

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Лискиной Екатерины Юрьевны

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

Актуальность диссертации обусловлена возрастающей потребностью в изучении сложных нелинейных процессов, описывающих функционирование экосистем с учетом внутривидовой и межвидовой конкуренции, миграционных потоков и стохастических факторов внешней среды. Особый интерес представляет направление исследований, посвященное построению и качественному анализу многомерных динамических моделей, позволяющих адекватно описывать взаимодействие множества видов в нескольких связанных ареалах обитания. Указанные модели, как правило, имеют высокую размерность и не допускают аналитического решения. В связи с этим необходимо создание эффективных численных методов, алгоритмов оптимизации и программных комплексов для исследования моделей. Решение задач стохастизации и изучение стохастических вариантов популяционных моделей с учетом миграционных потоков являются важными направлениями исследований.

Содержание диссертации

Диссертационная работа изложена на 155 страницах и имеет следующую структуру: введение, четыре главы, заключение, список литературы. Во введении дано обоснование актуальности темы диссертации, проведен обзор научных результатов исследований по тематике диссертации, сформулирована цель исследования и приведены основные результаты работы.

Глава 1 посвящена аналитическому обзору методов и результатов математического моделирования систем популяционной динамики. Дана характеристика математических и компьютерных методов моделирования экосистем. Предложено построение конечномерных динамических популяционных моделей с конкуренцией и миграцией видов. Указанные модели заданы с помощью многомерных нелинейных дифференциальных уравнений, которые являются обобщениями системы Лотки – Вольтерры.

Глава 2 содержит исследование проблем построения и изучения различных модифицированных n -мерных моделей Лотки – Вольтерры с учетом миграционных потоков при $n > 2$. Указанные модификации используют трофические взаимодействия, внутривидовую и межвидовую конкуренцию. Подробно рассмотрено применение метода дифференциальной эволюции для подбора значений параметров в задачах моделирования миграционно-популяционных динамических систем размерностей 4,5 6; выполнено численное моделирование динамики систем с найденными параметрами. Для отдельных типов трехмерных динамических моделей получены условия сосуществования двух видов в основном ареале обитания и существование вида в убежище, проанализирована устойчивость положительных и неотрицательных состояний равновесия с применением функции Ляпунова.

Глава 3 посвящена построению и анализу стохастических популяционных моделей с применением аддитивных и мультипликативных гауссовых шумов. Для описания структуры стохастической модели использованы уравнения Фоккера – Планка и выполнен переход к системе уравнений в форме Ланжевена. Численное решение стохастических систем дифференциальных уравнений реализовано методом Эйлера – Маруямы. Для детерминированного и стохастических случаев проведены компьютерные эксперименты, построены траектории и фазовые портреты. Проведен сравнительный анализ нескольких видов детерминированных и соответствующих им стохастических моделей.

Глава 4 посвящена описанию разработанных алгоритмов для решения задач моделирования, описанию структуры программного комплекса в целом и его отдельных модулей для исследования миграционно-популяционных моделей. Кроме того, приведен анализ функциональности и обоснование рекомендаций использования программного комплекса.

Закключение содержит основные выводы и результаты диссертационной работы.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность полученных в диссертационном исследовании результатов обеспечена их согласованностью с данными численных экспериментов, выполненных в рамках тестирования разработанного программного комплекса, а также строгой математической обоснованностью – все сформулированные утверждения сопровождаются полными доказательствами. Научные выводы и разработанные методы прошли апробацию на различных научно-практических конференциях и семинарах.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- предложены и исследованы обобщенные конечномерные динамические модели миграционно-популяционных систем, учитывающие взаимодействия видов;
- для ряда трехмерных частных случаев выводятся аналитические условия сосуществования популяций;
- на основе применения функции Ляпунова получены достаточные условия асимптотической устойчивости положительных состояний равновесия;
- сформулированы критерии оптимальности, обеспечивающие как устойчивое совместное существование популяций в основном ареале, так и их существование в убежищах;
- разработана модификация алгоритма дифференциальной эволюции, учитывающая специфику структуры миграционно-популяционных моделей;
- с использованием указанной модификации осуществлен подбор оптимальных значений параметров, обеспечивающих желаемые режимы функционирования систем;
- проведен анализ чувствительности траекторной динамики систем к вариативности модельных параметров;
- выявлены и описаны новые качественные эффекты для обобщенных детерминированных миграционно-популяционных систем;
- проведена стохастизация детерминированных моделей с помощью введения аддитивных, мультипликативных и параметрических случайных возмущений;

– выполнен сравнительный анализ детерминированных и соответствующих стохастических моделей, что позволило оценить роль случайных факторов в динамике популяций;

– разработан программный комплекс, предназначенный для численного моделирования, качественного анализа и параметрической оптимизации как детерминированных, так и стохастических миграционно-популяционных систем.

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

Достоверность результатов, полученных в диссертации, базируется на полных доказательствах теорем и строгом использовании методов математического моделирования, теории устойчивости динамических систем, качественной теории дифференциальных уравнений, численных методов решения нелинейных дифференциальных уравнений и численных методов оптимизации. Все результаты диссертации являются обоснованными, поскольку приведены доказательства утверждений и выводов.

Ценность для науки и практики результатов работы

Исследование многомерных популяционных моделей с учетом конкуренции, миграции и случайных возмущений представляет собой научную ценность. Результаты могут найти применение при решении задач математического моделирования биологических, экологических, физических, химических, экономических и демографических процессов.

Результаты исследования имеют практическую значимость для учебного процесса физико-математических специальностей. В частности, ряд результатов исследования используется в учебном процессе при решении задач математического моделирования динамических систем.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Научные выводы и разработанные методы прошли апробацию на различных научно-практических конференциях и семинарах. По теме диссертации автор имеет 24

публикации, в том числе 3 статьи в журналах, индексируемых в международной базе SCOPUS, и журналах в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

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 объёме, 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 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 диссертации целесообразно было бы провести сравнительный анализ результатов вычислительных экспериментов с конкретными эмпирическими данными.

2. В диссертации отсутствует подробный сравнительный анализ алгоритма дифференциальной эволюции с другими мета-эвристическими алгоритмами с учетом оценки вычислительной сложности и скорости сходимости.

3. На графике, представленном на рис. 2.26 на стр. 72, следовало бы уменьшить границы диапазонов изменения значений фазовых переменных для более четкой визуализации перехода к стационарному режиму.

4. В главе 3 для системы стохастических дифференциальных уравнений с мультипликативным шумом следовало бы рассмотреть матрицу $b(x,t)$ не только в тривиальном случае постоянного параметра интенсивности шума σ , но и с учетом варьирования этого параметра.

5. В диссертации имеются стилистические погрешности, опечатки и редакционные недостатки; например, обнаружена опечатка в таблице 2.6 на стр. 80: вместо « $dnjhjq$ жертвы» должно быть «второй жертвы»; источники в списке литературы оформлены не по единому ГОСТу.

Приведенные замечания не снижают научную ценность результатов диссертационной работы и не влияют на ее положительную оценку.

Заключение

Диссертационное исследование Васильевой Ирины Ивановны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи, имеющей важное значение для развития математического моделирования систем популяционной динамики с учетом конкуренции и миграции видов, а также для развития методов численной оптимизации. Программный комплекс, разработанный в рамках диссертационного исследования, может быть рекомендован для решения прикладных задач в области экологии, управления природными ресурсами и управления численностью популяций.

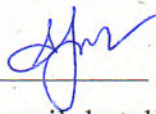
Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук согласно пункта 2.2 раздела II Положения о присуждении учёных степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет 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

Лискина Екатерина Юрьевна, кандидат физико-математических наук (05.13.18 – теоретические основы математического моделирования, численные методы и комплексы программ), доцент, заведующий кафедрой математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина».

«22» января 2026 г.



Лискина Екатерина Юрьевна

тел. +7 920 638-69-76; e-mail: katelis@yandex.ru

Подпись Лискиной Екатерины Юрьевны удостоверяю

Ученый секретарь ученого совета
РГУ имени С.А. Есенина
«22» января 2026 г.



/ Е.В. Корчагина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина», институт физико-математических и компьютерных наук, кафедра математики

Адрес: 390000, г. Рязань, ул. Свободы, д. 46

Тел. +7 (4912) 28-03-89, e-mail: rsu@rsu-rzn.ru

Страница в интернете: <https://rsu-rzn.ru>