




Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ИМЕНИ В.А. ТРАПЕЗНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПУ РАН)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИПУ РАН, академик РАН


Д.А. Новиков
«27» апреля 2023 г.

ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности
**2.3.8 «Информатика
и информационные процессы»**
по техническим наукам

Москва 2023

Программа-минимум кандидатского экзамена по научной специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы» составлена на основании Паспорта научной специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы» номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. №118.

Программа-минимум кандидатского экзамена разработана рабочей группой в составе:

д-р техн. наук, доц. Захарова А.А.,
канд. техн. наук., доц. Корнеенко В.П.,
д-р техн. наук Лебедев В.Г.,
д-р техн. наук, проф. РАН Мещеряков Р.В.

Руководитель
рабочей группы
д-р техн. наук



(подпись)

Г.С. Вересников

Согласовано
Заведующий
отделом
докторантуры и
аспирантуры
д-р техн. наук



(подпись)

Л.Ю. Филимонюк

Программа-минимум кандидатского экзамена обсуждена и утверждена на заседании Ученого совета ИПУ РАН протокол № 5 от 27 апреля 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ.....	7
ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ	8
1. Основы информатики	8
2. Хранение, обработка и анализ информации	10
3. Информационные системы и технологии.....	12
4. Программное и техническое обеспечение информационных систем и процессов.....	15
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	18

ВВЕДЕНИЕ

Программа-минимум кандидатского экзамена разработана в соответствии с Паспортом научной специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы».

Область науки: 2. Технические науки.

Группа научных специальностей: 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации.

Освоение программы направлено на формирование необходимого набора знаний, умений и навыков у соискателей степени кандидата наук, выполняющих исследования по указанным ниже направлениям¹.

1. Разработка компьютерных методов и моделей описания, оценки и оптимизации информационных процессов и ресурсов, а также средств анализа и выявления закономерностей на основе обмена информацией пользователями и возможностей используемого программно-аппаратного обеспечения.

2. Техническое обеспечение информационных систем и процессов, в том числе новые технические средства сбора, хранения, передачи и представления информации. Комплексы технических средств, обеспечивающих функционирование информационных систем и процессов, накопления и оптимального использования информационных ресурсов.

3. Разработка методов и алгоритмов кодирования, сжатия и размещения информации для повышения эффективности и надежности функционирования инфокоммуникационных систем при ее хранении и передаче.

4. Разработка методов и технологий цифровой обработки аудиовизуальной информации с целью обнаружения закономерностей в данных, включая обработку текстовых и иных изображений, видео контента. Разработка методов и моделей распознавания, понимания и синтеза речи, принципов и методов извлечения требуемой информации из текстов.

5. Лингвистическое обеспечение информационных систем и процессов. Методы и средства проектирования словарей дан-

¹ Заимствовано из паспорта научной специальности 2.3.8.

ных, словарей индексирования и поиска информации, тезаурусов и иных лексических комплексов. Методы семантического, синтаксического и прагматического анализа текстовой информации для представления в базах данных и организации интерфейсов информационных систем с пользователями.

6. Обеспечение информационных систем и процессов, применения информационных технологий и систем в принятии решений на различных уровнях управления. Общие принципы и основы организации информационных служб и электронных библиотек.

7. Разработка методов обработки, группировки и аннотирования информации, в том числе, извлеченной из сети интернет, для систем поддержки принятия решений, интеллектуального поиска, анализа.

8. Разработка систем принятия решения на основе баз данных и знаний, реализующих имитационные модели прогнозирования изменения материальных процессов и событий.

9. Разработка архитектур программно-аппаратных комплексов поддержки цифровых технологий сбора, хранения и передачи информации в инфокоммуникационных системах, в том числе, с использованием «облачных» интернет-технологий и оценка их эффективности.

10. Исследования и разработка требований к программно-техническим средствам современных телекоммуникационных систем на базе вычислительной техники.

11. Разработка принципов организации и технологий реализации систем управления базами данных и знаний, создание специализированных информационных систем управления текстовыми, графическими и мультимедийными базами данных. Создание языков описания данных, языков манипулирования данными, языков запросов.

12. Разработка технологий извлечения и анализа информации в больших базах данных, в том числе, с использованием концепции многомерного представления (OLAP) и интеллектуального анализа данных (Data Mining) статического и в реальном масштабе времени, реализация моделей баз знаний.

13. Разработка и применение методов распознавания образов, кластерного анализа, нейросетевых и нечетких технологий,

решающих правил, мягких вычислений при анализе разнородной информации в базах данных.

14. Разработка и исследование принципов организации и функционирования распределенных информационных систем и баз данных, прикладных протоколов информационных сетей, форматов представления данных и языков информационного поиска в распределенных информационных ресурсах.

15. Разработка новых интернет-технологий, включая средства поиска, анализа и фильтрации информации, в том числе методы и технологии, обеспечивающие безопасный интернет.

16. Автоматизированные информационные системы, ресурсы и технологии по областям применения (научные, технические, экономические, образовательные, гуманитарные сферы деятельности), форматам обрабатываемой, хранимой информации. Системы принятия групповых решений, системы проектирования объектов и процессов, экспертные системы и др.

17. Разработка методов обеспечения надежной обработки информации и обеспечения помехоустойчивости информационных коммуникаций для целей передачи, хранения и защиты информации; разработка основ теории надежности и безопасности использования информационных технологий.

18. Разработка инфокоммуникационных технологий реализации концепции интернет-вещей.

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины:

- основы информатики,
- информационные системы и технологии,
- системы управления базами данных,
- основы программирования,
- системный анализ,
- теория и методы принятия решений,
- теория управления,
- методы искусственного интеллекта,
- экспертные системы.

СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

Разделы	Темы	Литература
1. Основы информатики	Тема 1.1. Основные понятия и определения информатики	[1, 10, 21, 25, 16]
	Тема 1.2. Представление и кодирование информации	[27, 28, 22]
	Тема 1.3. Информационные процессы и ресурсы	[8, 29, 14, 16]
2. Хранение, обработка и анализ информации	Тема 2.1. Основные понятия и методы хранения, сбора и анализа информации	[12, 11, 3, 30]
	Тема 2.2. Технологии обработки и анализа данных	[12, 3, 24, 30]
3. Информационные системы и технологии	Тема 3.1. Основные понятия и определения информационных систем	[7, 6, 5, 8, 26]
	Тема 3.2. Информационные технологии	[8, 7, 15, 18, 17]
	Тема 3.3. Методы и средства разработки информационных систем	[13, 23, 2, 9]
4. Программное и техническое обеспечение информационных систем и процессов	Тема 4.1. Вычислительные системы и технологии	[4, 20]
	Тема 4.2. Программные системы и технологии	[4, 8, 20]
	Тема 4.3. Инфокоммуникационные средства и технологии	[19]

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ

1. Основы информатики

ТЕМА 1.1. Основные понятия и определения информатики. Информатика как наука, место и роль информатики в системе наук, задачи информатики [1, с. 3–5]. Понятия информации, данных, сообщений, знаний [10, с. 20–25; 21, с. 27–34]. Понятие и значение больших данных (big data) [25, с. 12–20]. Основные понятия и показатели качества информации, свойства информации [10, с. 37–55]. Количество информации и классификация ее мер, единицы измерения информации [10, с. 56–70]. Основные понятия классификации и структурирования информации [16, с. 31–43].

Контрольные вопросы к теме 1.1

1. Опишите предмет изучения, место и роль информатики в системе наук, перечислите и охарактеризуйте основные задачи информатики. Дайте определения понятиям: информация, данные, знания. Перечислите виды знаний.

2. Опишите сущность понятия больших данных (big data). Укажите место и значение больших данных в современном мире.

3. Перечислите и охарактеризуйте основные показатели качества информации.

4. Перечислите основные свойства информации. Охарактеризуйте перечисленные свойства информации.

5. Опишите способы решения задачи определения количества и меры информации в структурной, статистической и семантической теории информации.

6. Дайте определения понятий: классификация, объект, классификационный признак, классификация объектов. Перечислите и охарактеризуйте системы классификации информации. Укажите, по каким признакам можно классифицировать информацию.

ТЕМА 1.2. Представление и кодирование информации.

Информация, энтропия, неопределенность [27, с. 24–32]. Основные понятия и виды кодирования информации, избыточность кодов [28, с. 4–10]. Эффективное кодирование [28, с. 10–24]. Помехоустойчивое (корректирующее) кодирование: блочное кодирование, самокорректирующееся кодирование [28, с. 24–48]. Кодирование как средство защиты информации от несанкционированного доступа [28, с. 48–58]. Модели представления знаний: продукционные модели [22, с. 7–29], семантические сети и фреймовые модели [22, с. 40–59], байесовские и нечеткие модели [22, с. 113–138].

Контрольные вопросы к теме 1.2

1. Опишите, каким образом связаны понятия информации, неопределенности и энтропии. Опишите понятие и свойства энтропии.
2. Опишите принципы, виды и алгоритмы эффективного кодирования. Перечислите недостатки эффективного кодирования.
3. Раскройте содержание понятия и приведите принципы помехоустойчивого кодирования. Опишите понятие качества корректирующего кода.
4. Опишите методы блочного помехоустойчивого кодирования.
5. Раскройте содержание понятия и приведите принципы помехоустойчивого самокорректирующегося кодирования.
6. Раскройте содержание понятия и приведите принципы кодирования как средства защиты информации от несанкционированного доступа. Приведите примеры шифров.
7. Опишите семантические сети, фреймовые, продукционные, байесовские и нечеткие модели представления знаний.

ТЕМА 1.3. Информационные процессы и ресурсы. Понятие, логическая модель и виды информационных процессов [8, с. 98–99]. Процессы генерирования информации, восприятия информации, сбора и регистрации информации, передачи информации, обработки информации, хранения информации, по-

иска информации [8, с. 99–129; 2, с. 9–27]. Моделирование и исследование информационных процессов [29, с. 28–33; 14, с. 56–82]. Информационные ресурсы, продукты и услуги [16, с. 57–62].

Контрольные вопросы к теме 1.3

1. Дайте определение понятию информационного процесса. Перечислите и кратко охарактеризуйте виды информационных процессов.
2. Опишите процессы генерирования и восприятия информации. Приведите примеры.
3. Опишите процессы передачи и обработки информации. Приведите примеры.
4. Опишите процессы хранения и поиска информации. Приведите примеры.
5. Опишите и охарактеризуйте методы и модели исследования информационных процессов и систем. Приведите примеры.
6. Расскажите о видах информационных ресурсов. Раскройте содержание понятий: информационный ресурс, информационный продукт, информационная услуга. Приведите примеры.

2. Хранение, обработка и анализ информации

ТЕМА 2.1. Основные понятия и методы хранения, сбора и анализа информации. Виды и типы данных, операции над данными, методология обработки данных [12, с. 13–29]. Принципы построения систем, ориентированных на анализ данных [12, с. 41–100]. Алгоритмы поиска информации [12, с. 61–88]. Знания, онтологии, искусственный интеллект (ИИ), модели знаний [12, с. 127–140, 173–211]. Нечеткие множества и нечеткая логика [12, с. 254–290; 11, с. 7–22]. Хранилище данных [12, с. 41–60]. Классификация и регрессия [3, с. 102–139]. Кластеризация [3, с. 159–191].

Контрольные вопросы к теме 2.1

1. Перечислите виды и типы данных, операции над данными. Опишите методологию обработки данных, включая теоретические основы обработки данных.

2. Опишите методы и технологии цифровой обработки лингвистической, аудиовизуальной информации для повышения эффективности и надежности функционирования инфокоммуникационных систем.

3. Перечислите и опишите алгоритмы поиска при обработке лингвистической, аудиовизуальной информации, кодирования, сжатия и размещения информации для повышения эффективности и надежности функционирования инфокоммуникационных систем.

4. Дайте определения знания, онтологии, искусственный интеллект, модели знаний. Перечислите основные методы указанных разделов.

5. Дайте основные определения нечеткие множества и нечеткая логика. Поясните что такое нечеткие продукции, нечеткие выводы и нечеткая импликация.

6. Изложите концепцию хранилищ данных, их свойства. Опишите архитектуру и принципы организации хранилищ данных.

7. Дайте описание методов обработки, группировки и аннотирования информации, в том числе, извлеченной из сети интернет, для систем поддержки принятия решений, интеллектуального поиска, анализа.

ТЕМА 2.2. Технологии обработки и анализа данных.

Разработка компьютерных методов и моделей описания, оценки и оптимизации информационных процессов и ресурсов с использованием концепций систем операционной обработки (OLTP) и многомерного представления (OLAP) данных. [12, с. 30–60]. Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) [3, с. 68–101]. Визуальный анализ данных (Visual Mining) [3, с. 192–210]. Анализ текстовой информации (Text Mining) [3, с. 211–241]. Анализ речевой информации [24]. Средства анализа процессов (Process Mining) [3, с. 382–435].

Контрольные вопросы к теме 2.2

1. Опишите технологию обработки данных, дайте определения и поясните суть этапов: консолидация, трансформация, очистка, хранение, визуализация.
2. Перечислите и охарактеризуйте известные технологии анализа информации.
3. Приведите классификацию методов и технологий цифровой обработки аудиовизуальной информации с целью обнаружения закономерностей в данных, включая обработку текстовых и иных изображений, видео контента.
4. Перечислите основные свойства обнаруживаемых при интеллектуальном анализе данных (Data Mining) знаний.
5. Приведите характеристики средств и методы визуального анализа данных (Visual Mining).
6. Приведите задачи и методы анализа текстовой информации.
7. Опишите предметную область, основные применения и задачи цифровой обработки речевых сигналов.
8. Опишите задачи и методы проведения анализа процессов (Process Mining).

3. Информационные системы и технологии

ТЕМА 3.1. Основные понятия и определения информационных систем. Основные понятия и определения информационных систем [7, с. 62–64]. Состав и структура информационной системы [7, с. 66–73]. Информационные компоненты в системах управления [7, с. 75–82]. Классификация информационных систем [7, с. 64–66]. Разработка принципов организации и технологий реализации систем управления базами данных и знаний [6, с. 34–56]. Автоматизированные информационно-поисковые системы [5, с. 50–52]. Системы принятия решений [8, с. 240–245]. Экспертные системы. [8, с. 247–250]. Моделирование информационных систем [26, с. 92–131].

Контрольные вопросы к теме 3.1

1. Дайте определение информационной системе. Укажите функции, которые выполняют автоматизированные информационные системы. Перечислите виды информационных систем.

2. Дайте определение базы данных. Укажите место базы данных в информационной системе. Опишите назначение систем управления базами данных.

3. Определите различие между данными и метаданными. Дайте определение словарю данных и укажите его назначение.

4. Дайте определение системе принятия решений. Приведите примеры.

5. Дайте определение экспертной системы. Приведите примеры использования экспертных систем в различных областях человеческой деятельности.

6. Опишите основные подходы к моделированию информационных систем.

ТЕМА 3.2. Информационные технологии. Информационная технология: понятийная и структурная характеристики [8, с. 10–39]. Классификация информационных технологий [8, с. 41–58]. Лингвистическое обеспечение информационных систем и процессов [7, с. 201–242]. Модели тезаурусов и иных лексических комплексов в информационном поиске [15, с. 155–160]. Реляционные базы данных [18, с. 35–51]. Словари индексирования и поиска информации [18, с. 144–168]. Обеспечение информационных систем и процессов, применения информационных технологий и систем в принятии решений на различных уровнях управления [17, с. 402–423]. Общие принципы и основы организации информационных служб и электронных библиотек [17, с. 424–428].

Контрольные вопросы к теме 3.2

1. Опишите понятийные и структурные характеристики информационной технологии.

2. Перечислите основные признаки информационной технологии. Укажите типы информационных технологий.

3. Опишите принципы организации баз данных.

4. Опишите состав лингвистического обеспечения информационных систем и процессов.
5. Назовите основные методы и средства проектирования словарей данных.
6. Укажите в чем особенность словарей индексирования и поиска информации.
7. Назовите основные модели тезаурусов и иных лексических комплексов.
8. Опишите роль информационных технологий в принятии решений на различных уровнях управления.
9. Охарактеризуйте общие принципы и основы организации информационных служб и электронных библиотек.

ТЕМА 3.3. Методы и средства разработки информационных систем. Основные понятия технологии проектирования информационных систем [13, с. 9–38]. Методы проектирования информационных систем [13, с. 38–45]. Организация проектирования информационных систем [13, с. 46–61]. Разработка технологий реализации концепции интернет-вещей. [23, с. 5–30]. Разработка систем принятия решения на основе баз данных и знаний, реализующих имитационные модели прогнозирования изменения материальных процессов и событий [2, с. 14–20]. Принципы организации и функционирования распределенных информационных систем и баз данных [9, с. 5–64].

Контрольные вопросы к теме 3.3

1. Назовите этапы технологии проектирования информационных систем.
2. Охарактеризуйте методы проектирования информационных систем.
3. Опишите концепцию интернет-вещей. Укажите роль инфокоммуникационных технологий в реализации концепции интернет-вещей.
4. Опишите состав системы принятия решения на основе баз данных и знаний.
5. Раскройте актуальность организации распределенной обработки данных. Дайте определение понятию распределенной

обработки данных. Назовите основные идеи, лежащие в основе распределенных автоматизированных информационных систем.

6. Перечислите основные принципы создания и функционирования распределенных баз данных. Опишите способы реализации распределенной обработки данных.

4. Программное и техническое обеспечение информационных систем и процессов

ТЕМА 4.1. Вычислительные системы и технологии. Архитектура вычислительных систем [4, с. 20–28]. Информационно-логические основы построения вычислительных машин [4, с. 56–80]. Системы телекоммуникаций [4, с. 437–449]. Качество и эффективность систем [4, с. 491–540]. Облачные технологии [20, с. 576–602].

Контрольные вопросы к теме 4.1

1. Перечислите основные элементы вычислительных систем. Покажите взаимосвязи между ними. Охарактеризуйте каждый элемент.

2. Дайте определение информационной системы и сформулируйте необходимость в вычислительных средствах.

3. Охарактеризуйте особенности архитектуры многомашинных, многопроцессорных вычислительных систем.

4. Дайте характеристику форм представления информации в вычислительных системах и технологиях.

5. Охарактеризуйте показатели эффективности информационных систем.

6. Дайте определение понятия «облачные технологии», перечислите характеристики облачных технологий.

ТЕМА 4.2. Программные системы и технологии. Программное управление [4, с. 273–296]. Технология создания программных систем [8, с. 85–97]. Организация процесса разработки [20, с. 20–51]. Формирование и анализ требований к про-

граммному обеспечению. [20, с. 131–148]. Проектирование программных систем. [20, с. 149–185].

Контрольные вопросы к теме 4.2

1. Назовите основные режимы работы компьютеров и дайте им краткую характеристику.

2. Охарактеризуйте технологию проектирования информационных систем. Определите, каким образом они связаны с программными системами.

3. Опишите жизненный цикл создания программной системы. Поясните основную идею выделения видов основной деятельности для бизнес-процессов.

4. Дайте характеристику процессов формирования требований и анализа требований. Приведите различия требований заказчика и требований разработчика.

5. Опишите что такое модели данных, модели архитектуры, модели подсистем применительно к программным системам.

ТЕМА 4.3. Инфокоммуникационные средства и технологии. Основы сетей передачи данных. [19, с. 39–75]. Архитектура и стандартизация сетей [19, с. 108–136]. Качество обслуживания в сетях передачи данных [19, с. 184–224]. Беспроводная передача данных [19, с. 284–309]. Сетевые службы [19, с. 794–827].

Контрольные вопросы к теме 4.3

1. Перечислите основные элементы сетей передачи данных. Приведите элементы, которые относятся к инфокоммуникационным средствам и технологиям.

2. Охарактеризуйте модель открытых систем. Перечислите уровни и охарактеризуйте, каким образом производится сборка пакетов.

3. Охарактеризуйте технологию беспроводной передачи информации по сравнению с проводной.

4. Дайте характеристику возникновению очередей в сетях с коммутацией пакетов. Укажите характеристики, которые влияют на очередь.

5. Охарактеризуйте сетевые службы: электронная почта, веб-служба, IP-телефония, протокол передачи данных.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко Ю.В. Информатика. Базовый курс: учеб. пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та. – 2017. – 166 с.
2. Аксенов К.А. Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах. Часть 1. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 2015. – 104 с.
3. Барсегян А.А., Куприков М.С., Холод И.И., Тесс М.Д., Елизаров С.И. Анализ данных и процессов: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
4. Бройдо В.Л., Ильина О.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Учебник для вузов. 4-е изд. – СПб: Питер. – 2011. – 560 с.
5. Бурцева И.П. и др. Информационные системы. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. – 2009. – 128 с.
6. Гайдамакин Н.А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. Вводный курс. – М.: Гелиос АРВ. – 2002. – 368 с.
7. Голицына О.Л. и др. Информационные системы. – М.: ФОРУМ. – 2007. – 496 с.
8. Громов Ю.Ю. и др. Информационные технологии: учебник. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – 2015. – 260 с.
9. Демина А.В., Алексеенцева О.Н. Распределенные системы. – Саратов: Саратовский социально-экономический институт. – 2018. – 108 с.
10. Еременко В.Т., Минаев В.А., Фисун А.П., Константинов И.С., Коськин А.В., Белевская Ю.А., Дворянкин С.В., Рытов М.Ю., Павлинов И.А. Теория информации и информационных процессов: учебник для вузов. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2015. – 443 с.
11. Заде Л.А. Нечеткие множества // Нечеткие системы и мягкие вычисления. – 2015. – Т. 10. – Вып. 1. – С. 7–22.
12. Корнеев В.В., Гареев С.В., Васютин С.В., Райх В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. – М.: «Нолидж», 2000. – 352 с.

13. Коцюба И.Ю., Чунаев А.В., Шиков А.Н. Основы проектирования информационных систем. – СПб: Университет ИТМО. – 2015. – 206 с.

14. Лисицин Л.А., Катыхин А.И., Халин Ю.А. Теоретические основы и методы исследования информационных процессов и систем: учебное пособие. – Курск: ЮЗГУ. – 2017. – 126 с.

15. Лукашевич Н.В. Тезаурусы в задачах информационного поиска. – М. – 2010. – 396 с.

16. Макарова Н.В., Волков В.Б. Информатика: Учебник для вузов. – СПб.: Питер. – 2011. – 576 с.

17. Максимов Н.В., Партыка Т.Л., Попов И.И. Современные информационные технологии. – М.: ФОРУМ. – 2008. – 512 с.

18. Мамедли Р.Э. Системы управления базами данных: Учебное пособие. – Нижневартовск: Изд-во Нижневартовского государственного университета. – 2021. – 214 с.

19. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е Изд. – СПб: Питер. – 2010. – 944 с.

20. Орлов С.А. Программная инженерия: Учебник для вузов, 5-е изд. – 2016. – СПб: Питер. – 640 с.

21. Остроух А.В., Суркова М. Интеллектуальные информационные системы и технологии: Монография. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. – 370 с.

22. Родзин С.И., Родзина О.Н. Модели представления знаний. Практикум по курсу «Системы искусственного интеллекта»: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ЮФУ. – 2014. – 150 с.

23. Росляков А.В., Ваняшин С.В., Гребешков А.Ю. Интернет вещей: учебное пособие. – Самара: ПГУТИ. – 2015. – 200 с.

24. Столбов М.Б. Основы анализа и обработки речевых сигналов – СПб.: НИУ ИТМО. – 2021. – 101 с.

25. Тесленко И.Б. и др. Big Data = Большие данные: учеб. пособие. – Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ. – 2021. – 123 с.

26. Федорова Г.Н. Информационные системы. – М.: Издательский центр «Академия». – 2013. – 208 с.

27. Чернецова Е.А. Теория информации и кодирования. Практикум. – СПб.: РГГМУ. – 2021. – 172 с.

28. Шавенько Н.К. Основы теории кодирования и сжатия сообщений: учебно-методическое пособие. – М: МИИГАиК. – 2020. – 87 с.

29. Шагова Г.В., Топчиев И.Н. Методы исследования и моделирования информационных процессов и технологий: учебное пособие. – Ставрополь: Изд-во СКФУ. – 2016. – 180 с.

30. Москвитин А.А. Данные, информация, знания: методология, теория, технологии: Монография. – СПб.: Издательство «Лань». – 2022. – 236 с.