

## УТВЕРЖДАЮ

Директор Института машиноведения,  
автоматики и геомеханики НАН КР

д.т.н., проф.



Б.С. Султаналиев

«13»

2024 г.

### Выписка из протокола

заседания объединенного семинара лабораторий Распределенных систем обработки данных, Информационно-измерительных систем, Синергетики и хаоса динамических систем, Адаптивных и интеллектуальных систем, Оптимальных и цифровых систем управления Института машиноведения, автоматике и геомеханики НАН КР по обсуждению диссертационной работы Верзунова С.Н. на тему: «Разработка методов мониторинга и идентификации геоэкологических процессов на базе интеллектуального анализа данных», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации»

г. Бишкек

от «08» мая 2024г.

**Председатель:** д.т.н., профессор Исмаилов Б.И. – г.н.с. лаб. ОЦСУ (05.13.01 – системный анализ управление и обработка информации).

**Секретарь:** к.т.н., с.н.с. Аскалиева Г.О. – с.н.с. лаб. ИИС (05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ).

**Присутствовали:** 18 человек, среди них 6 докторов наук, из них по специальности – 4, 3 кандидата наук, 9 сотрудников лабораторий:  
д.т.н., проф. Брякин И.В. – зав. лаб. ИИС (05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления); д.т.н., проф. член-корр. НАН КР Оморов Т.Т. – зав. лаб. АИС (05.13.01 – системный анализ управление и обработка информации); д.т.н., проф. Лыченко Н.М. зав. лаб. РСОД (05.13.01 – системный анализ управление и обработка информации); д.т.н., доцент Бакасова А.Б – зав. каф. "Электроэнергетика" им. Апышева Дж. А КГТУ им. И. Раззакова; д.т.н., с.н.с. Пресняков К.А. – г.н.с. лаб. ИИС (05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления); к.ф.-м.н., с.н.с. Керимкулова Г.К. – зам. дир. ИМАГ (05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ); к.т.н. Акунов

Т.А. – г.н.с. лаб. СХДС (05.13.01 – системный анализ управление и обработка информации), Гайдамако В.В. – с.н.с. лаб. РСОД, Корякин С.В. – м.н.с. лаб. ИИС; Каракай Ю.И. – вед. инж. лаб. ИИС; Великанова Л.И. – вед. инж. лаб. РСОД; Касимова А.У. – вед. инженер лаб. ИИС; Макаров М.С. – вед. инж. лаб. ИИС; Першакова Е.Ю. – вед. инж. лаб. ИИС; Каримова Д.А. – инж. 1 кат. лаб. ИИС; Жолдошбаев К.А. – инж. 1 кат. лаб. ИИС.

### **ПОВЕСТКА ДНЯ:**

Апробация диссертационной работы к.т.н., доцента Верзунова С.Н. на тему: «Разработка методов мониторинга и идентификации геоэкологических процессов на базе интеллектуального анализа данных», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации.

**Тема докторской диссертации** утверждена решением Ученого совета ИМАГ НАН КР №1 от 08 января 2018 года. в следующей редакции «Разработка методов мониторинга и идентификации геофизических процессов на базе интеллектуального анализа данных», консультантами назначены д.т.н., проф. Лыченко Н.М. и д.т.н. проф. Брякин И.В. по специальностям: 05.13.01 системный анализ, управление и обработка информации и 05.13.05 элементы и узлы вычислительной техники и систем управления

Решением ученого совета ИМАГ НАН КР №2 от 20 октября 2020 г. переутверждена научная специальность 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации, и тема докторской диссертации в следующей редакции: «Разработка методов мониторинга и идентификации геоэкологических процессов на базе интеллектуального анализа данных».

#### **Научный консультант:**

доктор технических наук, профессор Брякин Иван Васильевич утвержден решением Ученого совета ИМАГ НАН КР №2 от 20 октября 2020 г.

#### **Рецензенты:**

- доктор технических наук, доцент Бакасова А.Б., заведующая кафедрой "Электроэнергетика" им. Апышева Дж. А КГТУ им. И. Раззакова (05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации).
- доктор технических наук Янко Д.В., и.о. начальника управления информационных технологий Раменского приборостроительного завода, г. Раменское, Московская область, Российская Федерация (05.13.01 системный анализ, управление и обработка информации).

**Председатель:** Кворум есть, присутствует 6 докторов наук, из них по специальности 4. Присутствует 1 рецензент из двух. Слово предоставляется секретарю для оглашения биографических данных соискателя Верзунова С.Н.

**Секретарь:** оглашает данные из личного дела соискателя.

**Председатель:** Слово для доклада основных положений диссертации предоставляется Верзунову Сергею Николаевичу.

**Слушали:** доклад Верзунова С.Н. на тему «Разработка методов мониторинга и идентификации геоэкологических процессов на базе интеллектуального анализа данных». Диссертант доложил основные положения работы с демонстрацией слайдов.

**Председатель, д.т.н., профессор Исмаилов Б.И.:** Какие будут вопросы по данной диссертационной работе? Если позволите, хочу задать несколько вопросов.

**Вопрос 1:** Что вы понимаете под медицинской геоэкологией.

**Ответ 1:** Благодарю вас за заданный вопрос, разрешите ответить. Под медицинской геоэкологией принято рассматривать направление прикладной геоэкологии, изучающее геоэкологические процессы в окружающей среде, воздействующие на человека, его здоровье и жизнедеятельность в пространственно-временной конкретности. Возникновение нарушений жизненных функций человека, наличие симптомов болезни могут иметь причиной воздействие на организм вредных факторов окружающей среды (физических, химических, биологических). Приведу пример. Известные исследования показывают, что солнечная активность может влиять на климатические условия на Земле, которые, в свою очередь, могут изменять модели миграции и популяционную динамику грызунов, являющихся переносчиками блох, инфицированных бактериями, вызывающими чуму.

**Вопрос 2:** В чем отличие медицины от медицинской геоэкологии?

**Ответ 2:** Медицинская геоэкология позволяет системно анализировать и прогнозировать риски для здоровья человека на основе комплексного подхода к оценке взаимодействия различных экологических факторов.

**д.т.н., доцент Бакасова А.Б.**

**Вопрос 1:** Какого уровня напряжения используются для идентификации частичного разряда?

**Ответ 2:** Небольшая себестоимость предложенного программно-аппаратного комплекса позволяет использовать его в низковольтных линиях при напряжении от 3 кВ. В рассмотренном нами примере напряжение составляло 110 кВ, так как при возрастании напряжения увеличивается риск возникновения частичного разряда.

**Вопрос 2:** Являются ли эти системы воздушными или кабельными?

**Ответ 2:** Разработанный способ предполагает применение в воздушных электрических линиях.

**Вопрос 3:** Какая часть спектра используется для регистрации частичного разряда?

**Ответ 3:** Используется диапазон высоких частот от 10 МГц до 20 МГц. Использование радиочастотного диапазона для регистрации частичных разрядов позволяет эффективно обнаруживать и анализировать

высокочастотные импульсы, связанные с разрядами, что помогает в мониторинге ЧР.

**д.т.н., проф. Лыченко Н.М.**

**Вопрос 1:** В чем основная идея, объединяющая различные направления ваших исследований в системе геоэкологического мониторинга.

**Ответ 1:** Основная идея, объединяющая различные направления исследований в системе геоэкологического мониторинга, заключается в систематическом сборе и анализе данных в процессе непрерывного наблюдения за состоянием различных геоэкологических параметров. Это позволяет оперативно выявлять изменения в окружающей среде, прогнозировать угрозы и поддерживать принятие обоснованных управленческих решений, способствуя тем самым устойчивому развитию и защите экосистем.

**Вопрос 2:** Какая новая идея положена в основу вашей концепции?

**Ответ 2:** Новая идея, положенная в основу моей концепции геоэкологического мониторинга и анализа, заключается в интеграции интеллектуальных технологий в традиционные методы мониторинга и анализа геоэкологических процессов. Это позволяет автоматизировать процесс обработки данных, повышать точность прогнозов и оптимизировать управление природопользованием. Кроме того, системный анализ всего комплекса геоэкологических параметров, проведенный в формате геоэкологического мониторинга позволяет получить необходимую информацию на качественно ином обобщенном уровне.

**Вопрос 3:** Идея применения интеллектуальных технологий для решения геоэкологических задач не предлагалась ранее другими исследователями?

**Ответ 3:** Идея использования искусственного интеллекта в геоэкологическом мониторинге и анализе данных не является абсолютно новой. Однако, моя работа вносит существенные улучшения и инновации в эту область. Основные нововведения моей концепции включают следующее. Интеграцию различных методов ИИ, вместо использования одного подхода, моя работа предлагает интеграцию множества методов ИИ для решения различных задач геоэкологического мониторинга, таких как классификация, кластеризация, регрессия и прогнозирование временных рядов. Улучшение алгоритмов обработки данных, разработка новых или усовершенствование существующих алгоритмов для более эффективного анализа больших объемов данных и повышения точности прогнозов. Разработку комплексной системы мониторинга – наша работа предполагает создание многоуровневой системы, которая объединяет данные из различных источников, таких как сенсоры, внешние базы данных и наземные станции в разных областях геоэкологии и использует ИИ для их анализа.

**Вопрос 4:** Структура геоэкологии, показанная вами на слайде, была составлена вами или взята из литературы?

**Ответ 4:** Структура геоэкологии, представленная на слайде, была взята из литературных источников. Основой ее послужили работы профессора Розанова Л.Л. и его научной школы.

**Вопрос 5:** Что вы понимаете под термином геоэкология?

**Ответ 5:** Геоэкология – это научная дисциплина, которая изучает взаимосвязи между геологическими процессами и экологическими системами. Она объединяет аспекты геологии и экологии для понимания того, как природные и антропогенные изменения в земной коре влияют на окружающую среду и жизнедеятельность человека. Геоэкология исследует такие факторы, как почвенные процессы, водные ресурсы, атмосферные условия и их взаимодействие с живыми организмами, а также воздействие человека на эти процессы.

**Вопрос 6.:** Поясните суть пятилетних наблюдений в контексте мониторинга индуктивных компонентов датчиков.

**Ответ 6.:** Это необходимо для выявления долгосрочных трендов и потенциальных проблем в их функционировании, что особенно важно в условиях воздействия случайных и непредсказуемых факторов окружающей среды. Пятилетние наблюдения показали, что со временем параметры индуктивных компонентов подвержены изменениям, ввиду изменения физических свойств изоляции обмотки из-за воздействия факторов окружающей среды.

**Председатель, д.т.н., профессор Исмаилов Б.И.**

**Вопрос 1:** Для чего нужны данные, полученные с помощью системы геоэкологического мониторинга?

**Ответ 1:** Данные, полученные с помощью системы геоэкологического мониторинга, необходимы для оценки текущего состояния параметров окружающей среды, включая качество воды, почвы, воздуха, флоры и фауны на определенной территории. Эти данные позволяют прогнозировать и предупреждать экологические проблемы, такие как загрязнение, эрозия почвы, потеря биоразнообразия и изменение климата. Информация, собранная системой мониторинга, служит для принятия решений государственными органами, исследовательскими учреждениями и организациями, работающими в области экологии и природопользования. Она помогает контролировать соблюдение установленных экологических стандартов и оценивать воздействие человеческой деятельности, включая промышленность, сельское хозяйство на окружающую среду.

**Вопрос 2:** В чем отличие глубокого обучения от поверхностных методов?

**Ответ 2:** Глубокое обучение предлагает более сложные и мощные модели, способные справляться с большими объемами данных и сложными задачами, тогда как поверхностные методы остаются полезными для задач, требующих большей интерпретируемости и меньших вычислительных затрат.

**Вопрос 3:** Какие еще методы интеллектуального анализа данных существуют?

**Ответ 3:** Методы интеллектуального анализа данных включают классификацию, регрессию, кластеризацию, анализ временных рядов, уменьшение размерности, обнаружение аномалий, текстовую аналитику и рекомендационные системы. Глубокое обучение, один из ключевых методов, имеет несколько преимуществ – способность самостоятельно выявлять сложные признаки из сырых данных, снижая потребность в ручной работе; адаптация к различным типам данных, включая изображения, звук, текст и временные ряды; эффективная работа с большими объемами данных. Эти преимущества делают глубокое обучение мощным инструментом для разнообразных приложений в различных областях.

**Вопрос 4:** Поясните в чем суть направлений разделов геоэкологии, показанных на слайде?

На данной на слайде схеме показаны основные направления разделов геоэкологии. Вкратце поясню их суть. Динамика геологической среды - изучение изменений в геологических системах под влиянием естественных и антропогенных факторов. Включает исследования диэлектрической проницаемости и проводимости грунтов, прогнозирование оползней и обвалов. Производственная геоэкология – мониторинг и управление воздействием промышленных объектов на окружающую среду. Включает контроль за состоянием силовых электрических линий, выявление дефектов и частичных разрядов. Медицинская геоэкология – исследование влияния геоэкологических факторов на здоровье человека. Включает разработку методов диагностики заболеваний легких, таких как COVID-19 и пневмония. Управляемая геоэкология – это направление геоэкологии, которое фокусируется на разработке и применении методов и средств для управления геоэкологическими процессами. Основная цель управляемой геоэкологии заключается в предотвращении и минимизации негативных последствий воздействия природных и техногенных факторов на окружающую среду. Это достигается путем внедрения управленческих стратегий и технологий, которые позволяют контролировать и регулировать геоэкологические процессы.

Космическая геоэкология – изучение геомагнитной активности и её влияния на технические системы и здоровье людей. Включает мониторинг геомагнитных бурь и их воздействий.

**д.т.н., с.н.с. Пресняков К.А.**

**Вопрос:** В чем заключается научная новизна работы?

**Ответ: 1.** Предложена новая концепция интеллектуальной системы мониторинга состояния геоэкологической среды, представляющая собой комплексное решение для мониторинга и анализа параметров геоэкологических процессов. Новизна концепции заключается в интеграции данных о геоэкологических параметрах в различных направлениях геоэкологии, которая позволяет, используя принцип эмерджентности,

получить обобщенную информацию о геоэкологических процессах на качественно новом уровне. Интеллектуальная информационно-измерительная система мониторинга, реализующая новую концепцию, представляет собой сложную структуру, в которой традиционные аппаратные модули практически полностью заменяются интеллектуальными программными компонентами, а их функциональные возможности существенно дополняются ИИ.

**член.-корр. НАН КР Оморов Т.Т.**

**Вопрос 1:** В чем новизна и суть концепции?

**Ответ 1:** Новизна и суть предложенной концепции заключаются в разработке и внедрении интегрированной интеллектуальной системы мониторинга геоэкологических процессов, которая объединяет последние достижения в области искусственного интеллекта и машинного обучения с традиционными методами экологического мониторинга. Эта система предназначена для более эффективного сбора, анализа и интерпретации данных о состоянии окружающей среды, что позволяет более точно прогнозировать изменения и оперативно реагировать на экологические угрозы.

Ключевой новизной данной системы является использование алгоритмов машинного обучения для автоматической обработки больших объемов данных и выявления сложных закономерностей в изменении геоэкологической среды, которые невозможно обнаружить традиционными методами. Искусственный интеллект позволяет учесть множество переменных и факторов, влияющих на экологию, и предложить оптимизированные решения для устойчивого управления природными ресурсами.

Концепция также предусматривает создание модульной и масштабируемой системы, способной адаптироваться к различным климатическим и экологическим условиям. Это делает её пригодной для использования в разных областях где требуется мониторинг различных параметров.

**Вопрос 2:** Что вы понимаете под геоэкологическими процессами, приведите пример?

Геоэкологические процессы – это комплекс взаимодействий между геологическими, гидрологическими, биологическими и атмосферными явлениями, которые оказывают влияние на экосистемы и окружающую природную среду. Эти процессы включают, но не ограничиваются, изменением ландшафтов, эрозией почв, перемещением и отложением осадочных материалов, изменениями водных потоков, а также воздействием атмосферных условий на земную поверхность и подземные воды.

Важность изучения геоэкологических процессов заключается в том, что они могут приводить к значительным изменениям в окружающей среде, влияя на биоразнообразие, качество воды, плодородие почв и общую устойчивость экосистем. Например, процессы, такие как кислотные дожди,

могут изменять химический состав почвы и водоемов, что негативно сказывается на флоре и фауне. Также геоэкологические процессы включают в себя антропогенное воздействие на природу, такое как загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, пестицидами и другими вредными веществами.

**к.ф.-м.н., доцент Керимкулова Г.К.**

**Вопрос:** Какие новые подходы к мониторингу геоэкологических процессов были предложены в вашей работе?

**Ответ:** В моей работе были предложены следующие новые подходы к мониторингу геоэкологических процессов:

1. Разработаны алгоритмы, которые анализируют исторические и текущие данные о состоянии окружающей среды для предсказания будущих изменений, что позволяет принимать меры заблаговременно, до того, как потенциальный ущерб станет необратимым. Это показано на примере задачи краткосрочного прогноза дальности видимости, а также мониторинга параметров индуктивных датчиков.
2. Создан усовершенствованный тип датчика – микрополосковая антенна с CSRR-ячейками, разработанный с помощью искусственного интеллекта, что позволило оптимизировать ее конструктивные параметры с целью получить более точные и полные данные для системы мониторинга состояния горных пород.
3. Разработаны интеллектуальные программные компоненты, которые автоматически обрабатывают входящие данные, выявляют аномалии и формируют отчеты. Это значительно ускоряет процесс реагирования на экологические и техногенные угрозы. Кроме того, разработано программное обеспечение для визуализации данных мониторинга, которое позволяет пользователям (медикам, экологам, научным сотрудникам, техническим специалистам) в интерактивном режиме анализировать различную информацию и делать обоснованные выводы.

**к.т.н., с.н.с. Аскалиева Г.О.**

**Вопрос:** Почему именно эти направления разделов геоэкологии были рассмотрены в работе?

**Ответ:** Динамика геологической среды позволяет понять, как естественные и искусственные изменения в геологической среде влияют на экологическое равновесие. Изучение этих процессов важно для оценки рисков, связанных с естественными катастрофами, такими как землетрясения, оползни и обвалы. Производственная геоэкология сосредотачивается на воздействии промышленных и других производственных процессов на геоэкологическую среду. Важно для разработки методов минимизации отрицательного воздействия производства на окружающую среду и улучшения устойчивости экосистем.

Медицинская геоэкология, исследует влияние окружающей среды на здоровье человека, что особенно актуально в контексте распространения заболеваний, таких как COVID-19. Это направление важно для разработки

мер профилактики и лечения, а также для понимания, как экологические факторы влияют на распространение болезней.

Управляемая геоэкология, ориентирована на разработку и применение технологий для активного управления геоэкологическими процессами с целью предотвращения или минимизации негативного воздействия. Это направление особенно важно для устойчивого управления природными ресурсами и поддержания баланса между экологическими и экономическими потребностями.

Космическая геоэкология, рассматривает влияние космических явлений, таких как солнечная активность и космическое излучение, на технические системы и жизнь на Земле. Это направление помогает предсказывать и снижать риски, связанные с космической погодой, что особенно важно для современных технологических и коммуникационных систем.

Изучение этих направлений геоэкологии позволяет более полно понять взаимосвязь между геологическими и экологическими процессами и разработать эффективные стратегии для предотвращения и управления экологическими рисками.

**к.т.н. Акунов Т.А.**

**Вопрос 1:** Позволяет ли нейронная сеть выявлять наиболее значимые характеристики?

**Ответ 1:** Да, нейронные сети способны автоматически выявлять наиболее значимые характеристики из данных, особенно в глубоком обучении. Этот процесс известен как извлечение признаков и является одним из ключевых преимуществ использования нейронных сетей.

**Вопрос 2: Как случайная составляющая влияет на обучение сети?**

**Ответ 2:** Наличие случайной составляющей в данных может помочь нейронной сети обучаться на более разнообразных наборах данных. Это способствует улучшению обобщающей способности модели, так как сеть учится игнорировать случайные отклонения и фокусироваться на более стабильных, значимых характеристиках данных. С другой стороны, избыточный шум в данных может затруднить обучение, так как сети сложнее распознавать закономерности. Это может привести к тому, что модель будет нуждаться в большем количестве данных или в более мощных архитектурах для достижения аналогичного уровня производительности. Шум в данных может также использоваться для проверки устойчивости модели. Если модель хорошо работает на данных с шумом, это может свидетельствовать о её способности адекватно функционировать в реальных условиях, где данные часто неидеальны.

**Председатель д.т.н., профессор Исмаилов Б.И.**

Если больше нет вопросов, переходим к заслушиванию рецензентов.

Слушали секретаря к.т.н., с.н.с. Аскалиеву Г.О., которая зачитала рецензию д.т.н Янко Д.В., и.о. начальника управления информационных технологий Раменского приборостроительного завода. Рецензия

положительная. Замечание. Несмотря на значительный вклад в развитие методов геоэкологического мониторинга, диссертационная работа могла бы получить дополнительную пользу от включения биологических и химических аспектов при изучении экологических процессов. Междисциплинарный подход способствовал бы более глубокому пониманию механизмов взаимодействия различных экологических факторов и улучшил бы методы анализа и прогнозирования.

**Председатель д.т.н., профессор Исмаилов Б.И.**

Слово для ответа рецензенту предоставляется соискателю.

**Соискатель:** Замечание глубокоуважаемого Дмитрия Владимировича о необходимости интеграции биологических и химических аспектов для улучшения методов анализа и прогнозирования геоэкологических процессов является крайне ценным. В своей диссертационной работе я сосредоточился на разработке методов мониторинга и идентификации геоэкологических процессов с акцентом на использование в технических и медицинских приложениях. Однако разработанные системы искусственного интеллекта были также дообучены для распознавания заболеваний легких, таких как бруцеллез и псевдотуберкулез у животных, о чем имеется акт о внедрении результатов научно-исследовательской деятельности.

**Вторым рецензентом выступила д.т.н. доцент Бакасова А.Б.**

Работа вносит значительный вклад в развитие методов геоэкологического мониторинга, предлагая новые подходы и решения, базирующиеся на последних достижениях в области искусственного интеллекта. Результаты исследования нашли применение в различных областях, включая экологический мониторинг и медицинскую диагностику, что подтверждается актами о внедрении.

Работа отражает комплексный подход к решению актуальных научных и практических задач, однако, стоит отметить, что в диссертации не полностью раскрыт потенциал интеграции предложенных систем с существующими международными стандартами и протоколами в области геоэкологического мониторинга. Более тесное взаимодействие с мировым научным сообществом и стандартизационными организациями могло бы способствовать более широкому внедрению и адаптации разработанных методов на международном уровне.

Считаю, что диссертационная работа Верзунова С.Н. полностью удовлетворяет требованиям НАК ПКР, предъявляемым к докторским диссертациям. Работа является полноценным научно-исследовательским трудом и соответствует специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации». Автор диссертации, по моему мнению, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук, так как его работа вносит значительный вклад в развитие технических наук в данной специальности и открывает новые перспективы для дальнейших исследований в области геоэкологического мониторинга.

**Председатель:** д.т.н., профессор Исмаилов Б.И., г.н.с. лаб. ОЦСУ:

Слово для ответа рецензенту предоставляется соискателю.

**Соискатель:** Благодарю вас за рецензирование моей работы, глубокоуважаемая Айна Бакасовна. В диссертационной работе основной акцент был сделан на разработке методов мониторинга и идентификации геоэкологических процессов с использованием интеллектуального анализа данных. Мы признаем, что интеграция с существующими международными стандартами и протоколами является важным аспектом для более широкого внедрения разработанных систем. Однако некоторое сотрудничество с международным сообществом все же велось. В частности, в рамках программы РФ по поддержке славянских ВУЗов был получен суперкомпьютер, на котором были проведены численные моделирования, приведенные в работе. На самом деле стандарты конечно же применялись, но это не отражено в диссертации. Поэтому планируется уделить больше внимания данному направлению, включая анализ соответствия разработанных систем стандартам ISO 14001, EPA Guidelines и другим международным требованиям. Это позволит обеспечить более тесное взаимодействие с мировым научным сообществом и стандартизационными организациями.

**Председатель д.т.н., профессор Исмаилов Б.И.:** Айна Бакасовна, вы удовлетворены ответами?

д.т.н., доцент **Бакасова А.Б.:** Да.

**Председатель д.т.н., профессор Исмаилов Б.И.:** Слово предоставляется научному консультанту.

д.т.н., профессор **Брякин И.В.**

Уважаемые коллеги, работа Верзунова С.Н. вносит значительный вклад в область информационных наук, предлагая передовые решения для сложной и крайне актуальной проблемы – интеллектуализации мониторинга окружающей среды. Целью работы является повышение эффективности решения задач идентификации геоэкологических факторов путем создания интеллектуальных информационно-измерительных систем. В рамках диссертационного исследования была создана интеллектуальная система мониторинга, способная не только собирать и обрабатывать массивные объёмы данных, но и делать это с высокой точностью и оперативностью. Применение современных алгоритмов машинного обучения позволило реализовать методы прогнозирования экологических рисков, что стало одним из ключевых достижений данной работы. В ходе работы мы столкнулись с рядом проблем, включая необходимость интеграции разнородных данных и обеспечение их достоверности. Однако благодаря тесному сотрудничеству с ведущими экспертами в области геофизики, электроники и информационных технологий, соискатель не только смог преодолеть эти препятствия, но и разработать решения, которые могут быть адаптированы для применения в различных областях геоэкологии.

Особое внимание в этой работе было уделено улучшению взаимодействия с заинтересованными сторонами через развитие интерактивных платформ для визуализации данных. Это позволяет пользователям – от научных работников до менеджеров и общественности – эффективно анализировать и использовать полученную информацию для принятия обоснованных решений.

Актуальность и значимость работы подтверждается соответствующими публикациями в престижных журналах и получением патента и свидетельств на некоторые из разработанных технологий. Это свидетельствует о наличии научной новизны в предлагаемых технических решениях, а также подтверждает то, что предложенные методы мониторинга имеют реальное практическое применение. Благодарю всех присутствующих за участие в обсуждении работы и за ваши ценные советы. Все ваши замечания и пожелания диссертантом будут непременно учтены в дальнейшем.

#### **Заключительное слово председателя:**

На этом мы заканчиваем обсуждение. Замечания, высказанные рецензентами, считаю конструктивными и весьма полезными. Ставлю на голосование вопрос о рекомендации диссертации Верзунова Сергея Николаевича к прохождению дальнейших этапов по ее защите.

Прошу голосовать: «За» 18; «Против» - нет; «Воздержавшихся» -нет.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Диссертационная работа Верзунова С.Н. на тему: «Разработка методов мониторинга и идентификации геоэкологических процессов на базе интеллектуального анализа данных», посвящена важной проблеме систем геоэкологического мониторинга.

**1. Актуальность проблемы.** Растущее антропогенное давление на окружающую среду требует более совершенных технологий для эффективного мониторинга и анализа экологических данных, что ставит эту диссертацию в ряд актуальных и значимых научных исследований.

Применение методов искусственного интеллекта и машинного обучения в разработке интеллектуальных информационно-измерительных систем позволяет значительно повысить точность и надежность обработки больших объемов экологических данных. Это, в свою очередь, способствует более оперативному обнаружению, мониторингу и прогнозированию геоэкологических изменений, что является критически важным для принятия своевременных мер по охране окружающей среды и уменьшению негативного воздействия антропогенных процессов. Диссертационная работа выполнена в рамках исследований, проводимых в лаборатории Информационно-измерительных систем в Институте машиноведения, автоматизации и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики в соответствии с планами научно-исследовательских проектов по

теме «Разработка инновационных методов и средств контроля состояния геоэкоферы» (2018 – 2020 гг.) № госрегистрации 0007140, раздел «Разработка аппаратно-программных средств обеспечения малоглубинных инженерно-геофизических исследований геоэкоферы». А также «Разработка физико-технических интеллектуальных систем цифровизации геоэкологического мониторинга в Кыргызской Республике» (2021 – 2023 гг.), № госрегистрации 0007732, раздел «Разработка цифровых подсистем регистрации и контроля первичной геоэкологической информации».

**2. Конкретное личное участие автора.** Все использованные в работе данные получены при непосредственном участии автора как на этапе постановки цели и задач, разработки методологических подходов и их выполнения. В частности автором:

- Разработаны системы, использующие искусственный интеллект для анализа и прогнозирования изменений в окружающей среде, что позволяет улучшить точность и оперативность экологического мониторинга.
- Предложены новые методы для измерения параметров индуктивных компонентов датчиков, что обеспечивает более высокую точность измерений в условиях электромагнитных помех.
- Разработана методика для прогнозирования геоэкологических временных последовательностей с использованием адаптивных мультивейвлетных сетей, что способствует более быстрому и точному прогнозированию.
- Разработаны системы искусственного интеллекта для диагностики таких заболеваний, как COVID-19 и другие респираторные болезни, улучшающие скорость и точность постановки медицинских диагнозов.

**3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Диссертационная работа представляет собой завершённое научное исследование. Научные положения, выводы и практические рекомендации, сформулированные в диссертации, убедительны и аргументированы, обоснованы аналитически и подтверждены компьютерным моделированием. Основные научные результаты, полученные в диссертации опубликованы в 52-ти печатных научных трудах, из них 4 в изданиях, зарегистрированных в системе Scopus, в 2-х монографиях опубликованных в КР, 1 патенте на изобретение КР и 5 авторских свидетельствах на ПО, зарегистрированных в Государственной службе интеллектуальной собственности и инноваций при правительстве Кыргызской Республики. Опубликованные работы полностью отражают результаты диссертации.

**4. Степень научной новизны результатов исследований** заключается в следующем:

- Предложена новая концепция интеллектуальной системы мониторинга состояния геоэкологической среды, представляющая собой комплексное решение для мониторинга и прогнозирования геоэкологических процессов и состояния окружающей среды. Она

представляет собой сложную многоуровневую систему, использующую последние достижения в области интеллектуальных технологий для повышения эффективности мониторинга, в которой традиционные аппаратные модули в большой степени заменяются интеллектуальными программными компонентами.

- Обоснован новый метод измерения параметров индуктивных компонентов датчиков., позволяющий точнее определять параметры индуктивных компонентов датчиков мониторинга в условиях воздействия случайных фоновых электромагнитных полей. Этот метод повышает точность анализа и снижает влияние внешних помех, позволяя осуществлять оперативный мониторинг параметров приборов в условиях их практической эксплуатации.
- Предложен новый способ оптимизации процесса проектирования микрополосковых антенн для выбора дизайна конструктивных CCSR-элементов микрополосковых антенн, с целью повышения их производительности по таким параметрам, как диапазон частот, усиление и направленность. Этот способ применен для разработки антенного модуля устройства для определения электрофизических свойств горных пород в виде керна.
- Доработана методика прогнозирования геоэкологических временных последовательностей, основанная на новой структуре адаптивной мультивейвлетной сети, ориентированной на более быстрое обучение и прогнозирование динамики геоэкологических данных.
- Разработаны две универсальные системы мониторинга на основе искусственного интеллекта в сфере медицинской геоэкологии, предназначенные для оперативной диагностики COVID-19, пневмонии и других легочных заболеваний.

**5. Научно-практическое значение.** Разработаны программные компоненты для контроля и диагностики, обеспечивающие возможность использования интеллектуальных методов для решения разнообразных задач на практике. Они включают в себя выявление неисправностей в системах электроснабжения и анализ медицинских снимков для определения заболеваний дыхательной системы. В частности, разработана система на основе глубокого обучения для онлайн отслеживания частичных разрядов в линиях электропередач. Особое внимание уделено методике обработки данных, улучшающей способность системы к обучению и распознаванию дефектов.

Разработана система ИИ для прогноза геоэкологических процессов, значительно увеличивающая эффективность наблюдений за изменениями в окружающей среде. Включение этих методов в стандартные процедуры мониторинга позволяет оперативно принимать меры для предотвращения или уменьшения вредного влияния на окружающую среду и планировать предупредительные действия.

Одной из целей разрабатываемых систем геоэкологического мониторинга является создание единого информационного поля по существующим актуальным проблемам в сфере геоэкологии. Поэтому был разработан комплект программных средств OJS2ELIBRARY для цифровизации научной-издательской деятельности, обеспечивающий доступ к информации о состоянии окружающей среды, которая может быть использована научным сообществом для управления экологическими рисками и планирования своей деятельности.

#### **6. Внедрение результатов в практику.**

Также результаты внедрены ОАО "НЭСК" (Национальная электрическая сеть Кыргызстана), где были реализованы инновационные методы мониторинга и идентификации геоэкологических процессов на базе интеллектуального анализа данных. Внедрение в НЭСК включало разработку и реализацию алгоритмов для выявления частичных разрядов в высоковольтных линиях электропередач, что значительно улучшило точность обнаружения неисправностей. Это позволяет оперативно выявлять и устранять неисправности технологического оборудования, существенно снижая его время простоя и минимизируя риск аварий. Автоматизация процесса диагностики снижает затраты на обслуживание и эксплуатацию электрических линий, минимизирует риски для здоровья обслуживающего персонала и повышает общую эффективность работы энергосистемы.

В рамках Института биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики были внедрены системы для мониторинга и диагностики пульмонологических заболеваний на основе анализа рентгеновских снимков, что улучшило процедуры мониторинга заболеваний у животных.

Результаты научных исследований также были внедрены в образовательную программу Кыргызско-Российского Славянского университета имени Б. Ельцина, обогатив учебный курс актуальными знаниями и практиками. Студентам предоставлена возможность знакомства с передовыми технологиями и методами, используемыми в настоящее время, что способствует повышению их профессионального уровня и совершенствованию образовательного процесса. Результаты внедрения подкреплены соответствующими актами, подтверждающими успешную интеграцию научных разработок в образовательную программу.

#### **7. Основные положения диссертации отражены в публикациях**

1. Верзунов, С. Н. Аналитический обзор систем мониторинга геоэкологических процессов [Текст] / С. Н. Верзунов, И. В. Брякин // Проблемы автоматизации и упр. – 2024. – № 1 (49). – С. 78–93.
2. Verzunov, S. N. Non-stationary time series forecasting based on multiwavelet polymorphic network [Text] / S. N. Verzunov, N. M. Lychenko // Modeling, Optimization and Information Technology. – 2018. – Vol. 6, N 4 (23). – P. 143–154. – DOI 10.26102/2310-6018/2018.23.4.012.

3. Verzunov, S. N. Device for Measuring Parameters of Coils of Induction Magnetometers [Text] / S. N. Verzunov, I. V. Bochkarev, V. R. Khrumshin // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, Sochi, 06-12 сент. 2020 г. – Sochi, 2020. – P. 699–703. – DOI 10.1109/RusAutoCon49822.2020.9208108.
4. Verzunov, S. N. Development of line locator software component for mobile operating systems [Text] / S. N. Verzunov, I. V. Bochkarev, V. R. Khrumshin // Proceedings - 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2020, Sochi, 18-22 мая 2020 г. – Sochi, 2020. – P. 1-5. – DOI 10.1109/ICIEAM48468.2020.9112019.
5. Intelligent System of Partial Discharge Diagnostics in Power Mains [Text] / S. N. Verzunov, I. V. Bochkarev, V. Khrumshin, M. G. Gunina // Proceedings 2023 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), Magnitogorsk, 29 сент. – 01 2023 г., IEEE. – 2023. – P. 685–689. – DOI 10.1109/UralCon59258.2023.10291050.
6. Верзунов, С. Н. Система диагностики возникновения частичного разряда в надземных силовых электросетях на основе интеллектуального анализа данных в HF-диапазоне [Текст] / С. Н. Верзунов, И. В. Бочкарев // Электротехн. системы и комплексы. – 2023. – № 3 (60). – С. 4–14. – DOI 10.18503/2311-8318-2023-3(60)-4-14.
7. Верзунов, С. Н. Концепция интеллектуальной системы геоэкологического мониторинга [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2023. – № 2 (47). – С. 91–108.
8. Верзунов, С. Н. Способ оптимизации конструктивных параметров ячеек-резонаторов микрополосковых антенн на основе интеллектуального анализа данных [Текст] / С. Н. Верзунов // Электротехн. системы и комплексы. – 2022. – № 3 (56). – С. 54–64. – DOI 10.18503/2311-8318-2022-3(56)-54-64.
9. Верзунов, С. Н. Диагностика различных видов пневмонии по рентгеновским снимкам грудной клетки [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2022. – № 1 (43). – С. 84–94.
10. Верзунов, С. Н. Способ измерения параметров катушек индуктивности магнитометров и его реализация на основе платы сбора данных Л Кард Е 502 [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2018. – № 2 (35). – С. 94–102.
11. Верзунов, С. Н. Мониторинг и идентификация геоэкологических процессов на базе интеллектуального анализа данных [Текст] / С. Н. Верзунов. – Бишкек: Илим, 2022. – 168 с. – ISBN 978-9967-12-943-6.

## ВЫВОДЫ

1. Диссертационная работа Верзунова Сергея Николаевича «Разработка методов мониторинга и идентификации геоэкологических процессов на базе интеллектуального анализа данных» выполнена на актуальную тему, имеет научную новизну и практическую ценность. Научные положения, выводы и

практические рекомендации логически обоснованы проведенным системным анализом материала и могут быть рассмотрены как существенный вклад в улучшение технологий геоэкологического мониторинга. Представленная работа является законченным самостоятельным научным исследованием, отвечающим требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а сам соискатель достоин искомой степени.

2. Принять положительное заключение по диссертационной работе Верзунова Сергея Николаевича «Разработка методов мониторинга и идентификации геоэкологических процессов на базе интеллектуального анализа данных» представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации».

3. Замечания, сделанные рецензентами, не носят принципиального характера и после исправления указанных замечаний, диссертационная работа может быть представлена к дальнейшему рассмотрению в диссертационном совете 05.23.686 при Институте машиноведения, автоматике и геомеханики и Кыргызско-Российском Славянском Университете им. Б.Н. Ельцина, на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности: 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации».

**Председатель заседания,  
д.т.н., профессор**



**Исмаилов Б.И.**

**Секретарь,  
к.т.н., с.н.с.**



**Аскалиева Г.О.**

Дата 08 мая 2024 года