

REVIEW REPORT
of the official reviewer of the dissertation of
Blieva Dana Nazarbayevna on the topic " Algorithm development for solution of dynamic poroelasticity equations based on the spectral method," presented for obtaining the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the major "6D060200-Computer Sciences".

#p/p	Criteria	Compliance with the criteria (it is necessary to note one of the answer options)	Justification of the position of the official reviewer
1.	1. The topic of the dissertation (on the date of its approval) corresponds to the directions of the development of science and/or state programs	1.1 Consistency with the priority directions of the development of science or state programs: 1) Dissertation completed within the framework of a project or target program financed from the state budget (indicate the name and number of the project or program) 2) Dissertation completed within the framework of another state program (indicate the name of the program) 3) The dissertation corresponds to the priority direction of science development, approved by the Higher Scientific and Technical Commission under the Government of the Republic of Kazakhstan (indicate the direction)	The work is carried out in accordance with the priority directions of science development and state programs within the framework of the project of grant financing of scientific research of the Science Committee of the Ministry of Education and Sciences on the topic "Mathematical modeling of dynamics elastic-deformable porous media taking into account the partial dependence of the coefficient of friction (with memory)" (2017-2020 state registration No. 0118PK00126, code AP05131026).
2.	Importance for science	The work makes/doesn't make a significant contribution to science, and its importance is well disclosed/not disclosed	The work contains novel results of studying analytical and numerical solutions of the relevant mathematical modelling of processes occurring in porous media saturated with liquid. This problem has important practical and industrial applications. It occurs in various fields of geophysics, oil, and gas fields development, as well as in biomechanical systems. The importance of the topic is fully disclosed in this thesis; and the relevance of the thesis work is substantiated. Moreover, the introduction provides a description of the posed

3.	Principle of independence	Level of independence: 1) High; 2) Average; 3) Low; 4) There is no independence	problem and a brief overview of the subject area. Furthermore, reliable results of computational experiments based on real data from oil and gas fields are provided. The dissertation shows a high level of independence and the ability to analyze data on the underlying topic. Moreover, the thesis has strong evidence of the author's capability to conduct both theoretical research as well as scientific computational experimental calculations of the assigned problem. The author shows a strong command of modern computational methods, parallel computing, and visualization. In addition, there is strong evidence of the author's skills to present a very clear and logical line of thoughts explaining and justifying the obtained results.
4.	The principle of internal unity	4.1 Justification of the dissertation's relevance: 1) Justified; 2) Partially justified; 3) Not justified.	The relevance of the dissertation work is well-justified, as it contains new research results of the numerical-analytical solutions of the initial boundary value problem for the symmetric t-hyperbolic system of poroelasticity equations. This problem has an important industrial and practical applications, as it models, for example, the propagation of seismic waves in a porous medium saturated with liquid and allows creating digital twins of areas that are hard-to-reach for studying.
		The content of the dissertation reflects the topic of the dissertation, as it provides an original and effective algorithm for the numerical and analytical solutions of the dynamic problem of poroelasticity. Furthermore, it carries out numerical implementation of this algorithm with subsequent verification of its reliability.	

		The goals and objectives of the thesis correspond to its topics: 1) correspond; 2) partially correspond; 3) does not correspond The logical relationship of all sections and their positions in the dissertation: 1) fully interconnected; 2) the relationship is partial; 3) there is no connection	The goals and objectives clearly formulated in the dissertation work in full accordance with the necessary volume of work and stages for the disclosure of the given topic. All sections and positions in the dissertation are logically completely interconnected. The sequence of sections is structured in such a way that each subsequent section follows from the previous one. The structure fully meets the requirements for the defense.
		4.5 New solutions (principles, methods) proposed by the author are argued and assessed in comparison with known solutions: 1) there is a critical analysis; 2) partial analysis; 3) the analysis represents not own opinions and quotes from other authors.	The new solutions to the problem proposed by the author are well-reasoned and there is a critical analysis and assessment provided in comparison with previously known solutions.
5.	The principle of scientific novelty	5.1 Scientific results and positions are new? 1) completely new; 2) partially new (25-75% are considered new); 3) not new (less than 25% are new) Is the conclusion of the thesis new? 1) completely new; 2) partially new (25-75% are considered new); 3) not new (less than 25% are new) 5.3 Technical, technological, economic or managerial solutions are considered new and justified: 1) completely new 2) partially new (25-75% new) 3) not new (less than 25% new)	Scientific results and positions are new. This is because the newly developed algorithm is being used for the first time. Furthermore, the scientific results have been published in high quality peer-reviewed journals, strong evidence of their novelty. The conclusions to all sections of the dissertation are new, since they are based on methods that are used for the first time to solve the underlying problem. The technical and technological implementation of the algorithm for solving the problem is completely new and is purposefully developed for the automatic generation of visualization of calculation results.

6.	Validity of the main conclusions	All main conclusions are/are not based on scientifically significant evidence or are sufficiently well substantiated (for qualitative research in areas of training in the arts and humanities)	N/A
7.	Main provisions submitted for defense	It is necessary to answer the following questions for each provision separately: 7.1 Is the provision proven? 1) proven; 2) rather proven; 3) rather not proven 4) not proven 7.2 Is it trivial? 1) yes; 2) no 7.3 Is it new? 1) yes; 2) no 7.4 Application level: 1) narrow; 2) average; 3) wide 7.5 Is it proven in the thesis? 1) yes; 2) no	Position 1 Computational experiments were carried out using real data with reliable visualization results 7.1 proven; 7.2 no; 7.3 yes; 7.4 wide; 7.5 yes. Position 2 An automatic software package has been developed for practical use 7.1 proven; 7.2 no; 7.3 yes; 7.4 wide; 7.5 yes;
8.	Principle of reliability Reliability of sources and information provided	8.1 The choice of methodology - is the methodology justified and described in sufficient detail? 1) yes; 2) no	The choice of methodology is justified and explicitly outlined. The thesis describes in detail the methods used to conduct theoretical studies and computational experiments. Specifically, Section 2 describes in detail the methodology of constructing the analytic solutions, while Section 3 presents the numerical algorithm which is based on a finite-difference explicit scheme of staggered grid.

		8.2 The results of the dissertation work were obtained using modern methods of scientific research and techniques for processing and interpreting data using computer technology: 1) yes; 2) no 8.3 Theoretical conclusions, models, identified relationships and patterns are proven and confirmed by experimental research (for areas of training in pedagogical sciences, the results are proven on the basis of a pedagogical experiment): 1) yes; 2) no 8.4 Important statements are confirmed/partially-confirmed/not confirmed by references to relevant and reliable scientific literature. 8.5 The literature sources used are sufficient/not sufficient for the literature review	The proposed algorithm was developed and implemented using parallel computing on modern computer technology with multi-core processors. With the advancement of high-performance modern computing systems, the introduction of a new approach to computer modelling technology plays a decisive role in the field of data processing and interpretation in various applications. Furthermore, an automated set of computer programs are employed for visualizing the simulated results. This dissertation covers in detail both the theoretical part (Section 2) and the computational method (Section 3) with practical numerical experiments (Section 4) conducted based on various sets of real data on physical parameters. The effectiveness of the developed algorithm for the numerical method for solving the posed poroelasticity problem is demonstrated. All-important statements in the dissertation are provided with links to relevant bibliographic references and reliable literature sources. The literature sources used are sufficient for the literature review and include publications of recognized experts on the topic of the dissertation. The dissertation provides a theoretical justification (see for example Section 2) for the correctness and validity of the intended problem and the conditions for its solvability.
9	Principle of practical value	9.1 The dissertation has theoretical significance: 1) yes; 2) no 9.2 The dissertation has practical significance and there is a high probability of applying the results in practice: 1) yes; 2) no	The algorithm developed in this thesis makes it possible to create a simulation model of porous media that is hard-to-reach for proper studying, where it is impractical to obtain the necessary characteristics of the medium experimentally.

		9.3 Are the practical suggestions new? 1) completely new ; 2) partially new (25-75% are new); 3) not new (less than 25% are new)	The developed software package is new and allows testing hypotheses for various sets of initial data. Using the method of distributed nodes of the difference grid makes it possible to avoid oscillations in the values of the solution functions, which in turn shows better agreement of the computational results with experimental data.
10.	Quality of writing and design	Quality of academic writing: 1) high ; 2) average; 3) below average; 4) low.	The author has demonstrated a high level of competency and proficiency in academic writing.

Based on the above, I believe that the submitted by D.N. Blieva dissertation on the topic "Algorithm development for solution of dynamic poroelasticity equations based on the spectral method" meets all the requirements and rules for awarding academic degrees and its author deserves to be awarded the required degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the major "6D060200-Informatics(Computer Science)";

The Official Reviewer:

University Distinguished Professor, Arthur Owen Professor of Mathematics, PhD, Texas A&M University.
Professor of Nonlinear Mathematical Science, University of Cambridge.
Professor of Computer Science and Applied Mathematics, Weizmann Institute of Science.



Edriss S. Titi

(Signature)

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу

Б.лиевой Даны Назарбаевны на тему «Разработка алгоритма решения динамических уравнений поропуругости на основе спектрального метода», предоставленную на консание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060200-Информатика».

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развитию науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Работа выполнена в соответствии приоритетным направлениям развития науки и государственным программам в рамках проекта грантового финансирования научных исследований КН МОН РК на тему «Математическое моделирование динамики упруго-деформируемых пористых сред с учетом частной зависимости коэффициента трения (с памятью)» (2017-2020 гг. №гос.регистрации 0118РК00126, шифр АР05131026).
2.	Важность для науки	Работа вносит/не-вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не-раскрыта	Работа содержит новые результаты исследований аналитических и численных решений соответствующего математического моделирования процессов, протекающих в пористых средах, насыщенных жидкостью. Данная проблема имеет важные практические и промышленные приложения. Она возникает в различных областях геофизики, разработки нефтяных и газовых месторождений, а также в биомеханических системах. Важность темы полностью раскрыта в данной диссертации, обоснована актуальность диссертационной работы. Кроме того, во введении дано описание поставленной проблемы и краткий обзор предметной

3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	области. Кроме того, приведены достоверные результаты вычислительных экспериментов на основе реальных данных с нефтегазовых месторождений. Диссертация демонстрирует высокий уровень самостоятельности и умение анализировать данные по основной теме. Кроме того, диссертация убедительно свидетельствует о способности автора проводить как теоретические исследования, так и научные вычислительные экспериментальные расчеты по поставленной проблеме. Автор демонстрирует уверенное владение современными вычислительными методами, параллельными вычислениями и визуализацией. Кроме того, имеются убедительные доказательства умения автора излагать очень четкую и логичную линию мысли, объясняющую и обосновывающую полученные результаты.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность диссертационной работы должным образом обоснована, поскольку она содержит новые результаты исследования численно-аналитических решений начальной краевой задачи для симметричной -гиперболической системы уравнений порупругости. Данная задача имеет важное промышленное и практическое применение, так как моделирует, к примеру, распространение сейсмических волн в пористой среде, насыщенной жидкостью, и позволяет создавать цифровые двойники труднодоступных для изучения областей.
		Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) Отражает; 2) Частично отражает; 3) Не отражает	Содержание диссертации отражает тему диссертации, поскольку в ней представлен оригинальный и эффективный алгоритм численного и

		аналитического решения динамической задачи поропругости. Кроме того, в ней осуществляется численная реализация этого алгоритма с последующей проверкой его надежности.
	Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u> ; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цель и задачи работы сформулированы в соответствии с темой диссертации и заключается в разработке алгоритма решения динамических уравнений поропругости с практической программной реализацией и внедрением.
	Логическая взаимосвязь всех разделов и их позиций в диссертации: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u> ; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Все разделы и положения диссертации полностью взаимосвязаны, каждый последующий раздел вытекает из предыдущего. Структура полностью соответствует требованиям к защите.
	4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть</u> ; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	Новые решения проблемы, предложенные автором, хорошо аргументированы, проведен критический анализ и оценка по сравнению с ранее известными решениями.
5. Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты и позиции являются новыми. Это связано с тем, что недавно разработанный алгоритм используется впервые. Кроме того, научные результаты были опубликованы в высококачественных рецензируемых журналах, что убедительно свидетельствует об их новизне.
	5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы ко всем разделам диссертации являются новыми, поскольку они основаны на методах, которые впервые используются для решения основной проблемы.
	5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Техническая и технологическая реализация алгоритма решения задачи является совершенно новой и целенаправленно разработана для автоматической генерации визуализации результатов расчетов.

6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/не основаны на весомах с научной точки зрения доказательств либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Не применимо
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет	Позиция 1 Вычислительные эксперименты проводились с использованием реальных данных с надежными результатами визуализации 7.1 доказано; 7.2 нет; 7.3 да; 7.4 широкий; 7.5 да. Позиция 2 Разработан автоматический программный комплекс для практического использования 7.1 доказано; 7.2 нет; 7.3 да; 7.4 широкий; 7.5 да;
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) да ; 2) нет	Выбор методологии обоснован и четко охарактеризован. В диссертации подробно описаны методы, используемые для проведения теоретических исследований и вычислительных экспериментов. В частности, в разделе 2 подробно описывается методология построения аналитических решений, в то время как в разделе 3 представлен численный алгоритм, основанный на конечно-разностной явной схеме ступенчатой сетки.

9	Принцип практической ценности	8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) да; 2) нет	Предлагаемый алгоритм был разработан и реализован с использованием параллельных вычислений на современных компьютерных технологиях с многоядерными процессорами. С развитием высокопроизводительных вычислительных систем внедрение нового подхода к технологии компьютерного моделирования играет решающую роль в области обработки и интерпретации данных в различных приложениях. Кроме того, для визуализации результатов моделирования используется автоматизированный набор компьютерных программ.
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) да; 2) нет	Эта диссертация подробно описывает как теоретическую часть (раздел 2), так и вычислительный метод (раздел 3) с практическими экспериментами (раздел 4), проведенными на основе различных наборов реальных данных о физических параметрах. Протестирована эффективность разработанного алгоритма численного метода решения поставленной задачи поропругости.
		8.4 Важные утверждения подтверждены /частично-подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Все важные утверждения в диссертации снабжены ссылками на соответствующие библиографические ссылки и надежные литературные источники.
		8.5 Использованные источники литературы достаточны /не достаточны для литературного обзора	Использованные литературные источники достаточны для обзора литературы и включают публикации признанных экспертов по теме диссертации.
		9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	В диссертации приводится теоретическое обоснование (см., например, раздел 2) правильности и обоснованности поставленной задачи и условий ее

		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет	разрешимости. Алгоритм, разработанный в данной диссертации, позволяет создать имитационную модель пористой среды, труднодоступную для надлежащего изучения, где экспериментально получить необходимые характеристики среды нецелесообразно.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Разработанный программный комплекс является новым и позволяет проверять гипотезы для различных наборов исходных данных. Использование метода распределенных узлов разностной сетки позволяет избежать колебаний значений функций решения, что, в свою очередь, показывает лучшее соответствие результатов расчетов экспериментальным данным.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Автор продемонстрировал высокий уровень компетентности и владения академическим письмом.

На основании вышеизложенного, я считаю, что представленная диссертация Д.Н. Блиевой на тему «Разработка алгоритма решения динамических уравнений поропругости на основе спектрального метода» соответствует всем требованиям и правилам присуждения ученых степеней и ее автор заслуживает присвоения требуемой степени доктор философии (PhD). по специальности "6D060200-Информатика (Computer Science)";

Официальный рецензент:

Почетный профессор Артура Оуэна, профессор математики, доктор философии, университет Техаса A&M.

Профессор нелинейной математической науки, Кембриджский университет,

Профессор компьютерных наук и прикладной математики, Институт науки Вейцмана. Подписано
(подпись)

Эдрисс С. Тити

Республика Казахстан, город Алматы.

Шестнадцатое февраля две тысячи двадцать четвертого года

Текст перевода документа с английского языка на русский язык, выполнен переводчиком Юсуповой Зулихой Двумаровной.

ПОДПИСЬ:

Зулиха Двумаровна

16.02.2024 года.

Я, Коханова Карина Барамбаевна, нотариус города Алматы, действующая на основании государственной лицензии № 20015793, от 23.10.2020 года, выданной Министерством Юстиции Республики Казахстан, свидетельствую подлинность подписи переводчика Юсуповой Зулихи Двумаровны. Личность переводчика установлена, дееспособность и полномочия проверены.

Зарегистрировано в реестре за №1151

Взыскано: опл. тенге



ET4106649240216132616C48025A

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия



Немірленген және баулықталған
Протокол
Нотариус

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

