

Цифровая экономика**ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ
КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОМ
КОМПЛЕКСЕ НА ОСНОВЕ ПАТЕНТНОГО ЛАНДШАФТА И АГЕНТНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Статья рекомендована к публикации главным редактором Т.В. Ершовой 19.10.2022.

Отмахова Юлия Сергеевна

Кандидат экономических наук

*Центральный экономико-математический институт РАН, лаборатория компьютерного моделирования социально-экономических процессов, ведущий научный сотрудник
Москва, Российская Федерация
otmakhovajs@yandex.ru*

Девяткин Дмитрий Алексеевич

*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
отдел интеллектуальных технологий и систем, научный сотрудник
Москва, Российская Федерация
devyatkin@isa.ru*

Усенко Наталья Ивановна

Кандидат экономических наук

*ООО «Технологии системного анализа», ведущий научный сотрудник
Москва, Российская Федерация
n.i.usenko@yandex.ru*

Аннотация

В работе представлены подходы к анализу и оценке цифровых технологий с применением агентного моделирования и методов построения научного и патентного ландшафта. Подход апробирован на примере систем компьютерного зрения в агропродовольственной сфере. По результатам исследования сформирована коллекция полнотекстовых документов (более 1,1 тыс. патентов и 3,5 тыс. научных публикаций), которая позволила оценить уровень публикационной и патентной активности международных исследований по компьютерному зрению за период 2010–2021 гг. Предложен подход к построению агентной модели для оценки эффектов внедрения компьютерного зрения. Результаты могут быть использованы при формировании государственных программ по цифровизации с учетом глобальных трендов для обеспечения национальной продовольственной безопасности.

Ключевые слова

цифровые технологии; распознавание изображений; компьютерное зрение; патентный ландшафт; агент-ориентированное моделирование; анализ больших данных; агропродовольственный комплекс

Введение

Технологии компьютерного зрения в последние годы становятся все более востребованными различными отраслями экономики. Пандемия COVID-19 актуализировала и расширила возможности применения цифровых технологий, и особенно технологий распознавания образов, как в гражданском, так и в военном арсенале.

© Отмахова Ю.С., Девяткин Д.А., Усенко Н.И. 2023.

Производство и хостинг журнала «Информационное общество» осуществляется Институтом развития информационного общества.

Данная статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons «Атрибуция — Некоммерческое использование — На тех же условиях» Всемирная 4.0 (Creative Commons Attribution – NonCommercial - ShareAlike 4.0 International; CC BY-NC-SA 4.0). См. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.ru>
https://doi.org/10.52605/16059921_2023_01_28

В условиях санкций в отношении России значительно обострилась проблема выделения приоритетов технологического развития в условиях ограниченных бюджетных средств и поставщиков оборудования и комплектующих. Существующие вызовы требуют определения мер, которые позволят реагировать и предвидеть новые угрозы, возникает необходимость теоретического осмысления возможностей для формирования новой цифровой модели России, а также исследования потребностей и приоритетов применения цифровых технологий. Особую актуальность и значимость в этих условиях приобретают задачи обеспечения продовольственной безопасности России как часть экономической безопасности страны, которые напрямую связаны с целями Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», предусматривающей активное применения цифровых технологий в пищевой индустрии и сельском хозяйстве для реализации принципов «Индустрия 4.0».

Понимание современного мирового научного и патентного ландшафта по технологиям компьютерного зрения позволит обоснованно определить векторы развития данных технологий в агропродовольственной сфере с учетом глобальных технологических трендов в рамках поддержки прорывных технологий с позиций национальной продовольственной безопасности. В рамках Федерального закона от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» отдельно выделен прогноз научно-технологического развития РФ и субъектов РФ на долгосрочную перспективу, который в существующих условиях требует применения новых подходов и инструментов прогнозирования эффектов и последствий.

В работе представлены подходы к анализу и оценке цифровых технологий на примере системы распознавания изображений/ компьютерного зрения в производстве агропродовольственной продукции на основе совместного использования агент-ориентированных моделей и методов построения научного и патентного ландшафта.

1 Методы и инструменты автоматизированного построения патентных ландшафтов и агентного моделирования развития направлений науки и техники

Технологии компьютерного зрения все более активно используются для автоматизации процессов в различных отраслях экономики, поэтому картированию и анализу динамики развития этой области посвящено большое количество исследований. В работе [1] предлагается при построении патентного ландшафта в области искусственного интеллекта (ИИ) и компьютерного зрения учитывать следующие составляющие: технологии, центры компетенции, время, рынок и предмет применения технологий. Таким образом, формируется структура научно-технологического направления, позволяющая анализировать конкуренцию в рамках этого направления. Для сбора и агрегации релевантных научно-технических документов использовалась проприетарная система Derwent Innovation, поддерживающая технологии булевого поиска. Статья [2] посвящена разработке методики анализа распространения технологий искусственного интеллекта и компьютерного зрения в различных отраслях экономики. Для анализа использовалась база выданных патентов и патентных заявок США с 1976 по 2018 годы. Для выявления релевантных патентов использовалась предварительно обученная многослойная нейронная сеть. Распространение технологий ИИ исследовалось путем анализа динамики изменения количества подклассов международной патентной классификации, содержащих патенты, в которых применяются указанные технологии. Применение классификаторов текстов на основе методов машинного обучения позволяет с высокой точностью идентифицировать анализируемую область науки и техники, однако, такой подход является трудоемким и слабо масштабируемым, так как требует ручной разметки обучающих корпусов текстов. На наш взгляд более перспективным представляется развитие подходов к идентификации анализируемых направлений с помощью методов и систем информационного поиска. В статье [3] представлен инструмент для оценки развития и внедрения технологий ИИ. Предлагаемый инструмент позволяет получать информацию из нескольких источников, таких как опросы экспертов, библиометрический и патентный анализ. Принимая во внимание сложный характер ИИ, в исследовании представлен ряд базовых индикаторов, которые дают представление о развитии ИИ на уровне страны. Для поиска и анализа научно-технических документов в области ИИ используются системы Scopus и PatStat Global.

Работа [4] посвящена методам оценки научно-технологического разрыва между группами стран в области методов и технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Результаты анализа показывают, что исследования и инновации, связанные с ИИ,

сконцентрированы географически. Соединенные Штаты и Китай являются лидерами в области инноваций ИИ — как источники инноваций и как существующие или потенциальные рынки. В работе показано, что выделенные центры ИИ в значительной степени связаны с влиянием политических факторов, уровнем финансирования образования и развития бизнес-экосистемы. Европа занимает третье место, а за ней следуют остальные страны Азии, Латинской Америки и Африки. Тем не менее, анализ научных публикаций показывает, что исследования в области компьютерного зрения проводятся во всех странах, но это не отражается на уровне патентной активности.

Агент-ориентированное моделирование (АОМ) является одним из самых активно развивающихся методов компьютерного моделирования и возможности формирования прогнозных моделей для оценки последствий от принятия решений с использованием АОМ постоянно расширяются [5, 6]. Необходимо отметить, что агент-ориентированные модели являются весьма гибким инструментом, которые могут быть дополнены значительным числом показателей и с различным уровнем детализации практически на любой стадии разработки модели. Наиболее активно АОМ использует в задачах моделирования цепей поставок, логистики агропродовольственного рынка, при этом отдельно следует выделить работу [7], в которой представлена пространственная агент-ориентированная модель оценки эффективности государственной агроэкологической политики Китая с точки зрения положения домохозяйств и сельскохозяйственных угодий. В модели представлены различные эффекты при субсидировании деятельности со стороны государства. Для моделирования решений домохозяйств о распределении земли и рабочей силы использовались параметры существующих программ восстановления лесов и программу субсидирования сельского хозяйства в сельской местности Китая. К сожалению, в представленной выше работе не уделяется внимание оценке возможностей применения цифровых технологий для эффективного развития агропродовольственного сектора, но некоторые алгоритмы модели могут быть полезны в случае дополнения необходимыми данными и параметрами.

Выполненный обзор показывает, что при построении научных и патентных ландшафтов, определении приоритетов развития областей науки и техники, применяются, в основном, проприетарные инструменты и информационные базы, предоставляющие ограниченные возможности формирования коллекций релевантных документов на основе технологий булевого поиска. Интеграция массивов разнородных документов (патентов, научных публикаций) в этих инструментах производится вручную путем объединения результатов отдельных запросов к каждой из систем, что повышает трудоемкость анализа. В настоящей работе для снижения трудоемкости сбора и агрегации научно-технических документов применяются программные средства, выполняющие полнотекстовый семантический и эксплоративный поиск, что позволяет прозрачно объединять результаты поиска в различных базах научно-технических документов.

Рассмотренные исследования посвящены ретроспективному анализу развития технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта, а также оценке их текущего состояния. Большую практическую ценность имело бы формирование сценарных прогнозов развития этих технологий. Для решения этой задачи в рамках настоящего исследования предлагается использовать методы агентного моделирования.

2 Методология исследования

Для потенциала технологий компьютерного зрения в агропродовольственной сфере необходимо сформировать подборки патентов и научных публикаций, содержащих основные научные и технологические заделы в этой области за последние годы. Для решения этой задачи в рамках данного исследования применялся функциональный макет Цифровой платформы информационно-аналитической поддержки научно-исследовательской деятельности в области АПК (ЦПИАП)¹, разработанный в Научном центре мирового уровня «Агротехнологии будущего». Платформа ЦПИАП предназначена для автоматизации ключевых процессов исследователей, экспертов и аналитиков в агропродовольственной сфере: выявление и сопоставление направлений исследований, анализ заделов исследователей и организаций, подбор экспертов, обнаружение преемственности в научных исследованиях. Формирование подборок в ЦПИАП проводилась в два этапа. На первом этапе был сформирован набор исходных запросов и с помощью инструментов

¹ <http://agro.isa.ru>

семантического полнотекстового поиска осуществляется построение исходного набора релевантных документов (Рисунок 1) [8, 9].

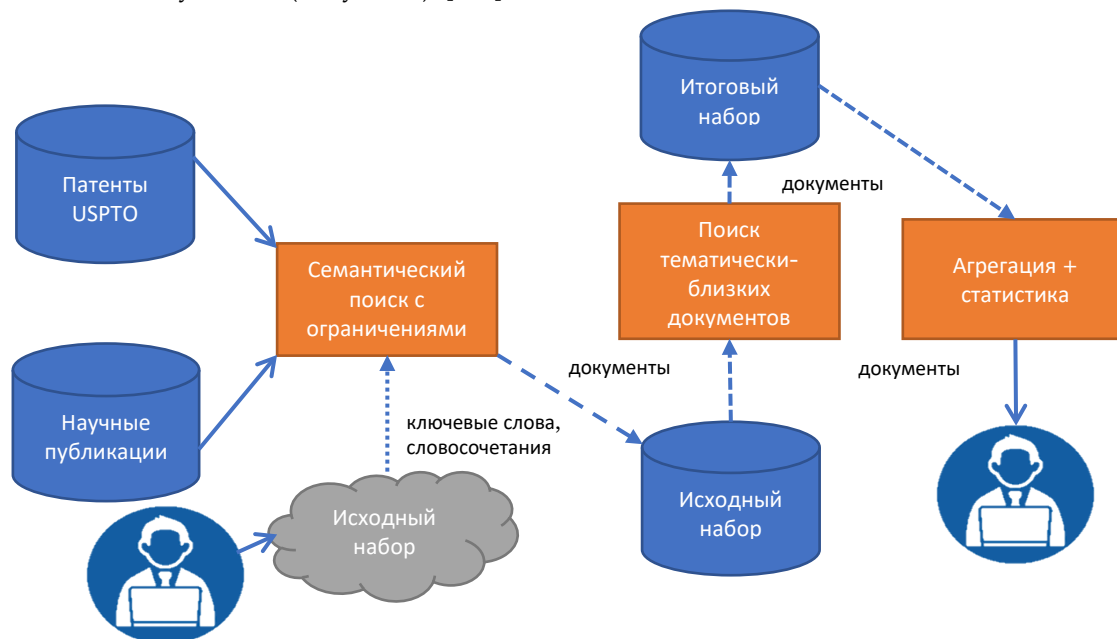


Рис. 1. Схема идентификации документов направления «Системы распознавания изображений и компьютерного зрения в производстве сельскохозяйственной и продовольственной продукции»

На втором этапе инструменты поиска тематически-близких документов (эксплоративного поиска) используются для автоматизированного расширения построенного набора. Применение инструментов автоматизированного расширения подборок документов позволило на этапе семантического полнотекстового поиска использовать специализированные пользовательские запросы, обеспечивающие высокую релевантность найденных документов анализируемому направлению.

3 Определение потенциала и эффектов внедрения технологий

Агент-ориентированные модели можно использовать в качестве инструмента определения приоритетов, потенциала и эффектов различных технологических решений на рынках, так как модель позволяет на разных уровнях имитировать поведение децентрализованных самообучающихся агентов, имеющих собственные цели и возможности. При использовании суперкомпьютерных технологий для распараллеливания вычислений в агентных моделях степень детализации и число показателей модели может быть весьма внушительным, а количество агентов исчисляться миллионами. Таким образом, агент-ориентированный подход к моделированию постоянно расширяет сферы применения в силу своей наглядности, но при этом предъявляет высокие требования к вычислительным ресурсам [13].

При выборе инструментария моделирования следует изначально разрабатывать АОМ в такой программной среде, которая предполагает возможности для распараллеливания программного кода и сможет гибко подстраиваться под задачи исследования. В этих условиях для технической реализации АОМ среди более сотни программных сред с различными функциональными возможностями, на наш взгляд, наиболее подходящим инструментарием может стать программное обеспечение для имитационного моделирования, разработанное российской компанией «The AnyLogic Company». AnyLogic отличает современный графический интерфейс, который позволяет использовать различные уровни абстракции, формировать поведение агентов, реализовывать алгоритмы для формирования логики решений агента, а также расширять пользователю созданные модели с помощью языка Java.

4 Обсуждение и результаты

Современный мир характеризуется взрывным характером новых технологий, которые открывают новые перспективы в различных технологических сегментах. Задачи обеспечения экономической независимости России требуют особого и незамедлительного внимания к разработке и развитию отечественных прорывных технологий в агропродовольственном комплексе [14-16]. Россия продолжает оставаться одним из ключевых игроков на мировых рынках продовольствия. Создание технологичного национального продовольственного рынка чрезвычайно важно для экономического развития страны, тем более что в настоящее время агропродовольственный сектор является одним из лидеров роста российской экономики и обладает важным конкурентным преимуществом по той причине, что он выведен из-под антироссийских санкций. Драйверами для этого развития являются модернизация крупных предприятий и комплексов, соответствующая передовым позициям технологического и цифрового развития.

Высокий уровень использования человеческого труда в производстве продовольствия требует новых решений для перехода от ручных технологий, в том числе и там, где продукт имеет явно выраженные индивидуальные характеристики и свойства. Системы компьютерного зрения могут взять на себя множество монотонных задач, традиционно выполняемых инспекторами-людьми, например, при проверке качества пищевой и сельскохозяйственной продукции [17]. Помимо контроля качества, они показывают отличные результаты в классификации и подсчете продукции [18]. Стремительный рост использования робототехнических устройств в производстве продовольствия, сопровождается оснащением данных устройств системами распознавания изображений/компьютерного зрения, что кардинально увеличивает возможности роботов [19]. Благодаря машинному зрению промышленные роботы имеют высокий потенциал применений для пищевой промышленности, характеризуются высокой степенью гибкости по отношению к широкому спектру задач [20]. В настоящее время появляются все новые области и сценарии применения компьютерного зрения, которые могут качественно изменить сферу агропроизводства, заменяя тяжелый и рутинный труд, становятся важным направлением научно-технологического развития агропродовольственного сектора. Следует отметить, что задача выделения приоритетов научно-технологического развития особенно важна в современных экономических и политических условиях, в которых функционирует российская экономика.

На мировом рынке вкладываются огромные по мировым масштабам финансовые средства в разработку и правовую защиту передовых технологий, охрану интеллектуальной собственности в этом сегменте. Важным источником информации о направлениях развития перспективных технологий является разработка и анализ научных и патентных ландшафтов.

В рамках данного исследования для целей анализа направления «Системы распознавания изображений и компьютерного зрения в производстве сельскохозяйственной и продовольственной продукции» с помощью платформы ЦПИАП был проведен поиск по базе патентов USPTO (United States Patent Office, более 4,5 млн. патентов с 2001 года) и базам препринтов и научных публикаций arxiv.org и cyberleninka.org (более 2,5 млн. документов с 2003 года).

В рамках данного исследования был проведен анализ полнотекстовых документов в период с 2010 по 2021 годы. В результате проведенного анализа авторами исследования была сформирована коллекция полнотекстовых документов, которая включает более 1,1 тыс. патентов (Рисунок 2) и 3,5 тыс. научных публикаций (Рисунок 5).

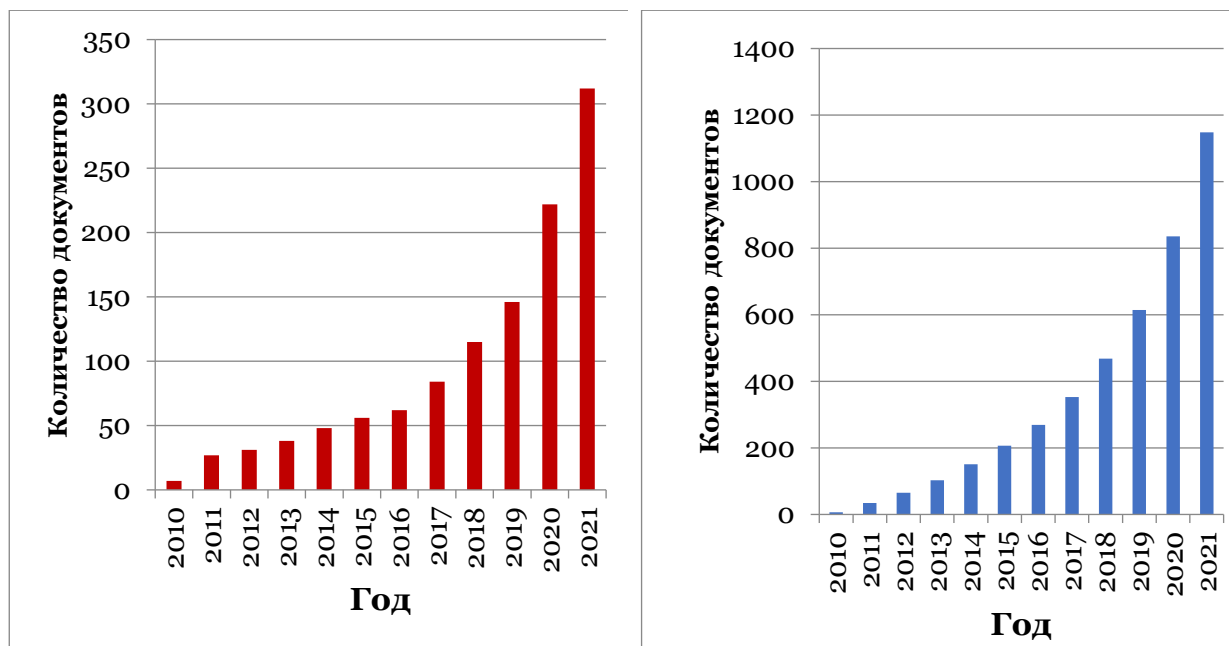


Рис. 2. Динамика патентной активности (слева) и кумулятивная патентная масса (справа), на основе данных USPTO

Динамика патентной активности демонстрирует взрывной рост количества патентов в условиях пандемии COVID-19 (Рисунок 2). При этом всего за два года пандемии количество патентов по направлению компьютерное зрение к 2021 году увеличилось в два раза по сравнению с 2019г. Подобный рост показывает уровень восприятия агропродовольственного комплекса к внедрению цифровых технологий при изменении условий внешней среды, который выражается в стремительном росте возможностей применения технологий компьютерного зрения, появление крупномасштабных проектов с участием и поддержкой на уровне государства, внедрение данных технологий для контроля и автоматизации технологических процессов, включая оборудования систем автопилотирования сельскохозяйственной техники.

Проведенный анализ показал, что на мировом рынке среди патентообладателей, лидирующих по количеству патентов по компьютерному зрению в агропродовольственной сфере (Рисунок 3), следует отдельно выделить технологическую компанию DEGIMARC CORPORATION, которая в рамках отдельного направления «Fresh Foods» производит и продает уникальные цифровые удостоверения для идентификации продуктов с помощью упаковки, защищающей от подделок. DIGIMARC предлагает отслеживать продукты через облачные технологии на основе объединения скрытых цифровых водяных знаков и QR-кодов, что позволяет компаниям по производству продуктов питания и напитков обеспечивать безопасность потребителей и бороться как с ошибками, так и с недобросовестными участниками на рынке. DIGIMARC является обладателем около 60 патентов в области компьютерного зрения в агропродовольственной сфере и возглавляет пятерку крупнейших патентообладателей с большим отрывом, за ней следуют всемирно известные корпорации IBM, PANASONIC, AMAZON. В результате анализа кроме представителей бизнес-структур среди топ-15 крупнейших правообладателей следует отметить представителей сферы науки и образования - Университет регентов в Калифорнии и Университет Вены, число патентов которых сопоставимо с компаниями INTEL и GOOGLE, и превышает показатели LG и SAMSUNG. При этом следует отдельно отметить изменение политики патентования корпорации IBM, которая приняла решение не претендовать на лидерство в области патентов, освобождая инженеров от трудоёмкого процесса патентования, остается мировым лидером в области интеллектуальной собственности в приоритетных технологиях. В результате изменения стратегии в 2022 году корпорация IBM впервые за 29 лет потеряла первое место по патентам, полученным за год в США. Подобной политики зачастую придерживаются и ряд научно-исследовательских организаций, в которых приоритетом являются исследования и разработки, а на патентование исследователи не выделяют время, если не имеют специально выделенный штат.

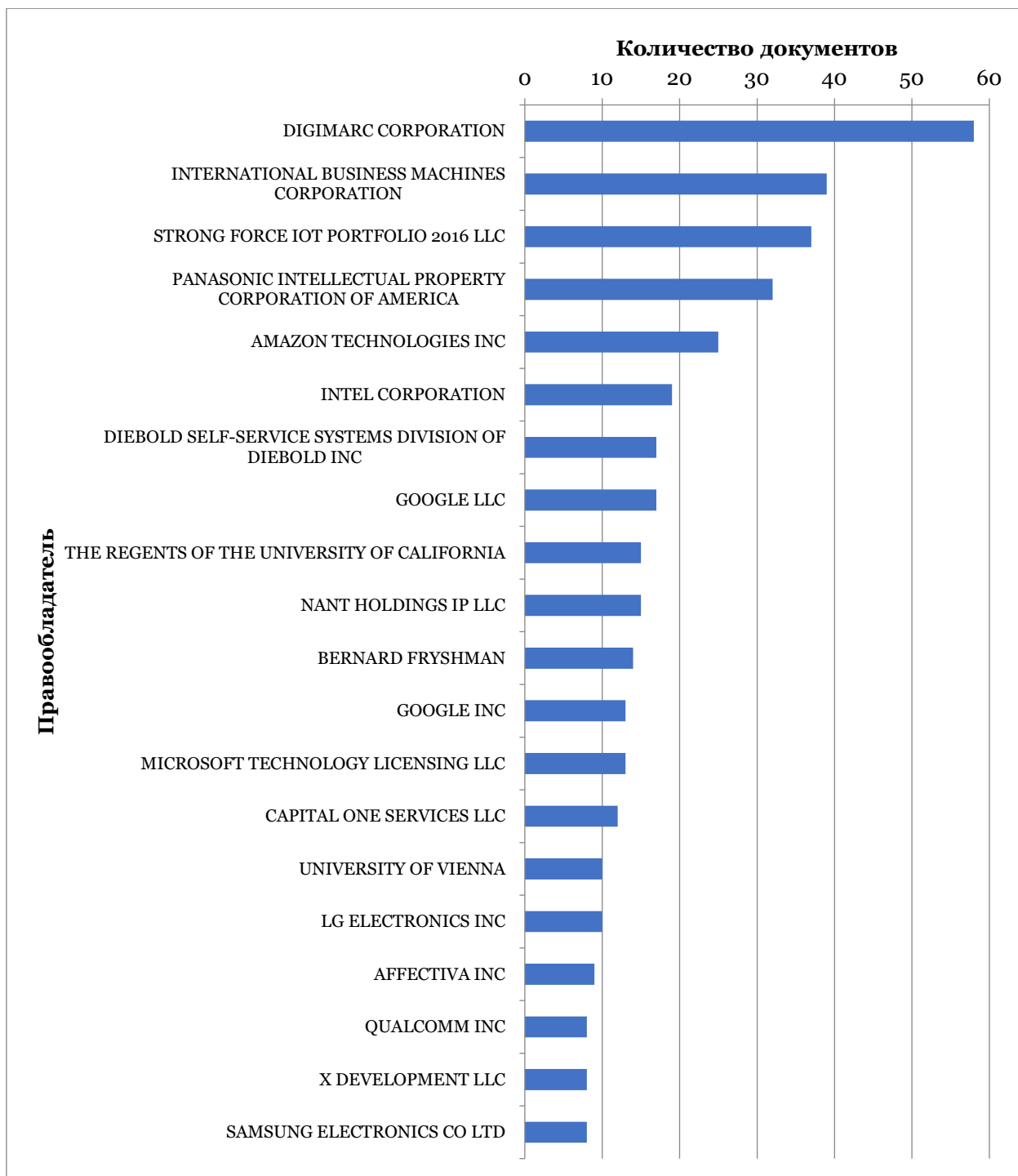


Рис. 3. Основные патентообладатели, на основе данных USPTO

Анализ государственной принадлежности патентообладателей (Рисунок 4) показал преобладание таких стран как США, Япония, Германия, Южная Корея и Италия.

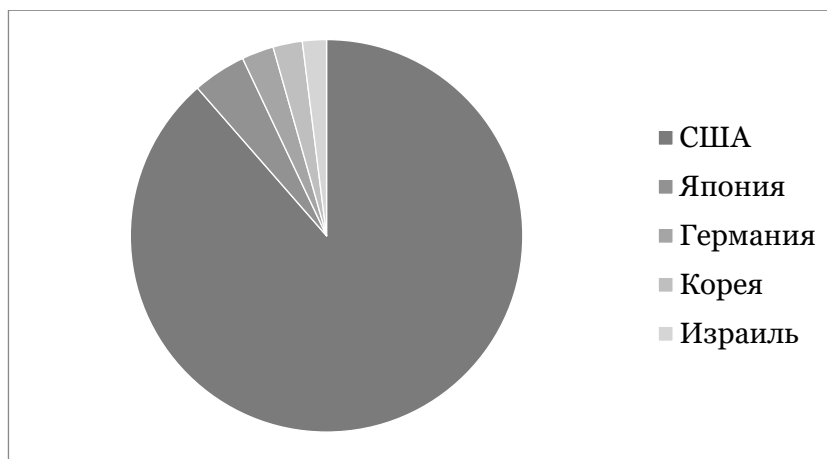


Рис. 4. Государственная принадлежность патентообладателей, на основе данных USPTO

Анализ количества публикаций по тематике компьютерное зрение (Рисунок 5) с 2010 года демонстрирует неуклонный рост, при этом наиболее существенное увеличение количества публикаций произошло в период пандемии, так рост числа публикаций за период 2019- 2021гг. увеличился более чем в 2,5 раза.

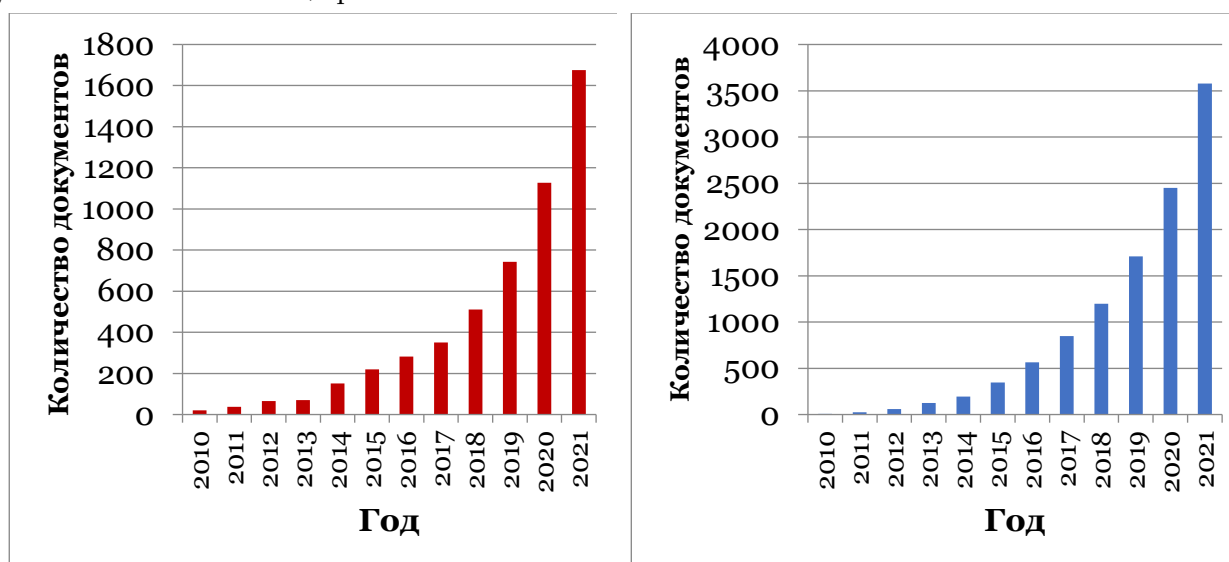


Рис. 5. Динамика публикационной активности (слева) и кумулятивная масса научных публикаций и препринтов (справа)

За пятилетний период с 2016 г. по 2021г. число публикаций по компьютерному зрению увеличилось почти в 7 раз.

5 Формирование прогнозов и оценки возможностей внедрения технологий компьютерного зрения в агропродовольственном комплексе с использованием агентного подхода

При формировании модели исходили из следующих положений. Потребность производителей агропродовольственной продукции в применении технологий компьютерного зрения связана с необходимостью роста производительности и снижения операционных затрат. Для определения стратегий поведения агентов исходим из ограниченной рациональности участников коммуникативных взаимодействий.

Исходя из вышеуказанных предположений в качестве агентов в модели будут введены:

- 1) Агенты - предприятия агропромышленной сферы в виде укрупненной группировки крупных и средних предприятий, которые производят сельскохозяйственную и пищевую продукцию;
- 2) Агент - правительство в виде совокупности федеральных и региональных органов власти, финансовой и банковской системы, которая выделяет субсидии на внедрение решений в области компьютерного зрения;
- 3) Агент - внешний мир представляет собой мировой рынок, на котором агенты-предприятия могут продавать свою продукцию;
- 4) Агенты - компании, которые предлагают решения по внедрению компьютерного зрения.

Формальное описание предлагаемой агент-ориентированной модели будет включать характеристику агентов, описание фиксированных и изменяемых параметров. В модели предполагается зафиксировать количество предприятий, масштаб предприятия, капитал предприятия, цену продукции. Изменяемыми параметрами будет величина бюджета агента-предприятия на внедрение цифровых технологий, стоимость внедрений цифровых технологий, величина государственной субсидии на внедрение цифровых технологий.

Характеристика агентов-предприятия агропромышленной сферы:

- 1) предприятие располагает ресурсами (капитал компании), которые могут изменяться в только определенный период времени при выделении государственной субсидии на внедрение цифровой технологии;
- 2) предприятие производит продукцию и продает ее при определенной цене;
- 3) предприятие оплачивает из своего бюджета стоимость решения по внедрению технологии компьютерного зрения в случае принятия решений по вхождению в программу по цифровизации;
- 4) предприятие в начальный период имеют фиксированную величину прибыли;
- 5) предприятие располагает бюджетом на внедрение цифровых технологий, который складывается из величины, выделяемой из прибыли и величины государственной субсидии;
- 6) при покупке цифровой технологии предприятие автоматически через определенный период времени получает рост объема производимой продукции и прибыли в определенном диапазоне (например, в интервале 10-20%).

Характеристика агентов - компании, которые предлагают решения по внедрению компьютерного зрения:

1) компании получают начальную фиксированную оценку динамики продаваемых цифровых технологий на заданный период, которая в дальнейшем автоматически задается в зависимости динамики патентной и публикационной активности;

2) компания может изменять стоимость внедрения цифровых технологий в рамках определенного пользователем диапазоне.

3) при продаже технологии при последующем обращении предприятия компания предоставляет скидку в определенном диапазоне на внедрение цифрового решения.

В рамках модели детально прописываются алгоритмы действий агентов-компаний агропродовольственного рынка, на основе которых формируются прогнозные показатели. Динамика модели будут задаваться через правила и сценарии поведения агентов, которые в свою очередь определяются величиной субсидии и вариантами решений агентов по участию или отказу от внедрения цифровых технологий. Предлагаемая в рамках данного исследования схема построения агент-ориентированной модели включает моделирования на трех уровнях: микроуровень (предприятий), макроуровень (на уровне Федеральных округов) и разработка стратегии (политики) на уровне страны исходя из вычислимых экспериментов по прогнозным сценариям. Калибровку модели можно осуществить на ретроспективных данных в разрезе регионов, Федеральных округов и Российской Федерации.

При оценке эффектов следует учитывать не только финансовую, но и бюджетную эффективность выделяемых государством средств на внедрение цифровых и технологических решений в агропродовольственной сфере. Измеряемыми эффектами в модели могут явиться величина операционных затрат, объем производимой продукции, величина прибыли, доля на рынке на региональном и общероссийском уровне, эффект диффузии цифровых технологий.

Для программной реализации АОМ задачам исследования наиболее соответствует современное программное обеспечение для имитационного моделирования AnyLogic. Для формирования сценарных прогнозов и оценки возможностей внедрения технологий

компьютерного зрения в агропродовольственном комплексе графический интерфейс AnyLogic через Statecharts диаграммы (карты состояний) позволит динамически менять и наблюдать за поведением агентов, а через Action charts (блок-схемы) сформируют логику решений агента.

В результате исследования на первом этапе авторами была сформирована коллекция из полнотекстовых документов (более 1,1 тыс. патентов и 3,5 тыс. научных публикаций) по технологиям компьютерного зрения, которая позволила оценить уровень и масштаб публикационной и патентной активности международных исследований по компьютерному зрению за период 2010-2021гг. На втором этапе полученные результаты были использованы в качестве основы для развития методологии интеллектуального анализа больших данных и агент-ориентированного моделирования применительно к технологиям цифровизации. Предложен подход к построению агентной модели для оценки эффектов внедрения технологий компьютерного зрения в агропродовольственный сектор. Предложенный подход к построению агентной модели и инструментальные средства моделирования сформированы с учетом наиболее перспективных программных средств и в дальнейшем предполагается разработка прототипа агент-ориентированной модели.

Заключение

Понимание современного мирового научного и патентного ландшафта технологий компьютерного зрения позволит определить векторы развития данных технологий в агропродовольственной сфере с учетом глобальных технологических трендов в рамках поддержки прорывных технологий с позиций национальной продовольственной безопасности. На наш взгляд, в условиях сложной макроэкономической ситуации использование возможностей моделирования с использованием АОМ на базе результатов научного и патентного ландшафта по цифровым технологиям позволят определить эффекты от внедрения новых научно-технологических прорывных направлений для различных субъектов рынка и государства.

Результаты исследования могут быть использованы при определении инструментов государственного управления в процессе принятия решений по ключевым индикаторам перспективных направлений и рынков, направленных на формирование нового облика агропродовольственного комплекса России.

При определении приоритетов научно-технологических трендов и стратегий в агропродовольственной сфере необходимо усилить внимание к разработке патентов инновационных разработок, выделить приоритетные области их практического применения, определить полигоны для отработки и практического применения систем компьютерного зрения в агропродовольственном комплексе и необходимо рассмотреть возможности оперативного технологического воспроизводства разработок.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема «Разработка экономико-математического инструментария для повышения эффективности бюджетной системы в Российской Федерации», № FMGF-2022-0007, № ЕГИСУ НИОКТР 121052700128-3).

Работа выполнена при частичной поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-15-2020-907 от 16.11.2020г. на осуществление государственной поддержки создания и развития НЦМУ «Агротехнологии будущего».

Литература

1. Li X., Fan M., Liang Z. Identifying technological competition situations for artificial intelligence technology-a patent landscape analysis //International Journal of Technology Management. 2020. T. 82. №. 3-4. С. 322-348.
2. Toole A., Pairolero N., Giczy A., Forman J., Pulliam C., Such M., Rifkin B. Inventing AI: Tracing the diffusion of artificial intelligence with US patents //US Patent and Trademark Office, Alexandria. 2020. №. 5. С. 2020.
3. Turovets J., Vishnevskiy K., Altynov A. How To Measure AI: Trends, Challenges And Implications //Higher School of Economics Research Paper No. WP BRP. 2020. T. 116.

4. Kitsara I. Artificial intelligence and the digital divide: From an innovation perspective // *Platforms and Artificial Intelligence: The Next Generation of Competences*. Cham: Springer International Publishing, 2022. С. 245-265.
5. Бахтизин А.Р., Ильин Н. И., Макаров В. Л. [и др.] Программно-аналитический комплекс «МЭБИУС» – инструмент планирования, мониторинга и прогнозирования социально-экономической системы России // *Искусственные общества*. 2020, Т. 15, № 4 URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800012303-2-1>
6. Бахтизин А.Р., Макаров В. Л., Сушко Е. Д., Максаков А.А. Демографическая агент-ориентированная модель России и оценка ее применимости для решения практических управленческих задач // *Искусственные общества*. 2021, Т. 16, № 2 DOI 10.18254/S207751800015357-1
7. Wang Y., Zhang Qi, Sannigrahi S., Qirui Li, Tao S., Bilsborrow R., Li J., Song C. Understanding the Effects of China’s Agro-Environmental Policies on Rural Households’ Labor and Land Allocation with a Spatially Explicit Agent-Based Model // *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 2021. Т. 24. №. 3. DOI: 10.18564/jasss.4589. Available at: <https://www.jasss.org/24/3/7.html>
8. Отмахова Ю. С., Девяткин Д. А., Крескин А. Д., Усенко Н. И. Анализ научного и патентного ландшафтов современных радиационных технологий облучения пищевых продуктов и сырья // *Информационное общество*. 2020. №. 1. С. 57–70.
9. Отмахова Ю. С., Крескин А. Д., Девяткин Д. А., Тихомиров И. А. Анализ научного и патентного ландшафтов в сфере современных технологий глубокой переработки зерна // *Инновации*. 2020. – 2 (256). С. 89.
10. Беленков В. Г., Будзко В. И., Девяткин Д. А., Кан А. В., Михайлин И. С., Соченков И. В., Шапкин В. С. Методика выявления центров компетенций авиационной науки на основе публикационной и патентной активности // *Труды Института системного программирования РАН*. 2020. Т. 32. №. 4. С. 21–40.
11. Zadeh L. A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – I // *Information sciences*. 1975. Т. 8. №. 3. С. 199–249.
12. Wang W., Yang S., Hu F., Han Z., Jaeger C. An agent-based modeling for housing prices with bounded rationality // *Journal of physics: conference series*. IOP Publishing, 2018. Т. 1113. №. 1. С. 012014. DOI 10.1088/1742-6596/1113/1/012014
13. Окрепилов В. В., Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. Применение суперкомпьютерных технологий для моделирования социально-экономических систем // *Экономика региона*. 2015. № 2. С. 301–313.4.
14. Лясников Н. В. Цифровой аграрный сектор России: обзор прорывных технологий четвертого технологического уклада // *Продовольственная политика и безопасность*. 2018. Т. 5. №. 4. С. 169–182.
15. Дудин М. Н. Технологии искусственного интеллекта как стратегический ресурс обеспечения глобальной продовольственной безопасности // *Продовольственная политика и безопасность*. 2020. Т. 7. №. 1. С. 39–57.
16. Отмахова Ю. С., Усенко Н. И. Цифровизация и новые подходы к управлению агропродовольственным комплексом // *Пищевая промышленность*. 2019. №. 12. С. 35–38.
17. Печерский Д. К., Забенкова Н. А. Использование методов компьютерного зрения для улучшения качества продукции пищевых предприятий // *Молодой ученый*. 2021. №. 6. С. 27–29.
18. Технологии компьютерного зрения в пищевой промышленности и производстве напитков: под ред. В. Сан. Кембридж: Woodhead Publishing, 2012.
19. Отмахова Ю. С., Девяткин Д. А., Усенко Н. И. Анализ цифровых технологий в агропродовольственной сфере с использованием методов обработки больших данных // *Информационное общество*. 2021. №. 4-5. С. 334–344.
20. Рыбаков А. В., Выборнов Н. А., Рыбаков И. А. Анализ методов компьютерного зрения, перспективных для применения в агропромышленном комплексе // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. 2022. №. 1 (57). С. 128–138.

APPROACHES TO ASSESS THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF COMPUTER VISION TECHNOLOGIES IN THE AGRO-FOOD COMPLEX BASED ON THE PATENT LANDSCAPE AND AGENT MODELING

Otmakhova, Yulia Sergeevna

Candidate of economic sciences

Central Economic and Mathematics Institute RAS. Laboratory of computer modeling of socio-economic processes. leading researcher

Moscow, Russian Federation

otmakhovajs@yandex.ru

Devyatkin, Dmitry Alexeevich

Federal Research Center "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences. Department of intelligent technologies and systems. researcher

Moscow, Russian Federation

devyatkin@isa.ru

Usenko, Natalia Ivanovna

Technologies for Systems Analysis LLC, leading researcher

Moscow, Russian Federation

n.i.usenko@yandex.ru

Abstract

The paper presents approaches to the analysis and evaluation of digital technologies with agent-based modeling, scientific and patent landscaping. We tested these approaches on the example of computer vision systems in the agro-food sector. The result of the tests is a collection of full-text documents (more than 1.1K patents and 3.5K scientific papers) that makes it possible to assess the level of publication and patent activity of international research on computer vision for the period 2010–2021. We also proposed an approach to build an agent-based model that evaluates the effects of the use of computer vision. The results can be applied to create state programs for digitalization, considering global trends to ensure national food security.

Keywords

digital technologies; image recognition; computer vision; patent landscape; agent-based modeling; big data analysis; agro-food complex

References

1. Li X., Fan M., Liang Z. Identifying technological competition situations for artificial intelligence technology-a patent landscape analysis //International Journal of Technology Management. 2020. Vol. 82, no. 3-4, pp. 322-348.
2. Toole A., Pairolero N., Giczy A., Forman J., Pulliam C., Such M., Rifkin B. Inventing AI: Tracing the diffusion of artificial intelligence with US patents //US Patent and Trademark Office, Alexandria. 2020, no. 5, pp. 2020.
3. Turovets J., Vishnevskiy K., Altynov A. How To Measure AI: Trends, Challenges And Implications //Higher School of Economics Research Paper No. WP BRP. 2020. Vol. 116.
4. Kitsara I. Artificial intelligence and the digital divide: From an innovation perspective //Platforms and Artificial Intelligence: The Next Generation of Competences. Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 245-265.
5. Bahtizin A.R., Il'in N. I., Makarov V. L. Programmno-analiticheskij kompleks «MYOBIUS» – instrument planirovaniya, monitoringa i prognozirovaniya social'no-ekonomicheskoy sistemy Rossii [Software and analytical complex “MEBIUS” – a tool for planning, monitoring and forecasting the socio-economic system of Russia] // Artificial societies. 2020, Vol. 15, no 4 URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800012303-2-1>
6. Bahtizin A.R., Makarov V. L., Sushko E. D., Maksakov A.A. Demograficheskaya agent-orientirovannaya model' Rossii i ochenka ee primenimosti dlya resheniya prakticheskikh

- upravlencheskih zadach [Demographic agent-based model of Russia and assessment of its applicability for solving practical management problems] // *Artificial societies*. 2021, Vol. 16, no 2 DOI 10.18254/S207751800015357-1
7. Wang Y., Zhang Qi, Sannigrahi S., Qirui Li, Tao S., Bilsborrow R., Li J., Song C. Understanding the Effects of China's Agro-Environmental Policies on Rural Households' Labor and Land Allocation with a Spatially Explicit Agent-Based Model // *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 2021. Vol. 24, no. 3. DOI: 10.18564/jasss.4589. Available at: <https://www.jasss.org/24/3/7.html>
 8. Otmakhova Yu. S., Devyatkin D. A., Kreskin A. D., Usenko N. I. Analiz nauchnogo i patentnogo landshaftov sovremennykh radiatsionnykh tekhnologiy oblucheniya pishchevykh produktov i syr'ya [Analysis of scientific and patent landscapes of modern radiation technologies for irradiation of food products and raw materials] // *Information Society*. 2020, no 1, pp. 57-70.
 9. Otmakhova Yu. S., Kreskin A. D., Devyatkin D. A., Tikhomirov I. A. Analiz nauchnogo i patentnogo landshaftov v sfere sovremennykh tekhnologiy glubokoy pererabotki zerna [Analysis of scientific and patent landscapes in the field of modern technologies for deep processing of grain] // *Innovations*. 2020, no 2(256), pp. 89-96. DOI 10.26310/2071-3010.2020.256.2.012
 10. Belenkov V. G., Budzko V. I., Devyatkin D. A., Kan A. V., Mihajlin I. S., Sochenkov I. V., SHapkin V. S. Metodika vyyavleniya centrov kompetencij aviacionnoj nauki na osnove publikacionnoj i patentnoj aktivnosti [Methodology for identifying centers of excellence in aviation science based on publication and patent activity] // *Proceedings of the Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences*. 2020, Vol. 32, no. 4, pp. 21-40.
 11. Zadeh L. A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – I // *Information sciences*. 1975, Vol. 8, no. 3, pp. 199-249.
 12. Wang W., Yang S., Hu F., Han Z., Jaeger C. An agent-based modeling for housing prices with bounded rationality // *Journal of physics: conference series*. IOP Publishing, 2018. Vol. 1113. №. 1. C. 012014. DOI 10.1088/1742-6596/1113/1/012014
 13. Okrepilov V. V., Makarov V. L., Bahtizin A. R. Primenenie superkomp'yuternykh tekhnologij dlya modelirovaniya social'no-ekonomicheskikh sistem [Application of supercomputer technologies for modeling socio-economic systems] // *Economy of the region*. 2015, no 2, pp. 301-313.4.
 14. Lyasnikov N. V. Cifrovoy agrarnyj sektor Rossii: obzor proryvnykh tekhnologij chetvertogo tekhnologicheskogo uklada [The digital agricultural sector of Russia: an overview of breakthrough technologies of the fourth technological order] // *Food policy and security*. 2018, Vol. 5, no. 4, pp. 69-182.
 15. Dudin M. N. Tekhnologii iskusstvennogo intellekta kak strategicheskij resurs obespecheniya global'noj prodovol'stvennoj bezopasnosti [Artificial intelligence technologies as a strategic resource for ensuring global food security] // *Food policy and security*. 2020, Vol. 7, no. 1, pp. 39-57.
 16. Otmakhova Yu. S., Usenko N. I. Tsifrovizatsiya i novye podkhody k upravleniyu agroprodovol'stvennym kompleksom [Digitalization and new approaches to managing the agri-food complex] // *Food Industry*. 2019, no 12, pp. 35-38. DOI 10.24411/0235-2486-2019-10192
 17. Pecherskij D. K., Zabenkova N. A. Ispol'zovanie metodov komp'yuternogo zreniya dlya uluchsheniya kachestva produkcii pishchevykh predpriyatij [Using computer vision methods to improve the quality of food products] // *Young scientist*. 2021, no. 6, pp. 27-29.
 18. Sun D. W. (ed.). *Computer vision technology in the food and beverage industries*. Elsevier, 2012.
 19. Otmakhova YU. S., Devyatkin D. A., Usenko N. I. Analiz cifrovyykh tekhnologiy v agroprodovol'stvennoj sfere s ispol'zovaniem metodov obrabotki bol'shih dannykh [Analysis of digital technologies in the agri-food sector using big data processing methods] // *Information society*. 2021, no. 4-5, pp. 334-344.
 20. Rybakov A. V., Vybornov N. A., Rybakov I. A. Analiz metodov komp'yuternogo zreniya, perspektivnykh dlya primeneniya v agropromyshlennom komplekse [Analysis of computer vision methods that are promising for use in the agro-industrial complex] // *Caspian Journal: Management and High Technologies*. 2022, no. 1 (57), pp. 128-138.