

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Математическое моделирование биологических процессов

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

30.05.03 - Медицинская кибернетика

Направленность образовательной программы

Медицинская кибернетика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Математическое моделирование биологических процессов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-12: Способность планировать и осуществлять прикладные и практические проекты с использованием ИТ-технологий в области медицинских исследований	<p>ПК-12.1: Формулирует в рамках практического проекта и иного мероприятия совокупность взаимосвязанных задач и методов использования ИТ-технологий в области медицинских исследований</p> <p>ПК-12.2: Решает конкретные задачи практического проекта и иного мероприятия с использованием ИТ-технологий.</p> <p>ПК-12.3: Публично представляет результаты решения практического проекта и иного мероприятия с использованием ИТ-технологий в области медицинских исследований</p>	<p>ПК-12.1: Знать теоретические подходы и представления, лежащие в основе регрессионных, качественных и имитационных моделей; основы разработки регрессионных моделей, методы их построения на основе статистических данных и использования для прогнозирования практических результатов в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения</p> <p>ПК-12.2: Уметь формулировать уравнения, выбранную модель; проводить анализ предложенных уравнений; выбирать тип и конкретный вид, осуществлять параметризацию и верификацию математической модели, обеспечивающей оптимальное описание исследуемого процесса в рамках конкретной задачи в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения.</p>	<p>Доклад</p> <p>Тест</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>ПК-12.3:</p> <p>Владеть навыками разработки математической модели конкретного биологического процесса; навыками разработки регрессионной модели исследуемого процесса в рамках конкретной задачи в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения.</p>		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	79
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Основные типы математических моделей биологических процессов.	28	8	8	16	12
Методы исследования математических моделей.	36	8	8	16	20
Примеры математических моделей биологических процессов различного	36	8	8	16	20

уровня.					
Анализ математического описания конкретного биологического процесса, значимого для медицины.	43	8	8	16	27
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	144	32	32	65	79

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основные типы математических моделей биологических процессов. Общие представления о математическом моделировании биологических процессов; перспективы его применения для медицины. Регрессионные модели биологических процессов; модели на основании машинного обучения. Качественные модели биологических процессов. Имитационные модели биологических процессов. Общие принципы и этапы построения отмеченных групп моделей. Области применения, ограничения, методы реализации, примеры для каждой из групп моделей.

2. Методы исследования математических моделей. Общие принципы описания биологических процессов на основании кинетического подхода и формулировки системы дифференциальных уравнений. Некоторые методы аналитического решения систем дифференциальных уравнений, включая «точечные» уравнения и уравнения с распределенными в пространстве параметрами. Методы качественного решения «точечных» дифференциальных уравнений и их систем. Методы качественного решения дифференциальных уравнений с распределенными в пространстве параметрами. Методы численного решения «точечных» и «пространственных» дифференциальных уравнений. Методы решения дифференциальных уравнений с описанием стохастических процессов (метод Монте-Карло). Преимущества и ограничения каждой из групп методов. Подходы к упрощению дифференциальных уравнений при моделировании биологических процессов (в частности, быстрые и медленные переменные, принцип «узкого» места).

3. Примеры математических моделей биологических процессов различного уровня. Модели на основе термодинамического подхода как пример обобщенного описания процессов в биосистемах. Модели на основе молекулярной динамики. Модели на основе броуновской динамики. Фармакокинетические модели (одно-, двух- и многокамерные модели), назначение, примеры. Эпидемические модели, типы, примеры. Модели возбудимости в нейрональной, нейроглиальной и мышечной ткани. Математические модели высокого уровня, направленные на интегральное описание процессов высшей нервной деятельности и моделирование развития болезней ЦНС. Математическое моделирование, направленное на прогнозирование опухолевого роста и улучшение различных типов терапии онкологических заболеваний. Математическое моделирование распространения света в биологических тканях.

4. Анализ математического описания конкретного биологического процесса, значимого для медицины. Анализ и подготовка доклада по конкретной модели (группе моделей) биологического процесса, которая значима для решения медицинских задач.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 6 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Рабочая программа дисциплины "Математическое моделирование биологических процессов".
ФОС дисциплины.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ПК-12:

1. Примеры тем докладов для оценки компетенции ПК-12:

Фармакокинетические модели: транспорт и распределение лекарственных препаратов

Применение фармакокинетических моделей для описания динамики наночастиц в организме.

Модель Михаэлиса-Ментен, ее основы и практическое применение.

Моделирование молекулярной динамики рецепторов.

Молекулярное моделирование белков для определения особенностей взаимодействия с субстратом и особенностей протекания реакций.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Приведено современное состояние проблемы. Даны ответы на основные вопросы.
не зачтено	Не приведено современное состояние проблемы и/или не даны ответы на основные вопросы.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-12:

Примеры тестовых заданий:

1. Планер самолета в аэродинамической трубе является моделью:

А. Кинетической.

Б. Физической.

В. Математической.

Г. Химической.

2. Математическое моделирование биологических систем НЕ позволяет:

- А. Делать достоверные краткосрочные прогнозы развития.
- Б. Исследовать механизмы, протекающих в системе процессов.
- В. Делать достоверные долгосрочные прогнозы развития.
- Г. Интерпретировать результаты экспериментов.

3. Основная функция биологических математических моделей на основании регрессионных уравнений:

- А. Осуществлять краткосрочное прогнозирование.
- Б. Выявлять механизмы биологических процессов.
- В. Интерпретировать результаты экспериментов.
- Г. Выявлять потенциальные режимы поведения биосистемы.

4. Выявление потенциальных режимов функционирования биологических систем и процессов – основная задача:

- А. Имитационных моделей.
- Б. Качественных моделей.
- В. Регрессионных моделей.
- Г. Физических моделей.

5. Многочастичные модели, опирающиеся на броуновскую динамику, являются:

- А. Имитационными.
- Б. Качественными.
- В. Регрессионными.
- Г. Физическими.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Не менее 60% правильных ответов.
не зачтено	Менее 60% правильных ответов.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-12

1. Общие представления о математическом моделировании биологических процессов. Понятие моделирования. Физические и математические модели. Преимущества и недостатки математического моделирования.
2. Регрессионные модели биологических процессов. Типы регрессионных моделей. Теоретическое обоснование их применимости. Область применения таких моделей. Определение параметров регрессионных моделей и оценка эффективности описания ими исследуемого процесса. Примеры моделей.
3. Качественные модели биологических процессов. Общие особенности. Область применения качественных моделей и их ограничения. Примеры качественных моделей.
4. Имитационные модели биологических процессов. Общие особенности данной группы моделей. Этапы их разработки и подходы к параметризации и верификации. Область применения имитационных моделей. Примеры имитационных моделей.
5. Методы аналитического решения систем дифференциальных уравнений.
6. Методы качественного решения «точечных» систем дифференциальных уравнений.
7. Методы качественного решения систем дифференциальных уравнений с распределенными в пространстве параметрами.
8. Методы численного решения дифференциальных уравнений.
9. Модели на основе термодинамического подхода как пример обобщенного описания процессов в биосистемах. Область применения и исходные допущения таких моделей. Примеры.
10. Некоторые подходы в рамках моделирования молекулярной динамики. Область применения таких моделей. Подходы к ускорению их численного анализа.
11. Модели на основе броуновской динамики: разная степень детализации, области применения.
12. Одно-, двух и многокамерные модели как инструмент для оптимизации режима доставки лекарственных средств.
13. Эпидемические модели: общие принципы, типовые модели, примеры применения при принятии решений.

14. Модели возбудимости нейрональной ткани, глии и мышечной ткани.
15. Математическое моделирование как инструмент исследования заболеваний ЦНС и исследования механизмов высшей нервной деятельности.
16. Математические модели в исследования роста опухолей и разработке эффективной терапии.
17. Математическое моделирование распространения света в биологических тканях как основа для создания новых инструментов диагностики.
18. Методы машинного обучения при решении задач диагностики.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Компетенция сформирована на уровне не ниже «удовлетворительно»,
не зачтено	Компетенция сформирована на уровне ниже «удовлетворительно»,

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Ризниченко Галина Юрьевна. Математические модели биологических продукционных процессов : [учеб. пособие для вузов по направлениям "Прикл. математика и информатика", "Биология" и специальности "Мат. моделирование"]. - М. : Изд-во МГУ, 1993. - 299 с. - 300.00., 1 экз.
2. Ризниченко Г. Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии : учебное пособие / Г. Ю. Ризниченко. - 2-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 181 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-07037-8. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=839614&idb=0>.
3. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : Учебник для вузов / Мятлев В. Д., Панченко Л. А., Ризниченко Г. Ю., Терехин А. Т. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2021. - 321 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-01698-7. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=760412&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Варфоломеев Сергей Дмитриевич. Биокинетика : практ. курс : учеб. пособие. - М. : Гранд : Фаир-Пресс, 1999. - 720 с. : ил. - ISBN 5-8183-0050-1 : 97.50., 1 экз.
2. Рубин А. Б. Кинетика биологических процессов : [учеб. пособие для вузов по специальности "Биология"]. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во МГУ, 1987. - 299, [1] с. : ил. - 0.85., 2 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>,
 ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com/>,

ЭБС «Юрайт»<https://www.biblio-online.ru/>,

Студенческая электронная библиотека «StudentLibrary»<http://www.studentlibrary.ru/>,

Научная электронная библиотека «E-library.ru» <https://elibrary.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения занятий семинарского и лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения (демонстрационное оборудование – проектор, ноутбук, экран), помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 30.05.03 - Медицинская кибернетика.

Автор(ы): Сухов Владимир Сергеевич, кандидат биологических наук, доцент.

Рецензент(ы): Якимов Василий Николаевич, доктор биологических наук.

Заведующий кафедрой: Воденеев Владимир Анатольевич, доктор биологических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023г., протокол № 2.