

Отзыв

на автореферат диссертационной работы Степанцова Михаила Евгеньевича **«Метод замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами в задачах социально-экономической динамики»**, представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертационная работа Степанцова М.Е. посвящена важной и актуальной в настоящее время проблеме – развитию методов математического моделирования социальных и экономических процессов. При исследовании таковых существенным их аспектом является дискретный характер переменных. При этом существует большое количество моделей, применимых к таким процессам, основанных на дифференциальных уравнениях, где переменные имеют непрерывный характер. Использование их иногда приводит к некоторым вычислительным трудностям, которых можно избежать, если использовать для моделирования дискретные модели, например, клеточные автоматы. С другой стороны, построение моделей заново при наличии большого количества существующих разработок в этой области, основанных на дифференциальных уравнениях, тоже не представляется правильным путём. В рамках рассматриваемого диссертационного исследования предлагается в таких случаях заменять дифференциальные уравнения клеточными автоматами, для чего разработан и обоснован общий метод такой замены. Доказана теорема о сходимости решения, получаемого при помощи модели на основе клеточного автомата к решению исходного дифференциального уравнения, что представляет собой важный теоретический результат работы.

При помощи предложенного метода построен ряд дискретных модификаций моделей социально-экономических процессов и решены соответствующие прикладные задачи, что подтверждает практическую значимость полученных результатов.

Достоверность результатов подтверждается сравнением решений, полученных при помощи предлагаемого метода как с другими исследованиями исходных непрерывных моделей, так и с результатами, полученными для таких моделей автором.

Автореферат адекватно излагает содержание и основные результаты диссертации, опубликованные в 18 рецензируемых изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus или рекомендованных ВАК РФ.

Тем не менее, к автореферату есть несколько замечаний:

1. Хотелось бы понять (и, математически охарактеризовать) не только то множество задач, для которых континуальные и дискретные модели взаимозаменяемы, но и то множество задач, для которого применение одного подхода возможно, а другого - нет. Ещё больший интерес представляет ситуация, когда применение двух разных подходов даёт качественно различные результаты.
2. Желательно было бы провести сравнение представленных в работе результатов с теми, которые могут быть получены в рамках *physically-informed neural networks*, которые можно рассматривать как своеобразный способ работы с дискретным аналогом задачи.

Приведённые замечания не влияют на положительную оценку представленной работы.

Автореферат диссертации даёт основание сделать однозначный вывод, что диссертационное исследование Степанцова Михаила Евгеньевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной проблемы, имеющей важное значение для развития методов математического моделирования социально-экономических процессов: создание общего метода замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами, позволяющего расширять области применимости моделей и повышать эффективность вычислений.

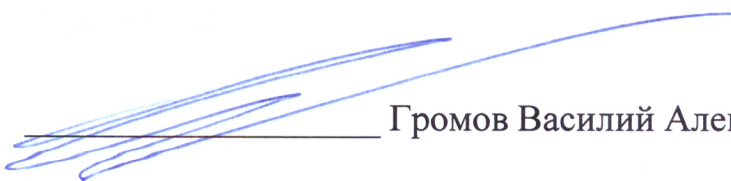
Автореферат диссертации отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических

наук согласно пункта 2.1 раздела II Положения о присуждении учёных степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утверждённого Учёным советом РУДН, протокол УС-1, 22.01.2024.

Степанцов Михаил Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

« 07 » ____ 09 ____ 2026 г.

Доктор физико-математических наук (Математическое моделирование и численные методы), профессор, заведующий лабораторией анализа семантики факультета компьютерных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»


Громов Василий Александрович

Подпись заверяю

УПРАВЛЕНИЕ ПО
КАДРОВОМУ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВУ
УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛА
ХАЛАМИНСКАЯ А.О.



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

Тел.: +7 (495) 771-32-32 E-mail: hse@hse.ru

Отзыв

на автореферат диссертационной работы Степанцова Михаила Евгеньевича **«Метод замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами в задачах социально-экономической динамики»**, представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Исследование социально-экономических процессов с точки зрения математики относится к одному из актуальных направлений развития науки. Одной из важных проблем в этой области является применение математических моделей, основанных на дифференциальных уравнениях. Использование принципиально непрерывных моделей в задачах, где дискретность объектов существенна, приводит к методическим и вычислительным трудностям, в частности, суживая область применимости моделей. Однако строить новые дискретные модели в условиях наличия хорошо исследованных моделей основанных на дифференциальных уравнениях, не представляется целесообразным.

В диссертационной работе Степанцова М.Е. предлагается выход из сложившейся ситуации, а именно – заменять дифференциальные уравнения клеточными автоматами, для чего и предназначен представленный в работе метод. Для его обоснования автор доказал теорему о сходимости решения, получаемого с использованием клеточного автомата к решению исходного дифференциального уравнения, аналогичную теоремам о сходимости решений, получаемых при помощи разностных схем. Создание и обоснование метода замены дифференциальных уравнений клеточным автоматом и является основным теоретическим результатом работы.

Данный метод помогает расширить область применимости исходных моделей, что автор и продемонстрировал, построив при помощи предложенного метода дискретные модификации моделей социально-

экономических процессов для шести классов прикладных задач, подтвердив тем самым практическую значимость полученных результатов.

В автореферате достаточно подробно изложены содержание и основные результаты диссертации, опубликованные в 18 рецензируемых изданиях, индексируемых в международных базах цитирования и рекомендованных ВАК РФ, и прошедшие апробацию на многочисленных научных и научно-практических конференциях. Совокупность этих результатов позволяет квалифицировать их как научное достижение в области методов математического моделирования.

К автореферату имеется замечание. Несмотря на то, что автор подчёркивает, что речь идёт о замене клеточным автоматом задач Коши, практически везде (кроме самого доказательства теоремы о сходимости) в представлении математических моделей приведены только сами дифференциальные уравнения без начальных условий.

Это замечание не отменяет общей положительной оценки диссертационной представленной работы.

Автореферат диссертации даёт основание сделать однозначный вывод, что диссертационное исследование Степанцова Михаила Евгеньевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной проблемы, имеющей важное значение для развития методов математического моделирования социально-экономических процессов: создание общего метода замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами, позволяющего расширять области применимости моделей и повышать эффективность вычислений.

Автореферат диссертации отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук согласно пункта 2.1 раздела II Положения о присуждении учёных степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утверждённого Учёным советом РУДН, протокол

УС-1, 22.01.2024.

Степанцов Михаил Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Доктор физико-математических наук (01.01.02-Дифференциальные уравнения), профессор кафедры информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»

 Нестеров Андрей Владимирович

Дата: « 07 » 09 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»

Адрес: 115054, г. Москва, Стремянный пер. 36

Тел.: +7 (495) 958-25-56 E-mail: rector@rea.ru

ПОДПИСЬ Нестерова А.В.
УДОСТОВЕРЯЮ

Ведущий специалист отдела
по работе с научно-педагогическими
работниками



 / Ю.В. Боханова

Отзыв

об автореферате диссертационной работы Степанцова Михаила Евгеньевича **«Метод замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами в задачах социально-экономической динамики»**, представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Математическое моделирование социально-экономических процессов относится к актуальным современным научным проблемам. Диссертация Михаила Евгеньевича Степанцова посвящена решению одной из важных задач в этой области, а именно – разработке общего метода замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами в обширном классе моделей социально-экономической динамики, сводимых к задачам Коши.

В настоящее время математика активно применяется в качестве инструмента моделирования не только в естественных, но и в социальных науках. Уже построено значительное количество успешно применяющихся математических моделей, основанных на обыкновенных дифференциальных уравнениях, для конкретных областей и задач социально-экономической динамики. При этом во многих случаях таких задач уместно использование дискретных моделей, в частности, клеточных автоматов, что позволяет избежать многих проблем, связанных с численным решением дифференциальных уравнений классическими разностными методами, а также расширить область применимости этих моделей. С другой стороны, вряд ли является осмысленным отказ от давно разработанных и успешно используемых моделей на основе дифференциальных уравнений.

Диссертационная работа Степанцова М.Е. решает этот вопрос на основе авторского метода замены обыкновенных дифференциальных уравнений клеточными автоматами, так, что макродинамика переменных в дискретной модели совпадает с динамикой решения исходной задачи Коши.

Полученные результаты имеют большую теоретическую и практическую значимость, состоящую в том, что предлагаемый метод при его применении для решения прикладных задач моделирования и прогнозирования социально-экономической динамики позволяет повысить эффективность расчётов и расширить области применимости моделей.

Автореферат написан четко и достаточно подробно, он адекватно отражает актуальность исследуемой темы. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus и рекомендованных ВАК РФ.

Замечания по автореферату соискателя следующие:

1. При изложении замены интегро-дифференциального уравнения клеточным автоматов в главе 2 замена дифференциального оператора изложена подробно, а о замене интегрального члена сказано одной фразой, хотя это представляется более важным преобразованием исходной модели.
2. При изложении главы 5 рассматриваемая там модель учителей средней школы сравнивается с моделью высшей школы, однако последняя не изложена хоть сколько-нибудь подробно. Читателю приходится догадываться, что «группы, для которых характерны существенные различия среднего возраста» в высшей школе — это, по-видимому, молодые преподаватели, доценты и профессора.

Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку представленной работы.

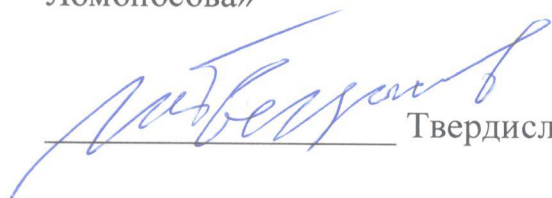
Автореферат диссертации даёт основание сделать однозначный вывод, что диссертационное исследование Степанцова Михаила Евгеньевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной проблемы, имеющей важное значение для развития методов математического моделирования социально-экономических процессов: создание общего метода замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами, позволяющего расширять области применимости моделей и

повышать эффективность вычислений.

Автореферат диссертации отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук согласно пункта 2.1 раздела II Положения о присуждении учёных степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утверждённого Учёным советом РУДН, протокол УС-1, 22.01.2024.

Степанцов Михаил Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Доктор физико-математических наук (03.00.02 – Биофизика), профессор, заведующий кафедрой биофизики физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»



Твердислов Всеволод Александрович

Подпись Твердислова В.А. удостоверяю.

Начальник научного отдела
физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова



Н.Б. Баранова

Дата: 09 сентября 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», физический факультет
Адрес: 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, строение 2, Физический Факультет

Тел.: +7(495) 939-16-82 E-mail: info.ff@org.msu.ru

Отзыв

Малкова Сергея Юрьевича

на диссертационную работу Степанцова Михаила Евгеньевича **«Метод замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами в задачах социально-экономической динамики»**, представленную к защите в диссертационном совете ПДС 0200.006 при федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация Михаила Евгеньевича Степанцова посвящена решению фундаментальной научной проблемы, имеющей важное теоретическое и прикладное значение: разработке общего метода замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами в задачах социально-экономической динамики, сводимых к обыкновенным дифференциальным уравнениям.

В настоящее время математика активно применяется в качестве инструмента моделирования не только в естественных, но и в социальных науках. Уже построено значительное количество успешно применяющихся математических моделей, основанных на обыкновенных дифференциальных уравнениях, для конкретных областей и задач социально-экономической динамики. При этом во многих случаях таких задач уместно использование дискретных моделей, в частности, клеточных автоматов, что позволяет избежать многих проблем, связанных с численным решением дифференциальных уравнений классическими разностными методами, а также расширить область применимости этих моделей. С другой стороны, вряд ли является осмысленным отказ от давно разработанных и успешно используемых моделей на основе дифференциальных уравнений.

Диссертационная работа Степанцова М.Е. позволяет решить этот вопрос, предлагая общий метод замены обыкновенных дифференциальных уравнений клеточными автоматами, так, что переменные в новой модели обладают такой же макродинамикой.

Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения и списка литературы.

Во введении излагаются обзор научной литературы по исследуемой проблеме, история и современное состояние математического моделирования социально-экономических процессов. Обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках данной диссертационной работы, формулируются цель и задачи работы и применяемые методы исследования, приводятся основные результаты, выносимые на защиту, обсуждается их научная новизна, степень достоверности, теоретическая значимость и практическая ценность. Затем приводятся сведения о публикации результатов исследования.

Глава 1 посвящена методу замены дифференциальных уравнений

клеточными автоматами клеточными автоматами. В ней строится стохастический клеточный автомат с произвольной окрестностью, эквивалентный некой начальной задаче для обыкновенного дифференциального уравнения. Для этого автомата доказывается теорема о сходимости, аналогичная теореме о сходимости для разностной схемы. Далее рассматриваются вопросы сведения более сложных моделей к задаче, для которой доказана сходимость. Таким образом, глава содержит изложение и обоснование общего подхода к построению клеточно-автоматных модификаций моделей в качестве альтернативы как аналитическому решению дифференциальных уравнений, так получению решений путём построения разностных схем.

Во главе 2 данный метод применяется к интегро-дифференциальным уравнениям в модели информационного противоборства.

В главе 3 с этой точки зрения рассматривается модель А.П. Михайлова «власть-общество», описывающая динамику распределения власти в иерархии.

В главе 4 метод замены используется для решения задачи о моделировании движения неорганизованной группы людей в условиях, когда существуют некоторые препятствия к такому движению.

В главе 5 при помощи построенного данным методом клеточного автомата осуществляется математическое моделирование профессиональной группы людей и прогнозирование ее количественного и качественного состава.

Дискретная динамическая модель транспортной сети, построенная при помощи этого метода и используемая для моделирования транспортных перевозок, проектирования и организации функционирования транспортных сетей, рассмотрена в главе 6.

Моделированию динамики спортивных состязаний на основе этого же подхода посвящена глава 7, в которой рассматриваются модели таких спортивных игр как теннис, волейбол и футбол.

Глава 8 содержит обсуждение результатов применения метода построения клеточных автоматов в математическом моделировании социально-экономических процессов.

В заключении диссертационной работы перечислены ее результаты и рассматриваются возможные направления развития предложенной методики, а также выражены благодарности.

Достоверность и обоснованность теоретических результатов, полученных в диссертации, обеспечиваются корректным применением математического аппарата дискретной математики, теории клеточных автоматов, теории вероятностей и математической статистики, эконометрики, теории графов, и строгим математическим обоснованием предложенных методов и алгоритмов. Адекватность построенных моделей подтверждается соответствием результатов, получаемых при помощи компьютерного моделирования, теоретически полученным результатам и данным наблюдений.

Научная новизна работы состоит в том, что все модели, методы, алгоритмы и полученные с их помощью результаты, представленные в диссертации, являются новыми и оригинальными. Метод замены

дифференциальных уравнений клеточными автоматами является новым, поскольку разработан автором и обоснован им же путём доказательства сходимости решения, полученного при помощи клеточного автомата к решению исходной задачи Коши. Все модификации моделей, полученные в рамках данного исследования при помощи этого метода, являются новыми и оригинальными, поскольку основаны на клеточных автоматах, построенных автором работы

Теоретическая значимость работы состоит в предлагаемом методе замены дифференциальных зависимостей клеточными автоматами и родственными им объектами, который может быть применен и, как показано в работе, применяется при моделировании социально-экономических процессов, позволяя повысить эффективность расчётов и расширить области применимости моделей. Практическая значимость результатов стоит в том, что разработанные на основе данного метода модели могут быть использованы для решения прикладных задач моделирования и прогнозирования социально-экономической динамики в различных исследованиях. Результаты диссертации были использованы в ряде научно-исследовательских проектов, поддержанных грантами РФФИ, что свидетельствует об их востребованности для решения научно-прикладных задач.

Основные результаты диссертационной работы прошли достаточно широкую научную апробацию на многих всероссийских и международных научных и научно-практических конференциях, в авторитетных российских и международных изданиях. Общее количество публикаций по теме диссертации составляет 60 работ, что существенно превышает установленные требования. Наиболее значимыми являются 18 работ, среди которых 7 публикаций, индексируемых в международной базе цитирования Scopus, 10 публикаций, индексируемых в RSCI и 1 публикация в ведущем рецензируемом издании, рекомендованном ВАК.

Автореферат полностью и адекватно отражает основное содержание и научные результаты диссертации, в нем отражены все ключевые элементы исследования.

Оценка работы в основном положительная, однако имеются следующие замечания:

1. В главе 2 при изложении модели информационного противоборства не сформулированы достаточно чётко цели противоборствующих сторон (например, в виде целевых функций).
2. В главе 4 одним и тем же методом получены несколько различных клеточных автоматов для, казалось бы, одной и той же исходной модели. Не разъяснены удовлетворительным образом различия, приведшие в ходе применения метода к нескольким различным результатам.
3. В главе 7 автор ограничился рассуждением о том, что модели носят характер, аналогичный моделям из предыдущих глав. Уместно было бы подробнее рассмотреть сходство с клеточным автоматом хотя бы на

примере одной из моделей, расписав множество состояний, правила автомата и т.п.

Указанные недостатки не умаляют высокой оценки выполненной соискателем работы.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Метод замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами в задачах социально-экономической динамики» полностью соответствует требованиям п. 2.1 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в ФГАУ ВО Российский университет дружбы народов, утвержденного Ученым советом РУДН, протокол № УС-1 от 22 января 2024 г., предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор – Степанцов Михаил Евгеньевич – степени доктора физико-математических наук.

Малков Сергей Юрьевич, доктор технических наук (20.02.14 – Вооружение и военная техника. Комплексы и системы военного назначения), профессор кафедры глобалистики факультета глобальных процессов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», действительный член Академии военных наук и Академии естественных наук, e-mail: s@malkov.org



Малков С.Ю.

Подпись Малкова С.Ю. удостоверяю.

ПОДПИСЬ ВЕРНА
ЗАВЕРЯЮ

СЕКРЕТАРЬ ФГП МГУ

Э.С. ВОСКАНИЯ

Дата: 08 июля 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», факультет глобальных процессов

Адрес: 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 13, факультет глобальных процессов

Телефон: +7 (495) 939-43-23

E-mail: info@fgp.msu.ru

Веб-сайт: <http://fgp.msu.ru/>