

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D07302-Геоинформатика»
ҚЫРҒЫЗБАЙ ҚҰДАЙБЕРГЕН ТАЛҒАТУЛЫ на тему
Разработка методов ДЗЗ при районировании полей орошаемого земледелия (на основе вычислительных методов machine learning)

Общая характеристика работы. Изменение климата в глобальном масштабе оказывает значительное влияние на сельскохозяйственный сектор. Повышение температуры воздуха и сокращение количества осадков увеличивают потребность в воде и оказывают негативное воздействие на сельское хозяйство. В связи с этим, целесообразно рассматривать способы адаптации сельскохозяйственных угодий к изменениям окружающей среды с использованием оптимальных систем орошения.

Актуальность темы исследования в полной мере соответствует направлению 2: «Развитие реального сектора» в Послании Главы государства К.К. Токаева народу Казахстана от 1 сентября 2022 года. В данном послании предусмотрена необходимость объединения разрозненных сведений о состоянии сельскохозяйственных земель, водных ресурсах и ирригационных системах в единую цифровую платформу. **Во-первых**, учет особенностей окружающей среды с научной точки зрения и их внедрение в практику являются предпосылками для устойчивого развития сельского хозяйства и будут неразрывно связаны с полной цифровизацией. **Во-вторых**, анализ динамики изменения климата в водоснабжении сельскохозяйственных угодий позволит предотвратить возможные чрезвычайные ситуации. **В-третьих**, создание интерактивной карты орошаемых сельскохозяйственных угодий будет способствовать формированию модели передовых технологий для предоставления комплексной и достоверной геопространственной информации. **В-четвертых**, алгоритмы машинного обучения позволят получить актуальные результаты в обработке и анализе больших объемов данных ДЗЗ, а также в зонировании орошаемых сельскохозяйственных угодий. Диссертация соответствует политике «Стратегического плана развития Республики Казахстан до 2025 года», «Зеленой» экономики и охраны окружающей среды», от 31 января 2017 года. Глава государства К. Токаев в Послании народу Казахстана 2021 года отметил необходимость увеличения площади орошаемых земель до 2030 года на 3 млн гектаров. Для достижения этой цели необходимо проводить комплексные исследования земельно-водных ресурсов в орошаемых сельскохозяйственных массивах. Тема исследования будет способствовать реализации долгосрочных приоритетов стратегии «Казахстан-2050» и направлений развития государственной программы «Цифровой Казахстан».

Объект исследования – Орошаемые сельскохозяйственные угодья Алматинской и Жетысуской областей.

Предмет исследования – Дистанционное зондирование Земли с применением машинного обучения.

Цель исследовательской работы – гидромодульное районирование орошаемых сельскохозяйственных угодий Алматинской и Жетысуской областей на основе ДЗЗ и машинного обучения. Для достижения данной цели предусмотрено решение следующих **задач**:

- определить теоретико-методологические основы гидромодульного районирования с систематизацией научной литературы и информационных ресурсов;
- классифицировать и составить карты гидромодульных районов, учитывая оптимальные режимы и методы орошения, на основе базы геоданных орошаемых сельскохозяйственных угодий административных единиц Алматинской и Жетысуской областей в масштабе 1:55 000–1:180 000.
- разработать модель гидромодульного районирования орошаемых сельскохозяйственных угодий Алматинской и Жетысуской областей на основе данных дистанционного зондирования и машинного обучения;
- проанализировать водные ресурсы и верифицированные данные центра Казгидромет на основе космических снимков, определить климатические изменения и пути адаптации водных ресурсов в орошаемом земледелии на территории Алматинской и Жетысуской областях;
- разработать серверное Web-GIS приложение, содержащее информацию с тематических карт масштаба 1:55 000-1:180 000 на основе дистанционного зондирования земли и машинного обучения для орошаемых сельскохозяйственных угодий Алматинской и Жетысуской областей.

Информационной базой послужили материалы КазНУ им. Аль-Фараби, Национальной библиотеки Республики Казахстан, НЦГНТЭ. Карты и космические снимки, использованные в научно-исследовательской работе: 1. Комплексная карта земельных угодий Алматинской области (1: 300 000); 2. «Карта размещения площадей регулярного и лиманного орошения» (1: 3 000 000). 3. Мультиспектральные снимки Sentinel 2A/2B; 4. Цифровая модель рельефа, предоставленная SRTM 1 Arcsecond Global; 5. Картографические материалы «Национального Атласа Республики Казахстан» (2010). В качестве **материалов исследования** были составлены 27 комплексных карт (получено авторское свидетельство), охватывающих территорию Алматинской и Жетысуской областей, а также административные единицы.

Методы исследования, дающие оптимальные результаты в районировании сельскохозяйственных угодий в современной геоинформатике, включают полевые исследования, камеральную обработку данных, прикладное использование ГИС-технологий, картографическое исследование, направленное на дешифрование космических снимков, а также математические методы для анализа данных. Важным аспектом является определение достоверности и корреляционной связи результатов с использованием статистических методов. Районирование орошаемых сельскохозяйственных угодий на исследуемой территории было осуществлено с помощью Google Earth Engine (GEE) с использованием пакета geemap на Python, что позволило проводить интерактивный геопространственный анализ и визуализацию данных.

В качестве теоретико-методологических основ исследования рассматривались труды отечественных и зарубежных исследователей в области сельскохозяйственного и гидромодульного районирования угодий, изменения климата и водных ресурсов территории, а так же исследования агроландшафтов и природных ландшафтов с применением ГИС-технологий. Указанные направления на мировом уровне рассматривались такими учеными, как В.И. Кирюшин, Э. Цораева, Е. Каримов, Н. Капитулина, Г.П. Гельцер, А. Мирзаев, В. Нерозин, М. Хамидов, Б.С. Мамбетназаров, С. Абдурахмонов, Г.В. Стулина, Г.Ф. Солодкий, К. Курбанова и другие. Среди отечественных ученых, чьими исследованиями и трудами руководствовались, можно выделить К.Б. Балгабекова, О.Ж. Оспанбаева, А. Капашева, К.М. Жаналиеву, Л.К. Веселову, Ж.Н. Мұқашеву, Ж.У. Мамутова, Н.Н. Керімбая, А.Ғ. Көшім, Е.Х. Какимжанова, А.А. Асылбекову, Д.К. Шокпарову, Р.И. Гальперина, М.Ж. Бурилибаева, Ж.Д. Достая, С.К. Алимкулова, А.А. Турсунова, А.С. Амиргалиеву, Э.К. Талипову и т.д. Следует отметить, что аспекты составления методов ДЗЗ и машинного обучения в районировании орошаемых сельскохозяйственных угодий Алматинской и Жетысуской областей, а также изменения климата на данной территории и адаптации к сокращению водных ресурсов не были исследованы.

Теоретическая значимость работы. Выводы по гидротехнике, климатологии и сельскому хозяйству были проанализированы на основе ГИС, дистанционного зондирования и программирования, в том числе с точки зрения гидромодульного районирования орошаемых сельскохозяйственных угодий. Теоретические концепции будут дополнены понятиями агроландшафтоведения в географической науке, ГИС-технологий, дистанционного зондирования и Web-картографирования.

Практическая значимость работы. Во-первых, результаты служат важным материалом при применении оптимальных методов и способов орошения сельскохозяйственных полей в аридных регионах, оптимального управления водными ресурсами и их адаптации к изменению климата. Во-вторых, ГИС-технологии, дистанционное зондирование Земли и машинное обучение, а также веб-программирование могут быть использованы в учебных дисциплинах, таких как «Основы дистанционного зондирования», «Анализ и визуализация геопространственных данных», «Тематическое картографирование», «Проектирование и составление карт в программе ГИС», «Проектирование и разработка баз данных для ГИС», «Основы Веб-программирования», «Разработка Веб-ГИС приложений». В-третьих, результаты могут быть использованы при составлении специализированного атласа орошаемых сельскохозяйственных угодий.

Научная новизна работы. Орошаемые сельскохозяйственные угодья Алматинской и Жетысуской областей, динамика изменения климата и водных ресурсов, а также пути использования ДЗЗ в машинном обучении впервые были изучены в отечественной научной среде. Основные научные результаты были получены в процессе анализа конкретных объектов. Ранее гидромодульное районирование орошаемых сельскохозяйственных угодий

Алматинской и Жетысуской областей, в соответствии с задачами исследовательской работы, имело свой оригинальный и актуальный характер. Научная новизна исследовательской работы определяется следующими результатами:

- впервые площади орошаемого земледелия административных единиц Алматинской и Жетысуской областей в масштабе 1:55 000-1:180 000 были классифицированы по оптимальному методу орошения на гидромодульные районы и карты были реализованы на основе ГИС-технологий;

- впервые создана модель гидромодульного районирования орошаемых сельскохозяйственных угодий Алматинской и Жетысуской областей на основе дешифрования космических снимков и машинного обучения;

- впервые на основе сравнения открытых баз данных и информации национальной гидрометеорологической службы Казгидромета на территории Алматинской и Жетысуской областей были определены верификация климатических показателей и адаптация водных ресурсов к земледелию;

- впервые территория орошаемых сельскохозяйственных угодий Алматинской и Жетысуской областей, климат, поверхность, грунтовые воды; тип и механический состав почв; рельеф, уклон, экспозиция и другие факторы были интегрированы в серверное Web-GIS приложение.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Теоретико-методологические аспекты алгоритмов комбинированного изучения орошаемых сельскохозяйственных угодий в Казахстане на основе ДЗЗ и машинного обучения позволяют достичь обоснованных и аргументированных результатов в определении орошаемых сельскохозяйственных угодий; в гидромодульном районировании по режиму и способам орошения; в составлении комплексных тематических карт.

2. Гидромодульное районирование орошаемых сельскохозяйственных угодий и автоматизация модели классификации методов орошения при обработке данных дистанционного зондирования Земли и разработка алгоритмов в машинном обучении позволяют оптимизировать систему орошения для ученых-исследователей, занимающихся земледелием в сельскохозяйственной науке.

3. Показатели национальной гидрометеорологической службы Казгидромет и открытых климатических данных (среднее и суммарное количество осадков, максимальная и минимальная температура воздуха) и водных ресурсов (GRACE Tellus Monthly Mass Grids, JRC Global Surface Water Mapping) являются эффективными при разработке систем земледелия сельскохозяйственных ландшафтов, в также при определении вектора развития адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

4. Разработка и иллюстрация геовизуализации физико-географических условий, климата, поверхностных и грунтовых вод, типа и механического состава почв, рельефа, уклона, экспозиции и других факторов орошаемых сельскохозяйственных угодий Алматинской и Жетысуской областей в Web-GIS являются новым фундаментом нашего исследования интенсивности

развития и гибкости Web-продуктов в цифровой среде мирового технологического пространства и казахстанской сельскохозяйственной науки.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ. Диссертационная работа проводилась на основе научно-технической программы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы BR10764908 «Разработать систему земледелия возделывания сельскохозяйственных культур (зерновых, зернобобовых, масличных и технических культур) с применением элементов технологии возделывания, дифференцированного питания, средств защиты растений и техники для рентабельного производства на основе сравнительного исследования различных технологий возделывания для регионов Казахстана».

Вклад автора в получении научного результата. Научно-исследовательская работа, выполненная в рамках предлагаемой автором докторской диссертации, основывается на научных статьях отечественных и зарубежных издательств. Данные и практические результаты опубликованных статей были обобщены, систематизированы и подвергнуты камеральной обработке на основе индивидуального научного поиска, что позволило сделать собственные выводы.

Апробация результатов исследовательской работы были опубликованы на международных и республиканско-практических конференциях (2021-2024), прошедшие в отечественных городах (Алматы, Тараз), а также в зарубежных (Курск, Россия и Стамбул, Турция): «Advancing Institutional Capacity for Sustainable Groundwater in Central Asia», «Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы развития естественных наук и образования в контексте целей устойчивого развития», «Адаптация растениеводства к условиям глобального изменения климата: проблемы и пути решения», «Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов», «The academic months from 1st October 2023 until 30th November 2023 at the Yildiz Technical University at Intership Staff», Международная научная конференция студентов и молодых учёных «ФАРАБИ ЭЛЕМІ» (4-7 апреля 2022 г.).

Обсуждение и одобрение исследовательской работы опубликованы в 11-ти научных работах казахстанских и зарубежных научных изданиях, международных научно-практических конференциях, а также в методических рекомендациях. Из них 2 статьи, входящие в базы Elsevier, Web of Science, Scopus, 2 статьи в перечне научных публикаций, представляемых Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан. Также индекс Хирша по базе Scopus и Web of Science у соискателя равен 2.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения и 148 списков использованной литературы, 10 таблиц, 71 рисунка, 23 приложения. Количество страниц - 188.