

## АННОТАЦИЯ

К диссертационной работе на соискание ученой степени доктора философии

(PhD) 6D071100-Геодезия

Рахимбаева Динара Жексенгалиевна

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Данное диссертационное исследование посвящено актуальной проблеме мониторингу береговой линии Каспийского моря с применением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Регион Каспийского моря уникален по природным особенностям. Бассейн Каспия - одна из крупнейших бессточных областей планеты, расположен в различных ландшафтных зонах, обладает редкими запасами рыб осетровых видов и ценным эндемичным биоразнообразием. Интенсивные и частые пожары лесной, кустарниковой и тростниковой растительности в дельте реки Волги в весеннее и осеннее время года также очень негативно отражается на биоразнообразии северной части Каспия и территории районов. Под влиянием только этих двух факторов уникальные и крайне уязвимые флора и фауна находятся в стрессовой ситуации, а некоторые виды оказались под угрозой исчезновения.

В районах нефтедобычи в Казахстане на северо-восточном побережье Каспия в результате сброса попутных высокоминерализованных подземных вод (извлекаемых при нефтедобыче), а также разливов нефти образовались специфические озера. Они представляют собой огромную угрозу для экосистем Каспия, поскольку при ветровых нагонах Каспийских вод и, особенно, в случае дальнейшего повышения уровня моря произойдет катастрофическое загрязнение моря.

Одной из уникальных особенностей Каспия является непостоянство его уровня, объясняемое большинством исследований изменениями климатических условий, на которые в последнее время накладываются факторы человеческой деятельности. Соответственно и разработка прогнозов уровня моря базируется на климатических (гелиофизических) и вероятностно-статистических методах, исходящих из стационарности процессов, и даются путем экстраполяции составляющих водного баланса моря, а последние весьма изменчивы, причем сами эти изменения неоднородны и разнопериодичны.

Переход от традиционных методов на современные технологии с использованием методов и средств космической геодезии привело к развитию и широкому применению глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Наряду с этим, в последнее время на первый план выдвигаются задачи контроля природной среды и прогнозирования возможных разновременных изменений в природной обстановке различных регионов. Этим объясняется особое внимание к изучению динамики геосистем, процессов, происходящих в земной коре и создания динамических карт природных явлений.

#### **Цель и задачи исследования**

Целью данной работы является совершенствование методики мониторинга изменения береговой линии Каспийского моря с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), обеспечивающую высокую точность, оперативность и информативность для анализа динамики береговой зоны и принятия управленческих решений.

В рамках достижения цели поставлены следующие задачи:

- Провести обзор и анализ современных подходов к мониторингу береговой линии, включая использование спутниковых данных, геоинформационных систем (ГИС) и моделей изменения береговой зоны.
- Выбрать наиболее подходящие спутниковые платформы и сенсоры для мониторинга береговой линии Каспийского моря, оценить их разрешение, периодичность и спектральные характеристики.
- Создать алгоритмы обработки спутниковых данных, включая автоматическую классификацию, детекцию изменений и интеграцию многовременных данных.
- Создать усовершенствованную методику мониторинга береговой линии Каспийского моря, основанная на использовании современных данных дистанционного зондирования Земли.

### **Методы исследования.**

Включали в себя: анализ существующих отечественных и зарубежных методов мониторинга водных объектов; обоснование выбора научно-обоснованных методик выполнения измерений с применением аппаратуры спутниковых систем, космических данных; разработка рабочих программ проведения экспериментов и их математическая обработка с привлечением методов математической статистики, теории вероятностей и соответствующего программного обеспечения.

### **Результаты**

Процесс обнаружения береговой линии был автоматизирован с использованием метода пороговой обработки по Отсу, примененного к продуктам Landsat 5, 7 и 8 Tier 1, полученным с датчика Landsat TM. Продукты Tier 1 были выбраны, поскольку они соответствуют строгим требованиям к геометрическому и радиометрическому качеству, необходимым для точного анализа.

Вся обработка данных выполнялась на платформе Google Earth Engine (GEE), что позволило использовать облачные вычислительные мощности для оптимизации локальных ресурсов и повышения общей эффективности обработки.

Данная методология оказалась высокоэффективной с точки зрения времени и затрат благодаря использованию бесплатного и открытого программного обеспечения (FOSS) и облачной инфраструктуры GEE.

Анализ проводился за несколько лет с двумя основными районами исследования: Атырау и Мангистауский регион. В связи с их географической близостью районы Актау и Форт-Шевченко были объединены в одну крупную область исследования — Мангистауский регион. Такой подход обеспечил всестороннее охват региона и поддержание пространственной согласованности на протяжении всего анализа.

Глубокое обучение (Deep Learning) позволяет анализировать большие объемы данных, таких как спутниковые изображения, временные ряды, географические данные, в связи с этим в диссертации обоснована необходимость дальнейшего развития алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения.

### **Научная новизна**

1. Разработан комплексный подход мониторинга береговой линии Каспийского моря, основанный на использовании данных традиционного метода, современных данных дистанционного зондирования Земли.

2. Созданы алгоритмы автоматической классификации и анализа спутниковых снимков, позволяющие эффективно выявлять изменения береговой линии, вызванные антропогенными и природными факторами.

3. Предложена система долгосрочного мониторинга изменений береговой линии с использованием методики машинного обучения и анализа временных рядов данных дистанционного зондирования.

### **На защиту выносятся следующие научные положения:**

1. Методика мониторинга береговой линии на основе интеграции данных традиционного метода, дистанционного зондирования и геоинформационных технологий, что позволяет оперативно выявлять изменения береговой линии и анализировать их с высокой степенью точности.

2. Алгоритм обработки данных ДЗЗ для классификации объектов береговой линии, выделения зон изменений и автоматизированного сравнения временных серий геопространственных данных, повышающий точность идентификации изменений береговой линии и снижение затраты времени на анализ данных.

3. Усовершенствованная методика автоматизированной обработки спутниковых данных и машинного обучения с анализом временных рядов, обеспечивающая сравнение изменений в многовременных данных, оценку скорости и направлений изменений береговой зоны.

### **Практическое значение**

1. Разработанная методика позволяет оперативно и с высокой точностью выявлять изменения береговой линии, обеспечивая доступ к актуальной информации для органов управления, экологических служб и научных организаций.

2. Полученные результаты могут быть использованы для оценки воздействия природных и антропогенных факторов на прибрежные территории, а также для разработки мер по минимизации экологических рисков.

3. Полученные данные о динамике береговой линии могут быть использованы для обоснования стратегий адаптации прибрежных сообществ и инфраструктуры к изменениям уровня моря и другим климатическим вызовам.

4. Применение современных технологий обработки данных дистанционного зондирования, включая использование спутниковых данных и геоинформационных систем (ГИС), позволяет принимать оперативное решение при мониторинге исследуемых объектов.

### **Обоснованность и достоверность**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются большим количеством первичных данных за период 1990-2024 гг., сходимостью результатов прогнозирования с реальными данными. Личный вклад автора заключается в анализе отечественного и международного опыта мониторинга береговой линии с применением современных технологий, выполнение обработки данных с применением аппаратуры спутниковых систем, космических данных Landsat, Sentinel.

### **Публикации и апробация**

По материалам диссертационной работы опубликовано 7 печатных работ включая:

- Одну статью в рейтинговом журнале National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of geology and technical sciences (база Scopus Q3)
  - Три статьи в изданиях, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки Республики Казахстан (МНВО РК)
  - Три статьи в сборниках международных конференций, форумов и конгрессов.
- Результаты исследований внедрены в учебный процесс, что подтверждается соответствующими актами.

### **Выводы:**

На основе проведенных исследований и разработок можно сделать следующие выводы:

1. Проверка методик дешифрирования показала, что наилучшим способом распознавания водных поверхностей для Каспийского моря является вычисление индекса MNDWI, имеющего минимальную величину среднеквадратической ошибки.

2. Разработанная технологическая схема мониторинга береговой линии на основе данных дистанционного зондирования Земли позволяет извлекать в автоматическом режиме береговую линию.

3. Методология оказалась высокоэффективной с точки зрения времени и затрат благодаря использованию бесплатного и открытого программного обеспечения (FOSS) и облачной инфраструктуры GEE.

4. Включение алгоритмов неконтролируемой кластеризации K-means и контролируемой классификации Random Forest при обработке данных Sentinel-2 позволило получить высокоточную картографическую информацию о динамике береговой линии.

5. Усовершенствованный подход демонстрирует высокий потенциал для многолетнего мониторинга береговой зоны и может быть адаптирован для анализа береговой динамики в различных прибрежных регионах. Дальнейшие исследования могут быть направлены на интеграцию дополнительных спектральных и топографических данных, а также совершенствование алгоритмов машинного обучения с целью повышения точности классификации береговой линии и учета сезонных колебаний.

В совокупности, данные выводы подчеркивают важность и эффективность внедрения современных геопространственных технологий и методов анализа для мониторинга водных объектов. Данные усовершенствования не только улучшают точность и эффективность существующих методов, но и предоставляют новые инструменты для исследований и практического применения в различных областях.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 98 страницах машинописного текста, содержит 14 таблиц, 55 рисунков, список литературы из 120 наименований.

Диссертация в твердом переплете, в 3 (трех) экземплярах и на электронном носителе (CD- диске), в случае, если диссертация защищается в форме диссертационной работы.

Аннотация на казахском, русском, английском языках. В аннотации описывается тема, цель диссертационного исследования, задачи исследования, методы исследования, основные положения (доказанные научные гипотезы, и другие выводы, являющиеся новыми знаниями), выносимые на защиту, описание основных результатов исследования, обоснование новизны и важности полученных результатов, соответствие направлениям

развития науки или государственным программам, описание вклада докторанта в подготовку каждой публикации.

Список научных трудов, заверенный главным ученым секретарем ОВПО, в котором докторант проходил обучение, и копии публикаций.

Заключение этической комиссии вуза, в котором обучался докторант, об отсутствии нарушений в процессе планирования, оценки, отбора проведения и распространения результатов научных исследований, включая защиту прав, безопасности и благополучия объектов исследования (объектов живой природы и среды обитания)

Докторант

Рахимбаева Д.Ж.

Научный руководитель, к.т.н.

Мейрамбек Г.

Заведующий кафедрой МДиГ, PhD

Мейрамбек Г.