

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Разжевайкина Валерия Николаевича

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

Построение и исследование популяционных моделей, учитывающих миграционные потоки, является актуальным в настоящее время в условиях широкого распространения вычислительных методов и связанных с ними математических дисциплин. Когда конкуренция, трофические взаимодействия и миграция видов между ареалами существенно влияют на устойчивость экосистем, особую значимость приобретает построение и анализ многомерных обобщений классических моделей. Среди задач, возникающих в ходе анализа таких систем, оказываются такие, как получение условий сосуществования видов, а также установление критериев устойчивости состояний равновесия. В этой связи особый интерес представляет собой возможность учета стохастических воздействий на процессы, наблюдаемые в рамках детерминированных моделей. Обычно это делается путем введения аддитивных и/или мультипликативных случайных возмущений, с последующим проведением сравнительного анализа их динамических свойств. Изучение динамики стохастических популяционных моделей позволяет оценить роль случайных факторов в сохранении биоразнообразия и устойчивости экосистем.

Содержание диссертации

Диссертация включает введение, четыре главы и заключение. Список литературы содержит 152 наименования. Во введении обоснованы актуальность и научная новизна исследования, указана степень разработанности, сформулированы цели и задачи работы, охарактеризована теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе можно найти обзор подходов к математическому моделированию в популяционной динамике. Здесь формулируется задача построения и анализа многомерных обобщенных моделей Лотки–Вольтерра с учетом миграционных потоков. Кроме этого описаны методы вероятностного анализа стохастических систем популяционной динамики и рассмотрена методология поиска оптимальных параметров.

Во второй главе описано построение популяционных моделей с миграцией и конкуренцией. Указан путь к отысканию параметров, найдены стационарные состояния, исследована динамика траекторий,

и построены фазовые портреты различных модификаций конечномерных моделей при выбранных начальных условиях. Для упрощенных трехмерных моделей получены условия сосуществования видов и условия устойчивости состояний равновесия с применением функций Ляпунова. Решен вопрос о корректной разрешимости и существования единственного положения равновесия в модельных системах. Кроме того, приведены результаты компьютерного моделирования систем типа «хищник – жертва» с учетом внутривидовой конкуренции и миграции видов.

В третьей главе в построенные ранее модели привносится стохастическая составляющая. Она имеет вид аддитивных, мультипликативных и/или параметрических шумов. Проведены результаты компьютерных экспериментов, в которых сопоставляются траектории для детерминированного и стохастических случаев.

В четвертой главе автором приводится описание алгоритмического обеспечения и разработанной структуры программного комплекса, предназначенного для моделирования популяционных систем с миграцией.

В заключении приводятся формулировки основных результатов и перечисляются перспективные направления возможных исследований.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность научных результатов работы подтверждается сопоставлением аналитических результатов с результатами, полученными в ходе вычислительного эксперимента.

Научная новизна включает:

- Построение обобщенных конечномерных динамических популяционных моделей с миграцией;
- Построение условий сосуществования видов для частных случаев трехмерных моделей с указанием условий асимптотической устойчивости положительных состояний равновесия с построением функций Ляпунова;
- Нахождение оптимальных параметров популяционных моделей с миграцией;
- Выявление новых качественных эффектов для детерминированных систем, описывающих такие модели;
- Привнесение стохастических возмущений посредством аддитивных, мультипликативных и параметрических случайных шумов, с последующим сравнительным анализом детерминированных и соответствующих им стохастических моделей;
- Разработка программного комплекса, предназначенного для изучения динамики детерминированных и стохастических популяционных моделей с миграцией.

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

Обоснованность полученных результатов обеспечена их согласованностью с данными численного эксперимента, выполненного в ходе тестирования разработанного программного комплекса. Пред-

ставлены доказательства сформулированных теорем, что подтверждает корректность и обоснованность теоретических выводов.

Ценность для науки и практики результатов работы

Теоретическая ценность работы состоит в разработанных моделях, в развитии методов моделирования систем с миграционными потоками, в исследовании свойств моделей на основе анализа динамического поведения и численной оптимизации, а также в создании алгоритмов и программного комплекса для изучения динамики траекторий, для поиска оптимальных параметров и выявления особенностей влияния миграционных потоков на поведение систем.

Практическая ценность заключается в том, что результаты диссертационного исследования могут найти применение при решении задач моделирования био- и экосистем, а также при решении задач анализа сложных динамических систем с учетом случайных факторов.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Результаты диссертации в достаточной мере апробированы, опубликованы в 24 работах, в том числе в журналах, индексируемых в международной базе Scopus, а также входящих в перечень ВАК.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Разделы автореферата строго соотносятся с аналогичными разделами и главами диссертации. Заголовки, нумерация и иерархия разделов в автореферате повторяют структуру диссертации.

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 ее 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. Стр. 24. Неверные комментарии к параметрам в формуле (1.1). Даже в случае модели конкуренции коэффициенты a_i – это мальтузианские параметры (общепринятое выражение). В терминологии автора параметры p_{ij} должны быть неотрицательны, что неверно, например, для системы «хищник-жертва».
2. В подписи к рис. 2.31 фигурирует некое y_4 , которого нет в системе (2.15).
3. В доказательстве теоремы 2 (стр.86) фигурируют слова «можно показать», что делает доказательство неполным.
4. Довольно странные ограничения на параметры в теореме 3 (стр. 87). Элементарно проверяется ее утверждение для произвольных $r>1$, $\mu>0$.
5. На стр. 93 в разделе 3.1 впервые упоминается про численное решение стохастических систем дифференциальных уравнений методом Эйлера–Маруямы, однако отсутствуют ссылки на работы, связанные с использованием указанного метода.
6. Имеется недоработка по структуре изложения разделов 2.5 и 3.2. В разделе 3.2 на стр. 96 представлено описание детерминированной модели (3.11), которое логично перенести в раздел 2.5.

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

Заключение

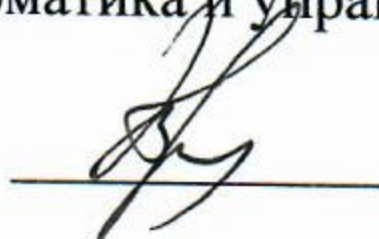
Диссертационное исследование Васильевой Ирины Ивановны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи, имеющей важное значение для математического моделирования и прогнозирования динамики популяций в природных и искусственных экосистемах. Полученные результаты аналитического и численного исследования многомерных популяционных моделей с конкуренцией при наличии миграции направлены на выявление особенностей влияния взаимодействий между видами на устойчивость экосистем. Автором развит подход к учету стохастических факторов, который позволяет оценить влияние аддитивного и мультипликативного шумов на динамику и выявить качественные эффекты такого учета. Созданный программный комплекс реализует разработанные алгоритмы и позволяет решать задачи построения и исследования популяционных систем с миграцией в детерминированном и стохастическом случаях.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук согласно пункту 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

Разжевайкин Валерий Николаевич, доктор физико-математических наук (05.13.18 – теоретические основы математического моделирования, численные методы и комплексы программ), профессор, главный научный сотрудник отдела 34 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук.



Разжевайкин Валерий Николаевич

«19» января 2026 г.

Подпись Разжевайкина Валерия Николаевича удостоверяю:

Ученый секретарь ФИЦ ИУ РАН

доктор технических наук



В.Н. Захаров

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

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

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

Страница в интернете: <http://frccsc.ru>