

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА DIGITAL ECONOMY

Экономические системы. 2023. Том 16, № 3 (62). С. 45–63.
Economic Systems. 2023;16(3(62)):45-63.

Научная статья
УДК 658

5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика

DOI 10.29030/2309-2076-2023-16-3-45-63

Автоматизация процесса управления производством органической продукции средствами интеллектуальной системы

**Наталья Федоровна Зарук¹, Ирина Евгеньевна Быстренина²✉,
Анна Евгеньевна Харитонова³**

^{1, 2, 3} Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

¹ zaruk84@bk.ru

² iesh@rambler.ru

³ kharitonova_ae @yandex.ru

Аннотация. Переход к органическому сельскому хозяйству может помочь преодолеть в России экологические проблемы и сохранить природные ресурсы для будущих поколений. Также развитие органического сельского хозяйства содействует повышению качества пищевых продуктов и может привести к улучшению здоровья нации. Один из ключевых факторов, который способствует развитию органического сельского хозяйства в России, – это наличие огромных просторов неиспользованных земель. В свете этого правительство России принимает меры для стимулирования развития органического сельского хозяйства. Принятые меры включают поддержку и субсидирование органических фермеров, создание специальных программ и проектов, а также разработку соответствующего законодательства.

Представленная статья посвящена исследованию процесса управления производством органической продукции, автоматизации его основных этапов. Авторами описана разработка гибридной интеллектуальной системы совершенствования процесса управления производством органической продукции для развития органического растениеводства как высокотехнологичного направления сельского хозяйства. Представлены информационная, поведенческая модели и модель компонентов интеллектуальной системы. Основными модулями гибридной интеллектуальной информационной системы являются база знаний, исполнительная система, интеллектуальный интерфейс. Для инте-

© Зарук Н.Ф., Быстренина И.Е., Харитонова А.Е., 2023

грации с другими системами возможно включение модуля интеграции. Роль интеллектуального интерфейса заключается в формировании концептов, используемых для принятия решения о возможности производства органической продукции. В свою очередь, в базу знаний, или хранилище концептов, поступают извлеченные концепты и фрагменты текстов. Задачи исполнительской системы – визуализация, ведение статистики и поиск ассоциативных правил факторов производства органической продукции в рамках рассматриваемого уровня.

Разработанная система позволяет менять входные параметры и условия по региону, социально-экономическому положению и климатическим условиям, корректировать запросы пользователя для получения наиболее оптимальных предлагаемых решений.

Ключевые слова: органическое сельское хозяйство, управление производством, интеллектуальная информационная система, архитектура гибридной интеллектуальной системы, модели информационной системы, база знаний

Для цитирования: Зарук Н.Ф., Быстренина И.Е., Харитонова А.Е. Автоматизация процесса управления производством органической продукции средствами интеллектуальной системы // Экономические системы. 2023. Том 16, № 3 (62). С. 45–63. DOI 10.29030/2309-2076-2023-16-3-45-63.

Финансирование: финансовая поддержка ФГБОУ ВО Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева. Тема проекта «Разработка информационной системы совершенствования технологий производства органической продукции» № 8, Приказ от 06.04.2023 № 218.

Original article

Automation of the process of managing the production of organic products by means of an intelligent system

Natalia F. Zaruk¹, Irina E. Bystrenina^{2✉}, Anna E. Kharitonova³

^{1,2,3} Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia

¹ zaruk84@bk.ru

² iesh@rambler.ru

³ kharitonova_ae@yandex.ru

Abstract. The transition to organic agriculture can help overcome environmental problems in Russia and preserve natural resources for future generations. Also, the development of organic agriculture contributes to improving the quality of food products and can lead to an improvement in the health of the nation. One of the key factors that contributes to the development of organic agriculture in Russia is the presence of vast expanses of unused land. In light of this, the Russian Government is taking measures to stimulate the development of organic agriculture.

The measures taken include support and subsidies for organic farmers, the creation of special programs and projects, as well as the development of appropriate legislation.

The presented article is devoted to the study of the process of managing the production of organic products, automation of its main stages. The authors describe the development of a hybrid intelligent system for improving the process of managing the production of organic products for the development of organic crop production as a high-tech direction of agriculture. Information, behavioral models and a model of components of an intelligent system are presented.

The main modules of the hybrid intelligent information system are the knowledge base, the executive system, and the intelligent interface. For integration with other systems, it is possible to enable the integration module. The role of the intelligent interface is to form concepts used to make decisions about the possibility of producing organic products. In turn, the knowledge base, or concept repository, receives the extracted concepts and fragments of texts. The tasks of the executive system are visualization, statistics maintenance and search for associative rules of organic production factors within the framework of the considered level.

The developed system allows you to change input parameters and conditions by region, socio-economic situation and climatic conditions, adjust user requests to obtain the most optimal proposed solutions.

Keywords: organic agriculture, production management, intelligent information system, hybrid intelligent system architecture, information system models, knowledge base

For citation: Zaruk N.F., Bystrenina I.E., Kharitonova A.E. Automation of the process of managing the production of organic products by means of an intelligent system. *Economic Systems*. 2023;16(3(62)):45-63. (In Russ.). DOI 10.29030/2309-2076-2023-16-3-45-63.

Funding: financial support of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. The topic of the project is «Development of an information system for improving organic production technologies» No. 8, Order No. 218 dated 06.04.2023.

Введение

Информационные технологии играют важную роль в экономике страны. Они позволяют автоматизировать и оптимизировать процессы производства, что повышает производительность труда и снижает затраты на производство товаров и услуг. Также информационные технологии способствуют развитию новых отраслей экономики, таких как разработка программного обеспечения, интернет-торговля и т. д., что ведет к созданию новых рабочих мест и увеличению занятости. Данные технологии обеспечивают быструю и эффективную коммуникацию между компаниями, клиентами и партнерами, а также улучшают доступ к информации, что повышает эффективность принятия решений и развитие инноваций. Это – лишь некоторые аспекты внедрения информационных технологий в бизнес-процессы хозяйствующих субъектов. Данная тенденция характерна и для структур агропромышленного комплекса (АПК).

Эффективность функционирования и развития растениеводства как отрасли АПК в современных рыночных условиях хозяйствования в большой степени зависит от

его рационального размещения и специализации, обеспечивающих наиболее оптимальное использование природно-экономических условий и позволяющих производить конкурентоспособную продукцию. Вопрос развития органического растениеводства как высокотехнологичного направления сельского хозяйства обусловлен не только необходимостью обеспечения населения продовольствием, но и сохранением здоровья будущего поколения страны. Развитие органического сельского хозяйства имеет огромную значимость для человека по ряду причин.

Во-первых, органические продукты питания производятся без использования синтетических пестицидов, гербицидов и химических удобрений. Это означает, что они не содержат остатков данных веществ, что обеспечивает более здоровое питание для людей, так как они не подвергаются воздействию вредных химических веществ. Также органическое сельское хозяйство использует эффективные методы управления почвой, водой и биоразнообразием, такие как периодическая смена культур, компостирование и использование натуральных удобрений. Это помогает сохранить почву плодородной, а водоемы чистыми. Нельзя не отметить, что органические продукты питания часто имеют более высокое качество по сравнению с продуктами конвенционального сельского хозяйства и более высокий питательный состав.

В целом развитие органического сельского хозяйства является ключевым для достижения устойчивого и здорового будущего для человека и планеты. Поэтому целесообразно усилить меры по развитию органического сельского хозяйства, которые предполагают совершенствование законодательства, структуры сертификационных и надзорных органов, оказание финансовой, информационной и маркетинговой поддержки.

В целях сокращения отставания по производительности труда, урожайности и другим показателям от стран с традиционно развитым сельским хозяйством в Российской Федерации все больше внимания уделяется разработке мер государственной поддержки в части стимулирования развития цифровых технологий в агропромышленном комплексе. Министерством сельского хозяйства Российской Федерации разработан ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» на базе и в развитие Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», в рамках которого предусмотрен комплекс мероприятий по внедрению цифровых технологий и платформенных решений в АПК.

Таким образом, роль информационных технологий в сельском хозяйстве становится более значимой и влиятельной. Они помогают улучшить эффективность и продуктивность сельскохозяйственных операций, снизить затраты и повысить качество продукции [1, 2, 3, 4, 5].

Теоретические и практические аспекты внедрения информационных технологий в процесс управления сельскохозяйственным производством нашли свое отражение в трудах отечественных и зарубежных авторов. Особый интерес представляют исследования коллектива ученых из Университета Аристотеля в Салониках: И.М. Ифадиса, А. Мавридиса и П. Савваидиса [6]. Исследователи уделяют большое внимание вопросам точного органического земледелия, основанного на ГИС, принятию

управленческих решений в сельскохозяйственном производстве государственными учреждениями, фермерами, дилерами и др.

Большое внимание производству органической продукции уделяет также группа китайских ученых из Хэйлунцзянского сельскохозяйственного университета Байи: Си Ван, Чун Ван, Синьжун Ван, Вэйдун Чжуан. Они призывают к внедрению отслеживания цепочки поставок органического производства сои, которая включает завод по производству органической сои, процесс переработки сои, ее органическую упаковку и т. д. Указанные ученые считают, что предлагаемое отслеживание продукции может определять обязанности каждого участника путем записи информации, а затем снижения частоты контрафакта и улучшения качества продукции [7].

Среди отечественных ученых, занимающихся вопросами информационной обеспеченности процессов управления сельскохозяйственным производством, следует отметить А.И. Завражнова, А.А. Землянского, В.Ф. Федоренко и др. В работах А.А. Землянского остро выделяется проблема антропогенного воздействия на окружающую среду сельскохозяйственными производителями. И как возможность успешного решения данной проблемы ученым предлагается внедрение космического зондирования для исследования земной поверхности в интересах сельского хозяйства и сохранения окружающей среды [8, 9]. В.Ф. Федоренко, исследуя вопросы цифровизации сельскохозяйственного производства, подчеркивает ее осуществление на основе платформы «Интернета вещей» (кибер-физических систем) для управления сельскохозяйственной техникой, теплицами, животноводческими фермами, системами прослеживаемости, обработки потоков получаемых данных и др. [10]. Также следует отметить коллектив ученых под руководством А.И. Завражного, который, понимая острую экологическую проблему на планете, уделяет большое внимание машинно-технологической модернизации сельскохозяйственного производства, применению информационных технологий и роботизации технологических процессов в агропромышленном комплексе [11].

Уровень России в производстве органического производства можно оценить как развивающийся, но все еще недостаточно высокий. В последние годы в стране наблюдается увеличение числа сертифицированных органических производителей и объема производства органических продуктов. Однако Россия до сих пор значительно отстает от некоторых других стран в этой области.

Для продуктивного развития и функционирования органического растениеводства представляется целесообразным внедрение автоматизированных систем для совершенствования процесса управления производством органической продукции [12, 13, 14]. Это возможно, в частности, на основе применения разработанной гибридной автоматизированной системы, модели которой рассматриваются в данной статье. В результате использования разрабатываемой системы возможна оценка эффективного производства органической продукции растениеводства с точки зрения региона, а также отдельных полей на основе данных агрохимического анализа почвы, природно-климатических характеристик и мониторинга параметров воздуха. Это позволит товаропроизводителям получать рекомендации по возможным культурам возделывания, а также улучшению условий производства.

Цель работы – разработка гибридной интеллектуальной системы поддержки принятия решений с функциями экспертной системы и построение последовательности работ при решении задач для оценки эффективного производства органической продукции растениеводства с точки зрения региона, а также отдельных полей на основе данных агрохимического анализа почвы, природно-климатических характеристик и мониторинга параметров воздуха на основе анализа существующих архитектур и принципов организации сельскохозяйственных систем поддержки принятия решений.

На российском рынке существует ряд интеллектуальных систем, как отечественных, так и зарубежных, которые предлагают совершенствование процесса управления производством органической продукции. Среди них Agointelligence, SmartFarm, EkoFarm, SAP S/4HANA, Oracle ERP Cloud, Trace Register и др. Данные системы ориентированы на управление предприятием, производством, включая управление сырьем, планирование производства, контроль качества и др. Они предоставляют возможность цифровизации процессов, автоматизации документооборота и анализа данных. Проведенные исследования подтверждают положительную корреляционную зависимость информационной обеспеченности хозяйствующего субъекта и эффективности его деятельности [15].

Однако мы наблюдаем противоречие между необходимостью внедрения интеллектуальной системы управления производством органической продукции с учетом рационального размещения и эффективного финансово-кредитного механизма производства органической продукции растениеводства в Российской Федерации с использованием цифровых технологий и отсутствием доступных инструментальных средств хранения, обработки и анализа информации данной отрасли сельского хозяйства. Данное противоречие обусловило необходимость разработки гибридной интеллектуальной системы, позволяющей автоматизировать процесс управления производством органической продукции. Реализация моделей системы позволила менять входные параметры и условия по региону, социально-экономическому положению и климатическим условиям, корректируя запросы пользователя для получения наиболее оптимальных предлагаемых решений.

Методология исследования

Разработанная гибридная интеллектуальная система поддержки принятия решений с функциями экспертной системы станет новым инструментом в принятии решения для руководителя хозяйствующего субъекта АПК. Данная система позволяет автоматизировать процесс оценки эффективного производства органической продукции растениеводства с точки зрения региона, муниципального округа, а также земельного участка. В качестве факторов оценки выступают уровень развития региона, климатические и экологические условия, агрохимический анализ почвы и др. В статье представлены такие модели системы, как информационная, поведенческая и модель компонентов.

Авторами проведен анализ отечественной и зарубежной литературы по проблеме исследования в целях изучения практики по рациональному размещению орга-

нической продукции по территориям и категориям хозяйств, изучен спрос на внутреннем рынке. На этой основе авторами были разработаны информационная, поведенческая модели и модель компонентов гибридной интеллектуальной информационной системы, позволяющие, во-первых, оценивать возможности производства органической продукции с точки зрения регионального размещения, а, во-вторых, оценивать возможности товаропроизводителя по размещению органического производства и получения рекомендаций по возможным культурам возделывания, а также улучшению условий производства.

Основная часть

Использование интеллектуальных информационных технологий при решении профессиональных задач подразумевает учет специфики рассматриваемой области. Интеллектуальные информационные системы эффективно используют при решении задач, отличающихся качеством и оперативностью принятия решений, нечеткостью целей и институциональных границ, хаотичностью, флюктуируемостью и квантованностью поведения среды, множественностью взаимовлияющих друг на друга факторов, слабой формализуемостью, уникальностью, латентностью и скрытностью информации и др.

При создании информационной системы совершенствования процесса управления производством органической продукции выдвинуты функциональные требования к этой системе, предусматривающие следующие возможности: работа в многопользовательском режиме, ввод и редактирование данных о существующих показателях рассматриваемых уровней (регионального, муниципального, земельного участка), экспертная оценка эффективности производства органической продукции в рамках рассматриваемого уровня, автоматизированное формирование отчетной документации по итогам проведенных работ; обеспечение надежности хранения имеющейся информации.

Пользовательские требования к информационной системе представлены в виде диаграммы вариантов использования в нотации UML (рис. 1) [16, 17].



Рис. 1. Варианты использования системы ее пользователем

В настоящее время для построения интеллектуальных систем используется большое количество подходов: продукционные правила, нейронные сети, нечеткая логика, эволюционные методы и др. При этом можно отметить явную тенденцию к совместному использованию разных методов для решения различных классов задач. Много работ посвящено изучению данных методов [15, 18, 19, 20, 21 и др.]. Это привело к появлению такого направления, как *гибридные интеллектуальные системы* (ГИС) [22, 23, 24, 25, 26, 27 и др.].

В настоящее время интеллектуальные системы, как правило, не разрабатываются отдельно, а встраиваются в виде модулей в традиционные информационные системы для решения задач, связанных с интеллектуальной обработкой данных и знаний. Такую комбинированную систему называют гибридной интеллектуальной информационной системой (ГИИС). ГИИС обладает рядом особенностей, среди которых: сочетание различных методов, используемых для построения интеллектуальных систем; сочетание интеллектуальных методов с традиционными методами, используемыми для разработки данных в информационных системах. В этом смысле она является комбинацией ГИС и информационной системы, предназначенной для обработки данных.

Как показывает анализ литературы по проблеме построения интеллектуальных систем, в зависимости от архитектуры их классифицируют на однокомпонентные и многокомпонентные [28–31]. Реализация предлагаемой интеллектуальной системы совершенствования процесса управления производством органической продукции была осуществлена на основе архитектуры гибридной интеллектуальной системы как одного из видов многокомпонентных интеллектуальных систем, в состав которой входят компонент хранения знаний о состоянии земельных участков и сопутствующей инфраструктуре различных уровней, компоненты формирования концептов и принятия решений о возможности производства органической продукции в рамках рассматриваемого уровня производства.

Модели разрабатываемой системы совершенствования процесса управления производством органической продукции основаны на архитектуре интегрированных гибридных интеллектуальных систем, где главную роль играет основной модуль-интегратор. Последний в зависимости от текущих условий нахождения решения и поставленной цели, выбирает для функционирования те или иные интеллектуальные модули по запросу пользователя в рамках рассматриваемого уровня анализа возможности производства органической продукции, входящие в систему, и объединяет отклики задействованных модулей. Остановимся на рассмотрении данной системы более подробно.

Технология построения гибридной интеллектуальной системы совершенствования процесса управления производством органической продукции предполагает наличие следующих этапов:

- анализ проблемы производства органической продукции по уровню земельных участков;
- разработка методов взаимодействия классической и нечеткой логики при построении концепции системы;

- структуризация проблемы производства органической продукции и построение модели на основе классической и нечеткой логики;
- формирование базы знаний о факторах производства органической продукции с базой правил в качестве управляющей компоненты;
- построение и описание модели рассматриваемого процесса в виде отдельных понятий;
- выполнение вычислительных экспериментов в рамках проблемы производства органической продукции;
- моделирование модулей гибридной системы;
- тестирование (анализ адекватности модели) гибридной системы;
- оценка качества вычислительных экспериментов;
- коррекция или доработка полученной модели.

Описанная технология построения системы основана на методике построения интеллектуальных гибридных систем управления, изложенной в работах В.В. Игнатьева [24].

Важнейшим вопросом при разработке интеллектуальной системы стало проектирование базы знаний о факторах производства органической продукции. В информационных системах, основанных на знаниях, используется информация из представленных баз данных и баз знаний [32, 33, 34].

Разработанная информационная система совершенствования процесса управления производством органической продукции включает в себя базу знаний с подсистемой хранения, в которой содержится полная информация о регионах РФ, их муниципальных округах, расположенных на них земельных участках. При проектировании подсистемы хранения базы знаний были построены концептуальная, логическая и физическая модели данных. В данных моделях нами были выделены следующие сущности: земельный участок, муниципальный округ, регион, кластер, климатические условия региона, экологические условия региона, уровень жизни населения региона, уровень развития сельского хозяйства региона, уровень развития региона. Так, сущность «Регион» содержит такие атрибуты, как «id_Региона», «id_Кластера», «id_Уровень развития региона», «id_Уровень развития сельского хозяйства», «id_Климатические условия», «id_Экологические условия», «id_Уровень развития жизни населения».

Перечень атрибутов остальных сущностей можно увидеть на физической модели подсистемы хранения базы знаний информационной системы управления производством органической продукции, отображенной на рис. 2. Для ее реализации было использовано программное обеспечение app.dbdesigner.net.

Архитектура разрабатываемой интеллектуальной системы включает в себя следующие блоки:

1. Исполнительную систему, которая предназначена для эффективного решения задачи производства органической продукции. Она включает совокупность средств для реализации сформированной программы.

2. Совокупность средств интеллектуального интерфейса, которая позволяет быстро отвечать на запросы пользователей в рамках рассматриваемого уровня анализа возможности производства органической продукции.

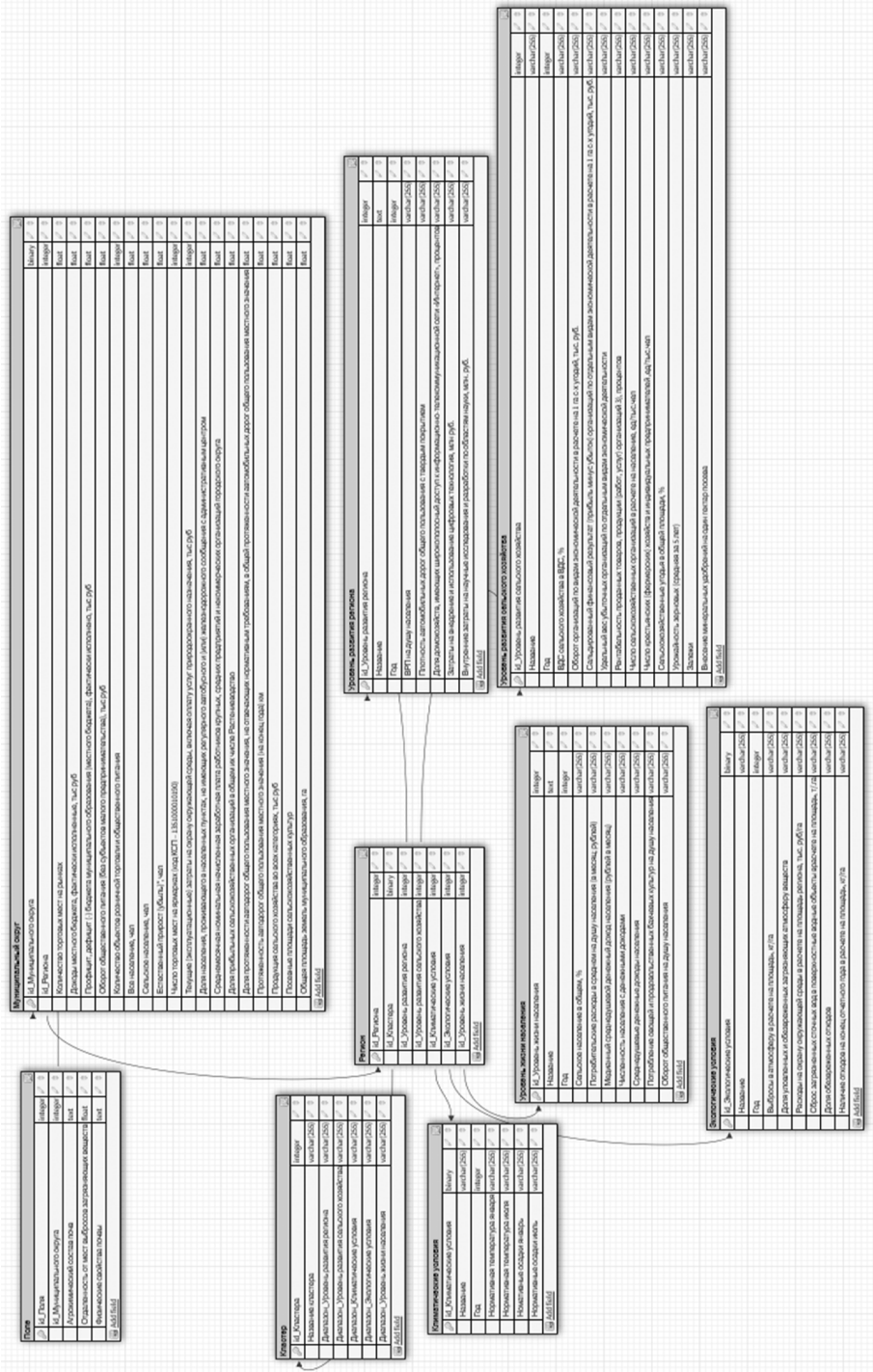


Рис. 2. Физическая модель хранения базы знаний информационной системы совершенствования процесса управления производством органической продукции

3. Базу знаний о факторах производства органической продукции как связующее звено в процессе взаимодействия первых двух комплектов. База знаний занимает центральное положение по отношению к остальным компонентам вычислительной системы. Через базу знаний осуществляется интеграция средств интеллектуальной системы, участвующих в оценке и анализе эффективного производства органической продукции (рис. 3).

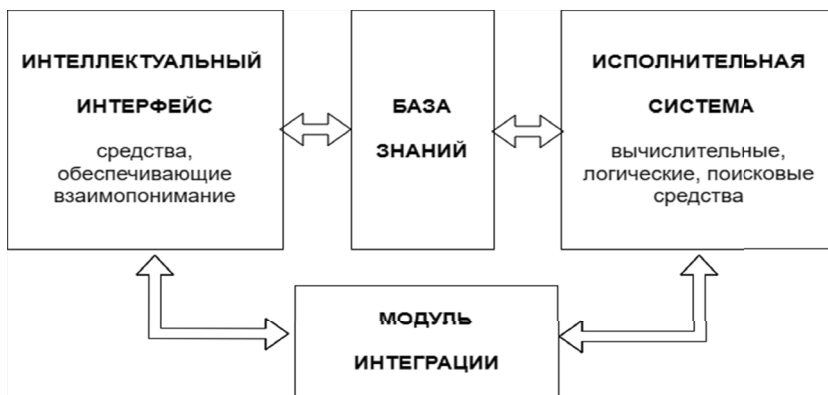


Рис. 3. Обобщенная архитектура гибридной интеллектуальной информационной системы совершенствования процесса управления производством органической продукции

Данный принцип находит отражение в работах многих ученых [35–38].

Заметим, что задача хранения требуемых данных решается отдельно на уровне интеллектуального интерфейса и исполнительной системы.

Исполнительная система воспринимает понятийную систему как целостную модель и может обрабатывать элементы данной модели на основе правил. Исполнительная система осуществляет логическую обработку данных о факторах производства органической продукции. Интеллектуальный интерфейс записывает результирующие данные в среду, откуда они могут быть прочитаны другими ГИИС. Основная задача модуля – принятие решения о возможности производства органической продукции на основе выделенных концептов.

Модуль интеграции служит для коммуникации с другими ГИИС. Он взаимодействует и с исполнительной системой, и с интеллектуальным интерфейсом.

Средой в данной системе является система статистических показателей по регионам, муниципальным округам, а также отдельным полям на основе данных агрохимического анализа почвы, природно-климатических характеристик и мониторинга параметров воздуха. Интеллектуальный интерфейс включает реализацию извлечения концептов, которые помещаются в хранилище концептов и взаимодействует с интеллектуальным интерфейсом и исполнительной системой.

В исполнительную систему входят модули визуализации, ведения статистики, поиска ассоциативных правил. Модуль ведения статистики позволяет осуществлять

хранение и обработку количественной информации. Использование комплекса статистических методов позволяет оценить возможности региона для производства органической продукции и представить в виде картограммы. Методика определения условий для производства органической продукции основана на кластеризации регионов по группам показателей, стандартизированных с помощью метода главных компонент. Также товаропроизводители смогут оценить особенности своего муниципального округа с точки зрения условий по возможности реализации органической продукции, возможности производства и транспортировки. Отдельные земельные участки возможно оценить с точки зрения агрохимического состава почв, расположению и др. (рис. 4).

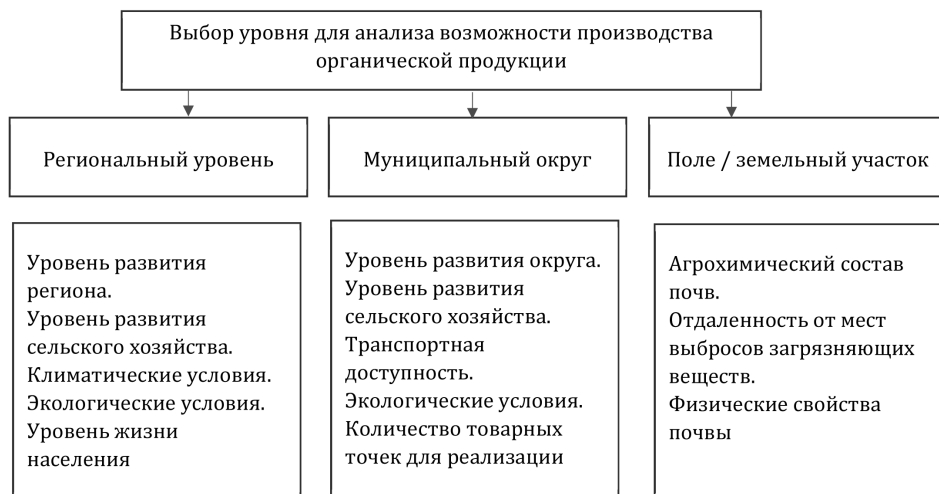


Рис. 4. Группы показателей для каждого рассматриваемого уровня

Таким образом, руководители хозяйствующих субъектов АПК могут оценить эффективность производства органической продукции на уровне региона, муниципалитета, земельного участка по различным показателям каждого уровня. Например, для оценки региона учитываются уровень развития региона и перспективы внедрения цифровых технологий, уровень развития сельского хозяйства с позиции растениеводства, климатические условия для возможности производства различных культур, экологические условия и уровень жизни населения с точки зрения спроса на органическую продукцию. На основе кластерного анализа были получены семь групп регионов от потребителей органической продукции до потенциальных производителей органической продукции. Пользовательский интерфейс модуля оценки региона интеллектуальной системы представлен на рис. 5. Следует отметить, что при наведении мышь на регион появляются его показатели.

Авторы статьи выделяют следующую последовательность работ при решении задач в рамках гибридной интеллектуальной информационной системы совершенствования процесса управления производством органической продукции [39–42]:



Рис. 5. Модуль оценки региона

1. Точная формулировка условий с описанием входных и выходных данных, используемых для ее решения.
2. Сбор информации от внешней среды.
3. Предобработка исходных данных, т. е. создание классифицированной системы для всех методов, используемых в гибридной системе, в целях подготовки информации для блока принятия решений.
4. Формирование базы знаний.
5. Оценка и анализ региона (муниципального округа, поля) с учетом выбора метода решения задачи управления.
6. Принятие решения на основе полученного результата.
7. Завершение работы алгоритма, вывод решения.

Предложенные модели системы позволяют менять входные параметры и условия по региону, социально-экономическому положению и климатическим условиям, корректируя запросы пользователя для получения наиболее оптимальных предлагаемых решений.

Заключение

Представленные модели информационной системы автоматизации процесса управления производством органической продукции базируются на концепции ГИИС. Средой в данной системе являются система показателей по регионам, муниципалитетам, а также отдельным земельным участкам.

Обобщенная структура ГИИС состоит из модулей базы знаний, исполнительной системы, интеллектуального интерфейса. Также для интеграции с другими системами возможно включение модуля интеграции.

Роль интеллектуального интерфейса заключается в формировании концептов, используемых для принятия решения о возможности производства органической продукции. В свою очередь, в базу знаний, или хранилище концептов, поступают извлеченные концепты и фрагменты текстов. Задачами исполнительной системы являются визуализация, ведение статистики и поиск ассоциативных правил факторов производства органической продукции в рамках рассматриваемого уровня.

Внедрение интеллектуальной системы управления производством органической продукции будет способствовать развитию органическому и «зеленому» производству в России как современным высокотехнологичным направлениям сельского хозяйства. Именно они в главной мере обеспечат достижение целей устойчивого развития, защиту здоровья нации и окружающей среды.

Список источников

1. Быстренина И.Е. Новые информационные технологии. М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2017. 76 с.
2. Быстренина И.Е. Управление системой подготовки кадров АПК: информационный аспект // Доклады ТСХА : Межд. науч. конф., посвященная 175-летию К.А. Тимирязева. Вып. 291. Ч. IV (Москва, 06–08 дек. 2018 г.). М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. С. 279–281.
3. Землянский А.А., Быстренина И.Е. Информационные технологии в науке и образовании. М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. 147 с.
4. Быстренина И.Е., Макунина И.В., Грушко Е.С., Казначеева В.О. Информационная система организации образовательной деятельности в системе дополнительного профессионального образования // Вестник Тверского государственного университета. 2017. № 3. С. 180–186 (Серия: Экономика и управление).
5. Учет и планирование рабочего времени сотрудников организации: разработка информационных систем / И.Е. Быстренина, Т.С. Белоярская, И.В. Макунина [и др.]. М. : Научный консультант, 2019. 147 с.
6. Ifanis I.M., Mavridis A.P., Savvaidis P.D. TS20.5 Internetic GIS: An Open System for Organic Agriculture Administration, Verification and Planning. URL: https://www.researchgate.net/publication/239815763_Internetic_GIS_An_Open_System_for_Organic_Agriculture_Administration_Verification_and_Planning (дата обращения: 17.08.2023).
7. Wang X., Wang C., Wang X., Zhuang W. Study for Organic Soybean Production Information Traceability System Based on Web / Ed. by Li D., Liu Y., Chen Y. ; Computer and Computing Technologies in Agriculture IV. CCTA 2010. IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2011. Vol. 345. Springer, Berlin, Heidelberg. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-18336-2_69 (дата обращения: 17.08.2023).
8. Землянский А.А., Руснак И. Мониторинг сельхозугодий при помощи дистанционного зондирования Земли // Международный сельскохозяйственный журнал. 2012. № 5. С. 62–64.
9. Землянский А.А., Быстренина И.Е. Управление информационными ресурсами в научно-исследовательской работе. М. : ИТК «Дашков и К^о», 2020. 110 с.
10. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития / В.Ф. Федоренко, Н.П. Мишуоров, Д.С. Буклагин [и др.]. М. : Росинформагротех, 2019. 316 с.

11. *Завражнов А.И., Бобрович Л.В.* Тенденции развития инженерного обеспечения в сельском хозяйстве / 2-е изд., стер. СПб. : Лань, 2022. 688 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/198563> (дата обращения: 17.08.2023).
12. *Гаврилова Н.Г., Мухаметзянов Р.Р.* Цифровизация сельского хозяйства: перспективное направление решения продовольственной проблемы африканских стран // *International agricultural journal*. 2021. № 5. С. 197–216.
13. *Цифровая трансформация агропромышленного комплекса* / Т.И. Ашмарина, Т.В. Бирюкова, В.Т. Водяников [и др.]. М. : Мегapolis, 2022. 160 с.
14. *Ibragimov A.G., Mukhametzyanov R.R., Borulko V.G., Dzhancharova G.K., Bovina Y.A.* Digitalization as a Factor in Improving the Efficiency of Agricultural Production and Living Standards of the Rural Population in Russia // *Digital Agriculture for Food Security and Sustainable Development of the Agro-Industrial Complex*. Springer, Cham, 2023. P. 37–43.
15. *Быстренина И.Е.* Информационное обеспечение агропромышленного комплекса // *Кормопроизводство*. 2015. № 5. С. 8–12.
16. *Быстренина И.Е., Сычева И.Н.* Использование CASE-средства OPEN MODELSPHERE для решения задач анализа и проектирования информационных систем // *Управление рисками в АПК*. 2020. № 3 (37). С. 14–23.
17. *Быстренина И.Е.* Использование CASE-средства RAMUS EDUCATIONAL для решения задач анализа и проектирования информационных систем // *Доклады ТСХА. Вып. 293. Ч. II* (Москва, 02–04 дек. 2020 г.). М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. С. 225–228.
18. *Грицай А.В.* Комплексный мониторинг развития АПК на основе интеллектуального анализа данных (на примере ЮФО) // *Вестник ВолГУ*. 2011. Сер. 9. Вып. 9. С. 137–138.
19. *Остроух А.В.* Интеллектуальные системы. Красноярск : Научно-инновационный центр, 2015. 110 с.
20. *Информатизация агропромышленного комплекса: проектирование и разработка информационных систем* / И.Е. Быстренина, И.В. Макунина, А.В. Миронцева [и др.]. М. : Научный консультант, 2019. 210 с.
21. *Лаврик С.А., Логинов Д.В.* Построение гибридной нейроэкспертной системы определения информативных сейсмических атрибутов // *Новые технологии*. 2007. № 4.
22. *Гаврилов А.В.* Гибридные интеллектуальные системы : монография. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. 142 с.
23. *Гаврилов А.В., Новицкая Ю.В.* Гибридные интеллектуальные системы. Новосибирск : НГТУ, 2006.
24. *Игнатъев В.В.* Адаптивные гибридные интеллектуальные системы управления // *Известия ЮФУ. Технические науки*. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnye-gibridnye-intellektualnye-sistemy-upravleniya/viewer> (дата обращения: 15.07.2023).
25. *Колесников А.В.* Гибридные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки. СПб. : СПбГТУ, 2001. 137 с.
26. *Колесников А.В., Кириков И.А., Лисконод С.В.* Гибридные интеллектуальные системы с самоорганизацией: координация, согласованность, спор. М. : ИПИ РАН, 2014. 189 с.
27. *Herrmann C.A.* Hybrid fuzzy-neural expert system for diagnosis // *Proc. of IJCAI*. Montreal. 1995. P. 1–10.
28. *Остроух А.В., Куфтинова Н.Г.* Автоматизация транспортировки продукции. Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 146 p.
29. *Остроух А.В., Чернов Э.А., Нгуен Д.Т.* Автоматизация управления производством. Повышение эффективности автоматизированных аналитических систем предприятий автомобильной промышленности. Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 285 p.

30. *Остроух А.В., Николаев А.Б.* Интеллектуальные системы в науке и производстве. Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2012. 312 p.

31. *Остроух А.В.* Основы построения систем искусственного интеллекта для промышленных и строительных предприятий : монография. М. : Техполиграфцентр, 2008. 280 с.

32. *Остроух А.В., Пшеничный Д.А., Рогова О.Б.* Рефакторинг баз данных. Автоматизация технологических процессов рефакторинга баз данных промышленных предприятий. Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 133 p.

33. *Froning J.N., Olson M.D., Froelicher V.F.* Exercise ECG analysis and measurement using an expert system approach // Proc. of 10th IC. IEEE Engineering in medicine & biology society. 1988. P. 1–2.

34. *Funabashi M. et al.* Fuzzy and neural hybrid expert systems: synergetic AI // AI in Japan. IEEE Expert. 1995. P. 32–40.

35. *Папушин Э.А., Матейчик С.Н.* Алгоритм функционирования информационной системы получения и обработки данных на опытном поле // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 4 (97). С. 6–12.

36. Прикладные интеллектуальные системы, основанные на мягких вычислениях / М.С. Азов [и др.] ; под ред. Н. Г. Ярушкиной. Ульяновск : УлГТУ, 2005. 139 с.

37. *Суркова Н.Е., Остроух А.В.* Методы проектирования информационных систем. М. : РосНОУ, 2004. 144 с.

38. *Таран М.О., Гапанюк Ю.Е.* Архитектура гибридной интеллектуальной информационной системы анализа судебной арбитражной практики // Правовая информатика. 2020. № 1. С. 15–25.

39. *Kandel A.* Fuzzy intelligent hybrid expert system and their application // IEEE. 1995. P. 2275–2280.

40. *Pacheco R. et al.* A hybrid intelligent system applied to financial statement analysis // Proc. of 5th FUZZ IEEE. New Orleans. 1996. P. 1007–1012.

41. *Sivathanan S., Cecelja F., Balachandran W.* ECG Diagnosis using neural network and fuzzy expert system // Proc. of PREP'99. UMIST. Manchester, 1999. P. 340–343.

42. *Yan H.H. et al.* Power system security assessment using a hybrid expert system/neural network architecture // Proc. of IEEE. ISCS. New York, 1992. P. 1713–1716.

References

1. Bystrenina I.E. New information technologies. Moscow : Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical support of the agro-industrial complex, 2017. 76 p. (In Russ.).

2. Bystrenina I.E. Management of the agro-industrial complex personnel training system: information aspect. Reports of the TLC: International Scientific Conference dedicated to the 175th anniversary of K.A. Timiryazev, Moscow, 06–08 Dec. 2018. Iss. 291. Part IV. Moscow : Lomonosov Russian State University, 2019. P. 279–281. (In Russ.).

3. Zemlyansky A.A., Bystrenina I.E. Information technologies in science and education. Moscow : Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2013. 147 p. (In Russ.).

4. Bystrenina I.E., Makunina I.V., Grushko E.S., Kaznacheeva V.O. Information system for organizing educational activities in the system of additional professional education. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Tver State University*. 2017;(3):180–186. Series: Economics and Management. (In Russ.).

5. Accounting and planning of working hours of employees of the organization: development of information systems / I.E. Bystrenina, T.S. Beloyarskaya, I.V. Makunina [et al.]. Moscow : Scientific consultant, 2019. 147 p. (In Russ.).

6. Ifanis I.M., Mavridis A.P., Savvaidis P.D. TS20.5 Internetic GIS: An open system for the management, verification and planning of organic agriculture. URL: https://www.researchgate.net/publication/239815763_Internetic_GIS_An_Open_System_for_Organic_Agriculture_Administration_Verification_and_Planning.

7. Wang H., Wang S., Wang H., Zhuang V. Research of an information system for tracking the production of organic soybeans based on the Web / ed. by Li D., Liu Yu., Chen Yu. ; Computer and Computing technologies in Agriculture IV. CCTA 2010. IFIP develops information and communication technologies. 2011. Vol. 345. Springer, Berlin, Heidelberg. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-18336-2_69.

8. Zemlyansky A.A., Rusnak I. Monitoring of farmland using remote sensing of the Earth. *Mezhdunarodnyy sel'skokozyajstvennyy zhurnal = International Agricultural Journal*. 2012;(5):62-64. (In Russ.).

9. Zemlyansky A.A., Bystrenina I.E. Management of information resources in research work. Moscow : PTC «Dashkov & Co.», 2020. 110 p. (In Russ.).

10. Digital agriculture: state and prospects of development / V.F. Fedorenko, N.P. Mishurov, D.S. Buklagin [et al.]. Moscow : Rosinformagrotech, 2019. 316 p. (In Russ.).

11. Zavrazhnov A.I., Bobrovich L.V. Trends in the development of engineering support in agriculture / 2nd ed., erased. Saint-Petersburg : Lan, 2022. 688 p. URL: <https://e.lanbook.com/book/198563>. (In Russ.).

12. Gavrilova N.G., Mukhametzyanov R.R. Digitalization of agriculture: promising direction of solving the food problem of African countries. *International Agricultural Journal*. 2021;(5):197-216. (In Russ.).

13. Digital transformation of the agro-industrial complex / T.I. Ashmarina, T.V. Biryukova, V.T. Vodyannikov [et al.]. Moscow : Megapolis, 2022. 160 p. (In Russ.).

14. Ibragimov A.G., Mukhametzyanov R.R., Borulko V.G., Dzhancharova G.K., Bovina Yu.A. Digitalization as a factor of increasing the efficiency of agricultural production and the standard of living of the rural population of Russia. Digital agriculture for food security and sustainable development of the agro-industrial complex. Springer, Cham. 2023. P. 37–43.

15. Bystrenina I.E. Information support of the agro-industrial complex. *Kormoproizvodstvo = Feed production*. 2015;(5):8-12. (In Russ.).

16. Bystrenina I.E., Sycheva I.N. Using the OPEN MODELSPHERE CASE environment for data analysis and forecasting of the ionormalization system. *Upravlenie riskami v APK = Risk management in the agroindustrial complex*. 2020;(3(37)):14-23. (In Russ.).

17. Bystrenina I.E. Using the RAMUS CASE environment in the educational process to evaluate the results of analysis and forecasting Institutional systems. Reports of the TLC, Moscow, 02–04 Dec. 2020. Iss. 293. Part II. Moscow : Russian State University – Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2021. P. 225–228. (In Russ.).

18. Gritsai A.V. Integrated monitoring of agro-industrial complex development based on data mining (on the example of the Southern Federal District). *Vestnik VolGU = Bulletin of the Volga State University*. 2011;9(9):137-138. (In Russ.).

19. Ostroukh A.V. Intelligent systems. Krasnoyarsk : Scientific and Innovation Center, 2015. 110 p. (In Russ.).

20. Informatization of the agro-industrial complex: design and development of information systems / I.E. Bystrenina, I.V. Makunina, A.V. Mironseva [et al.]. Moscow : Scientific consultant, 2019. 210 p. (In Russ.).

21. Lavrik S.A., Loginov D.V. Construction of a hybrid neuroexpert system for determining informative seismic attributes. *Novye tekhnologii = New technologies*. 2007;(4). (In Russ.).
22. Gavrilov A.V. Hybrid intelligent systems : monograph. Novosibirsk : NSTU Publishing House, 2002. 142 p. (In Russ.).
23. Gavrilov A.V., Novitskaya Yu.V. Hybrid intelligent systems. Novosibirsk : NSTU, 2006. (In Russ.).
24. Ignatiev V.V. Adaptive hybrid intelligent control systems. News of the SFU. Technical Sciences. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnye-gibridnye-intellektualnye-sistemy-upravleniya/viewer>. (In Russ.).
25. Kolesnikov A.V. Hybrid intelligent systems. Theory and technology of development. Saint-Petersburg : SPbSTU, 2001. 137 p. (In Russ.).
26. Kolesnikov A.V., Kirikov I.A., Listopad S.V. Hybrid intelligent systems with self-organization: coordination, consistency, dispute. Moscow : IPI RAS, 2014. 189 p. (In Russ.).
27. Herrmann S.A. Hybrid fuzzy neural expert system for diagnostics. Proceedings of IJCAI. Montreal, 1995. P. 1–10. (In Russ.).
28. Ostroukh A.V., Kuftinova N.G. Automation of product transportation. Saarbrücken : Academic publishing house LAP LAMBERT, 2011. 146 p. (In Russ.).
29. Ostroukh A.V., Chernov E.A., Nguyen D.T. Automation of production management. Improving the efficiency of automated analytical systems of automotive industry enterprises. Saarbrücken : Academic publishing house LAP LAMBERT, 2013. 285 p. (In Russ.).
30. Ostroukh A.V., Nikolaev A.B. Intelligent systems in science and production. Saarbrücken : Academic Publishing House Palmarium, 2012. 312 p. (In Russ.).
31. Ostroukh A.V. Fundamentals of building artificial intelligence systems for industrial and construction enterprises : monograph. Moscow : Techpoligrafcenter, 2008. 280 p. (In Russ.).
32. Ostroukh A.V., Pshenichny D.A., Rogova O.B. Database refactoring. Automation of technological processes of refactoring databases of industrial enterprises. Saarbrücken : Academic Publishing House LAP LAMBERT, 2013. 133 p. (In Russ.).
33. Froning J.N., Olson M.D., Frolicher V.F. Analysis and measurement of ECG during exercise using the expert system approach. Proceedings of the 10th International Conference. IEEE Engineering in medicine & biology society. 1988. P. 1–2.
34. Funabashi M. et al. Fuzzy and neural hybrid expert systems: synergetic artificial intelligence // Artificial intelligence in Japan. IEEE Expert. 1995. P. 32–40.
35. Papushin E.A., Mateychik S.N. Algorithm of functioning of the information system for obtaining and processing data on the experimental field. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva = Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products*. 2018;(4(97)): 6-12. (In Russ.).
36. Applied intelligent systems based on soft computing / M. S. Azov [et al.] ; ed. by N. G. Yarushkina. Ulyanovsk : UISTU, 2005. 139 p. (In Russ.).
37. Surkova N.E., Ostroukh A.V. Methods of designing information systems. Moscow : RosNOU, 2004. 144 p. (In Russ.).
38. Taran M.O., Gapanyuk Yu.E. Architecture of a hybrid intelligent information system for the analysis of judicial arbitration practice. *Pravovaya informatika = Legal informatics*. 2020;(1): 15-25. (In Russ.).
39. Kandel A. Fuzzy intelligent hybrid expert systems and their application. IEEE. 1995. P. 2275–2280.

40. Pacheco R. et al. A hybrid intelligent system applied to financial statement analysis. Proc. of 5th FUZZ IEEE. New Orleans, 1996. P. 1007–1012.
41. Sivathanan S., Cecelja F., Balachandran W. ECG Diagnosis using neural network and fuzzy expert system. Proc. of PREP'99. UMIST. Manchester, 1999. P. 340–343.
42. Yan H.H. et al. Power system security assessment using a hybrid expert system/neural network architecture. Proc. of IEEE. ISCS. New York, 1992. P. 1713–1716.

Информация об авторах / Information about the authors

Н.Ф. Зарук – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения;

И.Е. Быстренина – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры прикладной информатики;

А.Е. Харитоновна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры статистики и кибернетики.

N.F. Zaruk – doctor of economic sciences, professor, professor of the Department of accounting, finance and taxation;

I.E. Bystrenina – Ph.D. in pedagogical sciences associate professor, associate professor of the Department of applied informatics;

A.E. Kharitonova – Ph.D. in economic sciences, associate professor, associate professor of the Department of statistics and cybernetics.

Статья поступила в редакцию 21.08.2023; одобрена после рецензирования 02.09.2023; принята к публикации 11.09.2023.

The article was submitted 21.08.2023; approved after reviewing 02.09.2023; accepted for publication 11.09.2023.