

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



А.Л. Толстик

2015

Регистрационный № УД- 15 / уч.

**ПРИКЛАДНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ  
ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1-31 04 08 Компьютерная физика**

Минск 2015

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 08-2013, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 № 88.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

**В.И. Шупляк** – доцент кафедры физической информатики и атомно-молекулярной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Н.В. Кулешов** – заведующий кафедрой лазерной техники и технологии учреждения образования «Белорусский национальный технический университет», доктор физико-математических наук, профессор;

**Г.Г. Крылов** – доцент кафедры компьютерной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой физической информатики и атомно-молекулярной физики физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.);

Советом физического факультета (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2015 г.).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа курса «Прикладные статистические методы обработки данных физического эксперимента» разработана для специальности 1-31 04 08 «Компьютерная физика», специализации 1-31 04 08 02 «Физическая информатика». Настоящая программа является оригинальной и разработана с учетом соответствующих требований образовательного стандарта РБ ОСВО 1-31 04 08-2013 к квалификации выпускника-специалиста «Физик. Программист».

Курс лекций предполагает знание студентами теории вероятности, основ программирования и математического моделирования, охватывает основные вопросы прикладной и математической статистики, обработки данных физического эксперимента, их правильной интерпретации, рассматривает основные компьютерные методы, применяемые при этом.

**Целью дисциплины** «Прикладные статистические методы обработки данных физического эксперимента» является ознакомление студентов с основными математическими методами обработки данных, получаемых в ходе экспериментов с физическими системами разного уровня сложности.

Программа согласована с другими дисциплинами специализации, курс лекций является неотъемлемой частью общего плана специализации «Физическая информатика».

Дисциплина закладывает основные знания и умения, которыми должны владеть студенты для проведения физического эксперимента, анализа и интерпретации его данных.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

**знать:**

- основные методы получения информации о физическом объекте;
- основные определения и понятия математической статистики;
- основные принципы и методы обработки экспериментальных результатов с помощью компьютера;

**уметь:**

- корректно оценивать надежность результатов экспериментальных исследований;
- применять компьютерные методы обработки результатов;
- работать самостоятельно, повышая свою квалификацию и применяя современные технические и компьютерные средства и технологии;

**владеть:**

- методами планирования и реализации корректных физических измерений;
- различными методами статистической обработки данных с помощью компьютера;
- навыками системного и сравнительного анализа, оценки корректности физических измерений, междисциплинарного подхода при решении задач.

С целью выработки навыков проведения физического эксперимента, корректного анализа и надежной интерпретации его данных рекомендуется выпол-

нение студентами лабораторных работ спецпрактикума «Информационные системы и технологии» в 6 семестре.

Общее количество часов – 50 (1,5 зачетные единицы); аудиторное количество часов – 22, из них: лекции – 18, семинарские занятия – 4. Форма отчетности – зачет в 6 семестре.

Текущий контроль знаний при выполнении управляемой самостоятельной работы (УСР) осуществляется в форме устного опроса, письменной контрольной работы и коллоквиума (последние проводятся на семинарских занятиях). Зачет в 6 семестре. Система оценивания – рейтинговая.

### СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

№ п/п	Название темы	Лекции	Семинар. занятия	Самостоят. работа	Всего
1.	Математическая статистика как наука	1			1
2.	Группировка данных	2		4	6
3.	Выборочное наблюдение	2		3	5
4.	Статистическая проверка гипотез	3		5	8
5.	Корреляционный и регрессионный анализ	4	2	6	12
6.	Доверительные интервалы и проверка значимости в корреляционно-регрессионном анализе	2		4	6
7.	Робастные методы обработки данных	2		2	4
8.	Введение в теорию искусственных нейронных сетей	2	2	4	8
	<b>Всего часов</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>50</b>

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы, перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов		Количество часов УСР	Всего	Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Форма контроля знаний
		Лекции	Семинарские занятия					
1	<b>Математическая статистика как наука.</b> Математическая статистика и статистический анализ данных. Место и роль статистики в естественнонаучных исследованиях. Основные определения и понятия статистики. Генеральная совокупность, выборка. Меры центральной тенденции (мода, медиана, различные виды средних величин). Меры изменчивости (размах, дисперсия, стандартное отклонение). Меры формы (асимметрия и эксцесс). Нормальное распределение и его свойства.	1			1	РРТ	[7], [12], [13], [1-3 доп]	
2	<b>Группировка данных.</b> Значение и сущность группировки. Виды группировок. Аналитическая группировка. Правило разложения дисперсий. Эмпирическое корреляционное отношение. Многомерные группировки. Группировка на основе многомерной средней. Понятие о кластерном анализе. Кластерный анализ на основе евклидовых расстояний.	2		4	6	РРТ	[1], [7], [9], [12-13], [5 доп]	yo
3	<b>Выборочное наблюдение.</b> Применение выборочного наблюдения. Ошибка выборки. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Распространение данных выборочного наблюдения на генеральную совокупность. Малая выборка. Распределение Стьюдента.	2		3	5	РРТ	[1], [7], [12-13], [1-3 доп]	yo
4	<b>Статистическая проверка гипотез.</b> Выдвижение статистических гипотез. Нуль-гипотеза. Альтернативная гипотеза. Условия отклонения нуль-гипотезы. Ошибки I и II рода. Уровень статистической значимости. Параметрические и непараметрические критерии проверки гипотез. Мощность критерия. Критерии Стьюдента и хи-квадрат (Пирсона). Однофакторный дисперсионный анализ. Таблицы сопряженности. Критерий Мак-Немара. Некоторые непараметрические критерии (Вилкоксона, Манна-Уитни, Краскала-Уоллиса и др.).	3		5	8	РРТ	[1], [7], [12-13], [1-7 доп]	yo
5	<b>Корреляционный и регрессионный анализ.</b> Понятие корреляции и регрессии. Задачи корреляционного и регрессионного анализа. Метод наименьших квадратов (МНК). Линейная регрессия: а) простая линейная регрессия; б) множественная линейная регрессия; в) оценка точности регрессионного анализа, коэффициент детерминации, стандартные ошибки оценок. Линейная корреляция: а) простая линейная корреляция; б) связь между коэффициентами корреляции, регрессии и детерминации; в) множественная линейная корреляция. Частная корреляция. Связь между коэффициентами множественной и частной корреляции, регрессии и детерминации. Простая нелинейная регрессия (квазилинейные и существенно нелинейные регрессии): а) мат-	4	2	6	12	РРТ	[1], [6], [7], [10-13], [1-7 доп], [11-14 доп], [18-22 доп]	к

Номер раздела, темы	Название раздела, темы, перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов		Количество часов УСР	Всего	Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Форма контроля знаний
		Лекции	Семинарские занятия					
	рица Грама; б) разложение по степенному базису; в) разложение по базису в виде классических ортогональных полиномов; г) разложение по базису в виде ортогональных полиномов дискретной переменной; д) линейаризация существенно нелинейных регрессий. Множественная нелинейная регрессия. Простая и множественная нелинейная корреляция.							
6	<b>Доверительные интервалы и проверка значимости в корреляционно-регрессионном анализе.</b> Виды статистических распределений. Доверительные интервалы и проверка значимости: а) распределения параметров регрессии и коэффициента корреляции; б) доверительные интервалы для параметров регрессии и генерального коэффициента корреляции; в) доверительный интервал для значения регрессии генеральной совокупности; г) доверительные интервалы для отдельных значений зависимой переменной; д) проверка значимости коэффициента корреляции; е) значимость отличия двух и более коэффициентов корреляции; ж) проверка значимости коэффициента детерминации; з) проверка значимости оценок параметров регрессии.	2		4	6	РРТ	[1], [6], [7], [10-13], [1-7 доп], [11-14 доп], [18-22 доп]	уо
7	<b>Робастные методы обработки данных.</b> Робастные методы получения оценок: а) «модель засорения»; б) требования к робастным оценкам; в) оценка среднего (частный случай); г) обобщенный метод максимального правдоподобия (частный случай – метод наименьших модулей.) и функции, используемые для получения оценок по данному методу; д) методы расчета оценок. Робастные методы построения зависимостей: а) методы расчета параметров линейных регрессий; б) методы расчета параметров нелинейных регрессий; в) оценка точности методов.	2		2	4	РРТ	[6], [12-13], [1-7 доп], [18-22 доп]	уо
8	<b>Введение в теорию искусственных нейронных сетей.</b> Биологический нейрон. Структура и свойства искусственного нейрона. Возможности нейронных сетей как вычислительных устройств. Классификация нейронных сетей и их свойства. Персептрон. Обучение нейронных сетей: сущность процесса обучения в нейронных сетях; процесс обучения как задача многомерной оптимизации; алгоритм обратного распространения; проблема переобучения нейронных сетей. Применение нейронных сетей в аналитической обработке данных.	2	2	4	8	РРТ	[2-5], [8], [8-10 доп], [15-17 доп], [23 доп]	кл
	<b>Всего</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>50</b>	<b>РРТ</b>	<b>[1-13], [1-23 доп]</b>	<b>за-чет</b>

Условные обозначения: РРТ – презентация MS PowerPoint; уо – устный опрос; к – контрольная работа; кл – коллоквиум.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Рекомендуемая литература

#### *Основная*

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики. Т. 1. Теория вероятностей и прикладная статистика. / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. — М.: ЮНИТИ, 2001. — 656 с.
2. Беркенблит, М.Б. Нейронные сети: Учебное пособие. / М.Б. Беркенблит. — М.: Мирос и ВЗМШ РАО, 1993. — 96 с.
3. Галушкин, А.И. Нейронные сети. Основы теории. / А.И. Галушкин. — М.: Горячая Линия–Телеком, 2010. — 496 с.
4. Галушкин, А.И. Нейрокомпьютеры: Учебное пособие для вузов. Книга 3. / Общая ред. А.И. Галушкина. — М.: ИПРЖР, 2000. — 528 с.
5. Галушкин, А.И. Теория нейронных сетей: Учебное пособие для вузов. Книга 1. / Общая ред. А.И. Галушкина. — М.: ИПРЖР, 2000. — 416 с.
6. Грановский, В.А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. / В.А. Грановский, Т.Н. Сирая. — Л.: Энергоатомиздат: Ленингр. отд-е, 1990. — 288 с.
7. Елисеева, И.И. Общая теория статистики: Учебник. / И.И. Елисеева, М.М. Юзбашев. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 656 с.
8. Круглов, В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. / В.В. Круглов, В.В. Борисов. — М.: Горячая линия-Телеком, 2001. — 382 с.
9. Мандель, И.Д. Кластерный анализ. / И.Д. Мандель. — М.: Финансы и статистика, 1988. — 176 с.
10. Мудров, А.Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль. / А.Е. Мудров. — Томск: МП «РАСКО», 1991. — 272 с.
11. Фёрстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа. / Э. Фёрстер, Б. Рёнц. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 302 с.
12. Шмойлова, Р.А. Теория статистики. / Р.А. Шмойлова, В.Г. Минашкин, Н.А. Садовникова, Е.Б. Шувалова; под ред. Р.А. Шмойловой. — М.: Финансы и статистика, 2009. — 656 с.
13. Шупляк В.И. Математическая статистика: курс лекций. — Минск: РИВШ, 2011. — 228 с.

#### *Дополнительная*

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика в задачах и упражнениях. / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. — М.: ЮНИТИ, 2001. — 270 с.
2. Айвазян, С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики. / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. — М.: ЮНИТИ, 1998. — 1022 с.
3. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: Т.1. Основы моделирования и первичная обработка данных. / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 472 с.
4. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: Т.2. Исследование зависимостей. / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. — М.: Финансы и статистика, 1985. — 488 с.

5. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: Т.3. Классификация и снижение размерности. / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 608 с.
6. Боровиков, В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. / В.П. Боровиков. — СПб.: Питер, 2001. — 656 с.
7. Боровиков, В.П. Программа STATISTICA для студентов и инженеров. / В.П. Боровиков. — М.: Компьютер Пресс, 2001. — 301 с.
8. Головкин, В.А. Нейроинтеллект: теория и применение. Книга 1. Организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями. / В.А. Головкин. — Брест: Изд. БПИ, 1999. — 264 с.
9. Горбань, А.Н. Нейроинформатика. / Под ред. А.Н. Горбаня, В.Л. Дунина-Барковского, А.Л. Кирдина и др. — Новосибирск: Наука, 1998. — 296 с.
10. Горбань, А.Н. Нейронные сети на персональном компьютере. / А.Н. Горбань, Д.А. Россиев. — Новосибирск: Наука (Сиб. отделение), 1996. — 276 с.
11. Дубров, А.М. Многомерные статистические методы: Учебник. / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. — М.: Финансы и статистика, 2000. — 352 с.
12. Ермолаев, О.Ю. Математическая статистика для психологов. / О.Ю. Ермолаев. — М.: МПСИ, Флинта, 2002. — 336 с.
13. Козлов, А.Ю. Пакет анализа MS Excel в экономико-статистических расчетах. / А.Ю. Козлов, В.Ф. Шишов; под ред. В.С. Мхитаряна. — М.: ЮНИТИ, 2003. — 139 с.
14. Макарова, Н.В. Статистика в Excel. / Н.В. Макарова, В.Я. Трофимец. — М.: Финансы и статистика, 2006. — 368 с.
15. Медведев, В.С. Нейронные сети. MATLAB 6. / В.С. Медведев, В.Г. Потемкин. — М.: Диалог-МИФИ, 2002. — 496 с.
16. Нейронные сети. Введение в современную информационную технологию. / Под ред. И.С. Суровцева. — Воронеж: ВГУ, 1994. — 224 с.
17. Розенблатт, Ф. Принципы нейродинамики. Персептрон и теория механизмов мозга. / Ф. Розенблатт. — М.: Мир, 1965. — 480 с.
18. Справочник по прикладной статистике. В 2-х т. Т.1: Пер. с англ. / Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана, Ю.Н. Тюрина. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 510 с.
19. Справочник по прикладной статистике. В 2-х т. Т.2: Пер. с англ. / Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана, С.А. Айвазяна, Ю.Н. Тюрина. — М.: Финансы и статистика, 1990. — 526 с.
20. Ту, Дж. Принципы распознавания образов. / Дж. Ту, Р. Гонсалес. — М.: Мир, 1987. — 435 с.
21. Тюрин, Ю.Н. Анализ данных на компьютере. / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров. — М.: Финансы и статистика, 1995. — 384 с.
22. Тюрин, Ю.Н. Анализ данных на компьютере. / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров; под ред. В.Э. Фигурнова. — М.: ИНФРА-М, 2003. — 544 с.
23. Хайкин Саймон. Нейронные сети. Полный курс. / С. Хайкин. — М.: Вильямс, 2006. — 1104 с.



### **Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности**

1. Устный опрос.
2. Письменная контрольная работа.
3. Письменный коллоквиум.
4. Устный зачет.

### **Примерный перечень мероприятий для контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине**

#### *Рекомендуемые темы для устного опроса*

1. Группировка данных.
2. Выборочное наблюдение.
3. Статистическая проверка гипотез.
4. Робастные методы обработки данных.
5. Введение в теорию искусственных нейронных сетей.

#### *Рекомендуемые темы для контрольной работы*

1. Группировка данных.
2. Выборочное наблюдение.
3. Статистическая проверка гипотез.
4. Корреляционный и регрессионный анализ.

#### *Рекомендуемые темы для коллоквиума*

1. Корреляционный и регрессионный анализ.
2. Доверительные интервалы и проверка значимости в корреляционно-регрессионном анализе.
3. Робастные методы обработки данных.
4. Введение в теорию искусственных нейронных сетей.

### **Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации**

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устный опрос, письменную контрольную работу и коллоквиум. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой учебной дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Контрольная работа проводится в письменной форме. По согласованию с преподавателем при подготовке решения задач разрешается использовать

справочные и учебные издания. Оценка каждой из задач проводится по десятибалльной шкале.

Ответы на вопросы коллоквиума оформляются в письменной форме. При подготовке ответов на вопросы коллоквиума использовать справочные и учебные издания не разрешается. Оценка ответов на вопросы коллоквиума проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за каждую из письменных работ.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета.



ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
на \_\_\_\_/\_\_\_\_ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
физической информатики и атомно-молекулярной физики  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_ г.)

Заведующий кафедрой физической информатики и  
атомно-молекулярной физики  
к.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_ Г.Ф.Стельмах

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета БГУ  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ В.М. Анищик