

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Бродского Юрия Игоревича

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.

Актуальность темы

Сегодня математическое моделирование является инструментом исследования в области экономических и социальных наук. От естественных наук этой сферой был унаследован целый пласт непрерывных математических моделей, которые успешно применялись для решения прикладных задач прогнозирования и моделирования социально-экономической динамики. С другой стороны непрерывный характер этих моделей создает ряд проблем в связи с тем, что моделируемая социально-экономическая реальность имеет ярко выраженный дискретный характер. Кроме того, область применимости и гибкость исходных моделей в ряде случаев оставляют желать лучшего. Однако нецелесообразен и отказ от ранее разработанных моделей в пользу создания новых дискретных их аналогов «с нуля». Данная диссертация посвящена решению важной научной проблемы: созданию общего метода замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами в задачах социально-экономической динамики, имеющих вид задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений либо сводимых к таковым. Предлагаемый метод сохраняет макродинамику модифицируемых моделей при использовании принципиально иной (дискретной) микродинамики.

Содержание диссертации

Диссертационная работа включает введение, восемь глав, заключение и список литературы.

Во введении изложен обзор научной литературы по исследуемой проблеме, а также современное состояние математического моделирования социально-экономических процессов. Там же обоснована актуальность диссертационного исследования, сформулированы его цель и задачи, перечислены методы исследования, приведены основные результаты, выносимые на защиту, их научная новизна, степень достоверности, теоретическая и практическая значимость, а также список публикация автора по теме диссертации.

В первой главе изложен собственно метод замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами клеточными автоматами. Для среднего значения переменной, соответствующей состояниям клетки стохастического клеточного автомата, доказана теорема о сходимости к решению соответствующей начальной задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения. Получено следствие из этой теоремы, позволяющее ограничить число состояний автомата. Пояснено, как более сложные модели могут быть сведены к такой начальной задаче.

Во второй главе этот метод применён к модели информационного противоборства, основанной на нейрологической схеме Рашевского, содержащей интегро-дифференциальное уравнение. В полученную таким образом дискретную модель добавлены влияние малых групп и интериоризация общественного мнения, а также неаналитические зависимости параметров от времени. Всё перечисленное невозможно было учесть в рамках непрерывной модели. При помощи этой дискретной модификации исходной модели решен ряд задач оптимального управления пропагандой.

В третьей главе метод использован в отношении модели А.П. Михайлова «власть-общество». Получен ряд оригинальных результатов, связывающих динамику системы власти с уровнем коррупции, региональными различиями,

миграцией и наличием транспортных связей между регионами.

В четвёртой главе метод замены используется в отношении задачи о моделировании движения неорганизованной группы людей при наличии препятствий. При помощи ряда модифицированных дискретных моделей исследовано явление «отрицательной вязкости» и получены оптимальные конфигурации препятствий для конкретных случаев.

В пятой главе при помощи клеточного автомата, построенного на основе данного метода, осуществлено математическое моделирование профессиональной группы учителей средних школ и прогнозирование ее количественного и качественного состава.

В шестой главе построена дискретная динамическая модель транспортной сети. С её помощью для ряда сценариев получен прогноз развития и влияния на экономику сети железных дорог.

Седьмая глава посвящена моделированию динамики спортивных состязаний на основе этого же подхода. Доказан ряд утверждений относительно влияния права первой подачи на результат в играх с дискретным временем, проведен ретроспективный анализ ряда футбольных и волейбольных матчей и введено понятие справедливости турнирной формулы соревнования.

В восьмой главе проведено обсуждение вышеизложенных результатов применения метода замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами 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 новизна результатов диссертации

Достоверность результатов диссертации подтверждается соответствием результатов, получаемых в ходе вычислительных экспериментов с дискретными модификациями моделей, аналитическим результатам,

полученным при помощи исходных моделей, а также, в ряде задач, наблюдаемым данным. Адекватность построенных моделей подтверждается соответствием результатов, получаемых при помощи компьютерного моделирования, теоретически полученным результатам и данным наблюдений.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- предложен новый оригинальный метод замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами;

- построена новая дискретная модификация модели А.П. Михайлова «власть-общество» на основе клеточного автомата, на основе которой создана компьютерная модель, описывающая трехуровневую систему власти, при помощи которой область применимости исходной модели существенно расширена;

- построена дискретная модификация модели информационного противоборства, в рамках которой разработаны алгоритмы, реализующие динамику мнений индивидов под влиянием малых референтных групп и с учетом интериоризации общественного мнения;

- разработан ряд дискретных модификаций математических моделей, описывающие движение неорганизованной группы людей и создана компьютерная модель такого движения в условиях наличия препятствий;

- разработана дискретная модификация модели неперекрывающихся поколений, описывающая динамику численности профессиональной группы при помощи одномерного клеточного автомата и построены компьютерные модели профессиональных групп учителей средних школ и численности студентов вузов;

- построена дискретная модификация математической модели динамического развития транспортной сети, основанная на принципах самоорганизации товарных потоков, обратной связи между динамикой этих потоков и развитием сети, на её основе разработаны и реализованы компьютерные модели сетей железных дорог ряда стран

- разработана методики моделирования хода матчей для спортивных

соревнований с дискретным и непрерывным временем.

Все модификации моделей, полученные в рамках данного исследования при помощи этого метода, являются новыми и оригинальными, поскольку основаны на клеточных автоматах, построенных автором работы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций в работе 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. Все результаты диссертации являются корректными и обоснованными.

Ценность для науки и практики результатов работы

Ценность работы для науки состоит в предлагаемом методе замены дифференциальных зависимостей клеточными автоматами и родственными им объектами, который может быть применен и применяется для моделирования социально-экономических процессов, позволяя повысить эффективность расчётов и расширить области применимости моделей. Практическая значимость результатов состоит в том, что разработанные на основе данного метода модели могут быть использованы для решения прикладных задач моделирования и прогнозирования социально-экономической динамики в различных научно-исследовательских институтах.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертации апробированы на многочисленных всероссийских и международных научных и научно-практических конференциях, а также опубликованы в ведущих 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.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат полностью и адекватно отражает основное содержание и научные результаты диссертации, в нем отражены все ключевые элементы исследования. Разделы автореферата строго соотносятся с соответствующими разделами и главами диссертации. Основные положения, выносимые на защиту, чётко сформулированы в автореферате, не изменены по смыслу, подкреплены теми же аргументами и данными, что и в тексте самой диссертации.

В автореферате перечислены результаты, изложенные в диссертации, указана их новизна, подтверждена теоретическая и практическая ценность работы в том же объёме, что и в диссертации. Выводы в реферате логически вытекают из результатов, представленных в диссертации, практические рекомендации и перспективы разработки темы соответствуют заключительным разделам полной работы, нет расхождений между выводами в автореферате и полном тексте диссертации.

В автореферате не содержится информации, которая отсутствовала бы в диссертации. Автореферат не перегружен второстепенными деталями, но при этом передаёт суть исследования. Автореферат является надёжным и лаконичным изложением диссертационной работы, не умаляющим её научной ценности и не искажающим ключевые выводы.

Замечания по работе

1. В главе 1 перед доказательством основной теоремы о сходимости не пояснено, из каких соображений был построен именно такой клеточный автомат, его структура появляется как бы по наитию.
2. В главе 3 не дано строгого определения понятия объёма власти (хотя, по-видимому, этого нет и в исходной модели).
3. В главе 6 автором не обоснован отбор данных при построении имитационных схем сетей железных дорог (где моделируются только некоторые, самые крупные узлы) и не рассмотрен вопрос о том, как исключение из рассмотрения более мелких узлов влияет на результаты моделирования.

Приведенные недостатки не снижают научную ценность результатов диссертационной работы и не влияют на её положительную оценку.

Заключение

Диссертационная работа Степанцова Михаила Евгеньевича «Метод замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами в задачах социально-экономической динамики» 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.

Работа 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 – заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент

Бродский Юрий Игоревич, доктор физико-математических наук (05.13.17 Теоретические основы информатики), доцент, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук

д.ф.-м.н., в.н.с.
отдела 34 ФИЦ ИУ РАН

01 сентября 2026 г.

Бродский Ю.И.



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный
исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук

Адрес: 119333, Москва, ул. Вавилова, д.44, корп. 2

Телефон: +7 (499) 135-62-60

E-mail: frccsc@frccsc.ru

Веб-сайт: [http:// frccsc.ru](http://frccsc.ru)