ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Систем автоматизированного проектирования
вычислительных средств»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

«Математическая логика и теория алгоритмов»

Направление подготовки
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль) подготовки
««Интеллектуальные системы и технологии»»

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Рязань 2025

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения индивидуальных заданий на практических занятиях и лабораторных работах. При оценивании результатов освоения практических занятий и лабораторных работ применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных и практических работ и их тематика определена рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой.

Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленными для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением экзамена и зачета.

Форма проведения экзамена – письменный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса и одна задача. После выполнения письменной работы обучаемого производится ее оценка преподавателем и, при необходимости, проводится теоретическая беседа с обучаемым для уточнения экзаменационной оценки.

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине
ОПК-8: Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения MF-6,
ОПК-8.1. Понимает требования к алгоритмам, суть процесса алгоритмизации задач
Знать основные подходы к описанию логической структуры алгоритмов, и законы преобразования логики **Уметь** создавать формальные логические модели алгоритмов, подчиненные законам математической логики **Владеть** навыками моделирования алгоритмов и логического описания основных алгоритмических задач
ОПК-8.2. Выполняет разработку алгоритмического и программного обеспечения для решения прикладыных задач
Знать программные процедуры и функции, позволяющие автоматизировать задачи математического логического вычисления **Уметь** создавать программные модули с использованием законов математической логики **Владеть** навыками применения в программных разработках законов математической логики и теории алгоритмов

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	основные законы математической логики, доказательства алгоритмической разрешимости задач
3.2	**Уметь:**
3.2.1	выводить логические высказывания и предикаты, проводить их преобразования булевых функций с помощью равносильных формул и приводить к совершенным, нормальным и минимальным формам.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	навыками построения базисов булевых функций с построением логических схем в этих базисах, навыками реализации алгоритмов на машине Тьюринга и с использованием теории нормальных алгорифмов Маркова.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	Введение.	**ОПК-8.1. ОПК-8.2**	текущий контроль, выполнение ПР, экзамен
2	Логика высказываний	**ОПК-8.1. ОПК-8.2**	текущий контроль, выполнение ПР, экзамен
3	Способы доказательства	**ОПК-8.1. ОПК-8.2**	текущий контроль, выполнение ПР, экзамен
4	Функции алгебры Буля	**ОПК-8.1. ОПК-8.2**	текущий контроль, выполнение ПР, экзамен
5	Минимизация булевых функций	**ОПК-8.1. ОПК-8.2**	текущий контроль, выполнение ПР, экзамен
6	Реализация булевых функций в произвольных базисах	**ОПК-8.1. ОПК-8.2**	текущий контроль, выполнение ПР, экзамен
7	Логические основы теории алгоритмов	**ОПК-8.1. ОПК-8.2**	текущий контроль, выполнение ПР, экзамен

Шкала оценки сформированности компетенций

В процессе оценки сформированности знаний, умений и навыков обучающегося по дисциплине, производимой на этапе промежуточной аттестации в форме экзамена, используется пятибалльная оценочная шкала:

«Отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется обучающимся, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

«Хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания,

усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

«Удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

«Неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Типовые контрольные задания или иные материалы

Типовое задание к ПЗ №1: построить таблицу истинности высказывания $(A \rightarrow B) \wedge (\neg A \vee B)$

Типовые задания для СРС:

1. Построить таблицу истинности высказывания $(A \rightarrow B)$,
2. Построить таблицу истинности высказывания $\neg A$
3. Построить таблицу истинности высказывания $(A \vee B)$

Типовое задание к ПЗ №1: доказать Modus Ponendo Tollens

Типовые задания для СРС:

1. Доказать Modus Ponendo Ponens
2. Доказать Modus Tollendo Ponens

Типовое задание к ПЗ №2 Привести формулу $(X \rightarrow Y) \vee (\neg (\neg A \wedge Y)$ равносильными преобразованиями к дизъюнктивной нормальной форме.

Типовые задания для СРС:

Привести формулу $(X \rightarrow Y) \vee (\neg (\neg A \wedge Y)$ равносильными преобразованиями к конъюктивной нормальной форме.

Типовое задание к ПЗ №3 С помощью ***семантичекого*** метода докажем то, что тавтология *Modus Ponendo Ponens* всегда будет иметь значение «истина»

Типовые задания для СРС:

Доказать тот же модус семантическим методом

Типовое задание к ПЗ №4 Преобразовать выражение $\forall X [P(x) \rightarrow \{[\forall Y [P(y) \rightarrow P(f(x, y))]] \wedge [\neg(\forall Y [Q(x,y) \rightarrow P(y)])]\}]$.

Типовые задания для СРС:

Преобразовать выражение $\forall X\ [P(x) \Lambda \{[\forall Y\ [P(y) \rightarrow P(f(x,y))]] \wedge [\neg(\forall Y\ [Q(x,y) \rightarrow P(y)])]\}]$.

Типовое задание к ПЗ №4: Пусть имеются следующие высказывания:

- ✓ P — увеличивается стоимость обучения;
- ✓ Q — уменьшается количество коммерческих студентов;
- ✓ R — увеличивается конкурс;
- ✓ S — возрастает количество вакансий специалистов.

Предположим, нужно доказать, что если истинны соотношения $P \rightarrow R$, $\neg(\neg P \wedge \neg Q)$ и $Q \rightarrow S$, то можно вывести формулу $R \vee S$.

Типовые задания для СРС:

1. Провести доказательство от другого высказывания

Типовое задание к ПЗ №5-6: Найти СДНФ логической функции: $f(x_1, x_2, x_3)\big|_1 = \vee(0,2,4,6,7)$

Типовые задания для СРС:

1. Найти СКНФ логической функции: $f(x_1, x_2, x_3)\big|_1 = \vee(0,2,4,6,7)$
2. Найти СКНФ логической функции: $f(x_1, x_2, x_3)\big|_1 = \vee(0,1,5,6,7)$
3. Найти СДНФ логической функции: $f(x_1, x_2, x_3)\big|_1 = \vee(0,1,5,6,7)$

Типовое задание к ПЗ №7-8:

1. Найти полином Жегалкина логической функции $f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \rightarrow x_3)(x_2 \downarrow x_1)$.
2. Определить принадлежность функции f_{195} классам P_0, P_1, S, M, L.

Типовые задания для СРС:

1. Найти полином Жегалкина логической функции $f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \oplus x_3)(x_2 \downarrow x_1)$.
2. Определить принадлежность функции $f(x_1, x_2, x_3)\big|_1 = \vee(0,2,4,6,7)$ классам P_0, P_1, S, M, L.

Типовое задание к ПЗ №9-10: Определить, является ли система булевых функций полной $\{\oplus, \leftrightarrow, \vee\}$. Если да, то построить из этой системы базис и реализовать в нем КС функции f_{175}

Типовые задания для СРС:

1. Определить, является ли система булевых функций полной $\{\oplus, \bar{}, \downarrow\}$. Если да, то построить из этой системы базис и реализовать в нем КС функции f_{175}
2. Определить, является ли система булевых функций полной $\{\oplus, \leftrightarrow, \vee\}$. Если да, то построить из этой системы базис и реализовать в нем КС функции $f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \oplus x_3)(x_2 \downarrow x_1)$

Типовое задание к ПЗ №11-12:

1. Пусть в ленте машины содержится произвольный набор символов из алфавита {# , $, 1, 0}. Необходимо выполнить замену символов # и $ на 0. Описать функционирование машины Тьюринга с помощью функциональной таблицы и графа переходов.
2. Пусть алфавит символов имеет вид *M={a,b,c,d}*. В слове *P* требуется заменить первое вхождение подслова bb на ddd и удалить все вхождения символа c. Например: abbcabbca → adddabba

Типовые задания для СРС:

1. Пусть в ленте машины содержится произвольный набор символов из алфавита {# , $, 1, 0, !}. Необходимо выполнить замену символов ! и $ на 0. Описать функционирование машины Тьюринга с помощью функциональной таблицы и графа переходов.
2. Пусть алфавит символов имеет вид *M={a,b}*. Преобразовать слово *P* так, чтобы в его начале оказались все символы *a* , а в конце – все символы *b*. Например: babba → aabbb

1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Для промежуточной аттестации используется шкала оценивания: 0-1-2. Аттестация опирается на объем проведенных и сданных практикумов:

0- пропуск или неучастие в работе на практических занятиях, невыполнение заданий, выполнявшихся за отчетный период;

1- участие в практических занятиях, выполнение более половины заданий;

2- активное участие в практических занятиях, выполнение всех заданий.

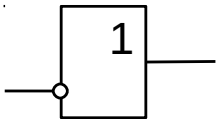
В середине семестра проводится проверочная работа.

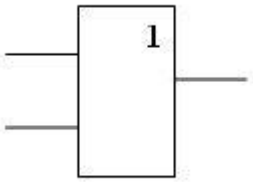
Для подготовки студентов а зачету разработаны тестовые задания следующего вида:

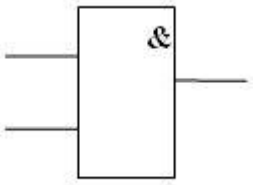
1. Сколько существует логических функций от двух переменных?
   - 4
   - 8
   - 16
2. Укажите закон Де Моргана.
   - $\overline{a \vee b} = \bar{a}\bar{b}$
   - $\overline{ab} = \bar{a} \vee \bar{b}$
   - $a \vee \bar{a}b = a \vee b$
   - $a(\bar{a} \vee b) = ab$
3. Какие Вы знаете методы минимизации булевых функций?
   - Диаграммы Вейча
   - Карты Карно
   - Алгоритм Шеннона
   - Метод Куайна
4. Какая функция называется слабоопределенной?

- Слабоопределенной булевой функцией называется логическая функция от большого числа n переменных, причем количество наборов, где функция равна нулю или единице, существенно меньше 2^n
- Слабоопределенной булевой функцией называется логическая функция, представление которой отлично от ДНФ
- Слабоопределенной булевой функцией называется логическая функция от числа переменных, существенно меньше 2^n

5. Укажите логические базисы.
- $\{\&, \bar{}\}$
- $\{\to, 0\}$
- $\{\downarrow\}$
- $\{\to, 0, \vee\}$

6. Какая из логических схем реализует функцию импликации?
- 

- 

- 

7. Укажите логическую функцию в ДНФ.
- $a \to (b \vee c)$
- $a\bar{b}c \vee bc \vee \bar{a}$
- $(x_1 \vee x_4)(\overline{x_1} \vee x_2 \vee \overline{x_3})(\overline{x_1} \vee x_2 \vee x_4)$

8. Выберите правильную запись.
- $a \to b = \bar{a} \vee b$
- $a \to b = b \vee a$
- $a \to b = a \vee \bar{b}$

9. Укажите логическую функцию в КНФ.
- $a \to (b \vee c)$
- $a\bar{b}c \vee bc \vee \bar{a}$
- $(x_1 \vee x_4)(\overline{x_1} \vee x_2 \vee \overline{x_3})(\overline{x_1} \vee x_2 \vee x_4)$

10. Выберите правильную запись.
- $a \oplus b = \overline{(a \vee b)}b$
- $a \oplus b = ba \vee \bar{b}\bar{a}$
- $a \oplus b = a\bar{b} \vee \bar{a}b$

11. Выберите правильное равенство.

- $f^3{}_{50} = \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} \vee \overline{x_1} x_2 x_3 \vee x_1 x_2 \overline{x_3}$
- $f^3{}_{50} = \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} \vee \overline{x_1} x_2 x_3 \vee x_1 \overline{x_2} \overline{x_3} \vee \overline{x_1} \overline{x_2} x_3$
- $f^3{}_{50} = x_2(\overline{x_1} \vee \overline{x_3})$

12. Выберите правильную запись
- $x \downarrow y = 1 \oplus x \oplus y \oplus xy$
- $x \downarrow y = x \oplus y \oplus xy$
- $x \downarrow y = 1 \oplus x \oplus y$

13. Укажите полином Жегалкина логической функции $f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \to x_3)(x_2 \downarrow x_1)$.

- $P(x_1, x_2, x_3) = 1 \oplus x_2 \oplus x_1 x_2 1$
- $P(x_1, x_2, x_3) = 1 \oplus x_1 \oplus x_2 \oplus x_1 x_2$
- $P(x_1, x_2, x_3) = 1 \oplus x_1 \oplus x_1 x_2$

14. Укажите полином Жегалкина логической функции f_{187}.
- $P(x_1, x_2, x_3) = 1 \oplus x_3$
- $P(x_1, x_2, x_3) = x_3 \oplus x_2 x_3$
- $P(x_1, x_2, x_3) = 1 \oplus x_3 \oplus x_2 x_3$

15. Определить принадлежность функции f_{195} классам P_0, P_1, S, M, L.

- Таблица 1:

	P_0	P_1	S	M	L
Принадлежность функции $f(x_1x_2x_3)_{195}$ классам	-	+	-	-	-

- Таблица 2:

	P_0	P_1	S	M	L
Принадлежность функции $f(x_1x_2x_3)_{195}$ классам	-	+	-	-	+

- Таблица 3:

	P_0	P_1	S	M	L
Принадлежность функции $f(x_1x_2x_3)_{195}$ классам	-	+	-	+	+

16. Укажите НАМ, реализующий следующую задачу: «Пусть M={0,1,2,3}. Пусть P – непустое слово. Трактуя его как запись неотрицательного целого числа в четверичной системе счисления, требуется получить запись этого же числа, но в двоичной системе»

- $\begin{cases} 0 \to 00 & (1) \\ 1 \to 01 & (2) \\ 2 \to 10 & (3) \\ 3 \to 11 & (4) \end{cases}$

- $\begin{cases} *0 \to 00* & (1) \\ *1 \to 01* & (2) \\ *2 \to 10* & (3) \\ *3 \to 11* & (4) \\ *\mapsto & (5) \\ \to * & (6) \end{cases}$

- $\begin{cases} *0 \to 00* & (1) \\ *1 \to 01* & (2) \\ *2 \to 10* & (3) \\ *3 \to 11* & (4) \\ \to * & (5) \\ *\mapsto & (6) \end{cases}$

17. Укажите НАМ, реализующий следующую задачу: «Пусть M={a,b}. Требуется приписать символ a к концу слова P»

- $\begin{cases} *a \to a* & (1) \\ b \to b* & (2) \\ *\mapsto a & (3) \\ \to * & (4) \end{cases}$

- $\begin{cases} *a \to a* & (1) \\ *b \to b* & (2) \\ *\mapsto & (3) \\ \to * & (4) \end{cases}$

- $\begin{cases} *a \to a* & (1) \\ *b \to b* & (2) \\ *\mapsto a & (3) \\ \to * & (4) \end{cases}$

18. Укажите правильное представление функции f^3_{93} в базисе $\{\downarrow\}$

- $f(x_1x_2x_3)_{93} = \langle (x_1 \downarrow x_1) \downarrow x_3 \rangle \downarrow \langle \{(x_1 \downarrow x_1) \downarrow [(x_2 \downarrow x_2) \downarrow (x_2 \downarrow x_2)]\} \downarrow x_3 \rangle$

- $f(x_1x_2x_3)_{93} = \langle \{(x_1 \downarrow x_1) \downarrow [(x_2 \downarrow x_2) \downarrow (x_2 \downarrow x_2)]\} \downarrow x_3 \rangle \downarrow \langle \{(x_1 \downarrow x_1) \downarrow [(x_2 \downarrow x_2) \downarrow (x_2 \downarrow x_2)]\} \downarrow x_3 \rangle$

- $f(x_1x_2x_3)_{93} = \langle \{(x_1 \downarrow x_1) \downarrow [(x_2 \downarrow x_2) \downarrow (x_2 \downarrow x_2)]\} \downarrow x_3 \rangle \downarrow x_3$

19. Укажите правильные тождества

- $\overline{\overline{a}\overline{b}} = \overline{a} \vee \overline{b}$
- $\overline{ab} = \overline{a} \vee \overline{b}$
- $(a \vee b)(\overline{a} \vee \overline{b}) = a$
- $(a \vee b)(a \vee \overline{b}) = a$

20. Поставьте соответствие между функциями и принадлежностями классам:

			P_0	P_1	S	L	M
1	$f_2(x_1, x_2) = x_1 \leftrightarrow x_2$	**1**	+	-	-	+	-
2	$f_3(x_1, x_2) = x_1 \vee x_2$	**2**	-	+	-	+	-
3	$f_1(x_1, x_2) = x_1 \oplus x_2$	**3**	+	+	-	-	+

1-2, 2-3,3-1

В конце курса предусмотрен экзамен.

Вопросы экзамена:

1. Основные тавтологии логики высказываний
2. Доказательство на основе базовых «модусов».
3. Классификация формул алгебры высказываний
4. Семантический и синтаксический методы доказательства
5. Тождественно-истинные, тождественно-ложные и выполнимые предикаты. Кванторы общности и существования
6. Способы задания булевых функций
7. Метод резолюции
8. Логические элементы, реализующие логические функции двух переменных
9. Основные свойства и законы преобразования булевых функций
10. Понятие комбинационной схемы
11. Алгоритм построения комбинационной схемы
12. Совершенная ДНФ, требования к каноническим формам
13. Совершенная КНФ, требования к каноническим формам
14. Минимизация КНФ и ДНФ
15. Полнота булевых функций

16. Классы логических функций
17. Понятие «двойственность» и класс S.
18. Классы T0 T1 S L M
19. Алгебра Жегалкина
20. Полином Жегалкина. Построение методом неопределенных коэффициентов
21. Полином Жегалкина. Построение методом эквивалентных преобразований
22. Полином Жегалкина. Построение с использованием треугольника Паскаля
23. Алгоритм определения принадлежности булевых функций классам: T0, T1, S, L, M
24. Алгоритм определения принадлежности классам: T0, T1, S, L, M слабо определенных булевых функций
25. Теорема Поста
26. Реализация булевой функции в произвольном базисе
27. Операция подстановки (суперпозиции). Операция примитивной рекурсии.
28. Основные свойства алгоритма.
29. Машина Тьринга-Поста. Принцип функционирования и варианты исходов.
30. Машина Тьринга-Поста. Функциональная таблица и граф переходов.
31. НАМ. Понятие «подстановка» и варианты исходов.
32. Правило выполнения НАМов
33. Пространственная и временная сложности алгоритма.

Типовые задачи по дисциплине для контроля знаний

1 вариант

1. Найти СКНФ И СДНФ логической функции

$$f(x_{1`}, x_2 x_3, x_4) = \overline{x_1} x_2 x_4 \vee x_{1`} \overline{x_{2`}} x_3 \vee x_1 \overline{x_{2`}} \overline{x_3} x_4$$

2. Определить принадлежность функции f_{195} классам P_0, P_1, S, M, L.
3. Определить, является ли система булевых функций полной $\{\oplus, \leftrightarrow, \vee\}$. Если да, то построить из этой системы базис и реализовать в нем КС функции $f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \oplus x_3)(x_2 \downarrow x_1)$

2 вариант

1. Найти СКНФ И СДНФ логической функции

$$f(x_{1`}, x_2 x_3, x_4) = \overline{x_1} x_2 x_3 \vee x_{1`} \overline{x_{2`}} x_4 \vee x_1 \overline{x_{2`}} \overline{x_3} x_4$$

2. Определить принадлежность функции f_{105} классам P_0, P_1, S, M, L.
3. Определить, является ли система булевых функций полной $\{\oplus, \leftrightarrow, \&, \vee\}$. Если да, то построить из этой системы базис и реализовать в нем КС функции $f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \vee x_3)(x_2 \downarrow x_1)$

3 вариант

1. Найти СКНФ И СДНФ логической функции

$$f(x_1, x_2 x_3, x_4) = \overline{x_1} x_3 x_4 \vee x_1 \overline{x_2} x_3 \vee x_1 \overline{x_2} \overline{x_3} x_4$$

2. Определить принадлежность функции f_{215} классам P_0, P_1, S, M, L.
3. Определить, является ли система булевых функций полной $\{\oplus, \leftrightarrow, \vee, \rightarrow\}$. Если да, то построить из этой системы базис и реализовать в нем КС функции $f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \oplus x_3)(x_2 \downarrow x_1)$

4 вариант

1. Найти СКНФ И СДНФ логической функции

$$f(x_1, x_2 x_3, x_4) = \overline{x_1} x_2 x_4 \vee x_1 \overline{x_2} x_4 \vee x_1 \overline{x_2} \overline{x_3} x_4$$

2. Определить принадлежность функции f_{173} классам P_0, P_1, S, M, L.
3. Определить, является ли система булевых функций полной $\{\&, \leftrightarrow, \vee\}$. Если да, то построить из этой системы базис и реализовать в нем КС функции $f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \rightarrow x_3)(x_2 \downarrow x_1)$

5 вариант

1. Найти СКНФ И СДНФ логической функции

$$f(x_1, x_2 x_3, x_4) = \overline{x_1} x_3 x_4 \vee x_1 \overline{x_2} x_3 \vee x_1 \overline{x_2} \overline{x_3} x_4$$

2. Определить принадлежность функции f_{133} классам P_0, P_1, S, M, L.
3. Определить, является ли система булевых функций полной $\{\oplus, \downarrow, \vee\}$. Если да, то построить из этой системы базис и реализовать в нем КС функции $f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \oplus x_3) \vee (x_2 \downarrow x_1)$

Методические указания к лабораторным работам:
«Построение функции принадлежности лингвистической переменной»
«Операции над нечеткими множествами и отношениями»

Компетенция ОПК 8-1.

Дескрипторы освоения компетенций (средний уровень) опираются на базовые понятия нечеткой логики: функции принадлежности, сложные расплывчатые

логические высказывания, нечеткий вывод, дефаззификацию, а также применение в системах принятия решений при неопределенности.

Компетенция ОПК 8-1.
Применяет логические структуры для принятия решений в автоматизированных системах ИИ
Понимает:

- назначение нечеткой логики в автоматизированных системах ИИ и ее отличие от классической двоичной логики при работе с неопределенностью и размытыми понятиями;
- почему нечеткая логика полезна в задачах с неточными, неполными или лингвистическими данными, где требуется приближенное, но интерпретируемое решение

Умеет:

- формировать нечёткое множество прямыми и косвенными методами, а также производить сравнение, анализ и корректировку результатов
- выполнять дефаззификацию выходного результата при решении прикладной задачи
- применять нечеткую логику для формирования сложных логических конструкций, используемых для автоматизированной поддержки принятия решений в условиях неопределенности

Компетенция ОПК 8-2.

Разрабатывает логические модели и алгоритмы для использования в ИИ:

Знает основные термины, определения и законы нечеткой логики, включающие понятия: нечеткое множество, функция принадлежности, экспертные оценки, лингвистическая переменная, расплывчатое логическое высказывание, нечеткое правило, нечеткий вывод, дефаззификация

Умеет:

- формировать переменные и правила нечеткой модели;
- описывать лингвистические переменные и термы
- конструировать сложные нечеткие высказывания
- формулировать нечеткие правила вида «ЕСЛИ–ТО», применяя различные подходы

Владеет:

- навыками программной реализации вычислений сложных нечетких высказываний

- навыками программной реализации нечеткого вывода с последующей интерпретацией полученных результатов
- получает работоспособную модель для типовой прикладной задачи.
- навыками обработки экспертных оценок при формировании базового терм-множества

Достижение дескрипторов освоения компетенций в рамках лабораторной работы

«Построение функции принадлежности лингвистической переменной»

Для реализации и успешной защиты лабораторной работы предлагается решить следующие задачи подготовительной части:

Задача 1: изучить теоретический материал, приведённый в учебном пособии и конспект лекций

Задача 2: Для заданного примера построить три виды (по вариантам) функций принадлежности нечетких множеств. Произвести дефаззификацию.

Задача 3: Разработать блок-схему алгоритма построения функций принадлежности нечетких множеств с возможностью усреднения мер и дефаззификации.

Задача 4: Для заданного примера построить матрицу парных сравнений, используя шкалу Саати. На основе полученных данных рассчитать функцию принадлежности, используя косвенный метод.

Задача 5: Разработать блок-схему алгоритма обработки матрицы парных сравнений для получения функции принадлежности с учетом нескольких вариантов (от 3 до 5) экспертных оценок.

Работа выполняется в аудитории в течение полутора часов. Первая половина занятия посвящена анализу поставленной задачи, разработке алгоритма решения и оформления алгоритмического решения в виде схемы алгоритма; переход к программной реализации производится после проверки корректности разработанной логической структуры алгоритмов решения задач и преодоления порогового значения (30 баллов) согласно шкале оценивания (таблица 1) решаемых задач.

Таблица 1. Критерии оценки (баллы):

Критерий	Что проверяется	Высокий уровень	Средний уровень	Низкий уровень
Освоение теоретического материала	Понимание понятий, методов и формул нечеткой логики	Демонстрирует полное и точное понимание теории, уверенно использует термины и формулы (10 баллов)	Понимает основные положения, допускает незначительные неточности (5 баллов)	Фрагментарно воспроизводит материал, допускает существенные ошибки (0 баллов)

Критерий	Что проверяется	Высокий уровень	Средний уровень	Низкий уровень
Корректность построения функций принадлежности	Правильность выбора и построения функций принадлежности	Функции построены верно, без методических и вычислительных ошибок (10 баллов)	Допущены отдельные неточности, не влияющие на общий результат (5 баллов)	Функции построены неверно или с грубыми ошибками (0 баллов)
Выполнение дефаззификации	Корректность перехода от нечеткого множества к четкому значению	Дефаззификация выполнена верно с обоснованием выбора метода (10 баллов)	Дефаззификация выполнена с незначительными ошибками (5 баллов)	Дефаззификация не выполнена или выполнена неверно (0 баллов)
Построение блок-схемы алгоритма	Логичность и полнота алгоритма	Блок-схема полная, последовательная, соответствует условию задачи (10 баллов)	Блок-схема в целом верна, но содержит отдельные недочеты (5 баллов)	Блок-схема отсутствует или построена неверно (0 баллов)
Работа с матрицей парных сравнений	Корректность использования шкалы Саати и расчётов	Матрица заполнена верно, расчёты выполнены точно (10 баллов)	Допущены отдельные ошибки в записи или вычислениях (5 баллов)	Матрица заполнена неверно, результаты не получены (0 баллов)
Оформление результатов	Культура представления решения, схем и вычислений	Решение оформлено аккуратно, логично и методически грамотно (5 баллов)	Имеются незначительные недостатки в оформлении (3 балла)	Оформление не соответствует требованиям (0 баллов)
Анализ и интерпретация результата	Умение делать выводы по полученным данным	Даёт обоснованные выводы, связывает результат с теорией (5 баллов)	Формулирует выводы в общем виде (3 балла)	Не умеет интерпретировать результат (0 баллов)

За данный вид работы можно получить от 0 до 60 баллов. Работа засчитывается, если набрано не менее 30 баллов, при этом ни за одну из задач не получен 0, и все предложенные схемы алгоритмов отражают логику решаемой задачи.

Практическая часть лабораторной работы :

Пример типового задания:

Следующий фрагмент кода сгенерирован нейронной сетью:

```
def w_membership(x, a, b, c, d):
    if x <= a or x >= d:
        return 0.0
    elif a < x <= b:
        return (x - a) / (b - a)
    elif b < x <= c:
        return 1.0
    elif c < x < d:
        return (d - x) / (d - c)
    return 0
def build_f(variable_name, a, b, c, d, x_range):
    result = []
    for x in x_range:
        membership = w_membership(x, a, b, c, d)
        result.append((x, membership))
    return result
if __name__ == "__main__":
    variable_name = "????"
     a = 100
    b = 150
    c = 200
    d = 250
     x_range = range(50, 301, 10)
    fuzzy_set = build_f(variable_name, a, b, c, d, x_range)
    for x, mu in fuzzy_set:
        print(f"{x}\t{mu:.3f}")
```

Необходимо реализовать следующие этапы:

1. подобрать и сформировать лингвистическую переменную (ЛП), для которой полученная функция принадлежности может входить в базовое терм-множество;
2. построить функция принадлежности другим способом и согласовать результаты; произвести дефаззификацию (написать программу)
3. расширить базовое терм-множество для этой ЛП;
4. Протестировать программу на расчетных данных, полученных в первой части работы

Успешное выполнение данных этапов позволяет судить об достаточном уровне освоения данной дидактической единицы модуля и последующая защита в рамках лабораторной работы не предусматривается.

Достижение дескрипторов освоения компетенций в рамках лабораторной работы

«Операции над нечеткими множествами и отношениями»

Задача 1 (ОПК-8.1, ОПК-8.2): изучить теоретический материал, приведённый в учебном пособии и конспект лекций

Задача 2 (ОПК-8.1): Для заданных нечетких множеств реализовать нечеткие логические операции

Задача 3 (ОПК-8.2): Разработать блок-схему алгоритма, реализующего вычисление симметрической разности двух произвольных нечетких множеств

Задача 4 (ОПК-8.1, ОПК-8.2): Для заданных нечетких множеств найти нечеткую импликацию по формулам Мамдани, Лукасевача, Ларсена, Гёделя, максиминному и бинарному правилу.

Задача 5 (ОПК-8.1, ОПК-8.2): Разработать блок-схему алгоритма, реализующего вычисление нечеткой импликации двух произвольных нечетких множеств по указанным формулам

Работа выполняется в аудитории в течение полутора часов. Первая половина занятия посвящена анализу поставленной задачи, разработке алгоритма решения и оформления алгоритмического решения в виде схемы алгоритма; переход к программной реализации производится после проверки корректности разработанной логической структуры алгоритмов решения задач и преодоления порогового значения (30 баллов) согласно шкале оценивания (таблица 2) решаемых задач.

Таблица 2. Критерии оценки (баллы):

Критерий	Что проверяется	Высокий уровень	Средний уровень	Низкий уро
Освоение теоретического материала	Понимание понятий, операций и формул нечеткой логики	Демонстрирует полное и точное понимание теории, уверенно использует термины и формулы (10 баллов)	Понимает основные положения, допускает незначительные неточности (5 баллов)	Фрагментар воспроизвод материал, допускает существенны ошибки (0 баллов)
Корректность выполнения нечетких операций	Правильность реализации операций над нечеткими множествами	Все операции выполнены верно, без методических и вычислительных ошибок (10 баллов)	Допущены отдельные неточности, не влияющие на общий результат (5 баллов)	Операции выполнены неверно или грубыми ошибками (0 баллов)
Построение блок-схемы алгоритма	Логичность и полнота алгоритма вычисления	Блок-схема полная, последовательная, соответствует условию задачи (10 баллов)	Блок-схема в целом верна, но содержит отдельные недочеты (5 баллов)	Блок-схема отсутствует построена неверно (0 баллов)
Применение формул нечеткой импликации	Корректность использования формул Мамдани, Лукасевача, Ларсена, Гёделя, максиминного и бинарного правила	Формулы применены правильно, результаты вычислены точно (10 баллов)	Допущены отдельные ошибки в записи или вычислениях (5 баллов)	Формулы применены неверно, результаты получены (0 баллов)
Самостоятельность выполнения	Уровень самостоятельности при решении задач	Задания выполнены самостоятельно, с обоснованием решений (10 баллов)	Требовались отдельные консультации или подсказки (5 баллов)	Работа выполнена преимущест с помощью преподавате (0 баллов)
Оформление результатов	Культура представления решения, схем и вычислений	Решение оформлено аккуратно, логично и методически грамотно (5 баллов)	Имеются незначительные недостатки в оформлении (3 балла)	Оформлени соответству требования (0 баллов)

Критерий	Что проверяется	Высокий уровень	Средний уровень	Низкий уро
Анализ и интерпретация результата	Умение делать выводы по полученным данным	Даёт обоснованные выводы, связывает результат с теорией (5 баллов)	Формулирует выводы в общем виде (3 балла)	Не умеет интерпретир результат (0 баллов)

За данный вид работы можно получить от 0 до 60 баллов. Работа засчитывается, если набрано не менее 30 баллов, при этом ни за одну из задач не получен 0, и все предложенные схемы алгоритмов отражают логику решаемой задачи.

Практическая часть лабораторной работы (ОПК-8.1, ОПК-8.2)::

Пример типового задания:

Следующий фрагмент кода сгенерирован нейронной сетью:

```
def fuzzy_co(membership):
    return [1 - m for m in membership]
def fuzzy_c(membership_a, membership_b):
    if len(membership_a) != len(membership_b):
        raise ValueError("0")
        return [min(a, b) for a, b in zip(membership_a, membership_b)]
def fuzzy_d(membership_a, membership_b):
    if len(membership_a) != len(membership_b):
        raise ValueError()

    return [max(a, b) for a, b in zip(membership_a, membership_b)]
def fuzzy_s(membership_a, membership_b):
    if len(membership_a) != len(mmbership_b):
        raise ValueError("0")
       complement_b = fuzzy_complement(membership_b)
    complement_a = fuzzy_complement(membership_a)
        term1 = fuzzy_c(membership_a, complement_b)
    term2 = fuzzy_c(complement_a, membership_b)
      result = fuzzy_d(term1, term2)
       return result
if __name__ == "__main__":
    A = [0.2, 0.5, 0.8, 0.3, 1.0]
    B = [0.7, 0.3, 0.6, 0.9, 0.4]
    c = fuzzy_c(A, B)
    print( c)
    s= fuzzy_s(A, B)
    print( s)
```

Необходимо реализовать следующие этапы:

5. определить какие нечеткие логические операции реализует данный алгоритм; сформулировать область рассуждений нечетких множеств
6. сформировать схему алгоритма

7. реализовать в данном алгоритме еще три операции и произвести программную обработку пропущенных значений области рассуждений (написать программу)

8. Протестировать программу на расчетных данных, полученных в первой части работы

Успешное выполнение данных этапов позволяет судить об достаточном уровне освоения данной дидактической единицы модуля и последующая защита в рамках лабораторной работы не предусматривается.

1. Корячко В.П., Бакулева М.А., Скворцов С.В. Математическая логика и теория алгоритмов: учебник/ Москва: КУРС, 2022.
2. Корячко В.П., Бакулева М.А., Орешков В.И. Интеллектуальные системы и нечеткая логика: учебник/ Москва: КУРС, 2017.
3. Пруцков А.В.,Волкова Л.Л. Математическая логика и теория алгоритмов: учебник/ Москва: КУРС, 2016.

Составил
доцент кафедры САПР ВС,
к.т.н., доцент М.А. Бакулева

Врио зав. кафедрой САПР ВС,
д.т.н., профессор Д.А. Перепелкин

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Корячко Вячеслав Петрович, Заведующий кафедрой САПР	**27.10.26** 16:06 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Корячко Вячеслав Петрович, Заведующий кафедрой САПР	**27.10.26** 16:06 (MSK)	Простая подпись