является способность их прогнозировать и обходить препятствия. Такая возможность необходима для обеспечения безопасности полетов БПЛА.

Существует множество методов расчета оптимального маршрута полета для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для навигации их в трехмерном пространстве, заполненном препятствиями, которые формулируют расчет маршрута полета как задачу оптимизации. Общий процесс для алгоритмов расчета оптимальной траектории и маршрута полета начинается с разбиения полетной зоны на вычислительные области с использованием таких методов, как тесселяция области, матричная декомпозиция или их комбинирование. Эти структуры данных помогают в создании возможных траекторий БПЛА. После генерации траектории, из-за разрешения вычислительной области, генерируемые траектории требуют процесса сглаживания траектории, которую может пройти БПЛА.

Задача расчета оптимальной траектории (маршрута) относится к классу недетерминированных сложных задач полиномиального времени, которые обычно решаются для реальных условий путем принятия некоторых допущений для снижения сложности до уровня задач полиномиального времени. Предполагается, что область ведения воздушного мониторинга тесселируется в ряд регулярных сеток, и цель алгоритма расчета оптимального маршрута состоит в том, чтобы найти свободный от естественных и искусственных препятствий кратчайший путь от начальной до конечной точки.

Модель глубокого обучения с подкреплением состоит из пяти элементов:

1.  $S$  как множество состояний.
2.  $A$  как совокупность действий.
3. Условия или механизм перехода между состояниями.
4. Определение скалярного вознаграждения перехода.
5. Метод наблюдения за агентами.

Методику глубокого обучения нейронных сетей с подкреплением (с представлением таблицы поиска) можно рассматривать как метод решения уравнения Беллмана с использованием стохастической аппроксимации. Максимизация суммы функции подкрепления соответствует рациональному распределению как цели БПЛА.

Пусть  $S$  – множество всех возможных состояний, а  $A$  – множество всех действий. Действие  $\alpha_t$  БПЛА дает реальную отдачу  $r_t$ . Цель обучения с подкреплением – получение стратегии  $\pi : S \rightarrow A$ , которая макси-

мизирует эту отдачу. Чтобы узнать значения  $Q$  (которые сопоставляют состояние с действием), обучение проводится на основе немедленного возврата и долгосрочного возврата действия, как представлено в уравнении (1):

$$Q(s, a) = r(s, a) + \gamma \max_a Q(\delta(s, a), a). \quad (1)$$

В этом методе, используя вероятностные модели процессов, такие как Марковский процесс принятия решений, БПЛА многократно наблюдает текущее состояние  $s$ , выбирает и выполняет определенное действие  $a$ , наблюдает возвращенный результат  $r = r(s, a)$  и новое состояние  $s = \delta(s, a)$ . Любое действие  $a$  можно найти с помощью уравнения (2):

$$a = \arg \max_a r(s, a) + Q(\delta(s, a), a), \quad (2)$$

Таким образом, в работе представлен способ решения задачи расчета оптимального маршрута полета БПЛА с применением технологии глубокого обучения нейронных сетей с подкреплением для автономного принятия решений и управления беспилотными летательными аппаратами в целях обеспечения безопасной эксплуатации БПЛА в задачах воздушного мониторинга.

*Работа выполнена по гранту РФФИ № 18-08-00053 А.*

#### **Список использованных источников**

1. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения : монография / под ред. Ю. Л. Козирацкого. – М. : Радиотехника, 2013. – 232 с.
2. Оре, О. Графы и их применение / О. Оре. – М. : Мир. 1965. – 175 с.
3. Chen, C. Hybrid control for robot navigation a hierarchical Q-learning algorithm, *Robot. Autom. Mag.* / C. Chen, H.-X. Li and D. Dong. – 15(2). – 2008. – P. 37 – 47.
4. Goerzen, C. A survey of motion planning algorithms from the perspective of autonomous UAV guidance, *Journal of Intelligent and Robotic Systems* / C. Goerzen, Z. Kong and B. Mettler. – 57(1 – 4). – 2010. – P. 65 – 100.
5. Tsitsiklis, J. N. Asynchronous stochastic approximation and Q-learning, *Machine Learning* / J. N. Tsitsiklis. – 16(3). – 1994. – P. 185 – 202.
6. Zhang, Q. Reinforcement learning in robot path optimization, *J. Softw* / Q. Zhang, M. Li, X. Wang and Y. Zhang. – 7(3). – 2012. – P. 657 – 662.

### **References**

1. Models of information conflict between search and detection tools. Monograph / Under the editorship of J. L. Kozirazky. – M. : Radio Engineering, 2013. – 232 p.
2. Ore, O. Graphs and their uses. – Moscow : Mir. 1965. – 175 p.
3. Chen, C. Hybrid control for robot navigation a hierarchical Q-learning algorithm, Roboti. Autom. Mag. / C. Chen, H.-X. Li and D. Dong. – 15(2). – 2008. – P. 37 – 47.
4. Goerzen, C. A survey of motion planning algorithms from the perspective of autonomous UAV guidance, Journal of Intelligent and Robotic Systems / C. Goerzen, Z. Kong and B. Mettler. – 57(1 – 4). – 2010. – P. 65 – 100.
5. Tsitsiklis, J. N. Asynchronous stochastic approximation and Q-learning, Machine Learning / J. N. Tsitsiklis. – 16(3). – 1994. – P. 185 – 202.
6. Zhang, Q. Reinforcement learning in robot path optimization, J. Softw / Q. Zhang, M. Li, X. Wang and Y. Zhang. – 7(3). – 2012. – P. 657 – 662.

УДК 681.5

**П. С. Теплякова, Т. В. Штыркина,  
Е. С. Дергунова, Е. Н. Калмыкова**

(ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,  
Металлургический институт, кафедра химии, Липецк, Россия)

### **СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РУТИНА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ**

*Аннотация.* Исследованы образцы аптечных препаратов – спиртовые экстракты сабельника, боярышника, пустырника и календулы для оценки содержания рутина в каждом из них.

*Ключевые слова:* флавоноиды, рутин, спектрофотометрия, спиртовые экстракты.

**P. S. Teplyakova, T. V. Shtyrkina, E. S. Dergunova, E. N. Kalmykova**  
(Lipetsk State Technical University, Metallurgical Institute,  
Department of Chemistry, Lipetsk, Russia)

### **SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF ROUTINE IN WATER SOLUTIONS**

*Abstract.* Samples of pharmaceutical preparations (alcohol extracts of cinquefoil, hawthorn, motherwort, and calendula) were studied to assess the content of routine in each of them.

*Keywords:* flavonoids, routine, spectrophotometry, ethanolic extracts.



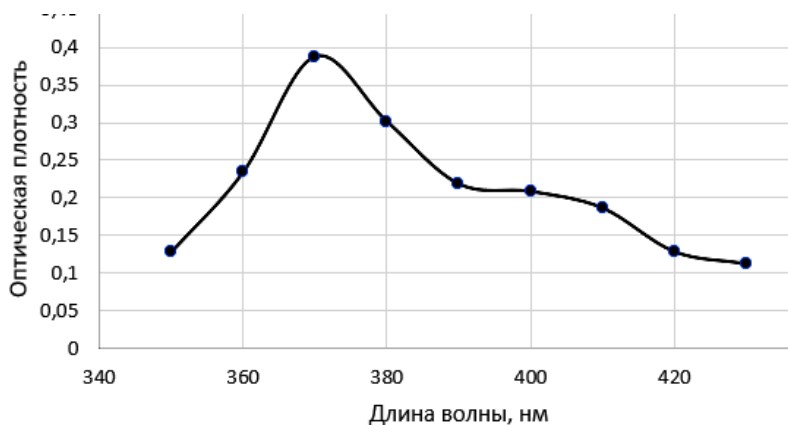
В настоящее время на фармацевтическом рынке РФ имеется целый ряд лекарственных средств, которые обладают способностью повышать устойчивость кровеносных сосудов. Большинство растительных лекарственных препаратов, которые рекомендуются для лечения заболеваний сердца и сосудов, продолжают поступать из-за рубежа (Германия, Польша, Украина и другие страны). Для лечения сосудистых заболеваний в медицине успешно применяются лекарственные растения, которые содержат флавоноиды [1], ярким представителем которых является рутин.

На сегодняшний день основным источником получения рутина в промышленности являются бутоны софоры японской, однако промышленная сырьевая база указанного растения в РФ отсутствует. Потребность в данном препарате удовлетворяется за счет импорта (Бразилия, Германия, Китай), что невыгодно с экономической точки зрения. На наш взгляд, перспективным отечественным источником рутина и кверцетина могут являться ценные растительные культуры в РФ, например, такие, как боярышник, календула, пустырник, сабельник, рябина красная и черноплодная, черника.

Цель проводимого исследования: спектрофотометрическое определение рутина водных растворов спиртовых экстрактах боярышника, календулы, сабельника и пустырника для того, чтобы расширить сырьевую базу для получения рутина в РФ.

В качестве объектов исследования использованы аптечные препараты: спиртовой экстракт календулы, боярышника, пустырника и сабельника. Метод основан на спектрофотометрическом определении оптической плотности комплексов, образующихся при взаимодействии флавоноидов, входящих в состав исследуемых объектов, с хлоридом алюминия. В качестве стандарта использовали ГСО рутина. Для выбора эффективной длины волны использовали раствор рутина (концентрация 125 мкг/мл) и регистрировали аналитический сигнал спектрофотометра (оптическую плотность) при различных длинах волн (рисунок).

После выбора эффективной длины волны (370 нм) был построен градуировочный график с использованием растворов рутина фиксированных концентраций: 125 мкг/мл, 100 мкг/мл, 75 мкг/мл, 50 мкг/мл, 25 мкг/мл. Полученные данные позволили установить линейный диапазон определяемых концентраций от 0 до 125 мкг/мл. В таблице приведены значения оптической плотности растворов в исследуемых образцах, а также содержание рутина, посчитанное по уравнению зависимости оптической плотности от концентрации.



#### Зависимость оптической плотности от длины волны

В результате выполненного исследования осуществлен количественный анализ водно-спиртовых растворов спектрофотометрическим методом и определено содержание рутина в экстрактах боярышника: 0,0016 мг/мл (1,3 мг/100 г), пустырника 0,0098 мг/мл (8,02 мг/100 г), календулы 0,0054 мг/мл (4,42 мг/100 г).

#### Содержание рутина в растениях ( $n = 3$ ; $P = 0,95$ )

Исследуемый образец	Номер опыта	Оптическая плотность	Содержание рутина, мкг/мл
Экстракт календулы (образец 1)	1	0,0227	5,31
	2	0,0230	5,42
	3	0,0225	5,19
	Среднее	0,0227	5,29
Экстракт боярышника (образец 2)	1	0,0123	1,93
	2	0,0124	1,97
	3	0,0128	2,09
	Среднее	0,0125	1,99
Экстракт пустырника (образец 3)	1	0,0367	9,81
	2	0,0369	9,89
	3	0,0372	10,1
	Среднее	0,0369	9,93

Показано, что в календуле, пустырнике и боярышнике содержатся флавоноиды, однако их содержание значительно ниже, чем в софоре японской, поэтому необходимо продолжать поисковые исследования для расширения промышленной сырьевой базы флавоноидов.

#### **Список использованных источников**

1. Попова, О. И. Количественное определение суммы флавоноидов в траве шалфея мучнистого (*Salvia farinacea* benth.) / О. И. Попова, А. С. Никитина, Е. А. Азрякова // Фармация и фармакология. – 2016. – Т. 4, № 1(14). – С. 10 – 15.

#### **References**

1. Popova, O. I. Quantitative determination of the amount of flavonoids in the herb of *Salvia farinacea* benth / O. I. Popova, A. S. Nikitina, E. A. Azryakova // Pharmacy & Pharmacology. – 2016. – V. 4, No. 1(14). – P. 55 – 65. (In Russ.)

УДК 681.2

**И. А. Елизаров, В. Н. Назаров, А. А. Третьяков**  
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный  
технический университет», Тамбов, Россия,  
e-mail: tsasha74@mail.ru)

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ» В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ**

*Аннотация.* Рассматриваются возможности применения элементов «интернета вещей» для мониторинга и управления микроклиматом в фрукто- и овощехранилищах.

*Ключевые слова:* микроклимат, «интернет вещей», беспроводные технологии связи, LPWAN, дистанционный мониторинг, автоматизированная система управления.

**I. A. Elizarov, V. N. Nazarov, A. A. Tret'yakov**  
(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

### **THE USE OF ELEMENTS OF THE “INTERNET OF THINGS” IN CLIMATE CONTROL SYSTEMS**

*Abstract.* The article discusses the possibilities of using elements of the “Internet of Things” for monitoring and controlling the microclimate in fruit and vegetable stores.

*Keywords:* microclimate, internet of things, wireless communication technologies, LPWAN, remote monitoring, automated control system.

Обеспечение комфортных условий хранения сельскохозяйственной продукции невозможно без внедрения автоматизированной системы мониторинга и управления микроклиматом, построенной на базе современных программных и технических средств автоматизации и управления. Использование цифровых технологий в сельском хозяйстве и «интернета вещей» (IoT) должно обеспечить автономный и непрерывный режим поддержания микроклимата в фрукто- и овощехранилищах насыпного и контейнерного типа, а также оптимальные условия хранения при минимальном потреблении электроэнергии [1, 2].

Система мониторинга и управления микроклиматом принимает информацию с датчиков (температуры, влажности и др.) о текущем состоянии микроклимата в хранилище и управляет всем необходимым технологическим оборудованием: клапанами, заслонками, вентиляторами, калориферами, дозаторами.

Достаточно часто во фрукто- и овощехранилищах применение проводных датчиков не представляется возможным из-за необходимости проводить измерения в большом количестве точек объема хранимого продукта. При использовании кабельных линий сильно осложняется непосредственный доступ персонала к хранимому продукту, что делает практически невозможным оперативное вмешательство в ход процесса хранения. В подобных случаях целесообразно использовать беспроводные сетевые технологии IoT для передачи информации с датчиков в управляющий промышленный программируемый логический контроллер (ПЛК) с последующей передачей обработанной информации в автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора-технолога [3]. При этом крайне желательно, чтобы датчики имели автономное питание и работали бы без замены питания несколько лет.

С помощью таких беспроводных датчиков операторы-технологи смогут получать точные данные в режиме реального времени с хранилищ, в которых они установлены. На основании полученных сведений система управления сможет принимать ключевые решения по обеспечению оптимальных комфортных условий хранения сельскохозяйственной продукции. Организованный подобным образом круглосуточный доступ ко всей необходимой информации сводит к минимуму многочисленные риски и позволяет оператору принимать более точные решения.

С развитием промышленного «интернета вещей» все больше устройств оснащается стандартными сетевыми протоколами. Таким образом, становится возможным самостоятельная обработка данных оборудованием, взаимодействие между устройствами на низовом уровне и обращение к централизованной системе, управляемой только по необходимости.



**Рис. 1. Технологии беспроводной связи**

В последние 20 лет возникло множество беспроводных стандартов и сетей, отвечающих требованиям постоянно растущего объема передачи данных между людьми — GSM, GPRS, 3G, LTE, Wi-Max, Wi-Fi, ZegBee (рис. 1).

Сравнительно недавно разработана новая технология, связанная главным образом с потребностями межмашинного общения и передачей данных в рамках концепции «интернета вещей».

LPWAN (Low-power Wide-area Network) – новый тип беспроводных сетей, разработанный для передачи данных телеметрии различных устройств, сенсоров, датчиков и приборов учета на дальние расстояния.

Одной из самых распространенных LPWAN-сетей в мире является сеть на базе технологии LoRa – сети LoRaWAN. Именно эта технология была выбрана в качестве основной коммутационной технологии в системе управления микроклиматом (рис. 2).

LoRaWAN-сеть использует топологию «звезда», где каждое устройство взаимодействует с базовой станцией напрямую.

Устройство с LoRaWAN-модулем передает данные по радиоканалу на базовую станцию. Станция принимает сигналы от всех устройств в радиусе своего действия, обрабатывает и передает на удаленный сервер, используя доступный канал связи (например, Ethernet).

Полученные на сервере данные используются для отображения, анализа, построения отчетов и принятия решений. Управление устройствами происходит с использованием обратного канала связи.

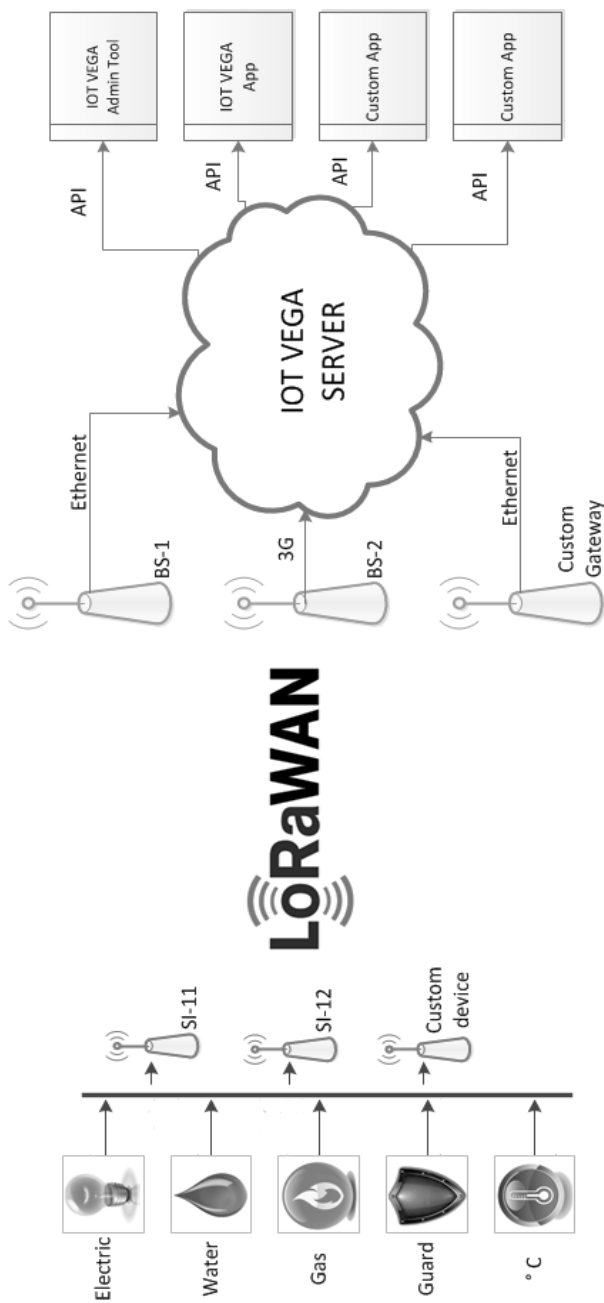


Рис. 2. LoRaWAN как реализация LPWAN

Для передачи данных по радиоканалу применяется нелицензируемый спектр частот, разрешенных к свободному использованию в регионе построения сети (например, 864-865 МГц).

Выбор технологии LoRa для использования в системе управления обусловлен ее уникальными особенностями [2]:

- бóльшая дальность передачи радиосигнала по сравнению с другими беспроводными технологиями, используемыми для телеметрии. Благодаря высокой чувствительности приемника и применению модуляции LoRa обеспечивается устойчивая связь на расстоянии до 5 км в городских условиях при плотной застройке и до 15 км в зоне прямой видимости;

- низкое электропотребление. Оконечное устройство (например, датчик) может работать до 10 лет от одной батареи емкостью 3400 mAh благодаря сверхбыстрому переходу из режима сна и обратно и низкому энергопотреблению в режимах приема и передачи данных;

- защита данных. Безопасность протокола LoRaWAN гарантируется следующими условиями: 64-разрядный уникальный номер устройства [EUI 64], 128-разрядный сетевой ключ соединения [AES 128], 128-разрядный сетевой ключ приложения [AES 128];

- масштабируемость. Один шлюз (базовая станция) может обслуживать до 5 тысяч конечных узлов на каждый км<sup>2</sup>, а топология типа «звезда» без использования повторителей позволяет легко наращивать сеть.

При выборе оборудования, поддерживающего технологию LoRa, для построения системы управления микроклиматом было отдано предпочтение продукции отечественного производителя – компании «Вега-Абсолют», г. Новосибирск.

Основной профиль компании – производство оборудования и ПО в рамках реализации концепции «Умный город». В первую очередь, построение автоматизированных систем безопасности и систем коммерческого учета воды, газа, электроэнергии в рамках управляющей компании, жилищного комплекса, микрорайона, города в целом.

Номенклатура продукции включает:

- базовые станции;
- датчики температуры;
- конвертеры-радиомодемы LoRa (4...20mA, RS232, RS485, M-bus);
- счетчики импульсных сигналов;
- охранные датчики, датчики движения;
- датчики дыма, пожарные извещатели;
- приборы учета (водяные, газовые счетчики, электросчетчики).

В пилотном проекте, использующем элементы IoT для мониторинга и управления микроклиматом в фрукто- и овощехранилищах, задействовано следующее оборудование компании «Вега-Абсолют».

– для измерения температуры воздуха и хранимого продукта – датчик температуры с LoRaWAN-протоколом – ТД-11;

– для измерения влажности воздуха в хранилище использовались датчики с выходным сигналом 4...20 мА, которые подключались к LoRaWAN-конвертеру ТП-11. Устройство ТП-11, помимо передачи в сеть LoRaWAN сигналов датчиков с интерфейсом 4...20 мА, имеет также два дискретных выхода типа «открытый коллектор» и может использоваться в качестве устройства управления. Кроме того, устройство имеет два охранных входа.

– измерение количества воды для обеспечения заданной влажности в хранилище осуществляется тахометрическим счетчиком жидкости с импульсным выходным сигналом и счетчиком импульсов ВЕГА СИ-12. Счетчик СИ-12 также имеет два дискретных выхода типа «открытый коллектор» и может использоваться в качестве устройства управления.

– базовая станция БС-2 предназначена для разворачивания сети LoRaWAN на частотах диапазона 863...870 МГц. Питание базовой станции и сообщение с сервером осуществляется через канал Ethernet, кроме того, сообщение с сервером может осуществляться через канал 3G.

Автоматизированное рабочее место оператора-технолога строится на базе отечественной SCADA-системы MasterSCADA.

### *Список использованных источников*

1. Индустриальный «Интернет вещей». Перспективы российского рынка. – URL : [URL:www.rostelecom.ru/projects/IoT/study\\_IDC.pdf](http://www.rostelecom.ru/projects/IoT/study_IDC.pdf).

2. Применение технологии LORA в интенсивном садоводстве / М. Н. Краснянский, И. А. Елизаров, А. А. Третьяков, Д. Ю. Муромцев, А. А. Завражнов // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. ст. – 2018. – С. 16 – 18.

3. Мырзабекова, А. М. Обзор современных систем для хранения зерновых культур / А. М. Мырзабекова // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VI научно-практической конференции. – Томск : Изд-во ТПУ, 2015. – С. 95 – 101.

### *References*

1. Industrial'nyj Internet veshchej. Perspektivy rossijskogo rynka. Rezhim dostupa: [URL:www.rostelecom.ru/projects/IoT/study\\_IDC.pdf](http://www.rostelecom.ru/projects/IoT/study_IDC.pdf).

2. Krasnyanskij, M. N. Primenenie tekhnologii LORA v intensivnom sado-vodstve / M. N. Krasnyanskij, I. A. Elizarov, A. A. Tret'yakov, D. Yu. Murromcev, A. A. Zavrazhnov // Cifrovizaciya agropromyshlennogo kompleksa : Sbornik nauchnyh statej. – 2018. – S. 16 – 18.

3. Myrzabekova, A. M. Obzor sovremennyh sistem dlya hraneniya zerno-vyh kul'tur / A. M. Myrzabekova // Informacionno-izmeritel'naya tekhnika i tekhnologii: materialy VI nauchno-prakticheskoj konferencii. – Tomsk : Izd-vo TPU, 2015. – S. 95 – 101.



УДК 004.932, 623.74

**А. М. Филимонов, А. И. Елисеев, С. В. Данилкин, Н. А. Карева**  
(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и  
Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия;  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
Тамбов, Россия, e-mail: davydova\_n1992@mail.ru)

## **МЕТОДЫ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПЕРЕД ПОСЕВНЫМИ РАБОТАМИ**

*Аннотация.* Рассмотрен метод анализа изображений, полученных БПЛА, на основе обработки множества разновременных ИК-изображений. Приведен перечень программных продуктов, предназначенных для решения инженерных задач тепломассопереноса.

*Ключевые слова:* ИК-изображения, теплофизические параметры, беспилотный летательный аппарат, кубоид ИК-изображений.

**A. M. Filimonov, A. I. Eliseev, S. V. Danilkin, N. A. Kareva**  
(Military Educational and Scientific Center of the Air Force  
“Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky  
and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russia;  
Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

## **METHODS OF ANALYSIS OF IMAGES OBTAINED FROM UAVS TO IDENTIFY DEFECTS OF AGRICULTURAL LAND BEFORE SOWING**

*Abstract.* A method for analyzing images obtained by UAVs based on processing a set of different-time IR images is considered. The list of software products intended for solving engineering problems of heat and mass transfer is given.

*Keywords:* IR images, thermal parameters, unmanned aerial vehicle, cuboid of IR images.

Активное применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в различных сферах жизнедеятельности позволило сделать качественный скачок при решении многих задач в различных отраслях народного хозяйства. Одной из таких задач является применение технологии тепловой томографии в ходе воздушного мониторинга земной

поверхности, заключающееся в дистанционном определении распределения теплофизических параметров (ТФП) земной поверхности по разновременным видимым и инфракрасным (ИК) изображениям. Один из подходов решения данной задачи предполагает использование периодической съемки местности в ИК-диапазоне с получением набора ИК-изображений – кубоида ИК-изображений, отражающего динамику изменения температур на поверхности исследуемого участка. Обработка кубоида ИК-изображений позволяет выделить области со схожей динамикой изменения тепловых контрастов. Оценивание теплофизических параметров малозаметных объектов по динамике температурных контрастов может быть проведено путем решения обратной задачи теплопроводности.

При периодическом дистанционном мониторинге района исследуемой земной поверхности с применением БПЛА с размещенной на его борту оптико-электронной системой (ОЭС) на гиросtabilизированной платформе получают множество разновременных растровых изображений видимого  $\{\mathbf{G}^{\gamma[m,n,s]}\}$  и ИК  $\{\tilde{\mathbf{T}}_{\gamma}[m,n,k]\}$ ,  $\{\mathbf{T}^{\gamma[m,n,s]}\}$  диапазонов, где  $m, n$  – пространственные координаты на изображении;  $m \in \overline{1, M}, n \in \overline{1, N}$ ;  $M, N$  – размеры изображения в пикселях;  $k \in \overline{1, K}, s \in \overline{1, S}$  – отсчеты по времени;  $K$  и  $S$  – количество временных отсчетов [1].

Кубоиды видимых и ИК-изображений, представляющие собой совокупности разновременных попиксельно совмещенных изображений, и формируемые на основе изображений, получаемых с ОЭС БПЛА, можно записать в виде [1]:

$$\left[ \begin{array}{c} [\tilde{\mathbf{G}}'_1, \tilde{\mathbf{G}}'_2, \dots, \tilde{\mathbf{G}}'_S] \equiv \\ \left( \begin{array}{ccc} \mathbf{G}^{\gamma_{11}} & \dots & \mathbf{G}^{\gamma_{1N}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{G}^{\gamma_{M1}} & \dots & \mathbf{G}^{\gamma_{MN}} \end{array} \right)_{O_1} \dots \left( \begin{array}{ccc} \mathbf{G}^{\gamma_{11}} & \dots & \mathbf{G}^{\gamma_{1N}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{G}^{\gamma_{M1}} & \dots & \mathbf{G}^{\gamma_{MN}} \end{array} \right)_{O_S} \rightarrow \left[ \begin{array}{ccc} \mathbf{G}^{\gamma_{[s]11}} & \dots & \mathbf{G}^{\gamma_{[s]1N}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{G}^{\gamma_{[s]M1}} & \dots & \mathbf{G}^{\gamma_{[s]MN}} \end{array} \right] \equiv \mathbf{G}^{\gamma} \end{array} \right]; \quad (1)$$

$$\left[ \begin{array}{c} \mathbf{T}^{\gamma_1 \gamma_2 \gamma_S} \left( \begin{array}{ccc} \mathbf{T}^{\gamma_{11}} & \dots & \mathbf{T}^{\gamma_{1N}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{T}^{\gamma_{M1}} & \dots & \mathbf{T}^{\gamma_{MN}} \end{array} \right)_{O_1} \dots \left( \begin{array}{ccc} \mathbf{T}^{\gamma_{11}} & \dots & \mathbf{T}^{\gamma_{1N}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{T}^{\gamma_{M1}} & \dots & \mathbf{T}^{\gamma_{MN}} \end{array} \right)_{O_S} \rightarrow \left[ \begin{array}{ccc} \mathbf{T}^{\gamma_{[s]11}} & \dots & \mathbf{T}^{\gamma_{[s]1N}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{T}^{\gamma_{[s]M1}} & \dots & \mathbf{T}^{\gamma_{[s]MN}} \end{array} \right] \equiv \mathbf{T}^{\gamma} \end{array} \right]; \quad (2)$$

$$[\tilde{T}_1, \tilde{T}_2, \dots, \tilde{T}_K] \equiv \left[ \left( \begin{array}{ccc} \tilde{T}_{11} & \dots & \tilde{T}_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}_{M1} & \dots & \tilde{T}_{MN} \end{array} \right)_1 \dots \left( \begin{array}{ccc} \tilde{T}_{11} & \dots & \tilde{T}_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}_{M1} & \dots & \tilde{T}_{MN} \end{array} \right)_K \right] \rightarrow$$

$$\left[ \begin{array}{ccc} \tilde{T}[k]_{11} & \dots & \tilde{T}[k]_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}[k]_{M1} & \dots & \tilde{T}[k]_{MN} \end{array} \right] \equiv \tilde{T}. \quad (3)$$

Кубоиды (1) и (2) служат для построения конечно-элементной модели фоноцелевой обстановки исследуемой поверхности, обеспечивающей корректное задание граничных условий сопряжения слоистых сред и расчет пространственного распределения температурных полей.

Задача расчета ТФП материалов и сред, основанная на решении обратной задачи теплопроводности (ОЗТ) путем редукции кубоида изображений термодинамических температурных полей (3), можно записать в виде [2]

$$A_\xi \mathbf{f} = \tilde{T}, \quad (4)$$

где  $A_\xi$  – ограниченный линейный оператор, обеспечивающий корректное решение ОЗТ;  $\xi$  – регуляризирующий параметр, обеспечивающий сужение класса допустимых решений  $\{\mathbf{f}\}$ ;  $\mathbf{f}$  – пространственное распределение ТФП материалов и сред, являющееся решением ОЗТ.

Приближенное решение исходной задачи (4) есть минимум целевого функционала невязки, вводимого в соответствии с методом регуляризации А. Н. Тихонова [3]:

$$J_\xi(\mathbf{f}) = \|A_\xi \mathbf{f} - \tilde{T}\| + \xi \|\mathbf{f}\| \rightarrow \min_{\mathbf{f} \in D_f}. \quad (5)$$

Для решения данных задач используются как готовые программные продукты: SolidWorks, CosmosXpress, FLOW-3D, COMSOL Multiphysics, HYDRUS-1D, -2D, -3D, RadThermIR и другие, так и ведется разработка нового программного обеспечения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-08-00053 А).*

### **Список использованных источников**

1. Ishchuk, I. N. The reconstruction of a cuboid of infrared images to detect hidden objects. Part 1. A solution based on the coefficient inverse problem of heat conduction / I. N. Ishchuk, A. V. Parfir'ev // Measurement Techniques. – 2014. – V. 56, № 10.

2. Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики : учеб. пособие / Г. И. Марчук. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 608 с.

### *References*

1. Ishchuk, I. N. The reconstruction of a cuboid of infrared images to detect hidden objects. Part 1. A solution based on the coefficient inverse problem of heat conduction / I. N. Ishchuk, A. V. Parfir'ev // Measurement Techniques. – 2014. – V. 56, № 10.
2. Marchuk, G. I. Methods of computational mathematics / G. I. Marchuk. – М. : Nauka, 1989. – 608 p.

УДК 664.769

**Д. И. Фролов, А. А. Курочкин**

(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», кафедра «Пищевые производства», Пенза, Россия,  
e-mail: surr@bk.ru, anatolii\_kuro@mail.ru)

### **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОДЕРЖАНИЯ ВЛАГИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ОВСА**

*Аннотация.* Изучалось влияние температуры экструзии и начальных уровней влажности на физико-химические свойства экструдированных продуктов из овса. Зерна овса измельчали и увлажняли до уровня влажности 15 – 25%. Затем, согласно плану эксперимента, экструдировали в одношнековом лабораторном экструдере ЭК-40. Показатель водопоглощения экструдата оказался выше, чем в исходном сырье (4,25...6,26 г геля/г образца) и планомерно увеличивался по мере роста начальной влажности сырья и температуры экструзии. Показатель растворимости в воде оказался обратно пропорционален температуре экструзии.

*Ключевые слова:* экструзия, влага, овес, температура, показатель водопоглощения, показатель растворимости в воде.

**D. I. Frolov, A. A. Kurochkin**

(Penza State Technological University, Penza, Russia)

### **INFLUENCE OF TEMPERATURE AND MOISTURE CONTENT ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF EXTRUDED OAT PRODUCTS**

*Abstract.* The effect of extrusion temperature and initial moisture levels on the physicochemical properties of extruded oat products was studied. The oat grains were crushed and moistened to a moisture level of 15 – 25%. Then, according to the plan of the experiment, it was extruded in a single-screw laboratory extruder EK-40. The water absorption index of the extrudate turned out to be higher than in the initial raw material (4.15...6.36 g gel/g sample) and systematically increased as the initial moisture content of the raw material and the extrusion temperature increased. The water solubility index was inversely proportional to the extrusion temperature.

*Keywords:* extrusion, moisture, oats, temperature, water absorption, water solubility.

Тепловая обработка богатого крахмалом пищевого сырья вызывает химические и физические модификации крахмала, что приводит к изменению текстуры и реологических свойств. При экструзии крахмал в пищевом сырье может расширяться и разрушаться, изменяется растворимость в холодной воде, и происходит полное выделение амилозы и амилопектина [1, 2].

Наблюдаемые во время экструзии структурные изменения белка происходят последовательно, в результате денатурации, объединения и разрыва соединений при нагревании и сдвиге [3]. Причем при достаточно низком уровне влажности происходит образование расплавленной фазы и образование некоторых ковалентных связей при высоких температурах. Так же в условиях низких температур происходит переход аморфных областей в стеклообразное состояние и совершается дисульфатное связывание [4].

Целью исследования было изучение влияния температуры экструзии и начальных уровней влажности на физико-химические свойства экструдированных продуктов из овса.

В данном исследовании использовались зерна овса (*Avena sativa* L.) сорта «Скакун». Зерна очищали и просеивали. Семена овса сушили до влажности 10% и измельчали на вальцовой мельнице.

Образцы кондиционировали до различной влажности (15 – 25 %) и обрабатывали в одношнековом экструдере, работающем при сжатии 3:1, частоте вращения 100 об/мин, матрице диаметром 6 мм и постоянной подаче 70 г/мин. Температура составляла 80 °С в первой зоне и 77...165 °С во второй зоне.

Статистические данные были проанализированы с использованием программы STATISTICA. Значимость модели была проверена с использованием дисперсионного анализа, а эффекты переменных оклика были скорректированы на уровне значимости 10%.

Результаты, касающиеся объемной плотности экструдированных овсяных продуктов, не были значимыми ( $p > 0,05$ ) по данным линейного регрессионного анализа. Объемная плотность варьировалась от 450 до 458 кг/м<sup>3</sup>.

Анализируя результаты показателя водопоглощения (WAI), линейный член при факторе температуры и член взаимодействия между влажностью и температурой были значимыми. Подвергнув анализу уравнение 2 видно, что значимыми являются линейный и квадратичный член при факторе температуры, которые оказывают влияние на показатель растворимости в воде (WSI). Все полученные модели имеют высокий

коэффициент детерминации, что показывает высокое соответствие математической модели экспериментальным данным. Таким образом, можно сделать вывод, что математические модели показателя водопоглощения (WAI) и показателя растворимости в воде (WSI) были адекватны для экструдированных продуктов из овса в диапазоне изученных значений.

$$\begin{aligned} \text{WAI} = & 2,7594 + 0,012T - 5,8692 \cdot 10^{-13}U + \\ & + 8,5273 \cdot 10^{-17}T^2 + 0,0004TU + 1,2618 \cdot 10^{-14}U^2, \end{aligned} \quad (1)$$

где WAI – показатель водопоглощения, %;  $T$  – температура, °C;  $U$  – уровень влажности, %.

$$\begin{aligned} \text{WSI} = & 19,2225 - 0,1873T - 4,0079 \cdot 10^{-13}U + \\ & + 0,0006T^2 + 8,9818 \cdot 10^{-16}TU + 7,0707 \cdot 10^{-15}U^2, \end{aligned} \quad (2)$$

где WSI – показатель растворимости в воде, %.

Значения показателя водопоглощения (WAI) варьировались от 4,25 до 6,26 г геля / г сухого вещества, что оказалось выше, чем 2,43, измеренные в сырье.

Чем выше температура экструзии, тем ниже значения показателя растворимости в воде (WSI). Экспериментальные значения показателя растворимости в воде (WSI) варьировались от 5,35 до 8,25% сухого вещества, что оказалось ниже, чем значение для сырья (11,55%).

### ***Список использованных источников***

1. Camire, M. E. Thermal processing effects on dietary fiber composition and hydration capacity in corn meal, oat meal, and potato peels / M. E. Camire, S. I. Flint // *Cereal Chemistry*. – 1991. – Т. 68, № 6. – С. 645 – 647.
2. Фролов, Д. И. Влияние условий и параметров экструзии на свойства экструдатов из кукурузной крупы / Д. И. Фролов, А. Н. Кудрина // *Инновационная техника и технология*. – 2020. – № 2(23). – С. 17 – 23.
3. Технологические аспекты регулирования выхода экстракта при получении пивного сусла / П. К. Гарькина, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2020. – Т. 8, № 2. – С. 13 – 20.
4. Фролов, Д. И. Исследование водопоглотительных свойств и твердости экструдата на основе кукурузы и окары / Д. И. Фролов, А. В. Чушкина // *Инновационная техника и технология*. – 2020. – № 1(22). – С. 29 – 35.

### *References*

1. Camire, M. E. Thermal processing effects on dietary fiber composition and hydration capacity in corn meal, oat meal, and potato peels / M. E. Camire, S. I. Flint // *Cereal Chemistry*. – 1991. – Т. 68, № 6. – С. 645 – 647.
2. Frolov, D. I. Influence of conditions and parameters of extrusion on the properties of extrudates from corn grits / D. I. Frolov, A. N. Kudrina // *Innovative Technique and Technology*. – 2020. – No. 2 (23). – P. 17 – 23.
3. Technological aspects of regulating the output of the extract when obtaining beer wort / P. K. Garkina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov // *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. – 2020. – Т. 8, No. 2. – P. 13 – 20.
4. Frolov, D. I. Investigation of water-absorbing properties and hardness of an extrudate based on corn and okara / D. I. Frolov, A. V. Chushkina // *Innovative Technique and Technology*. – 2020. – No. 1 (22). – P. 29 – 35.

УДК 664.644

**Г. В. Шабурова, П. К. Гарькина**  
(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза, Россия,  
e-mail: Shaburovs@mail.ru, Worolina89@mail.ru)

### **РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ИЗДЕЛИЙ ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ИЗ ДРОЖЖЕВОГО ТЕСТА**

*Аннотация.* Рассмотрена целесообразность применения экструдированной смеси зерна пшеницы и семян расторопши в целях создания изделий из дрожжевого теста повышенной биологической ценности. Семена расторопши являются источником функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ), оказывающих положительный эффект на здоровье человека – полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), белка, пищевых волокон, минеральных веществ, витаминов и флавоноидов, представленных, в основном, силимаринном.

*Ключевые слова:* композитная смесь, зерно пшеницы, семена расторопши, обогащенные продукты питания.

**G. V. Shaburov, P. C. Garkina**  
(Penza State Technological University, Penza, Russia)

### **DEVELOPMENT OF RECIPES FOR PRODUCTS WITH INCREASED BIOLOGICAL VALUE FROM YEAST DOUGH**

*Abstract.* The expediency of using an extruded mixture of wheat grain and milk thistle seeds in order to create products from yeast dough of increased biological value is considered. Milk thistle seeds are a source of functional food ingredients (FPIs) that have a positive effect on human health – polyunsaturated fatty acids (PUFA), protein, dietary fiber, minerals, vitamins and flavonoids, represented mainly by silymarin.

*Keywords:* composite mixture, wheat grain, milk thistle seeds, fortified food.

Известно, что в рационе питания человека в последние 20 – 30 лет происходит снижение содержания пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ, а также полиненасыщенных жирных кислот, что вызывает негативные отклонения в состоянии здоровья населения и развитие различных заболеваний.

Применение экструдированного цельного зернового сырья в смеси с семенами белоксодержащего или липидсодержащего сырья в технологиях пищевых продуктов способствует регулированию обогащения продуктов питания ФПИ, а также интенсификации технологических процессов. Хлебобулочные изделия, являющиеся продуктами систематического потребления, наиболее часто используют для обогащения биологически активными веществами.

Таким образом, обоснование возможности модификации рецептур хлебобулочных изделий путем замены части пшеничной муки на определенное количество экструдированной композитной смеси (ЭКС) зерна пшеницы и семян расторопши, обладающей гепатопротекторными свойствами, является актуальным.

Прототипом при разработке рецептуры изделий с применением ЭКС являлась рецептура булочки «Веснушка» из муки высшего сорта, приготовленная безопасным способом по традиционной рецептуре [1]. Опытные образцы готовили с заменой пшеничной муки на муку из ЭКС в количестве 3%, 5%, 7% и 9% к общей массе мучной смеси в соответствии с рецептурой.

Установлено высокое содержание белка в ЭКС (16,0%) в сравнении с содержанием белка в пшеничной муке высшего сорта (10,3%). Содержание жира в ЭКС в 7,5 раз выше, чем в пшеничной муке. Семена расторопши содержат полиненасыщенные жирные кислоты, являющиеся функциональными пищевыми ингредиентами. Содержание клетчатки в экструдированной смеси – 7,35%, золы – 2,94%. Анализ химического состава ЭКС позволяет сделать вывод о целесообразности ее применения в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов.

Как установлено ранее, наиболее значительные изменения в процессе экструзии претерпевает крахмал. В результате экструзионной обработки создаются условия для его декстринизации [2].

Крахмал муки, превращенный в декстрины, легче усваивается вследствие большей растворимости. Содержание крахмала в композитной муке составляет 31,6%, что в 1,68 и в 1,66 раза ниже, чем в пшеничной муке и в зерне пшеницы соответственно.

Установлена интенсификация спиртового брожения теста, повышение интенсивности разрыхления теста при использовании ЭКС



в количестве 5 и 7% от общей массы смеси. Очевидно, биологически активные вещества ЭКС способствуют активной деятельности дрожжей и выделению диоксида углерода в процессе спиртового брожения.

Внесение ЭКС в количестве 5 и 7% повышает органолептическую оценку булочных изделий. Использование расторопши в количестве 9% от общей массы мучной смеси повышает пищевую ценность, но приводит к ухудшению внешнего вида изделий, снижает органолептические показатели качества и потребительские свойства получаемого продукта.

Полученные результаты расчета пищевой и энергетической ценности свидетельствуют о том, что булочные изделия всех образцов с использованием ЭКС характеризуются повышенной пищевой и биологической ценностью. Содержание белка при внесении ЭКС в количестве 3, 5, 7 и 9% увеличилось, соответственно, на 2,1, 3,5, 4,8 и 6,7% в сравнении с булочными изделиями контрольного образца. Содержание жира увеличилось значительно – на величину 8,2 – 23,0% в зависимости от дозировки ЭКС. Повысилось содержание моно- и дисахаридов – на 1,3 – 5,6%, что коррелирует с нашими данными в отношении преобразования крахмала под воздействием экструзионной обработки. Содержание крахмала снизилось на 3,0 – 10,9%. Энергетическая ценность повысилась незначительно – 0,4 – 0,8%.

Таким образом, изучение химического состава ЭКС, полученной с помощью модернизированного экструдера [3], показало целесообразность ее применения в технологии булочных изделий. Установлено, что использование муки расторопши в рецептуре булочных изделий повышает содержание белка на 5 – 7% в зависимости от дозировки. Присутствие в ЭКС витаминов, минеральных веществ и особенно моносахаридов активизирует деятельность дрожжевых клеток, ускоряя при этом процесс брожения и сокращая созревание теста. Высокое содержание пищевых волокон, широкий спектр минеральных веществ и витаминов, повышенное содержание моносахаридов, полиненасыщенных жирных кислот обуславливает возможность использования ЭКС в количестве 5 – 7% к мучной смеси для разработки продуктов функционального назначения.

### ***Список использованных источников***

1. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания / сост. А. В. Павлов. – М. : Гидрометеиздат, 1998. – 296 с.

2. Пат. 2412986 Российская Федерация МПК7 C12C 12/00. Способ производства пива / Шабурова Г. В., Тюрина Е. В., Курочкин А. А., Воронина П. К., Герентьев А. Б. – № 2008149378/10; заявл. 15.12.2008; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6. – 3 с.

3. Пат. 2561934 Российская Федерация, МПК А23Р1/12, В29С47/38. Экструдер с вакуумной камерой / Шабурова Г. В., Воронина П. К., Шабнов Р. В. и др. – № 2014125348/13; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 25.– 7 с.

### **References**

1. Collection of recipes for flour confectionery and bakery products for catering / Comp. A. V. Pavlov. – М. : Gidrometeoizdat, 1998 . – 296 p.

2. Patent 2412986 Russian Federation МПК7 S12S 12/00. Method of beer production / G. V. Shaburova, E. V. Tyurin, A. A. Kurochkin, P. K. Voronin, A. B. Terentyev. – No. 2008149378/10; declared 12/15/2008; publ. 02/27/2011, Bul. No. 6. – 3 p.

3. Patent 2561934 Russian Federation, IPC A23P1/12, B29C47/38. Extruder with a vacuum chamber / G. V. Shaburova, P. K. Voronina, R. V. Shabnov and others. – No. 2014125348/13; declared 06/23/2014; publ. 10.06.2015, Bul. No. 25. – 7 p.

УДК 664

**Н. Н. Шматкова**

(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза, Россия, e-mail: n.shmatkova2014@list.ru)

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОГАЩАЮЩИХ ДОБАВОК ИЗ НЕТРАДИЦИОННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы разработки рецептуры и производства хлебобулочных изделий, изучено влияние обогащающих добавок на качество хлебобулочных изделий.

*Ключевые слова:* растительное сырье, мука, качество, расторопша пятнистая, силимарин, тесто, плоды калины, хлебобулочные изделия.

**N. N. Shmatkova**

(Penza State Technological University, Penza, Russia)

## **PROSPECTS OF APPLICATION OF ENRICHMENT ADDITIVES FROM NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS OF VEGETAL RAW MATERIALS**

*Abstract.* The article considers the issues of recipe development and bakery products production, studied the influence of enrichment additives on the quality of bakery products

*Keywords:* vegetable raw materials, flour, quality, spotted thistle, silimarin, dough, potassium fruits, bakery products.

**Введение.** Хлебопекарная промышленность относится к одной из важнейших отраслей пищевой промышленности, уровень развития которой самым непосредственным образом затрагивает жизнь всего населения. Комплексное использование нетрадиционного сырья – актуально для всех пищевых отраслей. Практический интерес для хлебопекарной отрасли представляют включения в рецептуры хлебобулочных изделий обогащающих добавок из нетрадиционного растительного сырья. Такой подход позволяет повысить пищевую и биологическую ценность хлеба, его качество, стабилизировать технологический процесс, расширить ассортимент выпускаемых изделий согласно всевозрастающим требованиям потребителей [1, 3, 5].

Хлебопекарная отрасль наиболее восприимчива к рыночным изменениям и полностью зависит от колебаний спроса и предложения на рынке. Основная задача, стоящая перед отраслью, – обеспечение населения качественной хлебобулочной продукцией в таком ассортименте и количестве, которые бы соответствовали его каждодневным запросам.

В настоящее время большое значение придается внешнему оформлению хлебобулочных изделий, форме, отделке, а также упаковке. Разработка изделий ведется в направлении максимального использования местных видов растительного сырья [1, 5].

**Целью работы** является разработка технологий производства хлебобулочных изделий с применением обогащающих добавок из нетрадиционного растительного сырья.

#### **Объекты и методы исследований.**

В качестве объектов исследования использовали:

- измельченные семена рапса (ГОСТ 13979.0–86) и плоды калины;
- пшеничная мука высшего сорта (ГОСТ Р 52189–2003);
- дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731–2011);
- калач Молдавский плетеный из муки пшеничной 1-го и высшего сортов (ГОСТ 27844–88) и хлеб Забайкальский.

Выбор семян рапса в качестве обогащающей добавки обусловлен хорошей сочетаемостью ее компонентов, наличием в составе биологически активных веществ, доступностью и широким распространением ее. Для подтверждения целесообразности применения семян рапса определяли органолептический и химический состав семян рапса. Семена рапса богаты витаминами и минеральными веществами, поэтому они являются перспективным сырьем для хлебопечения. Использование семян рапса позволяет обогатить хлебобулочные изделия белком, полиненасыщенными жирными кислотами,

витаминами и клетчаткой, а также флавоноидами, обладающими гепатопротекторным эффектом. Действующим веществом расторопши является флавоноид силимарин. Он обладает антиоксидантными свойствами, препятствует пероксидному окислению липидов и развитию атеросклеротических повреждений стенок кровеносных сосудов, предотвращает окислительное повреждение нуклеиновых кислот и развитие процессов канцерогенеза [2, 4, 5].

### 1. Химический состав семян расторопши пятнистой (лат. *Silybum marianum*)

Показатели	Семена расторопши
Жиры	30 – 40%
Эфирные масла	До 0,1%
Витамины А, D, Е, К, F,	В1 – 0,14 мг, В2 – 0,134 мг, Е – 4,7 мг
Витаминоподобные вещества – флавоноиды	Силимарин, силибин, силидианин, таксофиллин, силихристин – 3,8%
Полиненасыщенные жирные кислоты	Линолевая (61 – 62%), олеиновая (21 – 22%), стеариновая (3,5 – 4%), арахидовая (около 2%), пальмитиновая (около 9%), бегеновая 1,5%

Для подтверждения целесообразности применения продуктов переработки калины определяли химический состав суспензии из плодов калины. Результаты представлены в табл. 2.

### 2. Химический состав суспензии из плодов калины

Показатели	Суспензия из плодов калины
Содержание, % влаги	16,0
Белков	2,7
Пищевых волокон растворимых	17,4
Нерастворимых	6,0
Моно- и дисахаридов	21,5

Установили, что суспензия из плодов калины содержит большое количество пищевых волокон, которые, как известно, оказывают укрепляющее действие на клейковину муки и позитивное физиологическое воздействие на организм человека. Важный химический компонент добавки – пектиновые вещества, которые положительно влияют на водопоглотительную способность муки.

На первом этапе исследовали влияние обогащающих добавок на хлебопекарные свойства муки. Для этого семена раторопши измельчали на лабораторной мельнице и определили дозировку в количестве 3%, 5% и 7% общей массы муки. Тесто готовили опарным способом. Тесто замешивали из опары, воды, муки и продуктов переработки раторопши с дозировкой 3%, 5% и 7% в течение 8 – 12 мин. Время подъема теста 20 – 30 мин. Температура теста 29 – 32 °С. Выброженное тесто подвергали разделке и проводили расстойку при температуре воздуха 32...35 °С и относительной влажности 75...83%. Продолжительность выпечки составляет 18 – 22 мин при температуре 210 – 220 °С.



Расстойка тестовых заготовок



Контрольный образец



Образец  
1 (3%)

Образец  
2 (5%)

Образец  
3 (7%)

**Рис. 1. Внешний вид готовых изделий**

Полученные данные показали, что содержание клейковины в опытных образцах уменьшилось по сравнению с контрольным образцом соответственно на 2,0%, 3,0% и 4,0%. Уменьшение содержания клейковины обусловлено внесением измельченных семян раторопши, белки которых не способны к ее формированию [5]. На втором этапе исследовали качество готовых изделий.

Результаты оценки показателей качества калача Молдавского плетеного из муки пшеничной 1-го и высшего сортов с обогащающей добавкой измельченных семян раторопши приведены в табл. 3.

### 3. Физико-химические показатели калача Молдавского плетеного из муки пшеничной 1-го и высшего сортов

Наименование показателей	Измельченные семена раторопши, % к массе пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта			
	0 (контроль)	3	5	7
Пористость, %	70	70	72,3	73,6
Влажность, %	44,5	44,5	45,3	45,7
Кислотность, град	2,5	2,6	2,9	3,0
Формоустойчивость, Н:Д	0,35	0,35	0,44	0,42

При добавлении 5% измельченных семян раторопши к массе пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта пористость увеличивается на 2,3%, влажность увеличивается на 0,8%, кислотность увеличивается на 0,3 градуса выше уровня контроля. Калач Молдавский плетеный имел привлекательный внешний вид, приятный вкус и аромат. При добавлении 7% измельченных семян раторопши к массе пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта пористость увеличивается на 3,6%, влажность увеличивается на 1,2%, кислотность увеличивается на 0,5 градуса выше уровня контроля, но в пределах, установленных стандартом. Таким образом, при использовании 7% измельченных семян раторопши к массе пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта калач имел привлекательный внешний вид, форма правильная, поверхность корки гладкая, приятный вкус и аромат. Структура пористости средняя, равномерная, тонкостенная; мякиш невлажный, хорошо пропеченный. Цвет мякиша светлый с сероватым оттенком.

Суспензию из плодов калины в дозировке (3, 5, 7%) вносили в тесто, заменяя соответствующее количество пшеничной муки. Контрольным образцом служило тесто без добавки. Массовая доля сырой клейковины контрольного образца составила 28%. В опытных образцах общий выход сырой клейковины составил 29,2–30,0%. В ходе исследований определяли зависимость титруемой кислотности теста от длительности брожения. Образцы, содержащие 3, 5, 7% обогащающей добавки,

отбирали через каждые 15 мин после замеса. Продолжительность брожения контрольного образца 90 мин, необходимая величина титруемой кислотности опытных образцов была достигнута через 45 – 55 мин после начала брожения [5].

Результаты исследований показали, что при внесении суспензии из плодов калины (3, 5, 7%) интенсифицируется созревание пшеничного теста в среднем на 24 – 32%. Выполнили серию пробных лабораторных выпечек. Суспензию из плодов калины, предварительно гомогенизованную с растительным маслом и водой, вносили на стадии замеса теста. После брожения тесто делили на куски, укладывали в формы, растаивали и выпекали. Определяли органолептические показатели качества готовых изделий, а также кислотность, пористость, удельный объем.

#### 4. Рецептúra хлеба Забайкальский

Наименование сырья	Масса сырья, кг			
	образец 1 (контроль)	опытные образцы		
		образец 2 (3% С)	образец 3 (5% С)	образец 4 (7% С)
Мука пшеничная высшего сорта	100,0	97,0	95,0	93,0
Суспензия из плодов калины	–	3,0	5,0	7,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные	1,0	1,0	1,0	1,0
Соль	1,25	1,25	1,25	1,25
Вода	по расчету			



Рис. 2. Внешний вид готовых изделий



Контрольный  
образец

Образец 1 (3%)

Образец 2 (5%)

Образец 3 (7%)

Из результатов оценки органолептических показателей хлебобулочных изделий следует, что опытные образцы с дозировкой 3% и 5% имели привлекательный внешний вид и цвет, хорошие вкусовые и ароматические характеристики. Образцы с дозировкой 7% имели подрывы на поверхности, а также более ярко выраженный темный цвет корки и уплотненную пористость.

Увеличение дозировки до 7% привело к незначительному повышению кислотности мякиша опытных образцов изделий – до 2,4 и 2,7 соответственно.

Внесение суспензии благоприятно отразилось на пористости хлебобулочных изделий. Наиболее значимо пористость изменилась при внесении в рецептуру хлебобулочных изделий 7% суспензии. В сравнении с контрольным образцом она увеличилась на 2,0%.

**Выводы.** Внесение измельченных семян расторопши больше всего сказывается на вкусоароматических свойствах хлебобулочных изделий. При тестоприготовлении применение измельченных семян расторопши с высоким содержанием жирных полинасыщенных кислот способствует повышению активности бродильной микрофлоры. В результате, при выпечке изделий возрастают пористость, объем, усиливается меланоидинообразование, и корка изделий интенсивно окрашивается.

Установлено положительное воздействие обогащающей добавки из плодов калины на увеличение срока сохранения свежести изделий за счет содержания в составе органических кислот, пищевых волокон и широкого спектра минеральных веществ.

Обогащенные хлебобулочные изделия на сегодняшний день становятся более востребованными в рационе современного человека. В качестве обогащающих добавок из нетрадиционного растительного сырья



актуально использовать местные сырьевые ресурсы, обладающие доступностью, экологической чистотой и широким распространением в регионе. В связи с этим наиболее перспективными являются продукты переработки плодов калины и семян расторопши.

### ***Список использованных источников***

1. Воронина, П. К. Полифункциональный композит с повышенным содержанием пищевых волокон / П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 65 – 71.
2. Куркин, В. А. Расторопша пятнистая – источник лекарственных средств (обзор) / В. А. Куркин // Химико-фармацевтический журнал. – 2003. – Т. 37, № 4. – С. 27 – 41.
3. Курочкин, А. А. Теоретическое обоснование применения экстрадированного сырья в технологиях пищевых продуктов : монография / А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Г. В. Шабурова. – Пенза, 2015. – 182 с.
4. Шрот расторопши пятнистой в хлебобулочных изделиях / Л. П. Пашченко, Т. В. Санина, В. Л. Пашченко, Л. А. Мирошниченко // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – № 7. – С. 15 – 19.
5. Семенкина, Н. Г. Разработка технологии хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки расторопши пятнистой: автореф. .... канд. техн. наук: 05.18.01 / Н. Г. Семенкина. – М., 2010. – 26 с.

### ***References***

1. Voronina, P. K. Polyfunctional composite with increased content of dietary fibres / P. K. Voronina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // Izvestia of the Samara State Agricultural Academy. – 2015. – No. 4. – S. 65 – 71.
2. Kurkin, V. A. Rastropsha spotted source of medicines (review ) / V. A. Kurkin // Chemical-pharmaceutical journal. – 2003. – Т. 37, No. 4. – P. 27 – 41.
3. Kurochkin, A. A. Theoretical justification of extruded raw materials application in food products technologies : monograph / A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, G.V. Shaburova. – Penza, 2015. – 182 p.
4. Shrot thistles spotted in bakery products / L. P. Pashchenko, T. V. Sanina, V. L. Pashchenko, L. A. Miroshnichenko // Modern knowledge-intensive technologies. – 2007. – No. 7. – S. 15 – 19.
5. Semenkina, N. G. Development of the technology of bakery products using spotted thistle processing products : autoref..... edging. техн. sciences: 05.18.01 / Semenkina Natalya Gennadyevna. – Moscow, 2010. – 26 s.

**А. В. Щур<sup>1</sup>, В. П. Валько<sup>2</sup>, В. М. Синельников<sup>2</sup>, А. И. Попов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> (Белорусско-Российский университет, Могилев, Республика Беларусь);

<sup>2</sup> (Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Республика Беларусь);

<sup>3</sup> (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, e-mail: olimp\_porov@mail.ru)

## **ИННОВАЦИОННОЕ ОБНОВЛЕНИЕ АПК ПРИ ВНЕДРЕНИИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

*Аннотация.* Проанализирована существующая система земледелия и определены негативные тенденции ее развития при нерациональном использовании удобрений и применяемых технологиях вспашки. Показана значимость микроорганизмов для повышения урожайности пахотных земель. Обосновано использование биотехнологической системы земледелия и показана ее эффективность.

*Ключевые слова:* использование земельных ресурсов, удобрения, обработка почвы, микрофлора почвы, эффективность земледелия.

**A. V. Shchur<sup>1</sup>, V. P. Valko<sup>2</sup>, V. M. Sinelnikov<sup>2</sup>, A. I. Popov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> (Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus);

<sup>2</sup> (Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus);

<sup>3</sup> (Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

## **INNOVATIVE UPDATING OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX IN THE IMPLEMENTATION OF THE BIOTECHNOLOGICAL SYSTEM OF AGRICULTURE**

*Abstract.* The existing system of agriculture is analyzed and negative trends of its development are determined in the case of irrational use of fertilizers and plowing technologies. The significance of microorganisms for increasing the productivity of arable land is shown. The use of biotechnological farming system is justified and its effectiveness is shown.

*Keywords:* use of land resources, fertilizers, tillage, soil microflora, agricultural efficiency.

Существующая система земледелия, базирующаяся на игнорировании биологии почвы и подавлении механизмов саморегуляции в агроценозах, оказалась не способной обеспечить устойчивое развитие сельского хозяйства. Длительное и повсеместное применение глубокой

пахоты, минеральных удобрений, химических средств защиты в растениеводстве привело к глубокому изменению микробиоценозов окружающей человека среды: почвы, воды, растений, животных. Данная тенденция представляет существенную угрозу продовольственной безопасности наших стран и здоровью населения. Перспективным направлением развития АПК является внедрение модели органического сельского хозяйства. Данная система земледелия также называется биотехнологической, когда на первое место ставится биота почвы, на второе – используемые технологии [1].

Мощным фактором, влияющим на жизнедеятельность микроорганизмов, является обработка почвы. Верхний слой (0 – 10 см) более богат микроорганизмами, поэтому он более плодороден. Нижний слой (10 – 20 см) менее плодороден. В нем не находят условий для жизнедеятельности многие группы аэробных бактерий, снабжающих растение элементами пищи. При вспашке слои перемещаются и, содержащаяся в них микрофлора попадает в другие условия существования. Верхний слой, попадая в нижнюю часть пахотного горизонта, теряет свое плодородие из-за постепенного затухания микробиологических процессов. Безотвальное рыхление создает благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов по всей глубине пахотного горизонта.

Другим, не менее мощным фактором воздействия на микрофлору почвы, является внесение удобрений. Попытка решения продовольственной проблемы в недавнем прошлом и обеспечение роста урожайности сельскохозяйственных культур были связаны с широким применением азотных удобрений. Но их использование привело к катастрофическому ухудшению качества водных ресурсов, возрастающему масштабу водной и ветровой эрозии почв, загрязнению окружающей среды пестицидами, нитратами, тяжелыми металлами и резкому снижению эффективности капитальных вложений в сельскохозяйственное производство. Необоснованное использование удобрений приводит к усилению деградации почвы. Например, в Республике Беларусь в 1976 году было 2,1 млн. га пахотных почв, подверженных водной и ветровой эрозии, то в настоящее время – 3,8 млн. га (что составляет более 65% пашни) [2]. Недобор урожая на таких почвах колеблется от 20 до 60%. Содержание гумуса на пашне в последнее время снизилось в 65 районах республики.

Необходимо учитывать, что смесь органических и минеральных удобрений действует на микроорганизмы двояким образом. Внесение органических удобрений повышает количество микроорганизмов в

почве и усиливает их деятельность. Минеральные удобрения стимулируют размножение определенных групп микроорганизмов. В оптимальных условиях разложение органического вещества идет до простых минеральных солей с одновременным образованием гумуса, который удерживает образовавшиеся минеральные соли от вымывания и создает запас питательных веществ. Растительные клетки могут поглощать продукты питания только из жидкой среды, а вот сохранить питательные вещества в почве в растворимом виде невозможно. И природа нашла изумительный способ хранить питательные вещества в нерастворимом гумусе. Но обязательным посредником между растением и питательными веществами, хранящимися в гумусе, должны быть микроорганизмы.

Микрофлора почвы в условиях органического (биотехнологического) земледелия является главным инструментом повышения ее плодородия. Продуктивность почв зависит от микробных ценозов, а это в свою очередь, обосновывает необходимость поддержания состояния микрофлоры почв (близкого к природному гомеостазу) всеми технологическими приемами.

В Республике Беларусь проведенные эксперименты подтвердили эффективность биотехнологической системы земледелия. Например, внедрение отдельных элементов данной системы земледелия (почвозащитная, энергосберегающая бесплужная обработка почвы), осуществленное в совхозе-комбинате «Заря» Мозырского района Республики Беларусь, позволило увеличить продуктивность пашни на 44%, снизить расход топлива и суммарные эксплуатационные затраты на мобильные технические системы на 55 – 60%. Средневзвешенное содержание гумуса за это время в почве увеличилось с 1,7 до 2,2%, что подтверждается данными Гомельской областной проектно-изыскательской станцией химизации сельского хозяйства.

В настоящий момент задача заключается в том, чтобы, используя достижения науки и накопленный земледельцами многовековой опыт, обеспечить широкое внедрение механизмов саморегуляции в агроландшафтах, при которых снижаются затраты, обеспечивается высокий уровень производства и не наносится урон окружающей среде.

Переход на новую систему земледелия позволит предотвратить деградацию экологических систем, загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных водных объектов, сокращение биологического разнообразия, что в свою очередь приведет к повышению экономической безопасности, социальной стабильности, формированию условий устойчивого экономического роста и повышению уровня жизни людей.

### ***Список использованных источников***

1. Валько, В. П. Особенности биотехнологического земледелия / В. П. Валько, А. В. Щур. – Минск, БГАТУ, 2011.
2. Производственно-экономический потенциал сельского хозяйства Беларуси: анализ и механизмы управления / Т. А. Тетеринец, В. М. Синельников, Д. А. Чиж, А. И. Попов – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 160 с.

### ***References***

1. Valko, V. P. Features of biotechnological agriculture / V. P. Valko, A. V. Shchur. – Minsk, 2011.
2. Production and economic potential of agriculture in Belarus: analysis and control mechanisms / T. A. Teterinec, V. M. Sinelnikov, D. A. Chizh, A. I. Popov. – Tambov, 2018. – 160 p.

УДК 621.396

**А. И. Сукачев, Е. А. Сукачева, И. А. Сафонов, А. А. Новиков.**  
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия, e-mail: mag.dip@yandex.ru)

## **СИСТЕМА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВОДИТЕЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

*Аннотация.* Рассматривается вопрос разработки системы биометрической идентификации водителя. Система биометрической идентификации состоит из аппаратного блока и программной части. Рассмотрена структура аппаратного блока и приведено описание каждой составной части.

*Ключевые слова:* биометрическая идентификация, система, аппаратный блок, мобильный клиент.

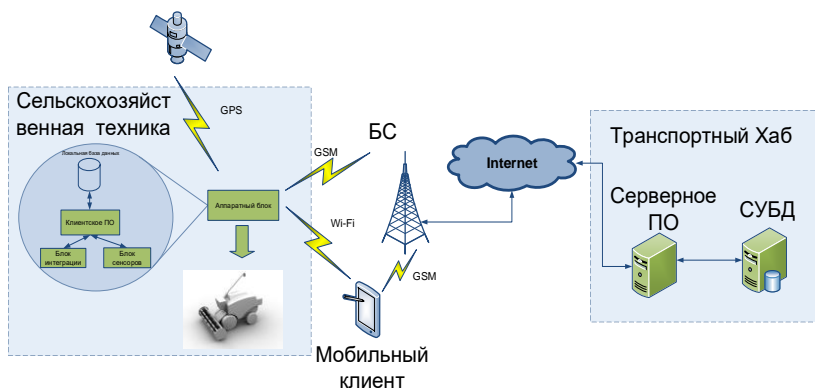
**A. I. Sukachev, E. A. Sukacheva, I. A. Safonov, A. A. Novikov**  
(Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia)

## **BIOMETRIC IDENTIFICATION SYSTEM FOR AGRICULTURAL MACHINERY DRIVERS**

*Abstract.* The article deals with the development of a biometric driver identification system. The biometric identification system consists of a hardware block and a software part. The hardware block structure is considered and each component part is described.

*Keywords:* biometric identification, the system, hardware module, the mobile client.

В современном мире системы автоматизации агропромышленного комплекса востребованы в сельскохозяйственной отрасли. Этот класс систем позволяет автоматизировать множество направлений деятельности, таких как мониторинг состояния почвы, реализация концепции заданий для водителей сельскохозяйственной техники и контроль выполнения. Но одной из ключевых проблем данного класса систем является идентификация водителя сельскохозяйственной техники. Так, в настоящее время идентификация осуществляется посредством внешнего устройства (ключ, RFID-метка, смарт-устройство). Но все эти методы не позволяют быть уверенным, кто именно выполняет поставленные задачи. Для решения этой задачи была разработана система биометрической идентификации водителя. Структурная схема системы приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Структурная схема системы биометрической идентификации водителя**

Система биометрической идентификации состоит в аппаратной части и программной составляющей. Аппаратная системы устанавливается в сельскохозяйственную технику и позволяет проводить идентификацию водителя по биометрическим данным, а именно, геометрии лица и отпечатку пальца. Структурная схема аппаратного блока приведена на рис. 2.

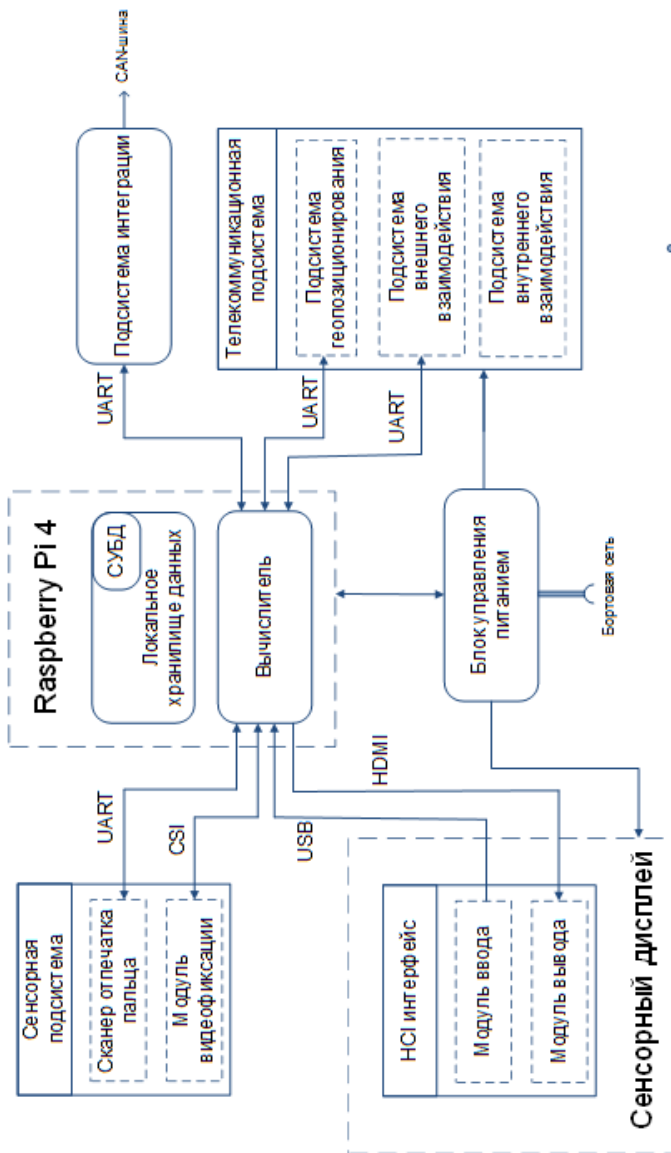
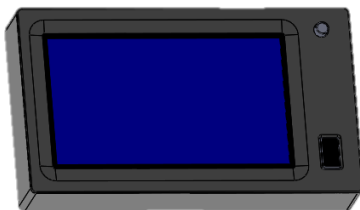


Рис. 2. Структурная схема аппаратного блока

Аппаратный блок состоит из следующих подсистем: сенсорной подсистемы, подсистемы интеграции в общее устройство сельскохозяйственной техники, подсистема управлением питания, подсистема взаимодействия с водителем, а также подсистема вычислителя и хранения локальных данных.

Сенсорная подсистема состоит из двух типов датчиков: датчики видеofиксации и сканеры отпечатка пальцев. Первый тип датчиков позволяет осуществлять идентификацию по геометрии лица водителя, а второй тип по уникальному папиллярному рисунку на пальцах водителя. Считанные данные попадают в блок вычислителя, где осуществляется локальная проверка прав доступа на управление техникой. Все данные хранятся в локальной БД. Для изготовления макета системы в качестве вычислителя был выбран одноплатный компьютер Raspberry pi4. Следует отметить, что аппаратный блок посредством подсистемы интеграции встраивается в телекоммуникационную сеть сельскохозяйственной техники, что позволяет ему осуществлять контроль технического состояния. Для взаимодействия с водителем предусмотрен человеко-машинный интерфейс. А именно, используется сенсорный экран 7 дюймов. В дальнейшем планируется расширить функциональные возможности системы путем добавления блоков заданий. Для взаимодействия с серверной компонентой используется телекоммуникационный блок, который позволяет определять координаты сельскохозяйственной техники, а передача данных на сервер реализована посредством мобильных сетей связи.



**Рис. 3. 3D-модель аппаратного блока**

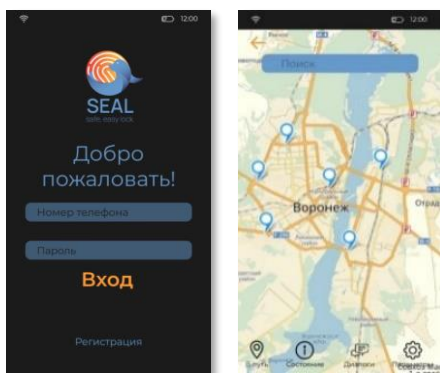
Программная составляющая системы состоит из клиентского ПО, мобильного клиента и серверной компоненты. Клиентское ПО устанавливается в аппаратный блок и реализует функции: регистрация водителей в систему, журналирование выполнения заданий, идентификация, хранения локальных данных о водителе, отображение месторасположения сельскохозяйственной техники на карте, чат в режиме реального времени.





**Рис. 4. Интерфейс клиентского ПО**

Мобильный клиент позволяет отслеживать месторасположение сельхозтехники на карте местности, настраивать доступ водителя к сельхозтехнике.



**Рис. 5. Интерфейс мобильного клиента**

### ***Список использованных источников***

1. Сукачев, А. И. Разработка аппаратно-программной платформы интернета вещей / А. И. Сукачев, И. В. Миллер, Е. А. Сукачева // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития: Четвертая Всерос. молодежная науч. конф., посвященная дню радио. – 2019. – С. 210 – 212
2. Bashlykov, V. V. Alternative approach to development of specialized elements of object-oriented interface / A. I. Sukachev, Yu. V. Hudyakov // Modern informatization problems in economics and safety. Proc. of the XXIII-th Int. Open Science Conf. – 2018. – С. 14 – 18.
3. Sukachev, A. I. Analysis of hardware and software systems for video and audio fixation with long-term storage of data / A. I. Sukachev, D. S. Lopatin, N. V. Girya // Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis Proceedings of the XXIII-th International Open Science Conference. – 2018. – С. 291 – 295.

### *References*

1. Sukachev, A. I. Development of hardware and software platform for the Internet of things / A. I. Sukachev, I. V. Miller, E. A. Sukacheva / Radioelectronics. Problems and prospects of development: the Fourth all-Russian conference. youth scientific conference dedicated to the radio day. – 2019. – P. 210 – 212.

2. Bashlykov, V. V. Alternative approach to development of specialized elements of object-oriented interface / A. I. Sukachev, Yu. V. Hudyakov // Modern informatization problems in economics and safety. Proc. of the XXIII-th Int. Open Science Conf. – 2018. – P. 14 – 18.

3. Sukachev, A. I. Analysis of hardware and software systems for video and audio fixation with long-term storage of data / A. I. Sukachev, D. S. Lopatin, N. V. Girya // Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis Proceedings of the XXIII-th International Open Science Conference. – 2018. – C. 291 – 295.

**К. А. Епифанова<sup>1</sup>, Э. В. Роганова<sup>2</sup>, Амури Саер<sup>3</sup>, Н. Есимова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> (ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза, Россия, e-mail: vladimir\_roganov@mail.ru, nurzipa.esimova@mail.ru);

<sup>2</sup> (ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия, e-mail: roganelka@mail.ru);

<sup>3</sup> (Furcan Idlib, Сирия)

### **К ЗАДАЧЕ СОЗДАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ «УМНАЯ ТЕПЛИЦА»**

*Аннотация.* Главным при разработке теплиц и парников является требование обеспечения максимальной эргодичности. Это связано с ориентацией на ручной труд с минимальным набором средств механизации. Современные условия требуют изменения традиционных подходов к выращиванию растений, из них основное – роботизация и автоматизация с учетом обязательного снижения себестоимости выращивания растений. Такая постановка вопроса требует изменения конструкций теплиц и парников в целях обеспечения возможности внедрять роботы, ориентированные на решение поставленных задач.

*Ключевые слова:* информационные технологии, оптимизация, big data, технологические процессы.

**K. A. Epifanova<sup>1</sup>, E. V. Roganova<sup>2</sup>, Amuri Saer<sup>3</sup>, N. Esimova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>(Penza State Technological University, Penza, Russia);

<sup>2</sup>(Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia);

<sup>3</sup>(Furcan Idlib, Syria)

## **TO THE PROBLEM OF CREATION OF ROBOTICIZED COMPLEXES “SMART GREENHOUSE”**

*Abstract.* At the forefront of the development of greenhouses and greenhouses put the requirement to ensure maximum ergodicity. This was due to the orientation toward manual labor. Modern conditions require a change in the traditional approaches to plant growing, of which the main one is robotization and automation, taking into account the mandatory reduction in the cost of growing plants. This formulation of the problem requires a change in the design of greenhouses and greenhouses in order to provide the possibility to introduce robots that are oriented towards the solution of the tasks.

*Keywords:* information technology, optimization, big data, technological processes.

Разработанные теплицы и парники различных форм и конструкций [1], отличаются: размерами и материалами, из которых они изготовлены: пленка, стекло или поликарбонат; формой – пристенные (они же односкатные), двускатные, арочные, каплевидные [2]. Они разработаны с учетом предоставления максимально удобства человеку, который выращивает растения вручную. Исследования показывают, что с использованием АСУ ТП можно достичь значительно лучших результатов, с использованием технологий Big Data и выбор f – оптимального соотношения питательных веществ, сорта, грунта, освещенности и климата. Данная статья посвящена исследованию возможности применения новых способов выращивания растений.

Среди теплиц наиболее распространена конструкция «Теплица домик», недостатками которой считался большой расход материалов [3] и фундамент [4]. Им на смену пришли поликарбонатные с двускатной крышей и арочные теплицы [5]. Такая конструкция считается одной из самых надежных и долговечных [6]. Их модернизацией являются каплевидные теплицы [7], выдерживающие снегопады, пропускающие света и удерживающие тепло [8]. Разновидностью теплиц являются парники разной формы [9], например, покрытые застекленными оконными рамами [10] или переносной парник [11]. Все рассмотренные виды конструкций защищенного грунта ориентированы на ручной труд.

Внедрение роботов, средств механизации и автоматизации выращивания растений требует изменения конструкций. В частности, необходимо решить вопрос с подводом приводов для обработки земли, систем полива растений без участия человека, управления освещением и микроклиматом.

## 1. Анализ конструкций теплиц

Критерии оценки	Односкатные	Арочные	Двускатные	Каплевидные	Переносные парники
Простота сборки	Простая сборка, за счет того, что каркас опирается на стену	Простая сборка. Стоит из дуг и продольных стяжек. Сверху покрыта поликарбонатом	Сложная сборка. Включает множество элементов	Очень сложная сборка. Состоит из множества элементов	Простая сборка, за счет своей миниатюрности
Теплоизоляция	Отличная	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Средняя, однако прогревается быстрее всего
Освещенность	Плохая, обязательно нужно ставить с южной стороны	Отличная	Отличная	Отличная	Отличная
Устойчивость к нагрузкам	Средняя, нужно убирать снег с крыши теплицы	Плохая, обязательно нужно счищать снег с крыши, иначе он может повредить теплицу	Хорошая, снег почти не задерживается	Отличная, стойкий корпус, на крыше снег не задерживается	Плохая, но если ее разобрать и убрать на зиму, то это не существенный минус
Цена	Небольшая, за счет уменьшения затрат на каркас	Бюджетный вариант, стоит дешевле других теплиц	Средняя	Средняя	Дешевле всего
Возможность автоматизации	Частичная, за счет того что освещение можно прикрепить к стенке дома	Практически невозможна. Конструкция не предполагает	Сложность в установке автоматизации из-за конструкции	Сложность в установке автоматизации из-за конструкции	Легко установить автоматизацию из-за небольшого размера

Анализ показал, что поставленные вопросы о внедрении роботов [12], механизации и автоматизации актуальны и для стационарных крупных теплиц [13]. Анализ показал, что все виды имеющихся теплиц не рассчитаны на использование средств механизации и автоматизации технологических процессов [14, 15] выращивания растений. К таким средствам относятся: комплекс климатконтроля [14 – 18] (датчики освещенности; датчики температуры воздуха; датчики влажности; систему доосвещения; систему подогрева и охлаждения воздуха в теплице; систему автоматического полива); программно-аппаратный комплекс управления технологическим процессом выращивания растений (пульт управления; центральная вычислительная система; программное обеспечение; базы данных).

Цель ввода новых АСУ ТП – уменьшить долю ручного (наиболее дорогого) труда, ускорить рост растений, за счет чего добиться снижения себестоимости продукции, сделав ее конкурентоспособной в конкретном регионе. Тогда целевую функцию можно представить в виде

$$Q = \sum_{i=1}^N x_i \cdot c_i \rightarrow \max ,$$

где  $N$  – число видов сортов растений, выращиваемых в теплице;  $x_i$  – количество выращенного  $i$ -го продукта;  $c_i$  – стоимость выращенного  $i$ -го продукта.

Анализ показал, что поставленные задачи требуют изменения самих конструкций теплиц. Они должны быть удобными для размещения и обслуживания роботов, средств механизации и автоматизации, предполагающих уход за землей, создание микроклимата и максимальную механизацию при посеве семян и сборе урожая. Второй особенностью новых комплексов должен быть удаленный доступ по отношению к возможности управления отдельными узлами умной теплицы, что уже реализовано, когда в качестве пульта управления используется сотовый телефон.

#### ***Список использованных источников***

1. Интернет-ресурс: Конструкции теплиц. URL : <http://www.freeseller.ru/2663-konstrukcii-teplic.html> / (дата обращения: 18.09.2017).

2. Ремонтов, А. П. Информационно-измерительные и диагностические системы, некоторые аспекты отображения информации / А. П. Ремонтов // Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления: сб. матер. XI науч.-техн. конф. – 1999. – С. 160 – 164.

3. Середкин, А. Н. Основы защиты информации и информационные технологии / А. Н. Середкин, В. Р. Роганов, В. О. Филиппенко. – Пенза : Изд-во ПензГТУ, 2013. – 344 с.

4. Описание биологической обратной связи с использованием элементов теории автоматического управления / Б. А. Истомина, С. А. Иванов, А. В. Герасименко и др. // Современные технологии и развитие политехнического образования : сборник. – 2016. – С. 711 – 714.

5. Улучшение оперативного планирования маневровой работы на путях необщего пользования / Т. А. Нечай, Т. А. Герасименко, А. В. Герасименко, В. Р. Роганов // Современные технологии и развитие политехнического образования : сборник. – 2016. – С. 992 – 996.

6. Епифанова, К. А. Информационные модели дополненной реальности в задачах построения тренажеров / К. А. Епифанова // Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров : сборник. – Пенза. – 2015. – Т. 1. – С. 54 – 58

7. Епифанова, К. А. Система автоматического климат-контроля умной теплицы / К. А. Епифанова, В. Р. Роганов // Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров : сборник статей Междунар. конф. – Пенза. – 2016. – С. 70 – 78.

8. Епифанова, К. А. Технология управления робототехническими системами на платформе Android через технологию Bluetooth / К. А. Епифанова, Т. В. Жашкова, М. Ю. Михеев ; Современные информационные технологии. – 2016. – № 23(23). – С. 98 – 100.

9. Роганов, В. Р. By solving the problem of providing the necessary quality of the model of the surrounding space / В. Р. Роганов // Современные информационные технологии. – 2015. – № 22(22). – С. 7 – 13.

10. Жашкова, Т. В. Интеллектуальные системы и технологии : учеб.-метод. пособие. Ч. 1 / Т. В. Жашкова, М. Ю. Михеев, В. Р. Роганов. – Пенза : Изд-во ПензГТУ, 2015. – 63 с.

11. Роганов, В. Р. Сравнительный анализ систем имитации визуальной обстановки / В. Р. Роганов, В. О. Филиппенко // Современные информационные технологии. – 2014. – № 19. – С. 162 – 166.

12. Роганов, В. Р. Концепция развития робототехники в Пензенской области / В. Р. Роганов // Робототехника и системный анализ : сб. труды Междунар. науч.-практ. молодежной конф. – Пенза : ПензГТУ, 2015, вып. 1. – С. 5 – 8.

13. Роганов, В. Р. Анализ развития программы Робототехника с учетом опыта ее продвижения в средних образовательных учреждениях Пензенской области / В. Р. Роганов // Робототехника и системный анализ : сб. тр. Международ. науч.-практ. молодежной конф. – Пенза : ПензГТУ, 2015, вып. 1. – С. 9 – 13.

14. Проблемы построения систем управления микроклиматом индивидуальных теплиц / Д. Э. Сазанов, В. Я. Баннов, В. А. Трусов, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. – 2014. – № 19. – С. 272 – 277.

15. Михеев, М. Ю. Синтез обобщенных информационно-логических и математических моделей состояний и процессов в сложных эргатических системах / М. Ю. Михеев, А. А. Лепешев, К. Н. Лысенко // Современные информационные технологии. – 2016. – № 23(23). – С. 36 – 40.

16. Прокопенко, Н. Н. Архитектура и схемотехника аналоговых микросхем с собственной и взаимной компенсацией импедансов / Н. Н. Прокопенко, Н. В. Ковбасюк // Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса. – Шахты, 2007. – С. 325.

17. Prokopenko, N. N. Architecture of the microwave differential operating amplifiers with paraphrase output : in International Conference on Signals and Electronic Systems, ICSES'10 / N. N. Prokopenko, P. S. Budyakov, A. I. Serebryakov // Conference Proceeding. sponsors: Rector of Silesian University of Technology, Polish Ministry of Science and Higher Education, Gliwice City Mayor, Evatronix S. A. – 2010. – P. 165 – 168.

18. Прокопенко, Н. Н. Схемотехника широкополосных усилителей : монография / Н. Н. Прокопенко, Н. В. Ковбасюк ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Юж.-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса. – Шахты, 2005. – 217 с.

19. Prokopenko, N. N. “The bifet-technology voltage analog multipliers based on the radiation resistant abmc «Integral»” in International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009 / N. N. Prokopenko, A. I. Serebryakov, D. N. Konev ; Proceedings International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009. sponsors: Russian Found. Basic Res. RBFR proj. 09-07-06004, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Radar R and D. – Tomsk, 2009. – P. 244 – 248.

### *References*

1. Internet-resurs: Konstrukcii teplic. / <http://www.freeseller.ru/2663-konstrukcii-teplic.html> / (data obrashcheniya: 18.09.2017).

2. Remontov, A. P. Informacionno-izmeritel'nye i diagnosticheskie sistemy, nekotorye aspekty otobrazheniya informacii // V sbornike Datchiki i

preobrazovateli informacii sistem izmereniya, kontrolya i upravleniya: mater. XI nauch.-tekh. konf. – 1999. – S. 160 – 164.

3. Seryodkin A. N., Roganov V. R., Filippenko V. O. Osnovy zashchity informacii i informacionnye tekhnologii. – Penza : Izd-vo PenzGTU, 2013. – 344 s.

4. Istomin B. A., Ivanov S. A., Gerasimenko A. V., Roganov V. R., Istomin V. V., Istomina T. V. Opisaniye biologicheskoy obratnoj svyazi s ispol'zovaniem elementov teorii avtomaticheskogo upravleniya // V sbornike: Sovremennyye tekhnologii i razvitiye politekhnicheskogo obrazovaniya Nauchnoe elektronnoye izdanie. – 2016. – S. 711 – 714.

5. Nechaj T. A., Gerasimenko T. A., Gerasimenko A. V., Roganov V. R. Uluchsheniye operativnogo planirovaniya manevrovoj raboty na putyakh neobshchego pol'zovaniya // V sbornike: Sovremennyye tekhnologii i razvitiye politekhnicheskogo obrazovaniya Nauchnoe elektronnoye izdanie. – 2016. – S. 992 – 996.

6. Epifanova K. A. Informacionnye modeli dopolnennoj real'nosti v zadachah postroeniya trenazhyorov // V sbornike: Teoriya i praktika imitacionnogo modelirovaniya i sozdaniya trenazhyorov Penza, 2015. – T. 1. – S. 54 – 58

7. Epifanova K. A., Roganov V. R. Sistema avtomaticheskogo klimat-kontrolya umnoj teploty // Sbornik statej mezhdunarodnoj konferencii «Teoriya i praktika imitacionnogo modelirovaniya i sozdaniya trenazhyorov». – Penza. – 2016. – S. 70 – 78.

8. Epifanova K. A., ZHashkova T. V., Miheev M. Yu. Tekhnologiya upravleniya robotekhnicheskimi sistemami na platforme Android cherez tekhnologiyu Bluetooth/ Sovremennyye informacionnye tekhnologii. – 2016. – № 23(23). – S. 98 – 100.

9. Roganov, V. R. By solving the problem of providing the necessary quality of the model of the surrounding space // Sovremennyye informacionnye tekhnologii. – 2015. – № 22(22). – S. 7 – 13.

10. Zhashkova T. V., Miheev M. Yu., Roganov V. R. Intellektual'nyye sistemy i tekhnologii: ucheb.-metod. posobie. CHast' 1. – Penza : Izd-vo PenzGTU, 2015. – 63 S.

11. Roganov V. R., Filippenko V. O. Sravnitel'nyj analiz sistem imitacii vizual'noj obstanovki // Sovremennyye informacionnye tekhnologii. – 2014. – № 19. – S. 162 – 166.

12. Roganov, V. R. Koncepciya razvitiya robototekhniki v Penzenskoj oblasti // V sb.: Robototekhnika i sistemnyj analiz. Trudy mezhdunarodnoj



nauchno-prakticheskoy molodyozhnoj konferencii. – Penza : PenzGTU, 2015, vypusk 1. – S. 5 – 8.

13. Roganov, V. R. Analiz razvitiya programmy Robototekhnika s uchyotom opyta eyo prodvizheniya v srednih obrazovatel'nyh uchrezhdeniyah Penzenskoj oblasti // V sb.: Robototekhnika i sistemnyj analiz. Trudy mezhdunarod. nauchno-prakticheskoy molodyozhnoj konferencii. – Penza : PenzGTU, 2015, vypusk 1. – S. 9 – 13.

14. Sazanov D. E., Bannov V. Ya., Trusov V. A., Yurkov N. K. Problemy postroeniya sistem upravleniya mikroklimatom individual'nyh teplic/ Sovremennye informacionnye tekhnologii. – 2014. – № 19. – S. 272 – 277.

15. Miheev M. Yu., Lepeshev A. A., Lysenko K. N. Sintez obobshchenykh informacionno-logicheskikh i matematicheskikh modelej sostoyanij i processov v slozhnykh ergaticheskikh sistemah // Sovremennye informacionnye tekhnologii. – 2016. – № 23(23). – S. 36 – 40.

16. Prokopenko N. N., Kovbasyuk N. V. Arhitektura i skhemotekhnika analogovykh mikroskhem s sobstvennoj i vzaimnoj kompensaciej impedansov // Yuzhno-Rossijskij gosudarstvennyj universitet ekonomiki i servisa. SHahty, 2007. – 325 s.

17. Prokopenko, N. N. Architecture of the microwave differential operating amplifiers with paraphrase output : in International Conference on Signals and Electronic Systems, ICSES'10 / N. N. Prokopenko, P. S. Budyakov, A. I. Serebryakov // Conference Proceeding. sponsors: Rector of Silesian University of Technology, Polish Ministry of Science and Higher Education, Gliwice City Mayor, Evatronix S. A. – 2010. – P. 165 – 168.

18. Prokopenko, N. N. Circuitry of broadband amplifiers : mono-graphy / N. N. Prokopenko, N. V. Kovbasyuk ; Feder. Agency for education, State education. institution of higher Prof. education of the South-Russian state. UN-t of Economics and service. – Shakhty, 2005. – 217 p.

19. Prokopenko, N. N. “The bifet-technology voltage analog multipliers based on the radiation resistant abmc «Integral»” in International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009 / N. N. Prokopenko, A. I. Serebryakov, D. N. Konev ; Proceedings International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009. sponsors: Russian Found. Basic Res. RBFR proj. 09-07-06004, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Radar R and D. – Tomsk, 2009. – P. 244 – 248.

УДК 631.331.85

**А. А. Завражнов<sup>1</sup>, В. Ю. Ланцев<sup>1</sup>, Б. С. Мишин<sup>1</sup>,  
И. А. Елизаров<sup>2</sup>, Н. И. Крецу<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> (ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Мичуринск, Россия);

<sup>2</sup> (ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия);

<sup>3</sup> (ОАО «Миллеровосельмаш», Миллерово, Россия)  
e-mail: Noc-inteh@yandex.ru

## **СОВРЕМЕННЫЕ СЕЯЛКИ ТОЧНОГО ВЫСЕВА КАК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ**

*Аннотация.* В статье описываются мероприятия по использованию на сеялках точного высева интеллектуальных мехатронных систем.

*Ключевые слова:* сеялка точного высева, интеллектуальная мехатронная система, беспроводная система связи.

**A. A. Zavrazhnov<sup>1</sup>, V. Yu. Lantsev<sup>1</sup>, B. S. Mishin<sup>1</sup>,  
I. A. Elizarov<sup>2</sup>, N. I. Cretu<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> (Michurinsk State Agrarian University,  
Michurinsk, Russia);

<sup>2</sup> (Tambov State Technical University, Tambov, Russia);

<sup>3</sup> (Millerovoselmash OJSC, Millerovo, Russia)

## **MODERN PRECISION SEEDLING SEEDLINGS LIKE INTELLIGENT MECHATRONIC SYSTEMS**

*Abstract.* The article describes the measures for using intelligent mecharon systems on precision planters.

*Keywords:* Precision planter, intelligent mechatronic system, wireless communication system.

Результаты исследований, представленные в статье, получены в рамках реализации Соглашения № 075-11-2019-041 от 22 ноября 2019 г. между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и ПАО «Миллеровосельмаш» на выполнение НИОКТР по теме «Создание высокотехнологичного производства многофункциональных комплексов для посева и возделывания пропашных и овощных культур в системе «точного» и «нулевого» земледелия на базе интеллектуальных мехатронных модулей».

Современные реалии выдвигают высокие требования к сеялкам точного высева в плане качественного выполнения технологического процесса и атрибутов «точного земледелия».

Сеялки с механическим приводом исчерпали свои технико-технологические возможности, и в настоящее время требуются новые решения, определяющие конкурентные преимущества новых сеялок.

В сеялках точного высева традиционной компоновки (например, сеялка типа МС-8, производства ПАО «Миллеровосельмаш») можно отметить следующие недостатки:

1. Норма высева сеялки типа МС-8 постоянна между двумя настройками оператора, независимо от качества почвы, что приводит или к недостатке, или перерасходу зерна и удобрений. Качество почвы непостоянно по полю, зависит от рельефа местности, климата, предшествующей технологии выращивания культур на данном поле.

2. Неизвестно реально высеянное количество семян на данном участке поля.

3. Отсутствует информация об отказе элементов посевного агрегата.

4. Механический привод высевного аппарата от опорного колеса секции предусматривает необходимость при настройке нормы высева каждый раз сложную и громоздкую систему переналадки зубчатой системы передаточного механизма.

5. Передаточный коэффициент от опорных колес до высевного аппарата (норма высева) остается постоянным до следующей переналадки, что не позволяет автоматически изменять норму высева по полю на отдельных ее участках.

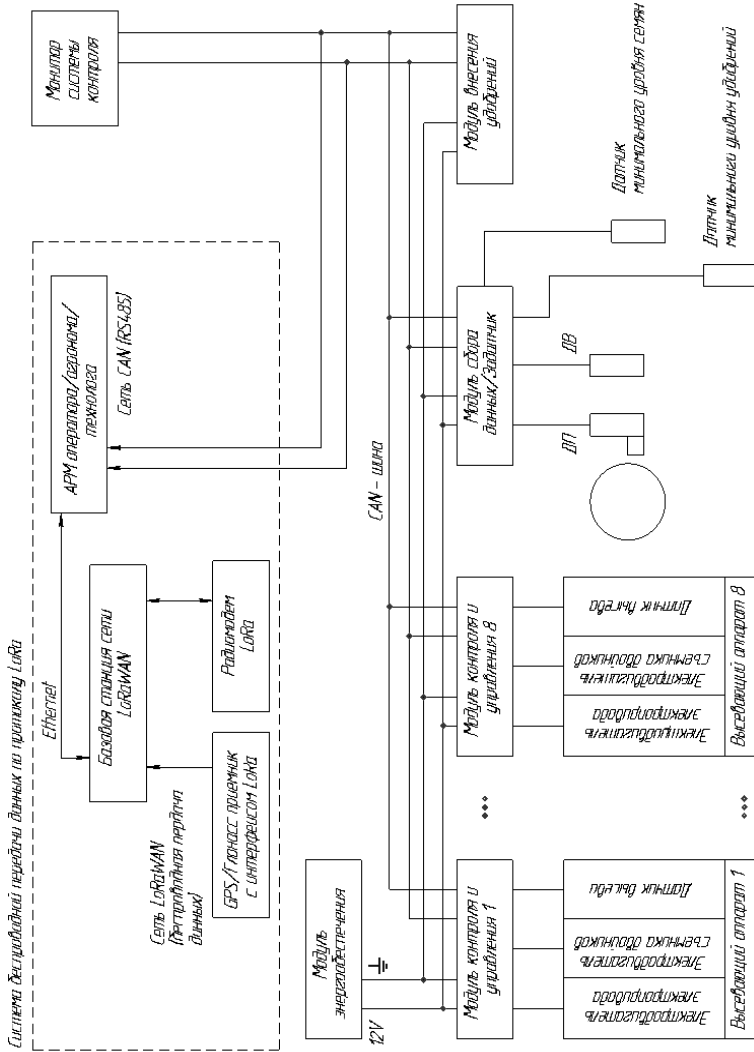
Данными недостатками страдают практически все отечественные и зарубежные механические сеялки точного высева.

Для устранения вышеуказанных недостатков и повышения технического уровня автоматизации процесса высева предлагается:

1. В сеялке типа МС-8 заменить механический привод высевного аппарата от опорного колеса секции управляемым электрическим приводом.

2. Для управления электрическим приводом разработать систему контроля высева семян с учетом пропусков и «двойников» высевающего аппарата, совмещенную с системой контроля всего посевного агрегата.

На рисунке 1 приведена структурная схема системы контроля и управления сеялкой.



**Рис. 1.** Структурная схема системы контроля и управления связкой

Каждый высевающий аппарат и дозатор удобрений имеет интеллектуальный мехатронный модуль для автоматической установки нормы высева и внесения удобрений, систему контроля высева семян и систему беспроводной передачи данных.

Каждый мехатронный модуль управляется с общего модуля контроля и управления, а также на основании управляющих сигналов с модуля сбора данных.

Модуль сбора данных в процессе работы получает информацию с датчика пути, датчика высева, датчиков минимального уровня семян и уровня удобрений.

Все эти данные собираются в единый массив и поступают в монитор системы контроля, который связан с системой беспроводной передачи данных по технологии LoRa. Монитор системы контроля передает информацию на базовую станцию сети LoRaWAN и затем на операторскую станцию. В состав приборов первого уровня включен GPS/ГЛОНАСС-приемник с поддержкой сети LoRaWAN, который устанавливается непосредственно на высевающем аппарате.

Базовая станция сети LoRaWAN осуществляет взаимодействие с оборудованием мобильной платформы по сети LoRaWAN. Для передачи данных на сервер и АРМ оператора/агронома в качестве основного канала используется сеть Ethernet.

Монитор системы контроля, помещенный в пылевлагозащищенный корпус, имеющий расширенный диапазон рабочих температур и установленный непосредственно на высевающем аппарате, выполняет: сбор сигналов от датчиков; реализацию алгоритмов управления и формирование управляющих сигналов на исполнительные механизмы; передачу и прием информации из промышленной сети на базе интерфейса RS485; сетевой обмен данными с АРМом оператора по беспроводному каналу LoRaWAN через радиомодем и базовую станцию; сетевой обмен с НМІ водителя по проводному (RS485) или беспроводному каналу (например, WiFi).

Третий (верхний) уровень комплекса технических средств представлен АРМом оператора/агронома, который совмещен с сервером сети LoRaWAN.

АРМ оператора осуществляет выполнение следующих функций: формирование сетевых запросов к контроллеру среднего уровня и базовой станции; получение от них оперативной информации; сигнализация (световая и звуковая) о выходе параметров за предупредительные и предельно допустимые (аварийные) границы; отображение на экране монитора информации в удобном для оператора виде (в цифровом виде,

в виде трендов, динамизированных мнемосхем); осуществление долговременного хранения динамической информации (ведение архива) о ходе процесса; коррекция необходимых параметров алгоритмов управления; автоматическая генерация отчетов.

Реализация этих функций возможна при использовании в составе АРМ оператора SCADA-системы КПУГ-2000 или MasterSCADA.

Неоспоримым преимуществом предлагаемой системы являются возможность автоматической настройки управляемых параметров, что переводит сеялку точного высева в категорию интеллектуальных мехатронных систем.

Для управления мехатронной модуль-системой автоматической установки нормы высева и внесения удобрений целесообразно использовать электропривод постоянного тока, например, вентильный (бесколлекторный) электродвигатель MXUS XF12/40 (Китай), имеющий характеристики, представленные в табл. 1.

## **2. Характеристики бесколлекторного электродвигателя постоянного тока MXUS XF12/40**

Характеристика	Значение величины
Номинальное напряжение, В	48
Номинальная мощность XF12, Вт	350
Номинальная мощность XF40, Вт	1000
Потребляемый ток, А(не более)	25
Обороты, об/мин	0 ...280
Модель контроллера управления	КТ48ZWSR-NBP01
Тип управляющего воздействия	Аналоговый
Напряжение управляющего воздействия, В	1 – 4,2
Степень защиты корпуса	IP67

Электрическая схема управления мехатронной модуль-системой автоматической установки нормы высева и внесения удобрений приведена на рис. 2.

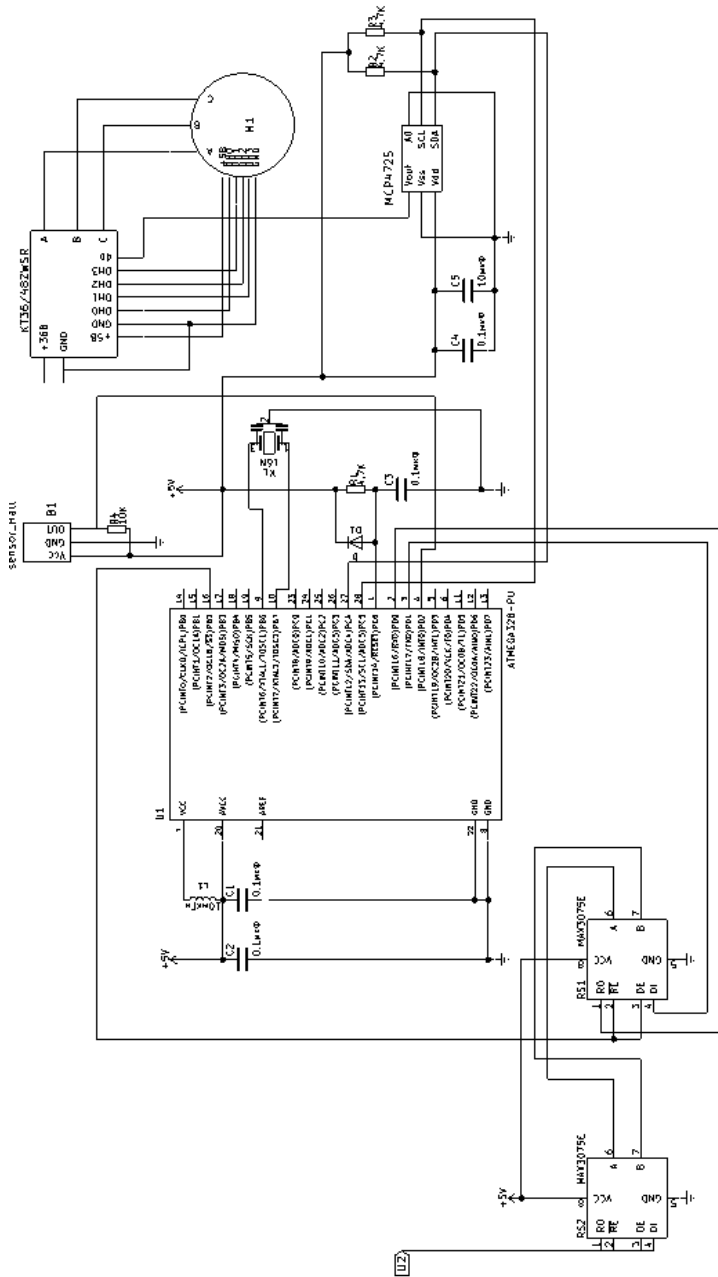


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема управления мехатронной модуль-системой автоматической установки нормы высева

Перед началом работы оператор через панель управления основного контроллера U2 задает величину нормы высева, скорости движения сеялки и других требуемых параметров.

Далее через преобразователи USART-RS485 RS2 и RS1 основной контроллер подает массив данных на микроконтроллер U1. Микроконтроллер на основании данных выбирает режим работы для электропривода M1 диска внесения удобрений. После начала работы микроконтроллер U1 принимает сигнал с датчика скорости B1.

При изменении скорости движения сеялки микроконтроллер формирует управляющие сигналы, которые через цифро-аналоговый преобразователь MCP4725 подаются на контроллер КТ36, который управляет скоростью вращения электроприводом M1. Таким образом, при различной скорости движения сеялки будет поддерживаться постоянная норма внесения удобрений путем изменения скорости вращения электропривода.



**I. Kliopova, R. P. Budrys**  
(Kaunas University of Technology, Institute of Environmental  
Engineering, Kaunas, Lithuania)

## **NEW BIOTECHNOLOGIES FOR BIO-WASTE PROCESSING IN AGRICULTURAL COMPLEX**

*Abstract.* The aim of this study is to show advantages due to application of new biotechnologies for sustainable agriculture development. This paper presents the information about microbiological preparations usage for optimization of biological processing bio-waste in agricultural complex without additional investments. An experiment was carried out during the study: biological treatment of horse farming bio-waste by tradition composting method was compared with the composting in semi-anaerobic conditions by usage probiotic substance. The main technological, environmental and economic results obtained using probiotics are presented in this paper.

*Keywords:* bio-waste, poultry farming, probiotics, sustainable agriculture development.

The continuous growth of bio-waste in Agricultural Complex (plant origin waste, also waste from farms, poultry houses) can cause significant environmental problems [1]. For example, currently, widely used bio-waste management methods in Lithuanian farms (in the main, manure storage and fertilizer in the field (up to 80%)) have a very negative impact on environment and human health due to air emissions, GHGs, odor emissions, parasitological – microbiological pollutions, soil and groundwater contamination with nitrates, etc. Application of the Industrial Ecology practise (Cleaner Production, Industrial Symbiosis, etc.) is one of the methods to minimize environmental impact and to optimize process stability [2; 3]. For example, composting manure waste with plant origin waste (mixing ratio – 1:0.7 by the weight) will allow receiving suitable C:N ratio (20-30:1) and thus, maintaining other appropriate technological parameters (temperature, humidity, O<sub>2</sub> content) during composting [4]. Biological treatment of such bio-waste and processes optimization by the usage of probiotic substances (e.g., SCD BioAg®, ProbioStopOdor, Bioclean™, ACIDULO™, etc.) is one of the new possibilities of minimizing environmental impact without additional investments [4].

An experiment was carried out during the study in ordinary horse farm in Vilnius district, in which about 300 breeding horses are bred and raised. Two bio-waste composting methods were compared: tradition open aerobic composting and semi-anaerobic composting using probiotic ProbioStop Odor. This probiotic substance was produced by natural fermentation using beneficial microorganisms and therefore consists of water, Lactic Acid Bacteria, yeast, other good bacteria, carbohydrates, and proteins.

During environmental audit, it was estimated, that over 7.65 thousand m<sup>3</sup> per year of manure and bedding are generated in analyzed horse farm (see Table 1). A few years ago this bio-waste was simply stored in piles, which is spread in the fields, rotting, polluting a nearby small river and causing unpleasant odor.

### 1. Results of assessment of manure volume

Analysed parameters	Dimension	1 horse	300 horses
Volume of manure (horse – ≈ 500 kg)	kg/day	25	7500
During barn period*	t	5.5	1650
Volume of manure	t/year	9.13	2738
Volume of manure and bedding (incl. straw)	m <sup>3</sup> /day	0.07	21.00
Volume of manure and bedding	m <sup>3</sup> /year	25.5	7650
During barn period*	m <sup>3</sup>	15.4	4620

\*Period during which the animal is kept in the barn: 200 – 220 days.

To start with, classic aerobic composting process (composting horse manure with straw litter) was started by forming piles, using a front loader, turner with spray equipment (for feeding water directly into the pile). One composting cycle within aerobic conditions is carried out during 4 months, incl. 2 months of primary compost production. Up to 16 turns are made with turner during primary compost production.

During the experiment, composting process was carried out within semi-anaerobic conditions by usage probiotic substance (up to 0.3 l/t of manure; dilution with water 1:50). The compost turning process was performed only once per 10 days. Measurement of odor was performed with the device IBRID MX6. Process temperature and humidity were also measured. The thermophilic temperature of 60 °C was recorded in the 1<sup>st</sup> pile with probiotic after 20 days, 63 °C – on the 25 days of composting, and then, after 1 week the temperature started to decrease towards the mesophilic (<45 °C). Thus, the composting conditions provided in the Lithuanian requirements for composting biodegradable waste «to maintain a temperature of at least 60 °C for at least 7 days» have been maintained. The temperature of 60 °C was recorded in the 2<sup>nd</sup> pile only after 3 weeks. The samples of the produced primary composts were formed and delivered to the certified Agrochemical Research Laboratory for analyzation of quality and contamination indicators: from 1<sup>st</sup> pile – after 50 days, from 2<sup>nd</sup> pile – after

60 days. The results of laboratory analysis are presented in the Table 2. Environmental and economic benefits due to new biotechnologies usage are evaluated in the Table 3.

## 2. Results of laboratory analysis of compost quality and contamination indicators

Compost quality and contamination indicators	Results of horse manure		Values for valuable compost [5; 6]	Conclusions due to compost value
	HC	HC <sub>(P)</sub>		
<i>Number of analyzed samples</i>	3	2		
pH	8.1	8.5 ± 0.3	6.1 – >9	HC – high; HC <sub>(P)</sub> – very high
Organic matter, % DM	24.78	46.00 ± 5.0	16 – >45	HC – low; HC <sub>(P)</sub> – very high
Total nitrogen (N), % DM	1.05	1.20 ± 0.2	0.5 – >2	Average
Phosphorus (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), % DM	0.41	0.82 ± 0.15	0.4 – >1.8	HC – low; HC <sub>(P)</sub> – average
Potassium (K <sub>2</sub> O), % DM	1.53	2.20 ± 0.6	0.7 – >3	HC – average; HC <sub>(P)</sub> – high
Water-soluble N, mg/l	628.5		51 – > 200	Very high
Water-soluble P, mg/l	78.8		26 – > 100	High
Water-soluble K, mg/l	2963		91 – > 300	Very high
Humic acid content, %	3	2.7±0,3	-	Average
Fulvic acid content, %	0.61	0.48 ±0,3	-	
Cadmium (Cd), mg/kg	0.092 – 0.17		≤1.5	Very high value as it is almost not contaminated with heavy metals and microbiological / parasitological pollutions
Chrome (Cr), mg/kg	5.93 – 7.17		≤70	
Nickel (Ni), mg/kg	4.03 – 7.30		≤50	
Lead (Pb), mg/kg	3.97 – 10.2		≤120	
Copper (Cu), mg/kg	8.8 – 9.77		≤200	
Zinc (Zn), mg/kg	47.7 – 62.0		≤500	
E. coli (Esherichia coli), cfu/g	<200	<100	≤ 1000	
Salmonella spp., units/25 g	0	0	0	

\*DM – dry matter.

### 3. Evaluation of environmental benefits and economic savings

Compared inputs and outputs	Dimension	Classic composting	Composting with probiotic	(+ Saving (minimizing) / (-) Increasing		
		Units/y	Units/y	Units/y	Eur/unit	Eur/y
Manure and bedding	m <sup>3</sup>	7650	7650	-	-	-
Diesel fuel <sup>1</sup>	l	11 923	11 180	743	1.10	817.30
Hydraulic oil	l	60.5	56.7	3.5	5.00	19.00
Grease	l	8.4	7.9	0.5	5.00	2.50
Probiotic substance	l	0	821.40	821.40	9.00	-7392.60
Water for dilution	m <sup>3</sup>	0.00	41.07	-41.07	0.48	-19.71
Horse compost	m <sup>3</sup>	4200	4200	-	-	-
Air emissions from mobile sources	t	0.49	0.46	0.03		16.85
Air emissions NH <sub>3</sub>	t	2.46	0.30	2.16	4.00	8.64
GHGs (CO <sub>2</sub> )	t	31.25	29.30	1.95	-	-
Direct cost, Eur/y						-6548.02
Incomes increases from the sale of higher value compost (from 4.00 to 4.80 Eur/50 l), Eur/y						67 200.00
Total savings / profit, Eur/y						60 651.98

<sup>1</sup>Diesel fuel consumption: turner – 6 l/h, loader – up to 10 l/h, trommelschreien – 5.5 l/h.

According to the requirements for the fertilizing product [6], horse manure compost (HC) can be used as a «livestock manure compost» (soil improver), because organic matter is over 20% in DM, (N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O) content is over 2.5% in DM. In case of composting with probiotic, horse manure compost (HC<sub>(p)</sub>) can be used both, as a soil improver and as a substrate «litter manure» due to higher value of following parameters: organic matter is over 35% in DM, (N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O) content is over 3.5% in DM. One tonne of produced compost HC<sub>(p)</sub> consist of 12 kg of nitrogen, 8.2 kg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 22 kg of K<sub>2</sub>O, which corresponds to 35 kg of ammonium nitrate, 41 kg of superphosphate and 37 kg of potassium chloride.

The implementation of analyzed biotechnological method is beneficial in the field of technologies (composting process optimization by time and temperature), environmental (elimination of odor, minimization of NH<sub>3</sub> emissions), economics – incomes receiving due to producing higher value fertilizing product (total savings – up to 60.7 thousand Eur/y).

### *References*

1. Nagendran, R. Agricultural Waste and Pollution. Waste. A Handbook for Management. Academic Press, 2011. – P. 341 – 355.
2. Kliopova I., Stunžėnas E. Application of Industrial Ecology method for sustainable agricultural development. Proceedings of I International Scientific and Practical Conference Digitalization of Agro industrial Complex. TITY, 2018. – V. 1. – P. 67 – 69.
3. Alfaro J., Miller S. Applying industrial symbiosis to smallholder farms: Modelling a case study in Liberia, West Africa. J Ind Ecol. Wiley Online Library, 2014. – V. 18(1). – P. 145 – 154.
4. Kliopova I., Staniškis J. K., Stunžėnas E., Jurovickaja E. Bio-nutrient recycling with a novel integrated biodegradable waste management system for catering companies. J. Clean. Prod. Elsevier, 2019. – V. 209. – P. 116 – 125.
5. Staugaitis G., Kliopova I., Mažeika R., Gvildienė K., Jurovickaja E. Arrangement of Requirements (Criteria) for Products made of Biodegradable Waste. Report of Applied Scientific Research, Ordered by Ministry of Environment of the Republic of Lithuania, 2015. – 131 p.
6. Description of the procedure for inclusion and removal of fertilizing products placed in the identification list and supplied in the market of the Republic of Lithuania. Approved by Minister of Agriculture of the Republic of Lithuania in May 10, 2019 by order No. 3D-292.

**Bernardo Buonomo, Lucia Capasso, Oronzio Manca,  
Sergio Nardini**

(Dipartimento. di Ingegneria, Università degli Studi della Campania  
“Luigi Vanvitelli”, Real Casa dell'Annunziata, Via Roma 29,  
Aversa (CE) 81031, Italy)

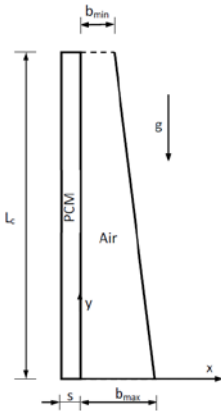
## **SOLAR CHIMNEY WITH INTEGRATED LATENT THERMAL STORAGE APPLICATIONS IN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

*Abstract.* A two-dimensional numerical investigation on a prototypal solar chimney system integrated with an absorbing capacity wall in a south facade of a building is numerically studied. The capacity wall is composed of a high absorbing plate and an assigned thickness of phase change material. The chimney consists of a converging channel with one vertical absorbing wall and the glass plate inclined of  $2^\circ$ . The transient analysis on a two-dimensional model in airflow is carried out and the governing equations for natural convection in turbulent flow with Boussinesq assumption and thermophysical properties temperature independent are given in terms of  $k$ - $\varepsilon$  turbulence model. The numerical analysis was intended to evaluate the thermal and fluid dynamic behavior of the solar chimney integrated with a latent thermal energy storage system for different values of the PCM thickness.

*Keywords:* Solar chimney, Latent thermal energy storage, Integrated solar system, Phase change materials, Vertical channels.

**Introduction.** Solar chimney is employed in several applications such as ventilation for thermal comfort, passive solar heating and cooling of buildings, solar energy drying, and electric power generation [1 – 3]. It employs solar radiation to raise the temperature of the air and the buoyancy of warm air to accelerate the air stream flowing through the system. It is very important to evaluate the thermal and fluid dynamic behaviors to realize a correct design of the solar chimney also for the case with an integrated thermal energy storage system [1, 4]. It includes height, width and depth of cavity, type of glazing, type of absorber, and inclusion of insulation or thermal mass. Besides these system parameters, other factors such as the location, climate, and orientation can also affect its performance [2, 5, 6]. However, the conventional solar chimneys are not able to work during night-time or cloudy day, due to the low heat storage capacity of conventional solar energy storage materials. A solar chimney incorporating with Latent Heat Storage (LHS) [7] not only possesses the advantages of the conventional chimney but is also able to store solar energy by means a phase change material during sunshine hours and release it after sunset. This can reduce the heat losses and improve the thermal efficiency of the build-

ings and drying systems. Li et al [8] analyzed the effects of various parameters of a phase change material (PCM) including the phase change temperature, specific heat, thermal conductivity and initial PCM temperature on the thermal performance of solar chimney in terms of the melting and freezing times, mass flow rate and air temperature difference between inlet and outlet. In this paper, a two-dimensional numerical investigation on a prototypal solar chimney system integrated with an absorbing capacity wall in a south facade of a building is presented.



**Fig. 1. Solar Chimney**

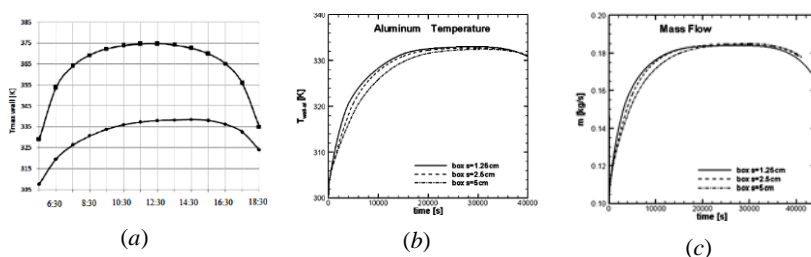
**Methodology.** The configuration of the analyzed solar chimney is shown in Fig. 1. It consists of a channel composed by an absorbing vertical wall of height,  $L$ , on which is imposed a uniform heat flux, and by a low-emissivity glass wall, inclined to the vertical at an angle equal to  $2^\circ$ . A rectangular box filled with phase change material is located behind the vertical wall. The thickness of the box is “ $s$ ” and the height of the box is the same of the vertical wall. The inlet and outlet sections are  $b_{\max}$  and  $b_{\min}$ , respectively. All the values of the geometrical parameters are reported in Table 1. The analysis is accomplished in the vertical channel assuming a two-dimensional unsteady, turbulent natural convection in air and the melting-solidification phase change problem inside the cavity. All thermo-physical properties are assumed temperature independent and are evaluated at ambient temperature.

**Table 1.** Solar chimney dimensions

Dimension	[m]
$L_c$	4.00
$s$	0.0125, 0.025, 0.05
$b_{\max}$	0.34
$b_{\min}$	0.20

The Boussinesq approximation is employed for the air and the PCM, the  $k-\epsilon$  model is used to solve the turbulent flow inside the channel. The solidification/melting process of the PCM is modelled employing the enthalpy-porosity technique [9].

**Results.** The heated wall is oriented towards south and simulations are performed considering the solar chimney located in Aversa (Italy) during the June 21 by the sunrise to the sunset. For every hour that is analyzed, different values of heat flux are imposed in transient regime. In Fig. 2a, the comparison between the maximum wall temperature of the collecting wall for the system with and without the thermal storage. The figure points out that the presence of the storage determines a lower temperature peak at the highest value of solar radiation, at noon. In Fig. 2b, the average temperature of the wall is given as a function of time and it is interesting to observe that the effect of the thermal storage thickness is more significant during the increase of the solar radiation whereas in the afternoon the stored energy is released and the temperature values decrease less. The same trends are depicted for the mass flow rate inside the channel, in Fig. 2c. In fact, the effect of the thickness is weak but the presence of the PCM determines a quasi-constant mass flow rate in the afternoon.



**Fig. 2. Maximum wall temperature and mass flow rate profiles**

The wall temperatures in the system are almost similar for the three analyzed configurations. Also the air velocity profiles inside the channel are similar and the values are almost equal. The relevant results concern the PCM because even inside the smallest box it is not completely melted. In fact, a value of less than 50% of molten material has been noted.

### References

1. E. Gholamalizadeh and M. H. Kim, "CFD (computational fluid dynamics) analysis of a solar-chimney power plant with inclined collector roof", *Energy*, 107, pp. 661-667, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.04.077>.
2. A. Ayadi, Z. Driss, A. Bouabidi, M. S. Abid, "Experimental and numerical study of the impact of the collector roof inclination on the performance of a solar chimney power plant", *Energy and Buildings*, 139, pp. 263-276, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.01.047>.



3. Husham Abdulmalek, S., Khalaji Assadi, M., Al-Kayiem, H. H., Gitan, A. A., A comparative analysis on the uniformity enhancement methods of solar thermal drying, *Energy* 148, pp. 1103-1115, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.060>.
4. B. Buonomo, O. Manca, C. Montaniero, S. Nardini, Numerical Investigation of Convective-Radiative Heat Transfer in a Building-integrated Solar Chimney, *Advances in Building Energy Research*, vol. 9 issue 2, pp. 253-266, 2015. <https://doi.org/10.1080/17512549.2015.1014840>.
5. Rahman, M. M., Chu, C. M., Kumaresen, S., Yan, F. Y., Kim, P. H., Mashud, M., Rahman, M.S. Evaluation of the modified chimney performance to replace mechanical ventilation system for livestock housing (2014) *Procedia Engineering*, 90, pp. 245-248. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.844>
6. L. Cirillo, D. Di Ronza, V. Fardella, O. Manca, S. Nardini, Numerical and experimental investigations on a solar chimney integrated in a building facade, *International Journal of Heat and Technology*, Vol. 33, No. 4, pp. 246-254, 2015. <https://doi.org/10.18280/ijht.3304>
7. B. Buonomo, L. Capasso, A. Diana, O. Manca, S. Nardini, A numerical analysis on a solar chimney with an integrated latent heat thermal energy storage, *AIP Conference Proceedings* 2191, 020029 (2019). <https://doi.org/10.1063/1.5138762>.
8. Y. Li, S. Liu and J. Lu, Effects of various parameters of a PCM on thermal performance of a solar chimney, *Appl. Therm. Eng.* 127, 1119 – 1131 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.08.087>.
9. V. R. Voller and C. Prakash, “A Fixed-Grid Numerical Modeling Methodology for Convection-Diffusion Mushy Region Phase-Change Problems”, *Int. J. Heat Mass Transfer*. 30, (1987), pp. 1709–1720.

**II Международная научно-практическая конференция**

**«ЦИФРОВИЗАЦИЯ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»**

В 2-х томах

Том I

**Сборник научных статей**

Редакторы: Е. С. Мордасова, И. В. Калистратова,  
Л. В. Комбарова

Инженеры по компьютерному макетированию:  
И. В. Евсеева, Т. Ю. Зотова, М. Н. Рыжкова

**ISBN 978-5-8265-2245-5**



9 785826 152245 5

Подписано к использованию 12.10.2020.  
Тираж 100 шт. Заказ № 81

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.  
Телефон (4752) 63-81-08.  
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru

