

КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

ЖЕРДІ ПАЙДАЛАНУ МӘСЕЛЕЛЕРІН ШЕШУДІҢ КАРТОГРАФИЯЛЫҚ ӘДІСІ

THE CARTOGRAPHIC METHOD FOR SOLVING LAND-USE PROBLEMS

В.В. ГАРКУШИНА**к.э.н., ассоциированный профессор**Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина,
Астана, Казахстан***электронная почта автора: garkval@mail.ru***В.В. ГАРКУШИНА****э.ғ.к., қауымдастырылған профессор**С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана, Қазақстан*** автордың электрондық поштасы: garkval@mail.ru***V.V. GARKUSHINA****C.E.Sc., Associate Professor**S. Seifullin Kzakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan***corresponding author e-mail: garkval@mail.ru*

Аннотация. Пастбища в стране занимают значительные площади и служат основой кормовой базы сельского хозяйства. Исследование вопросов картографического обеспечения использования пастбищных угодий, государственный контроль за управлением пастбищными ресурсами геоинформационными технологиями (ГИС) отвечают современным требованиям цифровизации земельного кадастра. *Цель* – изучение и мониторинг земель пастбищного назначения на основе геоаналитических систем и искусственного интеллекта. *Задачи:* проанализировать пространственные и земельно-кадастровые данные пастбищных земель, нормативы, дать оценку состояния пастбищных территорий методами ГИС-технологий. *Методы* – в рамках проекта применялись ортофотоснимки, полученные с помощью специализированного программного сопровождения SAS. Planet, предназначенного для загрузки, визуализации и обработки пространственных показателей. Исходная информация включала сбор сведений о границах сельских округов, пастбищных участках и составе поголовья, а также их последующей оцифровки в среде ГИС, монографический и экспериментальный – при обработке исследуемого материала с освоением современных программных средств и программ компьютерного разума. *Результаты* – создание электронной базы картографических услуг, объединяющих геопропространственные параметры, автоматический расчёт нагрузки скота на пастбища и формирование правового акта в виде протокола профилактической проверки устранения нарушений. *Выводы* – разработанная модель исчисления интенсивности воздействия на земли для выпаса будет реализована в практике земельного инспектирования и при планировании использования сельхозземель. Визуальная интерпретация итогов деятельности доступна для специалистов, фермеров и сельского населения, позволяет внедрять в кадастровые работы методики математико-картографического моделирования, разрабатывать комплексные природно-ресурсные кадастры для регионов.

Аңдатпа. Елдегі жайылымдар едәуір аумақты алып жатыр және ауыл шаруашылығының жемшөп базасының негізі болып табылады. Жайылымдық жерлерді пайдалануды картографиялық қамтамасыз ету мәселелерін зерттеу, жайылымдық ресурстарды геоақпараттық технологияларды (ГАЗ) басқаруды мемлекеттік бақылау жер кадастрын цифрландырудың қазіргі заманғы талаптарына жауап береді. *Мақсаты* – геоаналитикалық жүйелер мен жасанды интеллект негізінде жайылым мақсатындағы жерлерді зерттеу және мониторингілеу. Міндеттері: жайылымдық жерлердің кеңістіктік және жер-кадастрлық деректерін, нормативтерін талдау, жайылымдық аумақтардың жай-күйін ГАЗ-технологиялар әдістерімен бағалау. *Әдістері* – жоба аясында SAS мамандандырылған бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы алынған ортофотосуреттер қолданылды. Кеңістіктік көрсеткіштерді

жүктеуге, визуализациялауға және өңдеуге арналған Planet. Бастапқы ақпаратқа ауылдық округтердің шекаралары, жайылым учаскелері мен малдың құрамы туралы мәліметтер жинау, сондай-ақ оларды ГАЗ ортасында кейіннен цифрландыру, монографиялық және эксперименттік-заманауи бағдарламалық құралдар мен компьютерлік ақыл бағдарламаларын игере отырып, зерттелетін материалды өңдеу кезінде енгізілді. **Нәтижелер** – геокеңістіктік параметрлерді біріктіретін картографиялық қызметтердің электрондық базасын құру, жайылымдарға мал жүктемесін автоматты түрде есептеу және бұзушылықтарды жоюды профилактикалық тексеру хаттамасы түрінде құқықтық актіні қалыптастыру. **Қорытындылар** – жайылымға арналған жерлерге әсер ету қарқындылығын есептеудің әзірленген моделі жер инспекциясы тәжірибесінде және ауыл шаруашылығы жерлерін пайдалануды жоспарлау кезінде іске асырылатын болады. Қызмет нәтижелерін көрнекі түсіндіру мамандарға, фермерлерге және ауыл тұрғындарына қол жетімді, кадастрлық жұмыстарға математикалық-картографиялық модельдеу әдістерін енгізуге, аймақтар үшін кешенді табиғи-ресурстық кадастрларды жасауға мүмкіндік береді.

Abstract. Pastures occupy significant areas in the country and serve as the basis of the fodder base of agriculture. The study of issues related to cartographic support for the use of pasture lands and state control over pasture resource management using geoinformation technologies (GIS) meets modern requirements for the digitalization of the land cadastre. The *purpose* is the study and monitoring of pasture lands based on geo-analytical systems and artificial intelligence. **Objectives:** to analyze spatial and land-cadastre data of pasture lands and regulatory standards, and to assess the condition of pasture territories using GIS technologies. **Methods** — within the framework of the project, orthophotos obtained using specialized software support SAS.Planet, designed for downloading, visualization, and processing of spatial indicators, were applied. The initial information included the collection of data on the boundaries of rural districts, pasture plots, and livestock numbers, followed by their digitization in the GIS environment; monographic and experimental methods were used in processing the research material with the application of modern software tools and computer intelligence programs. **Results** — the creation of an electronic database of cartographic services integrating geospatial parameters, automatic calculation of livestock load on pastures, and the formation of a legal act in the form of a protocol of preventive inspection for the elimination of violations. **Conclusions** — the developed model for calculating the intensity of grazing impact on land will be implemented in land inspection practice and in planning the use of agricultural land. Visual interpretation of results is accessible to specialists, farmers, and the rural population, enabling the introduction of mathematical-cartographic modeling techniques in cadastral work and the development of integrated natural resource cadastres for regions.

Ключевые слова: сельские территории, картографирование земель, нагрузка скота на пастбище, профилактический контроль, рациональное использование, геоинформационные технологии, искусственный интеллект, нормативные показатели.

Түйінді сөздер: ауылдық аумақтар, жерді картаға түсіру, жайылымға мал жүктемесі, профилактикалық бақылау, ұтымды пайдалану, геоақпараттық технологиялар, жасанды интеллект, нормативтік көрсеткіштер.

Keywords: rural territories, land mapping, livestock load on pastures, preventive control, rational use, geoinformation technologies, artificial intelligence, regulatory indicators.

Поступила: 03.11.2025. Одобрена после рецензирования: 09.12.2025. Принята в печать: 17.12.2025.

Введение

С позиции рациональной эксплуатации земель устойчивое развитие аграрного сектора обеспечивается эффективным, экологически сбалансированным экономически обоснованным применением земельных ресурсов. Основным направлением рационального использования земель следует считать информационно-картографическое обеспечение, заключающееся в использовании геоинформационных систем и дистанционного зондирования для оценки состояния сельскохозяйственных угодий и вы-

работки методов контроля за состоянием использования земельных ресурсов.

Предметом исследования выступает совокупность процессов, методов и средств создания, обновления и применения картографических материалов, обеспечивающих рациональное использование пастбищных угодий, контроль их рационального использования. Цель статьи заключается в разработке цифровых картографических методов предоставления данных с целью анализа состояния использования пастбищных угодий и разработки дистанционных форм пра-

вового воздействия на недобросовестных землепользователей по их эффективному использованию и охране земель.

Переход на цифровую экономику ставит перед контрольно-надзорными органами задачу трансформации в цифровой формат процедуры проведения профилактических проверок с целью выявления нарушений функционирования земель для повышения эффективности управления, землями, повышения урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности кормовых угодий. При этом употребляются методы пространственного анализа, цифрового картографирования и визуализации данных цифровыми средствами (Овчинникова Н.Г., Примакова А.С.) [1].

Интеграция цифровых инструментов с нормами земельного законодательства позволяет наряду с оценкой текущего состояния сельскохозяйственных угодий проводить правовой анализ их использования и разрабатывать предложения гражданско-правового воздействия на недобросовестных землепользователей (Гарманов В.В., Терлеев В.В.) [2].

Переход от традиционного подхода государственного контроля за использованием сельскохозяйственных угодий к цифровому предлагает замену традиционных бумажных, аналоговых способов хранения, обработки и предоставления информации на современные цифровые технологии, обеспечивающие автоматизацию, точность и доступность данных. Предлагаемая модель дистанционно в автоматическом режиме online выявляет нарушения, соотносит их с действующими нормами земельного законодательства и формирует акты профилактического контроля для устранения нарушений.

Литературный обзор

Теоретические основы картографических обследований использования земель заложены в работах многих авторов. В литературе описываются разнообразные методы картографического обследования земель: наземные (Белоусов А.О.) [3]; дистанционные; с помощью искусственного интеллекта. Современные публикации освещают развитие геоинформационных систем (ГИС) для хранения, обработки, анализа данных мониторинга в управлении пастбищными ресурсами (Муталипова К.К.) [4]. Казахские ученые представляют данные по многолетнему мониторингу пастбищных ресурсов (Елемесов С.У.) [5].

Мониторинг пастбищных экосистем во всем мире рассматривается как важнейшая часть устойчивого природопользования и

борьбы с деградацией земель. Современные работы посвящены: автоматизации обработки спутниковых данных (Sutton A., Fisher A.G., Eldridge D.J. et al.) [6], (Justino S.T.P., Paganini E.A.L., Silva R.B. et al.) [7]; разработке алгоритмов машинного обучения для классификации пастбищных угодий (Bauma G., Nogueira S.F., Adami M. et al.) [8].

Мировая литература по картографическому обследованию сельскохозяйственных угодий демонстрирует переход от локальных наземных исследований к дистанционным и моделирующим системам, усиление роли глобальных и региональных программ обследований угодий (Zhao Y., Song W., Wu Z. et al.) [9], широкое применение индексов растительности (NDVI, SAVI, EVI) и спутников Landsat, MODIS, Sentinel (Zhao Y., Song W., Wu Z. et al.) [9], (Marchegiani S., Gislou G., Marino R. et al.) [10], (Kuppala N., Krishna C.N., Variyar V.V.S. et al.) [11]. Развитие получили ГИС-платформы и облачные сервисы для анализа данных об использовании сельскохозяйственных земель (Rane N.L., Gidutur M., Choudhary S.P. et al.) [12]. Продолжается выполнение исследований по интеграциям ГИС и моделей экосистем для прогнозирования последствий изменения климата и антропогенной нагрузки на пастбища (Liu M., Wang Z., Shao Q.) [13]. В условиях цифровизации необходимой становится разработка системы контроля за состоянием использования земель в соответствии с правилами рациональной эксплуатации сельскохозяйственных угодий с увязкой ГИС-технологий и искусственного интеллекта (Бадмаева М.Х.) [14].

В стране активно создаются проекты по внедрению цифровых кадастровых карт и национальных геопорталов, что обеспечивает переход к автоматизированному управлению сельскохозяйственными землями. Разработка цифровых моделей в землеустроительную практику открывает принципиально новые возможности для анализа данных из разных источников как пространственных, так и информационных (Золкин А.Л.) [15].

Материалы и методы

Картографические работы являются значимым инструментом при изучении состояния пастбищ, поскольку они позволяют наглядно отобразить, проанализировать и оценить пространственные характеристики угодий. Все способы выполнения таких обследований делятся на традиционные, основанные на полевых обследованиях, связанных с выездом на местность с привлечением традиционных инструментов, и цифровые. Переход на цифровые технологии для

изучения пастбищных угодий предполагает использование спутниковых съемок, БПА, ГИС-технологий, искусственного интеллекта.

Использование геоинформационных систем, спутниковых снимков и искусственного интеллекта в землеустроительном производстве предоставляет возможность в режиме online дистанционно отслеживать текущее состояние использования сельскохозяйственных угодий, своевременно выявлять отклонения использования земель от нормативных показателей и выстраивать правовые меры воздействия на нарушителей.

В статье использованы общенаучные методы, а также монографический, абстрактно-логический и экспериментальный методы. При обработке материала использованы современные программные средства и программы искусственного интеллекта. Экспериментальной основой исследования послужили пространственная и статистическая информация о состоянии и использовании пастбищ.

Результаты

Пастбища занимают более 67% всех сельскохозяйственных угодий. Однако их использование в последние десятилетия сопровождается деградацией, чрезмерной нагрузкой и неэффективным управлением. Отсутствие системного контроля за состоянием пастбищ является причиной снижения продуктивности кормовых угодий, истощения растительного покрова и потери биоразнообразия. Современная система контроля пастбищ в Казахстане основывается на законодательстве о земле, пастбищах и правилах рационального использования земель сельскохозяйственного назначения. Практическая реализация контроля за использованием пастбищ осложнена недостаточной координацией между государственными и местными органами управления, а также нехваткой технических средств мониторинга.

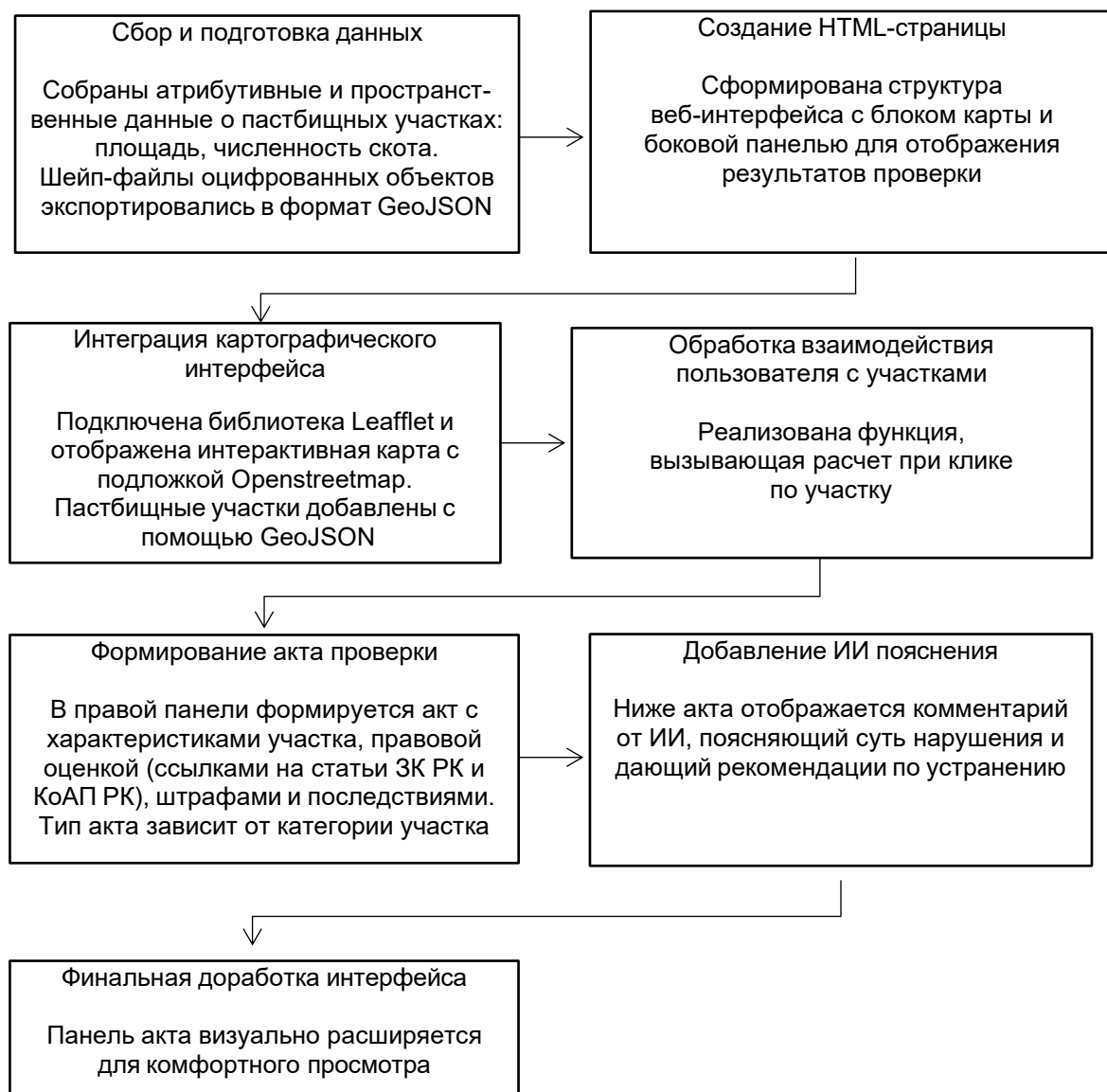
В отдельных регионах Казахстана внедряются цифровые геопорталы и электронные карты пастбищ, которые позволяют оценивать состояние растительности, степень нагрузки и динамику деградации. Процесс создания системы государственного контроля за использованием пастбищ с помощью цифровых технологий ИИ-инспектор включает следующие этапы: подготовительный, привязка данных, создание тематических слоёв и баз данных, картографическая визуализация результатов, обработка взаимодействия пользователя с участками, формирование акта проверки, добавление ИИ пояснения, финальная доработка интерфейса (рисунок 1).

На первом этапе осуществляются сбор и анализ исходных пространственных и статистических данных (спутниковые изображения, картографические материалы и информация о текущем использовании земель).

Второй этап - пространственная привязка данных, при которой происходит приведение всех картографических материалов к единой системе координат, что обеспечивает корректность последующего анализа и интерпретации данных. Процесс оцифровки заключается в переводе информации из бумажных и графических источников для создания тематических слоёв и баз данных в цифровой формат. В начале определяются отдельные тематические слои: границы контуров сельскохозяйственных угодий, административных единиц, которые на этапе картографической визуализации результатов формируют тематические карты, наглядно демонстрирующие состояние пастбищных угодий, степень нагрузки и деградации.

Модель ИИ-инспектор включает разработку платформы в виде действующего прототипа, в котором разработан шаблон «Акт обследования». Веб-страница содержит тексты законов и нормативных актов, алгоритм автоматической расчётов. Искусственный интеллект выступает активным участником анализа, самостоятельно выявляет тип нарушения, дает правовую природу и формирует акт. Программирование прототипа выполнено на языке разметки HTML. Это позволяет отобразить базовое содержание выделенной страницы, с отображением карты и панелью с результатами расчётов. Применение HTML не требует установки дополнительных компонентов со стороны пользователя, и поэтому является универсальным инструментом для разработки модели.

Картографическая подложка представлена библиотекой Leaflet.js. Она позволяет подключать открытые информационные данные (OpenStreetMap), добавлять пространственные данные формата GeoJSON и реализовывать пользовательские действия. В модели это: клик по участку, подсветка границ, автоматический расчёт параметров и вызов актов. Расчёты выполняются на языке JavaScript, встроенном в HTML-странице. Модель автоматически рассчитывает фактическую нагрузку, сопоставляет её с нормативом, определяет наличие нарушения и классифицирует участок как перегруженный, недогруженный или находящийся в пределах нормы.



Примечание: составлен автором

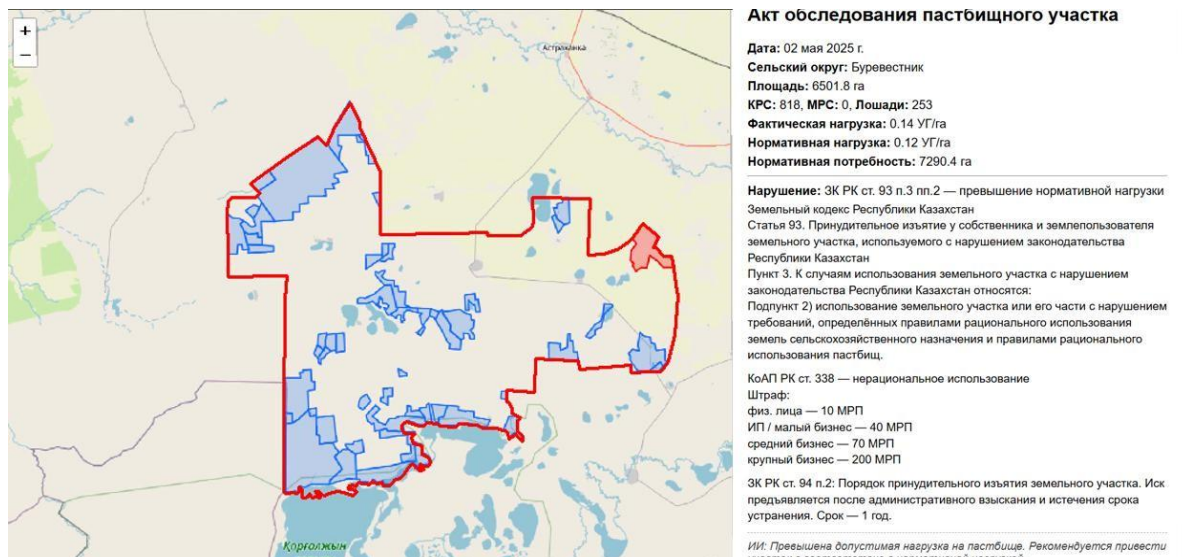
Рисунок 1 - Алгоритм реализации прототипа веб-платформы
(в сотрудничестве с ИИ-программистом)

Для разработки акта используются пространственные и атрибутивные данные о пастбищных участках: площадь, их границы и численность поголовья численность скота. Перечисленные оцифрованные данные экспортируются в формат GeoJSON. Это позволяет на веб-платформе отказаться от шейп-файлов для упрощения расчетов, чтобы не использовать громоздкое программное обеспечение.

Веб-прототип представляет собой интерактивную карту с визуализированными данными по пастбищным участкам. Клик на любой из них открывает акт обследования, который содержит информацию о площади

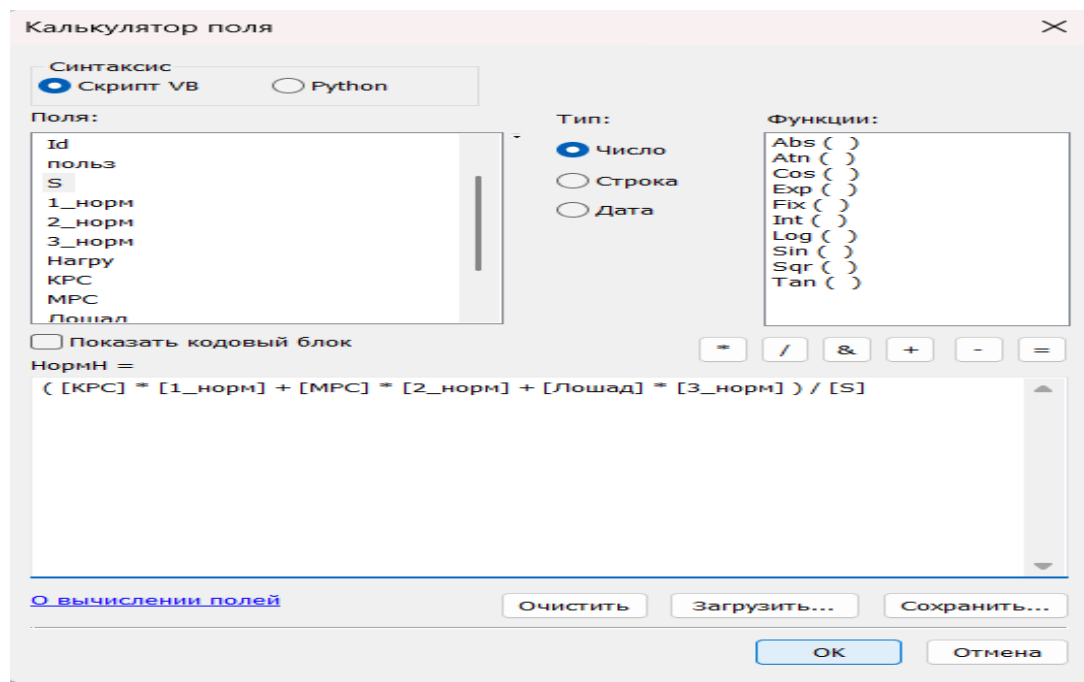
участка, численности поголовья скота, площади пастбищных угодий, плотности поголовья и виде нарушения. Модель отображает пастбищный участок на карте и в автоматическом режиме составляет акт обследования с указанием вида нарушения, расчётами нагрузки и ссылки на нормы закона (рисунок 2).

В результате работы модели формируется акт обследования пастбищного участка, включающий основные характеристики, правовое обоснование с указанием статей Земельного кодекса РК и КоАП РК, штрафов и рекомендаций (рисунок 3).



Примечание: составлен автором

Рисунок 2 - Пример отображения информации об участке на интерактивной карте и формирования акта обследования с правовой оценкой



Примечание: составлен автором

Рисунок 3 - Калькулятор поля нормативной нагрузки

В дальнейшем необходим дополнительный диалог с Моделью. Пользователь сможет в текстовом формате задавать вопросы ИИ, например, о размере штрафа, порядке обжалования, возможности повторного использования участка, сроках устранения нарушений и т.д. ИИ, в свою очередь, будет предоставлять расширенные ответы с отсылкой к нормативным правовым актам, выдержками из ЗК РК и КоАП, и пояснениями, адаптированными под уровень понимания пользователя. Модель переводит контроль в электронный фор-

мат и становится настоящим юридическим и методическим помощником в сфере рационального использования пастбищ.

Прототип системы разрабатывается пошагово. Аппаратная техническая часть использует ИИ-помощника, который в диалоговом режиме: формулирует задачи, проверяет входную информацию, выполняет расчеты, в случае необходимости изменяет оформление страницы и добавления нужных функций. Такой формат позволяет по-

строить прототип, не обладая глубокими знаниями в программировании.

Разработанная модель автоматически определяет 3 варианта нагрузки пастбищного участка: перегрузка (превышение нормативной нагрузки более чем на 50% от нормы); недогрузка (нагрузки менее чем на 50% от нормы) и отсутствие нарушений. В зависимости от варианта модель сама составляет акт проверки, в который включаются ссылки и выводятся цитаты фрагментов нарушенных пунктов нормативных актов Земельного кодекса РК и Кодекса об административных правонарушениях и правил рационального использования земель сельскохозяйственного назначения.

Обсуждение

Требования законодательства определяют ответственность землепользователей за фактическое использование пастбищ. В этих условиях особенно важно организовать эффективную систему контроля, сочетающую правовые, организационные и технологические меры. Выявленные случаи перегрузки отдельных участков, а также наличие недогрузки в ряде сельских округов, что свидетельствует о необходимости постоянного мониторинга состояния земельных ресурсов. Выявление факта превышения нагрузки требует немедленной реакции со стороны государственных органов: выдачи предписаний, проведения проверок исполнения, применения мер административного характера при сохранении нарушений.

Такой метод удобен для административных решений, который не требует сложных расчетов и позволяет быстро принимать решения. Он важен при составлении схем рационального размещения пастбищ, оценке потенциала округов, а также при планировании профилактических мероприятий. Например, для установления пастбищеоборота, ограничения нагрузки в засушливые периоды или корректировки границ участков. В условиях цифровизации его можно интегрировать в автоматизированные системы мониторинга, что позволит в реальном времени отслеживать изменения в обеспеченности и оперативно реагировать на возникающие риски.

Разработанная платформа демонстрирует как цифровые технологии могут применяться не только для визуального мониторинга, но и для интеллектуальной поддержки принятия решений в сфере земельного контроля. Несмотря на то, что на текущем этапе система использует полуавтоматическую генерацию актов, её структура и алгоритмическая логика уже соответствуют принципам работы интеллектуальных систем.

Заключение

Анализ полученных картографических данных показал, что пастбищные угодья в исследуемых районах характеризуются различными нагрузками скота. Исследование картографического обеспечения состояния пастбищных угодий на основе современных цифровых технологий дает возможность оперативно отслеживать процесс использования сельскохозяйственных угодий, в том числе пастбищ.

1. Применение ГИС способствует выявлению земельных участков с нагрузками, превышающими или отстающими от нормативных на ранних стадиях и оперативно реагировать для корректировки схемы пастбищного использования.

2. Результаты картографического обеспечения могут быть применены при проведении государственного контроля использования и охраны земель, для цифровизации кадастровых данных и интеграции с геопорталами земельного кадастра.

3. Внедрение подобных инструментов в практику государственного контроля за пастбищами существенно повышает эффективность использования сельскохозяйственных угодий, обеспечивает правовую защищенность всех участников, а главное – способствует сохранению природного потенциала пастбищ, на котором держится значительная часть аграрной экономики Казахстана.

4. Разработка веб-прототипа системы расчета нагрузки на пастбища, объединяющей картографические данные, автоматический расчёт нагрузки и формирование правового акта делают его востребованным не только в рамках научного исследования, но и для практики земельного контроля и планирования использования земли. Отдельное внимание в разработке уделено доступности информации для неспециалистов и возможности визуальной интерпретации данных.

5. Полученные результаты показали, что даже в условиях ограниченной информации возможно сформировать объективную и понятную модель мониторинга, адаптированную под реальную структуру землепользования.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

[1] Овчинникова, Н.Г. Картографическая составляющая в системе мониторинга земель / Н.Г. Овчинникова, А.С. Примакова // Экономика и экология территориальных образований.-2022.- Т.6.- № 3.- С.84–92.

[2] Гарманов, В.В. Географические информационные системы: ГИС Аксиома в землеустройстве и кадастре: учебное пособие / В.В. Гарманов, В.В. Терлеев. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2024. - 112 с.

[3] Белоусов, А.О. Разработка интегральной оценки рационального использования земель сельскохозяйственного назначения с применением ГИС - технологий: / А.О. Белоусов. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2024. - 162 с.

[4] Муталипова, К.К. Пастбищные угодья Казахстана: рациональное использование /К.К. Муталипова // Проблемы агрорынка.- 2023.-N 3.-С.220-227. -<https://doi.org/10.46666/2023-3.2708-9991.22>

[5] Елемесов, С.У. Мониторинг пастбищных ресурсов Казахстана: состояние и перспективы/ С.У. Елемесов //Землеустройство, кадастр и мониторинг земель.- 2020. - N 70. - С. 20–26.

[6] Sutton, A. Multi-temporal remote sensing of ground cover reveals beneficial effects of soil carbon farming in a semi-arid landscape/A. Sutton, A.G. Fisher, D.J. Eldridge, G. Metternicht //Computers and Electronics in Agriculture.- 2025.-Vol. 234.- Article 110278. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110278>

[7] Justino, S.T.P. Spatial-temporal analysis of vegetation cover and soil degradation from Landsat time-series – A case study in the Caatinga, Brazil / S.T.P Justino, E.A.L. Paganini, R.B. Silva, R.P.S. Silva, A.R. Zabotto, L.R. Roder // Journal of South American Earth Sciences.- 2025.- Vol.160.-Article 105528 <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2025.105528>

[8] Bayma, G. Estimating forage mass in Brazilian pasture-based livestock production systems through satellite and climate data integration / G. Bayma, S.F. Nogueira, M. Adami, E.E.Sano, D.C. Nuñez, P.M. Santos, J.R.M. Pezopane, C. R. Grego, A.H.C. Teixeira, S. Skakun // Computers and Electronics in Agriculture.- 2025.-Vol.237.-10496. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110496>

[9] Zhao, Y. Spatial and temporal analysis of reasonable livestock carrying capacity and ecological carrying capacity of grasslands in pastoral areas of China / Y. Zhao, W. Song, Z. Wu, Y.Bai//Chinese Science Bulletin.-2025.-Vol. 70.- Issue 11.-P. 1641 – 1656.

[10] Marchegiani, S. Smart technologies for sustainable pasture-based ruminant systems: A review / S. Marchegiani, G. Gislon, R. Marino, M.Caroprese, M. Albenzio, W.E. Pinchak, G.E. Carstens, L. Ledda, M.F. Trombetta, A. Sandrucci, M. Pasquini, P.A. Deligios, S. Ceccobelli // Smart Agricultural Technology.- 2025.- Vol.10.- Article 789. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100789>

[11] Kuppala, N. Mapping Vegetation Dynamics in Wyoming: A Multi-Temporal Analysis using Landsat NDVI and Clustering / N.Kuppala, C. N. Krishna, V.V.S. Variyar, R.Sivanpillai // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.- 2024.- Vol. XLVIII-M-5.- P. 87–94. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-5-2024-87-2025>

[12] Rane, N. Remote Sensing (RS) and Geographical Information System (GIS) as A Powerful Tool for Agriculture Applications: Efficiency and Capability in Agricultural Crop Management Efficiency and Capability of RS and GIS in Agricultural Crop Production Management /N.L. Rane, M. Gidutur, S.P. Choudhary, C.B. Pande // International Journal of Innovative Science and Research Technology.- 2023.- Vol.8.- Issue4.- P.264-274. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7845187>.

[13] Liu, M. Long-Term Dynamics of Vegetation NDVI and Its Response to Climate Change in Mongolia/ M. Liu, Z. Wang, Q. Shao// Ecological Indicators. — 2021.- Vol. 122. - P. 107285.

[14] Бадмаева, М. Х. К вопросу об особенностях и проблемах применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве/ М. Х. Бадмаева// Вестник Бурятского государственного университета.-2023.-№3. С.75-81.

[15] Золкин, А. Л. Разработка и развертывание средств сбора и диспетчеризации информации в агрокомплексах: учебное пособие для вузов /А.Л. Золкин. – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – 140 с.

References

[1] Ovchinnikova, N.G., Primakova, A.S. (2022). Kartograficheskaja sostavljajushhaja v sisteme monitoringa zemel' [Cartographic component in the land monitoring system]. *Jekonomika i jekologija territorial'nyh obrazovanij - Economics and Ecology of Territorial Formations*, 6 (3), 84–92 [in Russian].

[2] Garmanov, V.V., Terleev, V.V. (2024). Geograficheskie informacionnye sistemy: GIS Aksioma v zemleustrojstve i kadastre: uchebnoe posobie [Geographic information systems: GIS Axioma in land management and cadastre: textbook]. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 112 [in Russian].

[3] Belousov, A.O. (2024). Razrabotka integral'noj ocenki racional'nogo ispol'zovanija zemel' sel'skohozjajstvennogo naznacheniya s primeneniem GIS - tehnologij [Development of an integrated assessment of the rational use of agricultural lands using GIS technologies]. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 162 [in Russian].

[4] Motalipova, K.K. (2023). Pastbishhnye ugod'ja Kazahstana: racional'noe ispol'zovanie [Pasture lands of Kazakhstan: rational use].

[10] Marchegiani, S., Gislon, G., Marino, R., Caroprese, M., Albenzio, M., Pinchak, W.E., Carstens, G.E., Ledda, L., Trombetta, M.F., Sandrucci, A., Pasquini, M., Deligios, P.A., Cecco-

[15] Zolkin, A.L. (2025). Razrabotka i razvetyvanie sredstv sbora i dispetcherizacii informacii v agrokombinatah: uchebnoe posobie dlja vuzov [Development and deployment of information collection and dispatching tools in agricultural complexes: a textbook for universities]. Sankt-Peterburg: Lan', 140 [in Russian].

Гаркушина Валентина Васильевна - **основной автор**; кандидат экономических наук, ассоциированный профессор; доцент кафедры «Кадастр»; Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; 010011 пр. Победы, 62, г.Астана, Казахстан; e-mail: garkval@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1197-2126>

Гаркушина Валентина Васильевна – **негізгі автор**; экономика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессоры; "Кадастр" кафедрасының профессоры; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; 010011 Жеңіс даңғ., 62, Астана қ., Қазақстан; e-mail: garkval@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1197-2126>

Garkushina Valentina Vasilievna – The main author; Candidate of Economic Sciences, Associate Professor; Associate Professor of the Department of Cadastre; S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University; 010011 Pobedy Ave., 62, Astana, Kazakhstan; e-mail: garkval@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1197-2126>