

DOI: <https://doi.org/10.17816/EID643570>

EDN: CGUIXL



Преподавание математического моделирования в курсе эпидемиологии: организационные вопросы

Н.В. Саперкин

Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Одной из современных задач высшего медицинского образования в сфере эпидемиологии является преподавание методов математического и статистического моделирования распространения массовых заболеваний.

Цель исследования — изучение сложившихся систем преподавания математического моделирования и прогнозирования с акцентом на имитационные агентные подходы в медицинских университетах в сравнении с немедицинскими и техническими вузами России.

Материалы и методы. В рамках описательно-оценочного исследования изучены рабочие программы соответствующих дисциплин для преподавания вопросов математического моделирования, которые реализуются в вузах на разных уровнях образования. В работу вошли рабочие программы немедицинских вузов ($n=31$) и образовательных учреждений медицинского профиля ($n=16$).

Результаты. В медицинских вузах преподавание математического моделирования организовано на разных уровнях подготовки: специалитет, бакалавриат, магистратура и аспирантура. Общая трудоёмкость рабочих программ составляет от 18 до 324 часов. Среди специфических вопросов, фигурировавших в тематических планах, отмечены следующие: математическая эпидемиология; SIR-модель и её модификации; обыкновенные дифференциальные уравнения; системы машинного обучения и имитационного моделирования в медицине и здравоохранении; имитационное моделирование медико-биологических процессов и др. По результатам исследования определены существенные отличия в организации преподавания математического моделирования в немедицинских университетах.

Заключение. На разных уровнях образования в медицинском вузе предусмотрен разбор некоторых аспектов прогнозирования и моделирования распространения инфекций. Имеется значительный потенциал преподавания соответствующих тем в ординатуре и аспирантуре. В медицинском вузе математические модели в области профилактической медицины и эпидемиологии выступают средством развития познавательного интереса, способствуют развитию мышления, положительно влияют на организацию профессиональной направленности будущих врачей, формируют математическую составляющую профессиональной компетентности образования.

Ключевые слова: математическое моделирование; прогнозирование; преподавание; моделирование; компетенция.

Как цитировать:

Саперкин Н.В. Преподавание математического моделирования в курсе эпидемиологии: организационные вопросы // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2024. Т. 29, № 6. С. 415–422. DOI: 10.17816/EID643570 EDN: CGUIXL

DOI: <https://doi.org/10.17816/EID643570>

EDN: CGUJXL

Teaching Mathematical Modeling in Epidemiology: Organizational Issues

Nikolai V. Saperkin

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: One of the current tasks of higher medical education in epidemiology is the teaching of mathematical and statistical modeling methods for the spread of mass diseases.

AIM: To investigate the existing systems of teaching mathematical modeling and forecasting, with an emphasis on agent-based simulation approaches, in medical universities compared to non-medical and technical universities in Russia.

METHODS: As part of this descriptive and evaluative study, the curricula for the teaching of mathematical modeling, implemented at universities at various educational levels, were explored. The study included the curricula of non-medical universities ($n = 31$) and medical education institutions ($n = 16$).

RESULTS: In medical universities, the teaching of mathematical modeling is organized at various levels, including specialist, undergraduate, graduate and postgraduate levels. The total workload of such curricula ranges from 18 to 324 hours. The following specific topics were mentioned in the thematic plans: mathematical epidemiology; the SIR model and its modifications; ordinary differential equations; machine learning and simulation modeling systems in medicine and healthcare; simulation modeling of medical and biological processes, and others. Based on the results of the study, significant differences in the organization of teaching mathematical modeling in non-medical universities were identified.

CONCLUSION: Various levels of education in medical universities include certain aspects of forecasting and modeling the spread of infections. There is a substantial potential for teaching relevant topics in residency and postgraduate programs. In medical universities, mathematical modeling in the field of preventive medicine and epidemiology serves as a tool to foster intellectual curiosity, promote the development of thinking, positively impact the professional orientation of future health system specialists, and contribute to the mathematical component of professional competence in medical education.

Keywords: mathematical modeling; forecasting; teaching; modeling; competence.

To cite this article:

Saperkin NV. Teaching Mathematical Modeling in Epidemiology: Organizational Issues. *Epidemiology and Infectious Diseases*. 2024;29(6):415–422. DOI: 10.17816/EID643570 EDN: CGUJXL

ОБОСНОВАНИЕ

Ввиду огромного значения математического моделирования (зачастую вместе с прогнозированием развития ситуации) в познании окружающего мира и процессов в нём первостепенное значение, несомненно, имеют вопросы преподавания различных его аспектов в высшей школе и подготовки конкурентно способных кадров [1–9].

Моделирование поведения биологических систем, как известно, занимает в науке особое место [10, 11], и, бесспорно, особый интерес представляет создание надёжных математических моделей, которые имеют способность корректно описывать эпидемические процессы [10, 12, 13]. В условиях невозможности проведения клинического или полевого испытания, при невыполнимости рандомизации, отсутствии необходимых ресурсов именно моделирование выступает метрологией выбора. Более того, анализируя распространение инфекционных болезней на модельной платформе, исследователь получает серьёзный инструмент по оценке эффективности и безопасности профилактических и противоэпидемических мероприятий. Следовательно, освещение подходов к математическому и статистическому моделированию в медицинском вузе, в частности для нужд эпидемиологии, вместе с оценкой развиваемых компетенций является насущной задачей высшего медицинского образования на современном этапе [12, 14, 15].

Цель исследования — изучение сложившихся систем преподавания математического моделирования и прогнозирования с акцентом на имитационные агентные подходы в медицинских университетах в сравнении с немедицинскими и техническими вузами России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено наблюдательное одномоментное выборочное исследование.

Объектом исследования послужили рабочие программы соответствующих дисциплин, которые реализуются в вузах на разных уровнях образования¹.

Критерии соответствия

Критерии включения. Поиск образовательных документов осуществлялся в среде Google и на официальных сайтах медицинских и немедицинских вузов. Рабочие программы отбирали путём сплошного отбора. Ограничений по географической принадлежности учебного заведения не было.

Критерии исключения: рабочие программы среднего профессионального образования; ветеринарное образование; отсутствие в найденных файлах необходимой

фактической информации; дисциплина вне тематики математического моделирования.

Описание исследования

Для последующего обобщения и анализа фиксировали следующие данные: название вуза или учреждения; наименование программы и год её утверждения; вид дисциплины (обязательная, вариативная и проч.); уровень образования; направление подготовки; количество часов на лекции; лабораторные работы и практические занятия; содержание учебного плана.

Этическая экспертиза

Неприменимо.

Статистический анализ

В качестве описательных статистик для непрерывных числовых величин использовали среднее $\pm$ среднеквадратическое отклонение ($\bar{x} \pm \sigma$) или медиану [межквартильный интервал, Me (Q1; Q3)] с учётом характера распределения. Категориальные величины выражали через процентную долю. Смысловой анализ текстов проводили на отечественной платформе PolyAnalyst 6.5.26 Rev.21, статистическую обработку результатов осуществляли в среде R4.2.1 (RStudio)².

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты исследования

В исследование вошло 47 рабочих программ соответствующих дисциплин, которые реализуются в российских медицинских университетах и немедицинских/технических вузах на разных уровнях образования.

Для сравнительного анализа подходов к преподаванию математического моделирования и прогнозирования дана характеристика рабочих программ соответствующих учебных дисциплин для медицинских университетов ряда городов России с последующим обсуждением организации преподавания математических моделей на примере высших учебных заведений иной направленности (технические вузы и др.).

Основные результаты исследования

Преподавание в медицинских вузах

Как известно, традиционно математическая статистика и методы анализа заболеваемости в том или ином виде входят в учебные планы преподавания эпидемиологии на всех основных факультетах медицинского вуза. В настоящее время для эпидемиолога, биостатистика,

¹ fgos.ru [Интернет]. ФГОС. Режим доступа: <https://fgos.ru/> Дата обращения: 16.12.2024.

² R Core Team (2021) [Интернет]. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Режим доступа: <https://www.R-project.org/> Дата обращения: 16.12.2024.

специалиста в области данных (так называемый data scientist) прогнозирование и моделирование распространения массовых явлений, связанных со здоровьем населения, имеют огромное значение.

Медицинские вузы, рабочие программы которых попали в поле зрения, относились к 15 городам восьми федеральных округов. Спектр учебных заведений оказался достаточно разнообразным: государственные медицинские университеты во Владивостоке, Воронеже, Екатеринбурге, Кемерове, Кирове, Омске, Пятигорске (филиал), Ростове-на-Дону, Рязани, Твери, Уфе, Челябинске; исследовательские медицинские университеты в Москве (ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, РНИМУ им. Н.И. Пирогова), Нижнем Новгороде, Санкт-Петербурге (ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Минздрава России, НМИЦ им. В.А. Алмазова), а также многопрофильный университет в Москве ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН).

Преподавание математического моделирования, в соответствии с рассмотренными документами, организовано на разных уровнях подготовки: специалитет, бакалавриат, магистратура и аспирантура. Вопросы, связанные с математическими моделями, интегрированы в общую дисциплину по статистике и, как правило, закреплены в обязательной (базовой) части рабочей программы. Важно заметить, что в подавляющем большинстве случаев (69%) рабочие программы дисциплин, содержащие моделирование и прогнозирование, были реализованы на этапе специалитета. Обычно обучающимся на специалитете предоставлялась возможность ознакомиться с данным разделом статистики на I или II, реже на IV курсе.

Востребованы соответствующие тематики были на девяти направлениях подготовки: биология; клиническая психология; лечебное дело; медико-профилактическое дело; медицинская биохимия; общественное здравоохранение; патологическая анатомия; стоматология; фармация. Рабочие программы медицинских вузов, вошедшие в анализ, были утверждены в период с 2018 по 2024 год, и чаще всего документы датированы 2020 годом (4 ед.), а также 2023–2024 годами (суммарно 6 ед.).

Изучены названия пятнадцати рабочих программ с компонентом по моделированию в медицинских вузах:

- «Биостатистика»;
- «Биостатистика и математическое моделирование»;
- «Введение в биостатистику и математическое моделирование»;
- «Информатика, медицинская информатика»;
- «Информатика, медицинская информатика и статистика»;
- «Информатика, медицинская информатика, медицинская статистика»;
- «Математика»;
- «Математические модели в биологии и медицине»;

- «Математический анализ»;
- «Математическое моделирование в биологии»;
- «Медико-биологическая статистика и математическое моделирование»;
- «Основы биостатистики»;
- «Практическая статистика и математическое моделирование»;
- «Статистические методы в доказательной медицине»;
- «Статистические методы и математическое моделирование в психологии».

Выявлено, что термин «моделирование» присутствовал в названии 8 документов. Основной лексической характеристикой названий документов был термин «биостатистика», что в целом было ожидаемо.

Общая трудоёмкость, указанная в рабочих программах, которые вошли в этот анализ, находилась в широких пределах — от 18 до 324 часов с Ме 108 часов (Q1; Q3: 72; 137,5).

Виды учебной работы, заявленные в рабочих программах, были представлены лекциями (в среднем $20,07 \pm 8,62$ часа), практическими занятиями ($46,2 \pm 38,72$ часа), лабораторными работами (36 и 4 часа; только две рабочие программы), а также самостоятельной работой обучающегося ($51,18 \pm 35,09$ часа). Практически все виды деятельности (кроме лабораторных работ) выступали востребованными в структуре рабочих программ в медицинских вузах. В одной рабочей программе были предусмотрены все четыре вида деятельности обучающегося.

Количество разделов (или тем) в рабочих программах составляло от 2 до 14 единиц. Прежде всего отметим стандартные для высшего медицинского образования тематики биостатистики, включая проверку статистической гипотезы, корреляционный и регрессионный анализы, анализ временных рядов и проч. В то же время в соответствующих рабочих программах также были обнаружены важные вопросы, непосредственно касающиеся моделирования:

- математическая эпидемиология, модель «хищник-жертва» Холлинга, SIR-модель распространения эпидемии;
- обыкновенные дифференциальные уравнения;
- многослойные нейронные сети;
- системы искусственного интеллекта и имитационного моделирования в медицине и здравоохранении (разработка имитационной модели приёмного отделения медицинского центра, имитационной модели офтальмологического отделения);
- имитационное моделирование медико-биологических процессов;
- разработка имитационной модели распространения эпидемии и др.

Необходимо иметь в виду, что в медицинском институте вопросы биостатистики традиционно преподаются силами нескольких кафедр (физики, эпидемиологии, общественного здоровья и здравоохранения и др.). Следовательно,

фрагментарно аспекты прогнозирования и моделирования могут быть освещены при прохождении обучающимися соответствующих подразделений вуза, что диктует необходимость единой образовательной траектории.

Отдельного упоминания заслуживает опыт ряда учреждений по проведению образовательных мероприятий, связанных с применением математического моделирования для нужд эпидемиологии. Прежде всего отметим авторский научно-практический цикл лекций и семинаров «Расширенный набор современных математических методов в практике эпидемиологии» (36 академических часов, июль 2023), реализованных ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Центральный НИИ эпидемиологии Роспотребнадзора)³.

В ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России (ФГБОУ ВО ПИМУ) разработано и внедрено в учебный процесс web-приложение «Медицинский атлас»⁴, представляющее собой цифровой образовательный инструмент, который содержит и так называемую карту эпидемий. Данный модуль может использоваться не только для визуализации распространения инфекции в городской среде, но и с целью обучения принципам использования компартментальных моделей (на примере SIR и SEIR).

Хотелось бы отметить также опыт уфимских коллег: деятельность лаборатории математического моделирования в Институте фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России направлена на создание математических и компьютерных моделей для различных биомедицинских приложений⁵.

Ещё пример — образовательная программа «Школа математического моделирования в фармацевтике» от ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Центр математического моделирования в разработке лекарств) совместно с ФГБУН «Институт вычислительной математики имени Г.И. Марчука» Российской

академии наук (5 дней, март 2024; популяционные модели фармакокинетики и системно-фармакологические модели, что отражает специфику области)⁶.

Таким образом, в настоящее время в современном медицинском образовании имеется возможность преподавания многих аспектов разработки и применения математических моделей для изучения эпидемиологии инфекций. В то же время необходимо отметить следующие особенности преподавания моделирования в медицинском вузе: присущая медицинскому образованию специфика; обучение в парадигме медицины, основанной на доказательствах; различающаяся этиология заболеваемости в качестве предмета изучения эпидемиологии как науки; естественнонаучная ориентированность обучающихся медицинского вуза; отличающийся от студентов технических вузов уровень знаний в области высшей математики и анализа; необходимость в формировании цифровых компетенций и проч.

Преподавание в немедицинских вузах

В процессе формирования выборки получены соответствующие рабочие программы из 26 немедицинских вузов, представляющих 7 из 8 федеральных округов нашей страны. Университеты, которые попали в нашу выборку и были расположены на территориях 21 города России, условно объединены в две группы: классические (ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», ФГАУ ВО «Сибирский федеральный университет», ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» и др., всего 12 вузов) и технические (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени главного маршала авиации А.А. Новикова», ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» и др.; всего 14 вузов).

Преподавание математического моделирования в немедицинских вузах организовано на разных уровнях подготовки:

- бакалавриат — 13 (обязательная дисциплина — 5; вариативная — 8, в том числе одна дисциплина по выбору);
- магистратура — 9 (обязательная дисциплина — 5; вариативная — 4, в том числе одна дисциплина по выбору);
- аспирантура — 7 (обязательная дисциплина — 4; вариативная — 2; факультатив — 1).

В рабочих программах по преподаванию моделирования обращает на себя внимание разнообразие

³ ФБУН Центральный НИИ эпидемиологии Роспотребнадзора [Интернет]. Авторский научно-практический образовательный цикл лекций и семинаров «Расширенный набор современных математических методов в практике эпидемиологии» [03.08.2023]. Режим доступа: <https://www.crie.ru/about/news/novosti-instituta/avtorskiy-nauchno-prakticheskiy-obrazovatelnyy-tsikl-lektsiy-i-seminarov-rasshirennyy-nabor-sovremen/> Дата обращения: 16.12.2024.

⁴ Приволжский исследовательский медицинский университет [Интернет]. Приоритет 2030А. Медицинский атлас. Режим доступа: <https://pimunn.ru/development/meditsinskiy-atlas/> Дата обращения: 16.12.2024.

⁵ Башкирский государственный медицинский университет [Интернет]. Приоритет 2030А. Лаборатория математического моделирования. Режим доступа: https://bashgmu.ru/science_and_innovation/megagranty/grant-nots-rmg-2021/laboratorii/81287/ Дата обращения: 16.12.2024.

⁶ Сеченовский Университет [Интернет]. Школа математического моделирования в фармацевтике [25–29 марта 2024 г.] Режим доступа: <https://www.sechenov.ru/search/?q=Школа+математического+моделирования+в+фармацевтике&s=Поиск> Дата обращения: 16.12.2024.

Таблица 1. Направления подготовки, на которых востребовано математическое моделирование

Направление	Программы
Математика и вычислительная техника	☒
Математика и компьютерные науки	☒
Математика и механика	☒
Прикладная математика	☒
Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ	☒ ☒
Фундаментальная информатика и информационные технологии	☒
Информатика и вычислительная техника	☒ ☒ ☒
Прикладная информатика	☒ ☒ ☒
Прикладная математика и информатика	☒ ☒ ☒ ☒ ☒
Ландшафтная архитектура	☒
Техника и технологии строительства	☒
Строительство	☒ ☒ ☒
Радиотехника	☒
Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	☒
Электроэнергетика и электротехника	☒ ☒
Государственное и муниципальное управление	☒
Экология и природопользование	☒
Организация работы с молодёжью	☒
Педагогическое образование	☒

Примечание. ☒ — условное обозначение одной рабочей программы.

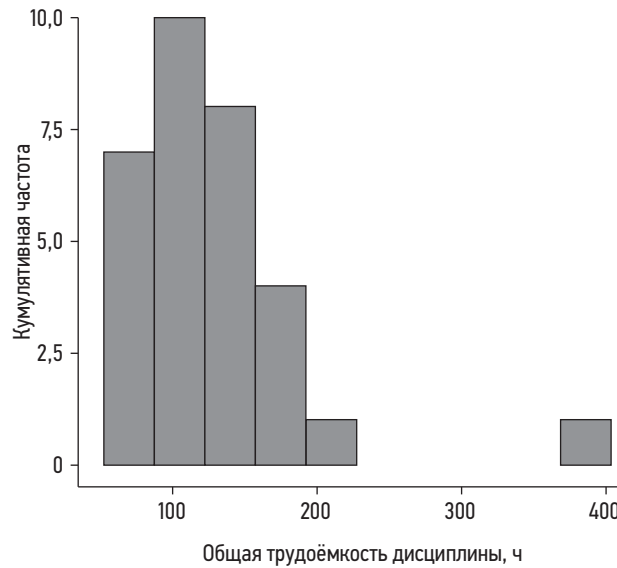


Рис. 1. Описание трудоёмкости дисциплин, заявленной в рабочих программах.

направлений подготовки слушателей — всего 19 направлений. Направления подготовки, связанные прежде всего с математикой и прикладной математикой, информатикой, информационными технологиями, вычислительной техникой и компьютерными науками, для которых предусмотрен разбор вопросов математического моделирования, безусловно, преобладали. Не менее интересно среди прочего отметить и такие направления подготовки, для которых предусмотрено математическое моделирование, в частности государственное и муниципальное управление, ландшафтная архитектура, организация работы с молодёжью, педагогическое образование, строительство, радиотехника, экология и природопользование и др. (табл. 1). Таким образом, необходимость преподавания теории и практики математических моделей охватывала и ряд других важных направлений, в том числе гуманитарного плана.

В результате проведённого поиска в поле нашего внимания оказались рабочие программы, которые были утверждены в период с 2015 по 2024 год, и большего всего документов датированы 2022 и 2023 годом (суммарно 48% всех отобранных программ). Было интересно и полезно провести смысловой анализ заголовков этих документов, что позволило лучше понять векторы преподавания моделирования в немедицинских вузах. В результате такого лингвостилистического изучения были выделены три группы рабочих программ со сходными названиями: математическое моделирование (6 ед.); математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (5 ед.); математическое моделирование в экономике и в управлении (2 ед.); математическое моделирование информационных систем и процессов (2 ед.). Часто в названиях программ присутствовало непосредственное указание сферы деятельности, на которую ориентировано преподавание, а именно: экономика и управление, биология, урбозкосистемы, строительство, техника. Отметим нацеленность рабочих программ как на преподавание общих вопросов математического моделирования, так и специфику информационных, экологических, экономических, социальных, социально-экономических и технологических, биологических и химико-технологических процессов.

Общая трудоёмкость, указанная в рабочих программах, которые вошли в этот анализ, занимала от 70 до 396 часов с Me 108 часов (Q1: Q3: 99; 144) (рис. 1).

Виды учебной работы, заявленные в рабочих программах, были представлены лекциями (в среднем $23,77 \pm 3,36$ часа), практическими занятиями ($26,31 \pm 3,53$ часа), лабораторными работами ($26,31 \pm 3,53$ часа), а также самостоятельной работой обучающегося ($71,71 \pm 6,77$ часа). Самым востребованным видом деятельности оказалась самостоятельная работа, которая была представлена всего в 30 программах немедицинских вузов (почти 100% рассмотренных документов). На втором месте ожидаемо находились лекции — представлены в 26 рабочих программах. В 52% просмотренных рабочих программ фигурировали практические

занятия, в 35% — лабораторные работы с использованием персональных компьютеров.

Интересно отметить, что все четыре вида учебной работы присутствовали только в 3 рабочих программах (ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»; ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики»; ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»), в то время как три вида — в 12 (39%) рабочих программах. В последнем случае были предусмотрены лекции и самостоятельная работа обучающегося, а также практические занятия либо лабораторные работы.

Структура рабочих программ отличалась по количеству тематических разделов в них, число которых колебалось в широких пределах — от 1 до 20, составив в среднем 6 разделов (тем). Основу, как правило, составляли следующие вопросы: сущность моделирования; основные понятия; свойства моделей; подходы к классификации; общие принципы и цели моделирования; этапы построения моделей; адекватность модели и оценка результатов моделирования. Помимо общих вопросов в рассмотренных рабочих программах в достаточном объеме фигурировали темы, непосредственно касающиеся имитационного моделирования (в 39% отобранных программ). Примечательно, что разбор имитационного подхода был предусмотрен почти во всех изученных документах. Хотелось бы отметить то разнообразие вопросов по имитационному моделированию, которые отражены в соответствующих разделах рабочих программ:

- метод имитационного моделирования, его особенности, алгоритмы и типовые задачи, планирование имитационных экспериментов;
- достоинства и недостатки имитационного подхода;
- агентное моделирование;
- метод Монте-Карло, моделирование дискретных марковских случайных процессов;
- системы компьютерного и имитационного моделирования;
- языки программирования для имитационного моделирования;
- имитационное моделирование как средство интеграции моделей различных классов;
- имитационное моделирование в принятии управленческих решений и поиске рациональных решений.

Особо следует сказать о наличии в некоторых рабочих программах компонентов, ориентированных на медико-биологическую сферу, например дифференциальной модели сахарного диабета (ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет»); математических моделей в биологии (ФГБУН «Институт машиноведения имени А.А. Благонравова» Российской академии наук; ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр»» Российской академии наук); модели «хищник-жертва», SIR-модели эпидемии (ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»).

ОБСУЖДЕНИЕ

Не вызывает сомнений, что математическое моделирование является универсальным методом научного познания, посредством которого создаётся модель исследуемого объекта. На страницах литературы содержатся основные понятия математического моделирования, его общие принципы, преимущества и недостатки. Предложено несколько классификаций математических моделей, описаны этапы их построения, возможные точки приложения в медицинской науке [11]. Организация преподавания вопросов построения и проверки математических моделей в технических и классических вузах, конечно, отличается от подходов, используемых в медицинских образовательных учреждениях, и этот факт можно использовать при разработке и оптимизации рабочих программ соответствующих дисциплин в медицинских вузах, в частности, применительно к эпидемиологии.

Представленное исследование не претендует на исчерпывающую полноту в силу выборочного характера, невозможности охватить все действующие рабочие программы. В то же время в рамках использованного дизайна удалось получить ценные сведения о сформировавшейся к настоящему моменту системе преподавания математического моделирования различных процессов, включая биологические, в вузах различного профиля.

Содержательная часть медицинского образования в разделе математического моделирования и эпидемиологии в сложившихся реалиях должна обладать следующими аспектами обучения: фактическое наполнение обучения в соответствии с его целями; улучшение мотивации изучения дисциплин, касающихся моделирования; разработка средств обучения и методик их использования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значение математических моделей в медицинском образовании в настоящее время крайне велико, особенно в сфере профилактической медицины и эпидемиологии: они, в частности, выступают средством развития познавательного интереса, способствуют развитию мышления, позитивно влияют на организацию профессиональной направленности будущих врачей, формируют математическую составляющую профессиональной компетентности образования.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад автора. Н.В. Саперкин — сбор и анализ данных, написание и редактирование текста рукописи. Автор одобрил рукопись (версию для публикации), а также согласился нести ответственность за все аспекты работы и гарантировал, что вопросы, связанные с точностью или добросовестностью любой части работы, будут должным образом рассмотрены и решены.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Автор заявляет об отсутствии отношений, деятельности и интересов (личных, профессиональных или финансовых), связанных с третьими лицами (коммерческими, некоммерческими, частными), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи, а также иных отношений, деятельности и интересов за последние три года, о которых необходимо сообщить.

ADDITIONAL INFORMATION

Author's contribution. N.V. Saperkin: data collection and analysis, writing and editing the manuscript. The author provided approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval. Not applicable.

Funding sources. None.

Disclosure of interests. The author has no relationships, activities or interests for the last three years related with for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Gelman VYa, Ushveridze LA, Serdyukov YuP. Teaching mathematical disciplines at the medical university. *Education and science journal*. 2018;20(2):88–107. doi: 10.17853/1994-5639-2018-2-88-107 EDN: YRHOFE
2. Zharkova YuS. Teaching elements of mathematical modeling in the pedagogical institute a means of developing professional competencies. *Herald of Chelyabinsk state pedagogical university*. 2014;(9-1):85–93. EDN: TIGNML
3. Silkova EW. The role of mathematical modelling for the formation of professional competence in applicants for medical education. In: *The 6th International scientific and practical conference "Science, innovations and education: Problems and prospects", 2022 Jan 13–15*. Tokyo, Japan; 2022. P. 411–417.
4. Kapkaeva LS. Formation of mathematical modeling methods of pedagogical students in the process of solving practice-oriented problems. *Modern high technologies*. 2022;(12-2):323–331. doi: 10.17513/snt.39480 EDN: BTEGVG
5. Pushkareva TP. Mathematical modelling as necessary component of mathematical preparation. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014;(5):796. EDN: SZVUMD
6. Samerhanova EK. Formation of competences in the field of mathematical modeling among teachers of vocational training in the conditions of the information and educational environment of the university. *Vestnik Mininskogo universiteta*. 2019;7(2):4. doi: 10.26795/2307-1281-2019-7-2-4 EDN: QOZYVM
7. Ilyashenko LK, Krivosheeva YS, Razakov ShA, Minnebaeva EI. Modelling and methods of teaching mathematics in technical universities. *Problemy i perspektivy razvitiya obrazovaniya v Rossii*. 2014;(27):131–135. (In Russ.) EDN: SCTCFN
8. Spooner K. Using mathematical modelling to provide students with a contextual learning experience of differential equations. *Int J Mathem Educ Sci Technol*. 2024;55(2):565–573. doi: 10.1080/0020739x.2023.2244472 EDN: EBJMOW
9. Chiel HJ, McManus JM, Shaw KM. From biology to mathematical models and back: Teaching modeling to biology students, and biology to math and engineering students. *CBE Life Sci Educ*. 2010;9(3):248–265. doi: 10.1187/cbe.10-03-0022 EDN: NZKYJN
10. Bazarbaev MI, Marasulov AF, Sayfullaeva DI. *Mathematical modelling in biology and medicine*. Tashkent: Tibbiyot nashriyoti matbaa uy; 2022. 216 p. (In Russ.)
11. Toropova SI. Mathematical modeling in the content of students-ecologists' training of mathematics. *Statistics and economics*. 2018;15(3):67–83. doi: 10.21686/2500-3925-2018-3-67-83 EDN: USKEDB
12. Blokh AI, Pasechnik OA, Kotenko EN. Training general physicians in otoscopy skills applying simulator. *Medical education and professional development*. 2020;11(3):21–28. doi: 10.24411/2220-8453-2020-13002 EDN: SFFFSK
13. Kosova AA, Chalapa VI, Kovtun OP. Methods for modelling and forecasting dynamics of infectious diseases. *Ural medical journal*. 2023;22(4):102–112. doi: 10.52420/2071-5943-2023-22-4-102-112 EDN: WBUHGB
14. Galbraith P, Holton D. *Mathematical modelling: A guidebook for teachers and teams*. ACER IM2C; 2018. 85 p.
15. Gaff H, Lyons M, Watson G. Classroom manipulative to engage students in mathematical modeling of disease spread: 1+1=Achoo! *Math Model Nat Phenom*. 2011;6(6):215–226. doi: 10.1051/mmnp/20116611

ОБ АВТОРЕ

СAPERKIN Николай Валентинович, канд. мед. наук, доцент;
адрес: Россия, 603000, Нижний Новгород,
пл. Минина и Пожарского, д. 10/1;
ORCID: 0000-0002-3629-4712;
eLibrary SPIN: 3318-6323;
e-mail: saperkinnv@mail.ru

AUTHOR'S INFO

Nikolai V. Saperkin, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor;
address: 10/1 Minin and Pozharsky square, Nizhny Novgorod,
Russia, 603000;
ORCID: 0000-0002-3629-4712;
eLibrary SPIN: 3318-6323;
e-mail: saperkinnv@mail.ru