

## ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертационную работу «Разработка методов машинного обучения для поиска комплекса теплофизических параметров неоднородной среды» Алпар Султана Дуйсенұлы по образовательной программе «8D06105 – Наука о данных», представленную на соискание степени доктора философии (PhD)

Численное моделирование передачи тепла в почвогрунтах имеет значимость в разных отраслях инженерии по нескольким причинам. В первую очередь, это касается энергоэффективности и геотермальных систем. Понимание процессов передачи тепла через почву необходимо для разработки эффективных систем отопления и охлаждения, использующих геотермальные источники. Во-вторых, это напрямую влияет на окружающую среду и экологию. В настоящее время устойчивые методы становятся ключевыми, и точное моделирование теплопереноса в почвах помогает оценить воздействие строительных проектов, городского планирования и изменений в землепользовании на окружающую среду. В-третьих, это касается проектирования инфраструктуры, такой как трубопроводы, подземные кабели и транспортные системы. Изменения температуры почвы могут влиять на такие системы. Точное моделирование передачи тепла позволяет правильно спроектировать и изолировать эти системы, чтобы предотвратить сбои из-за экстремальных температур. Следовательно, тема исследования "Разработка методов машинного обучения для поиска комплекса теплофизических параметров неоднородной среды" остается актуальной и важной.

Целью исследования является разработка машинного алгоритма и проведение экспериментальных работ для определения теплофизических свойств двух различных типов почв: песка и чернозема с использованием метода машинного обучения. В данной работе представлен и разработан подробный метод машинного обучения для определения всех нелинейных теплофизических характеристик почво-грунта. Вдобавок к численным расчетам был проведен реальный физический эксперимент. Были сконструированы двухкамерные контейнерные комплексы, боковые грани которых теплоизолированы. Чтобы не решать краевую задачу с контактным разрывом и не терять точности метода решения, на стыке двух сред размещался датчик температуры, а в каждой области граничной среды решалась смешанная краевая задача. Проведены вычислительные расчеты, построены графики и проанализированы полученные результаты. Точность и надежность математической модели была проверена сравнением численных и экспериментальных данных. Для ускорения численных результатов была разработана математическая формула и алгоритм для коэффициента скорости обучения оптимизации машинного обучения. Соискателем применен метод Ньютона для решения нелинейной прямой задачи теплообмена, а также

проведено исследование коэффициентов чувствительности и идентифицируемости для задачи теплопереноса.

Особенность данной работы заключается в том, что был проведен реальный физический эксперимент по измерению температуры почво-грунта и использование нелинейной математической модели. Применение в работе новых машинных методов решения обратных задач отражает новизну исследовательского аппарата. Работа выполнена на высоком уровне для данной исследуемой области. В ней применяются малоизученные методы нахождения одновременно нескольких параметров модели, необходимых для решения обратных задач.

Все основные результаты Алпар С.Д. опубликованы в широкой печати. 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.

В работе имеет место логическая связь структурных элементов диссертации, научно-исследовательская работа завершена и отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям по образовательной программе «8D06105 – Наука о данных». Учитывая вышеизложенное, Алпар Султан Дуйсенұлы может быть рекомендован к защите.

Доктор физико-математических наук,  
профессор,  
профессор кафедры «Математическое  
и компьютерное моделирование»  
АО «МУИТ»

Б.Рысбайұлы

