

**Правительство Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»**

**Факультет Компьютерных наук  
Кафедра технологии моделирования сложных систем ИППИ РАН**

УТВЕРЖДАЮ  
Академический руководитель  
образовательной программы  
по направлению 01.04.02  
«Прикладная математика и информатика»  
С.О.Кузнецов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

**Программа дисциплины  
Предсказательное моделирование**  
Для направления 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» подготовки  
магистров

Авторы программы:

Бернштейн А.В.-д.ф-м.н., профессор кафедры ТМСС ([a.bernstein@mail.ru](mailto:a.bernstein@mail.ru))

Одобрена на заседании  
Кафедры ТМСС

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

Зав.кафедрой



А.П.Кулешов

Рекомендована Академическим советом  
образовательной программы  
«Прикладная математика и информатика»

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

Менеджер кафедры ТМСС



И.И.Алескерова

Москва, 2014

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения подразделения разработчика программы*

## Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, и студентов направления подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», обучающихся по магистерской программе «Математическое моделирование» по специализации «Технологии моделирования сложных систем», изучающих дисциплину «Предсказательное моделирование».

Программа разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»;
- Рабочим учебным планом университета подготовки магистра по направлению 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», специализации «Технологии моделирования сложных систем», утвержденным в 2014 г.

## 1 Цели освоения дисциплины

Целью освоения курса является изучение системы современных методов построения эффективных математических моделей поведения сложных многокомпонентных систем. Сутью методологии предсказательного моделирования является построение «облегченных» математических моделей поведения сложных многокомпонентных систем, позволяющих сочетать простоту вычислений по модели с достаточной точностью и надежностью. Этот подход является альтернативой традиционному подходу в математическом моделировании, когда модель строится «из первых принципов» как адекватное математическое описание собственной динамики системы. Предсказательное моделирование опирается на такие области математики, как теория аппроксимации, обучение машин, математическая статистика, теория информации, теория игр.

## 2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

- знать основные понятия и методы математической статистики, относящиеся к анализу многомерных данных;
- понимать природу изучаемых методов и их место в общей системе теоретико-вероятностного и статистического знания;
- уметь применять изученные статистические методы для анализа многомерных данных.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

| Компетенция   | Код по ФГОС/НИУ | Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)    | Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции |
|---|-----------------|--|---|
| Способность использовать в профессиональной деятельности знания в области предсказательного моделирования | ИК-М7.1<br>пми  | Студент дает определение понятий, применяет изученные методы при решении задач | Лекции и семинары   |
| Способность строить и решать статистические модели  | ИК-М7.2<br>пми  |  |   |

|  |                 |   |   |
|--|-----------------|---|---|
| Компетенция  | Код по ФГОС/НИУ | Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата) | Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции |
| Способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности аппарат теории вероятностей и математической статистики | ИК-М7.3<br>пми  |   |   |

### 3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Для специализации «Технологии моделирования сложных систем» настоящая дисциплина является базовой.

Изучение курса «Предсказательное моделирование» требует предварительных знаний в объеме первых курсов стандартной бакалаврской программы по этой (010500.62) или смежной тематике.

### 4 Тематический план учебной дисциплины

| № | Название раздела                                 | Всего часов | Аудиторные часы |                     | Самостоятельная работа |
|---|--|-------------|-----------------|---------------------|------------------------|
|   |  |             | Лекции          | Семинары и практика |                        |
| 1 | Элементы теории статистических решений           | 28          | 4               | 6                   | 18                     |
| 2 | Элементы теоретической математической статистики | 30          | 4               | 6                   | 20                     |
| 3 | Основные модели многомерных данных               | 28          | 4               | 6                   | 18                     |
| 4 | Обзор основных задач анализа многомерных данных  | 30          | 4               | 6                   | 20                     |
| 5 | Линейный регрессионный анализ                    | 28          | 4               | 6                   | 18                     |
|   | Итого  | 144         | 20              | 30                  | 94                     |

### 5 Формы контроля знаний студентов

| Тип контроля | Форма контроля | 1 год |   |   |   | Параметры **         |
|--------------|----------------|-------|---|---|---|----------------------|
|              |                | 1     | 2 | 3 | 4 |                      |
| Текущий      | Контрольная    |       |   |   | 1 | письменная работа 60 |

|                        |                  |  |  |   |   |                             |
|------------------------|------------------|--|--|---|---|-----------------------------|
| (неделя)               | работа           |  |  |   |   | минут                       |
|                        | Домашнее задание |  |  | 1 |   |                             |
| Промежуточный контроль | Экзамен          |  |  | * |   | письменная работа 150 минут |
| Итоговый контроль      | Экзамен          |  |  |   | * | письменная работа 240 минут |

### Порядок формирования оценок по дисциплине

Преподаватель оценивает работу студентов на семинарских и практических занятиях, оценки за которую выставляет в рабочую ведомость. Результирующая оценка по 10-ти балльной шкале за работу на семинарских и практических занятиях определяется перед промежуточным или итоговым контролем -  $O_{аудиторная}$ .

Преподаватель оценивает самостоятельную работу студентов: (правильность выполнения домашних работ, задания для которых выдаются на семинарских занятиях). Оценки за самостоятельную работу студента преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Результирующая оценка по 10-ти балльной шкале за самостоятельную работу определяется перед промежуточным или итоговым контролем –  $O_{сам. работа}$ .

Накопленная оценка за текущий контроль в третьем модуле учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:

$$O_{накопленная 1} = 0,4 \cdot O_{к/р} + 0,3 \cdot O_{аудиторная} + 0,3 \cdot O_{сам. работа}.$$

Результирующая оценка за промежуточный контроль в третьем модуле выставляется по следующей формуле, где  $O_{пр/э}$  – оценка по:

$$O_{промежуточная} = 0,6 \cdot O_{пр/э} + 0,4 \cdot O_{накопленная 1}.$$

Накопленная оценка за текущий контроль в четвертом модуле учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:

$$O_{накопленная 2} = 0,4 \cdot O_{дз} + 0,3 \cdot O_{аудиторная} + 0,3 \cdot O_{сам. работа}.$$

Результирующая накопленная оценка вычисляется по формуле  $O_{нак}$ :  
 $O_{накопленная} = (O_{пр/э} + O_{накопл 2}) / 2$ .

В диплом выставляется результирующая оценка по учебной дисциплине, которая формируется по формуле

$$O_{результ} = 0,6 \cdot O_{экзамен} + 0,4 \cdot O_{накопленная}.$$

Способ округления оценок: арифметический.

### Таблица соответствия оценок по десятибалльной и системе зачет/незачет

| Оценка по 10-балльной шкале | Оценка по 5-балльной шкале |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1                           | незачет                    |
| 2                           |                            |
| 3                           |                            |
| 4                           | зачет                      |
| 5                           |                            |
| 6                           |                            |

|    |  |
|----|--|
| 7  |  |
| 8  |  |
| 9  |  |
| 10 |  |

**Таблица соответствия оценок по десятибалльной и пятибалльной системе**

| По десятибалльной шкале                                 | По пятибалльной системе |
|---|-------------------------|
| 1 – неудовлетворительно<br>2 – очень плохо<br>3 – плохо | неудовлетворительно – 2 |
| 4 – удовлетворительно<br>5 – весьма удовлетворительно   | удовлетворительно – 3   |
| 6 – хорошо<br>7 – очень хорошо                          | хорошо – 4              |
| 8 – почти отлично<br>9 – отлично<br>10 – блестяще       | отлично – 5             |

## **6 Содержание дисциплины**

### Тема 1. Элементы теории статистических решений.

Элементы теории статистических решений как теоретической основы предсказательного моделирования. Основные понятия: пространства состояний, наблюдений, решений, действий; решающие функции; функции потерь и функции риска; наилучшие и допустимые решающие функции; полные классы; множества Парето; минимаксный и байесовский риски; байесовские решающие функции.

### Тема 2. Элементы теоретической математической статистики.

Проверка статистических гипотез (простые и сложные гипотезы; критерии; уровень значимости и функции мощности; наиболее мощные критерии и теорема Неймана-Пирсона; критерии для проверки гипотез о параметрах нормального распределения; непараметрические критерии).

Теория статистического оценивания (оценки и их меры качества; несмещенные оценки и оценки с наименьшей дисперсией; неравенство Рао-Крамера; оценки параметров нормального распределения; оценки плотности и функции распределения).

Исключение резко выделяющихся наблюдений (различные критерии).

### Тема 3. Основные модели многомерных данных.

Основные модели многомерных данных. Частные и условные распределения. Многомерное нормальное распределение. Распределение линейных комбинаций и квадратичных форм от компонент многомерного нормального вектора. Зависимости между компонентами многомерного нормального вектора. Частные и множественные коэффициенты корреляции. Зависимости между компонентами многомерного нормального вектора. Частные и множественные коэффициенты корреляции. Теорема о нормальной корреляции.

### Тема 4. Обзор основных задач анализа многомерных данных.

Обзор основных задач анализа многомерных данных (линейный и нелинейный регрессионный анализ, факторный анализ, корреляционный анализ, дисперсионный анализ, снижение размерности).

## Тема 5. Линейный регрессионный анализ.

Линейный регрессионный анализ. Обычный и обобщенный методы наименьших квадратов. Геометрическая интерпретация. Регрессионный анализ для мультиколлинеарных данных. Оценивание ошибок линейной модели. Проверка гипотез о параметрах линейной модели. Доверительные интервалы. Вычислительные аспекты линейного регрессионного анализа. Регуляризация. Пошаговые методы.

## **7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Учебное пособие по курсу находится в процессе разработки.

### **Основная литература**

1. Закс Ш. Теория статистических выводов. М.: Мир, 1975.
2. Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975.
3. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. М.: Физматгиз, 1963.
4. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. М.: Мир, 1980.
5. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных. М.: Финансы и статистика, 1983.
6. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Исследование зависимостей. М.: Финансы и статистика, 1985.
7. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков С.А., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989.
8. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление. М: Мир, 1974.
9. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука, 1966.
10. Оуэн Г. Теория игр. М.: Мир, 1971.