

Цифровое сельское хозяйство**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Статья рекомендована к публикации главным редактором Т. В. Ершовой 15.10.2024.

Загазежева Оксана Зауровна

Кандидат экономических наук

Кабардино-Балкарский научный центр РАН, заведующая Инжиниринговым центром

Нальчик, Российская Федерация

oksmil.82@mail.ru

Мамбетов Идар Арсенович

Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Инжиниринговый центр, младший научный сотрудник

Нальчик, Российская Федерация

idar.mam12@gmail.com

Аннотация

Данная статья посвящена моделированию интеллектуального агента для решения экономических задач в сельском хозяйстве с учетом устойчивого развития территорий. Поднимаются проблемы, с которыми сталкиваются фермеры на различных этапах развития бизнеса, а также предлагается применение интеллектуальных систем, основанных на мультиагентных нейрокогнитивных принципах, для анализа и прогнозирования рисков, оптимизации производства и управления рисками в сельском хозяйстве. Результаты исследования могут быть полезны для фермеров и предпринимателей в данной области, помогая им эффективно управлять своим бизнесом и принимать обоснованные экономические решения.

Ключевые слова

интеллектуальный агент; мультиагентная система; сельское хозяйство; база данных; мультиагентные архитектуры; моделирование

Введение

Устойчивое развитие сельскохозяйственных территорий связано во многом с производственной, социальной, экономической и экологической деятельностью. С развитием научно-технического прогресса перед данными территориями возникают новые вызовы, и это касается всех сфер жизнедеятельности человека.

По прогнозным данным ООН к 2050 году ожидается депопуляция сельского населения, связанная с процессом урбанизации. Переход к устойчивому развитию возможен, когда на территории имеется доминирующая экономическая отрасль. На данном этапе технологического развития необходимо в сельских территориях создавать условия для производства конкурентноспособной продукции.

На начальных этапах организации сельскохозяйственного бизнеса фермеры и производители сельскохозяйственной продукции сталкиваются с рядом сложностей. Одной из основных проблем является доступ к финансированию. Зачастую, начинающим фермерам трудно получить кредиты или инвестиции для закупки оборудования, посевов, животных и других необходимых ресурсов. Кроме того, нехватка знаний о современных методах управления и технологиях также может затруднять успешное развитие бизнеса.

© Загазежева О. З., Мамбетов И. А., 2025

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

Данная статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons «С указанием авторства – С сохранением условий» версии 4.0 Международная, размещенной по адресу:

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.ru>

https://doi.org/10.52605/16059921_2025_03_168

На поздних этапах развития сельскохозяйственного бизнеса возникают другие сложности, такие как управление растущими объемами производства, поиск новых рынков сбыта, увеличение конкуренции и необходимость эффективного управления ресурсами.

Интеллектуальная система, моделирующая экономические отношения в производственной сельскохозяйственной среде, может значительно облегчить труд фермеров и производителей. Например, такая система может предоставлять прогностические данные о рынке, помогая оптимизировать производство и планировать сбыт продукции. Также она может предоставлять информацию о доступных финансовых инструментах и помогать в поиске инвестиций. Кроме того, система может предлагать советы по улучшению управления ресурсами, внедрению новых технологий и улучшению процессов производства.

Сельское хозяйство является отраслью с высоким уровнем риска, и фермеры сталкиваются с различными экономическими и неэкономическими рисками при производстве сельскохозяйственной продукции. Ниже приведены некоторые из основных рисков, с которыми могут столкнуться фермеры: погодные условия, риск, связанные с рынком, технологические риски, риски, связанные с биологическими факторами, финансовые риски, политические риски, заболевания растений и животных, вредители, а также риск непредсказуемых биологических явлений, риски, связанные с трудовыми ресурсами, социальные и экологические риски.

Фермеры должны учитывать данные риски при планировании своей деятельности и разрабатывать стратегии управления рисками для минимизации негативных последствий. Технологии, такие как мультиагентные системы и искусственный интеллект, могут помочь фермерам анализировать и прогнозировать различные риски, а также разрабатывать более эффективные стратегии управления ими.

Интеллектуальные системы (ИС) могут быть весьма полезными для управления сельскохозяйственным бизнесом и принятия экономических решений. Вот несколько способов, как различные ИС могут быть применены в этой области:

1. Прогностическая аналитика: ИС могут использоваться для анализа данных о погоде, климатических условиях, рыночной конъюнктуре и других факторах, влияющих на сельскохозяйственное производство. На основе этих данных система может делать прогнозы о том, какие культуры лучше всего выращивать в определенном регионе, какие урожаи можно ожидать в текущем сезоне, и какие цены на продукцию можно ожидать на рынке.
2. Оптимизация производства: ИС могут помочь фермерам оптимизировать использование ресурсов, таких как земля, вода, удобрения и техника. С помощью алгоритмов машинного обучения система может предложить оптимальные методы посева, полива, удобрения и ухода за культурами, что позволит повысить урожайность и снизить затраты.
3. Финансовое планирование и управление: ИС могут помочь фермерам в управлении финансами, предоставляя информацию о доступных кредитах, грантах, инвестиционных возможностях и налоговых льготах. Также система может помочь в составлении бюджета, прогнозировании доходов и расходов, а также в управлении долгами.
4. Маркетинг и сбыт: ИС могут анализировать данные о рынке, потребительских предпочтениях, конкурентной среде и тенденциях потребления сельскохозяйственной продукции. На основе этих данных система может помочь фермерам разрабатывать маркетинговые стратегии, выбирать оптимальные каналы сбыта и оптимизировать ценообразование.
5. Управление рисками: ИС могут помочь фермерам в управлении рисками, связанными с изменениями цен на продукцию, погодными условиями, болезнями растений и животных, а также другими факторами, способными повлиять на успех производства.

Цель разработки интеллектуального агента для решения экономических задач в сельском хозяйстве заключается в создании системы, способной упрощать работу фермеров и оптимизировать процесс анализа окружающей среды и всех ключевых параметров, что позволит им более эффективно управлять своей деятельностью и принимать обоснованные решения для повышения урожайности и устойчивости бизнеса.

Научная новизна работы заключается в использовании перспективного метода разработки интеллектуальных систем, реализованного на мультиагентных нейрокогнитивных принципах

(имитационном моделировании архитектуры человеческого головного мозга), для решения сложных задач в неструктурированной или слабоструктурированной среде.

1 Мультиагентная архитектура

Мультиагентные системы (МАС) представляют собой технологию, которая моделирует комплексные системы, в которых множество агентов (например, фермеров, поставщиков, покупателей, банков и т.д.) взаимодействуют друг с другом для достижения определенных целей (рис. 1). В контексте сельского хозяйства, мультиагентные системы могут быть использованы для моделирования различных аспектов производства, распределения ресурсов, рыночных отношений и других важных факторов.

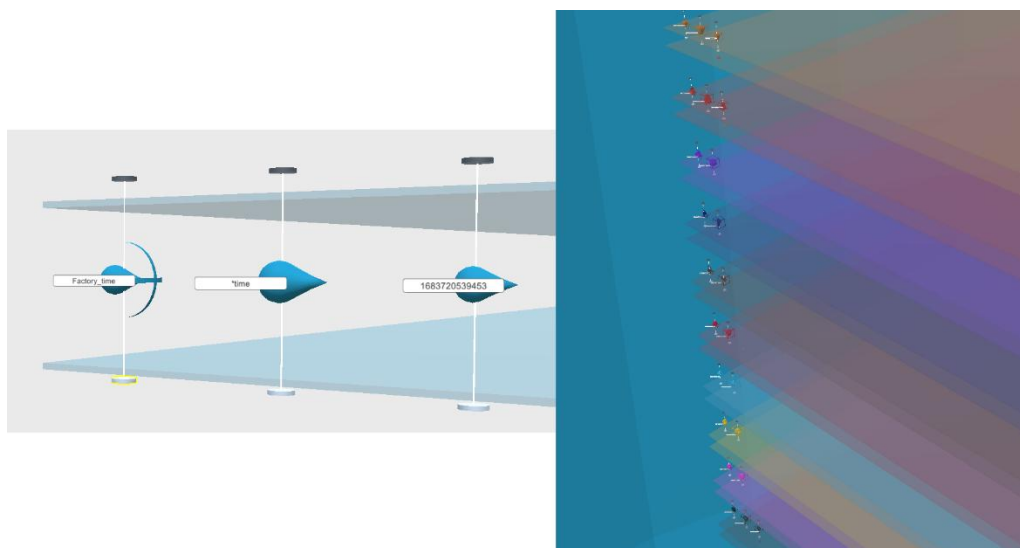


Рис. 1. Архитектура агента в мультиагентной когнитивной рекурсивной архитектуре (МуРКА)

Преимущества использования мультиагентных систем в области сельского хозяйства:

1. Моделирование сложных взаимодействий: Мультиагентные системы позволяют моделировать сложные взаимодействия между различными участниками сельскохозяйственного процесса, такими как фермеры, поставщики удобрений, покупатели продукции и т.д. Это позволяет более точно предсказывать результаты различных стратегий и принимать более обоснованные решения.
2. Автоматизация принятия решений: Мультиагентные системы могут быть использованы для автоматизации принятия решений на уровне отдельных агентов [1, 2]. Например, система может помочь фермерам принимать решения о посевах, поливе, удобрениях и других аспектах производства на основе данных о погоде, почвенном составе и рыночной ситуации.
3. Оптимизация ресурсов: Мультиагентные системы могут помочь оптимизировать использование ресурсов, таких как земля, вода, удобрения и энергия. Система может координировать действия различных агентов для максимизации урожайности при минимальном потреблении ресурсов.

Искусственный интеллект (ИИ) также играет важную роль в сельском хозяйстве [3-5]:

1. Прогнозирование и оптимизация: ИИ может использоваться для анализа больших объемов данных о погоде, климатических условиях, состоянии почвы и других факторах для прогнозирования урожайности и оптимизации производственных процессов.
2. Автоматизация и роботизация: ИИ может быть применен для автоматизации процессов сельскохозяйственного производства, таких как уборка урожая, обработка почвы и контроль за состоянием растений.
3. Управление рисками: ИИ может помочь фермерам в управлении рисками, связанными с изменениями цен на продукцию, погодными условиями и другими факторами.

Перспективы стабильного экономического роста производства и прибыли при ориентировании на решения, сформированные интеллектуальной системой:

1. Увеличение урожайности: ИС и ИИ могут помочь фермерам повысить урожайность за счет оптимизации производственных процессов и прогнозирования наилучших методов посева, ухода и уборки [6].
2. Снижение затрат: ИС и ИИ могут помочь фермерам снизить затраты на ресурсы, такие как удобрения, вода и топливо за счет оптимизации использования этих ресурсов [7, 8].
3. Улучшение качества продукции: ИС и ИИ могут помочь фермерам улучшить качество продукции за счет более точного контроля за производственными процессами [9].
4. Маркетинговые преимущества: ИС и ИИ могут помочь фермерам разрабатывать более эффективные маркетинговые стратегии на основе анализа данных о рынке и потребительских предпочтениях.

Существуют на мировом рынке системы, подобные разрабатываемой, в сферах их функционирования. Например, к ним относятся:

1. Системы для управления ресурсами: FarmLogs – программа, которая предлагает инструменты для отслеживания урожайности, планирования и анализа затрат; AgriWebb – платформа для управления пастбищами и животноводством, фокусирующаяся на улучшении процессов управления;
2. Системы мониторинга и анализа данных: Climate FieldView и Ag Leader Technology – платформы со сбором данных для управления урожайностью полей;
3. Системы на основе ИИ и машинного обучения: IBM Watson Decision Platform for Agriculture – использует ИИ для анализа данных и предоставления рекомендаций по управлению сельским хозяйством; Ceres Imaging – платформа, использующая воздушные снимки и анализ данных для мониторинга состояния растений.

Все представленные выше аналоги являются иностранными, а также, несмотря на общее направление использования, имеют отличный от разрабатываемой мультиагентной системы тип структуры программы. Предполагается, что мультиагентные технологии проектирования дают больший потенциал для обучаемости системы, что позволит ей работать корректней в различных сложных сценариях, и эффективней, чем какой-либо другой, основанной на простой нейросети.

Создание экономической интеллектуальной системы, основанной на мультиагентной рекурсивной когнитивной архитектуре, позволит смоделировать и спрогнозировать производственные процессы при заданных условиях, формировать базу данных и на её основе базу знаний, а также поможет фермеру с планированием и воспроизводством конкурентноспособной продукции.

В КБНЦ РАН порядка 20 лет разрабатывается мультиагентная когнитивная рекурсивная архитектура (МуРКА), которая позволяет строить интеллектуальные системы производственного типа, имитирующие работу головного мозга человека [8].

База данных интеллектуального агента состоит из наборов производственных правил агентов на основе мультиакторной когнитивной архитектуры для моделирования взаимодействия между экономическими агентами в сельском хозяйстве.

На рисунке 2 показана полная архитектура интеллектуального агента, состоящая из 13 типов слоев нейронов [10]. Начиная от типов, принимающих информацию из внешних источников «Сенсоры» (sensor), заканчивая «Эффекторы» (effector), выводящих её из системы на экран или в другую систему.

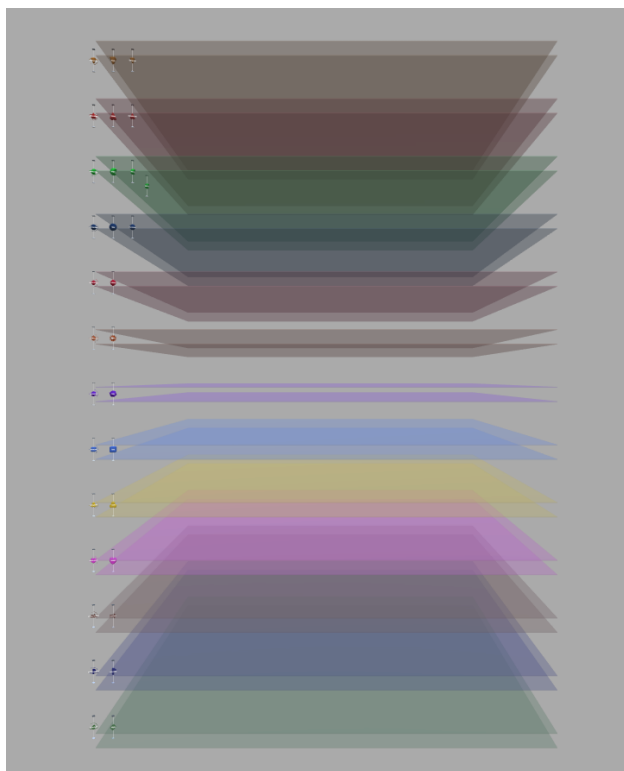


Рис. 2. Архитектура экономического интеллектуального агента

2 Работа системы

Информация о компаниях, покупателях, продавцах, а также их ресурсах, взятая из интернетного источника, из сенсора поступает на фабрику нейронов субъектного типа, чтобы создать соответствующего агента и сформировать его внутреннюю архитектуру [11].

Параллельно созданию нейронов субъектного типа появляется и нейрон-объект «Хранилище». Этот нейрон имеет представление о каждом нейроне-субъекте, количестве и качестве его ресурсов.

На рисунке 3 представлены нейроны типа subject (зеленый слой), а также нейроны типа object (синий слой).

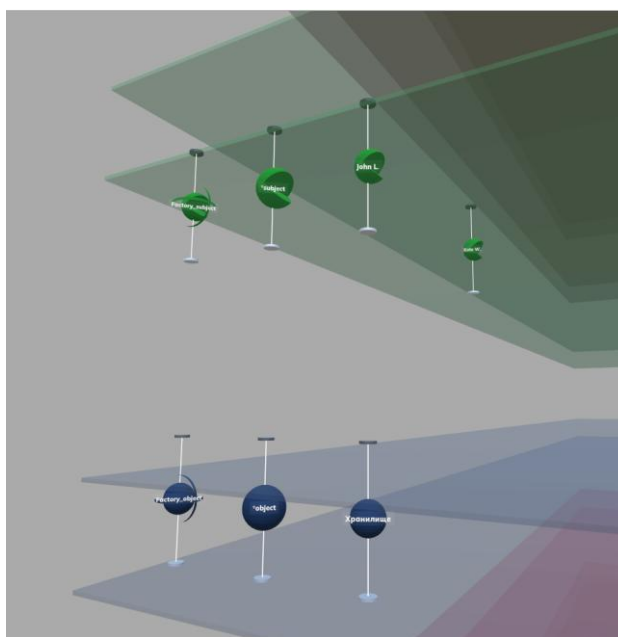


Рис. 3. Основные действующие аг-нейроны

Нейроны типа *subject* формируют в себе целевого агента-актора в зависимости от своих нужд. Допустим, покупателю нужно увеличить количество яблок, потратив определенную сумму, а продавцу наоборот. Поиск покупателя и продавца происходит по общей рассылке от каждого агента-нейрона на свой же тип, после его формирования, готовности к возможному обмену ресурсами. Когда два нейрона успешно прошли процесс обмена ресурсами через сообщения, сам пересчёт ресурсов происходит внутри агента «Хранилище», а также математического модуля – программного компонента МуРКА, позволяющего производить вычисления при получении сообщений от конкретных акторов.

На рисунке 4 изображен интерфейс программного компонента.

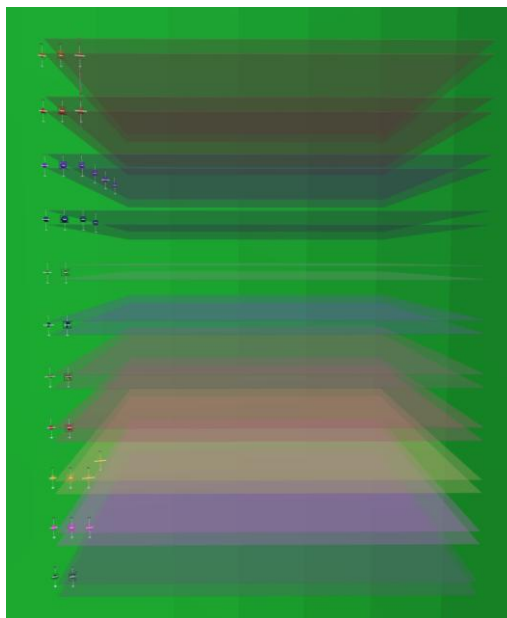


Рис. 4. Внутренняя архитектура нейрона типа *subject*

Внутренние архитектуры нейронов типа *subject* и *object* схожи (рис. 4–5), но *object* имеет актора, который отвечает за взаимодействие с математическим модулем, то есть выводит информацию из нейрона, а также получает её. Некоторые акторы имеют другие названия, типа *action*, *numeral*.

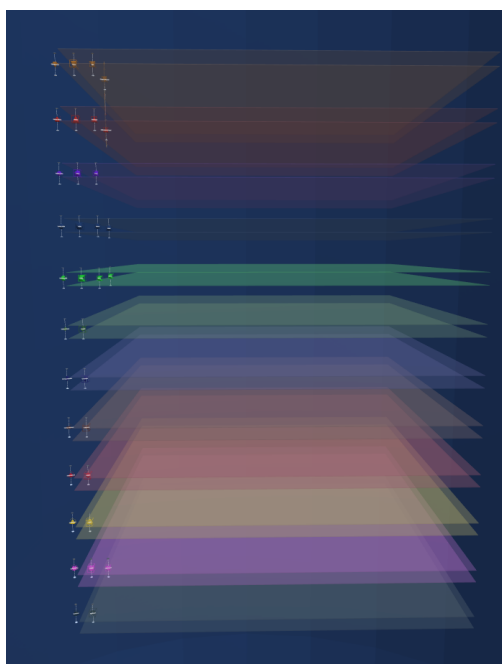


Рис. 5. Внутренняя архитектура нейрона типа *object*

На рисунке 6 представлена модель взаимодействия системы с пользователем.

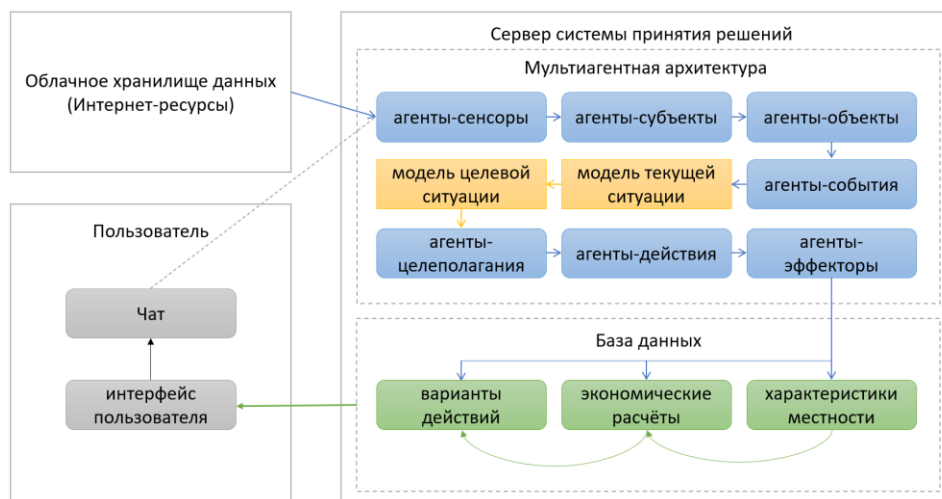


Рис. 6. Модель взаимодействия системы с пользователем.

Все вычисления, проходящие в интеллектуальной системе, реализованы с помощью дополнительного компонента – математического модуля (рис. 7). Он включает в себя базовые математические функции и правила, что позволяет вести различные расчёты.

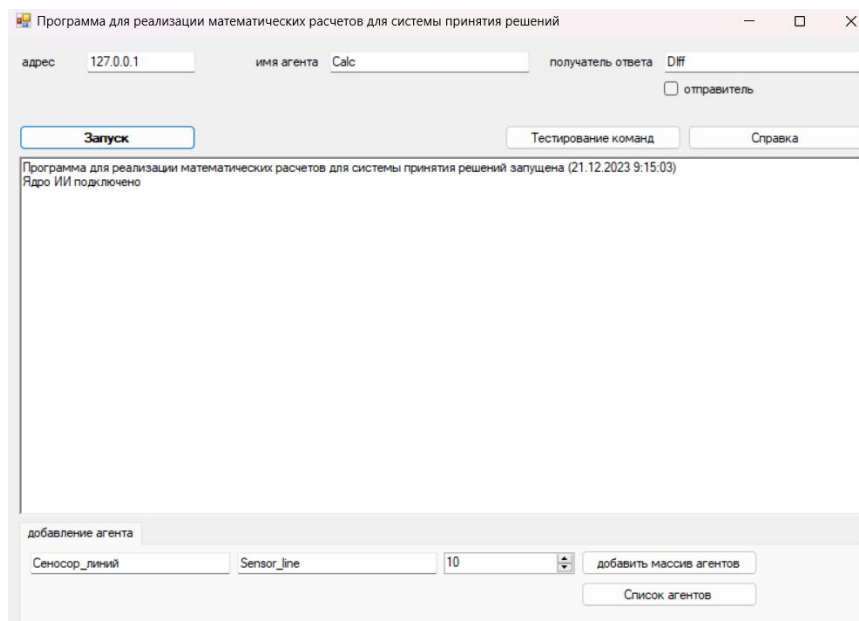


Рис. 7. Интерфейс математического модуля

В процессе тестирования (возможно и при полноценном функционировании) к системе обращаются через клавиатуру, компонент «Чат». Для ввода информации и побуждения системы создать нового агента.

На рис. 8 представлен внешний вид окна чата, с помощью которого можно общаться с интеллектуальным агентом.

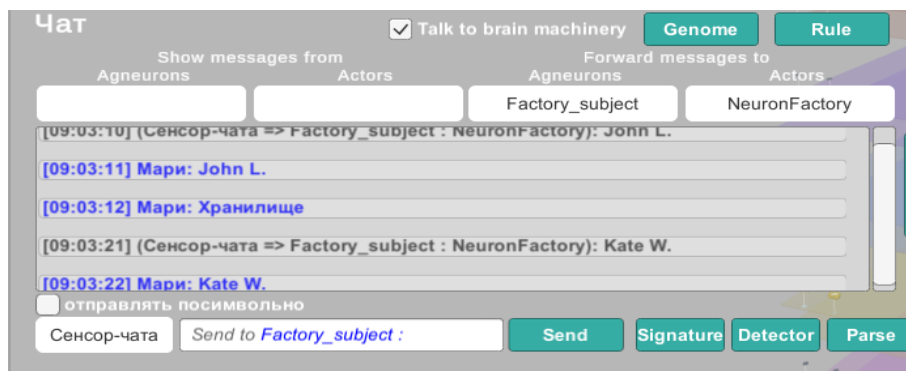


Рис. 8. Чат в МуРКА

Просмотреть историю действий, производимых системой, или в результате общения с ней, можно через окно, представленное на рисунке 9.

Общая очередь									
Исходящие			Входящие			Контракты		Нейроконтракты	
№	время	агнейрон отправителя	отправитель	агнейрон получателя	получатель	F	None	None	Статусы
59	[09:03:23]	Kate W.	яблоки	Kate W.	removeStatus	New			1
60	[09:03:25]	Kate W.	Сенсор-сообщений	Kate W.	Factory-action	иметь			5
61	[09:03:25]	Хранилище	Сенсор-сообщений	Хранилище	Factory-subject	Kate W.			5
62	[09:03:25]	Kate W.	Factory-action	Kate W.	Factory-action	иметь			1
63	[09:03:25]	Kate W.	иметь	Kate W.	RemoveStatus	New			1
64	[09:03:25]	Хранилище	Factory-subject	Хранилище	Factory-subject	Kate W.			1
65	[09:03:25]	Хранилище	Kate W.	Хранилище	RemoveStatus	New			1

Рис. 9. Окно с историей в ИА

Заключение

Ведутся разработки экономического агента – интеллектуальной системы, основанной на мультиагентной рекурсивной когнитивной архитектуре. ЭА должен помогать фермерам, производителям сельскохозяйственной продукции, принимать важные решения при ведении своего бизнеса, которые базированы на прогнозах различных рисков. На текущем этапе тестирования ИС уже может производить простые вычисления, а также создавать агентов, хранящих информацию о продукции и её цене. С помощью такой системы фермер сможет более эффективно управлять своим хозяйством, а также ресурсами, необходимыми для его поддержания. Использование интеллектуальных систем [12], таких как мультиагентные системы и искусственный интеллект, может значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства и способствовать стабильному экономическому росту и прибыли.

Была построена архитектура интеллектуального экономического агента, состоящая из нейронов и акторов различных типов, имеющих контрактную связь друг с другом. Написаны правила производственного типа (если ..., то ...), формирующие базу знаний для каждого функционального элемента разрабатываемой системы.

Данная мультиагентная система позволяет создавать интеллектуальных агентов, состоящих из знаний, которая получена в результате сбора больших данных (big data), для возможности прогнозирования различных экономических процессов, которые происходят при ведении сельскохозяйственной деятельности. Гибкость системы предполагает, что она может быть адаптирована как для комплексного использования (растениеводство, животноводство, аквакультура и агроэкология) за счёт интегрирования данных из разных источников, так и для узкоспециализированных решений в рамках одной отрасли.

Литература

1. Рассел С., Искусственный интеллект. Современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. Москва: Вильямс, 2021. 704 с.

2. Свецкий А. В. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Сельское хозяйство. 2022. № 3. С. 1–12. EDN: YVZSAN URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=3946. DOI: <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2022.3.39469>
3. Нетесова О. Ю. Информационные системы и технологии в экономике / О. Ю. Нетесова. Москва: Юрайт, 2023. 176 с.
4. Остроух А. В. Интеллектуальные информационные системы и технологии / А.В. Остроух, А.Б. Николаев. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 308 с.
5. Агравал А. Искусственный интеллект на службе бизнеса. Как машинное прогнозирование помогает принимать решения. / А. Агравал. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2019. 336 с.
6. Андрейчиков А. В. Интеллектуальные информационные системы и методы искусственного интеллекта / А. В. Андрейчиков. Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2021. 530 с. ISBN 978-5-16-107381-0.
7. Нагоев З. В., Кудаев В. Ч., Нагоева О. В. Рекурсивные агенты для задач моделирования интеллектуального принятия решений на основе самоорганизации мультиагентных когнитивных архитектур // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2012. № 4(48). С. 50–57.
8. Нагоев З. В., Нагоева О. В. Извлечение знаний из многомодальных потоков неструктурированных данных на основе самоорганизации мультиагентной когнитивной архитектуры мобильного робота // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2015. № 6-2(68). С. 145–152.
9. Чибисова И. С. Применение информационных технологий в сельском хозяйстве России / И. С. Чибисова. Москва: Эпоха науки, 2018. 92–96 с.
10. Нетесова О. Ю. Информационные системы и технологии в экономике / О. Ю. Нетесова. Москва: Юрайт, 2020. 201 с.
11. Нагоев З. В., Загазежева О. З., Бжихатлов К. Ч., Мамбетов И. А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023687585 Российская Федерация. Программа для сбора и хранения данных с распределенной робототехнической системы мониторинга посевов: № 2023686646: заявл. 04.12.2023; опубл. 18.12.2023 /; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук».
12. Романова А. А. Интеллектуальные транспортные системы: инновационные технологии и перспективы развития / А.А. Романова, А.В Жиглова. Москва: Университет ИТМО, 2019. 322 с.

MODELING OF AN INTELLIGENT AGENT FOR SOLVING ECONOMIC PROBLEMS IN AGRICULTURE

Zagazezheva, Oksana Zaurovna

Candidate of economic sciences

Kabardino-Balkarian Research Center of the Russian Academy of Sciences, head of the Engineering center

Nalchik, Russian Federation

oksmil.82@mail.ru

Mambetov Idar Arsenovich

Kabardino-Balkarian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Engineering center, junior researcher

Nalchik, Russian Federation

idar.mam12@gmail.com

Abstract

This article is devoted to the modeling of an intelligent agent for solving economic problems in agriculture, taking into account the sustainable development of territories. The problems faced by farmers at various stages of business development are raised, and the use of intelligent systems based on multi-agent neurocognitive principles for risk analysis and forecasting, production optimization and risk management in agriculture is proposed. The results of the study can be useful for farmers and entrepreneurs in agriculture, helping them to effectively manage their business and make informed economic decisions.

Keywords

intelligent agent; multi-agent system; agriculture; database; multi-agent architectures; modeling

References

1. Russell S., Artificial intelligence. A modern approach / S. Russell, P. Norvig – Moscow: Williams, 2021. 704 p.
2. Savitsky A.V. The use of artificial intelligence in agriculture // Agriculture. 2022. No. 3. pp. 1-12. EDN: YVZSAN URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=3946. DOI: <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2022.3.39469>
3. Netesova O. Yu. Information systems and technologies in economics / O.Yu. Netesova. Moscow: Yurait, 2023. 176 p.
4. Ostroukh A. V. Intelligent information systems and technologies / A.V. Ostroukh, A.B. Nikolaev. St. Petersburg: Lan, 2019. 308 p.
5. Agrawal A. Artificial intelligence in the service of business. How machine forecasting helps to make decisions. / A. Agrawal. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber, 2019. 336 p.
6. Andreychikov A. V. Intelligent information systems and methods of artificial intelligence / A. V. Andreychikov. Moscow: SIC INFRA-M, 2021. 530 p. ISBN 978-5-16-107381-0.
7. Nagoev, Z. V., Kudaev, V. Ch., & Nagoeva, O. V. (2012). Recursive agents for decision-making modeling tasks based on self-organization of multi-agent cognitive architectures. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 4(48), 50-57.
8. Nagoev, Z. V., & Nagoeva, O. V. (2015). Knowledge extraction from multimodal streams of unstructured data based on self-organization of a multi-agent cognitive architecture of a mobile robot. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 6-2(68), 145-152.
9. Chibisova I. S. Application of information technologies in agriculture of Russia / I. S. Chibisova. Moscow: Epoch of Science, 2018. 92-96 p.
10. Netesova O. Yu. Information systems and technologies in economics / O. Yu. Netesova. Moscow: Yurait, 2020. 201 p.
11. Nagoev, Z. V., Zagazezheva, O. Z., Bzhikhatlov, K. Ch., & Mambetov, I. A. (2023). Certificate of state registration of a computer program No. 2023687585 Russian Federation. Program for collecting and storing data from a distributed robotic monitoring system for crops: No. 2023686646: appl. 04.12.2023: publ. 18.12.2023 /; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center "Kabardino-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences".
12. Romanova A. A. Intelligent transport systems: innovative technologies and development prospects / A.A. Romanova, A.V. Zhiglova. Moscow: ITMO University, 2019. 322 p.