

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Центр магистратуры



Программа дисциплины

Математическое моделирование экологии М1.В.2

Направление подготовки: 050100.68 - Педагогическое образование

Профиль подготовки: Экологическое образование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Уразметов И.А.

Рецензент(ы):

Уленгов Р.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Уразметов И. А.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института управления, экономики и финансов (центр магистратуры):

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 95791016

Казань

2016

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Уразметов И.А. кафедры географии и краеведения Отделение развития территорий, lldar.Urazmetov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Основная цель курса - сформировать у студентов способность конкретного математического мышления в области экологии. По словам Н.Н. Моисеева (1982) ". . . сейчас в принципе невозможно представить наши знания в виде единой системы без использования языка математики".

Мы полагаем, что курс "Математическое моделирование в экологии" позволяет наиболее полно осуществить концепцию о развитии нового экологического мышления на основе логико-математического подхода.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.В.2 Общенаучный" основной образовательной программы 050100.68 Педагогическое образование и относится к вариативной части. Осваивается на 2 курсе, 4 семестр.

Курс "Математическое моделирование в экологии" логически вытекает из курса "Высшая математика", (в особенности его раздела "Дифференциальные уравнения"), курсов "Введение в экологию", "Общая биология". Он тесно связан с курсами: "Общая экология", "Экологический мониторинг" и "Промышленная экология". На базе этого курса специалисты изучают системную экологию, как дисциплину, рассматривающую вопросы применения системного подхода и системного анализа в экологии.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности
ОК-6 (общекультурные компетенции)	готовностью работать с текстами профессиональной направленности на иностранном языке
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью осуществлять профессиональное и личностное самообразование, проектировать дальнейший образовательный маршрут и профессиональную карьеру
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью применять современные методики и технологии организации и реализации образовательного процесса на различных образовательных ступенях в различных образовательных учреждениях
ПК-2 (профессиональные компетенции)	готовностью использовать современные технологии диагностики и оценивания качества образовательного процесса
ПК-10 (профессиональные компетенции)	готовностью изучать состояние и потенциал управляемой системы и ее макро- и микроокружения путем использования комплекса методов стратегического и оперативного анализа

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-11 (профессиональные компетенции)	готовностью исследовать, проектировать, организовывать и оценивать реализацию управленческого процесса с использованием инновационных технологий менеджмента, соответствующих общим и специфическим закономерностям развития управляемой системы
ПК-12 (профессиональные компетенции)	готовностью организовывать командную работу для решения задач развития образовательного учреждения, реализации опытно-экспериментальной работы
ПК-13 (профессиональные компетенции)	готовностью использовать индивидуальные и групповые технологии принятия решений в управлении образовательным учреждением, опираясь на отечественный и зарубежный опыт
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью анализировать результаты научных исследований и применять их при решении конкретных образовательных и исследовательских задач
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовностью использовать индивидуальные креативные способности для оригинального решения исследовательских задач
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовностью использовать индивидуальные креативные способности для оригинального решения исследовательских задач
ПК-6 (профессиональные компетенции)	? готовностью использовать индивидуальные креативные способности для оригинального решения исследовательских задач
ПК-7 (профессиональные компетенции)	? готовностью самостоятельно осуществлять научное исследование с использованием современных методов науки
ПК-9 (профессиональные компетенции)	? готовностью к систематизации, обобщению и распространению методического опыта (отечественного и зарубежного) в профессиональной области

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные принципы построения и использования базовых математических моделей экологических процессов;

2. должен уметь:

применять метод математического моделирования в исследовании экологических процессов; пользоваться системами имитационных моделей экологических процессов или выбирать адекватные процессу модели.

3. должен владеть:

навыками практической работы на компьютерах с математическими моделями и навыками работы со специальной литературой;

применять методы математического моделирования в исследовательской работе

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 4 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ	4	1	2	2	0	домашнее задание домашнее задание
2.	Тема 2. . БАЗОВЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ОБЩИЕ ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМ	4	2	2	2	0	домашнее задание домашнее задание
3.	Тема 3. МОДЕЛИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ОТДЕЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ	4	3	2	2	0	домашнее задание домашнее задание
4.	Тема 4. ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭКОСИСТЕМ КАК МОДЕЛИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ	4	4	0	4	0	домашнее задание домашнее задание
5.	Тема 5. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ	4	5	0	4	0	домашнее задание домашнее задание
6.	Тема 6. . ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ КАК СРЕДСТВО ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ РЕАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	4	6	0	4	0	контрольная работа домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
7.	Тема 7. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СИСТЕМЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ	4	7	0	4	0	домашнее задание домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	4		0	0	0	зачет
	Итого			6	22	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Краткий исторический обзор. Общее понятие модели как субъективного, идеализированного отражения реально существующей действительности. Классификация моделей по способам воплощения: абстрактные (вербальные, знаковые, математические), материальные. Примеры из экологии, биотехнологии.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Классификация математических моделей (ММ) по методам построения (аналитические, экспериментально-аналитические, экспериментально-регрессионные); целям использования (базовые и имитационные); формам математического представления (в обыкновенных и частных производных, интегро-дифференциальные, разностные, вероятностные и т.д.). ММ, построенные на уровне полного внутривидового агрегирования и с учетом гетерогенности популяций (возрастной, половой и т.д.). Модели автономные и неавтономные, с запаздыванием и т.д. Визуальное представление результатов моделирования. Имитационные модели как инструмент исследования реальных экологических систем.

Тема 2. . БАЗОВЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ОБЩИЕ ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМ

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Определение устойчивости и стабильности. Динамическая и структурная устойчивость. Метод Ляпунова для исследования динамической устойчивости. Характеристическое уравнение. Метод фазовых портретов: фазовые траектории, их развертки во времени, устойчивость в фазовом пространстве, особые точки, циклические или автоколебательные режимы, предельные циклы.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Влияние явлений запаздывания и изменчивости структуры популяции на устойчивость экосистем. Влияние изменений параметров модели на устойчивость особых точек; бифуркационные значения параметров. Пример исследования устойчивости стационарного состояния классической модели Лотке - Вольтерра "хищник" - "жертва".

Тема 3. МОДЕЛИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ОТДЕЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Понятие о материально-энергетических балансах и способах их использования для построения математических моделей. Непрерывные модели: 1.рост популяции в среде с неограниченным запасом питания (модель Мальтуса); 2.рост при ограничениях скорости роста отравлением, влияние смертности и т.п. (модель Ферхюльста и ее модификации); 3.модель роста популяции с нижней границей численности; 4.модель роста популяции с верхней и нижней границами численности; 5.влияние эффекта истощения лимитирующего источника питания (модель Моно, Моно-Иерусалимского, интермедиальные модели). Влияние запаздывания на вид модели, ее автономность, фазовые траектории и устойчивость.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Дискретные модели популяций с неперекрывающимися поколениями. Диаграмма и лестница Ламерея. Циклы. Хаотическое поведение. Стохастические модели популяций. Учет влияния случайных возмущений. Распространение возмущений, автоволновые процессы. Учет пространственного распределения вида.

Тема 4. ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭКОСИТЕМ КАК МОДЕЛИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ

практическое занятие (4 часа(ов)):

Базовые математические модели как необходимая составляющая имитационных моделей. Взаимодействие между базовыми и имитационными моделями. Интермедиальные модели. Общий вид базовой ММ экологической системы. Учет влияния абиотических факторов. Основные задачи исследования динамики экосистем (прямые ? исследование устойчивости стационарных состояний, прогнозирование, исследование влияния начальных условий, исследование чувствительности математических моделей; обратные , параметрическая идентификация математических моделей, задачи управления). Экспериментально-аналитический метод ? как основной метод построения имитационных моделей.

Тема 5. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

практическое занятие (4 часа(ов)):

Модель Моно и рост *S. utilis* на этаноле. Модель плпнктонного сообщества пелагиали Белого моря.. Модель регенерации закисного железа в экологически чистых процессах биогидрометаллургии.

Тема 6. . ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ КАК СРЕДСТВО ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ РЕАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

практическое занятие (4 часа(ов)):

Оптимизация, управление и прогнозирование периодической и непрерывной культуры водородных бактерий для замкнутых процессов жизнеобеспечения. Исследование и оптимизация экологически чистой технологии получения металлов из руд и концентратов с использованием тионовых бактерий *Thiobacillus ferrooxidans*. Моделирование и оптимизация получения экологически чистой биомассы дрожжей *S. utilis* на этаноле. Имитационные модели озерных экосистем Азовского моря. Понятие о моделировании глобальных экосистем (модели "ядерной войны", изменения климата при увеличении концентрации CO₂, "озоновых дыр" и т.д.).

Тема 7. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СИСТЕМЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИТЕМ

практическое занятие (4 часа(ов)):

Иерархия моделей в экологии. Общий вид базовой ММ экологической системы. Итерационная процедура построения имитационных ММ экспериментально ? аналитическим методом:
 1. Разработка концептуальной модели на основе предварительных литературных и экспериментальных данных (выбор переменных и параметров, формулировка основных предпосылок и гипотез о структурных связях и взаимодействиях с окружающей средой и др.).
 2. Структурная идентификация математической модели. 3. Параметрическая идентификация математической модели как непосредственно по экспериментальным данным, так и на ЭВМ с использованием методов теории оптимального управления. 4. Проверка качества аппроксимации экспериментальных данных, использованных для поиска коэффициентов ММ.
 5. Проверка адекватности ММ по независимым экспериментам. 6. Анализ чувствительности модели по параметрам. 7. Использование разработанной ММ как инструмента для исследования экосистем. Системный подход и системный анализ. Роль и место математического моделирования в организации системных исследований.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ	4	1	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
2.	Тема 2. . БАЗОВЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ОБЩИЕ ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМ	4	2	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
3.	Тема 3. МОДЕЛИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ОТДЕЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ	4	3	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
4.	Тема 4. ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭКОСИТЕМ КАК МОДЕЛИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ	4	4	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
5.	Тема 5. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ	4	5	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
6.	Тема 6. . ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ КАК СРЕДСТВО ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ РЕАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	4	6	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СИСТЕМНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ	4	7	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
	Итого				44	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Курс математического моделирования в экологии имеет компьютерное сопровождение, в состав которого входят специальные учебные программы, позволяющие студентам приобрести определенные навыки работы с моделями.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

домашнее задание , примерные вопросы:

Работа с литературой, выполнение заданий 1. Назовите основные определения, понятия, термины, используемые в курсе. Дайте определение математической модели и моделированию. 2. Приведите примеры физических (реальных) и математических моделей в экологии. 3. Дайте определение базовых и имитационных моделей. 4. Сформулируйте основные предпосылки построения базовых математических моделей. 5. Определите область практического использования базовых и имитационных моделей.

Тема 2. . БАЗОВЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ОБЩИЕ ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМ

домашнее задание , примерные вопросы:

Работа с литературой, выполнение заданий 1. Запишите материальный баланс для популяции в изолированной экосистеме. Поясните, как изменится вид полученного уравнения с учетом эмиграции и иммиграции особей популяции. 2. Запишите уравнение непрерывной математической модели роста одиночной популяции в неограниченной среде (модель Мальтуса) и дайте биологическую интерпретацию параметра MM . 3. Дайте графическую интерпретацию решения уравнения MM Мальтуса в координатах "плотность популяции" - "время" и натуральный логарифм плотности популяции-время. Объясните, как изменяются полученные графические зависимости при изменении параметра модели. 4. Запишите уравнение непрерывной математической модели роста одиночной популяции в ограниченной среде (модель Ферхюльста) и дайте биологическую интерпретацию параметров MM

Тема 3. МОДЕЛИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ОТДЕЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ

домашнее задание , примерные вопросы:

Работа с литературой, выполнение заданий 1. Дайте графическую интерпретацию решения уравнения MM Ферхюльста в координатах плотность популяции-время. Объясните, как изменяются полученные графические зависимости при изменении параметров модели. 2. Приведите формулу для вычисления коэффициента самоотравления популяции по известным значениям удельной скорости роста популяции и емкости среды для модели Ферхюльста. 3. Запишите уравнение непрерывной математической модели роста одиночной популяции с нижней и верхней критическими границами численности популяции. Дайте биологическую интерпретацию параметров MM .

Тема 4. ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭКОСИТЕМ КАК МОДЕЛИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ

домашнее задание , примерные вопросы:

Работа с литературой, выполнение заданий. Приведите примеры модификации классической модели "хищник-жертва" и поясните биологическую смысл вносимых изменений.

1. Моделирования отношений нейтралитета. Поясните термин "транзбиотические связи".
2. Перечислите предпосылки построения ММ трофических цепей и сетей. Приведите реальные примеры трофических отношений в экосистемах.

Тема 5. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

домашнее задание , примерные вопросы:

Работа с литературой, выполнение заданий 1. Дайте определение базовых математических моделей в экологии. 2. Дайте определение имитационных математических моделей в экологии. 3. Поясните основные различия в сущности базовой и имитационной модели одного и того же процесса. 4. Изложите сущность экспериментально-аналитического метода построения ММ. 5. В чем состоит цикличность процесса построения имитационных моделей экспериментально-аналитическим методом? 6. Пример модели Моно как базовой модели при моделировании биотехнологических процессов в закрытых и открытых системах.

Тема 6. . ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ КАК СРЕДСТВО ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ РЕАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

домашнее задание , примерные вопросы:

Работа с литературой, выполнение заданий 1. Модель Моно как имитационная модель роста *S. utilis* на этаноле. 2. В чем выражается взаимодействие базовых и имитационных моделей одного и того же процесса? 3. Приведите примеры модификаций модели Моно, основанные на ферментативной кинетике зависимостей удельных скоростей "узкого места" процесса от концентраций субстрата, продукта, активатора, ингибитора и пр. 4. Приведите модели роста тионовых бактерий в открытых и закрытых системах как пример циклического улучшения модели Моно. 5. Проанализируйте полученные результаты моделирования роста тионовых бактерий, как пример получения принципиально новых данных. 7. Базовые модели с промежуточным продуктом, регулирующим исходный субстрат и конечный продукт биосинтеза (модели Петровой Т.А.).

контрольная работа , примерные вопросы:

По темам: базовые математические модели и общие вопросы устойчивости экосистем, модели роста и развития отдельной популяции, имитационные модели экосистем.

Тема 7. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СИСТЕМЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИТЕМ

домашнее задание , примерные вопросы:

Работа с литературой, выполнение заданий. Имитационные модели роста железобактерий *Thiobacillus ferrooxidans* на закисном железе (модели Т.А. Петровой, Н.А. Галатионовой).

1. Какова роль железобактерий в процессах выщелачивания металлов из руд и концентратов?
2. Рассмотрите общую схему процесса выщелачивания и укажите в ней место процесса жидкофазной регенерации окисного железа. 3. Приведите примеры моделирования процесса биорегенерации окисного железа в биогидрометаллургии при разных температурах и pH среды. 4. Обсудите результаты моделирования, получить которые можно только с помощью ММ процесса биорегенерации окисного железа. 5. Укажите те результаты моделирования, которые приводят к оптимизации процесса биорегенерации при различных температурах

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету.

1. Общее определение модели.
2. Определение моделей: вербальных, физических, математических. Привести примеры.

3. Классификация математических моделей: по методам построения, целям использования, формам математического представления.
4. Понятие о материально-энергетических балансах и способах их использования для построения математических моделей.
5. Определение устойчивости и стабильности. Метод Ляпунова. Характеристическое уравнение.
6. Метод фазовых портретов: фазовые траектории, их развертки во времени, устойчивость в фазовом пространстве.
7. Особые точки, их классификация в зависимости от решения характеристического уравнения.
8. Влияние явлений запаздывания и изменчивости структуры популяции на устойчивость экосистем.
9. Влияние изменений параметров модели на устойчивость особых точек; бифуркационные значения параметров.
10. Рост популяции в среде с неограниченным запасом питания (модель Мальтуса);
11. Рост при ограничениях скорости роста отравлением, влияние смертности и т.п. (модель Ферхюльста и ее модификации);
12. Модель роста популяции с нижней границей численности.
13. Модель роста популяции с верхней и нижней границами численности.
14. Влияние эффекта истощения лимитирующего источника питания (модель Моно в закрытой системе и ее модификации).
15. Модель Моно в открытой системе. Стационарные состояния, их устойчивость. Хемостатная кривая.
16. Дискретные модели популяций с неперекрывающимися поколениями. Диаграмма и лестница Ламерея. Циклы. Хаотическое поведение.
17. Модели разновозрастных популяций.
18. Стохастические модели популяций. Пример простейшей вероятностной модели.
19. Общая классификация взаимодействий двух популяций (симбиоз, комменсализм, "хищник - жертва", аменсализм, конкуренция, нейтрализм).
20. Модель нейтрализма. Трансботические связи.
21. Модель аменсализма. Исследование устойчивости стационарного состояния, анализ бифуркационных значений параметров, их биологическая интерпретация.
22. Модель комменсализма. Устойчивость стационарного состояния, бифуркации, биологическая интерпретация.
23. Модель мутуализма. Ее исследование и биологическая интерпретация.
24. Модель конкуренции. Ее исследование. Примеры экологических сообществ.
25. Модели взаимоотношения "хищник - жертва". Недостатки классической модели Лотке - Вольтерра.
26. Модели многоуровневых биоценозов, связанных соотношениями "хищник-жертва" (на основе модели Лотке - Вольтерра.).
27. Методы построения математических моделей.
28. Основные этапы построения ММ экспериментально-аналитическим методом.
29. Имитационное моделирование как один из системных методов экологии.
30. Системный подход и системный анализ. Применение в экологии.
31. Этапы циклического процесса построения математической модели экспериментально-аналитическим методом. Блок-схема процесса.
32. Основы методики определения коэффициентов математических моделей.
33. Понятие об адекватности математической модели и способах проверки ее на адекватность.
34. Базовая модель Моно как основа для имитационного моделирования и оптимизации биотехнологических процессов.

35. Базовые модели с интермедиатом (модели Петровой) как основа для более сложных имитационных моделей.
36. Моделирование экологически чистой технологии получения металлов из руд и концентратов.
37. Модель планктонного сообщества пелагиали Белого моря.
38. Модели экосистемы пелагиали тропических вод океана (модели Ляпунова-Виноградова)
39. Имитационные модели озерных экосистем Азовского моря.
40. Понятие о моделировании глобальных экосистем.
41. Моделирование системы очистки стоков промышленных предприятий.
42. Моделирование антропогенного воздействия на проточную водную систему с агро-, пром- и жилыми комплексами.
43. Моделирование антропогенного воздействия на закрытую водную систему.

7.1. Основная литература:

1. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем: Учебное пособие / В.П. Мешалкин, О.Б. Бутусов, А.Г. Гнаук. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 357 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование). (обложка) ISBN 978-5-16-003818-6, 300 экз.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=184099>
2. Экология. Учебная полевая практика: Учебное пособие / В.Ф. Кулеш, В.В. Маврищев. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2015. - 332 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-010292-4, 300 экз.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=483086>
3. Гидрогеодинамическое моделирование взаимодействия подземных и поверхностных вод: Монография / С.О. Гриневский. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 152 с.: 60x88 1/16. - (Научная мысль). (обложка) ISBN 978-5-16-005256-4, 100 экз.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=413174>
4. Геоэкология: Учебное пособие / И.Ю. Григорьева. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 270 с.: 60x90 1/16 + (Доп. мат. znanium.com). - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-006314-0, 500 экз.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=460987>
5. Плохотников, К. Э. Метод и искусство математического моделирования [Электронный ресурс] : курс лекций / К. Э. Плохотников. - М. : ФЛИНТА, 2012. - 519 с. - ISBN 978-5-9765-1541-3
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=456334>

7.2. Дополнительная литература:

1. Экологический мониторинг атмосферы: Учебное пособие / И.О. Тихонова, В.В. Тарасов, Н.Е. Кручинина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 136 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (обложка) ISBN 978-5-91134-667-6, 500 экз.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=327080>
2. Экологический мониторинг и экологическая экспертиза: Учеб. пос. / М.Г. Ясовеев, Н.Л. Стреха и др.; Под ред. проф. М.Г. Ясовеева - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013 - 304 с.: ил.; 60x90 1/16. - (ВО: Бакалавр.). (п) ISBN 978-5-16-006845-9, 600 экз.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=412160>
3. Алексеенко, В. А. Металлы в окружающей среде: оценка эколого-геохимических изменений: сборник задач [Электронный ресурс] / В. А. Алексеенко, А. В. Суворинов, Е. В. Власова; под науч. ред. В. А. Алексеенко. - М.: Логос, 2011. - 216 с. - ISBN 978-5-98704-574-9.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=468062>

4. Экономико-математическое моделирование: Практическое пособие по решению задач / И.В. Орлова. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 140 с.: 60x88 1/16. (обложка) ISBN 978-5-9558-0107-0, 300 экз. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=441616>

5. Моделирование эколого-экономических систем: Учебное пособие / М.С. Красс. - 2-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 272 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Магистратура). ISBN 978-5-16-006597-7, 500 экз. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=398940>

7.3. Интернет-ресурсы:

Исследовательская работа тема: ?Математическое моделирование в экологии?. -

<http://nsportal.ru/shkola/algebra/library/issledovatelskaya-rabota-na-temu-matematicheskoe-modelirovanie>

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОЛОГИИ СООБЩЕСТВ -

http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/fursova_matematicheskoe/fursova_matematicheskoe.htm

методология математического моделирования -

<http://rudocs.exdat.com/docs/index-50045.html?page=4>

общая экология -

<http://ours-nature.ru/b/book/5/page/8-glava-8-populyatsii/95-8-6-6-matematicheskoe-modelirovanie-v-ekolo>

системный подход и моделирование в экологии - <http://www.ecology-portal.ru/publ/4-1-0-224>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Математическое моделирование экологии" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Лингафонный кабинет, представляющий собой универсальный лингафонно-программный комплекс на базе компьютерного класса, состоящий из рабочего места преподавателя (стол, стул, монитор, персональный компьютер с программным обеспечением SANAKO Study Tutor, головная гарнитура), и не менее 12 рабочих мест студентов (специальный стол, стул, монитор, персональный компьютер с программным обеспечением SANAKO Study Student, головная гарнитура), сетевого коммутатора для структурированной кабельной системы кабинета. Лингафонный кабинет представляет собой комплекс мультимедийного оборудования и программного обеспечения для обучения иностранным языкам, включающий программное обеспечение управления классом и SANAKO Study 1200, которые дают возможность использования в учебном процессе интерактивные технологии обучения с использованием современных мультимедийных средств, ресурсов Интернета.

Программный комплекс SANAKO Study 1200 дает возможность инновационного ведения учебного процесса, он предлагает широкий спектр видов деятельности (заданий), поддерживающих как практики слушания, так и тренинги речевой активности: практика чтения, прослушивание, следование образцу, обсуждение, круглый стол, использование Интернета, самообучение, тестирование. Преподаватель является центральной фигурой процесса обучения. Ему предоставляются инструменты управления классом. Он также может использовать многочисленные методы оценки достижений учащихся и следить за их динамикой. SANAKO Study 1200 предоставляет учащимся наилучшие возможности для выполнения речевых упражнений и заданий, основанных на текстах, аудио- и видеоматериалах. Вся аудитория может быть разделена на подгруппы. Это позволяет организовать отдельную траекторию обучения для каждой подгруппы. Учащиеся могут работать самостоятельно, в автономном режиме, при этом преподаватель может контролировать их действия. В состав программного комплекса SANAKO Study 1200 также входит модуль Examination Module - модуль создания и управления тестами для проверки конкретных навыков и способностей учащегося. Гибкость данного модуля позволяет преподавателям легко варьировать типы вопросов в тесте и редактировать существующие тесты.

Также в состав программного комплекса SANAKO Study 1200 также входит модуль обратной связи, с помощью которых можно в процессе занятия провести экспресс-опрос аудитории без подготовки большого теста, а также узнать мнение аудитории по какой-либо теме.

Каждый компьютер лингафонного класса имеет широкополосный доступ к сети Интернет, лицензионное программное обеспечение. Все универсальные лингафонно-программные комплексы подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Компьютерный класс

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 050100.68 "Педагогическое образование" и магистерской программе Экологическое образование .

Автор(ы):

Уразметов И.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Уленгов Р.А. _____

"__" _____ 201__ г.