

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический  
университет имени С.М. Кирова»  
ОТДЕЛ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ

ПРОГРАММА  
кандидатского экзамена по специальной дисциплине  
**Системный анализ, управление и обработка информации, статистика**  
по научной специальности  
**2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статисти-**  
**стика**  
(технические науки)

Утверждена Ученым советом  
СПбГЛТУ имени С.М. Кирова 19.04.2022, протокол № 03

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа кандидатского экзамена по научной специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» состоит из пяти обязательных разделов: понятия и задачи системного анализа, модели и методы принятия решений, оптимизация и математическое программирование, теория управления, компьютерные технологии обработки информации.

Системный анализ, управление и обработка информации, статистика – специальность, занимающаяся проблемами разработки и применения методов системного анализа сложных прикладных объектов исследования, обработки информации, целенаправленного воздействия человека на объекты исследования, включая вопросы анализа, моделирования, оптимизации, совершенствования управления и принятия решений, с целью повышения эффективности функционирования объектов исследования. Специальность отличается тем, что ее основным содержанием являются теоретические и прикладные исследования системных связей и закономерностей функционирования и развития объектов и процессов с учетом отраслевых особенностей, ориентированные на повышение эффективности управления ими с использованием современных методов обработки информации. Значение решения научных и технических проблем данной специальности состоит в разработке новых и совершенствовании существующих методов и средств анализа обработки информации и управления сложными системами, повышения эффективности надежности и качества систем. Основными направлениями исследований являются:

1. Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
3. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

4. Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

5. Развитие методов моделирования адаптивных, самоорганизующихся и управляемых систем с приложениями в физике, химии, технике, биологии и медицине.

6. Методы вероятностного моделирования и виртуальные потоки.

7. Эволюционные методы оптимизации и генетические алгоритмы для решения задач оптимизации и моделирования сложных систем.

8. Методы идентификации систем управления на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации.

9. Методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем.

10. Теоретико-множественный и теоретико-информационный анализ сложных систем.

11. Роботизированные системы, нейроинтерфейсы и нейробионика.

12. Методы искусственного интеллекта и нечеткой логики.

13. Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических, организационно-технических и информационных систем.

14. Нейросетевые технологии анализа данных, управления, распознавания образов и извлечения знаний.

15. Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических, организационно-технических и информационных системах.

16. Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

17. Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности сложных технических, организационно-технических и информационных систем.

18. Методы получения, анализа и обработки экспертной информации.

19. Методы визуализации, трансформации и анализа информации.

На кандидатском экзамене по научной специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» аспирант или лицо, прикрепленное для сдачи кандидатского экзамена, должен продемонстрировать знания теоретических основ и методов системного анализа, оптимизации, управления, принятий решений и обработки информации, методов искусственного интеллекта и нечеткой логики, методов и алгоритмов прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности сложных технических, организационно-технических и информационных систем.

## **1. Понятия и задачи системного анализа**

1.1. Понятия о системном подходе, системном анализе. Выделение системы из среды, определение системы. Системы и закономерности их функционирования и развития. Управляемость, достижимость, устойчивость. Свойства системы: целостность и членимость, связность, структура, организация, интегрированные качества.

1.2. Модели систем: статические, динамические, концептуальные, топологические, формализованные (процедуры формализации моделей систем), информационные, логико-лингвистические, семантические, теоретико-множественные и др.

1.3. Классификация систем. Естественные, концептуальные и искусственные, простые и сложные, целенаправленные, целеполагающие, активные и пассивные, стабильные и развивающиеся системы.

1.4. Основные методологические принципы анализа систем. Задачи системного анализа. Роль человека в решении задач системного анализа.

## 2. Модели и методы принятия решений

2.1. Постановка задач принятия решений. Классификация задач принятия решений. Этапы решения задач.

2.2. Экспертные процедуры. Задачи оценивания. Алгоритм экспертизы. Методы получения экспертной информации. Шкалы измерений, методы экспертных измерений. Методы опроса экспертов, характеристики экспертов. Методы обработки экспертной информации, оценка компетентности экспертов, оценка согласованности мнений экспертов.

2.3. Методы формирования исходного множества альтернатив. Морфологический анализ.

2.4. Методы многокритериальной оценки альтернатив. Классификация методов. Множества компромиссов и согласия, построение множеств. Функция полезности. Аксиоматические методы многокритериальной оценки. Прямые методы многокритериальной оценки альтернатив.

2.5. Методы нормализации критериев. Характеристики приоритета критериев. Постулируемые принципы оптимальности (равномерности, справедливой уступки, главного критерия, лексикографический). Методы аппроксимации функции полезности.

2.6. Деревья решений. Методы компенсации. Методы аналитической иерархии. Методы порогов несравнимости. Диалоговые методы принятия решений. Качественные методы принятия решений (вербальный анализ).

2.7. Принятие решений в условиях неопределенности. Статистические модели принятия решений. Методы глобального критерия. Критерии Байеса-Лапласа, Гермейера, Бернулли-Лапласа, максиминный (Вальда), минимаксного риска Сэвиджа, Гурвица, Ходжеса-Лемана и др.

2.8. Принятие коллективных решений. Теорема Эрроу и ее анализ. Правила большинства, Кондорсе, Борда. Парадокс Кондорсе. Расстояние в пространстве отношений. Современные концепции группового выбора.

2.9. Модели и методы принятия решений при нечеткой информации. Нечеткие множества. Основные определения и операции над нечеткими

множествами. Нечеткое моделирование. Задачи математического программирования при нечетких исходных условиях. Задача оптимизации на нечетком множестве допустимых условий. Задача достижения нечетко определенной цели.

2.10. Нечеткое математическое программирование с нечетким отображением. Постановки задач на основе различных принципов оптимальности. Нечеткие отношения, операции над отношениями, свойства отношений. Принятие решений при нечетком отношении предпочтений на множестве альтернатив. Принятие решений при нескольких отношениях предпочтения.

2.11. Игра как модель конфликтной ситуации. Классификация игр. Матричные, кооперативные и дифференциальные игры. Цены и оптимальные стратегии. Чистые и смешанные стратегии. Функция потерь при смешанных стратегиях. Геометрическое представление игры. Нижняя и верхняя цены игр, седловая точка. Принцип минимакса. Решение игр.

### **3. Оптимизация и математическое программирование**

3.1. Оптимизационный подход к проблемам управления и принятия решений. Допустимое множество и целевая функция. Формы записи задач математического программирования. Классификация задач математического программирования.

3.2. Постановка задачи линейного программирования. Стандартная и каноническая формы записи. Гиперплоскости и полупространства. Допустимые множества и оптимальные решения задач линейного программирования. Выпуклые множества. Крайние точки и крайние лучи выпуклых множеств.

3.3. Теоремы об отделяющей, опорной и разделяющей гиперплоскости. Представление точек допустимого множества задачи линейного программирования через крайние точки и крайние лучи. Условия существования и свойства оптимальных решений задачи линейного программирования.

3.4. Опорные решения системы линейных уравнений и крайние точки множества допустимых решений. Сведение задачи линейного програм-

мирования к дискретной оптимизации. Симплекс-метод. Многокритериальные задачи линейного программирования.

3.5. Двойственные задачи. Критерии оптимальности, доказательство достаточности. Теорема равновесия, ее следствия и применения. Теоремы об альтернативах и лемма Фаркаша в теории линейных неравенств. Геометрическая интерпретация двойственных переменных и доказательство необходимости в основных теоремах теории двойственности. Зависимость оптимальных решений задачи линейного программирования от параметров.

3.6. Локальный и глобальный экстремум. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Теорема о седловой точке. Необходимые условия экстремума дифференцируемой функции на выпуклом множестве. Необходимые условия Куна-Таккера. Задачи об условном экстремуме и метод множителей Лагранжа.

3.7. Выпуклые функции и их свойства. Задание выпуклого множества с помощью выпуклых функций. Постановка задачи выпуклого программирования и формы их записи. Простейшие свойства оптимальных решений. Необходимые и достаточные условия экстремума дифференцируемой выпуклой функции на выпуклом множестве и их применение.

3.8. Теорема Удзавы. Теорема Куна-Таккера и ее геометрическая интерпретация. Основы теории двойственности в выпуклом программировании. Линейное программирование как частный случай выпуклого. Понятие о негладкой выпуклой оптимизации. Субдифференциал.

3.9. Классификация методов безусловной оптимизации. Скорости сходимости. Методы первого порядка. Градиентные методы. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации. Квазиньютоновские методы. Методы переменной метрики. Методы сопряженных градиентов. Конечно-разностная аппроксимация производных.

3.10. Конечно-разностные методы. Методы нулевого порядка. Методы покоординатного спуска, Хука-Дживса, сопряженных направлений. Методы

деформируемых конфигураций. Симплексные методы. Комплекс-методы. Решение задач многокритериальной оптимизации методами прямого поиска.

3.11. Основные подходы к решению задач с ограничениями. Классификация задач и методов. Методы проектирования. Метод проекции градиента. Метод условного градиента. Методы сведения задач с ограничениями к задачам безусловной оптимизации. Методы внешних и внутренних штрафных функций. Комбинированный метод проектирования и штрафных функций. Метод зеркальных построений. Метод скользящего допуска.

3.12. Задачи стохастического программирования. Стохастические квазиградиентные методы. Прямые и не прямые методы. Метод проектирования стохастических квазиградиентов. Методы конечных разностей в стохастическом программировании. Методы стохастической аппроксимации. Методы с операцией усреднения. Методы случайного поиска. Стохастические задачи с ограничениями вероятностей природы. Прямые методы. Стохастические разностные методы. Методы с усреднением направлений спуска. Специальные приемы регулировки шага.

3.13. Методы и задачи дискретного программирования. Задачи целочисленного линейного программирования. Методы отсечения Гомори. Метод ветвей и границ. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм. Задачи оптимизации на сетях и графах.

3.14. Метод динамического программирования для многошаговых задач принятия решений. Принцип оптимальности Беллмана. Основное функциональное уравнение. Вычислительная схема метода динамического программирования.

## **4. Теория управления**

4.1. Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы. Основные задачи теории управления: стабилизация, слежение, программное



управление, оптимальное управление, экстремальное регулирование. Классификация систем управления.

4.2. Структуры систем управления: разомкнутые системы, системы с обратной связью, комбинированные системы. Динамические и статические характеристики систем управления: переходная и весовая функции и их взаимосвязь, частотные характеристики. Типовые динамические звенья и их характеристики.

4.3. Понятие об устойчивости систем управления. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость. Устойчивость по первому приближению. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости.

4.4. Устойчивость линейных стационарных систем. Критерии Ляпунова, Лъенара-Шипара, Гурвица, Михайлова. Устойчивость линейных нестационарных систем.

4.5. Метод сравнения в теории устойчивости: леммы Гронуолла-Беллмана, Бихари, неравенство Чаплыгина. Устойчивость линейных систем с обратной связью: критерий Найквиста, большой коэффициент усиления.

4.6. Методы синтеза обратной связи. Элементы теории стабилизации. Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость. Дуальность управляемости и наблюдаемости. Канонические формы. Линейная стабилизация. Стабилизация по состоянию, по выходу. Наблюдатели состояния. Дифференциаторы.

4.7. Качество процессов управления в линейных динамических системах. Показатели качества переходных процессов. Методы оценки качества. Коррекция систем управления.

4.8. Управление при действии возмущений. Различные типы возмущений: операторные, координатные. Инвариантные системы. Волновое возмущение. Неволновое возмущение. Метод квазирасщепления. Следящие системы.

4.9. Релейная обратная связь: алгебраические и частотные методы исследования.

4.10. Стабилизация регулятором переменной структуры: скалярные и векторные скользящие режимы.

4.11. Универсальный регулятор (стабилизатор Нуссбаума).

4.12. Абсолютная устойчивость. Геометрические и частотные критерии абсолютной устойчивости. Абсолютная стабилизация. Адаптивные системы стабилизации: метод скоростного градиента, метод целевых неравенств.

4.13. Управление в условиях неопределенности. Позитивные динамические системы: основные определения и свойства, стабилизация позитивных систем при неопределенности.

4.14. Аналитическое конструирование. Идентификация динамических систем. Экстремальные регуляторы – самооптимизация.

4.15. Классификация дискретных систем автоматического управления. Уравнения импульсных систем во временной области. Разомкнутые системы. Описание импульсного элемента. Импульсная характеристика приведенной непрерывной части. Замкнутые системы. Уравнения разомкнутых и замкнутых импульсных систем относительно решетчатых функций.

4.16. Передаточная, переходная и весовая функции импульсной системы. Классификация систем с несколькими импульсными элементами. Многомерные импульсные системы. Описание многомерных импульсных систем с помощью пространства состояний.

4.17. Устойчивость дискретных систем. Исследование устойчивости по первому приближению, метод функций Ляпунова, метод сравнения. Теоремы об устойчивости: критерий Шора-Куна. Синтез дискретного регулятора по состоянию и по выходу, при наличии возмущений.

4.18. Элементы теории реализации динамических систем. Консервативные динамические системы. Элементы теории бифуркации.

4.19. Основные виды нелинейностей в системах управления. Методы исследования поведения нелинейных систем.

4.20. Автоколебания нелинейных систем, отображение А. Пуанкаре, функция последования, диаграмма Ламеррея. Орбитальная устойчивость. Теоремы об устойчивости предельных циклов: Андронова-Витта, Кенигса. Существование предельных циклов: теоремы Бендиксона, Дюлока.

4.21. Дифференциаторы выхода динамической системы.

4.22. Гладкие нелинейные динамические системы на плоскости: анализ управляемости, наблюдаемости, стабилизируемости и синтез обратной связи.

4.23. Управление системами с последействием.

4.24. Классификация оптимальных систем. Задачи оптимизации. Принцип максимума Понтрягина. Динамическое программирование.

4.25. Управление сингулярно-возмущенными системами.

4.26.  $H^2$ - и  $H^\infty$ -стабилизация. Minimax-стабилизация.

4.27. Игровой подход к стабилизации.  $I_1$ -оптимизация управления. Вибрационная стабилизация.

4.28. Эвристические методы стабилизации: нейросети, размытые множества, интеллектуальное управление.

## **5. Компьютерные технологии обработки информации**

5.1. Определение и общая классификация видов информационных технологий. Модели, методы и средства сбора, хранения, коммуникации и обработки информации с использованием компьютеров.

5.2. Программно-технические средства реализации современных офисных технологий. Стандарты пользовательских интерфейсов.

5.3. Создание и обработка текстовых файлов и документов с использованием текстовых редакторов и процессоров. Программные средства создания и обработки электронных таблиц.

5.4. Программные средства создания графических объектов, графические процессоры (векторная и растровая графика).

5.5. Понятие информационной системы, банки и базы данных. Логическая и физическая организация баз данных. Модели представления данных, архитектура и основные функции СУБД. Распределенные БД. Принципиальные особенности и сравнительные характеристики файл-серверной, клиент-серверной и интранет технологий распределенной обработки данных.

5.6. Реляционный подход к организации БД. Базисные средства манипулирования реляционными данными. Методы проектирования реляционных баз данных (нормализация, семантическое моделирование данных, ER-диаграммы).

5.7. Языки программирования в СУБД, их классификация и особенности. Стандартный язык баз данных SQL.

5.8. Основные сетевые концепции. Глобальные, территориальные и локальные сети. Проблемы стандартизации. Сетевая модель OSI. Модели взаимодействия компьютеров в сети.

5.9. Среда передачи данных. Преобразование сообщений в электрические сигналы, их виды и параметры. Проводные и беспроводные каналы передачи данных.

5.10. Локальные сети. Протоколы, базовые схемы пакетов сообщений и топологии локальных сетей. Сетевое оборудование ЛВС.

5.11. Глобальные сети. Основные понятия и определения. Сети с коммутацией пакетов и ячеек, схемотехника и протоколы. Принципы межсетевого взаимодействия и организации пользовательского доступа. Методы и средства защиты информации в сетях. Базовые технологии безопасности.

5.12. Сетевые операционные системы. Архитектура сетевой операционной системы: сетевые оболочки и встроенные средства. Обзор и сравнительный анализ популярных семейств сетевых ОС.

5.13. Адресация в сети Internet. Методы и средства поиска информации в Internet, информационно-поисковые системы.

5.14. Языки и средства программирования Internet приложений. Язык гипертекстовой разметки HTML, основные конструкции, средства подготовки гипертекста (редакторы и конверторы). Базовые понятия VRML.

5.15. Представление звука и изображения в компьютерных системах. Устройства ввода, обработки и вывода мультимедиа информации. Форматы представления звуковых и видео файлов. Оцифровка и компрессия. Программные средства записи, обработки и воспроизведения звуковых и видео-файлов. Мультимедиа в вычислительных сетях.

5.16. Виды и уровни знаний. Знания и данные. Факты и правила. Принципы организации знаний. Требования, предъявляемые к системам представления и обработки знаний. Формализмы, основанные на классической и математической логиках. Современные логики. Фреймы. Семантические сети и графы. Модели, основанные на прецедентах. Приобретение и формализация знаний. Пополнение знаний. Обобщение и классификация знаний. Логический вывод и умозаключение на знаниях. Проблемы и перспективы представления знаний.

## Литература

1. Астахова, И. Ф. Проектирование баз данных [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. Ф. Астахова, В. А. Чулюков, И. П. Половинкин. — Воронеж : ВГУ, 2017. — 74 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/154780> (дата обращения: 17.04.2022).

2. Афанасьева, Т. В. Введение в проектирование систем интеллектуального анализа данных [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т. В. Афанасьева. — Ульяновск : УлГТУ, 2017. — 64 с. — ISBN 978-5-9795-1686-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165064> (дата обращения: 17.04.2022).

3. Волкова, В. Н. Системный анализ информационных комплексов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Н. Волкова. — 3-е изд., стер. —

Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-5601-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/143131> (дата обращения: 17.04.2022).

4. Гольдштейн, А.Л. Теория принятия решений. Задачи и методы исследования операций и принятия решений [Электронный ресурс] : учебное пособие / о. А. Г. — 2-е изд., испр. — Пермь : ПНИПУ, 2009. — 361 с. — ISBN 978-5-398-00159-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/161065> (дата обращения: 17.04.2022).

5. Казанцев, В. П. Теория автоматического управления. Линейные системы управления [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. П. Казанцев. — Пермь : ПНИПУ, 2007. — 166 с. — ISBN 978-5-88151-687-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160419> (дата обращения: 17.04.2022).

6. Кочегурова, Е. А. Теория и методы оптимизации [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. А. Кочегурова. — Томск : ТПУ, 2013. — 134 с. — ISBN 978-5-4387-0237-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/45142> (дата обращения: 17.04.2022).

7. Клименко, И. С. Системный анализ в управлении : учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / И. С. Клименко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-6942-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153690> (дата обращения: 17.04.2022).

8. Леонтьев, А. С. Методологический подход по организации информационной поддержки динамических процессов решения глобальных проблем в условиях неопределенности [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. С. Леонтьев. — Москва : РТУ МИРЭА, 2020. — 106 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163852> (дата обращения: 17.04.2022).

9. Лубенцова, Е. В. Системы управления с динамическим выбором структуры, нечеткой логикой и нейросетевыми моделями [Электронный ресурс] : монография / Е. В. Лубенцова. — Ставрополь : СКФУ, 2014. — 248 с. — ISBN 978-5-88648-902-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155232> (дата обращения: 17.04.2022).

10. Осечкина, Т. А. Основы системного анализа [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т. А. Осечкина. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2020. — 92 с. — ISBN 978-5-9239-1202-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159311> (дата обращения: 17.04.2022).

11. Радыгин, В. Ю. Базы данных: основы, проектирование, разработка информационных систем, проекты: курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Ю. Радыгин, Д. Ю. Куприянов. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2020. — 244 с. — ISBN 978-5-7262-2680-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175425> (дата обращения: 17.04.2022).

12. Цуриков, А. Н. Моделирование и обучение искусственных нейронных сетей [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Цуриков. — Ростов-на-Дону : РГУПС, 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-88814-867-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140610> (дата обращения: 17.04.2022).

13. Филимонов, А. Б. Основы нечеткой логики [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Б. Филимонов, Н. Б. Филимонов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2019. — 88 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171457> (дата обращения: 17.04.2022).

14. Хижняков, Ю. Н. Нечеткое, нейронное и гибридное управление [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Н. Хижняков. — Пермь : ПНИПУ, 2013. — 303 с. — ISBN 978-5-398-01107-4. — Текст : электрон-

ный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160818> (дата обращения: 17.04.2022).

15. Хижняков, Ю. Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Н. Хижняков. — Пермь : ПНИПУ, 2013. — 156 с. — ISBN 978-5-398-01145-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160817> (дата обращения: 17.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

16. Шифрин, Б. М. Принятие решений в условиях неопределенности [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. М. Шифрин. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2021. — 60 с. — ISBN 978-5-9239-1223-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179186> (дата обращения: 17.04.2022).

17. Ямашкин, С. А. Системный анализ пространственных данных [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. А. Ямашкин, А. А. Ямашкин. — Саранск : МГУ им. Н.П. Огарева, 2020. — 44 с. — ISBN 978-5-7103-4050-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/204680> (дата обращения: 17.04.2022).