

# Рабочая программа дисциплины

## 1. Нейроинформатика

### 2. Лекторы.

**2.1.** Кандидат физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник Доленко Татьяна Альдефонсовна, кафедра квантовой электроники, [tdolenko@lid.phys.msu.ru](mailto:tdolenko@lid.phys.msu.ru), [tdolenko@mail.ru](mailto:tdolenko@mail.ru), +7 (916) 514-63-88.

### 3. Аннотация дисциплины.

Современный этап развития науки характеризуется существенным усложнением алгоритмов обработки экспериментальных данных. Достаточно часто встречаются ситуации, когда не существует достаточно адекватной модели исследуемого объекта, и в этих случаях приходится прибегать к использованию методов машинного обучения, основанных на использовании информации, содержащейся в самих данных, а не на априорно заданных моделях. Данный курс посвящён изучению методов машинного обучения (искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы, метод группового учёта аргументов, метод многомерного разложения кривых) и особенностей их применения для решения обратных задач. Уделено внимание основным отличиям этих методов от традиционных методов решения обратных задач, их достоинствам, недостаткам и рекомендуемым областям их применения.

### 4. Цели освоения дисциплины.

Освоение основных принципов обработки информации с помощью методов машинного обучения.

### 5. Задачи дисциплины.

Получение базовых теоретических знаний в области нейроинформатики. Изучение основных моделей нейронных сетей, их архитектур и алгоритмов обучения. Изучение теоретических основ генетических алгоритмов, метода группового учёта аргументов, метода многомерного разрешения кривых. Освоение основных методов подготовки и предобработки данных при применении методов машинного обучения.

### 7. Компетенции.

#### 7.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

М-ОНК-2, М-СК-1, М-СК-2, М-ПК-1.

#### 7.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

М-СК-2, М-ПК-5, М-СПК-21

### 8. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать* основные модели нейронных сетей, их архитектуры и алгоритмы обучения, особенности и области применения; знать теоретические основы генетических алгоритмов, метода группового учёта аргументов, метода многомерного разрешения кривых;

*уметь* использовать адаптивные методы обработки информации для решения задач анализа и обработки данных физического эксперимента;

*владеть* основами подготовки и предобработки данных для работы с адаптивными алгоритмами (методами машинного обучения).

### 9. Содержание и структура дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа, из них аудиторных занятий – 30 часов).

Вид работы	Семестр 2	Всего
Общая трудоёмкость, акад. часов	72	72
Аудиторная работа:	30	30

Лекции, акад. часов	16	16
Семинары, акад. часов	14	14
Лабораторные работы, акад. Часов	0	0
<b>Самостоятельная работа, акад. часов</b>	42	42
<b>Вид итогового контроля (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)</b>	Зачет	Зачет

N раз- дела	Наименование раздела	Трудоёмкость (академических часов) и содержание занятий			Форма текущего контроля	
		Аудиторная работа				Самостоятельная работа
		Лекции	Семинары	Лабораторные работы		
1	Основные модели искусственных нейронных сетей (ИНС)	1. 2 часа. Методы машинного обучения как противоположность методам, основанным на моделях. ИНС. Обучение с учителем и без учителя. Модель нейрона. Много-слойный персептрон. Тренировка и применение ИНС. Понятие о тренировочном, тестовом и экзаменационном наборах данных. Алгоритм обратного распространения ошибки. Рекуррентные сети. Автоассоциативная память. Преимущества и недостатки описываемых моделей; области применения.	1 - 2 часа. Демонстрация работы сетей с обратным распространением ошибки с помощью специальных демонстрационных программ. Рассмотрение примеров, позволяющих уяснить влияние основных параметров (скорость обучения, момент, передаточная функция, число скрытых слоев, число нейронов в скрытых слоях и др.) на эффективность обучения и работы персептронов.		6 часов. Работа с лекционным материалом.	Контрольная работа
		2. 2 часа Нейронная сеть с общей регрессией (НСОР). Вероятностная нейронная сеть (ВНС). Нейронная сеть и самоорганизующиеся карты Кохонена. Глубокие нейронные сети. Преимущества и недостатки описываемых моделей; области применения.	1 - 2 часа. Демонстрация работы НСОР, ВНС, сетей Кохонена с помощью специальных демонстрационных программ. Рассмотрение примеров, позволяющих уяснить влияние основных параметров на эффективность обучения и работы рассматриваемых сетей.		5 часов Работа с лекционным материалом.	
2	Основы подготовки и предобработки данных	1. 2 часа Методы анализа данных, направленные на определение и уменьшение размерности задачи. Анализ главных компонент (АГК). Кластер-анализ. Фрактальная размерность. Методы /нелинейного преобразования входных данных, способствующие выделению отличительных свойств. Нелинейный анализ главных компонент.	1 - 2 часа. Демонстрация линейного и нелинейного нейросетевого АГК с помощью специальной демонстрационной программы. Практическая работа по решению задач кластеризации с помощью свободно распространяемого программного обеспечения.		5 часов Работа с лекционным материалом.	Контрольная работа
3	Метод группового учёта аргументов. Генетические алгоритмы. Генетическое программирование	1. 2 часа Задача математического моделирования. Регрессионный подход. Комбинаторный метод группового учёта аргументов (МГУА). Переход к многоурядному варианту метода. Преимущества и недостатки МГУА, области применения.	1 - 2 часа. Демонстрация работы МГУА на примерах с помощью специальной демонстрационной программы.		5 часов. Работа с лекционным материалом.	Контрольная работа

		<p>2. 2 часа.</p> <p>Генетические алгоритмы (ГА) как метод решения задач оптимизации. Обзор основных методов оптимизации. Аналогия с живой природой. Терминология ГА. Основной алгоритм вычислений. Сравнение ГА с традиционными методами оптимизации. Достоинства и недостатки ГА, области его применения. Основные классы задач, решаемых с помощью ГА. Реализация основных генетических операторов.</p>	<p>2 - 2 часа.</p> <p>Демонстрация работы ГА на примерах с помощью специальных демонстрационных программ. Сравнение разных методов решения задач оптимизации.</p>		<p>5 часов.</p> <p>Работа с лекционным материалом.</p>	
5	<p><b>Решение обратных задач с помощью адаптивных методов обработки данных</b></p>	<p>1. 2 часа</p> <p>Обратные задачи: определения, корректность по Адамару и по Тихонову, устойчивость, единственность решения. Постановка обратной задачи как задачи оценки и как задачи оптимизации. Сравнение решения обратных задач с помощью методов машинного обучения и с помощью традиционных методов. Методические постановки задачи при решении обратных задач с помощью адаптивных методов анализа данных: от эксперимента, от модели, промежуточная. Области применения, свойства, достоинства и недостатки методических постановок.</p>			<p>5 часов.</p> <p>Работа с лекционным материалом</p>	<p>Контрольная работа</p>

		<p>2. 2 часа  Примеры использования методов машинного обучения данных для решения обратных задач лазерной спектроскопии. Выделение вкладов компонент в спектр флуоресценции смеси органических соединений. Выделение флуоресценции наноалмазов и квантовых точек на фоне собственной флуоресценции биологических объектов. Определение молекулярных констант органических соединений методами нелинейной и кинетической флуориметрии. Матричный метод. Методика применения адаптивных методов в каждом случае. Основные результаты. Особенности многопараметрических обратных задач лазерной КР спектроскопии воды и водных растворов. Зависимость колебательных полос воды от параметров среды. Экспрессное и дистанционное определение температуры и солёности водных сред по спектрам КР с помощью ИНС. Применение ИНС и МГУА для решения задачи идентификации и определения парциальных концентраций неорганических солей в многокомпонентных водных растворах по спектрам КР.</p>	<p>1 - 2 часа.  Практическая работа по решению обратных задач спектроскопии с помощью нейронных сетей.</p>		<p>6 часов.  Работа с лекционным материалом</p>	
		<p>3. 2 часа  Разложение полос спектров комбинационного рассеяния (КР) и инфракрасного поглощения (ИК) водно-этанольных растворов на компоненты с помощью ГА. Элементы хемометрики. Метод многомерного разложения кривых (MCR). Использование метода MCR для анализа составляющих колебательных полос водно-этанольных растворов.</p>	<p>2 - 2 часа  Практическая работа по разложению полос спектров на составляющие.</p>		<p>5 часов.  Работа с лекционным материалом</p>	

## 10. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Дисциплина по выбору

Дисциплины и практики, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: «Линейная алгебра», «Математический анализ», «Оптика» из модуля «Общая физика» профессионального блока базовой части ООП ВПО бакалавриата по направлению «Физика».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Научно-исследовательская работа из блока «Научно-исследовательская работа».

## 11. Образовательные технологии

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы и дающие наиболее эффективные результаты освоения дисциплины:

- лекция,
- дискуссии,
- консультации,
- мультимедийное и проекционное оборудование;
- компьютерные симуляторы;
- самостоятельное решение практических задач с использованием компьютера.

## 12. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Текущая аттестация проводится на каждом занятии. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, их участие в дискуссии, восприятие излагаемого материала.

Полный список вопросов к зачету:

- I. Нейронные сети
  1. Модель нейрона. Многослойный персептрон и его варианты.
  2. Алгоритм обратного распространения ошибки.
  3. Рекуррентные сети. Автоассоциативная память на основе персептронов.
  4. Обучение с учителем и без учителя. Разделение данных на тренировочный, тестовый и экзаменационный наборы.
  5. Нейронная сеть Кохонена – архитектура и алгоритм обучения.
  6. Два режима применения нейронных сетей Кохонена – кластеризация и построение самоорганизующихся карт.
  7. Вероятностная нейронная сеть.
  8. Нейронная сеть с общей регрессией.
  9. Примеры применения нейронных сетей в интересующей Вас области.
- II. МГУА, генетические алгоритмы, генетическое программирование
  1. Комбинаторный метод группового учёта аргументов.
  2. Многорядный метод группового учёта аргументов.
  3. Генетические алгоритмы: терминология, блок-схема алгоритма.
  4. Основные генетические операторы и их реализация для непрерывных хромосом.
  5. Основные генетические операторы и их реализация для перечислимых хромосом.
  6. Генетическое программирование: блок-схема алгоритма, основное отличие от генетического алгоритма.
  7. Основные генетические операторы в генетическом программировании и их реализация.
  8. Примеры применения генетических алгоритмов в интересующей Вас области.
- III. Подготовка и предобработка данных. Комбинированные алгоритмы

1. Кодирование и нормировка данных.
2. Анализ главных компонент.
3. Фрактальная размерность и алгоритмы её определения.
4. Кластерный анализ.
5. Алгоритмы отбора существенных входных признаков.
6. Иерархические и комбинированные системы на основе нейронных сетей (и генетических алгоритмов). Комитеты экспертов.
7. Нейронные сети как алгоритм решения обратных задач.
8. Примеры подготовки данных в интересующей Вас области.

#### IV. Решение обратных задач с помощью методов машинного обучения

1. Корректность обратных задач по Адамару и по Тихонову.
2. Методические постановки при решении обратных задач с помощью методов машинного обучения.
3. Использование методов машинного обучения при решении обратных задач.
4. Многопараметрические задачи лазерной спектроскопии и их решение с помощью методов машинного обучения.
5. Разделение спектральных полос на составляющие. Метод многомерного разрешения кривых.

### **13. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

#### *Основная*

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд. М., Вильямс, 2006.
2. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе. М., МИФИ, 1998.
3. Goldberg D. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Addison-Wesley Publishing Co., Inc., 1989.
4. Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры. М., Изд-во МГТУ им.Баумана, 2002.
5. Тархов Д.А. Нейронные сети. Модели и алгоритмы. М., Радиотехника, 2005.
6. Головкин В.А.. Нейронные сети: обучение, организация и применение. ИПРЖР, Москва, 2001.

### **14. Материально-техническое обеспечение**

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Лекционная аудитория будет обеспечена проекционным оборудованием и компьютером.

Семинары по дисциплине проводятся в компьютерном классе с использованием специализированного демонстрационного программного обеспечения и свободно распространяемого программного обеспечения для анализа и обработки данных.