

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭПИДЕМИЙ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Григорьев Ф. А.¹, Золотых И. А.¹

Научный руководитель – Коляда Е. С.²

¹Лицей «Физико-техническая школа»

²Университет ИТМО

foydor000@gmail.com

Введение

Актуальность данной работы обусловлена тем, что в настоящее время COVID-19 по-прежнему представляет опасность для населения. Математическое моделирование распространения инфекционных заболеваний позволяет анализировать динамику эпидемий, прогнозировать возможные сценарии их развития и разрабатывать стратегии минимизации числа заболевших и умерших. Полученные результаты могут быть использованы для определения эффективных мер по снижению последствий распространения инфекции.

Основная часть

Целью работы является построение и исследование математических моделей распространения инфекционных заболеваний на основе системы дифференциальных уравнений типа SEIR. Рассматривается задача усложнения классической модели за счет введения параметров смертности и вакцинации, а также анализ распространения инфекции в пространственно распределенной популяции с различной плотностью населения.

В работе была рассмотрена классическая система дифференциальных уравнений SEIR, к которой добавлены параметры смертности и вакцинации. На основе расширенной модели проведено численное моделирование с параметрами, полученными из реальных данных по распространению инфекции COVID-19. Построены двумерные и трехмерные фазовые портреты, позволяющие проанализировать динамику системы и устойчивость состояний. Кроме того, на основе более простой модели разработана имитационная модель распространения инфекции среди людей, проживающих на плоскости с различной плотностью населения. Проведен визуальный анализ полученных результатов, позволяющий оценить влияние пространственного распределения и плотности населения на скорость и характер распространения заболевания.

Новизна работы заключается в усложнении стандартной модели SEIR за счет учета смертности и вакцинации, что делает модель более реалистичной и приближенной к реальным эпидемиологическим процессам.

Выводы

В ходе работы проведено моделирование расширенной SEIR-модели, построены двумерные и трехмерные фазовые портреты, а также исследовано распространение инфекции на плоскости при различной плотности населения. Полученные результаты подтверждают эффективность математического моделирования как инструмента анализа эпидемических процессов и могут служить основой для дальнейших исследований и уточнения моделей.

Литература

1. Мельникова Е. В. Нелинейная динамика распространения эпидемий // Прикладная нелинейная динамика. 1998. № 2. С. 110-116.
2. Dubey B., Dubey P., Dubey U. S. Dynamics of an SIR model with nonlinear incidence and treatment rate // Applications and Applied Mathematics. 2015. Vol. 10, no. 2. P. 718 – 737.
3. He S., Peng Y., Sun K. SEIR modeling of the COVID-19 and its dynamics // Nonlinear Dynamics. 2020. Vol. 101. P. 1667–1680. <https://doi.org/10.1007/s11071-020-05743-y>.
4. Tsori Y., Granek R. Epidemiological model for the inhomogeneous spatial spreading of COVID-19 and other diseases // PLoS One. 2021. Vol. 16, no. 2. P. 1-25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246056>.