

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 8D07302 – «Геодезия»

Гроссул Павел Павлович

ПОСТКЛАССИФИКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Актуальность исследования. Современная динамика природопользования в условиях растущего антропогенного воздействия, изменения климата и интенсивной трансформации ландшафтов требует разработки высокоточных методов мониторинга землепользования. Пространственно-временные изменения земного покрова оказывают прямое влияние на устойчивость экосистем, локальный климат, состояние пастбищ и лесных массивов, а также на социально-экономические процессы в регионах. Для территорий Центрального Казахстана, включая Карагандинскую область, характерны значительные колебания природных условий, высокая климатическая контрастность и интенсивное хозяйственное освоение, что обуславливает необходимость комплексных исследований. Ключевым инструментом таких исследований являются технологии дистанционного зондирования Земли и гео-анализа, обеспечивающие независимые источники данных для выявления долгосрочных трендов. С учётом того, что данные спутниковых наблюдений позволяют оценить трансформации ландшафтов, их использование является особенно значимым для анализа устойчивости земельных ресурсов и формирования научно обоснованных рекомендаций.

Объектом исследования является система землепользования Карагандинской области как совокупность пространственно распределённых земельных категорий, подверженных природным и антропогенным изменениям. **Предметом исследования** выступают закономерности пространственно-временной динамики классов землепользования за период 2000–2024 годов, методы их выявления на основе спутниковых данных Landsat, а также инструменты постклассификационного анализа и моделирования.

Цель работы заключается в повышении точности мониторинга землепользования путём разработки и апробации постклассификационной методики анализа многолетних спутниковых данных и построения пространственно-временных моделей, отражающих трансформацию земельных категорий.

Основная идея исследования состоит в комплексной интеграции данных дистанционного зондирования, геоинформационного анализа, цифровой модели рельефа и социально-экономических показателей для выявления факторов, определяющих долгосрочные изменения земного покрова, а также

в разработке согласованных моделей классификации, оценки точности и пространственного прогнозирования динамики землепользования.

Обоснование новизны и важности полученных результатов. Научная новизна состоит в разработке методики постклассификационного анализа, позволившей впервые выявить пространственно-временные закономерности изменений землепользования в районах Карагандинской области. Интеграция природных и социально-экономических факторов обеспечила установление причинно-следственных связей трансформаций, предложена система оценки качества классификационных моделей и разработаны прогнозные модели дальнейшего развития земного покрова.

Важность полученных результатов определяется их применимостью для решений задач рационального природопользования, совершенствования регионального планирования и повышения эффективности систем мониторинга земель.

Задачи исследования:

- выполнить обзор отечественных и зарубежных исследований по динамике землепользования и методам спутниковой классификации;
- определить оптимальные алгоритмы обработки и классификации многоспектральных данных;
- разработать постклассификационную методику анализа многолетних данных Landsat;
- построить карты землепользования за 2000–2024 годы и выполнить их сравнительный анализ;
- выявить пространственно-временные закономерности изменений с использованием матриц переходов и моделей развития;
- интегрировать природные и социально-экономические показатели для определения факторов влияния;
- сформировать систему оценки качества классификационных моделей;
- разработать прогнозные модели развития землепользования.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Разработанная методика постклассификационного анализа обеспечивает высокую точность и надёжность результатов при исследовании динамики землепользования.
2. Использование спутниковых данных и геоинформационного анализа позволяет выявлять пространственно-временные закономерности изменений землепользования.
3. Применение системы метрологического контроля гарантирует достоверность полученных данных и их адаптацию к региональным условиям.
4. Результаты исследования могут быть использованы для формирования стратегий устойчивого развития Карагандинской области.

Методы исследования

В исследовании использовались многолетние спутниковые данные Landsat, обеспечивающие возможность анализа долгосрочных тенденций

землепользования. Для учета топографических факторов применена цифровая модель рельефа SRTM, предоставляющая необходимые высотные параметры.

Интеграция спутниковых изображений, ортомозаик и тематических слоёв выполнялась в среде геоинформационных систем, позволяя формировать многослойную базу пространственных данных и обеспечивать корректную интерпретацию результатов.

Для классификации применялись методы машинного обучения, что позволило повысить точность выделения классов земного покрова и выполнить анализ динамики с использованием матриц переходов и пространственных моделей LULC. Проверка достоверности результатов обеспечивалась метрологическим контролем и валидацией на основе эталонных данных.

Практическая значимость исследования состоит в том, что разработанная методология обеспечивает получение объективной информации о долгосрочных процессах деградации, трансформации и восстановления земельных ресурсов, а также позволяет повысить качество анализа пространственных изменений в сельских территориях. Результаты исследования применимы для совершенствования механизмов управления земельными ресурсами, оценки эффективности государственной политики и обоснования решений в сфере агропромышленного развития. Методика постклассификационного анализа интегрирована в научно-технические проекты Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан и может использоваться в системах государственного мониторинга, отраслевых информационных системах, а также в образовательных программах по геодезии, картографии и дистанционному зондированию.

Соответствие направлениям развития науки и государственным программам. Исследование соответствует приоритетным направлениям развития науки Республики Казахстан в областях геодезии, картографии, мониторинга природных ресурсов, цифровизации пространственных данных и устойчивого развития. Работа согласуется с государственными стратегиями модернизации аграрного сектора и цифровой трансформации, а также выполнялась в рамках научно-технических программ Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан:

- **BR10764919** «Исследование влияния государственной политики в отрасли сельского хозяйства на развитие кооперационных процессов в АПК, устойчивого развития сельских территорий и обеспечения продовольственной безопасности»;
- **BR22886730** «Формирование аграрной инфраструктуры пространственных данных Республики Казахстан по технологиям и принципам 2.0».

Полученные результаты способствуют развитию национальной инфраструктуры пространственных данных и повышению эффективности государственного мониторинга земель.

Обоснование и достоверность результатов и выводов. Достоверность полученных результатов обеспечена теоретическим обоснованием

применяемых методов, использованием многолетних спутниковых данных и выполнением компьютерного моделирования. Корректность выводов подтверждена экспериментальными проверками, статистической обработкой и расчётами с применением специализированных программных пакетов. Основные положения работы прошли научную апробацию, опубликованы в рецензируемых журналах, индексируемых в международных базах, и представлены на международных научных конференциях, что подтверждает их научную значимость и объективность.

Объём и структура работы. Диссертация включает введение, четыре главы основной части, заключение и приложения. Общий объём составляет 152 страницы машинописного текста и содержит 84 рисунка, 11 таблиц, список использованных источников из 149 наименований и 7 приложений.

Описание основных результатов исследования

- сформирована унифицированная база многолетних спутниковых данных Landsat (2000–2024 гг.) и подготовлены исходные материалы для последующей обработки;

- разработана и апробирована методика постклассификационного анализа, включающая классификацию, валидацию и выявление изменений земного покрова;

- построены классификационные карты землепользования и определены ключевые направления трансформации земельных категорий в районах Карагандинской области;

- установлены пространственно-временные закономерности перераспределения земельных категорий на основе матриц переходов и статистического анализа;

- выполнена интеграция данных дистанционного зондирования с цифровой моделью рельефа, климатическими, демографическими и социально-экономическими показателями для определения факторов изменений;

- создана система метрологической оценки качества классификационных моделей;

- разработаны прогнозные модели развития землепользования, отражающие возможные сценарии пространственной трансформации;

- результаты исследования применены в научно-технических проектах Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан и могут использоваться в мониторинговых и образовательных программах.

Область применения. Результаты исследования могут применяться в государственных и ведомственных системах мониторинга земель, при разработке региональных программ устойчивого развития, экологического планирования и рационального природопользования. Созданные классификационные карты, модели динамики и прогнозные сценарии могут использоваться органами государственного управления, проектными организациями, научными учреждениями и образовательными структурами для оценки состояния земельных ресурсов, анализа изменений земного покрова и планирования мероприятий по развитию сельских территорий.

Вклад докторанта в подготовку каждой публикации. В ходе апробации и публикации результатов диссертационного исследования были подготовлены научные статьи и материалы, опубликованные в изданиях различного уровня, включая журналы Q1 базы Scopus, международные конференции и объекты авторского права.

Статьи в журналах, входящих в базу Scopus (Q1):

1. Untangling the Integral Impact of Land Use Change, Economic, Ecological and Social Factors on the Development of Burabay District (Kazakhstan) during the Period 1999–2021 // *Sustainability*, 2023, 15(9):7548.

Вклад докторанта заключается в обработке спутниковых данных, интеграции социально-экономических показателей, построении модели взаимовлияния факторов и участия в написании статьи.

2. Analysis and Prediction of Land Use/Land Cover Changes in Korgalzhyn District, Kazakhstan // *Agronomy*, 2024, 14(2), 268.

Докторантом разработана методика классификации данных Landsat, выполнено построение прогнозных моделей и анализ пространственно-временной динамики землепользования.

3. Ecosystem Health Assessment of the Zerendy District, Kazakhstan // *Sustainability*, 2025, 17(1), 277.

Вклад докторанта включает обработку пространственных данных, расчёт экологических индексов, анализ факторов деградации и участие в разработке итоговой модели оценки состояния экосистем.

Публикации в журналах и международных научных конференциях, индексируемых Scopus (Q2–Q4, РИНЦ, ККСОН):

1. Assessment of the accuracy of the geometric scheme of GCPs when creating DSM using UAV // *News of NAS RK. Series of Geology and Technical Sciences*, 2025.

Докторантом выполнена обработка UAV-данных, участие в анализе точности геопривязки и расчётах модели.

2. Spatiotemporal analysis and identifying the driving forces of land use change in the Abay district // *E3S Web of Conferences*, GI-2024.

Докторантом выполнена обработка спутниковых данных, построение моделей движущих сил изменений и анализ результатов.