

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

МГУ.012.1 по диссертации на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук

Решение диссертационного совета от 26 июня 2024 г. №19

О присуждении Лаврухину Ефиму Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Математические методы обработки изображений пористых сред при отсутствии размеченных данных» по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите диссертационным советом 28 марта 2024 г., протокол №18.

Соискатель Лаврухин Ефим Валерьевич, 1995 года рождения, в 2016 году окончил бакалавриат факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению «прикладная математика и информатика» (кафедра оптимального управления), в 2018 г. окончил магистратуру факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «прикладная математика и информатика» (кафедра исследования операций). С 2018 по 2022 год соискатель обучался в аспирантуре факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре исследования операций. С 01.02.2024 г. по настоящее время соискатель работает на факультете вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре исследования операций в должности математика.

Диссертация выполнена на кафедре исследования операций факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор (уч.зв.), Измаилов Алексей Ферилович, профессор кафедры исследования операций факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Лисица Вадим Викторович – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией «Вычислительной физики горных пород» Института нефтегазовой геологии и геофизики им А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук,

Степанов Сергей Викторович – доктор технических наук, старший эксперт Управления научно-технического развития ООО «Тюменские нефтяной научный центр»,

Жилияев Петр Александрович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Сколковского института науки и технологий дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что оппоненты являются ведущими специалистами по теме диссертации, компетентны в области математического моделирования, численных методов и разработки комплексов программ, результаты их исследований, полученные за последние годы, опубликованы в ведущих зарубежных и отечественных журналах и близки по теме исследованиям соискателя, что позволяет оппонентам дать всестороннюю глубокую оценку результатам, представленным в диссертационной работе. Один оппонент имеет учёную степень кандидата физико-математических наук, один оппонент имеет учёную степень доктора физико-математических наук, один оппонент имеет учёную степень доктора технических наук.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9 работ, из них 4 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», также в результате работы по теме диссертации соискатель стал автором двух программ для ЭВМ:

1. Karsanina M.V., Lavrukhin E. V., Fomin D. S., Yudina A. V., Abrosimov K. N., Gerke K. M. Compressing soil structural information into parameterized correlation functions // *European Journal of Soil Science*. United Kingdom, 2020. Vol. 72, no. 2. P. 561—577. DOI: 10.1111/ejss.13025. [Scopus, SJR: 1,04; WOS, IF: 4,949; Scopus, IF: 4,108; Q1].
2. Lavrukhin E. V., Gerke K. M., Romanenko K. A., Abrosimov K. N., Karsanina M. V. Assessing the fidelity of neural network-based segmentation of soil XCT images based on pore-scale modelling of saturated flow properties // *Soil and Tillage Research*. Netherlands, 2021. Vol. 209. P. 104942. DOI: 10.1016/j.still.2021.104942. [Scopus, SJR: 1,8; WOS, IF: 5,374; Scopus, IF: 7,417; Q1].
3. Lavrukhin E. V., Gerke K. M. The Influence of Image Morphology on Neural Network-Based Segmentation Results // *Advances in Systems Science and Applications*. 2022. Vol. 22, no. 4. P. 31—50. DOI: 10.25728/assa.2022.22.4.1308. [Scopus, SJR: 0,22; Scopus, IF: 0,863; Q3].
4. Lavrukhin E. V., Karsanina M. V., Gerke K. M. Measuring structural nonstationarity: The use of imaging information to quantify homogeneity and inhomogeneity // *Physical Review E*. 2023. Vol. 108, no. 6. P. 064128. DOI: 10.1103/PhysRevE.108.064128. [Scopus, SJR: 0,82; Scopus, IF: 2,4; Q1].

5. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Модуль «Сегментация томографических изображений» ПК «РН — Цифровой керн» 1.0 / Р. В. Васильев, К. М. Герке, Е. В. Лаврухин [и др.] ; ПАО НК «Роснефть». No 2024611593 ; заявл. 08.02.2024 ; опубл. 26.01.2024, 2024613036 (RU).
6. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Модуль «Синтетическая томография» ПК «РН — Цифровой керн» 1.0 / К. М. Герке, Е. В. Лаврухин, Р. В. Васильев [и др.] ; ПАО НК «Роснефть». No 2024614760 ; заявл. 18.03.2024 ; опубл. 06.03.2024, 2024616136 (RU).

Все основные результаты, приведенные в вышеуказанных статьях и использованные в диссертации, получены автором лично под научным руководством д.ф.-м.н., профессора А.Ф. Измаилова. В работе [1] автором был разработан и реализован численный алгоритм сжатия структурной информации, извлеченной из изображения пористой среды, автором было проведено исследование качества дескрипторов, полученных с помощью разработанного алгоритма, на модельной задаче категоризации трехмерных изображений пористых сред. В работе [2] автор предложил алгоритм получения обучающей выборки для задачи сегментации изображений почв, реализовал алгоритм обучения модели сверточной нейронной сети, провел исследование качества обученной модели в зависимости от размера обучающей выборки, исследовал согласованность классических и доменных метрик сегментации. В работе [3] автор разработал модификацию математической модели синтетического томографа, использующую информацию о пространственном распределении фаз образца и их физико-химических свойствах, реализовал численный метод построения синтетического изображения КТ, предложенный алгоритм был использован автором для проведения исследования влияния морфологических свойств обучающих данных на качество сегментации с помощью предобученной модели сверточной нейронной сети. В работе [4] автор разработал и реализовал метод разбиения бинарного изображения пористой среды на однородные зоны, предложил эмпирические критерии однородности изображения, автором было проведено исследование данного алгоритма на наборе синтетических и реальных данных.

Диссертационный совет отмечает, что представленная на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны математические модели и реализованы численные методы для решения задач, связанных с обработкой изображений пористых сред. Разработанный автором программный комплекс может быть использован для предварительной обработки и анализа изображений пористых сред, в частности керна и почвы, для выделения однородных областей в образце

пористой среды, настройки методов сегментации с использованием синтетических данных и последующей сегментации изображения пористой среды.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Численный метод сжатия структурной информации, извлеченной из изображения пористой среды с помощью расчета пространственных корреляционных функций по ортогональным направлениям;
2. Метод сегментации изображений пористых сред с использованием модели сверточной нейронной сети, обученной на данных, размеченных с использованием оператором алгоритмов сегментации без учителя;
3. Модификация математической модели томографа, использующая информацию о пространственном распределении фаз исследуемого образца пористой среды и о физико-химических свойствах этих фаз для построения синтетического КТ-изображения;
4. Программный комплекс для первичного анализа трехмерных КТ-изображений пористых сред, который позволяет выделять на КТ-изображении однородные зоны, сегментировать КТ-изображение на несколько минеральных фаз и настраивать параметры модели сегментации по данным синтетической компьютерной томографии.

На заседании 26 июня 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Лаврухину Е.В. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 13 докторов наук по специальности 1.2.2, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 21, против - 0, недействительных голосов - 2.

Председатель диссертационного совета,
академик РАН



Тыртышников Е.Е.

Учёный секретарь диссертационного совета,
член-корреспондент РАН



Ильин А.В.

Декан факультета ВМК

«26» июня 2024 г.



Соколов И.А.