**Правительство Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

[**Отделение прикладной математики и информатики**](http://ami.hse.ru/)

**Программа дисциплины**

**"Современные методы принятия решений"**

**для направления 010400.68 «Прикладная математика и информатика»**

**подготовки магистра**

Автор программы: Ф.Т. Алескеров, д.т.н., профессор, alesk@hse.ru А.А. Лазарев, д.ф.-м.н., профессор, jobmath@mail.ru

Одобрена на заседании кафедры высшей математики на факультете экономики «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20 г

Зав. кафедрой Ф.Т. Алескеров

Рекомендована секцией УМС «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20 г

Председатель

Утверждена Ученым Советом факультета бизнес-информатики «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20 г.

Ученый секретарь \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Москва, 2013

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения кафедры-разработчика программы.*

# Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов направления **010400.68 «Прикладная математика и информатика»** подготовки магистра, изучающих дисциплину **"Современные методы принятия решений"**.

Программа разработана в соответствии с:

* образовательным стандартом государственного образовательного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Государственный университет – Высшая школа экономики», в отношении которого установлена категория «Национальный исследовательский университет»;
* образовательной программой 010400.68, направление «Прикладная математика и информатика» подготовки магистра;
* рабочим учебным планом университета по направлению 010400.68 «Прикладная математика и информатика», утвержденным в 2011г.

# Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины **"Современные методы принятия решений"** являются

освоение студентами основных глав теории принятия решений и теории выбора: моделей индивидуального и коллективного выбора, модели выбора с учетом предпочтений, теории локальных и не локальных процедур агрегирования;

знакомство с теорией дизайна механизмов и оболочечного анализа данных (DEA);

знание понятий и методов основных разделов дискретной математики и теории расписаний: теории множеств, комбинаторики, теории графов, математической логики и теории алгоритмов, основные результаты по теории расписаний;

знакомство с прикладными задачами, при решении которых используются методы дискретной математики и теории расписаний.

# Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

* Знать основные понятия и методы дискретной математики и теории индивидуального и коллективного выбора, необходимые для дальнейшего изучения последующих дисциплин, предусмотренных базовым и рабочим учебными планами;
* Уметь пользоваться методами дискретной математики (в частности, методами комбинаторики, теории отношений, теории графов, математической логики) и теории индивидуального и коллективного выбора для формализации и решения прикладных задач, в том числе экономических;
* Иметь представление о теоретических основах современных информационных технологий.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

| **Компетенция** | **Код по ФГОС / НИУ** | **Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)** | **Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции** |
| --- | --- | --- | --- |
| Общенаучная | ОНК-1 | Способность к анализу и синтезу на основе системного подхода | Стандартные (лекционно-семинарские) |
| Общенаучная | ОНК-2 | Способность перейти от проблемной ситуации к проблемам, задачам и лежащим в их основе противоречиям | Стандартные (лекционно-семинарские) |
| Общенаучная | ОНК-3 | Способность использовать методы критического анализа, развития научных теорий, опровержения и фальсификации, оценить качество исследований в некоторой предметной области | Стандартные (лекционно-семинарские) |
| Общенаучная | ОНК-4 | Готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при работе в какой-либо предметной области | Стандартные (лекционно-семинарские) |
| Общенаучная | ОНК-5 | Готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий аппарат дисциплины | Стандартные (лекционно-семинарские) |
| Общенаучная | ОНК-6 | Способность приобретать новые знания с использованием научной методологии и современных образовательных и информационных технологий | Стандартные (лекционно-семинарские) |
| Общенаучная | ОНК-7 | Способность порождать новые идеи (креативность) | Стандартные (лекционно-семинарские) |
| Инструментальные | ИК-2 | Умение работать на компьютере, навыки использования основных классов прикладного программного обеспечения, работы в компьютерных сетях, составления баз данных | Стандартные (лекционно-семинарские) |
| Профессиональные | ПК-1 | Способность демонстрации общенаучных базовых знаний естественных наук, математики и информатики, понимание основных фактов, концепций, принципов теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой | Стандартные (лекционно-семинарские) |
| Профессиональные | ПК-2 | Способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат | Стандартные (лекционно-семинарские) |
| Профессиональные | ПК-4 | способность критически оценивать собственную квалификацию и её востребованность, переосмысливать накопленный практический опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности | Стандартные (лекционно-семинарские) |

# Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к циклу математических и естественнонаучных дисциплин, является базовой для подготовки бакалавра по направлению 010400.62 «Прикладная математика и информатика».

Изучение данной дисциплины базируется на следующих курсах:

* Математика в объеме бакалавриата
* Дискретная математика
* Методы оптимизации
* Теория игр

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

* Знаниями основных понятий и теорем математики в объеме бакалавриата;
* Навыками решения типовых задач математики в объеме бакалавриата;
* Знаниями основ теории множеств, теории графов, теории игр и методов оптимизации;
* Навыками построения и анализа доказательств математических утверждений.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

* Алгоритмы и структуры данных
* Прикладная теория графов
* Исследование операций
* Анализ данных
* Дискретная математика 2
* Методы принятия решений
* Конструирование экономических механизмов
* Принятие индивидуальных и коллективных решений

# Тематический план учебной дисциплины

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № тем |  Наименование тем (с разбивкой по модулям) | Аудиторные часы | Контр. работы | Самост. занятия | Всего часов |
|  |  | лек-ции | семи-нары | всего |  |  |  |

**Третий модуль (30 часов)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Моделирование индивидуальных мнений.  | 2 | 2 | 4 |  | 8 | 12 |
| 2 | Модели агрегирования | 4 | 4 | 8 |  | 16 | 24 |
| 3 | Модели выбора для больших данных | 4 | 2 | 6 |  | 12 | 18 |
| 4 | Механизмы принятия решений | 2 | 2 | 4 |  | 8 | 12 |
| 5 | Оболочечный анализ данных | 4 | 4 | 8 |  | 16 | 24 |
|  | Всего | 16 | 14 | 30 |  | 60 | 90 |

**Четвёртый модуль (40 часов)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Введение в теорию расписаний. Обозначения. Основные понятия. Метод динамического программирования. Задача раскроя выпуклого многогранника. Задача makespane для конвейера. Задача двух станков. Полиномиальные и псевдополиномиальные алгоритмы динамического программирования. | 4 | 4 | 8 |  | 16 | 24 |
| 2 | Теоремы Смита и Джексона. Алгоритмы. Трудоёмкость. Метод изменения параметров решения задачиминимизации максимального временного смещения. Метрика. Задачи линейного программирования. | 4 | 4 | 8 |  | 16 | 24 |
| 3 | Алгоритм динамического программирования для решенияоптимального раскроя выпуклого многоугольника. Трудоёмкость. Алгоритм B-1 решения задачи минимизации суммарногозапаздывания для одного прибора. Графический подход. | 4 | 4 | 8 |  | 16 | 24 |
| 4 | Графический алгоритм решения задачи Ранец. Приближённый алгоритм построения минимальногогамильтоново цикла на основе алгоритма построения минимальногоостовного дерева. | 4 | 4 | 8 |  | 18 | 26 |
| 5 | Задачи теории расписаний с обратными критериями.Полиномиальный алгоритм решения задачи $1| (nd)|\max \sum T\_j$. Двойственная задача. Полиномиальный алгоритм решения. Алгоритм ветвей и границ решения задачи Коммивояжёр. | 4 | 4 | 8 |  | 20 | 28 |
|  | Всего за 4 модуль | 20 | 20? | 40 |  | 86 | 126 |
|  | Всего за курс | 36 | 34 | 70 |  | 146 | 216 |

# Формы контроля знаний студентов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип контроля | Форма контроля | 1 год |  | Параметры |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Текущий(неделя) | Контрольная работа |  |  |  | 7 | Письменная работа дома на две недели – 11 задач  |
| Домашнее задание |  |  |  | 8 | Письменная работы по всем темам – 5-6 задачи |
| Промежуточный | Зачет |  |  | \* |  | Письменный зачет, 90 минут |
| Итоговый | Экзамен |  |  |  | \* | Устный экзамен с решением задач, которые проходили в течении модуля  |

## Критерии оценки знаний, навыков

Для прохождения контроля студент должен продемонстрировать понимание основных определений, знание теорем и методов; умение решать типовые задачи, разобранные на семинарских занятиях.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

Задания зачета и экзамена состоят из задач, эквивалентных или аналогичных тем, которые были разобраны на семинарах или даны студентам в домашних заданиях для самостоятельной работы. На написание зачетной работы дается 90 мин. Любой факт списывания, отмеченный преподавателем, приведет к получению оценки «1» (единица) за данную работу.

# Содержание дисциплины

# 3 модуль

# Тема 1. Моделирование индивидуальных мнений.

Бинарные отношения и функции полезности. Интервальная полезность. Функция выбора. Теорема о представлении.

**Тема 2. Модели агрегирования.**

Коллективные решения: локальные и нелокальные процедуры. Многокритериальные решения. Аксиоматические модели.

**Тема 3. Модели выбора для больших данных.**

# Надпороговый выбор. Модели суперпозиции. Быстрые алгоритмы кластеринга. Применение к реальных задачам.

# Тема 4. Механизмы принятия решений

Понятие о конструировании механизмов. Аукционы.

# Тема 4. Оболочечный анализ данных

Оболочечный анализ даннных. Классическая модель. Оболочечный анализ данных с неодноролными альтернативами. Применение к анализу эффективности вузов.

# 4 модуль

# Тема 1. Введение в теорию расписаний.

Введение в теорию расписаний. Обозначения. Основные понятия. Метод динамического про-граммирования. Задача раскроя выпуклого многогранника. За-дача makespane для конвейера. Задача двух станков. Полиномиальные и псевдополиноми-альные алгоритмы динамического программирования.

**Тема 2. Метод изменения параметров**

Теоремы Смита и Джексона. Алгоритмы. Трудоёмкость. Метод изменения параметров решения задачи минимизации максимального временного смещения. Метрика. Задачи линейного программирования.

**Тема 3. Графический подход.**

Алгоритм динамического программирования для решения оптимального раскроя выпуклого многоугольника. Трудоёмкость. Алгоритм B-1 решения задачи минимизации суммарного

# запаздывания для одного прибора. Графический подход.

# Тема 4. Приближённые алгоритмы

Графический алгоритм решения задачи Ранец. Приближённый алгоритм построения минимального гамильтоново цикла на основе алгоритма построения минимального остовного дерева.

**Тема 5. Задачи теории расписаний с обратными критериями.**

Задачи теории расписаний с обратными критериями. Полиномиальный алгоритм решения задачи 1| (nd) | max $\sum\_{}^{}T\_{j}$. Двойственная задача. Полиномиальный алгоритм решения. Алгоритм ветвей и границ решения задачи Коммивояжёр. Оптимизационные задачи на графах. Кратчайшие пути и алгоритм Дейкстры. Потоки в сетях: определения, понятие увеличивающей цепи, алгоритм нахождения минимального потока. Сетевое планирование: ранние и поздние сроки, критические пути, виды резервов времени.

# Порядок формирования оценок по дисциплине

Преподаватель оценивает работу студентов на лекционных и семинарских занятиях: оценивается активность студентов на лекциях и семинарах, правильность решения задач на семинаре. Оценки за работу на семинарских и практических занятиях преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале за работу на семинарских и практических занятиях определяется перед промежуточным или итоговым контролем - *Оаудиторная*.

Преподаватель оценивает самостоятельную работу студентов: на каждом семинарском занятии студентам выдаются домашние работы для самостоятельного выполнения, правильность выполнения которых проверяется преподавателям. Оценки за самостоятельную работу студента преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале за самостоятельную работу определяется перед промежуточным или итоговым контролем – О*сам. работа*.

Накопленная оценка за текущий контроль в 3м модуле учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:

О*накопленная3*= 0,5\*О*сам.работа* 3 + 0,5\*О*ауд*3

Способ округления накопленной оценки текущего контроля: арифметический.

Промежуточная оценка за 3й модуль рассчитывается следующим образом:

*Опромежуточная3* = *0,4·Онакопленная3+ 0,6·Опромежуточный зачет*

Накопленная оценка за текущий контроль в 4м модуле учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:

О*накопленная3* = 0,5\*О*контр.работа* 4 + 0,5\*О*дом.работа* 4

Промежуточная оценка за 4 модуль рассчитывается следующим образом

*Опромежуточная3* = *0,4·Онакопленная4+ 0,6·Оэкзамен*

Итоговая оценка за дисциплину определяется по формуле

О*Итоговая=0,5\** О*промежуточная 3+0,5\** О*промежуточная 4*

Оценка за экзамен – блокирующая.

Перевод в 5-балльную шкалу осуществляется по правилу:

|  |  |
| --- | --- |
| Оценка по 10-балльной шкале | Оценка по 5-балльной шкале |
| 1, 2, 3 | неудовлетворительно |
| 4, 5 | удовлетворительно |
| 6, 7 | хорошо |
| 8, 9, 10 | отлично |

Оценка за экзамен формируется на основе устного экзамена и письменной работы, состоящей из 5 (как правило) задач. Каждая задача оценивается по 10-балльной системе, общая оценка равна 1/5 суммы оценок задач с точностью до десятых. Домашнее задание и контрольная работа оценивается аналогично. Не сдавшим домашнее задание или получившим по нему оценку ниже 4,0 оценка за зачет снижается на 1 балл.

Округление до целого числа десятичных баллов производится по следующим правилам:

1. Округление в пределах одной пятибалльной оценки производится по обычным правилам округления (например, 6,6  7).
2. Округление, переводящее в следующую пятибалльную оценку, производится только в индивидуальном порядке с учетом активности на семинарах с добавлением не более 0,2 (по принципу «четыре с минусом не равно три с плюсом»).

Например, оценка 7,8 для активного студента может быть округлена до 8,0;

 для пассивного студента 7,9  7;

 оценка 7,7 во всех случаях равна 7.

#  Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

## Примеры заданий промежуточного контроля

1. Привести пример функции выбра, нерационализируемой никаким бинарным отношением.
2. Множество альтернатив А={a, b, c, d}. Дана функция выбора CF(B), B⊆A. Для данной функции выбора определить рационализируема ли она каким-либо бинарным отношением, рационализируема ли она частичным, слабым или линейным порядком.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **B** | a | b | c | d | a, b | a, c | a, d | b, c | b, d | c, d | a, b, c | a, b, d | a, c, d | b, c, d | A |
| **CF** | a | b | c | d | а | a | a | b | d | c | a | a | a | ∅ | a |

1. Доказать, что частичный порядок является ациклическим отношением. Доказать, что линейный порядок является частичным порядком.
2. По таблично заданным значениям функции полезности $u(∙)$ и функции ошибок $ε(∙)$ построить отношение P: $xPy⟺u\left(x\right)-u\left(y\right)>ε(x)$. Какими свойствами оно обладает?
3. Требуется: доказать, что ранжирование с помощью правила Борда не является локальной процедурой агрегирования индивидуальных предпочтений.
4. Дано: Коллектив из трех человек *N*={1, 2, 3}. *Pi*- бинарное отношение, представляющее предпочтения индивида *i*, *i*∈*N*. Требуется: а) Построить списочный механизм, реализующий следующее правило агрегирования индивидуальных предпочтений R=(P1∩P2)∪P3; б) указать, есть ли у данной процедуры следующие свойства: 1° - положительная ненавязанность, 2° - отрицательная ненавязанность, 3° -монотонность, 4° - нейтральность, 5° - анонимность, 6+° - положительное свойство Парето, 6-° - отрицательное свойство Парето.
5. Дано:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Комитет, состоящий из 11 депутатов, должен избрать председателя. Есть пять кандидатов на эту должность, обозначенных латинскими буквами: a, b, c, d, e. Предпочтения всех депутатов – линейные порядки, представленные столбцами таблицы профиля предпочтений. Альтернатива стоящая в столбце выше другой является более предпочтительной. В первой строке указано количество человек, чьи предпочтения представлены соответствующим столбцом. В случае равенства голосов действует правило старшинства: старший кандидат предпочитается младшему. Порядок старшинства совпадает с алфавитным порядком обозначений альтернатив, самым старшим кандидатом является кандидат a. Требуется: Определить кто будет выбран, если используется:а) правило Борда,б) правило простого большинства. |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **3 деп.** | **2 деп.** | **1 деп.** | **3 деп.** | **2 деп.** |
| c | b | d | d | e |
| e | c | a | b | a |
| d | a | e | e | c |
| b | d | b | a | d |
| a | e | c | c | b |

 |

## Примеры заданий итогового контроля

1. Решить задачу “Ранец” с помощью графического алгоритма.

$$\left\{\begin{matrix}f\left(x\right)=6x\_{1}+7x\_{2}+6x\_{3}+3x\_{4}\rightarrow max\\2x\_{1}+3x\_{2}+5x\_{3}+7x\_{4}\leq 12;\\x\_{j}\in \left\{0,1\right\},j=1,…,4.\end{matrix}\right.$$

1. Дан выпуклый 7-угольник. Требуется найти раскрой минимальной стоимости.

$$\left( \begin{matrix}\begin{matrix}0&0&5\\0&0&0\\5&0&0\end{matrix}&\begin{matrix}10&15\\6&9\\0&7\end{matrix}&\begin{matrix}7&0\\8&5\\4&8\end{matrix}\\\begin{matrix}10&6&0\\15&9&7\end{matrix}&\begin{matrix}0&0\\0&0\end{matrix}&\begin{matrix}8&5\\0&5\end{matrix}\\\begin{matrix}7&8&4\\0&5&8\end{matrix}&\begin{matrix}8&0\\5&5\end{matrix}&\begin{matrix}0&0\\0&0\end{matrix}\end{matrix} \right)$$

1. Решить задачу двух станков с помощью алгоритма Джонсона.

$\begin{matrix}\begin{matrix}\\j\end{matrix}\\p\_{j}^{1}\\p\_{j}^{2}\end{matrix}\begin{matrix}1⇒2\\\begin{matrix} \begin{matrix}1&2&3\\5&6&5\\3&2&6\end{matrix}&\begin{matrix}4&5\\6&8\\4&2\end{matrix}\end{matrix}\end{matrix}$ $\begin{matrix}2⟹1\\\begin{matrix}\begin{matrix}6&7\\2&4\\3&6\end{matrix}&\begin{matrix}8&9\\5&8\\5&3\end{matrix}\end{matrix}\end{matrix}$ $\begin{matrix}\begin{matrix}1&\\10&11\end{matrix}\\\begin{matrix}1&2\\&\end{matrix}\end{matrix}$ $\begin{matrix}\begin{matrix}2&\\12&13\end{matrix}\\\begin{matrix}&\\2&2\end{matrix}\end{matrix}$

$$\min\_{π}C\_{max }(π)$$

1. Решить задачу “Конвейер”.

$$\min\_{π}C\_{max }(π)$$

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| операция | S | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | F |
| $$p^{1}$$ | 0 | 10 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 16 | 7 | 6 | 17 | 0 |
| $$p^{2}$$ | 0 | 11 | 15 | 10 | 12 | 13 | 14 | 6 | 11 | 6 | 8 | 0 |
| $$t^{1\rightarrow 2}$$ | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 2 | 5 | 3 | 7 | 1 | 5 | 0 |
| $$t^{2\rightarrow 1}$$ | 4 | 1 | 2 | 5 | 2 | 6 | 2 | 3 | 1 | 7 | 7 | 0 |

## Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

1. Опишите основные этапы задачи принятия решений.
2. Объясните понятие доминирования при интервальных оценках вариантов.
3. Как определяется победитель Кондорсе при точечных оценках вариантов? При интервальных оценках?
4. Опишите известные Вам парадоксы, возникающие при принятии решений путем голосования.
5. Каковы недостатки мажоритарных процедур?
6. Опишите известные Вам алгоритмы решения задач типа “Ранец”, “Конвейер”, “Задача двух станков”.

# Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

## Основная литература

1. Aleskerov, F. Arrovian Aggregation Models. Kluwer Academic Publishers, Dordercht, 1999.
2. Aleskerov F., Kurbanov E. A Degree of Manipulability of Known Social Choice Procedures // Current Trends in Economics: Theory and Applications / Eds. Alkan A., Aliprantis Ch., Yannelis N. N.Y.: Springer-Verlag, 1999. P. 13-27.
3. [Абанкина И. В.](http://www.hse.ru/org/persons/25477), Алескеров Ф. Т., [Белоусова В. Ю.](http://www.hse.ru/org/persons/498742), [Зиньковский К. В.](http://www.hse.ru/org/persons/4578258), [Петрущенко В. В.](http://www.hse.ru/org/persons/14287016) [Оценка результативности университетов с помощью оболочечного анализа данных](http://publications.hse.ru/view/86848306) // Вопросы образования. 2013. № 2. С. 15-48.
4. Алескеров Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. М.: Издательский дом ГУ-ВШЭ, 2006.
5. Виленкин Н.Я., Виленкин А.Н., Виленкин П.А. Комбинаторика. М.: ФИМА, МНЦМО, 2006.
6. Гэри М., Джонсон Д, Вычислительные машины и трудно решаемые задачи. М., Мир, 1982.
7. Лавров И.А., Максимова Л.Л. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов. М.: Физматлит, 2001.
8. Льюс Р. Д., Райфа Х. (1961), Игры и решения. Москва, «Иностранная литература». <http://reslib.com/book/Igri_i_resheniya__Vvedenie_i_kriticheskij_obzor#1>
9. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. М.: Наука, 1984.
10. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К., Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание. : Пер. с англ. - М.: Вильямс, 2007.
11. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.:Мир,1984.
12. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети, алгоритмы. М., Мир, 1984.
13. Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование// М.: Физматлит, 2002.-- 240~с.
14. Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М. Теория расписаний. Одностадийные системы// М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.-- 384~с.
15. Лазарев А.А. Теория расписаний. Оценки абсолютной погрешности и схема приближённого решения задач теории расписаний.// Учебное пособие. М.: МФТИ -- 2008. -- 222 С.
16. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность, М.: Мир, 1985, -- 512 с.

## Дополнительная литература

1. Duggan J. 2007. A systematic approach to the construction of non-empty choice sets // Social Choice and Welfare. 2007. V. 28. P. 491-506.
2. Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т. Задача Эрроу в теории группового выбора (анализ проблемы) // Автоматика и телемеханика. 1983. № 9. С. 127-151.
3. Алескеров Ф.Т., Благовещенский Н.Ю., Сатаров Г.А., Соколова А.В., Якуба В.И. Влияние и структурная устойчивость в Российском парламенте (1905-1917 и 1993 - 2005 гг.). М.: Физматлит, 2007.
4. Алескеров Ф.Т., Ортешук П. Выборы. Голосование. Партии. М.: Академия, 1995.
5. Алескеров Ф.Т., Петрущенко В.В. Оболочечный анализ данных с использованием последовательного исключения альтернатив. WP7/2013/02. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2013. – 28 c. (на англ. яз.)
6. Булос Дж., Джеффри Р. Вычислимость и логика. М., Мир, 1994.
7. Вагин В.Н. и др. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. М.: Физматлит, 2004.
8. Верещагин Н.К., Шень А. Языки и исчисления. М.: МНЦМО, 2002. 2-е издание, стереотипное.
9. Гаврилов Г.П., Сапоженко А.А. Сборник задач по дискретной математике. М., Наука, 1977.
10. Гладкий А.В. Математическая логика. М., Российск. гос. гуманит. ун-т, 1998.
11. Кини Р., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях. М.: Радио и связь, 1981.
12. Колмогоров А.Н., Драгалин А.Г. Математическая логика. М.: Едиториал УРСС, 2004.
13. Крупский В.Н. Введение в сложность вычислений. – М.: Факториал Пресс, 2006.
14. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2002.
15. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. М., Мир, 1981.
16. Мюллер Д. Общественный выбор III. М.: Изд. дом ГУ-ВШЭ, 2007.
17. Новиков Ф. Дискретная математика для программистов. Спб, Питер, 2000.
18. Рейнгольд Э., Нивергельт Ю., Део Н. Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика. М., Мир, 1980.
19. Столл Роберт Р. Множества. Логика. Аксиоматические теории. М.: Просвещение, 1968.
20. Успенский В.А., Верещагин Н.К., Плиско В.Е. Вводный курс математической логики. – 2-е изд. - М, 2007.
21. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений., 2-е изд., : Пер. с англ. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2002.
22. Чень Ч., Ли Р. Математическая логика и доказательство теорем. Пер. с англ. - М.: Наука, 1983.
23. Шоломов Л.А. Основы теории дискретных логических и вычислительных устройств. М., Наука, 1980.