

ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертационной работе Барабаш Ольги Павловны «Модифицированная дискретизация и программная реализация для нелинейных непрерывных математических моделей роста и распространения», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертация посвящена разработке и исследованию дискретных математических моделей на основе непрерывных математических моделей роста и распространения. Непрерывные модели, служащие отправной точкой для дискретизации, относятся к диффузионно-логистическим семействам и при нетривиальном росте содержат нелинейные дифференциальные уравнения. К таким уравнениям относится, в частности, классическое нелинейное уравнение реакции-диффузии с квадратичной нелинейностью. Его дискретизация является постоянно вызывающей интерес проблемой. В диссертации О.П. Барабаш осуществлена линейная дискретизация этих нелинейных моделей, что позволяет существенно снизить сложность алгоритма численной реализации. Кроме того, в диссертации с помощью финитных базисных сплайнов специального вида разработана дискретизация модели роста-распространения с сингулярной диффузионной составляющей. Во всех случаях проведено обоснование разработанных методов дискретизации с помощью стандартных математических инструментов и проведен численный эксперимент.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, указывается степень ее разработанности, обозначаются объект и предмет исследования, цели и задачи исследования, констатируются основные результаты и положения, выносимые на защиту, характеризуется научная новизна диссертационного исследования, аргументируется его достоверность.

В первой главе приводится обзор основных результатов, характеризующих степень разработанности темы исследования.

Вторая глава посвящена построению и исследованию линейной неявной конечно-разностной схемы для нелинейной модели роста-распространения. Линеаризация достигается благодаря использованию комбинации значений искомого решения в узлах текущего и предшествующего слоев. Доказано, что построенная конечно-разностная схема имеет первый порядок аппроксимации по времени и второй по пространственной переменной. Установлена устойчивость построенной разностной схемы.

Третья глава посвящена моделям роста-распространения с сингулярностью в диффузионной составляющей. Построена дискретизация диффузионной сингулярной модели с помощью проекционно-сеточного метода с использованием специализированных базисных сплайнов. Доказаны априорная оценка для приближенного решения и оценка скорости сходимости приближенного решения к точному с использованием весовых норм. Для нелинейной диффузионно-логистической дискретной модели с сингулярностью построена комбинированная дискретизация с использованием проекционно-сеточной аппроксимации диффузионной сингулярной составляющей и разработанной во второй главе разностной аппроксимации с весами для логистической составляющей. В этой же главе построена конечно-разностная схема дискретизации двумерной сингулярной стационарной модели распределения субстанции. Получена априорная оценка.

В четвертой главе описывается реализация построенных дискретных моделей для классической и сингулярной задач роста-распространения в виде алгоритмов для компьютерных программ на языке Python, дается описание программ, интерфейса пользователя, диаграмм классов и сценариев, условий и результатов численных экспериментов. Для уникального сочетания начального профиля и граничных режимов, допускающего явное решение в виде бегущей волны, результаты вычислительного эксперимента для регулярной модели роста-распространения сравнены с точным решением. Расчеты показали высокую точность приближения. Для набора входных данных, полученных в результате натуральных измерений, результаты вычислительного эксперимента согласуются с

данными наблюдений. Для сингулярной модели роста-распространения получены результаты численного эксперимента, согласующиеся с натурными наблюдениями.

Основные результаты, полученные в диссертации.

1. Разработан, обоснован и протестирован эффективный линейный вычислительный метод для непрерывной нелинейной модели роста и распространения с применением современных компьютерных технологий. Разработанный метод дискретизации нелинейной модели роста-распространения отличается тем, что он приводит к системе линейных алгебраических уравнений. При этом он позволяет получить оценку порядка аппроксимации и достаточное условие устойчивости.

2. Разработаны новая дискретная математическая модель и эффективный численный метод дискретизации непрерывной сингулярной модели распространения. Модель реализована с помощью проекционно-сеточного метода Бубнова-Галеркина, отличающегося применением финитных сплайнов особого вида и позволяющего доказать оценку погрешности в весовом функциональном пространстве. Предложена линейная дискретная модель для сингулярной нелинейной непрерывной модели роста-распространения. Разработана аппроксимирующая дискретная модель для плоской сингулярной стационарной задачи распределения субстанции, которая отличается учетом ослабленных требований к гладкости решения и позволяет получить априорную оценку.

3. На основе разработанной в рамках диссертации технологии создания дискретных линейных математических моделей создан комплекс программ для исследования проблемы роста-распространения и проведения вычислительных экспериментов.

Перечисленные результаты являются новыми.

Основные результаты диссертации опубликованы в 12 научных работах, из которых публикаций в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ — 3, индексируемых в международной базе GeoRef — 2. Получены два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Считаю, что диссертация Барабаш О.П. «Модифицированная дискретизация и программная реализация для нелинейных непрерывных математических моделей роста и распространения» удовлетворяет всем требованиям, установленным п.14 Положения о присуждения ученых степеней, а ее автор, Барабаш Ольга Павловна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Научный руководитель
Доктор физико-математических наук,
доцент,
профессор кафедры математического
и прикладного анализа
ФГБОУ ВО «ВГУ»,
14.11.2025.

Половинкин Игорь Петрович

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)
Почтовый адрес:
394018, Россия, г. Воронеж,
Университетская площадь, д. 1, ауд. 223.
Телефон: +7 (473) 220-83-48
Адрес электронной почты: polovinkin@yandex.ru



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)	
<i>Половинкин И. П.</i>	
начальник отдела кадров	
должность	
<i>Зарудная Т.В.</i>	14.11.2025
подпись, расшифровка подписи	