

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

Кафедра автоматизации обработки информации (АОИ)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА И ТЕОРИЯ АЛГОРИТМОВ

Методические указания к практическим занятиям,
лабораторным работам и организации самостоятельной работы
для студентов заочной формы обучения направления
«Программная инженерия» (уровень бакалавриата)

2018

Перемитина Татьяна Олеговна

Математическая логика и теория алгоритмов: Методические указания к практическим занятиям, лабораторным работам и организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения направления «Программная инженерия» (уровень бакалавриата) / Т.О. Перемитина. – Томск, 2018. – 17 с.

Оглавление

1 Введение	4
2 Методические указания к проведению практических занятий	5
2.1 Практическое занятие «Формулы логики высказываний»	5
2.2 Практическое занятие «Формулы логики предикатов»	7
3 Методические указания к проведению лабораторных работ	9
3.1 Лабораторная работа «Булевы функции»	9
3.2 Лабораторная работа «Машины Тьюринга»	10
4 Методические указания для организации самостоятельной работы	13
4.1 Общие положения	13
4.2 Изучение тем теоретической части	14
4.3 Подготовка к практическим занятиям	15
4.4 Подготовка к лабораторным работам	15
4.5 Выполнение контрольной работы	16
4.6 Подготовка к экзамену	16
4.7 Рекомендуемая литература	17

1 Введение

Целью дисциплины «Математическая логика и теория алгоритмов» является изучение основ математической логики и теории алгоритмов, используемые в информатике и вычислительной технике. Работа на практических занятиях и лабораторных работах способствует формированию навыков использования методов математической логики и теории алгоритмов для построения несложных логических моделей предметных областей, реализации логического вывода и оценки вычислительной сложности алгоритмов.

Выполнение самостоятельных работ способствует формированию представления о направлениях развития данной дисциплины и перспективах ее использования в информатике и вычислительной технике.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать основы логики высказываний, логики предикатов и теории алгоритмов, употреблять специальную математическую символику для выражения количественных и качественных отношений между объектами, знать основные методы и алгоритмы математической логики, связанные с моделированием и оптимизацией систем различной природы, уметь строить и анализировать алгоритмы решения задач.

Данные методические указания предназначены для выполнения самостоятельной работы, практических и лабораторных работ по дисциплине «Математическая логика и теория алгоритмов» подготовки бакалавров заочной формы обучения направления «Программная инженерия».

2 Методические указания к проведению практических занятий

2.1 Практическое занятие «Формулы логики высказываний»

Цель занятия: обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных знаний по теме «Формулы логики высказываний».

Рекомендации по подготовке к занятию:

— проработать слайды лекций по изучаемой теме в электронном курсе «Математическая логика и теория алгоритмов» (<https://sdo.tusur.ru/course/view.php?id=503>).

— повторить теоретические основы четырех тем 1.1-1.4 учебного пособия Математическая логика и теория алгоритмов: Учебное пособие / Перемитина Т. О. — 2016. 132 с. (<https://edu.tusur.ru/publications/5949>).

Порядок проведения занятия:

- устный опрос по теме;
- обсуждение методов решения задач;
- решение типовых задач по теме «Формулы логики высказываний».

Примеры вопросов:

Для закрепления теоретических знаний дайте ответы на следующие вопросы:

- Является ли предложение «Африка–остров» элементарным высказыванием алгебры высказываний?
- У какой бинарной операции самый высокий приоритет?
- Какие скобки в формуле $F = ((A \wedge B) \rightarrow (\neg A \vee B)) \wedge A$ можно убрать так, чтобы значение формулы не изменилось?

Примеры упражнений:

I) Среди следующих предложений выделите те, которые являются высказываниями, и установите, если это возможно, истинны они или ложны.

- а) Сумма углов в треугольнике равна 180° .

- b) Солнечная система насчитывает девять больших планет.
 c) На улице светит солнце.
 d) Летайте самолетами Аэрофлота!
 e) Всякое подмножество конечного множества конечно.
- 2) Какие из высказываний P, Q, R должны быть истинны, а какие ложны, чтобы формула $(\bar{P} \wedge Q) \rightarrow R$ была истинной?
- 3) Найдите все существенные переменные формул:
 a) $(X \& Y) \vee (\bar{Y} \& Z)$;
 b) $P \rightarrow (Q \rightarrow P \& Q)$.
- 4) Приведите выражения к дизъюнктивной и конъюнктивной нормальным формам записи:
 a) $((P \rightarrow Q) \rightarrow (R \rightarrow \bar{P})) \rightarrow (\bar{Q} \rightarrow \bar{R})$;
 b) $((((P \rightarrow Q) \rightarrow \bar{P}) \rightarrow \bar{Q}) \rightarrow \bar{R}) \rightarrow R$.
- 5) Приведите выражения к совершенной дизъюнктивной и конъюнктивной нормальным формам:
 a) $(X \rightarrow Y) \& (\bar{Y} \rightarrow \bar{X})$;
 b) $\overline{((A \& B) \rightarrow \neg A) \& ((A \& B) \rightarrow \neg B)}$.
- 6) Проверьте правильность логического рассуждения: Если будут мобилизованы внутренние ресурсы, то возрастет производительность труда или будет выполнено задание по валу». «Если будет внедрена новая техника, то задание по валу будет выполнено, если новая техника не будет внедрена, то производительность не возрастет и будут мобилизованы внутренние ресурсы. Следует ли из этих трех утверждений, что будет выполнено задание по валу?
- 7) Проверьте правильность логического рассуждения: Если почтальон не будет приносить газеты вовремя, люди будут покупать газеты в киоске или слушать радио. Если люди не будут покупать газеты в киоске, то тираж будет уменьшен. Если тираж будет уменьшен, и почтальон не будет приносить газеты вовремя, то люди не будут слушать радио. Следовательно, люди будут покупать газету в киоске.

2.2 Практическое занятие «Формулы логики предикатов»

Цель занятия: обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных знаний по теме «Формулы логики предикатов».

Рекомендации по подготовке к занятию

— проработать слайды лекций по изучаемой теме в электронном курсе «Математическая логика и теория алгоритмов» (<https://sdo.tusur.ru/course/view.php?id=503>).

— повторить теоретические основы Главы 3 учебного пособия Математическая логика и теория алгоритмов: Учебное пособие / Перемитина Т. О. — 2016. 132 с. (<https://edu.tusur.ru/publications/5949>).

Порядок проведения занятия

- устный опрос по теме «Формулы логики предикатов»;
- обсуждение методов решения задач;
- решение типовых задач по теме «Формулы логики предикатов».

Примеры вопросов:

— Для закрепления теоретических знаний дайте ответы на следующие вопросы:

- Что такое предметные переменные?
- Что такое порядок (местность) предиката?
- Что такое область истинности предиката?
- Что такое выполнимая формула?
- Как привести формулу логики предикатов к предваренной нормальной форме?

Примеры упражнений:

1) Даны утверждения:

$A(n) = \{\text{число } n \text{ делится на } 3\};$

$B(n) = \{\text{число } n \text{ делится на } 2\};$

$C(n) = \{\text{число } n \text{ делится на } 4\};$

$D(n) = \{\text{число } n \text{ делится на } 6\};$

$E(n) = \{\text{число } n \text{ делится на } 12\}.$

Будет ли истинна формула логики предикатов $\exists n(B(n) \& C(n) \rightarrow \neg D(n))$?

2) Найти области истинности предикатов:

a) $\frac{x^2 + 3x + 2}{x^2 + 4x + 3} = 0;$

b) $\begin{cases} x^2 - 13x + 40 \geq 0, \\ 2x^2 + x + 30 < 0. \end{cases}$

3) Установить, какие из следующих предикатов истинны, а какие ложны, при условии, что область определения предикатов M совпадает с Z :

a) $\forall x((x^2 - 6x + 8 \geq 0) \vee (x^2 - 6x + 8 < 0));$

b) $\exists x(x^2 + x + 0,5 = 0).$

4) Изобразить на диаграммах Эйлера-Венна области истинности предикатов:

a) $P(x) \rightarrow Q(x);$

b) $P(x) \rightarrow \overline{Q(x)}.$

5) Проверить, являются ли формулы логики предикатов равносильными:

a) $F_1 = \forall x \overline{Q(x)} \rightarrow (\exists x P(x) \& \exists x Q(x)); \quad F_2 = \exists x Q(x);$

b) $F_1 = \exists x P(x) \vee (\exists x P(x) \& \exists x \overline{Q(x)}); \quad F_2 = \exists x P(x).$

6) Доказать, что формула является тождественно истинной:

$$F = \forall x P(x) \rightarrow \exists x P(x).$$

7) Доказать, что формула является тождественно ложной:

$$F = \exists x \exists y ((F(x) \rightarrow F(y)) \& (F(x) \rightarrow \overline{F(y)}) \& F(x)).$$

8) Привести формулы к предваренной нормальной форме:

a) $\overline{\exists x(P(x) \rightarrow \forall y Q(y))};$

b) $\overline{P \rightarrow \exists x R(x)}.$

3 Методические указания к проведению лабораторных работ

3.1 Лабораторная работа «Булевы функции»

Цель занятия: обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных знаний по теме «Булевы функции».

Рекомендации по подготовке к занятию

— проработать слайды лекций по изучаемой теме в электронном курсе «Математическая логика и теория алгоритмов» (<https://sdo.tusur.ru/course/view.php?id=503>).

— повторить теоретические основы Главы 3 учебного пособия Математическая логика и теория алгоритмов: Учебное пособие / Перемитина Т. О. — 2016. 132 с. (<https://edu.tusur.ru/publications/5949>).

Порядок проведения занятия

- устный опрос по теме «Булевы функции»;
- обсуждение методов решения задач;
- повторить способы проверки булевых функций на линейность, самодвойственность, монотонность и их принадлежность к замкнутым классам T_0, T_1 .
- реализовать программу для проверки полноты системы булевых функций согласно варианту задания;
- оформление отчета о выполнении лабораторной работы.

Примеры вариантов заданий:

Вариант 1: $\{f_1 = x \cdot y \vee x \cdot z; f_2 = \bar{x}; f_3 = 1\}$.

Вариант 2: $\{f_1 = x \cdot z \vee y \cdot z; f_2 = x \leftrightarrow y; f_3 = x \oplus 1\}$.

Вариант 3: $\{f_1 = y \rightarrow x \cdot z; f_2 = 0; f_3 = x\}$.

Вариант 4: $\{f_1 = x \vee y \oplus z; f_2 = x \cdot y; f_3 = \bar{x}\}$.

Вариант 5: $\{f_1 = x \cdot y \oplus z; f_2 = (x \leftrightarrow y) \oplus z; f_3 = 1\}$.

Вариант 6: $\{f_1 = (y \rightarrow x) \cdot (\bar{y} \rightarrow z); f_2 = 0; f_3 = x\}$.

Вариант 7: $\{f_1 = y \rightarrow x \cdot z; f_2 = x \oplus y \oplus 1; f_3 = 1\}$.

Вариант 8: $\{f_1 = x \cdot y \vee x \cdot z \vee y \cdot z; f_2 = x \leftrightarrow y; f_3 = x \oplus 1\}$.

Вариант 9: $\{f_1 = x \cdot y \vee x \cdot z \vee y \cdot z; f_2 = x \oplus 1; f_3 = 1\}$.

Вариант 10: $\{f_1 = x \cdot y \oplus z; f_2 = (x \leftrightarrow y) \oplus z; f_3 = 0\}$.

Вариант 11: $\{f_1 = x \oplus y; f_2 = x \vee y; f_3 = x \leftrightarrow y\}$.

Вариант 12: $\{f_1 = x \vee y; f_2 = x \oplus y; f_3 = x \cdot z \oplus 1\}$.

Вариант 13: $\{f_1 = x \oplus 1; f_2 = x \vee y; f_3 = x \rightarrow y\}$.

Вариант 14: $\{f_1 = x \cdot y \vee z; f_2 = x \leftrightarrow y; f_3 = 0\}$.

Вариант 15: $\{f_1 = z \vee x \cdot \bar{z}; f_2 = x \oplus y; f_3 = x \leftrightarrow y\}$.

3.2 Лабораторная работа «Машины Тьюринга»

Цель занятия: закрепление знаний по построению и работе «Машины Тьюринга», которая являются математической (формальной) моделью алгоритма.

Рекомендации по подготовке к занятию

— проработать слайды лекций по изучаемой теме в электронном курсе «Математическая логика и теория алгоритмов» (<https://sdo.tusur.ru/course/view.php?id=503>).

— повторить теоретические основы Главы 4 учебного пособия Математическая логика и теория алгоритмов: Учебное пособие / Перемитина Т. О. — 2016. 132 с. (<https://edu.tusur.ru/publications/5949>).

Порядок проведения занятия

- устный опрос по теме «Машины Тьюринга»;
- обсуждение методов решения задач;
- программная реализация задачи, согласно варианту задания;
- оформление отчета о выполнении лабораторной работы.

Примеры вопросов:

- Какие направления существуют в уточнении понятия алгоритма?
- Какой проблемой занимается теория алгоритмов?
- Из каких составляющих состоит машина Тьюринга?
- Какая функция называется эффективно-рекурсивной?
- Какие существуют классы сложности алгоритмических задач?

Примеры вариантов заданий:

Вариант 1: Дано число n в восьмеричной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 1. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 2: Дано число n в троичной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 2. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 3: Дано число n в четверичной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 3. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 4: Дано число n в пятеричной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 4. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 5: Дано число n в шестеричной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 5. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде

диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 6: Дано число n в семеричной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 6. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 7: Дано число n в девятиричной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 7. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 8: Дано число n в десятичной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 8. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 9: Дано число n в восьмеричной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 2. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 10: Дано число n в троичной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 1. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 11: Дано число n в четверичной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 2. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 12: Дано число n в пятиричной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 3. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 13: Дано число n в шестеричной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 4. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде

диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 14: Дано число n в семеричной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 5. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

Вариант 15: Дано число n в девятеричной системе счисления. Разработайте машину Тьюринга, которая увеличивала бы заданное число на 6. Составить программу машины Тьюринга в виде таблицы и в виде диаграммы переходов. Описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.

4 Методические указания для организации самостоятельной работы

4.1 Общие положения

Самостоятельная работа студентов рассматривается как вид деятельности, позволяющий целенаправленно формировать и развивать самостоятельность студента как личностное качество при выполнении различных видов заданий и проработке дополнительного учебного материала.

Самостоятельная работа студентов состоит из следующих видов деятельности:

- изучение тем теоретической части дисциплины, вынесенных для самостоятельной проработки;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- выполнение контрольных работ;
- подготовка к экзамену.

Критериями оценки внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть:

- уровень развития логического мышления студента (гибкость, рациональность, оригинальность мышления);
- сформированность умений самообразования студента (способность находить, систематизировать и применять информацию из различных источников для решения поставленных задач);

- степень развития коммуникативных умений (умение работать в малых группах, выступать с докладом);
- грамотность в оформлении заданий и решений задач;
- сформированность самоконтроля и самооценки.

Самостоятельная работа является важной составляющей в изучении дисциплины и заключается в самостоятельном изучении теоретического материала, подготовки к выполнению контрольных работ, подготовки к лабораторным и практическим занятиям.

В результате изучения дисциплины студент узнает основные понятия, концепции, принципы логики высказываний, исчисления высказываний, логики предикатов, теории алгоритмов. Научится применять аппарат логики высказываний, логики предикатов для спецификации проектируемых информационных систем, символической записи определений и теорем, доказательства корректности алгоритмических описаний; применять аппарат теории алгоритмов при анализе свойств алгоритмических описаний.

4.2 Изучение тем теоретической части

Изучение тем теоретической части предполагает изучение тем дисциплины, вынесенных для самостоятельной проработки. Самостоятельная работа над теоретическим материалом направлена на изучение основных понятий и методов математической логики и теории алгоритмов.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного понимания предыдущего, производя на бумаге все вычисления (в том числе и те, которые ради краткости опущены в учебнике) и выполняя имеющиеся в учебнике задания для самопроверки. Особое внимание следует обращать на определение основных понятий. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. При изучении материала по учебнику полезно вести конспект, в который рекомендуется вписывать определения, формулировки теорем, формулы, уравнения и т. д. На полях конспекта следует отмечать вопросы, выделенные студентом для получения письменной или устной консультации преподавателя.

Письменное оформление работы студента имеет исключительно важное значение. Записи в конспекте должны быть сделаны чисто, аккуратно и расположены в определенном порядке. Хорошее внешнее

оформление конспекта по изученному материалу не только приучит студента к необходимому в работе порядку, но и позволит ему избежать многочисленных ошибок, которые происходят из-за небрежных, беспорядочных записей.

Выводы, полученные в виде формул, рекомендуется в конспекте подчеркивать или обводить рамкой, чтобы при перечитывании конспекта они выделялись и лучше запоминались. Опыт показывает, что многим студентам помогает в работе составление листа, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы курса. Такой лист не только помогает запомнить формулы, но и может служить постоянным справочником для студента. Чтение учебника должно сопровождаться решением задач, для чего рекомендуется завести специальную тетрадь. При решении задач нужно обосновать каждый этап решения исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения, то он должен сравнить их и выбрать из них самый лучший. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения.

4.3 Подготовка к практическим занятиям

Практические задания предназначены для верификации полученных знаний и закрепления теоретической части дисциплины.

На практических занятиях подробно рассматриваются основные вопросы дисциплины, разбираются основные типы задач. К практическому занятию следует заранее повторить лекционный материал к следующей теме. Систематическое выполнение домашних заданий обязательно и является важным фактором, способствующим успешному усвоению дисциплины. Промежуточный контроль проводится в виде контрольных работ и тестовых опросов. На каждом практическом занятии проводится либо устный, либо тестовый опрос по пройденным темам, которые позволят определить уровень подготовки и степень готовности к выполнению контрольной работы по данной дисциплине.

4.4 Подготовка к лабораторным работам

Лабораторные работы являются одним из видов практического обучения. Их цель – закрепление теоретических знаний, применение на практике положений изучаемой дисциплины. Вдумчивое отношение к лабораторной работе позволит студенту сделать правильные выводы, проанализировать результаты программной реализации, научиться самостоятельно решать некоторые несложные задачи исследовательского характера.

Задание на работу выдается за несколько дней до ее выполнения. Для качественного выполнения лабораторных работ студентам необходимо:

- 1) повторить теоретический материал по конспекту и учебнику;
- 2) ознакомиться с описанием лабораторной работы;
- 3) выяснив цель работы, четко представить себе поставленную задачу и способы ее достижения, продумать ожидаемые результаты;
- 4) ответить устно или письменно на контрольные вопросы.

4.5 Выполнение контрольной работы

В процессе изучения дисциплины «Математическая логика и теория алгоритмов» студент должен выполнить ряд контрольных работ, главная цель которых – оказать студенту помощь в его работе. Оценки и замечания к выполненным работам позволяют студенту судить о степени усвоения им соответствующего раздела курса; указывают на имеющиеся у него пробелы, на желательное направление дальнейшей работы; помогают сформулировать вопросы для постановки их перед преподавателем.

Не следует приступать к выполнению контрольного задания, не решив достаточного количества задач по материалу, соответствующему этому заданию. Опыт показывает, что чаще всего неумение решить ту или иную задачу контрольного задания вызывается тем, что студент не выполнил это требование.

Контрольные работы должны выполняться самостоятельно. Несамостоятельно выполненная работа не дает возможности преподавателю указать студенту на недостатки в его работе, в усвоении им учебного материала, в результате чего студент не приобретает необходимых знаний и может оказаться неподготовленным к экзамену.

4.6 Подготовка к экзамену

Готовиться к экзамену необходимо последовательно, с учетом экзаменационных вопросов, разработанных преподавателем дисциплины. Сначала следует определить место каждого экзаменационного вопроса в соответствующем разделе темы учебной программы, а затем внимательно прочитать и осмыслить рекомендованные литературные и интернет источники, соответствующие разделы рекомендованных учебников. При этом полезно делать хотя бы самые краткие выписки и заметки.

Работу над темой можно считать завершенной, если вы сможете ответить на все экзаменационные вопросы и дать определение понятий по изучаемой теме.

Для обеспечения полноты ответа на экзаменационные вопросы и лучшего запоминания теоретического материала рекомендуется составлять план ответа на экзаменационный вопрос. Это позволит сэкономить время для подготовки непосредственно перед экзаменом за счет обращения не к литературе, а к своим записям.

При подготовке необходимо выявлять наиболее сложные, дискуссионные вопросы, с тем, чтобы обсудить их с преподавателем на консультации.

4.7 Рекомендуемая литература

1. Перемитина Т. О. Математическая логика и теория алгоритмов [Электронный ресурс]: Учебное пособие, 2016. – 132 с. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5949>.

2. Зюзьков В. М. Математическая логика и теория алгоритмов [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – 2015 236 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5988>.