ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу
Қасымбек Нұрислам Мұратбекұлы на тему «Разработка эффективных параллельных алгоритмов в виде активных знаний для решения задачи неравновесной фильтрации (композиционная модель) и алгоритмов выполнения параллельных программ», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D06103-Компьютерные науки»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
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 развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).	Диссертационная работа полностью соответствует критериям. Тема исследования реализована в рамках государственных научно-исследовательских проектов, финансируемых из государственного бюджета: – «Разработка системы управления активными знаниями для автоматизации конструирования высокопроизводительных параллельных программ обработки неструктурированных данных и численного моделирования в задачах фильтрации» (№ гос. регистрации 0118РК00741, 2018–2020 гг.); – «Высокопроизводительное компьютерное моделирование движения многофазной жидкости в пористой среде в условиях неопределенности» (№ гос. регистрации 0121РК00431, 2021–2023 гг.).
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта.	Работа вносит существенный вклад в развитие науки. Впервые разработан фрагментированный алгоритм численного решения задачи моделирования течения многофазной многокомпонентной жидкости на основе метода Ньютона. Разработаны библиотечные подпрограммы, позволяющие динамически управлять вычислительными ресурсами и балансировать нагрузку, что является

			важным направлением для современных высокопроизводительных вычислений. Научная значимость также заключается в развитии методов фрагментированного программирования и в интеграции алгоритмов в систему LuNA, обеспечивающую автоматизацию и переносимость параллельных программ. Важность темы хорошо раскрыта как в диссертации, так и в представленных публикациях.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) высокий; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Уровень самостоятельности работы оценивается как высокий. Автором лично разработаны новые алгоритмы (в том числе фрагментированный алгоритм на основе метода Ньютона), проведена их реализация на различных вычислительных архитектурах (MPI, LuNA), выполнено тестирование на суперкомпьютере. Результаты отражают значительный личный вклад диссертанта в решение актуальной научной задачи.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) обоснована; 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	Актуальность диссертационной работы обоснована. В работе показано, что решение задач моделирования многофазных многокомпонентных течений требует значительных вычислительных ресурсов, а разработка эффективных параллельных алгоритмов является ключевым фактором повышения производительности вычислений. Автором подчеркнута необходимость автоматизации разработки параллельных программ и интеграции алгоритмов в систему LuNA, что соответствует современным мировым тенденциям развития высокопроизводительных вычислений и задач цифровизации нефтегазовой отрасли. Таким образом, актуальность темы убедительно раскрыта и аргументирована.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) отражает; 2) частично отражает; 3) не отражает.	Содержание диссертационной работы полностью отражает заявленную тему. В диссертации подробно изложены теоретические основы моделирования многофазных многокомпонентных течений, предложены и реализованы параллельные и фрагментированные алгоритмы решения задачи неравновесной фильтрации, проведено тестирование на суперкомпьютере и анализ эффективности. Все структурные элементы работы – постановка задачи, математическая модель, алгоритмы, программная реализация и результаты численных экспериментов – непосредственно соответствуют теме исследования.

			Таким образом, содержание работы полностью соответствует её заявленной теме.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) соответствуют; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.	Цель и задачи диссертационной работы полностью соответствуют заявленной теме. Поставленная цель — разработка фрагментированного алгоритма моделирования течения многофазной многокомпонентной жидкости и его интеграция в базу активных знаний LuNA – напрямую отражает тему диссертации. Все сформулированные задачи (разработка алгоритма, реализация с использованием MPI и LuNA, оптимизация и включение в систему активных знаний) логично вытекают из поставленной цели и раскрывают основные направления исследования. Таким образом, цели и задачи адекватно отражают тему работы и находятся с ней в полном соответствии.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) полностью взаимосвязаны; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны. Во введении определены цель, задачи, новизна и значимость работы. В первой главе рассмотрены численные методы и вычислительные архитектуры, что создает основу для выбора технологии реализации. Во второй главе подробно описана математическая модель и методы решения систем уравнений. Третья глава посвящена разработке и реализации фрагментированного алгоритма, а в четвертой — проведено тестирование и сравнительный анализ эффективности. Заключение логично суммирует результаты исследования. Таким образом, структура работы выдержана, переходы между разделами последовательны и обоснованы, а все главы подчинены единой цели исследования.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) критический анализ есть; 2) анализ частичный;	Анализ предлагаемых решений носит частичный характер. В главе «Обзор» представлен сравнительный анализ существующих методов решения задачи моделирования многофазных многокомпонентных течений, даны ссылки на работы других авторов и обозначены их ограничения. В то же время критическая оценка новых методов, предложенных автором, в сопоставлении с существующими

		3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует.	решениями проведена не в полном объёме. *Основной акцент сделан на реализации и тестировании разработанных алгоритмов, тогда как углублённое сопоставление с аналогичными подходами могло бы дополнительно усилить научную аргументацию работы.*
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Научные результаты диссертации являются полностью новыми. Автором впервые разработан фрагментированный алгоритм численного решения задачи моделирования многофазной многокомпонентной жидкости на основе метода Ньютона, предложены библиотечные подпрограммы для динамического распределения вычислительных ресурсов и балансировки нагрузки. Данные решения ранее не встречались в исследованиях в подобной постановке, что подтверждает их полную новизну.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Выводы диссертации являются полностью новыми. Они основаны на результатах, которые впервые получены автором: разработан и реализован фрагментированный алгоритм моделирования многокомпонентного многофазного течения, создана библиотечная подпрограмма с возможностью динамического управления ресурсами и балансировки нагрузки, алгоритмы интегрированы в систему LuNA и протестированы на суперкомпьютере. Эти результаты не имеют прямых аналогов в существующих исследованиях, что позволяет утверждать о полной новизне выводов работы.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Разработанные алгоритмические и программные решения являются новыми: создана библиотечная подпрограмма, обеспечивающая динамическое распределение нагрузки и эффективное управление ресурсами, что ранее не применялось в аналогичных задачах нефтедобычи. Включение алгоритма в базу активных знаний LuNA позволяет автоматизировать и упростить процесс разработки параллельных программ, что является новым технологическим результатом, обладающим практической значимостью.

6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (куолитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Все основные выводы диссертационной работы обоснованы и подтверждены как теоретическими рассуждениями, так и результатами вычислительных экспериментов. Автор использует апробированные численные методы (метод Ньютона, GMRES), при этом демонстрирует их развитие в рамках фрагментированного программирования. Достоверность обеспечивается сопоставлением результатов на различных вычислительных архитектурах, внутренней непротиворечивостью алгоритмов. Таким образом, выводы работы обладают высокой степенью научной обоснованности.
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; 5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно. 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно. 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно. 7.4 Уровень для применения: 1) узкий;	Положение 1. Разработанные и реализованные крупноблочные фрагментированные алгоритмы для решения задачи моделирования течения многофазной многокомпонентной жидкости на основе метода Ньютона. 7.1 Доказано ли положение? Доказано Положение подтверждено разработкой оригинального алгоритма, его реализацией в средах MPI и LuNA, а также результатами тестирования на суперкомпьютере. Экспериментальные данные демонстрируют эффективность предложенного подхода по сравнению с традиционными методами. 7.2 Является ли тривиальным? Нет Предложенные алгоритмы основаны на оригинальном подходе к построению фрагментированных вычислений и впервые реализованы в контексте задачи моделирования многокомпонентного многофазного течения. Их создание требует глубокого математического и программного обоснования, поэтому они не могут считаться тривиальными. 7.3 Является ли новым? Да Предложенные фрагментированные алгоритмы на основе метода Ньютона впервые разработаны и применены к задаче моделирования многокомпонентного многофазного течения. Они отличаются оригинальностью и новизной по сравнению с существующими подходами.

		2) средний; 3) широкий; 4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно. 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	7.4 Уровень для применения: средний Разработанные алгоритмы могут применяться в задачах моделирования многокомпонентных многокомпонентных течений и в области нефтедобычи. Однако в силу ограниченного распространения системы LuNA их применение в настоящее время имеет средний уровень. При этом потенциал дальнейшего расширения области применения значителен, особенно в связи с развитием технологий высокопроизводительных вычислений. 7.5 Доказано ли в статье? Да Результаты, подтверждающие данное положение, опубликованы в рецензируемых изданиях, входящих в международные базы цитирования (Scopus, Web of Science). В частности, статьи в журнале Cogent Engineering и материалы конференции ECMOR содержат описание алгоритмов, результаты их реализации и тестирования, что подтверждает доказанность положения. Положение 2. Библиотечные подпрограммы с обеспечением реализации динамических свойств (управление ресурсами и вычислениями) для решения задачи фильтрации. 7.1 Доказано ли положение? Доказано Положение доказано разработкой библиотечной подпрограммы, обеспечивающей динамическое распределение вычислительных ресурсов и балансировку нагрузки между узлами. Проведённые вычислительные эксперименты подтверждают работоспособность и эффективность предложенного решения, что нашло отражение в опубликованных работах и апробации результатов. 7.2 Является ли тривиальным? Нет Разработка библиотечной подпрограммы с возможностью динамического распределения ресурсов и балансировки нагрузки — это нетривиальная задача, требующая применения современных методов параллельного программирования и учёта особенностей высокопроизводительных систем. Решение обладает оригинальностью и практической ценностью, что подтверждает его нетривиальный характер.

			7.3 Является ли новым? Да Создание библиотечных подпрограмм с поддержкой динамического распределения ресурсов и балансировки нагрузки является новым результатом. Подобные решения ранее не использовались в задачах неравновесной фильтрации в системе LuNA, что подтверждает новизну положения. 7.4 Уровень для применения: средний Разработанные библиотечные подпрограммы могут быть использованы при решении широкого класса задач фильтрации и моделирования в нефтегазовой отрасли и смежных областях. Тем не менее, в текущем состоянии использование системы LuNA ограничено, поэтому уровень применения оценивается как средний. В дальнейшем возможен переход к широкому применению при условии активного внедрения данной технологии. 7.5 Доказано ли в статье? Да Доказанность данного положения подтверждается публикациями автора и соавторов в материалах международных конференций (ECMOR, конференции по информатике и прикладной математике). В этих работах представлены результаты разработки и апробации библиотечных подпрограмм с динамическим распределением ресурсов, что подтверждает новизну и практическую реализуемость положения.
8.	Принцип достоверности.	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:	Выбор методологии исследования является обоснованным и подробно описан в диссертационной работе. Автор применил методы Ньютона и GMRES для численного решения систем линейных уравнений, возникающих при моделировании многокомпонентных многофазных течений, а также современные подходы параллельного и фрагментированного программирования (MPI, LuNA). В работе приведено детальное описание математической модели, разностных схем, используемых предобуславливателей и методов декомпозиции данных. Такой выбор методологии соответствует поставленным целям исследования и обеспечивает достоверность полученных результатов.
	Достоверность источников и предоставляемой информации	1) да;	
		2) нет.	

		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:	Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и вычислительных технологий. Автор применил параллельные и фрагментированные алгоритмы, реализованные на языках MPI и LuNA, а также современные численные методы (Ньютона, GMRES, предобуславливатели ILU). Тестирование проводилось на суперкомпьютере МВС-10П Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН, что подтверждает высокий уровень достоверности и актуальность используемой методики обработки и интерпретации данных.
		1) да;	
		2) нет.	
		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):	Теоретические выводы и предложенные модели подтверждены результатами вычислительных экспериментов. Разработанные алгоритмы были реализованы и протестированы на суперкомпьютере МВС-10П, при этом проведено сравнение эффективности различных методов (Ньютона, GMRES и их модификаций). Результаты показали совпадение вычислительных данных с известными решениями и соответствие ожидаемым закономерностям. Это подтверждает достоверность теоретических положений и их экспериментальную верификацию.
		1) да;	
		2) нет.	
		8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Важные утверждения диссертации подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу, включая публикации в журналах, индексируемых в базах Scopus и Web of Science, а также материалы международных конференций. Это обеспечивает высокую степень достоверности и актуальности используемой базы источников. *Вместе с тем, для усиления работы можно было бы включить больше свежих зарубежных публикаций последних лет, что дополнительно подчеркнуло бы связь исследования с современным уровнем развития мировой науки.*
		8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора.	Использованные источники литературы достаточны для проведения литературного обзора. В работе приведены ссылки на публикации в ведущих международных журналах (Scopus, Web of Science), а также на материалы авторитетных конференций. Это позволяет подтвердить

			научную основу исследования и его связь с современными тенденциями в области высокопроизводительных вычислений и численного моделирования. *Вместе с тем, обзор мог бы быть ещё более полным при расширении перечня источников за счёт последних публикаций последних 2–3 лет в смежных областях.*
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет.	Диссертация имеет значительное теоретическое значение. В работе развиты методы построения параллельных и фрагментированных алгоритмов для численного решения задачи неравновесной фильтрации. Теоретическая ценность состоит в исследовании и обосновании алгоритмических подходов к решению систем уравнений с несимметричными и недиагонально доминирующими матрицами, а также в применении метода Ньютона и его комбинации с методами типа GMRES в контексте многокомпонентных многофазных течений. Полученные результаты вносят вклад в развитие теории параллельных вычислений и численных методов в прикладной математике.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет.	Диссертация обладает высокой практической значимостью. Разработанные алгоритмы, оформленные в виде активных знаний и интегрированные в систему LuNA, могут быть использованы не только в задачах нефтедобычи, но и при решении широкого класса задач, сводящихся к решению систем линейных уравнений с разреженными матрицами. Это открывает возможности их применения в вычислительной математике, задачах моделирования физических процессов и других научно-технических областях. Автоматизация разработки параллельных программ и переносимость решений на различные вычислительные архитектуры обеспечивают высокую вероятность практического внедрения результатов исследования.
		9.3 Предложения для практики являются новыми: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%);	Предложения для практики являются полностью новыми. Автор впервые разработал фрагментированные алгоритмы в виде активных знаний, интегрированных в систему LuNA, что позволяет автоматизировать построение и выполнение параллельных программ. Эти решения ранее не применялись в задачах моделирования

		3) не новые (новыми являются менее 25%).	многокомпонентных многофазных течений и могут быть использованы для широкого круга прикладных задач, связанных с решением систем линейных уравнений с разреженными матрицами. Таким образом, практические предложения отличаются оригинальностью и высокой степенью новизны.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма диссертационной работы оценивается как высокое. Изложение материала последовательное и логически структурированное, язык соответствует научному стилю, используются корректные термины и обозначения. Основные положения четко сформулированы, выводы ясно выведены из проведённых исследований. Отдельные замечания могут касаться стилистических мелочей и необходимости расширения литературного обзора за счёт более свежих источников, однако в целом работа соответствует высоким стандартам академического письма.
11.	Замечания к диссертации	В целом работа выполнена на высоком научном уровне, однако есть отдельные моменты, которые могли бы усилить её ценность. В литературном обзоре приведено достаточное количество источников, но было бы полезно дополнить его более свежими публикациями последних лет, особенно зарубежными исследованиями в области параллельных вычислений. Критический анализ существующих подходов проведён, но в ряде случаев мог бы быть представлен более развернуто, с сопоставлением с мировыми аналогами. В тексте встречаются незначительные стилистические недочёты, не влияющие на содержание. Также стоит отметить, что разработанные алгоритмы обладают потенциалом более широкого применения – не только в нефтедобыче, но и в смежных областях, что можно было бы подчеркнуть более явно.	
12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи	По теме диссертационного исследования опубликован ряд статей в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science, а также в материалах международных конференций. Статьи отличаются хорошим академическим качеством, содержат описание оригинальных алгоритмов, результаты вычислительных экспериментов и подтверждают достоверность положений диссертации.	

	докторанта по теме исследования)	
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Рекомендуется присудить Қасымбек Н.М. степень доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D06103 – Компьютерные науки».

Официальный рецензент:

Профессор кафедры «Информационные системы»

АО «Международный университет

информационных технологий»

д.т.н., профессор _____ **Найзабаева Л.**

(подпись)

Подпись указанного лица удостоверяю