

DOI 10.58351/2949-2041.2025.19.2.015
УДК 631.58:528.9

Бабкенова Лаззат Темерхановна
аспирант, преподаватель кафедры геодезии
ЕНУ им. Л.Г. Гумилева, Республика Казахстан, Астана

Макенова Сауле Кажаровна
PhD, асс. профессор кафедры Землеустройство
КАТИУ им С.Сейфуллина, Республика Казахстан, Астана

Унышева Нурлыгуль Кошербаевна
докторант кафедры Землеустройство
КАТИУ им С.Сейфуллина, Республика Казахстан, Астана

ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация: С ростом потребности в устойчивом и эффективном сельском хозяйстве интеграция технологий дистанционного зондирования (ДЗ) и геоинформационных систем (ГИС) становится ключевой для оптимизации землепользования. В статье исследуются методы объединения ДЗ и ГИС для мониторинга и управления сельхозугодьями, включая сбор и анализ спутниковых данных, их внедрение в ГИС-платформы.

Ключевые слова: цифровая модель местности, ModelBuilder, сельскохозяйственные земли, мониторинг, дистанционного зондирования, эрозия почв.

Внедрение инновационных технологий в аграрный сектор становится все более востребованным в условиях увеличения численности населения планеты и необходимости обеспечения глобальной продовольственной безопасности. Традиционные подходы к ведению сельского хозяйства зачастую не соответствуют современным стандартам эффективности и экологической устойчивости. Применение передовых решений, включая цифровые инструменты, автоматизацию и технологии искусственного интеллекта, способствует существенному росту производительности, сокращению издержек и уменьшению вредного воздействия на экосистемы. Одним из ключевых преимуществ использования современных технологий в сельском хозяйстве является рост эффективности производства. Цифровые инструменты помогают аграриям повышать урожайность культур и продуктивность в животноводстве. Это становится возможным благодаря точному контролю за состоянием посевов, рациональному использованию ресурсов и оперативному принятию решений. Автоматизация процессов и применение GPS-навигации способствуют оптимизации маршрутов сельхозтехники, снижению расхода топлива и уменьшению трудозатрат. В результате происходит сокращение операционных расходов и повышение прибыльности сельскохозяйственных предприятий [1].

Для эффективного и экологически устойчивого управления ресурсами важно внедрение технологий точного земледелия, таких как датчики, отслеживающие уровень влажности почвы, и автоматизированные системы орошения. Это позволяет оптимизировать расход воды и удобрений, что не только сокращает издержки, но и минимизирует вредное воздействие на природу. Использование робототехники и автоматизированных решений также способствует облегчению труда работников, снижению физической нагрузки и уменьшению риска получения травм. Это, в свою очередь, повышает уровень безопасности на производстве и улучшает условия труда [2]. Несмотря на очевидные преимущества, внедрение современных технологий в сельском хозяйстве сталкивается с рядом проблем. Среди них – необходимость значительных первоначальных инвестиций, недостаток квалифицированных специалистов, а также необходимость адаптации технологий к специфическим условиям



конкретных регионов. Однако успешные примеры цифровизации агропромышленного комплекса, такие как проект «Цифровой Казахстан», демонстрируют, что преодоление этих барьеров возможно и приносит ощутимые результаты [3]. Одним из них безусловно является применение Геоинформационного анализа с привлечением данных ДЗЗ производится подготовка карт внутрихозяйственного землеустройства, инвентаризация земель, оценка общего состояния посевов сельскохозяйственных культур, контроль выполнения посевных и уборочных работ, прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, подготовка рекомендаций по достаточной концентрации вносимых удобрений в соответствии с текущим состоянием посевов, подготовка карт высот местности и т.д. Мониторинг состояния посевов сельскохозяйственных культур подразумевает проведение периодических наблюдений, оценку текущего состояния, а также прогнозирование дальнейшего развития посевов [4].

Разнообразие космических снимков с различными характеристиками позволяет выбрать наиболее подходящую информацию для решения конкретных задач [5]. Для масштабного наблюдения за сельскохозяйственными угодьями в рамках страны или региона используются спутниковые снимки с низким и средним уровнем детализации, которые обеспечивают широкий охват территорий. Это позволяет собирать общую статистическую информацию, для чего целесообразно применять данные, полученные со спутников Terra, Aqua, Suomi NPP и аналогичных аппаратов. Если же требуется более детальный анализ на уровне отдельных фермерских хозяйств, то используются снимки высокого или среднего разрешения, а также материалы, полученные с помощью аэрофотосъемки, проводимой беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Среди популярных источников снимков среднего разрешения выделяются данные со спутников Landsat, SPOT и Sentinel, а для высокдетализированных изображений часто применяются снимки с аппаратов GeoEye, QuickBird, Pleiades и других.

Основные спутники для получения данных которые были применены в этой работе.

Спутники системы Copernicus (Sentinel-1, Sentinel-2): Эти спутники обеспечивают высококачественные снимки с высокой частотой и разрешением, подходящие для мониторинга растительности и состояния сельскохозяйственных культур.

Landsat: Используется для более длительного мониторинга изменений в сельском хозяйстве, с возможностью получения снимков за несколько десятилетий.

Коммерческие спутники (Maxar, Planet): Предлагают более высокое пространственное разрешение и частоту съемки, что подходит для детализированного мониторинга.

При выборе космических снимков были учтены следующие ключевые параметры: пространственное разрешение, спектральные характеристики, ширину полосы съемки и частоту обновления данных. Эти параметры следует подбирать в зависимости от конкретных целей использования обработанных данных. Высокие требования предъявляются к качеству съемочных материалов, а именно к их разрешению. Установлено, что для надежного дешифрирования овражных форм могут быть использованы космические снимки, синтезированные в естественных цветах с разрешением 0.5–1.5 м, которые относятся к снимкам высокого и сверхвысокого разрешения: на них выявляются овраги всех типов и стадий развития.

Целью данного исследования является разработка и внедрение методов интеграции данных ДЗЗ и ГИС для оптимизации использования сельскохозяйственных земель. Это позволит повысить эффективность мониторинга и управления аграрными территориями, способствуя рациональному использованию ресурсов и повышению урожайности.

Методы и материалы. В работе использованы методы анализа, синтеза и обобщения. При выполнении практической части использовались архивные снимки, данные с веб-сайта открытого доступа. Для обработки и анализа данных использовался такой программный продукт ArgGIS. Для мониторинга сельскохозяйственных земель эффективным решением является использование различных источников данных: спутниковых снимков, аэрофотосъемки и дронов. Каждый источник имеет свои особенности и применяется в



зависимости от масштаба, точности и задачи мониторинга. Комплексное использование этих технологий позволяет получить более точные, оперативные и всесторонние данные о состоянии сельскохозяйственных угодий, что способствует более эффективному управлению аграрными ресурсами и повышению продуктивности сельского хозяйства.

Результаты. В последние годы космический потенциал стремительно развивается, охватывая инфраструктуру запуска космических аппаратов, орбитальные группировки, вспомогательные системы и конечных пользователей, включая региональные органы управления сельскохозяйственной отраслью. Этот прогресс способствует эффективному мониторингу и управлению сельскохозяйственными землями, обеспечивая своевременное получение данных для принятия обоснованных решений.

Одновременно с развитием геоинформационных технологий анализа рельефа формируется направление полуавтоматизированной идентификации эрозионных форм с использованием космических снимков, позволяющее надежно дешифровать эти формы и существенно сократить трудоемкость работ [6]. На современном этапе перспективными методами мониторинга являются математическое моделирование и дистанционные методы зондирования Земли.

Мониторинг эрозии почв представляет собой систематическое наблюдение и оценку процессов разрушения и смыва верхнего плодородного слоя почвы под воздействием ветра и воды. Целью такого мониторинга является своевременное выявление и предотвращение деградации земель, что особенно важно для поддержания устойчивого сельскохозяйственного производства и охраны окружающей среды.

Одним из элементов оценки эрозионной опасности на основе реализованной в ГИС пространственной математической модели основывается на континуальном учете особенностей рельефа и почвенного покрова и позволяет получить оценочные характеристики для любой точки рассматриваемой территории. Моделирование производилось в многофункциональном ГИС-приложении ArcGIS 10.4 с использованием модулей Spatial Analyst и Hydrology на основе гидрологически корректной цифровой модели рельефа с размером ячейки 30×30 м [7]

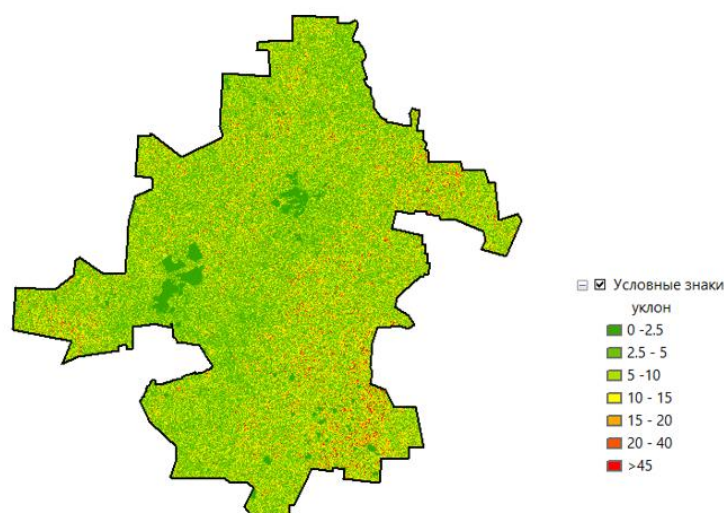


Рисунок 1. Результаты построение уклонов

Качественную оценку эрозионной опасности территории проводили на основе классификации [8], где крутизны склонов начинается с установления интервалов величины уклонов, которые зависят от степени выраженности рельефа, типа почв, их механического состава, степени смытости и других условий. В связи с этим для разных зон и районов интервалы уклонов могут быть различными. На рис.1 зеленым цветом показаны территории имеющие крутизну до 2,5 градусов, соответственно красным высокий градус уклона.

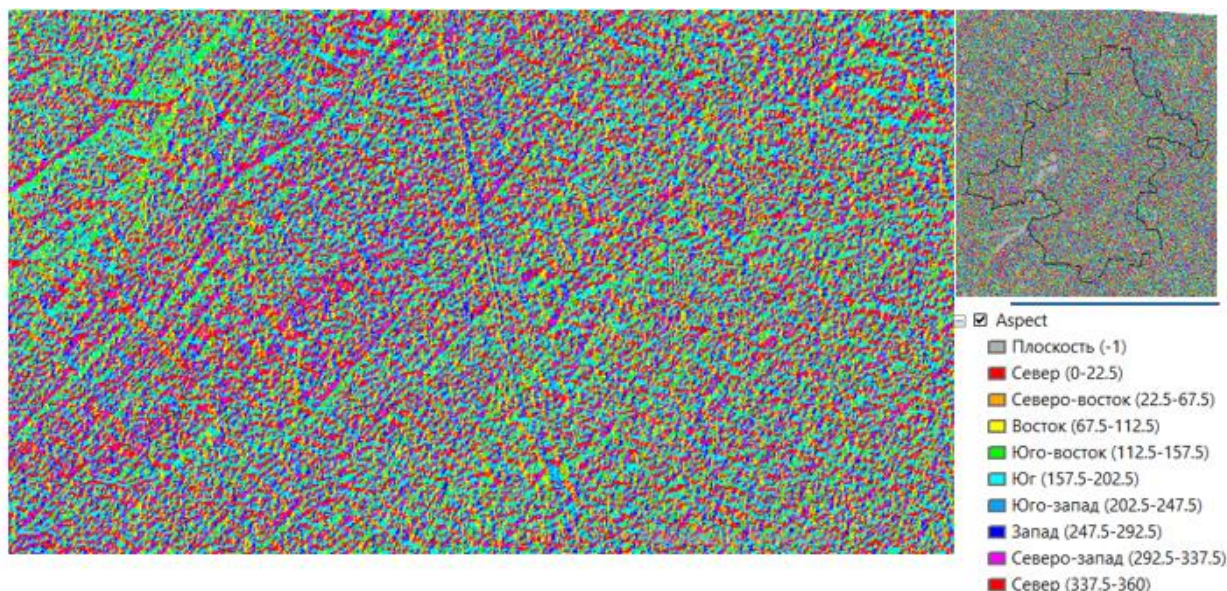


Рисунок 2 Растровая поверхность экспозиции

Инструмент «Экспозиция» (Aspect) рассчитывает направление, в котором располагаются плоскости поверхностей склонов для каждой ячейки растра. Экспозиция поверхности обычно влияет на количество солнечного света, получаемого этой поверхностью (склоном); в северных широтах места с южной экспозицией теплее и суше, чем участки с северной экспозицией.

Следующим фактором построение модели является водосборная площадь.

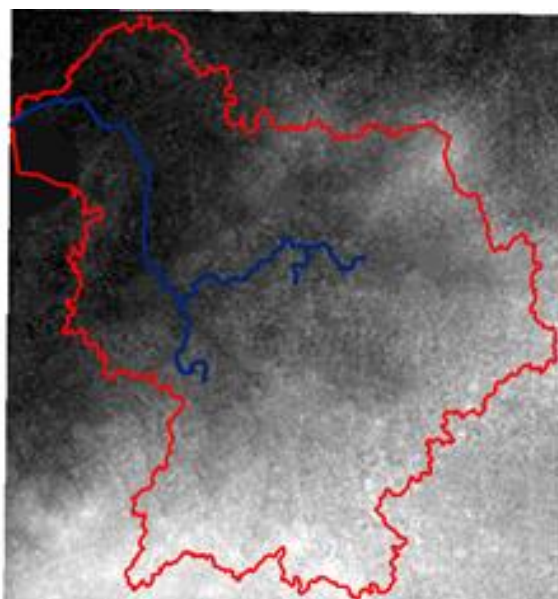
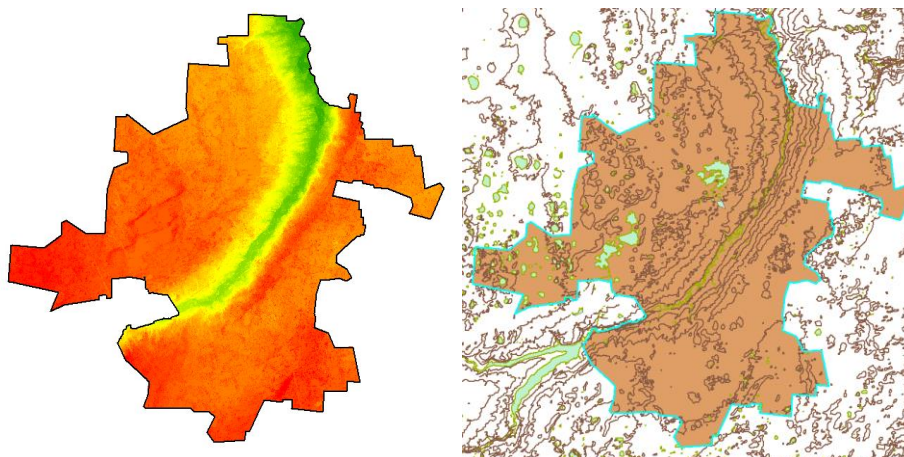


Рисунок 3. Модель водосборной площади

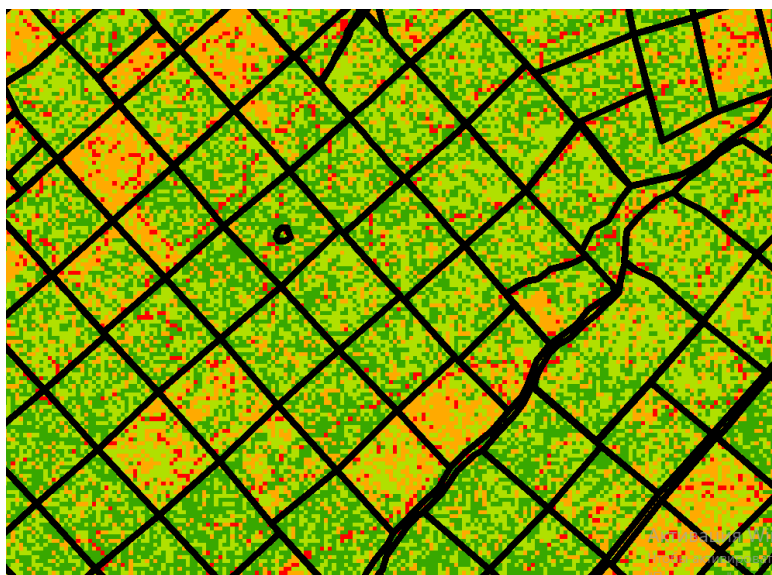
Для каждого элементарного бассейна модели высчитывается суммарная протяженность овражной сети, густота овражной сети и плотность оврагов. Данный метод позволяет получить результаты высокой точности, так как снимки представлены в цифровом виде. Но такое разрешение является недостаточным для детального анализа мелких овражных форм, длина которых часто не превышает нескольких десятков метров, а площадь — нескольких сотен квадратных метров [9]. Но полученные данные позволили создать цифровую модель местности рисунок 4.



а) цифровая модель местности б) слой с изолиниями

Рисунок 4. Обработанные данные объекта

Таким образом построение модели потенциального развития эрозии почвы возможны на небольших участках севооборота, что позволяет оперативно определять эрозийные участки, что показано на рис.6.



**Рисунок 6. Участки подверженные эрозии,
с использованием инструмента «Эффект»**

Важным аспектом оптимизации производства является проведение мероприятий по минимизации факторов деградации сельскохозяйственных земель [10].

Различные Веб-приложения дают возможности подобрать для конкретной территории наиболее качественные снимки за требуемые интервалы времени, что позволяет создать модели водно-эрозионных процессов, оцифровать все овражные формы и создать векторизованный слой овражной сети. Этот базовый слой оврагов затем может быть обработан в любой ГИС. Результаты моделирования можно использовать при ведении хозяйственной деятельности

Заключение. В ходе проведенного исследования осуществлен мониторинг и оценка риска возникновения эрозионных процессов, а также анализ потери качества почвы. Инструмент программы ArcGIS позволил эффективно выполнять анализ и классификацию сельскохозяйственных территорий, обеспечивая удобство в обработке данных.

Данный инструмент предоставляет возможность детального изучения земельных участков, выявления их ключевых характеристик и последующей категоризации в соответствии с заданными критериями. Применение ArcGIS позволяет оперативно получать точные данные о состоянии сельскохозяйственных угодий, что способствует повышению обоснованности принимаемых решений в сфере планирования и управления земельными ресурсами.

В рамках исследования была разработана база геоданных «Классификация сельскохозяйственных земель», включающая наборы классов пространственных объектов. В ее состав вошли растровые каталоги, такие как «Цифровая модель рельефа», «Grid-модели» и «Буферные зоны», что значительно расширяет возможности анализа земельных ресурсов.

Список литературы:

- 1 Эрметов Ю., Торяев М. Будущее сельского хозяйства: как технологии могут обеспечить новый рост // Молодой ученый. 2023. № 26 (473). С. 117-119. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://moluch.ru/archive/473/104479/>
- 2 Oymatov R, Musaev I, Bakhriev M., Aminova G. Monitoring agricultural land areas using GIS-online program EOS DA: case study of Andijan region, Ecology, Hydropower Engineering and Modeling of Physical Processes, №8, **Volume** 401, 2023.
- 3 Даулиева Г.Р., Ережепова А.А., Бакытжан С.С. Цифровые системы в сельском хозяйстве Республики Казахстан: вектор успеха. Проблемы агрорынка. 2022. № (2):56-63. <https://doi.org/10.46666/2022-2.2708-9991.05>
- 4 Асмус В.В., Бучнев А.А., Пяткин В. П. Программный комплекс обработки данных дистанционного зондирования Земли в прикладных задачах мониторинга природной среды // Новосибирск: СГГА, 2005. Т. 5.- С. 19-26.
- 5 Михайлов А.П., Чибуничев А.Г. Фотограмметрия: учебник для вузов /М: МИИГАиК, 2016.- С. 294.
- 6 Ермолаева О.П., Медведевой Р.А., Платончевой Е.В.. Методические подходы к мониторингу процессов эрозии на сельскохозяйственных землях Европейской части России с помощью материалов космических съемок, «Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки», 2017. Т 159 №4, – С. 668–680.
- 7 Буряк Ж.А., Терехин Э.А. Противоэрозионное обустройство агроландшафтов на основе оценки потенциальных эрозионных потерь почвы с использованием ГИС-технологий, Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра: материалы Междунар. науч.конф. 2015. – С. 1-6.
- 8 Светличный А.А., Черный С.Г., Швебс Г.И. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты // Университетская книга, 2004.-С. 410
- 9 Desprats J.F., Raclot D., Rousseau M., Cerdan O., Garcin M., Le Bissonnais Y., Ben Slimane A., Fouche J., Monfort-Climent D. Mapping linear erosion features using high and very high resolution satellite imagery // Land Degrad. Develop. – 2013. V. 24, № 1. – P. 24–32. doi: 10.1002/Ldr.1094.
- 10 Волков С.Н. и др. Землеустроительное проектирование: учебник 2-е изд., доп. и перераб. М.: Колос, 1998. – С. 632.

