

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Малых Михаила Дмитриевича

на диссертационную работу Васильевой Ирины Ивановны на тему «Качественное и численное исследование многомерных миграционно-популяционных моделей с конкуренцией», представленную к защите в ПДС 0200.006 на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы

Анализ траекторной динамики и решение задач параметрической оптимизации с применением компьютерных методов относятся к актуальным направлениям исследования динамических миграционно-популяционных моделей. Важной проблемой является задача подбора параметров модели, описывающих естественный рост популяций, внутривидовую и межвидовую конкуренции, взаимодействие хищников и жертв, а также скорости миграции каждого из видов. Кроме того, при детерминистическом описании модели не учитываются вероятностные факторы, влияющие на траекторную динамику модели, поэтому актуальным является изучение стохастических вариантов популяционных моделей и проведение сравнительного анализа динамики детерминированных миграционно-популяционных моделей и соответствующих им стохастических моделей, построенных с учетом воздействия аддитивных, мультипликативных и параметрических шумов.

Содержание диссертации

Диссертация Васильевой И.И. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Введение содержит обоснование актуальности темы, цель и задачи диссертационного исследования. Отмечается научная новизна, приводятся основные результаты работы и их практическая значимость.

В первой главе «Аналитический обзор методов и результатов математического моделирования систем популяционной динамики» дано теоретическое описание методов математического моделирования миграционно-популяционных систем с конкуренцией видов, приведено описание обобщенных моделей Лотки-Вольтерры и их упрощенных модификаций, проведен обзор численных методов поиска оптимальных параметров, а также выявлены аспекты применения различных методов стохастизации систем популяционной динамики. Дана постановка задачи исследования конечномерных миграционно-популяционных моделей с конкуренцией и трофическими взаимодействиями.

Во второй главе «Построение, компьютерное исследование и анализ устойчивости детерминированных миграционно-популяционных моделей с конкуренцией» предложена модификация метода дифференциальной эволюции. В разделах 2.2 – 2.6 указаны метод, применяемый для поиска оптимальных параметров детерминированных популяционных моделей с учетом межвидовой и внутривидовой конкуренции, трофических взаимодействий и миграционных потоков. В разделе 2.7 формулируются условия сосуществования видов и условия устойчивости состояния равновесия с применением функции Ляпунова.

В третьей главе «Построение, анализ и компьютерное исследование стохастических миграционно-популяционных моделей с конкуренцией» решены задачи стохастизации популяционных моделей с применением аддитивных и мультипликативных гауссовых шумов, а также приведен алгоритм перехода от детерминированных моделей к стохастическим. Кроме того, проведен сравнительный анализ результатов для детерминированных и стохастических моделей.

В четвертой главе «Алгоритмическое обеспечение, структура программного комплекса и анализ результатов компьютерных экспериментов» приведено описание алгоритмов моделирования миграционно-популяционных систем и модифицированного алгоритма дифференциальной эволюции для поиска параметров моделей. В разделах 4.3 – 4.6 описана структура программного комплекса, подготовка детализация каждого модуля с примером работы и дано обоснование реконструкции использованных программного комплекса для моделирования конечномерных нелинейных систем. Описано создание программного комплекса, который

применяется для решения прикладных задач в области экологии, управления природными ресурсами и управления численностью популяций.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы, а также указаны перспективы дальнейших исследований.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность результатов исследования подтверждается их согласованностью с результатами вычислений, полученными в ходе тестирования программного комплекса. В диссертационном исследовании приведены доказательства полученных теорем. Научная новизна работы представленной диссертационной работы заключается в следующем.

1. Построены и изучены модели популяционной динамики с учетом конкуренции видов и миграционных потоков.
2. Проведено моделирование процессов взаимодействия видов в условиях конкуренции и миграционных потоков.
3. С помощью дифференциальной эволюции решена оптимизационная задача поиска параметров с учетом критериев оптимальности, обеспечивающих сосуществование популяций в условиях конкуренции видов в основном ареале с учетом миграции этих видов в убежище.
4. Изучена траекторная динамика, построены проекции фазовых портретов. Выявлены качественные эффекты и дан сравнительный анализ полученных результатов для изученных модификаций миграционно-популяционных моделей.
5. Получены условия существования положительных и неотрицательных состояний равновесия и исследована устойчивость в смысле Ляпунова состояний равновесия трехмерных миграционно-популяционных моделей.
6. Осуществлена стохастизация моделей на основе аддитивных, мультипликативных и параметрических шумов, а также метода построения самосогласованных моделей. Изучена траекторная динамика в стохастическом случае.
7. Проведен сравнительный анализ детерминированных и стохастических моделей. Выявлены наборы параметров, при которых решения как

детерминированных, так и стохастических дифференциальных уравнений выходят на стационарный режим.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Все утверждения диссертации обоснованы на высоком научном уровне, приведены полные доказательства теорем и обоснования выводов. Разработанные методы являются конструктивными и применимы к не изученным ранее классам динамических систем.

Ценность для науки и практики результатов работы

Результаты исследования имеют практическую значимость для учебного процесса. В частности, ряд результатов исследования используется в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», результаты были использованы при разработке учебного пособия. Полученные в диссертационном исследовании результаты могут найти применение при решении задач математического моделирования биологических, экологических, физических процессов.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

По теме диссертации опубликовано 24 научные публикации, из которых 3 работы проиндексированы в международной базе Scopus, а также публикации в рецензируемых журналах ВАК, что подтверждает высокую значимость работы.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Разделы автореферата строго соотносятся с аналогичными разделами и главами диссертации. Заголовки, нумерация и иерархия разделов в автореферате зеркально повторяют структуру полной работы. Основные научные положения, выносимые на защиту в диссертации, чётко сформулированы в автореферате, не изменены по смыслу, подкреплены теми же аргументами и данными, что и в полном тексте.

В автореферате перечислены уникальные результаты, заявленные в диссертации, указаны отличия от предшествующих исследований, обоснована теоретическая и практическая ценность работы в том же объеме, что и в диссертации. Выводы в автореферате логически вытекают из результатов, представленных в диссертации, практические рекомендации и перспективы разработки темы в автореферате соответствуют заключительным разделам полной работы, нет расхождений между итогами в автореферате и диссертационном тексте.

В автореферате не содержится информации, которая отсутствует в диссертации. Автореферат кратко резюмирует уже изложенные в полной работе материалы. Автореферат не перегружен второстепенными деталями, но при этом передает суть исследования. Автореферат является надёжным и лаконичным изложением диссертационной работы, не умаляющим её научной ценности и не искажающим ключевые выводы.

Замечания по работе

Перечислим основные замечания к диссертационному исследованию.

1. Параметры модели (2.2) на стр. 44 введены фразой «С помощью дифференциальной эволюции получены значения параметров модели (2.3)». Следовало сформулировать задачу подбора параметров, которая была решена этим методом.
2. В работе многократно и справедливо упоминается как важный шаг выбор целевой функции. Однако сама целевая функция, рассматриваемая в работе, описана для частных случаев в виде Листингов 4.2 и 4.4. Описание, данное листингу 4.2 на стр. 125, чрезвычайно кратко. Требуется пояснения почему критерием оптимальности выбрана «максимизация интеграла произведений функций, характеризующих плотности популяций». Не ясно, почему берется именно 30 последних элементов, почему для интегрирования используется именно метод трапеций. Требуется пояснения выбор целевой функции в Листинге 4.4.
3. Численный метод интегрирования дифференциальных уравнений указан слишком поздно, на стр. 103, в то время как первые результаты расчетов

появляются на стр. 44. Не указаны шаг и порядок метода Рунге-Кутты. Не ясно, каким образом оценивалась ошибка численного интегрирования.

4. Не даны пояснения относительно выбора параметров метода дифференциальной эволюции. Представляется, что неудачный выбор параметра F может существенно усложнить ситуацию.
5. Валидацию программного комплекса, описанного в главе 4, следовало бы расширить. Желательно было бы реализовать модульное тестирование программного комплекса, сравнить результаты тестирования с результатами аналитических решений.
6. В диссертации имеются недочеты редакционного характера, встречаются опечатки, опiski и другие стилистические погрешности, например, система уравнений (2.15) на стр. 77 содержит фазовые переменные x_1, x_2, y_1, y_2 , однако в подрисуночной подписи и обозначениях на рис. 2.31 некорректно указаны переменные y_1, y_2, y_3, y_4 .

Приведённые замечания не снижают научную ценность результатов диссертационной работы и не влияют на её положительную оценку.

Заключение

Диссертационное исследование Васильевой Ирины Ивановны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи разработки алгоритмов и специализированного программного комплекса для изучения траекторной динамики и поиска оптимальных параметров математических моделей популяционной динамики. С помощью дифференциальной эволюции решена оптимизационная задача поиска параметров с учетом критериев оптимальности, обеспечивающих совместное существование популяций в основном ареале обитания при наличии конкуренции, а также существование вида в ареале миграции.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук согласно пункта 2.2 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, а её автор, Васильева Ирина

Ивановна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент

Малых Михаил Дмитриевич, доктор физико-математических наук (05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцент, заведующий кафедрой математического моделирования и искусственного интеллекта Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

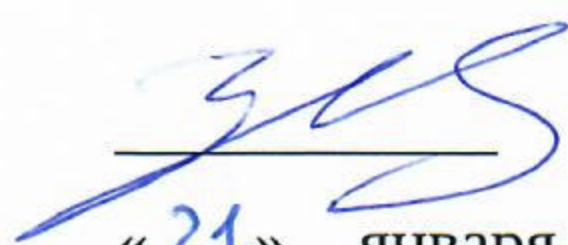


Малых Михаил Дмитриевич

«20» января 2026 г.

Подпись Малых Михаила Дмитриевича заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», доцент



Зарядов Иван Сергеевич

«21» января 2026 г.



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Адрес: 117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Тел. +7 (499) 135-62-60, e-mail: malykh-md@rudn.ru

Страница в интернете: <https://www.rudn.ru>