

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Боголюбова Александра Николаевича

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

Диссертация Степанцова М.Е. посвящена новой и очень актуальной теме математического моделирования. В настоящее время математика, которая долгие годы была мощным инструментом исследования в естественных науках, начинает всё более активно вторгаться в традиционные области гуманитарных наук (таких как социология, экономика, политология, демография, безопасность), в связи с чем возникает большое количество задач, где возможно, а в большинстве случаев просто необходимо применение методологии математического моделирования. При этом, как совершенно справедливо отмечает автор, при исследовании социально-экономической динамики исследуемая реальность является существенно дискретной, причем дискретность исследуемых структур является определяющей при изучении подобных процессов. Следовательно, моделирование таких процессов и структур необходимо проводить с помощью дискретных моделей. К таким моделям относятся, например, клеточные автоматы. Однако для моделирования социально-экономических процессов по аналогии с физикой широко используются модели на основе дифференциальных уравнений. С их помощью было получено значительное количество важных результатов, но они имеют существенные ограничения на вид решения, на зависимости

параметров, а при численном их решении часто возникают неустойчивости, с чем приходится бороться, существенно усложняя численные алгоритмы. Они являются менее гибкими в случае, при необходимости ввести в рассмотрение новые факторы. Однако отказ от применения существующих наработанных подходов также не является целесообразным.

Эту важную научную проблему и решает данная диссертационная работа. Предлагаемый в ней метод замены задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений клеточными автоматами позволяет построить модификацию исходной модели, сохраняющую её макродинамику, что позволяет значительно расширить область применимости и гибкость исходной модели и повысить эффективность вычислений.

Содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, восьми глав, заключения и списка литературы.

Введение включает краткое изложение истории математического моделирования социально-экономических процессов с обзором литературы по теме диссертации, характеристику современного состояния научных исследований в этой области, обоснование актуальности диссертационного исследования, его цель, задачи, методы, основные результаты, выносимые на защиту. Обоснована их научная новизна, степень достоверности, теоретическая и практическая значимость, и приведён список публикаций автора по теме диссертации.

В первой главе изложен и обоснован метод замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами. Доказана теорема о сходимости решения, получаемого при помощи клеточного автомата, к решению соответствующей задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения и следствие из этой теоремы, позволяющее ограничить число состояний автомата. Обсуждается вопрос о сведении более сложных моделей к такой задаче Коши.

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.

Третья глава посвящена использованию предлагаемого метода в отношении модели А.П. Михайлова «власть-общество». Полученный при этом дискретный вариант модели позволил рассмотреть в её рамках такие факторы как экономическое развитие, коррупцию, миграцию, товарообмен между регионами. При исследовании нескольких сценариев в построенной на ее основе имитационной системе был получен ряд оригинальных результатов.

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 на основе предлагаемого метода модель численности профессиональной группы сводится к одномерному клеточному автомату, при помощи которого осуществляется математическое моделирование профессиональной группы учителей средних школ двух регионов России 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.

В седьмой главе на основе этого же подхода создан ряд моделей динамики спортивных соревнований. Для различных игр, как с дискретным, так и с непрерывным временем, получен ряд оригинальных результатов и исследован вопрос о справедливости турнирной формулы соревнования.

В восьмой главе проведено обсуждение вышеизложенных результатов применения метода замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами при математическом моделировании 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. Данный метод может быть применен и применяется для моделирования 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 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

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания.

- 1) Во второй главе работы не рассмотрено влияние интегрального члена на сходимость решения.
- 2) В шестой главе работы не уделено должного внимания вопросу о достаточности степени детализации схем транспортных сетей в имитационных моделях (они явно не содержат все без исключения узлы реальных сетей).

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

Заключение

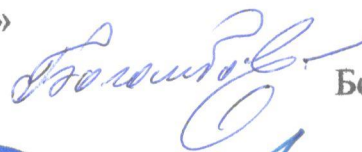
Диссертационная работа Степанцова Михаила Евгеньевича «Метод замены дифференциальных уравнений клеточными автоматами в задачах социально-экономической динамики» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной проблемы, имеющей важное значение для развития 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

Боголюбов Александр Николаевич, доктор физико-математических наук (05.13.16 – Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях), профессор, заведующий отделением прикладной математики физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова»
д.ф.-м.н., профессор



Боголюбов А.Н.

И.О. декана физического факультета МГУ
профессор

Дата: 31.08.2026 г.



Белокуров В.В.

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

Адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

Телефон: +7 (495) 939-10-00 E-mail: info@rector.msu.ru Веб-сайт:

<https://msu.ru>