

SEIR-V – УЧЕБНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПАНДЕМИЧЕСКИХ ИНФЕКЦИЙ

Клинцевич С. И., Лукашик Е. Я., Завадская В. М.

Гродненский государственный медицинский университет
Гродно, Беларусь

Актуальность. Пандемия коронавируса Covid-19 явственно продемонстрировала, что наша цивилизация оказалась неготовой к серьезным вызовам, связанным с распространением эпидемий. Как в богатых, так и в бедных странах экономики, системы здравоохранений и административно-управленческие структуры не смогли быстро и эффективно справиться с распространением опасного заболевания. В результате пандемии были парализованы и остановлены целые отрасли экономики, рухнули международные производственные и экономические связи. Это привело к самой глубокой рецессии за последние сто лет истории человечества. Человечество должно извлечь уроки из прошедших событий.

Одним из таких выводов, сделанных по результатам анализа противостояния в борьбе с коронавирусом, является то, что для успешного противодействия подобного рода пандемическим инфекциям необходимо: 1) знать динамику распространения инфекции; 2) уметь предсказывать развитие пандемии; 3) на основании прогнозирования владеть методами расчета ресурсов и средств здравоохранения в противостоянии эпидемии.

В этих условиях актуальными и востребованными становятся адекватные математические модели (ММ). Так, в работе [1] отмечается, что для моделирования с целью прогнозирования распространения эпидемии коронавируса Covid-19 использовались ММ разной сложности и точности предсказания – простые логистические модели, компланарные модели SIR, SEIR, SIRS, SAIR и более сложные.

Результаты подобного рода моделирования показывают, что все модели имеют определенные ограничения и не могут гарантировать абсолютно точный результат в прогнозировании. И это связано в первую очередь с тем, что при попытках адаптации модели всегда проявляются проблемы с подбором значений параметров модели. Тем не менее даже упрощенные компланарные ММ имеют право на применение в здравоохранении. Основы математического моделирования должны закладываться в процессе обучения студентов в вузах медико-биологических профилей. Для учебного процесса весьма удобными являются простые компланарные модели. Компланарные модели – это двумерные математические модели, которые учитывают пространственное распределение населения и движение людей для последующего анализа распространения инфекций.

Цели. В исследовании нами устанавливались следующие цели: 1) спроектировать учебную компланарную математическую модель (КММ), позволяющую описать процессы распространения инфекционных заболеваний

среди людей; 2) в модели предусмотреть учет влияния процедур вакцинации населения на распространение вируса; 3) проанализировать полученные решения математических уравнений, охватывающих различные сценарии развития пандемии в однородном социуме; 3) подобрать численные параметры модели на основе имеющихся доступных статистических данных по пандемии коронавируса Covid-19; 4) изучить на основе КММ различные сценарии развития пандемии; 5) проанализировать недостатки и ограничения учебной модели; 6) разработать рекомендации по применению КММ в учебном процессе.

Материалы и методы исследования. Нами использовались методы математического анализа и компьютерной алгебры, численные методы и алгоритмы, пакет программ MathCad, интегрированная среда разработки Spyder 6.0 для языка программирования Python и язык программирования Python, математическая модель SEIR [2], а также литературные и статистические данные по пандемии коронавируса, имеющиеся в открытой печати.

Результаты и их обсуждение. Создана простая учебная математическая среда SEIR-V для лабораторного изучения распространения пандемии коронавируса Covid-19 на основе известной компланарной модели SEIR [2]. В соответствии с моделью все население некоторого географического региона (города, района, государства и т. д.) делится на однородные компартменты, которые характеризуются своей численностью, зависящей от времени t : $I(t)$ – число инфицированных особей; $S(t)$ – число восприимчивых; $E(t)$ – особи, которые подверглись воздействию вируса, но еще не заболели коронавирусом; $R(t)$ – переболевшие или умершие пациенты; $V(t)$ – вакцинированные особи. Таким образом, математическая модель SEIR-V по сравнению с моделью SEIR позволяет учитывать влияние процедур вакцинирования населения на распространение инфекций.

Спроектированная нами математическая среда базируется на системе нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка. Для численного решения использовались методы численного дифференцирования с применением пакета математического проектирования MathCad [3], а также язык программирования Python. Среда моделирования позволяет путем изменения управляющих параметров модели изучать процессы распространения пандемии, осуществлять процесс подбора параметров модели и сравнивать полученные результаты с имеющимися данными. Разработаны методические рекомендации к лабораторной работе для студентов на базе учебной КММ, созданы скринкасты (тренинговые видеоролики), которые позволяют студентам самостоятельно и успешно справляться с задачей компьютерного моделирования.

К недостаткам данной учебной КММ следует отнести ее требовательность к точным данным по мобильности и плотности населения, которые не всегда являются достоверными. Однако этот же недостаток характерен и для всех, в том числе и более сложных, математических моделей, которые требуются для реализации значительных вычислительных ресурсов.

Тем не менее учебная модель позволяет анализировать, как инфекция распространяется в определенной географической области, учитывая плотность населения, мобильность, географическое расположение и эффекты вакцинирования населения.

Выводы. Для анализа результатов применения в учебном процессе модели SEIR-V нами использовались методы мониторинга академической успеваемости студентов, опросы студентов, наблюдение за вовлеченностью студентов на занятии в процесс выполнения ЛР.

Анализ результатов показал, что численная учебная КММ дает удовлетворительные результаты и является полезной в плане обучения основам математического моделирования в медицине. Модель не требует знаний языков программирования, численных методов решения систем уравнений и в силу данного обстоятельства доступна для применения в лабораторных практикумах на кафедрах биофизического, биохимического, биомедицинского и фармацевтического профилей.

Литература

1. Куракина, Е. С. Математическое моделирование распространения волн эпидемии коронавируса COVID-19 в разных странах мира / Е. С. Куракина., Е. М. Кольцова // Прикладная математика и информатика № 66. – М.: Изд-во факультета ВМК МГУ, 2021. – С. 41-66.
2. Сергеев, А. Г. Математическая модель распространения пандемии типа COVID-19 / А. Г. Сергеев, А. Х. Хачатрян, Х. А. Хачатрян // Тр. ММО, 2022, – Т. 83, вып. 1. – С. 63-75.
3. Поршнев, С. В. Численные методы на базе MathCad / С. В. Поршнев, И. В. Беленкова. – Петербург: БХВ, 2005. – 456 с.

ЭЛЕКТРОННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ВУЗЕ: СКРИНКАСТ-ТЕХНОЛОГИИ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ИНФОРМАТИКЕ В МЕДИЦИНЕ

Клинцевич С. И., Лукашик Е. Я., Завадская В. М.

Гродненский государственный медицинский университет
Гродно, Беларусь

Актуальность. Развитие информационных технологий стимулирует внедрение в образовательный процесс высшей школы новых форм и методик. Так, легкость, доступность создания и тиражирования видеоматериалов с помощью компьютерных и интернет-технологий привели к применению на занятиях в вузах учебного видеоконтента. Использование видеоматериалов на занятиях дает положительный эффект, так как позволяет повысить