

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной и
исследовательской деятельности,
доктор химических наук
А.В. Метелица
«14» ноября 2023 г.

Отзыв ведущей организации

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» на диссертационную работу Серинь Моду Ндиайе «Математическое и теоретико-игровое моделирование распространения малярии при отсутствии и наличии вакцинации», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 – Теоретическая информатика, кибернетика

Актуальность темы. Серинь Моду Ндиайе в своей работе предложил разные способы математического и теоретико-игрового моделирования процессов, возникающих при распространении эпидемии малярии в обществе. Тема, несомненно, актуальная, особенно для стран Африки и Азии. Как известно, эффективных мер защиты от малярии до сих пор не существует, и иммунитет, приобретённый после заболевания, нестойкий. Автор подробно описывает проблему высокой заболеваемости малярией во введении и приложении А.

Новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Научная новизна результатов диссертационного исследования сводится к следующим основным положениям:

- предложена модифицированная модель распространения малярии SEIR без учёта динамики популяции комаров, но с учётом фиксированного воздействия заражённых малярией комаров на популяцию человека при наличии или отсутствии вакцинации в популяции человека, для которой исследована устойчивость некоторых точек равновесия системы, найдено базовое репродуктивное число.

- построена обобщённая модель распространения малярии (SEIRSkEkIk), в которой учитывается динамика двух взаимосвязанных популяций: человека и комара при наличии вакцинации и без неё, найдены

некоторые равновесия системы, исследована устойчивость системы в точках равновесия, найдено базовое репродуктивное число;

- предложены модели прогнозирования эпидемии малярии по имеющимся ежегодным статистическим данным с использованием модели SIR и модели CIRD, последняя модель основана на принципе динамического баланса эпидемиологического процесса и учитывает при построении прогнозов сгенерированные динамические тренды стохастических значений процентного прироста общего количества заболевших и предположения о стационарном или нестационарном характере изменения характеристики динамического баланса;

- предложена модель конкуренции и кооперации компаний, производящих вакцины, изучены различные варианты кооперации компаний игроков, проведён анализ устойчивости возможных коалиционных структур или сценариев кооперации игроков, а также найдены коалиционные структуры, наиболее привлекательные для потребителей.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты, представленные в диссертации, имеют теоретическую значимость в области математического моделирования трансмиссивных заболеваний. Модели, предложенные автором, можно использовать для моделирования распространения новых заболеваний в обществе, а также для управления уровнем заболеваемости при изменении процента вакцинированного населения. Значимость данного исследования заключается также в возможности проведения сценарного анализа применения различных стратегий, направленных на уменьшение скорости распространения заболевания. Практические результаты такого применения продемонстрированы в третьей главе диссертации на примере государства Сенегал. Эти результаты представляют практическую значимость, и их можно применить также к другим странам и регионам.

В четвертой главе диссертации автором представлена модель конкуренции и кооперации компаний, являющихся производителями вакцин на рынке, которая также имеет практическую значимость для изучения структуры реального рынка вакцин и анализа возможных сценариев кооперации производителей.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений. Степень обоснованности результатов диссертационного исследования подтверждается корректным использованием математического аппарата для формализованных постановок и решения задач моделирования эпидемии малярии, построения прогнозов развития эпидемиологических процессов, разработки алгоритмов решения задач и проведения численного моделирования.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению. Объем работы составляет 155 страниц, включает введение, четыре содержательных главы, заключение, список литературы и несколько приложений. В первой главе автор предлагает базовую модель динамики малярии, заданную системой дифференциальных уравнений, изучает её характеристики, проводит численное моделирование. Во второй главе представлена вторая модель, уже с двумя популяциями (человека и насекомых). Проводится анализ, подобный анализу, проведённому в первой главе. В третьей главе автор предлагает две модели и применяет их к реальным данным, строит прогнозы заболеваемости малярией в Сенегале. В четвертой главе предлагается игровая модель, в рамках которой изучается кооперация компаний, производящих вакцины. Диссертация написана хорошим математическим языком, структура имеет понятную логику, все представленные утверждения доказаны в работе.

К достоинствам диссертации следует отнести:

- комплексный подход к исследованию проблемы, решению поставленных задач;
- разнообразный выбор математических моделей, используемых при решении задач, сформулированных в работе;
- высокая актуальность рассматриваемой в работе проблемы, учитывая большой интерес научного сообщества к моделированию процессов развития эпидемий и методов воздействия на эти процессы;
- наличие результатов численного моделирования всех представленных моделей, что позволяет оценить сложность применения методов на практике, а также то, насколько результаты могут быть использованы для решения практических задач.

Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати. Результаты диссертационного исследования достаточно полно представлены в научной печати. По теме диссертации автором опубликовано 5 научных работ (1 без соавторов), в том числе: в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ – 4, включённых в базу цитирования Web of Science – 4. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на международных и Всероссийских конференциях, были доложены на семинарах кафедры математической теории игр и статистических решений СПбГУ, которая рекомендовала диссертацию к защите.

Замечания по содержанию работы

1. Непонятно, почему в первой и второй главах изучаются только две точки равновесия системы дифференциальных уравнений. Чем эти точки особенны? Существуют ли другие? Если да, то почему они не исследуются в работе?

2. В третьей главе диссертации строятся прогнозы на основе статистических данных по заболеваемости малярией в Сенегале. Можно ли применять предложенные модели для прогнозирования других заболеваний, передаваемых насекомыми? Есть ли какие-то рекомендации по тому, какие данные (ежегодные, ежемесячные, ежедневные) лучше использовать при построении прогнозов предложенным в работе методом?

3. В четвёртой главе проводится анализ коалиционных структур на устойчивость. В численном примере получилось, что в случае трёх игроков только максимальная коалиция устойчива. Этот результат имеет частный характер (справедлив только для данных параметров модели) или его можно обобщить на произвольные значения параметров и любое число игроков? Может ли получиться, что не будет существовать ни одной коалиционной структуры? Есть ли общие результаты о существовании устойчивой коалиционной структуры?

4. В тексте имеются опечатки, пунктуационные ошибки.

В целом отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают значимости работы.

Заключительная оценка. Диссертация Серинь Моду Ндиайе «Математическое и теоретико-игровое моделирование распространения малярии при отсутствии и наличии вакцинации» посвящена решению актуальной проблемы, содержит новые теоретические результаты, которые могут быть применены на практике при моделировании и управлении процессами развития эпидемий. Диссертационная работа соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения учёных степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Серинь Моду Ндиайе заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Отзыв подготовлен доцентом кафедры прикладной математики и программирования ЮФУ, доктором технических наук (05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах) Ольгой Ивановной Горбанёвой (344090, Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8А, тел. раб. +7(863)2975411, эл. почта: oigorbaneva@sfnedu.ru).

Отзыв обсуждён и утверждён на заседании кафедры прикладной математики и программирования Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета от 14 ноября 2023 г., протокол № 4. Присутствовало на заседании 7 чел.

Результаты голосования: «за» – 7 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет.

Заведующий кафедрой прикладной математики и программирования
Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
доктор физико-математических наук,
профессор

Г.А. Угольницкий

344090, г.Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8А
тел. раб.+7(863)297-54-11, e-mail: gaugolnickiy@sfedu.ru

