

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

\_\_\_\_\_ С.Ю. Роцин

Одобрено на заседании Академического совета  
Аспирантской школы по компьютерным наукам

Согласовано

Академический директор Аспирантской школы по  
компьютерным наукам

\_\_\_\_\_ А.В. Зароднюк

**Программа вступительного испытания по научной специальности  
основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и  
научно-педагогических кадров в аспирантуре  
Компьютерные науки**

Научные специальности:

1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение

1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика

### 1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания по научной специальности сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

### 2. Структура и процедура проведения вступительного испытания

Вступительное испытание по научной специальности основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре «Компьютерные науки» по научным специальностям 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика проводится в формате собеседования (оценки знаний по направлению подготовки).

Оценка знаний по направлению подготовки проводится в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Абитуриент получает два вопроса, соответствующих программе экзамена (см. пункт 4). Вопросы программы разделены на блоки, некоторые из которых отнесены к общей части, а другие — к специализированным. Абитуриент получает первый вопрос билета из общей части, а второй — из выбранного им специализированного блока, если таких блоков несколько. Абитуриенту предоставляется 40 минут на подготовку, после чего абитуриент отвечает на вопросы. Абитуриенту могут быть заданы дополнительные вопросы или задачи в рамках программы экзамена.

Вступительное испытание проводится на русском или английском языке (по желанию абитуриента). По предварительному согласованию с абитуриентом вступительное испытание может проводиться дистанционно с использованием информационных технологий.

### 3. Критерии оценки собеседования

Максимальная возможная оценка составляет 50 баллов. Оценка за собеседование от 0 до 14 баллов включительно считается неудовлетворительной. Для участия в конкурсе по итогам собеседования необходимо набрать суммарно не менее 15 баллов.

Ответ на каждый из вопросов оценивается по 25-балльной шкале.

Критерии оценки (с учетом дополнительных вопросов)	Количество баллов
Ответ полный, без замечаний, продемонстрированы исключительные знания	25
Ответ полный, с незначительными замечаниями, продемонстрированы отличные знания	20-24
Ответ полный, имеются замечания, продемонстрированы хорошие знания	15-19
Ответ неполный, имеются замечания, продемонстрированы удовлетворительные знания	10-14
Ответ неполный, имеются существенные замечания	5-9
Ответ почти не дан	1-4
Ответ не дан	0

## 4. Содержание программы собеседования

### по специальности

#### 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение

##### Общая часть

##### 1 Математический анализ и методы оптимизации

Задачи условной и безусловной оптимизации. Типы экстремумов функций многих переменных, условия локального экстремума, метод множителей Лагранжа, их интерпретация. Седловые точки. Функция Лагранжа. Теорема Куна – Таккера и ее геометрическая интерпретация.

Формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Симплекс-метод: понятия опорного плана и базиса. Вырожденность и невырожденность задач ЛП. Двойственная задача ЛП, связь прямой и двойственной задачи.

Обыкновенные дифференциальные уравнения: теорема существования и единственности, линейные уравнения первого и второго порядков, однородные неоднородные уравнения, стационарные точки и устойчивость по Ляпунову.

##### 2 Алгебра

Системы линейных уравнений (СЛУ). Критерий совместности неоднородной СЛУ (теорема Кронекера-Капелли). Фундаментальная система решений однородной СЛУ. Общее решение неоднородной СЛУ. Метод Гаусса и формулы Крамера решения СЛУ. Обратная матрица и условие ее существования.

Линейное пространство и подпространство. Линейная зависимость независимость векторов. Базис. Координаты вектора в заданном базисе и переход к новому базису. Скалярное произведение элементов линейного пространства. Ортогональные и ортонормированные системы векторов. Процесс ортогонализации Грама – Шмидта.

Линейные операторы: матрица ЛО в заданном базисе и ее изменение при переходе к новому базису. Собственные векторы и собственные значения линейного оператора. Диагонализация матрицы линейного оператора. Сингулярные числа прямоугольных матриц и их связь с собственными числами ассоциированных матриц. Матричные разложения (сингулярное разложение SVD, QR-разложение).

Билинейные и квадратичные формы. Знакоопределенные и полуопределенные квадратичные формы и их свойства. Канонический и нормальный вид квадратичной формы. Закон инерции квадратичной формы.

##### 3 Основы теории вероятностей и математической статистики

Вероятностное пространство, случайные величины. Функция распределения. Основные законы распределения дискретных и непрерывных случайных величин. Функции плотности распределения, свойства одномерной и многомерной нормальной случайной величины. Числовые характеристики распределений (мат. ожидание, дисперсия).

Вероятностные неравенства: неравенства Маркова и Чебышёва. Сходимость последовательности случайных величин: сходимость по вероятности, почти наверное, по распределению, в среднем и связь между ними. Закон больших чисел в форме Чебышёва и Хинчина. Центральная предельная теорема.

Генеральная совокупность, выборка. Выборочные оценки и статистики, их свойства: несмещенность, состоятельность, эффективность. Неравенство Рао-Крамера. Примеры выборочных статистик и оценок.

Интервальные оценки параметров (доверительные интервалы). Понятие статистической гипотезы и статистического критерия. Конструкция статистического критерия (гипотеза, альтернатива, тестовая статистика). Примеры статистических тестов и построение доверительных интервалов.

## 4 Основы теории графов

Бинарные отношения и графы. Способы представления графов. Подграфы. Маршруты, цепи, циклы. Связность. Компоненты связности в ориентированных и неориентированных графах. Двудольные графы.

Эйлеровы пути и циклы. Алгоритм построения эйлеровых циклов. Оценка сложности алгоритма. Гамильтоновы пути и циклы.

Деревья. Связанность любых двух вершин дерева единственным простым путем. Способы представления деревьев. Сбалансированные двоичные деревья.

Задачи и алгоритмы на графах: обходы графа, поиск кратчайших путей, построение минимального остовного дерева.

Потоки в сетях: нахождение максимального потока и минимального разреза. Теорема Форда – Фалкерсона.

## Специализированный блок вопросов

### 1. Анализ данных и основы машинного обучения

Задача бинарной и многоклассовой классификации. Простейшие методы классификации: решающие деревья,  $k$  ближайших соседей, линейные модели (метод опорных векторов, логистическая регрессия). Оценка качества обучения: точность, полнота,  $F$ -мера. Популярные функции потерь. Явление переобучения, разделение на обучающую и валидационную выборку, методы регуляризации.

Задача регрессии. Линейные модели: линейная регрессия, методы регуляризации (LASSO-, Ridge-регрессия, ElasticNet). Целевые метрики и популярные функции потерь. Явление переобучения, разделение на обучающую и валидационную выборку, методы регуляризации.

Ансамблевые модели в задачах регрессии и классификации. Бэггинг, случайный лес, бустинг (градиентный бустинг, AdaBoost).

Явление переобучения. Обучающая и валидационная ошибка. Регуляризация алгоритмов классификации и восстановления регрессии.

Понижение размерности данных: анализ главных компонент. Кластеризация: метод  $k$  средних, иерархическая кластеризация, гауссовские смеси. Оценка смеси распределений с помощью EM-алгоритма.

Глубокие нейронные сети: идея и конструкция, типы слоёв. Обучение глубоких нейронных сетей: градиентные методы, гиперпараметры, выбор шага. Применение глубоких нейросетей в решении задач регрессии и классификации, основные функции потерь и целевые метрики. Примеры задач и решений.

Задачи и методы анализа текстовых данных. Представления текста, слов, конструкция признаков текста. Тематическая категоризация, кластеризация документов, анализ мнений, информационный поиск, машинный перевод.

Задачи и методы компьютерного зрения: классификация изображений, сегментация, выделение объектов. Представление изображений и видео. Свёрточные слои. Основные решения, основанные на глубоких свёрточных нейросетях.

Байесовские методы для регрессии и классификации. Наивный байесовский классификатор. Байесовская линейная регрессия (maximum a posteriori estimate, MAP). Гауссовские процессы. Гауссовские смеси, примеры и свойства ковариационных функций.

## Список рекомендуемой литературы:

1. Алескеров Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. — М.: Физматлит, 2013.
2. Арнольд В.И., Обыкновенные дифференциальные уравнения. — М.: Наука, 1984.

3. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.1. Синтаксический анализ. — М.: Мир, 1978.
4. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.2. Компиляция. — М.: Мир, 1978.
5. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. — М.: Наука, 1974.
6. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. — М.: Радио и связь, 1983.
7. Воронцов К.В. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин). — <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf>
8. Гарсиа-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. — Вильямс, 2003.
9. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. — М.: Наука 1971.
10. Гладкий А.В. Формальные грамматики и языки. — М.: Наука, 1973.
11. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. — М.: Мир, 1982.
12. Дасгупта С., Пападимитриу Х., Вазирани У. Алгоритмы. — М.: МНЦМО, 2014.
13. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2005.
14. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. — 2-е издание: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2007.
15. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. — М.: Лань, 2004.
16. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2002.
17. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. — М.: Патент, 1996.
18. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. — М.: Наука, 1971.
19. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. — М.: Наука, 1974.
20. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. — 2-е изд.: Пер. с англ.
21. Рудин У. Основы математического анализа. — М.: Мир, 1976.
22. Оре О. Графы и их применение. — М.: Мир, 1965; — Новокузнецк: Изд. отдел Новокузнецкого физико-математического ин-та, 2000.
23. Роберт У. Себеста. Основные концепции языков программирования. — 5-е изд. — М.: Вильямс, 2001.
24. Успенский В.А., Верещагин Н.К., Плиско В.Е. Вводный курс математической логики. — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2004.
25. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. — 2-е изд.: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2008.
26. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для студентов экономических специальностей. — М.: Изд-во ВШЭ, 1995.
27. Arora S., Barak B. Computational Complexity: A Modern Approach. — Cambridge University Press, 2009.
28. Bishop C. Pattern Recognition and Machine Learning. — Springer, 2006.
29. Jurafsky D., Martin, J.H. Speech and Language Processing. — Prentice Hall, 2008.
30. Flach P. Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data. — Cambridge University Press, 2012.
31. Kleinberg J., Tardos E. Algorithm Design. — Addison-Wesley, 2005.
32. Moore C., Mertens S. The Nature of Computation. — Oxford University Press, 2011.
33. Sipser M. Introduction to the Theory of Computation. — Boston, Mass.: Thomson Course Technology, 2006
34. Гарсиа-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. — Вильямс, 2003.
35. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. — М.: Наука 1971.
36. Гладкий А.В. Формальные грамматики и языки. — М.: Наука, 1973.
37. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. — М.: Мир, 1982.

38. Дасгупта С., Пападимитриу Х., Вазирани У. Алгоритмы. — М.: МНЦМО, 2014. 13. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2005. 14. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. — 2-е издание: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2007.
39. 15. Крупский В.Н. Введение в сложность вычислений. — М.: Факториал Пресс, 2006. 16. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. — М.: Лань, 2004.
40. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2002.
41. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. — М.: Патент, 1996. 19. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. — М.: Наука, 1971.
42. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. — М.: Наука, 1974.
43. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. — 2-е изд.: Пер. с англ.
44. Рудин У. Основы математического анализа. — М.: Мир, 1976.
45. Оре О. Графы и их применение. — М.: Мир, 1965; — Новокузнецк: Изд. отдел Новокузнецкого физико-математического ин-та, 2000.

### по специальности

## 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика

### Общая часть

#### 1. Математический анализ и методы оптимизации

Функция нескольких переменных. Частная производная, градиент и дифференциал функции нескольких переменных. Задачи условной и безусловной оптимизации. Типы экстремумов функций многих переменных, условия локального экстремума, метод множителей Лагранжа, их интерпретация. Седловые точки. Функция Лагранжа.

Теорема Куна – Таккера и ее геометрическая интерпретация.

Формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Симплекс-метод: понятия опорного плана и базиса. Вырожденность и невырожденность задач ЛП.

Двойственная задача ЛП, связь прямой и двойственной задачи.

Обыкновенные дифференциальные уравнения: однородные и неоднородные уравнения, фазовое пространство, аналитическое решение уравнений, уравнения первого порядка.

Решение ОДУ, устойчивое по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость решения ОДУ. Критерий устойчивости (функция Ляпунова) решения ОДУ.

#### 2. Алгебра

Системы линейных уравнений (СЛУ). Критерий совместности неоднородной СЛУ (теорема Кронекера-Капелли). Фундаментальная система решений однородной СЛУ. Общее решение неоднородной СЛУ. Метод Гаусса и формулы Крамера решения СЛУ. Обратная матрица и условие ее существования..

Линейное пространство и подпространство. Линейная зависимость независимость векторов. Базис. Координаты вектора в заданном базисе и переход к новому базис. Скалярное произведение элементов линейного пространства. Ортогональные и ортонормированные системы векторов. Процесс ортогонализации Грама – Шмидта.

Линейные операторы: матрица ЛО в заданном базисе и ее изменение при переходе к новому базису. Собственные векторы и собственные значения линейного оператора. Диагонализация матрицы линейного оператора. Сингулярные числа прямоугольных матриц и их связь с собственными числами ассоциированных матриц. Матричные разложения (сингулярное разложение SVD, QR-разложение, LU-разложение, разложение Холецкого).

Билинейные и квадратичные формы. Знакоопределенные и полуопределенные квадратичные формы и их свойства. Канонический и нормальный вид квадратичной формы. Закон инерции квадратичной формы.

Полугруппы и моноиды, группы. Циклические группы, теорема Лагранжа. Кольца, поля. Идеалы. Примеры. Конструкция конечных полей.

### **3. Основы теории вероятностей и математической статистики**

Вероятностное пространство, случайные величины. Функция распределения. Основные законы распределения дискретных и непрерывных случайных величин. Функции плотности распределения, свойства одномерной и многомерной нормальной случайной величины. Числовые характеристики распределений (мат. ожидание, дисперсия).

Основные законы распределения дискретных и непрерывных случайных величин. Функции плотности распределения, свойства одномерной и многомерной нормальной случайной величины.

Вероятностные неравенства: неравенства Маркова и Чебышёва. Сходимость последовательности случайных величин: сходимость по вероятности, почти наверное, по распределению, в среднем и связь между ними. Закон больших чисел в форме Чебышёва и Хинчина.

Центральная предельная теорема. Локальная лемма Ловаса.

### **4. Основы теории множеств и математической логики**

Основные понятия теории множеств. Операции над множествами. Счетные множества. Определение и свойства отношений. Замыкание отношений относительно различных свойств. Отношение эквивалентности. Классы эквивалентности.

Отношения частичного и полного порядка. Полурешетки и решетки как частично упорядоченные множества.

Синтаксис и семантика логики высказываний. Понятия выполнимости, общезначимости и логического следствия. Дизъюнктивные и конъюнктивные нормальные формы.

Логика предикатов первого порядка (синтаксис).

Метод резолюции в логике высказываний.

Нормальные формы, эрбрановские интерпретации, теорема Эрбрана (с доказательством).

Неразрешимость задач определения выполнимости и общезначимости формулы логики предикатов.

Понятия полноты и непротиворечивости логической системы. Теоремы о полноте исчисления высказываний и логики предикатов первого порядка. Теоремы Геделя о неполноте.

### **5. Основы теории графов**

Бинарные отношения и графы. Способы представления графов. Подграфы. Маршруты, цепи, циклы. Связность. Компоненты связности в ориентированных и неориентированных графах.

Эйлеровы пути и циклы. Алгоритм построения эйлеровых циклов. Оценка сложности алгоритма.

Гамильтоновы пути и циклы. Сложность задачи проверки существования гамильтонова цикла.

Раскраска графов. Хроматическое число.

Двудольные графы. Паросочетания и алгоритм построения наибольшего паросочетания в двудольном графе.

Деревья (эквивалентные критерии). Связанность любых двух вершин дерева единственным простым путем.

Способы представления деревьев. Сбалансированные (корневые) двоичные деревья.

Алгоритмы на графах: обходы (DFS и BFS) графа, поиск кратчайших путей, построение минимального остовного дерева.

Нахождение максимального потока и минимального разреза.

### **Специализированный блок вопросов**

## 1. Формальные языки и грамматики, алгоритмы и вычислительная сложность

Основные понятия и определения формальных языков и грамматик. Классификация грамматик и языков по Хомскому. Порождающие и аналитические (распознающие) грамматики. Регулярные грамматики, конечные автоматы и регулярные выражения.

Классы Майхилла-Нероды. Минимизация детерминированных конечных автоматов. Построение детерминированного автомата, эквивалентного данному недетерминированному автомату. Лемма о разрастании для конечных автоматов и ее применение.

Контекстно-свободные грамматики и деревья вывода. Нормальные формы контекстно свободных грамматик. Лемма о разрастании для КС. Определение и примеры детерминированных и недетерминированных контекстно-свободных грамматик. Автоматы с магазинной памятью для детерминированных контекстно-свободных грамматик.

Машины Тьюринга, частично рекурсивные функции, машины с произвольным доступом к памяти (РАМ-машины). Тезис Черча. Неразрешимость проблемы останова машины Тьюринга.

Анализ сложности алгоритмов. Классы задач P и NP, примеры. Сводимость задач по Карпу и Тьюрингу. NP-полнота. Теорема Кука – Левина.

Классы задач по памяти: L, NL, coNL, PSPACE. Их соотношение с классами задач по времени.

Вероятностные алгоритмы. Классы задач BPP, ZPP, RP.

Подходы к проектированию алгоритмов: «разделяй и властвуй», динамическое программирование, жадная стратегия. Алгоритмы сортировки, двоичного поиска, быстрое возведение в степень, вычисление расстояния Левенштейна.

Двоичные деревья поиска, кучи, хеш- таблицы.

### Список рекомендуемой литературы:

1. Алескеров Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. — М.: Физматлит, 2013.
2. Арнольд В.И., Обыкновенные дифференциальные уравнения. — М.: Наука, 1984.
3. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.1. Синтаксический анализ. — М.: Мир, 1978.
4. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.2. Компиляция. — М.: Мир, 1978.
5. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. — М.: Наука, 1974.
6. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. — М.: Радио и связь, 1983.
7. Воронцов К.В. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин). — <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf>
8. Гарсиа-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. — Вильямс, 2003.
9. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. — М.: Наука 1971.
10. Гладкий А.В. Формальные грамматики и языки. — М.: Наука, 1973.
11. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. — М.: Мир, 1982.
12. Дасгупта С., Пападимитриу Х., Вазирани У. Алгоритмы. — М.: МНЦМО, 2014.
13. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2005.
14. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. — 2-е издание: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2007.
15. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. — М.: Лань, 2004.

16. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2002.
17. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. — М.: Патент, 1996.
18. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. — М.: Наука, 1971.
19. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. — М.: Наука, 1974.
20. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. — 2-е изд.: Пер. с англ.
21. Рудин У. Основы математического анализа. — М.: Мир, 1976.
22. Оре О. Графы и их применение. — М.: Мир, 1965; — Новокузнецк: Изд. отдел Новокузнецкого физико-математического ин-та, 2000.
23. Роберт У. Себеста. Основные концепции языков программирования. — 5-е изд. — М.: Вильямс, 2001.
24. Успенский В.А., Верещагин Н.К., Плиско В.Е. Вводный курс математической логики. — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2004.
25. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. — 2-е изд.: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2008.
26. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для студентов экономических специальностей. — М.: Изд-во ВШЭ, 1995.
27. Arora S., Barak B. Computational Complexity: A Modern Approach. — Cambridge University Press, 2009.
28. Flach P. Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data. — Cambridge University Press, 2012.
29. Kleinberg J., Tardos E. Algorithm Design. — Addison-Wesley, 2005.
30. Moore C., Mertens S. The Nature of Computation. — Oxford University Press, 2011.
31. Sipser M. Introduction to the Theory of Computation. — Boston, Mass.: Thomson Course Technology, 2006
32. Гарсиа-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. — Вильямс, 2003.
33. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. — М.: Наука 1971.
34. Гладкий А.В. Формальные грамматики и языки. — М.: Наука, 1973.
35. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. — М.: Мир, 1982.
36. Дасгупта С., Пападимитриу Х., Вазирани У. Алгоритмы. — М.: МНЦМО, 2014. 13. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2005. 14. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. — 2-е издание: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2007.
37. Крупский В.Н. Введение в сложность вычислений. — М.: Факториал Пресс, 2006. 16. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. — М.: Лань, 2004.
38. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2002.
39. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. — М.: Патент, 1996. 19. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. — М.: Наука, 1971.
40. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. — М.: Наука, 1974.
41. Рудин У. Основы математического анализа. — М.: Мир, 1976.
42. Оре О. Графы и их применение. — М.: Мир, 1965; — Новокузнецк: Изд. отдел Новокузнецкого физико-математического ин-та, 2000.