



ВЫПИСКА

из протокола № 3 от 22.11.2024 г. заседания сотрудников кафедры «Информационные системы в экономике» Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова по предварительной апробации диссертационной работы соискателя Абдрасаковой Айзады Байышбековны на тему: «Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана» представленной на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

г. Бишкек

22.11.2024г.

1. **Председатель:** Жапаров М.Т. - к.ф.м.н., зав.кафедрой «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова 01.01.03 – математическая физика;
 2. **Секретарь:** Батырбекова Б.М. – преподаватель кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова
- Присутствовали:**
3. Сулайманова С.М. д.ф.м.н., проф. кафедры «Прикладная математика и информатика» КНУ им.Ж.Баласагына 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ;
 4. Торобеков Б.Т. д.т.н., проректор, проф.кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова, 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации;
 5. Кутуев М.Д. д.т.н., проф. кафедры «Строительная механика и гидротехническое строительство» КГТУ им.И.Раззакова, 05.23.17- строительная механика;
 6. Акматкулов А.А. д.п.н., проф. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова. 13.00.02 - теория и методика обучения и воспитания (математика);
 7. Картанова А.Дж. к.ф.-м.н., доц. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
 8. Дуйшонов К.Д. к.ф.м.н., доц. кафедры «Информационные системы и технологии» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях;
 9. Абыкеев К.Ж. к.т.н., доц. кафедры «Компьютерная лингвистика» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.18- математическое моделирование, численные методы и комплексы программ ;
 10. Осмонова Р.Ч. к.т.н., доц. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях;
 11. Цыбов Н.Н. к.т.н., доц. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.01 -системный анализ, управление и обработка информации;

12. Кененбаева Г.М.- д.ф.-м.н., руководитель ОП «Прикладная математика и информатика» КНУ им.Ж.Баласагына 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление;
 13. Осмонов К.Т. к.ф.-м.н.,доц. кафедры «Прикладная информатика» КГТУ им.И.Раззакова 01.01.02 – дифференциальные уравнения и математическая физика;
 14. Каримбаев Т.Т. к.т.н.,доц. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова 05.02.18 – теория механизмов и машин;
 15. Тынышова Т.Д. к.ф.м.н., доц. «Обеспечение безопасности информационных систем» КГТУ им.И.Раззакова 01.04.05 - оптика (физико-математическим и техническим наукам);
 16. Орозобекова А.К. к.ф.м.н., доц., зав.каф. «Прикладная информатика» КГТУ им.И.Раззакова 01.02.05 -механика жидкости, газа и плазмы ;
 17. Алишеров А.А. к.ф.м.н., доц. «Прикладная математика» КГТУ им.И.Раззакова 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление;
 18. Алымбаева Т.С. ст.преп. кафедры «Прикладная математика» КГТУ им.И.Раззакова;
 19. Белоконь П.И. ст.преп. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;
 20. Абдиева С.К., ст.преп. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;
 21. Супибекова А.К. ст.преп. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;
 22. Давлятова Б.Д. доцент кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;
 23. Сыдыкова З.А. преп. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;
 24. Осмонов Ж. преп. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;
- Всего 24 человек**

ПОВЕСТКА ДНЯ:

1). Предварительное рассмотрение диссертации соискателя кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова Абдрасаковой Айзады Байышбековны на тему: «Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана» на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

2). Рассмотрение и обсуждение дополнительной программы специальной дисциплины для сдачи кандидатского экзамена по диссертационной работе Абдрасаковой Айзады Байышбековны на тему: «Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана», представленной на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Тема кандидатской диссертации и научный руководитель утверждены на основании решения Ученого совета КГУСТА им.Н.Исанова от 28.02.2019г, приказ№ 19-3/2019-05.

Научный руководитель -доктор физико –математических наук., профессор кафедры «Прикладная математика и информатика» КНУ им.Ж.Баласагына Сулайманова Света Мукашевна (05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ);

Назначенные рецензенты:

1. Кененбаева Г.М.- д.ф.-м.н., проф. руководитель ОП «Прикладная математика и информатика» КНУ им.Ж.Баласагына 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление.
2. Абыкеев К.Ж к.т.н., доц. кафедры «Компьютерная лингвистика» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.18- математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
3. Дуйшонов К.Д. к.ф.м.н.,доц. кафедры «Информационные системы и технологии» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях

СЛУШАЛИ: доклад соискателя Абдрасаковой А.Б. на тему: “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” *(Доклад сопровождался демонстрацией слайдов).*

Уважаемы коллеги!

В условиях глобального изменения климата исследование региональных климатических характеристик и оценка будущих изменений климата и их последствий имеют существенное значение при планировании социально-экономического развития регионов Кыргызской Республики, что обуславливает актуальность данной работы. Наблюдаемые региональные климатические изменения имеют тенденцию к повышению среднегодовой температуры воздуха, при этом наибольший рост отмечается с середины 1970-х гг.

В Национальном докладе о состоянии окружающей среды оценка климатических изменений выполнена с преобразованием исходных рядов наблюдений, и заключается в дифференцировании отдельных рядов, усреднении дифференцированных рядов, затем интегрировании суммарного ряда. В исторических рядах использованных метеостанций была устранена климатическая неоднородность (гомогенизация), проведен этап проверки качества данных и заполнены пробелы с использованием специализированного программного приложения.

Рассматривается анализ уровня наблюдаемых и ожидаемых климатических изменений, степени воздействия на Кыргызскую Республику для эффективного выполнения необходимых действий по адаптации к климатическим изменениям. Также указано, что наблюдаются многочисленные последствия климатических изменений, которые даже на настоящем уровне оказывают серьезное воздействие на окружающую среду, здоровье населения и различные сферы экономической деятельности человека.

Многочисленные исследование показывают, что в условиях глобального потепления по-разному ведут себя температуры, усредненные по отдельным регионам. Изменения регионального климата происходят часто гораздо быстрее на фоне глобальных изменений.

Цель диссертационной работы - разработка и применение математических моделей для анализа и прогнозирования климатических параметров (средней температуры воздуха, уровня CO₂ и осадков) в отдельных регионах Кыргызстана на основе современных методов машинного обучения и численного моделирования.

Предмет исследования – математические модели прогнозирования климатических параметров и численные методы анализа атмосферных и гидрологических процессов

Объект исследования – климатические параметры отдельных регионов Кыргызской Республики, включая температуру воздуха, осадки и выбросы углекислого газа (CO₂).

Методы исследования – в работе использованы методы машинного обучения (нейросети LSTM, XGBoost, GRNN), численного моделирования атмосферных процессов (уравнения Навье-Стокса, модели турбулентности), а также вычислительная гидродинамика (CFD) в программных комплексах ANSYS Fluent и ANSYS CFX.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ и прогнозирование среднемесячной температуры воздуха в отдельных регионах Кыргызстана на основе временных рядов с использованием методов машинного обучения;
2. Осуществить анализ динамики и прогнозирование выбросов углекислого газа (CO_2) в атмосферу с учетом климатических и антропогенных факторов;
3. Разработать математические модели для описания процессов переноса загрязняющих веществ в атмосфере, включая уравнение Навье-Стокса для моделирования движения выбросов и уравнение переноса примесей с учетом наличия препятствий;
4. Выполнить численный расчет фильтрации потоков жидкости в пористую среду с учетом разрыва пористости для оценки гидродинамических процессов, влияющих на климатическую систему региона;
5. Провести анализ и прогнозирование среднемесячных сумм осадков за последние 100 лет по данным метеорологических наблюдений, используя модели временных рядов и методы машинного обучения;
6. Выполнить численное моделирование процессов диффузии загрязняющих веществ в атмосфере от точечного источника с использованием программного комплекса ANSYS CFX, учитывая влияние турбулентных процессов и аэродинамических факторов;
7. Осуществить расчет траекторий распространения загрязняющих веществ в атмосфере с учетом турбулентных эффектов и наличия препятствий, используя методы вычислительной гидродинамики в программном комплексе ANSYS Fluent.

Научная новизна работы состоит в разработке математической модели прогнозирования среднемесячной температуры воздуха, позволяющей оценивать изменения температуры с точностью до $1,6^\circ\text{C}$, основанной на нейросетевой архитектуре LSTM и проанализированной на данных за 100-летний период (1921–2021 гг.);

- выполнен прогноз динамики выбросов углекислого газа (CO_2) и общих трендов парниковых газов (ПГ) за 1990–2022 гг., проведена аппроксимация выбросов ПГ до 2050 г.;
- получена математическая модель турбулентного потока дыма при наличии препятствий на пути его распространения от точечного источника, разработанная с использованием программного комплекса ANSYS Fluent;
- впервые применено уравнение Навье-Стокса для моделирования турбулентного потока дыма с учетом влияния препятствий на траекторию его распространения от точечного источника выбросов;
- разработана модель диффузионного рассеивания дымовых выбросов в атмосферу с использованием программного комплекса ANSYS CFX, учитывающая динамические характеристики потока;
- впервые применено уравнение потока энергии для моделирования диффузионного рассеивания дымовых выбросов в атмосфере от точечного источника;
- получены количественные зависимости скорости и дальности распространения дымовых потоков от направления и скорости ветра, что позволяет более точно учитывать атмосферные условия при прогнозировании загрязнения воздуха;
- выполнены численные расчеты фильтрации распространения потока жидкости в пористую среду с учетом разрыва пористости, что позволяет учитывать гидродинамические процессы в неоднородных пластах, влияющие на климатическую систему;
- проведен анализ среднемесячных осадков за 1921–2021 гг., разработана модель прогнозирования среднемесячных сумм осадков до 2040 г. с учетом региональных климатических особенностей Кыргызстана.

Кыргызская Республика расположена в Центральной Азии и характеризуется высокогорным рельефом. Она включает в себя множество горных склонов, по отношению к солнцу и потокам воздуха, определяет особенность климата и четко выраженную вертикальную климатическую поясность.

Особенности рельефа, на территории Кыргызской Республики наблюдается

вертикальная поясность также и в распределении осадков, которая особенно хорошо проявляется в теплый период и в целом за год.

Многочисленные исследования показывают, что в условиях глобального потепления по-разному ведут себя температуры, усредненные по отдельным регионам. Изменения регионального климата происходят часто гораздо быстрее на фоне глобальных изменений.

По-разному ведут себя температуры, усредненные по отдельному региону. Изменения регионального климата происходят часто гораздо быстрее и драматичнее. Именно эти изменения представляют особый интерес для каждой страны, но они проходят на фоне глобальных изменений

Рассматриваются климатические изменения в некоторых областях Кыргызской Республики за 100-летний период (1921–2021 гг.) и применение методов машинного обучения для прогнозирования среднемесячной температуры воздуха, парниковых газов в эквиваленте CO₂ и среднегодовых суммарных осадков.

Основным средством прогнозирования климата и оценки прошлых и будущих изменений климата является среднегодовая температура воздуха. Многие исследования показывают, что в условиях глобального потепления по-разному ведут себя температуры, усредненные по отдельным регионам

Исследование основано на анализе временных рядов среднемесячной температуры воздуха. Представлены исходные климатические данные, описаны их основные характеристики, включая сезонные колебания и долгосрочные тенденции.

Для обработки данных использовалась их стандартизация: вычислялось среднее значение температурного ряда, после чего данные нормировались для обеспечения корректности работы модели.

Прогнозирование среднемесячной температуры воздуха осуществлялось с использованием рекуррентной нейронной сети с долгосрочной и краткосрочной памятью (LSTM). LSTM-сети способны анализировать сложные временные зависимости и являются эффективным инструментом для прогнозирования временных рядов в климатологии.

Для построения модели использовались следующие этапы: разбиение данных на обучающую и тестовую выборки: 90% данных использованы для обучения, 10% – для тестирования модели; нормализация данных: приведение значений температур к единому масштабу для повышения точности модели; формирование входных последовательностей для обучения LSTM; определение параметров модели, включая: количество скрытых слоев – 200 нейронов; метод оптимизации – Adam; число эпох – 250; начальная скорость обучения – 0,005 с адаптивным снижением.

Обучение модели проводилось с использованием алгоритма градиентного спуска, предотвращение переобучения обеспечивалось за счет ограничения градиента и адаптивной скорости обучения. После завершения обучения сеть тестировалась на ранее неиспользуемых данных.

Прогнозирование выполнялось поэтапно с использованием метода последовательного предсказания будущих значений на основе ранее полученных предсказаний.

Продемонстрированы прогнозируемые значения среднемесячной температуры воздуха на последующие 5 лет, полученные с использованием модели LSTM, с XGBoost. Видно, что предсказанные данные соответствуют реальным тенденциям.

Для оценки качества прогнозов использовалась среднеквадратичная ошибка (RMSE). В ходе экспериментов RMSE составила 158.1, что подтверждает высокую точность модели.

Глобальное потепление во многих исследованиях по изменению климата связывается с ростом малой концентрации углекислого газа CO₂ в атмосфере ($k_{CO_2}=5 \times 10^{-4}$). При решении задачи прогнозирования временных рядов, членами которых являются эмиссии и парниковые газы в эквиваленте CO₂ тысячи тонн в год начиная с 1977 по 2023 гг. Как показано на рис.6, в качестве нейронной сети была выбрана обобщенно-регрессионная

сеть, реализующая методы ядерной аппроксимации (GRNN).

Прогноз значений будущих эмиссий парниковых газов на период 2025-2050 гг., где тренд имеет нелинейный характер. Недавние исследование в области прогнозирования с помощью GRNN предполагают, что GRNN может быть многообещающей альтернативной традиционной модели временных рядов. Он показал большие возможности в моделировании и прогнозировании нелинейных временных рядов и постепенно входит в ряды многоцелевых, широко используемых методов.

Анализ климатических изменений в Кыргызской Республике показал, что температура за период с 1885 по 2020 гг. значительно возросла, причем динамика изменений носит нелинейный характер. В последние десятилетия темпы повышения температуры существенно увеличились, особенно с 1970-х годов, что подтверждается графиками температурных трендов.

В среднем в ближайшее десятилетие прогнозируется повышение средней температуры на 1,8°C. За 90-летний период (1925–2015 гг.) величина повышения среднегодовой температуры составила 1,6°C согласно линейным трендам.

Для прогнозирования временного ряда осадков в г. Бишкек за 100 лет использованы LSTM модели нейронных сетей, а также альтернативный метод прогнозирования такой как, XGBoost. Градиентный бустинг — это алгоритмы с открытым исходным кодом, который реализует деревья градиентного усиления с дополнительными улучшениями для лучшей производительности и скорости, т.е. это метод машинного обучения, используемый в задачах регрессии и классификации. Он создает модель прогнозирования как ансамбль других, слабых моделей прогнозирования, которые обычно являются деревьями решений.

Полученные результаты демонстрирует значительные колебания уровня осадков с выраженными периодическими изменениями. Тренды указывают на дальнейший рост количества осадков в г. Бишкек. Наблюдаются тенденции и возможная сезонность, при этом ожидаемое сезонное распределение осадков в целом соответствует наблюдениям последних десятилетий.

Таким образом, можно подчеркнуть значимость численного моделирования в задачах прогнозирования климатических и экологических процессов. Применение предложенных моделей позволяет более точно оценивать влияние внешних факторов на транспорт примесей в атмосфере и процессы водообмена в грунтовых слоях.

В разработке математической модели распространения загрязняющих веществ от точечного источника, где исследование выполнено для Бишкекской ТЭЦ, крупнейшего потребителя угля в Кыргызстане. В работе рассмотрены параметры выбросов при сжигании угля и природного газа, а также влияние модернизации предприятия на характеристики выбросов. Проведен анализ конструкции дымовых труб, их геометрических параметров и динамики воздушных потоков.

Этапы численного моделирования с помощью ANSYS Fluent, CFX - описание геометрии домена; введение соответствующих граничных условий; введение источников, стоков и характеристик дисперсии для всей области; подбор значений параметров в модели; разбиение области на ячейки и решение конечно-разностных уравнений; визуализация результатов

Уравнение (1) где C — концентрация химических веществ, участвующих в модели (CO , NO_x , SO_2 и TH), U — скорость ветра, K_x , K_y и K_z — коэффициенты диффузии, E_s — источники выбросов, K_s и $K_{s'}$ — коэффициенты осаждения (для сухого осаждения и мокрого осаждения соответственно) и $Q(C_s)$ представляют собой химические реакции.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial (U_x C)}{\partial x} - \frac{\partial (U_y C)}{\partial y} - \frac{\partial (U_z C)}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + E - (k_1 + k_2)C + Q(C) \quad (1)$$

Принятые допущения: Процесс стационарный ($DC/Dt=0$); $U_y=0$ $U_z=0$ (скорость ветра только в направлении x и является функцией z); Перенос объемным движением в направлении x превышает диффузию в направлении x ($K_x=0$); Отложений в системе нет ($K_c = K_s = 0$); В системе нет реакции ($Q=0$).

В уравнении (2) начальные и граничные условия: при $x=0$, $C(0,j,k)=0$; при $y=0$, $DC/Dy=0$; при $y=W$, $DC/Dy=0$; при $z=0$, $DC/Dz=0$. Здесь z -длина смещения.

С использованием ANSYS Fluent и ANSYS CFX проанализированы: влияние скорости ветра, температуры окружающего воздуха, стабильности атмосферы и шероховатости поверхности на рассеивание загрязняющих веществ; влияние температуры, концентрации, скорости и высоты дымовой трубы на характер выбросов; турбулентные характеристики воздушного потока и взаимодействие выбросов с окружающей средой.

$$\frac{\partial(U_x C^S)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C^S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C^S}{\partial z} \right) + E^S \quad (2)$$

Для моделирования выбросов использован ANSYS Workbench, который предоставляет модульный интерфейс для создания геометрии, построения расчетной сетки, задания граничных условий и проведения численного анализа. Описаны основные этапы работы с платформой, включая: создание расчетной области и ее параметризацию; построение гибридной расчетной сетки (Mesh); задание граничных условий для входного и выходного потоков; проведение численного расчета в ANSYS Fluent.

Использовалась модель турбулентности $k-\epsilon$, позволяющая точно описывать процессы переноса загрязняющих веществ в атмосферу. В результате моделирования получены данные о: давлении и скорости воздушных потоков; векторных полях движения выбросов; распределении температуры и концентрации загрязняющих веществ.

Метод диффузионного переноса в ANSYS CFX позволяет учитывать динамическую изменчивость метеорологических условий;

Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации выбросов и разработки рекомендаций по снижению загрязнения воздуха.

Таким образом, численное моделирование в ANSYS Fluent и ANSYS CFX является эффективным инструментом для анализа выбросов и прогнозирования их воздействия на окружающую среду.

Раздел моделирование процессов фильтрации жидкости и прогнозирования осадков рассматривает численное моделирование переноса примесей в атмосфере и процессам тепловлагопереноса в пористых средах. Представлены разработанные математические модели, используемые для описания этих процессов, численные методы решения и результаты моделирования для различных сценариев.

Также рассматриваются математическая модель расчета переноса осредненной по высоте пассивной примеси над термически и орографически неоднородной территорией, включая Кыргызскую Республику. Применена двумерная модель, полученная путем интегрирования по высоте уравнений гидротермодинамики атмосферы.

Численные эксперименты показали, что учет пространственной неоднородности пористости существенно влияет на моделирование фильтрационных процессов. Полученные результаты применимы при проектировании ирригационных систем, моделировании влажностного режима почв и анализе инфильтрации. Также определены ключевые параметры для эффективного управления увлажнением и предотвращения засоления почвы.

Абдрасакова А.Б.: Доклад окончен. Спасибо за внимание!

ВОПРОСЫ ПО ДОКЛАДУ.

Осмонов К.Т. к.ф.-м.н., доцент

1.Вопрос: Какая скорость ветра при определении потока загрязняющих веществ от точечного источника диффузной модели?

Ответ: Ответ к первому вопросу. Скорость ветра в диффузной модели 5м/с при определении потока дыма загрязняющих веществ от точечного источника.

2.Вопрос. Какой коэффициент диффузии?

Ответ ко второму вопросу. При диффузной модели при определении потока дыма загрязняющих веществ от точечного источника определяется выражением первого закона Фика, связывающего градиент концентрации вещества [моль/м³/м] и диффузионный поток [моль/м²/с], т.е. указывает направление потока от больших концентраций к меньшим.

Орозобекова А.К. к.ф.-м.н., доцент.

1.Вопрос: Предусматривается ли влажность воздуха при определении потока загрязняющих веществ от точечного источника?

Ответ: В обеих моделях: диффузионной и турбулентной влажность воздуха на поток загрязняющих веществ от точечного источника не учитывается, рассматриваются такие параметры как: температура воздуха и скорость ветра в одном направлении в определенном пространстве.

2.Вопрос: Какие данные подаются на вход построения для нейросетевой модели?

Ответ: Данные по среднемесячным температурам начиная с 1921 по 2021гг. Исходные данные содержат один временной ряд с временными шагами, соответствующими месяцами и соответствующими значениями среднемесячной температуры. Выход представляет собой массив ячеек, где каждый элемент представляет собой один временной шаг.

Цыбов Н.Н. к.т.н., доцент

1. Вопрос: Какие проблемы Вы рассматриваете в вашем исследовании?

Ответ: В исследовании рассматриваются следующие проблемы как:

Сравнительный анализ и прогноз повышение температуры, следовательно со временем меняет погодные условия и нарушает обычный природный баланс.

- выбросы парниковых газов которое задерживают солнечное тепло, что приводит к глобальному потеплению и изменению климата. В настоящее время планета нагревается быстрее, чем когда-либо в истории человечества. Это создает множество рисков для людей и всех остальных форм жизни на Земле.

Каримбаев Т.Т. к.т.н., доцент.

1.Вопрос: При каких диапазонах график концентрации дыма будет колебательной ?

Ответ: В исследовании по диффузионной модели потока дыма от точечного источника график концентрации дыма возрастает до асимптотического значения достигая 90% от конечного значения в зависимости от подачи ветра с одной стороны определенного пространства. Имеются 34 эксперимента где подаются разные скорости ветра с разных сторон пространства где образуются вихри ветра и соответственно график дыма будет колебательным.

Давлятова Б. доцент

1.Вопрос: Учитывается ли в турбулентной модели “Роза ветров” на поток дыма?

Ответ: “Роза ветров” - при турбулентной модели на поток дыма не учитывался, так как в исследовании определены скорость ветра в одном направлении в определенном пространстве

Осмонова Р.Ч. к.т.н., доц.

1.Вопрос: Какой метод или какие вычисления используются при турбулентной модели потока выбросов в процессе их распространения из дымовой трубы?

Ответ: Вычисления в программном комплексе ANSYS Fluent при турбулентной модели потока загрязнителей в атмосферу и их распространения из дымовой трубы на пути препятствий проводится с помощью метода конечных элементов. Созданы

полигональные сетки для трехмерных моделей для реализации метода конечных элементов. На рисунках показано как меняется траектория потока примесей в зависимости от препятствий. В модели после столкновения с препятствием траектория потока загрязняющих веществ направляется вверх.

Выступление научного руководителя.

1. Сулайманова С.М. д.ф.-м.н., профессор. Диссертантом выполнена большая, интересная работа, была проявлена самостоятельность в выполнении научного исследования и на достаточно высоком научно-практическом уровне.

В целом диссертационная работа Абдрасаковой А.Б. имеет завершенный характер. В ходе исследования Абдрасакова А.Б. проделала достаточно глубокий сравнительный анализ научных подходов к данной проблеме. На достаточном высоком уровне выявила прогноз климатических данных на территории Кыргызстана на ближайшие десятилетия. Разработанные модели позволяют эффективно прогнозировать климатические параметры, включая среднемесячную температуру воздуха, осадки и динамику выбросов загрязняющих веществ, что способствует более точному анализу климатических изменений в отдельных регионах Кыргызстана; математические модели распространения выбросов из дымовых труб, учитывающие влияние препятствий и метеорологических факторов, позволяют оценивать траектории движения загрязняющих веществ в атмосфере и предсказывать зоны наибольшего их накопления; применение уравнений Навье-Стокса и потока энергии для моделирования турбулентных и диффузионных процессов позволяет проводить точные расчеты динамики атмосферных выбросов в трехмерном пространстве с учетом нестационарных факторов; использование программных комплексов ANSYS Fluent и ANSYS CFX дает возможность решать стационарные и нестационарные задачи в 3D-моделировании, что позволяет повысить точность расчетов процессов переноса загрязняющих веществ в атмосфере; полученные количественные зависимости скорости и дальности распространения дымовых потоков от направления и скорости ветра, стабильности атмосферы, температуры потока на выходе из трубы, температуры воздуха могут быть использованы при экологическом мониторинге и разработке мер по снижению вредного воздействия промышленных выбросов; разработанные прогнозные модели изменения температуры воздуха и осадков могут быть применены в сельском хозяйстве, водных ресурсах и градостроительстве для адаптации к изменениям климата и эффективного управления природными ресурсами.

Оценивая диссертационную работу Абдрасаковой А.Б. по теме “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана”, в целом следует отметить, что она представляет собой законченное научное исследование, посвященное актуальной проблеме, выполненное на высоком научно -практическом уровне, включает ряд новых ценных научных обобщений, и практических рекомендаций, соответствует требованиям НАК ПКР, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Выступление рецензентов:

Первый рецензент.

1. Кененбаева Г.М.- д.ф.-м.н., проф.

Диссертационные исследования Абдрасаковой А.Б. связана с один из важных проблем сегодняшнего дня, глобальное изменение климата. Глобальное изменение климата касается не только Кыргызстана но и по всему миру. Особенно последние десятилетия климатический показатель как температура атмосферного воздуха показал нелинейный рост, а также проблема выбросов загрязнителей в окружающую среду усиливает парниковый эффект и приводит к повышению температуры воздуха.

Исследовательская работа Абдрасаковой А.Б. в целом можно считать обоснованными. Особо хочется отметить:

1. Проведен подробный анализ климатических изменений на территории Кыргызстана.

2. Разработанные модели позволяют успешно изучить прогнозирование климатических данных.

В качестве замечаний к диссертационной работе следует отнести следующее:

1. По оформлению и наполнению списка используемой литературы, в работе использованы не все имеющиеся информационные ресурсы, касающиеся данной проблемы.
2. Имеются стилистические ошибки.

Но эти замечания не влияют на справедливость выводов и полученную научную новизну диссертации.

Считаю, что по актуальности, научной новизне, практической значимости и объему выполненных исследований, работа Абдрасаковой А.Б. соответствует всем требованиям выполнена на высоком уровне, считаю, что работа завершена и можно выходить на защиту по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Ответ соискателя рецензенту:

Глубокоуважаемая Гуляй Мекишовна, благодарю за ваше рецензирование нашей работы, положительную оценку. Ваши замечания будут учтены нами при окончательном оформлении работы.

2. Второй рецензент

Абыкеев К.Ж. к.т.н., доцент.

Диссертация Абдрасаковой А.Б. посвящена актуальной проблеме как глобальное изменение климата, показателями которыми являются температура воздуха, выбросы в атмосферу. Все проведенные исследования и результаты показали нелинейный рост в ближайшее время.

В диссертационной работе разработаны и применены математические модели с применением нейронных сетей для анализа и прогнозирования климатических параметров в отдельных регионах Кыргызстана, а также для оценки выбросов загрязняющих веществ и процессов тепловлагодонпереноса в пористых средах. Результаты моделирования, проведенные с применением нейронных сетей, подтверждают выявленную тенденцию повышения температуры воздуха. Прогнозирование среднемесячной температуры воздуха с использованием моделей LSTM и XGBoost продемонстрировало высокую точность и обобщающую способность. Это позволяет использовать данный подход для долгосрочного прогнозирования климатических изменений. Таким образом, разработанные модели и проведенные исследования способствуют более глубокому пониманию климатических изменений и помогут в дальнейшем совершенствовании методов прогнозирования. С помощью пакета Ansys Fluent, Ansys CFX разработаны модели распространения загрязняющих веществ зависящие от скорости и направления ветра, температуры выбросов и от параметров атмосферы.

Полученные данные представляют ценность для мониторинга состояния окружающей среды и разработки эффективных стратегий по минимизации вреда от промышленных выбросов.

В то же время есть некоторые замечания к диссертационной работе:

1. Оформление и наполнение списка литературы. В работе использованы не все имеющиеся информационные ресурсы, касающиеся данной проблемы.
2. Стилистические ошибки. Имеются некоторые недостатки в стиле изложения.

Представленная диссертационная работа Абдрасаковой А.Б. соответствует всем требованиям, предъявляемым к научным исследованиям. Работа отличается высоким качеством выполнения и научной проработанностью. На основании изложенного считаю, что диссертация завершена и готова к защите по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Ответ соискателя рецензенту:

Глубокоуважаемый Капар Джолдошбекович, благодарю за ваше рецензирование нашей работы и положительную оценку. Ваши замечания будут учтены нами при окончательном оформлении работы.

Третий рецензент.

3.Дуйшоков К.Д. к.ф.-м.н, доцент.

В диссертационной работе Абдрасаковой А.Б. исследуется изменение регионального климата отдельных областей Кыргызстана, где наблюдается интенсивное техногенное воздействие на состояние окружающей среды.

Автором использован метод математического моделирования движения воздушной массы над достаточной большой территорией, содержащих источник загрязнения. Математические модели распространения выбросов в атмосферу достаточно хорошо исследованы автором. Для проведения численных экспериментов Абдрасакова А.Б. использовала современные вычислительные технологии.

К рекомендациям следует отнести:

1. Провести сравнительный анализ результатов своих исследований с известными результатами из литературных источников.

Диссертационная работа соответствует всем требованиям, выполнена на высоком уровне, считаю, что работа завершена и можно выходить на защиту по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Ответ соискателя рецензенту:

Глубокоуважаемый Кайрат Дуйшович, благодарю за ваше рецензирование нашей работы, положительную оценку. Ваши замечания будут учтены нами при окончательном оформлении работы.

ВЫСТУПИЛИ:

Цыбов Н.Н. к.т.н., доц. Тема диссертации Абдрасаковой А.Б. достаточно актуальна в изменении климата Кыргызстана и требует глубокого научного исследования. Оценка будущих изменений климата и их последствий имеют существенное значение при планировании социально-экономического развития регионов Кыргызской Республики, что обуславливает актуальность данной работы.

К замечаниям по диссертационной работе следует отнести:

- в автореферате более глубоко раскрыть положения, выносимые на защиту;
- в работе конкретизировать алгоритм прогноза среднемесячной температуры атмосферного воздуха с помощью нейронных сетей.

Диссертационная работа Абдрасаковой А.Б. на тему: “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” соответствует по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Рекомендую завершить работу и представить к защите по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Каримбаев Т.Т. к.т.н., доц. Работа, несомненно, актуальная, проведен подробный сравнительный анализ и прогноз климатических данных в изменении климата. Диссертация выполнена на хорошем научном уровне, имеет научную новизну и практическую ценность.

В качестве замечания следует отметить, что в автореферате требуется внести дополнения и коррективы относительно положений, выносимых на защиту.

В целом диссертационная работа Абдрасаковой А.Б. представляет собой законченное научное исследование, посвященное актуальной проблеме, выполненном на высоком научно-практическом уровне, соответствует требованиям предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Рекомендую завершить и представить к защите по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Председатель к.ф.-м.н., доцент Жапаров М.Т.

Диссертационная работа Абдрасаковой А.Б. выполнена на достаточно высоком уровне и представляет собой завершенную научно - исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, обладающую научной новизной и практической значимостью. Диссертационная работа содержит результаты математических моделей по влиянию параметров на изменение климата отдельных областей Кыргызстана.

В работе представлено достаточное количество статистических данных по источникам климата. Большая часть этих данных достаточно хорошо согласуется с полученными результатами. Кроме того, диссертация содержит анализ и прогноз по теме исследования. Замечания по работе малочисленны.

Из недостатков работы можно выделить следующее:

1. Провести анализ по теме исследования с публикациями других авторов.
2. Довести техническое оформление до необходимого уровня, имеется недоработки стилистического характера.

Сделанное замечание носят характер пожеланий и не снижает значимости работы и ее вклада в решение актуальной и сложной научной проблемы.

Вместе с тем, считаю, что диссертационное исследование Абдрасаковой А.Б. является законченным научным трудом, соответствует всем требованиям НАК ПКР и может быть рекомендовано к защите.

В целом представленная работа заслуживает положительной оценки. Поступило предложение рекомендовать диссертационную работу Абдрасаковой А.Б. к защите по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

После обсуждения принято:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По предварительной апробации диссертационной работы Абдрасаковой А.Б. на тему “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Актуальность работы. Современные изменения климата оказывают значительное влияние на различные регионы мира, включая Кыргызстан, который отличается сложным горным рельефом и разнообразием микроклиматических зон. Исследование климатических изменений в данном регионе имеет важное значение для прогнозирования возможных природных катастроф (засух, наводнений, изменения водных ресурсов, деградации ледников), а также для адаптации сельского хозяйства, гидроэнергетики и других стратегически важных отраслей экономики.

В условиях глобального потепления особую значимость приобретает разработка точных и надежных математических моделей, позволяющих анализировать и прогнозировать климатические процессы на региональном уровне. Такие модели необходимы для:

- Оценки динамики температуры, осадков, влажности и других метеорологических параметров в отдельных районах Кыргызстана.
- Разработки сценариев изменения климата и их последствий для экономики, экологии и социального развития.

- Поддержки принятия решений в сфере водных ресурсов, сельского хозяйства, градостроительства и энергоснабжения.

Кроме того, учитывая ограниченное количество метеостанций в горных районах Кыргызстана, математическое моделирование становится важным инструментом для восполнения пробелов в данных и повышения точности прогнозов. Исследование региональных климатических характеристик, оценка будущих изменений климата и их последствий имеют существенное значение при планировании социально-экономического развития регионов Кыргызской Республики. Наблюдаемые региональные климатические изменения имеют тенденцию к повышению среднегодовой температуры воздуха, при этом наибольший рост отмечается с середины 1970-х гг.

Таким образом, исследование по данной теме является актуальным как с научной точки зрения, поскольку способствует развитию методов регионального климатического моделирования, так и с практической, так как результаты могут использоваться государственными и международными организациями для разработки стратегий адаптации к изменению климата в Кыргызстане.

Цель диссертационной работы - разработка и применение математических моделей для анализа и прогнозирования климатических параметров (средней температуры воздуха, уровня CO_2 и осадков) в отдельных регионах Кыргызстана на основе современных методов машинного обучения и численного моделирования.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ и прогнозирование среднемесячной температуры воздуха в отдельных регионах Кыргызстана на основе временных рядов с использованием методов машинного обучения;
2. Осуществить анализ динамики и прогнозирование выбросов углекислого газа (CO_2) в атмосферу с учетом климатических и антропогенных факторов;
3. Разработать математические модели для описания процессов переноса загрязняющих веществ в атмосфере, включая уравнение Навье-Стокса для моделирования движения выбросов и уравнение переноса примесей с учетом наличия препятствий;
4. Выполнить численный расчет фильтрации потоков жидкости в пористую среду с учетом разрыва пористости для оценки гидродинамических процессов, влияющих на климатическую систему региона;
5. Провести анализ и прогнозирование среднемесячных сумм осадков за последние 100 лет по данным метеорологических наблюдений, используя модели временных рядов и методы машинного обучения;
6. Выполнить численное моделирование процессов диффузии загрязняющих веществ в атмосфере от точечного источника с использованием программного комплекса ANSYS CFX, учитывая влияние турбулентных процессов и аэродинамических факторов;
7. Осуществить расчет траекторий распространения загрязняющих веществ в атмосфере с учетом турбулентных эффектов и наличия препятствий, используя методы вычислительной гидродинамики в программном комплексе ANSYS Fluent.

Научная новизна работы состоит в разработке математической модели прогнозирования среднемесячной температуры воздуха, позволяющей оценивать изменения температуры с точностью до $1,6^\circ\text{C}$, основанной на нейросетевой архитектуре LSTM и проанализированной на данных за 100-летний период (1921–2021 гг.):

- выполнен прогноз динамики выбросов углекислого газа (CO_2) и общих трендов парниковых газов (ПГ) за 1990–2022 гг., проведена аппроксимация выбросов ПГ до 2050 г.;

- получена математическая модель турбулентного потока дыма при наличии препятствий на пути его распространения от точечного источника, разработанная с использованием программного комплекса ANSYS Fluent;
- впервые применено уравнение Навье-Стокса для моделирования турбулентного потока дыма с учетом влияния препятствий на траекторию его распространения от точечного источника выбросов;
- разработана модель диффузионного рассеивания дымовых выбросов в атмосферу с использованием программного комплекса ANSYS CFX, учитывающая динамические характеристики потока;
- впервые применено уравнение потока энергии для моделирования диффузионного рассеивания дымовых выбросов в атмосфере от точечного источника;
- получены количественные зависимости скорости и дальности распространения дымовых потоков от направления и скорости ветра, что позволяет более точно учитывать атмосферные условия при прогнозировании загрязнения воздуха;
- выполнены численные расчеты фильтрации распространения потока жидкости в пористую среду с учетом разрыва пористости, что позволяет учитывать гидродинамические процессы в неоднородных пластах, влияющие на климатическую систему;
- проведен анализ среднемесячных осадков за 1921–2021 гг., разработана модель прогнозирования среднемесячных сумм осадков до 2040 г. с учетом региональных климатических особенностей Кыргызстана.

Апробация работы. Основные результаты данной работы рассмотрены: на Международной научно – практической конференции “20-летие ИНИТ КГУСТА им.Н.Исанова ” Бишкек, 19-21 октября 2021 г. , на Международной конференции “Интеграция науки и образования в современном мире» Нурсултан (Астана). Казахстан. 15 октября 2021 г., на Международной конференции «30-летие КГУСТА им.Н.Исанова” Бишкек, 28-30 мая 2022 г., на Международной научно-практической конференции «Роль науки и инновационных технологий в устойчивом развитии горных территорий и экосистем», КГТУ им. И. Раззакова (Кыргызстан. Бишкек, 27-28 октября 2022г.), на Международной научной конференции “Современная техника и технологии в научных исследованиях”, Научной станции Российской академии наук в г.Бишкек (НС РАН) 26 апреля 2023г., на Международной научно – практической конференции “Современные тренды в строительстве: проблемы и пути решения” 80-летие выдающегося государственного и политического деятеля КР Н.Исанова ” Бишкек, 2 ноября 2023 г., на Международной научно-практической конференции «Цифровая трансформация общества и искусственный интеллект» Кыргызско-Германского института прикладной информатики, 23 ноября 2023 г.

Публикации по теме диссертации. По материалам исследования автором опубликованы 7 научных работ общим объемом 4,3 п.л.в периодических научных и научно - технических изданиях, рекомендованных НАК ПКР, 3 авторские свидетельства.

Прошу проголосовать

Голосование: «За» – 24, «Против» - нет, «Воздержавшиеся» - нет.

Принято единогласно. Спасибо.

ПОСТАНОВИЛИ:

1.Диссертационная работа Абдрасаковой А.Б. на тему “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” выполнена на актуальную тему, имеет научную и практическую значимость. Представленная работа является законченным самостоятельным научным исследованием выполненным на актуальную тему, на современном методическом уровне, содержащим новизну и имеющим

практическое значение, что соответствует требованиям положения «О порядке присуждения ученой степени» НАК ПКР, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

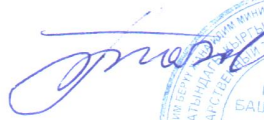
2. Принять положительное заключение по диссертационной работе Абдрасаковой Айзады Байышбековны на тему “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” и рекомендовать диссертационную работу к дальнейшему рассмотрению в диссертационном совете при Институте машиноведения, автоматизации и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики и Кыргызско – Российском Славянском университете им.Б.Н.Ельцина на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

3. Утвердить дополнительную программу специальной дисциплины для сдачи кандидатского экзамена по диссертационной работе Абдрасаковой Айзады Байышбековны на тему: “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Решение принято единогласно.

Председатель заседания,
к.ф.м.н.

Секретарь
препод. каф. «ИСЭ»





Жапаров М.Т.

Батырбекова Б.М.

