

АННОТАЦИЯ

**диссертационной работы Алпар Султана Дуйсенұлы
на тему: «Разработка методов машинного обучения для поиска
комплекса теплофизических параметров неоднородной среды»,
представленной на соискание степени доктора философии PhD по
образовательной программе «8D06105 – Наука о данных»**

Общая характеристика работы. В данной работе представлен подробный и разработанный метод машинного обучения для определения нелинейных теплофизических характеристик грунта. Строятся двухкамерные контейнерные комплексы. Боковые грани которых теплоизолированы, так что можно использовать одномерное уравнение теплопроводности. Чтобы не решать краевую задачу с контактными разрывом и не терять точности метода решения, на стыке двух сред размещался датчик температуры, а в каждой области граничной среды решалась смешанная краевая задача.

Актуальность исследования. Теплофизические характеристики почвы играют основную роль в моделировании процессов на поверхности земли из-за большого влияния на широкий спектр химических, физических и биологических процессов распределения энергии во многих слоях почвы. Теплофизические свойства определяют движение тепла в почвах и влияют на распределение энергии в почвенном профиле. Знание этих величин имеет решающее значение в различных отраслях инженерии, экологии и наук о Земле и, что наиболее важно, для воздействия на энергетический баланс. В связи с тем, что подавляющее большинство процессов, протекающих в природе, являются нелинейными. Учет нелинейности значительно усложняет математическую постановку задачи.

Цель диссертационной работы: Целью данной работы является разработка машинного алгоритма и проведение экспериментальных работ для определения теплофизических свойств двух различных типов почв: песка и чернозема с использованием метода машинного обучения.

Были поставлены **следующие задачи исследования:**

- исследование влияния температуры на теплофизические параметры почво-грунта;
- проведение численных вычислений нелинейной задачи теплопроводности;
- исследование коэффициентов чувствительности и идентифицируемости для задач теплопереноса;
- разработка метода машинного обучения для расчета всех теплофизических параметров неоднородного почво-грунта: коэффициента

теплопроводности, теплоемкости, плотности и теплоотдачи с использованием экспериментальных данных;

- разработка алгоритма для коэффициента демпфирования или скорости/темпа обучения алгоритма оптимизации машинного обучения;

- написание программного комплекса по вычислению всех теплофизических параметров почво-грунта;

- проведение экспериментальных работ: создание экспериментальной установки для измерения температуры неоднородного почво-грунта;

Объект исследования. Объектом исследования является коэффициентная обратная задача теплопроводности, описываемая системой дифференциальных уравнений с частными производными и влияние температуры на теплофизические характеристики почвы.

Предмет исследования. Предметом исследования являются теплофизические характеристики почво-грунта.

Методы исследований. Для решения нелинейной прямой задачи теплообмена был применен метод Ньютона. Для дискретизации уравнений в частных производных применяется метод конечных разностей. Для решения обратной коэффициентной задачи используется метод машинного обучения с использованием регуляризации. Для анализа идентифицируемости применяется метод корреляции матрицы. Для реализаций алгоритмов, вычислительных работ и получения графиков был написан с нуля программный код с использованием языка Python. Для получения реальных данных температуры почво-грунта была сконструирована двухкамерная установка и проведен физический эксперимент.

Научная новизна работы:

- разработан метод решения обратной задачи с учетом всех теплофизических параметров почво-грунта;

- предложен машинный метод расчета всех теплофизических параметров неоднородного почво-грунта: коэффициента теплопроводности, теплоемкости, плотности и теплоотдачи с использованием экспериментальных данных;

- разработан алгоритм вычисления коэффициента скорости обучения на основе методов машинного обучения;

- приведен машинный алгоритм и реализован программный комплекс для расчета всех теплофизических характеристик неоднородной среды;

- создана экспериментальная установка для измерения температуры неоднородного почво-грунта;

Научные положения, выносимые на защиту:

- разработанный метод расчета всех теплофизических параметров неоднородного почво-грунта;
- разработанный алгоритм вычисления коэффициента скорости обучения;
- разработанный алгоритм и программа для расчета термофизических характеристик почво-грунта;
- анализ идентифицируемости термофизических коэффициентов почво-грунта;
- исследование влияния температуры на теплофизические параметры почво-грунта;
- экспериментальная установка для измерения температуры неоднородного почво-грунта;

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и результатов диссертационной работы подтверждается использованием нелинейной задачи теплообмена на основе дифференциальных уравнений в частных производных, которые строятся на законе сохранения энергии, следствием которого является уравнение теплопроводности, сравнением и анализом полученных численных результатов с экспериментальными данными.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Теоретическая значимость работы состоит в развитии и построении оптимизационных методов и алгоритмов машинного обучения, численных методов решения нелинейных, коэффициентных, обратных и некорректных задач теплообмена, в разработке методов и алгоритмов вычисления коэффициента скорости обучения для методов машинного обучения.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в использовании результатов данной работы в точном прогнозе значений всех теплофизических характеристик неоднородного почво-грунта и применении экспериментальной установки в инженерных задачах почвоведения, агрономии и агрофизики, строительной физики.

Связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами. Диссертационное исследование выполнено по программе грантового финансирования МНВО РК:

- «Разработка методов машинного обучения и итерационных методов для нахождения комплекса теплофизических параметров неоднородной среды, создание комплекса программы» (2020–2022 гг., № AP08855955).

Апробация работы. Основные результаты работы были представлены и докладывались на следующих научных мероприятиях:

– Традиционная международная апрельская математическая конференция, в честь Дня работников науки Республики Казахстан, посвященной 75-летию академика НАН РК Кальменова Тынысбека Шариповича, 5–8 апреля 2021 года.

– Евразийская конференция по прикладной математике, 16–22 декабря 2021г., Новосибирск, Академгородок, Россия.

– 2nd International Symposium on Automation, Information and Computing (ISAIC 2021) 03/12/2021 - 06/12/2021, Beijing Jiaotong University, China.

– Авторское свидетельство, Certificate of Copyright No EC-02-211210KZ, Международный депозитарий авторских произведений, 10 декабря 2021.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ в том числе 3 публикации в научных изданиях, входящих в перечень рекомендованный Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК для публикации основных результатов научной деятельности; 1 в рейтинговом научном издании, индексируемом Scopus и Thomson Reuters, с импакт фактором 4.0, citescore 7.9, SJR 0.96 и процентиль 95; 3 публикации в материалах международных конференций, в том числе 2 публикации в материалах зарубежных конференций.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из титульного листа, содержания, обозначений и сокращений, введения, шести разделов, заключения, списка из 120 использованных источников. Общий объем диссертации составляет 86 страниц, включая 9 иллюстраций и 4 таблицы.