



Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement  
Laboratory of Engineering Sciences for Environment  
UMR-CNRS 7356

*Julien Berger*  
*Laboratoire LaSIE & CNRS*

Faculté des Sciences et Technologies, Av. Michel  
Crépeau  
17042 La Rochelle Cedex 1, FRANCE  
Tel. 33 (0) 5 46 45 82 93  
Fax 33 (0) 5 46 45 72 72

La Rochelle, 30<sup>th</sup> August 2023

To The Degree Committee  
of International Information  
Technology University

Review of the scientific consultant for the dissertation work of Alpar Sultan Duisenuly  
“Development of Machine Learning for Finding a Complex of  
Thermophysical Parameters of a Heterogeneous Medium”

Knowledge of the soil thermophysical properties is an important part of the assessment of soil energy balance. This PhD thesis deals with the estimation of these parameters such as the thermal conductivity, the heat specific heat capacity, density, and surface heat transfer coefficients of two different materials, which are sand and chernozem. The thesis is well-organized and well-thought, presenting a detailed study of numerical modelling of heat transfer problem in soils. It starts with a comprehensive literature review, followed by the detailed mathematical model of nonlinear heat diffusion transfer equation and extensive numerical simulations. In this work, the candidate proposes a methodology to solve an inverse nonlinear heat conduction problem. The direct problem of heat conduction is solved by backward Euler time scheme combined with finite difference approach. Computation of the sensitivity coefficients by direct differentiation of the governing equations enables to verify the practical identifiability of the unknown parameters. Levenberg-Marquardt iterative algorithm to minimize the least square estimator. The Levenberg-Marquardt method is the combination of the steepest-descent and Gauss-Newton methods. In addition, the discrepancy principle is used to stop iterative procedure for Levenberg-Marquardt method. Estimation of thermophysical parameters is performed using the temperature data obtained from experimental set-up. Experimental set-up is two-chambered container for two soil types. Experimental observations help the candidate solve the parameter estimation problem and evaluate the reliability of the calibrated model. A first set of experimental data is used for estimation of parameters. Another set is used for comparison of numerical results of the calibrated model with the experimental data as a robustness analysis. The results highlight that the algorithm is efficient and fast to obtain the solution of the inverse heat conduction problem. The estimated parameters are in accordance with literature values. The reliability of the calibrated model is satisfying with a discrepancy between numerical predictions and experimental observations remaining within the measurement error. The described method allows non-destructive practical application for estimation of thermophysical properties in real field problems. Further research should focus on extending the methodology for more complex physical models including coupled heat and mass transfer in porous materials and implementation of the algorithm in real field conditions.

The candidate has shown that he can carry out high-quality independent research with multiple publications published or accepted in international journals and international conferences. Among the many publications, one is indexed in Web of Science and Scopus. From the presentation and discussions, I believe that the Sultan Alpar has in-depth knowledge of the subject area and can answer my questions with confidence and in-depth knowledge. Thus, this PhD Thesis is recommended for the award of the PhD degree.

CNRS Tenured Associate Scientist,  
PhD

Julien Berger





Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement  
Laboratory of Engineering Sciences for Environment  
UMR-CNRS 7356

Faculté des Sciences et Technologies, Av. Michel  
Crépeau  
17042 La Rochelle Cedex 1, FRANCE  
Tel. 33 (0) 5 46 45 82 93  
Fax 33 (0) 5 46 45 72 72

Ля Рошель, 30<sup>00</sup> Августа 2023

*Julien Berger*  
*Laboratoire LaSIE & CNRS*

Диссертационному совету  
Международного университета  
информационных технологий

Отзыв научного консультанта по диссертационной работе Алпар Султана Дуйсенулы  
“Разработка методов машинного обучения для поиска комплекса теплофизических параметров  
неоднородной среды”

Знание теплофизических свойств почвы является важной частью оценки энергетического баланса почвы. Эта кандидатская диссертация посвящена оценке таких параметров, как теплопроводность, удельная теплоемкость, плотность и коэффициенты поверхностной теплопередачи двух разных материалов: песка и чернозема. Диссертация хорошо организована и продумана и представляет собой детальное исследование численного моделирования проблемы теплопередачи в почвах. Она начинается со всестороннего обзора литературы, за которым следует подробная математическая модель нелинейного уравнения теплодиффузии и обширное численное моделирование. В данной работе кандидат предлагает методологию решения обратной нелинейной задачи теплопроводности. Прямая задача теплопроводности решается с помощью обратной временной схемы Эйлера в сочетании с методом конечных разностей. Вычисление коэффициентов чувствительности путем прямого дифференцирования основных уравнений позволяет проверить практическую идентифицируемость неизвестных параметров. Итерационный алгоритм Левенберга-Марквардта для минимизации метода наименьших квадратов. Метод Левенберга-Марквардта представляет собой комбинацию метода наискорейшего спуска и метода Гаусса-Ньютона. Кроме того, принцип невязки используется для остановки итерационной процедуры метода Левенберга-Марквардта. Оценка теплофизических параметров проводится по температурным данным, полученным на экспериментальной установке. Экспериментальная установка представляет собой двухкамерный контейнер для двух типов грунтов. Экспериментальные наблюдения помогают кандидату решить задачу оценки параметров и оценить надежность калиброванной модели. Первый набор экспериментальных данных используется для оценки параметров. Другой набор используется для сравнения численных результатов калиброванной модели с экспериментальными данными в качестве анализа устойчивости. Результаты подчеркивают, что алгоритм эффективен и быстр для решения обратной задачи теплопроводности. Расчетные параметры соответствуют литературным значениям. Надежность калиброванной модели удовлетворительна, при этом расхождение между численными прогнозами и экспериментальными наблюдениями остается в пределах погрешности измерений. Описанный метод допускает неразрушающее практическое применение для оценки теплофизических свойств в реальных полевых задачах. Дальнейшие исследования должны быть направлены на расширение методологии для более сложных физических моделей, включая совместный тепло- и массоперенос в пористых материалах, и реализацию алгоритма в реальных полевых условиях.

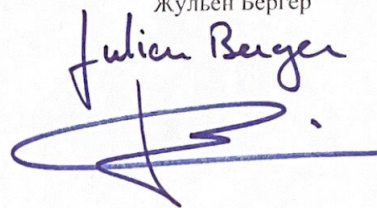
Кандидат показал, что он может проводить качественные независимые исследования с многочисленными публикациями, опубликованными или принятыми в международных журналах и на международных конференциях. Среди множества публикаций одна индексируется в Web of Science и Scopus. Судя по презентации и обсуждению, я считаю, что Султан Алпар обладает глубокими знаниями в предметной области и может с уверенностью и



глубокими знаниями ответить на мои вопросы. Таким образом, данная диссертация  
рекомендуется к присуждению ученой степени доктора философии (PhD).

PhD,  
Штатный научный сотрудник CNRS

Жульен Бергер

A handwritten signature in blue ink, consisting of the name 'Julien Berger' written in a cursive style above a large, stylized flourish that loops back to the left and ends with a horizontal line.