Министерство образования и науки Российской Федерации

Сибирский федеральный университет

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В БИОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Методические указания по самостоятельной работе

Красноярск

СФУ

2011

Составитель: М.Ю. Салтыков

Методические указания составлены в соответствии с учебным планом и программой по дисциплине «Математические методы в биофизических исследованиях». Пособие содержит тематический план занятий, представлены источники основной и дополнительной литературы в соответствии с темами занятий. В пособие даны рекомендации для самостоятельного изучения теоретического курса дисциплины, промежуточному и итоговому контролю.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению 011200.68 «Физика», магистерская программа 011200.68.01 «Биофизика».

**1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Дисциплина "Математические методы в биофизических исследованиях" является важным дополнением к базовому курсу биофизики. Цель данного курса – ознакомить студентов с общими принципами построения математических моделей биологических систем и применения этих моделей для решения задач биологических исследований, включая обработку экспериментальных данных. В курсе последовательно излагаются различные математические подходы к построению моделей биологических систем, способы их исследования и интерпретации. Обсуждается роль математического моделирования и математических методов вообще в решении общебиологических проблем.

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов системного представления о возможностях использования математических методов для решения исследовательских задач в области биофизики и биологии. Кроме того, данная дисциплина призвана сформировать базовые практические навыки построения и исследования математических моделей, которые при необходимости могут быть развиты до профессионального уровня.

*Задачи изучения дисциплины*

- формирование у студентов системного представления об особенностях биологических систем, определяющих выбор математического аппарата для их моделирования;

- ознакомление с биологическими исследованиями, в которых получение и понимание результатов базировалось на математическом моделировании;

- формирование навыков построения и анализа математических моделей биологических систем;

- ознакомление с методами логического анализа информационных систем и ограничениями, свойственными информационным системам различного уровня.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: методы математического моделирования биологических процессов.

уметь: строить модели биологических систем, проводить их анализ и осуществлять содержательную интерпретацию результатов моделирования.

владеть: методами математического моделирования биологических процессов и методами анализа математических моделей.

Изучение дисциплины заканчивается сдачей зачета.

### *Объем дисциплины и виды учебной работы*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид учебной работы | Всего  часов(з.е.) | Семестр | |  |
| 9 | 10 | 11 |
| **Общая трудоемкость дисциплины** | 180(5) | 72(2) | 36(1) | 72(2) |
| **Аудиторные занятия:** | 84(2,3) | 28(0,7) | 28(0,7) | 28(0,7) |
| **Самостоятельная работа:** | 60(1,6) | 8(0,2) | 8(0,2) | 44(1,2) |
| **Вид промежуточного контроля (зачет, экзамен)** | **36(1)** | **Экзамен**  **36(1)** | **зачет** | **Зачет** |

## 2. Самостоятельная работа

**Содержание самостоятельной работы**

Самостоятельная работа по курсу «Математические методы в биофизических исследованиях» включает:

- самостоятельное изучение теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы:

Виды самостоятельной работы выбраны в соответствии с целями и задачами изучения дисциплины «Математические методы в биофизических исследованиях», количество часов определено трудоемкостью конкретного вида самостоятельной работы. Каждый из видов самостоятельной работы преследует свою цель. Так, самостоятельное изучение теоретического курса необходимо для понимания основ биофизического подхода к изучению биологических систем.

Самостоятельное изучение теоретического материала проводится в рамках модулей по следующим темам:

Модуль 1. Методологические особенности математической биофизики.

Тема 1.3. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Качественная теория дифференциальных уравнений. Методы понижения сложности систем дифференциальных уравнений. Теорема Тихонова. Вопросы устойчивости динамических систем. Круги Гершгорина. Ферментативная кинетика. Метод графов и метод диаграмм в ферментативной кинетике.

Тема 1.4. Разностные уравнения и цепи Маркова. Простейшая модель динамики количества белка в бактериальной клетке. Динамика популяций с раздельными поколениями. Разнообразие динамических режимов в простейших моделях.

Модуль 2. Принципиальные проблемы изучения жизни как явления

Тема 2.2. Проблема сущности и происхождения жизни. Модели добиологической эволюции (гиперциклы Эйгена, автоген, сайзер). Концепция и модель мультивариантного олигомерного автокатализатора, как предшественника биологического метаболизма.

Модуль 3. Математические методы в исследовании биологических систем.

Тема 3.1. Модели помогающие понять принципы образования и функционирования живых систем. Законы Менделя как пример аксиоматической системы в биологии. Модель морфогенеза Вольперта и Мура. Методологические основы подхода "Artificial Life" к изучению фундаментальных свойств живого. Клеточные автоматы и игра Конвэя "Жизнь". Модель формирования разброса фенотипических признаков в популяции бактерий с идентичным генотипом.

Текущая работа оценивается по итогам работы студента на семинарских занятиях.

**Методика реализации самостоятельной работы по изучению теоретического курса**

Изучение теоретического материала проводится по текстам, представленным в электронном виде как гипертекстовый ресурс, в виде демонстрационных презентаций соответствующих глав и тем курса, а также в виде компьютерных программ, иллюстрирующих отдельные темы курса. Использование последних настоятельно рекомендуется при самостоятельном изучении теоретических основ математических методов в биофизических исследованиях.

В конце семестра на консультациях основное внимание будет уделяться изучению наиболее сложных вопросов курса. Поэтому приходить на эти занятия следует подготовленным, обязательно изучив материалы прошедшего семестра.

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо самостоятельно изучить темы теоретического курса в соответствие учебной программой дисциплины.

Самостоятельная работа выполняется студентами на основе учебно-методических материалов дисциплины, приведенных в библиографическом списке.

Задания на самостоятельную работу по изучению теоретического материала выдаются лектором на первом занятии каждого модуля вместе со списком учебной литературы по соответствующему модулю. Контроль освоения теоретического материала осуществляется во время проведения промежуточного контроля, а также во время семинарских занятий и защите рефератов.

### 4. Учебно-методические материалы по дисциплине

Основная литература

1. Барцев, С. И. Эвристические нейросетевые модели в биофизике [Текст] : монография / С. И. Барцев, О. Д. Барцева ; Сибирский федеральный университет [СФУ]. - Красноярск : Сибирский федеральный университет [СФУ], 2007. - 91 с. : ил. - Библиогр. список: с.84-90. (4 экз.)
2. Барцев, С. И. Эвристические нейросетевые модели в биофизике: приложение к проблеме структурно-функционального соответствия [Текст] : монография / С. И. Барцев, О. Д. Барцева ; Сибирский федеральный университет [СФУ], Российская академия наук [РАН]. Сибирское отделение [СО]. Институт биофизики. - Красноярск : Сибирский федеральный университет [СФУ], 2010. - 114 с. (10 экз.) <http://lib2.sfu-kras.ru/elib/u57/i-028283.pdf>
3. Свидерская И.В. Биофизика сложных систем [Текст] : учеб. - метод. пособие для самостоятельной работы студентов Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - 10 с. Количество книг в библ. СФУ – 7 экз.

Дополнительная литература

1. Арбиб М. Мозг, машина и математика, М.:Наука, 1968, 224 С.
2. Лефевр, В. А.  Алгебра совести [Текст] = Algebra of Conscience : [перевод со 2-го английского издания с дополнениями] / В. А. Лефевр. - Москва : Когито-Центр, 2003. - 411 с.
3. Барцев С.И., Охонин В.А. Адаптивные сети, функционирующие в непрерывном режиме. В кн.: Эволюционное моделирование и кинетика. Новосибирск: Наука, 1992.- C.24- 30.
4. Биркгоф Г., Барти Т. Современная прикладная алгебра, М.: Мир, 1976, 400 с
5. Вольперт Л., Проблема трехцветного флага – к вопросу о развитии и регуляции пространственной структуры // На пути к теоретической биологии: Пер. с англ. / Под ред. К. Уоддигтона.- М.: Мир, 1970.- С. 120 – 128.
6. Иваницкий Г.Р., Кринский В.И., Сельков Е.Е., Математическая биофизика клетки, М.: Наука, 1978, 310 с.
7. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М., Дискретная математика для инженера, М.:Энергоатомиздат, 1988.- 480 с.
8. Рашевский Н. Модели и математические принципы в биологии // Теоретическая и математическая биология, М.: Мир, 1968. – С. 48 – 66.
9. Редько В.Г. Эволюционная кибернетика, М.: Наука, 2001. – 156 с.
10. Розен Р. Принципы оптимальности в биологии: Пер. с англ.- М.: Мир, 1970.- 271с.
11. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С., Математическая биофизика, М.:Наука ФМЛ, 1984, 304 с.
12. Рубин А.Б., Биофизика, в 2 т. Т.1.: Теоретическая биофизика. М.: "Книжный дом "Университет", 1999.- 448 с.
13. Рейуорд-Смит В.Дж., Теория формальных языков, М.: «Радио и связь», 128 с., 1988.
14. Хант Э., Искусственный интеллект, М.: Мир, 558 с., 1978.
15. Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул М.: Мир, 1973, 216.
16. Эйген М., Шустер П., Гиперцикл (принципы самоорганизации макромолекул), М.: Мир, 1982, 270 с.

## Контрольно-измерительные материалы

По дисциплине предусматривается итоговый контроль:

9 семестр – экзамен

10 семестр – зачет

11 семестр - зачет

Экзаменационные билеты формируются на базе приведенного ниже перечня вопросов для экзамена:

1. Алгебраические уравнения. Исследование стационарных состояний биологических систем. Принцип Гаузе.
2. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Качественная теория дифференциальных уравнений.
3. Модели, помогающие понять принципы образования и функционирования живых систем. Законы Менделя как пример аксиоматической системы в биологии.
4. Модели, способствующие получению и обработке экспериментальных данных. Феноменологические модели.
5. Методы понижения сложности систем дифференциальных уравнений. Теорема Тихонова. Вопросы устойчивости динамических систем. Круги Гершгорина.
6. Клеточные автоматы и игра Конвэя "Жизнь". Модель формирования разброса фенотипических признаков в популяции бактерий с идентичным генотипом.
7. Стехиометрические ограничения в уравнениях баланса потоков веществ в замкнутых экосистемах.
8. Ферментативная кинетика. Метод графов и метод диаграмм в ферментативной кинетике.
9. Разностные уравнения и цепи Маркова. Динамика популяций с раздельными поколениями. Разнообразие динамических режимов в простейших моделях.
10. Проблема сложности и уникальности биологических систем. Проблема структурно-функционального соответствия.
11. Принципиальные проблемы изучения жизни как явления.
12. Проблема прогноза динамики и эволюции биологических систем.
13. Нейросетевая феноменологическая модель эволюционирующей системы, обладающей функцией.
14. Нейросетевые алгоритмы обработки экспериментальных данных.
15. Метод фазовых портретов в исследовании динамики сложных систем.
16. Статистические модели и распределения. Проявление механизмов формирования измеряемых показателей в статистических распределениях.
17. О применимости нормального распределения к описанию биологических показателей.
18. Распределение Парето в биологии и механизмы его формирования.
19. Экстремальные принципы в математической биологии.
20. Функциональная симметрия и группы Ли в сетевых моделях. Редукция сложности моделей биологических систем.
21. Проблема сущности и происхождения жизни. Модели добиологической эволюции (гиперциклы Эйгена, автоген, сайзер).