Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет
имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет естественно-географический
Кафедра биологии и химии

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методической работе
_____ С.Н. Титов
«25» июня 2021 г.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Программа учебной дисциплины модуля методов и алгоритмов обработки данных и искусственного интеллекта

основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы магистратуры по направлению подготовки
06.04.01 Биология

направленность (профиль) образовательной программы
Биоинформатика и системная биология

(очно-заочная форма обучения)

Руководитель программы: Антонова Е.И., д.б.н., профессор кафедры биологии и химии
Составитель: Цыганов А.В., к.ф.-м.н., доцент высшей математики
Воронина В.В., к.т.н., доцент кафедры информационных систем, УлГТУ

Рассмотрено и одобрено на заседании ученого совета естественно-географического факультета, протокол от «22» июня 2021 г. №7

Ульяновск, 2021

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 01D77C644FC1E54000000006381D0002
Владелец: Титов Сергей Николаевич
Действителен: с 19.07.2021 до 19.07.2022

Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 Дисциплины (модули) модуля «Методы и алгоритмы обработки данных и искусственный интеллект» учебного плана основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы магистратуры по направлению подготовки 06.04.01 Биология, направленность (профиль) образовательной программы «Биоинформатика и системная биология», очно-заочной формы обучения.

Дисциплина опирается на результаты обучения, сформированные в рамках ряда дисциплин учебного плана, изученных обучающимися в 1-2 семестрах.

В результате изучения дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» обучающиеся на основе приобретенных знаний, умений и навыков достигают освоения компетенций на определенном уровне.

1. Перечень планируемых результатов обучения (образовательных результатов) по дисциплине

Целью освоения дисциплины (модуля) «Математическое моделирование биологических процессов и молекулярно-генетических систем» является формирование у студентов теоретических знаний о принципах построения систем математического моделирования, способности самостоятельно выполнять анализ адекватности моделей, применять математические модели при решении задач профессиональной деятельности.

Задачами дисциплины являются:

- применение математического моделирования при анализе проблем и принятии решений в области профессиональной деятельности;
- методики построения и анализа математических моделей;
- методики работы с детерминированными и стохастическими моделями;
- методики определения характеристик и показателей работы математических моделей.

В результате освоения программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине «Математическое моделирование биологических процессов»:

Компетенция и индикаторы ее достижения в дисциплине	Образовательные результаты дисциплины (этапы формирования дисциплины)		
	знает	умеет	владеет
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла			
ИУК 2.1. Выстраивает этапы работы над проектом с учетом последовательности их реализации, определяет этапы жизненного цикла проекта.		ОР-1 Выстраивает этапы работы над проектом	
ИУК 2.2. Определяет проблему, на решение которой направлен проект, грамотно		ОР-2 Определяет проблему, на решение которой направлен проект,	

формулирует цель проекта. Определяет исполнителей проекта.			
ИУК 2.3. Проектирует решение конкретных задач проекта, выбирая оптимальный способ их решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.		ОР-3 Проектирует решение конкретных задач проекта, выбирая оптимальный способ их решения	
ИУК 2.4. Качественно решает конкретные задачи (исследования, проекта, деятельности) за установленное время. Оценивает риски и результаты проекта.			ОР- 4 решает конкретные задачи (исследования, проекта, деятельности) за установленное время
ИУК 2.5 Публично представляет результаты проекта, вступает в обсуждение хода и результатов проекта.			ОР-5 Публично представляет результаты проекта, вступает в обсуждение хода и результатов проекта.

2. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Номер семестра	Учебные занятия						Форма промежуточной аттестации
	Всего		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные занятия, час	Самостоят. работа, час	
	Трудоемк.						
	Зач. ед.	Часы					
4	3	108	4	16	-	61	экзамен
Итого:	3	108	4	16	-	61	экзамен

3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

3.1. Указание тем (разделов) и отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий, оформленных в виде таблицы:

Наименование раздела и тем	Количество часов по формам организации обучения			
	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
4 семестр				
Раздел 1. Введение. Подходы и схемы моделирования	2	4		31
Раздел 2. Генерация случайностей. Статистика работы моделей.	1	6		15
Раздел 3. Классы моделей и моделирование.	1	6		15
ИТОГО:	**4**	**16**		**61**

3.2. Краткое описание содержания тем (разделов) дисциплины

Краткое содержание курса

Раздел 1. Введение. Подходы и схемы моделирования
Тема 1.1. Математическое моделирование. Введение
Тема 1.2. Основные подходы и схемы
Раздел 2. Генерация случайностей. Статистика работы моделей.
Тема 2.1. Типы случайных величин. Методы генерации. Статистика работы моделей
Раздел 3. Классы моделей и моделирование.
Тема 3.1 Детерминированные, стохастические и сетевые модели

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельная работа студентов является особой формой организации учебного процесса, представляющая собой планируемую, познавательно, организационно и методически направляемую деятельность студентов, ориентированную на достижение конкретного результата, осуществляемую без прямой помощи преподавателя. Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям и экзамену. Она предусматривает, как правило, разработку рефератов, написание докладов, выполнение творческих, индивидуальных заданий в соответствии с учебной программой (тематическим планом изучения дисциплины). Тема для такого выступления может быть предложена преподавателем или избрана самим студентом, но материал выступления не должен дублировать лекционный материал. Реферативный материал служит дополнительной информацией для работы на практических занятиях. Основная цель данного вида работы состоит в обучении студентов методам самостоятельной работы с учебным материалом. Для полноты усвоения тем, вынесенных в практические занятия, требуется работа с первоисточниками. Курс предусматривает самостоятельную работу студентов со специальной литературой. Следует отметить, что самостоятельная работа студентов результативна лишь тогда, когда она выполняется систематически, планомерно и целенаправленно.

Задания для самостоятельной работы предусматривают использование необходимых терминов и понятий по проблематике курса. Они нацеливают на практическую работу по применению изучаемого материала, поиск библиографического материала и электронных источников информации, иллюстративных материалов. Задания по самостоятельной работе даются по темам, которые требуют дополнительной проработки.

Общий объем самостоятельной работы студентов по дисциплине включает аудиторную и внеаудиторную самостоятельную работу студентов в течение семестра.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется в форме выполнения тестовых заданий, кейс-задач, письменных проверочных работ по дисциплине. Аудиторная самостоятельная работа обеспечена базой тестовых материалов, кейс-задач по разделам дисциплины.

Внеаудиторная самостоятельная работа осуществляется в формах:

- подготовки к устным докладам (выступлениям по теме реферата);
- подготовка и защита рефератов;

Перечень тем и вопросов

1. Введение. Подходы и схемы моделирования
2. Математическое моделирование. Введение
3. Основные подходы и схемы
4. Генерация случайностей. Статистика работы моделей.
5. Типы случайных величин. Методы генерации. Статистика работы моделей
6. Классы моделей и моделирование.
7. Детерминированные, стохастические и сетевые модели

Для самостоятельной подготовки к занятиям по дисциплине рекомендуется использовать учебно-методические материалы:

1. Воронина В.В. Теория и практика машинного обучения : учебное пособие / В. В. Воронина, А. В. Михеев, Н. Г. Ярушкина, К. В. Святов. – Ульяновск : УлГТУ, 2017. – 290 с. Доступен также в Интернете. - Библиогр.: с. 155-158 (30 назв.). - ISBN 978-5-9795-1564-9. Режим доступа: http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2017/191.pdf

5. Примерные оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Организация и проведение аттестации студента

ФГОС ВО в соответствии с принципами Болонского процесса ориентированы преимущественно не на сообщение обучающемуся комплекса теоретических знаний, но на выработку у компетенций – динамического набора знаний, умений, навыков и личностных качеств, которые позволят выпускнику стать конкурентоспособным на рынке труда и успешно профессионально реализовываться.

В процессе оценки магистрантов необходимо используются как традиционные, так и инновационные типы, виды и формы контроля. При этом постепенно традиционные средства совершенствуются в русле компетентностного подхода, а инновационные средства адаптированы для повсеместного применения в российской вузовской практике.

Цель проведения аттестации – проверка освоения образовательной программы дисциплины-практикума через сформированность образовательных результатов.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины; помогает оценить крупные совокупности знаний и умений, формирование определенных компетенций.

Оценочными средствами текущего оценивания являются: устные опросы, текущие практические работы, доклады, контрольная работа. Контроль усвоения материала ведется регулярно в течение всего семестра на практических занятиях.

№ п/п	**СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ,** используемые для текущего оценивания показателя формирования компетенции	Образовательные результаты дисциплины
	Оценочные средства для текущей аттестации **Оценочные средства для текущей аттестации** ОС-1 Реферат (доклад) с презентацией ОС-2 Реферат (доклад) с презентацией ОС-3 Контрольная работа ОС-4 Лабораторная работа ОС-5 Реферат (доклад) с презентацией ОС-6 Контрольная работа	ОР-1 Выстраивает этапы работы над проектом ОР-2 Определяет проблему, на решение которой направлен проект ОР-3 Проектирует решение конкретных задач проекта, выбирая оптимальный способ их решения ОР- 4 решает конкретные задачи (исследования, проекта, деятельности) за установленное время ОР-5 Публично представляет результаты проекта, вступает в обсуждение хода и результатов проекта.
	Оценочные средства для промежуточной аттестации ОС-7 Экзамен в форме устного собеседования	

Описание оценочных средств и необходимого оборудования (демонстрационного материала), а также процедуры и критерии оценивания индикаторов достижения компетенций на различных этапах их формирования в процессе освоения образовательной программы представлены в Фонде оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине «Математическое моделирование биологических процессов».

Материалы, используемые для текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

Материалы для организации текущей аттестации представлены в п.5 программы.

Материалы, используемые для промежуточного контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

ОС-7 Экзамен в форме устного собеседования
Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Понятие модели.
2. Объекты, цели и методы моделирования.
3. Компьютерные и математические модели.
4. История первых моделей в биологии.
5. Типы математических моделей: структурные и функциональные, дискретные и непрерывные, линейные и нелинейные, детерминированные и вероятностные.
6. Регрессионные, имитационные, качественные модели.
7. Современная классификация моделей биологических процессов.
8. Специфика моделирования живых систем.
9. О содержательной модели.
10. Формулирование математической задачи. Задачи анализа и синтеза.

11. Определяющие соотношения.
12. Подбор эмпирической формулы.
13. О размерностях величин.
14. Подобие объектов.
15. Конечные уравнения. 1
6. Уравнения для функций одного аргумента.
17. Уравнения для функций нескольких аргументов.
18. Задачи на экстремум с конечным числом степеней свободы.
19. Задачи на экстремум с искомой функцией.
20. О применимости математического анализа к исследованию биологических моделей.
21. Прогнозирование численности популяции живых организмов с помощью средств дифференциального исчисления функции одной переменной, теории пределов.
22. Модели биологических систем, описываемые системой дифференциальных уравнений. Модель биосистемы «хищник – жертва».
23. Графический метод.
24. Симплексный метод.
25. Математическая статистика.
26. Элементы теории корреляции.
27. Моделирование случайных процессов.
28. Марковские процессы с непрерывным временем и дискретными состояниями.
29. Поток событий и его основные характеристики.
30. Уравнения Колмогорова.
31. Финальные вероятности состояний.
32. Примеры моделирования в области биоинженерии.
33. Элементы теории массового обслуживания.

В конце изучения дисциплины подводятся итоги работы студентов на лекционных и практических занятиях путем суммирования заработанных баллов в течение семестра.

Критерии оценивания знаний обучающихся по дисциплине

Формирование балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся

		Посещение лекций	Посещение практических занятий	Работа на практических занятиях	Экзамен
4 семестр	Разбалловка по видам работ	2 х 1=2 баллов	8 х 1=8 баллов	226 балла	64 балла
	Суммарный макс. балл	2 балла max	10 баллов max	236 баллов max	300 баллов max

Критерии оценивания работы обучающегося

	Баллы (3 ЗЕ)
«отлично»	более 271
«хорошо»	211-270
«удовлетворительно»	151-210
«не удовлетворительно»	150 и менее

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное изучение курса требует от обучающихся посещения лекций, активной работы на лабораторных занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя,

ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Запись **лекции** – одна из форм активной самостоятельной работы обучающихся, требующая навыков и умения кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки. В конце лекции преподаватель оставляет время (5 минут) для того, чтобы обучающиеся имели возможность задать уточняющие вопросы по изучаемому материалу. Из-за недостаточного количества аудиторных часов некоторые темы не удается осветить в полном объеме, поэтому преподаватель, по своему усмотрению, некоторые вопросы выносит на самостоятельную работу студентов, рекомендуя ту или иную литературу. Кроме этого, для лучшего освоения материала и систематизации знаний по дисциплине, необходимо постоянно разбирать материалы лекций по конспектам и учебным пособиям. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией.

Подготовка к **лабораторным занятиям**.

При подготовке к лабораторным занятиям обучающийся должен изучить теоретический материал по теме занятия (использовать конспект лекций, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, при необходимости дополнить конспект, делая в нем соответствующие записи из литературных источников). В случае затруднений, возникающих при освоении теоретического материала, студенту следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

В начале лабораторного занятия преподаватель знакомит обучающихся с темой, оглашает план проведения занятия, выдает задание. В ходе выполнения работы студент может обратиться к преподавателю за консультацией или разъяснениями. При выполнении работ студент оформляет альбом (тетрадь) по лабораторному практикуму, который сдается на проверку в конце семестра.

Результаты выполнения лабораторных работ оцениваются в баллах, в соответствии с балльно-рейтинговой системой университета.

Подготовка к **устному опросу**.

При подготовке к устному опросу необходимо изучить теоретический материал по дисциплине. С целью оказания помощи студентам при подготовке к занятиям преподавателем проводится групповая консультация с целью разъяснения наиболее сложных вопросов теоретического материала.

Подготовка к **докладу с презентацией**.

Доклады делаются с целью проверки теоретических знаний обучающегося, его способности самостоятельно приобретать новые знания, работать с информационными ресурсами и извлекать нужную информацию.

Продолжительность доклада не должна превышать 5 минут. Тему доклада студент выбирает по желанию из предложенного списка.

При подготовке доклада магистрант должен изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, обязательно составить план доклада (перечень рассматриваемых им вопросов, отражающих структуру и последовательность материала), подготовить презентацию.

Выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументировано. Преподаватель следит, чтобы выступление не сводилось к простому воспроизведению текста, не допускается простое чтение составленного конспекта доклада. Выступающий также должен быть готовым к вопросам аудитории и дискуссии.

Планы практических занятий

Практическое занятие № 1. Математическое моделирование биологических систем

Практическое занятие № 2. Системная динамика. Построение и изучение модели распространения эпидемии.

Практическое занятие № 3. Агентное моделирование. Построение и изучение модели распространения эпидемии.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. Огнева, И. В. Математическое моделирование в клеточной биофизике : учебное пособие : [16+] / И. В. Огнева. – Москва : Московский Государственный Университет, 2014. – 47 с. : ил. – ISBN 978-5-19-010931-3 – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=595438

2. Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер [и др.] ; под. ред. П. В. Трусова. - Москва : Логос, 2020. - 440 с. - ISBN 978-5-98704-637-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1211604

Дополнительная литература

1. Гаврилова, Л. В. Математическое моделирование водных экосистем: Учебное пособие / Гаврилова Л.В., Компаниец Л.А., Распопов В.Е. - Краснояр.:СФУ, 2016. - 202 с.: ISBN 978-5-7638-3524-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/966729

2. Багаев, С. Н. Система кровообращения и артериальная гипертония: биофизические и генетико-физиологические механизмы, математическое и компьютерное моделирование: Монография / Багаев С.Н. - Новосибирск :СО РАН, 2008. - 252 с. ISBN 978-5-7692-1021-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/924719

Интернет-источники

1. Материалы свободной энциклопедии «Википедиа». URL: http://ru.wikipedia.org/wiki

2. Афонин В. В., Федосин С. А. Моделирование систем [Электронный ресурс]: учебный курс / НОЧУ ДПО "ИНТУИТ". Электронный учебный курс. Москва: ИНТУИТ, 2010-. http://www.intuit.ru/department/algorithms/modelsys/

3. Материалы свободной энциклопедии «Википедиа». URL: http://ru.wikipedia.org/wiki

4. Образовательный математический сайт. http://www.exponenta.ru

5. Учебные материалы разработчика AnyLogic. [Книги] URL: https://www.anylogic.ru/resources/books/

6. Учебные материалы разработчика AnyLogic. [Видео] URL: https://www.anylogic.ru/resources/educational-videos/ 6. Документация по AnyLogic. [текст] URL: https://help.anylogic.ru/index.jsp