

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ

Директор института прикладной  
математики и компьютерных наук

А. В. Замятин  
« 11 » 2021 г.



## Непараметрические методы анализа данных

### рабочая программа дисциплины

Закреплена за кафедрой Учебный план	<i>системного анализа и математического моделирования 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Математические методы в экономике»</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Общая трудоёмкость	<i>3 з.е.</i>
Часов по учебному плану	<i>108</i>
в том числе:	
аудиторная контактная работа	<i>37,9</i>
самостоятельная работа	<i>70,1</i>
Вид(ы) контроля в семестрах экзамен/зачет/зачет с оценкой	<i>Семестр 8 – экзамен</i>

Программу составил :  
д-р физ.-мат. наук, профессор,  
профессор кафедры системного анализа  
и математического моделирования



Г.М. Кошкин

Рецензент:  
д-р техн. наук, профессор,  
профессор кафедры прикладной математики



В.И. Смагин

Рабочая программа дисциплины «Непараметрические методы анализа данных» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат, самостоятельно устанавливаемым федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (утвержден Ученым советом НИ ТГУ, протокол от 27.10.2021 г. № 08).

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры системного анализа и математического моделирования

Протокол от 03 июня 2021 г. № 26

Заведующий кафедрой системного анализа  
и математического моделирования,  
д-р физ.-мат. наук, доцент



Ю.Г. Дмитриев

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии института прикладной математики и компьютерных наук (УМК ИПМКН)

Протокол от 17 июня 2021 г. № 05

Председатель УМК ИПМКН,  
д-р техн. наук, профессор



С.П. Сущенко

### Цель освоения дисциплины

Изучить современные методы обработки статистических данных в условиях непараметрической статистической модели наблюдений при неизвестном распределении вероятности изучаемого случайного явления. Изучить методы решения задач синтеза и анализа непараметрических ядерных оценок различных характеристик систем, зависящих от неизвестных распределений наблюдаемых последовательностей с различными типами стохастической зависимости.

### 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Непараметрические методы анализа данных» относится к части Блока 1 «Дисциплины (модули)», формируемой участниками образовательных отношений, входит в модуль «Математика» и является дисциплиной по выбору.

Для освоения дисциплины необходима подготовка по математике в объеме программы среднего образования.

Пререквизиты дисциплины: «Математический анализ», «Теория вероятностей», «Случайные процессы», «Математическая статистика», «Методы оптимизации», «Микроэкономика».

Постреквизиты дисциплины: «Макроэкономика», «Научно-исследовательская работа».

### 2. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

Таблица 1.

Компетенция	Индикатор универсальной компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций)
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Демонстрирует навыки работы с учебной литературой по основным естественнонаучным и математическим дисциплинам.	ОР-1.1.1. Обучающийся может подбирать и обрабатывать информацию относительно выбранной темы исследования ОР-1.1.2. Обучающийся может стилистически корректно выбирать формы написания текстов в зависимости от прагматических целей ОР-1.1.3. Обучающийся может создавать и редактировать профессионально-ориентированные тексты различной жанровой принадлежности, включая научный, научно-популярный, научно-деловой, публицистический стили
	ИОПК-1.2. Демонстрирует навыки выполнения стандартных действий, решения типовых задач с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых математических и естественнонаучных дисциплин.	ОР-1.2.1. Обучающийся может выполнять стандартные действия для решения типовых задач в рамках базовых математических и естественнонаучных дисциплин.

<p>ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p>	<p>ИОПК-2.3. Демонстрирует умение отбора среди существующих математических методов, наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи.</p>	<p>ОР-2.3.1. Обучающийся может отобрать среди существующих математических методов наиболее подходящие для решения конкретной прикладной задачи.</p>
<p>ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>ИОПК-3.1. Демонстрирует навыки применения современного математического аппарата для построения адекватных математических моделей реальных процессов, объектов и систем в своей предметной области.</p>	<p>ОР-3.1.1. Обучающийся может применять современный математический аппарат для построения адекватных математических моделей реальных процессов.</p>
	<p>ИОПК-3.2. Демонстрирует умение собирать и обрабатывать статистические, экспериментальные, теоретические и т.п. данные для построения математических моделей, расчетов и конкретных практических выводов.</p>	<p>ОР-3.2.1. Обучающийся может обрабатывать статистические и экспериментальные данные для построения математических моделей.</p>
<p>ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>ИОПК-4.3. Использует современные информационные технологии на всех этапах решения задач профессиональной деятельности.</p>	<p>ОР-4.3.1. Обучающийся может использовать современные информационные технологии на всех этапах решения задач профессиональной деятельности.</p>
<p>ПК-1. Способен осуществлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки как по отдельным разделам темы, так и при исследовании самостоятельных тем</p>	<p>ИПК-1.1. Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.</p>	<p>ОР-ПК1.1.1. Обучающийся может проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований</p>
<p>ПК-2. Способен анализировать и оценивать риски, разрабатывать отдельные функциональные направления управления рисками</p>	<p>ИПК-2.2. Собирает и обрабатывает аналитическую информацию для анализа и оценки рисков.</p>	<p>ОР-ПК2.2.1. Обучающийся умеет собирать и обрабатывать аналитическую информацию для анализа и оценки рисков.</p>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура и трудоемкость видов учебной работы по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Таблица 2.

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах	
	8 семестр	всего
<b>Общая трудоемкость</b>	108	108
<b>Контактная работа:</b>	37,9	37,9
Лекции (Л):	16	16
Практики (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Семинары (СЗ)		
Групповые консультации	2	2
Индивидуальные консультации	1,6	1,6
Промежуточная аттестация	2,3	2,3
<b>Самостоятельная работа обучающегося:</b>	70,1	70,1
- изучение учебного материала	38	38
- подготовка к лабораторным занятиям	32,1	32,1
- подготовка к экзамену	31,7	31,7
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>

### 3.2. Содержание и трудоемкость разделов дисциплины

Таблица 3.

Код занятия	Наименование разделов и тем и их содержание	Вид учебной работы, занятий, контроля	Се ме стр	Часы в электронной форме	Всего (час.)	Литература	Код (ы) результата(ов) обучения
	<b>Раздел 1. Введение. Общие вопросы</b>		8				
1.1.	1. Тема занятия: Актуальность развития методов условного непараметрического оценивания для стохастических систем. Типы функционалов: интегральные, условные, характеризационные, дополненные функционалы.	Лекция			2	1,2,5-9	ОР-1.1.1, ОР-1.1.2, ОР-1.1.3.
1.2.	Моделирование непараметрических оценок ядерного типа.	Лабораторная			2		ОР-1.2.1, ОР-2.3.1, ОР-3.1.1, ОР-3.2.1, ОР-4.3.1, ОР-ПК1.1.1
1.3.	Изучение учебного материала	СРС			5		
1.4.	Подготовка к лабораторным занятиям	СРС			4		
	<b>Раздел 2. Непараметрическое оценивание функционалов распределений</b>		8			1-3,5-9,11,14	
2.1.	2. Тема занятия: Параметрический и непараметрический подходы к оцениванию статистических характеристик. Эмпирическая функция распределения, её свойства. Статистики как функционалы от эмпирических распределений. Непараметрические ядерные оценки плотности распределения.	Лекция			2		ОР-1.1.1, ОР-1.1.2, ОР-1.1.3.
2.2.	Моделирование непараметрических оценок плотности и регрессии с использованием ядер Валле-Пуассена, Чебышева-Эрмита и	Лабораторная			2		ОР-1.2.1, ОР-2.3.1, ОР-3.1.1, ОР-3.2.1, ОР-4.3.1, ОР-ПК1.1.1

	тригонометрического ядра.						
2.3.	Изучение учебного материала	СРС			6		
2.4.	Подготовка к лабораторным занятиям	СРС			4		
	<b>Раздел 3. Общие теоремы сходимости функций от статистик</b>		8			1-3,5-9	
3.1.	3.Тема занятия: Введение. Постановка задачи. Сходимость по распределению первых моментов функций статистик. Среднеквадратическая сходимость оценки подстановки. Моменты отклонений оценки подстановки, ее смещение, дисперсия и СКО.	Лекция			2		OP-1.1.1, OP-1.1.2, OP-1.1.3.
3.2.	Моделирование непараметрических алгоритмов идентификации двухфакторной производственной функции.	Лабораторная			2		OP-1.2.1, OP-2.3.1, OP-3.1.1, OP-3.2.1, OP-4.3.1, OP-ПК1.1.1
3.3.	Изучение учебного материала	СРС			4		
3.4.	Подготовка к лабораторным занятиям	СРС			6		
	<b>Раздел 4. Ядерные оценки базовых функционалов по независимым выборкам</b>		8			1,2,5-9	
4.1.	4.Тема занятия: Построение оценок базовых функционалов и их производных. Сходимость в среднеквадратическом оценок базовых функционалов и их производных. Улучшение скорости сходимости СКО. Улучшенные оценки полиномиальной схемы и локальной аппроксимации. Теоретическое сравнение оценок: асимптотическая относительная эффективность. Моделирование улучшенных и обычных оценок базовых функционалов. Сходимость по распределению оценок базовых функционалов и их производных.	Лекция			2		OP-1.1.1, OP-1.1.2, OP-1.1.3.
4.2.	Параметрический и	Лаборатор			2		OP-1.2.1, OP-2.3.1,

	непараметрический подходы в регрессионном анализе показателей инвестиционной деятельности.	ная					ОР-3.1.1, ОР-3.2.1, ОР-4.3.1, ОР-ПК1.1.1
4.3.	Изучение учебного материала	СРС			4		
4.4.	Подготовка к лабораторным занятиям	СРС			4		
	<b>Раздел 5. Идентификация производственных функций</b>		8			1-14	
5.1.	5.Тема занятия: Оценивание функций от условных функционалов и их первых частных производных. Непараметрическая идентификация двухфакторной производственной функции. Параметрический и непараметрический подходы в регрессионном анализе показателей инвестиционной деятельности. Оценивание предельной продуктивности ресурсов и предельной нормы технического замещения факторов производства. Рекуррентное оценивание функций от функционалов многомерной плотности и их производных. Рекуррентная идентификация двухфакторной производственной функции и ее характеристик. Сравнение рекуррентных и обычных оценок.	Лекция			2		ОР-1.1.1, ОР-1.1.2, ОР-1.1.3, ОР-ПК2.2.1
5.2.	Оценивание предельной продуктивности ресурсов и предельной нормы технического замещения факторов производства.	Лабораторная			2		ОР-1.2.1, ОР-2.3.1, ОР-3.1.1, ОР-3.2.1, ОР-4.3.1, ОР-ПК1.1.1
5.3.	Изучение учебного материала	СРС			5		
5.4.	Подготовка к лабораторным занятиям	СРС			4		
	<b>Раздел 6. Идентификация статистических характеристик по зависимым выборкам</b>		8			1-14	
6.1.	6.Тема занятия: Слабая зависимость. Соотношения между различными	Лекция			2		ОР-1.1.1, ОР-1.1.2, ОР-1.1.3, ОР-ПК2.2.1



	коэффициентами слабой зависимости. Примеры последовательностей с перемешиванием. Слабая зависимость и ядерные оценки функционалов. Оценивание функций от функционалов по наблюдениям сильного перемешивания. Непараметрическая идентификация нелинейной авторегрессии и прогнозирование цен акций.					
6.2.	Непараметрическая идентификация модели изменения реальных, взятых из открытого доступа Интернет, цен акций.	Лабораторная			2	ОР-1.2.1, ОР-2.3.1, ОР-3.1.1, ОР-3.2.1, ОР-4.3.1, ОР-ПК1.1.1
6.3.	Изучение учебного материала	СРС			5	
6.4.	Подготовка к лабораторным занятиям	СРС			2	
	<b>Раздел 7. Непараметрические методы идентификации стохастических систем</b>		8			1-14
7.1.	7.Тема занятия: Применение оценок регрессии, функции чувствительности, остаточной дисперсии при идентификации стохастических систем. Регрессионная модель. Идентификация в широком смысле. Рекуррентный алгоритм обучения в задачах классификации. Обнаружение детерминированного тренда на фоне аддитивной помехи.	Лекция			2	ОР-1.1.1, ОР-1.1.2, ОР-1.1.3, ОР-ПК2.2.1
7.2.	Построение прогнозов цен акций на основе полученной модели, исследование точностных свойств алгоритмов.	Лабораторная			2	ОР-1.2.1, ОР-2.3.1, ОР-3.1.1, ОР-3.2.1, ОР-4.3.1, ОР-ПК1.1.1
7.3.	Изучение учебного материала	СРС			4	
7.4.	Подготовка к лабораторным занятиям	СРС			4	
	<b>Раздел 8. Непараметрические методы управления для стохастических систем</b>		8			1,2,5-10,12
8.1.	8.Тема занятия: Управление выходными параметрами объекта.	Лекция			2	ОР-1.1.1, ОР-1.1.2, ОР-1.1.3, ОР-ПК2.2.1

	Синтез алгоритмов управления. Управление технологией конвертерного производства стали. Моделирование алгоритма управления. Непараметрические алгоритмы идентификации и управления для случайных процессов. Дискретно-аналоговые алгоритмы.					
8.2.	Моделирование алгоритмов управления технологией конвертерного производства стали	Лабораторная			2	ОР-1.2.1, ОР-2.3.1, ОР-3.1.1, ОР-3.2.1, ОР-4.3.1, ОР-ПК1.1.1
8.3.	Изучение учебного материала	СРС			5	
8.4.	Подготовка к лабораторным занятиям	СРС			4,1	
	<b>Консультации</b>	К	8		1,6	
	<b>Подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена</b>	СРС	<b>8</b>		<b>31,7</b>	
	<b>Прохождение промежуточной аттестации в форме экзамена</b>	Э	<b>8</b>		<b>2,3</b>	

#### 4. Образовательные технологии, учебно-методическое и информационное обеспечение для освоения дисциплины

Занятия проводятся в традиционном формате: лекции, практика, задание на самостоятельную работу с литературой с последующим обсуждением.

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости лекций и лабораторных работ, проведения контрольных работ и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Контрольные работы оцениваются по пятибалльной шкале. К контрольной точке все необходимые лабораторные работы должны быть выполнены и сданы преподавателю.

Планирование самостоятельной работы студентов проводится на лекциях в форме обсуждения рекомендаций к самостоятельному более глубокому освоению элементов теории. Самостоятельная работа состоит в изучении заданных разделов в электронных учебниках [1-4] с последующим опросом и обсуждением на практических занятиях.

В течение семестра (проверочные самостоятельные и контрольные работы в письменной форме)

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций, и методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения, приведены в Приложении 1 к рабочей программе «Фонд оценочных средств».

##### 4.1. Рекомендуемая литература и учебно-методическое обеспечение

№ п/п	Авторы / составители	Заглавие	Издательство	Год издания, количество страниц
1.	Добровидов А.В., Кошкин Г.М.	Непараметрическое оценивание сигналов	М.: Наука. Физматлит	1997, 336 с.
2.	Васильев В.А., Добровидов А.В., Кошкин Г.М.	Непараметрическое оценивание функционалов от распределений стационарных последовательностей	М.: Наука	2004, 508 с.
3.	Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А.	Эконометрика. Начальный курс: Учебник	М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС	2021. 504 с.
4.	Корева Е.Б., Ростова Е.П.	Методы социально-экономического прогнозирования: Электронный курс	Самара: Самарский госуниверситет. аэрокосмич. университет	2013. 90 с.
5.	Кошкин Г.М.	Непараметрическая идентификация экономических систем: Учебное пособие	Томск: Изд-во НТЛ,	2007, 308 с.
6.	Дмитриев Ю.Г., Кошкин Г.М., Симахин В.А., Тарасенко Ф.П., Шуленин В.П.	Непараметрическое оценивание функционалов по стационарным выборкам	Томск: Изд-во Том. ун-та	1974, 93 с.
7.	Кошкин Г.М., Пивен И.Г.	Непараметрическая идентификация	Хабаровск: Российская	2009? 336 с.

		стохастических систем: Научное издание	академия наук, Дальневосточное отделение	
8.	Alexander V. Dobrovidov, Gennady M. Koshkin, Vyacheslav A. Vasiliev	Non-parametric State Space Models	Heber, UT 84032, USA. Kendrick Press, Inc.	2012, 501 p.
9.	Китаева А.В., Кошкин Г.М., Степанова Н.В.	Ядерное оценивание функций от условных распределений	Барнаул: Изд-во Алт. ун-та	2013, 122 с.
10.	Valery Smagin, Gennady Koshkin	Kalman Filtering Discrete Systems with Use of Nonparametric Algorithms for Unknown Input and Parameters	Journal of Information, Control and Management Systems. Vol.13. No. 1	2015, pp. 67-74
11.	Дмитриев Ю.Г., Кошкин Г.М.	Использование дополнительной информации при непараметрическом оценивании функционалов плотности	Автоматика и телемеханика, № 10	1987, с. 47-59
12.	Yury G. Dmitriev, Gennady M. Koshkin, Vadim Yu. Lukov	Combined Identification and Prediction Algorithms	Advances in Computer Science Research, volume 72, IV International Research Conference "Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine", Atlantis Press	2017, pp. 244-247
13.	Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В., Рудченко Е.А.	Scilab: Решение инженерных и математических задач	М.: ALT Linux; БИНОМ	2008, 260 с.
14.	Домбровский В. В.	Эконометрика [Электронный ресурс]	Томск: [б. и.], <a href="http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000550882">http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000550882</a>	2016

#### **4.2. Базы данных и информационно-справочные системы, в том числе зарубежные**

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **4.3. Перечень лицензионного и программного обеспечения**

MS Windows; MS Office.

#### **4.4. Оборудование и технические средства обучения**

Для реализации дисциплины необходимы лекционные аудитории и аудитории для проведения лабораторных занятий. Специальные технические средства (проектор, компьютер и т.д.) требуются для демонстрации материала в рамках изучаемых разделов, проведения защиты проектов в конце семестра. Вся основная и дополнительная литература, необходимая для самостоятельной работы и подготовки к экзамену, имеется в научной библиотеке ТГУ.

#### **5. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины**

Методические указания по освоению дисциплины размещены в курсе «Непараметрические методы анализа данных» в Moodle <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=9661>.

#### **6. Преподавательский состав, реализующий дисциплину**

Кошкин Геннадий Михайлович, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры системного анализа и математического моделирования НИ ТГУ.

#### **7. Язык преподавания – русский язык.**