

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория автоматов и формальные грамматики

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

09.03.03 - Прикладная информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная информатика в области принятия решений

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.02 Теория автоматов и формальные грамматики относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<p>УК-1.1: Демонстрирует знание принципов сбора, отбора и обобщения информации, базирующихся на системном подходе.</p> <p>УК-1.2: Демонстрирует умение соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.</p> <p>УК-1.3: Демонстрирует наличие практического опыта работы с информационными источниками, опыта научного поиска и представления научных результатов.</p>	<p>УК-1.1: Знать понятия дисциплины «Теория автоматов и формальные грамматики»</p> <p>УК-1.2: Уметь решать математические задачи и проблемы, аналогичные ранее изученным. Для заданных языков уметь строить конечный автоматы, МП-автоматы, контекстно-свободные грамматики. Уметь доказывать нерегулярность языков, не принадлежность к классу контекстно-свободных языков. Уметь решать задачи минимизации КА; задачи проверки принадлежности слова языку, порождаемому контекстно-свободной грамматике.</p> <p>УК-1.3: Владеть представлениями (навыками) об конечных автоматах</p>	Контрольная работа Тест	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-9: Способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и объекты предметной области	ПК-9.1: Демонстрирует знание методических основ моделирования процессов и объектов предметной области.	ПК-9.1: Знать утверждения дисциплины «Теория автоматов и формальные грамматики»	Контрольная работа Тест	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

	<p>ПК-9.2: Демонстрирует умение применения знаний к моделированию прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС.</p> <p>ПК-9.3: Имеет практический опыт моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области.</p>	<p>ПК-9.2: Уметь определять множество непорождаемых и непродуктивных нетерминальных символов для КСГ. Уметь доказывать ранее изученные математические утверждения; проводить доказательства математических утверждений не аналогичных ранее изученным, но тесно примыкающих к ним.</p> <p>ПК-9.3: Владеть представлениями (навыками) о формальных грамматиках</p>		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	58
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические)	Всего	

	о Ф о	о Ф о	занятия/ лабора торные работы), часы	о Ф о	о Ф о
			о Ф о		
Конечные автоматы	50	10	10	20	30
Формальные грамматики	36	12	4	16	20
Автоматы с магазинной памятью	20	10	2	12	8
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	16	50	58

Содержание разделов и тем дисциплины

Конечные автоматы

КА и регулярные языки. Примеры построения КА. Теорема о нерегулярности языка L_a-b . Замкнутость регулярных языков относительно операций объединения, пересечения и дополнения.

Недетерминированные КА и определяемые ими языки. Теорема о регулярности языков, определяемых недетерминированными КА. Лемма о разрастании для регулярных языков. Примеры доказательства нерегулярности языков. Операции конкатенации, возведения в степень и итерации. Замкнутость регулярных языков относительно операций конкатенации и возведения в степень. Замкнутость регулярных языков относительно операции итерации. R-выражения и R-языка. Теорема Клини. Алгоритмы синтеза и анализа КА. Бинарное отношение $EL(,)$ и критерий регулярности языка. Бинарные отношения неразличимости и p -неразличимости. Связь между бинарными отношениями $ri(p+1)$ -неразличимости. Построение бинарного отношения неразличимости. Минимальный КА. Алгоритм минимизации КА. 7 основных алгоритмических проблем для КА и регулярных языков.

Формальные грамматики

Формальные грамматики и языки, порождаемые грамматиками. Классификация грамматик по Хомскому. Элементарные грамматики. Совпадение класса регулярных языков и языков типа 1. Контекстно-свободные грамматики (КСГ) и контекстно-свободные языки (КСЯ). Дерево вывода. Примеры построения КСГ. Алгоритм определения множества продуктивных нетерминальных символов. Алгоритм определения множества порождаемых нетерминальных символов. Алгоритм преобразование КСГ к приведенной форме. Проблемы непустоты КСЯ. Проблема бесконечности КСЯ, теорема о бесконечности КСЯ. Лемма о разрастании для КСЯ. Примеры языков не являющихся КСЯ. Вопросы замкнутости КСЯ относительно операций объединения, пересечения, дополнения, конкатенации и итерации. Понятие грамматики в нормальной форме Хомского. Преобразование КСГ к грамматике в нормальной форме Хомского. Алгоритм Кока-Янгера-Касами.

Автоматы с магазинной памятью

МП-автоматы и распознаваемые ими языки. Примеры построения МП-автоматов. Теорема о совпадении класса контекстно-свободных языков и языков распознаваемых МП-автоматами. Детерминированные контекстно-свободные языки (ДКСЯ). Вопросы замкнутости ДКСЯ относительно операций объединения, пересечения и дополнения.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Теория автоматов и формальные грамматики"

(<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=1507>).

Иные учебно-методические материалы: Коган Д.И., Бабкина Т.С. Основы теории конечных автоматов и регулярных языков. Учебное пособие. Издательство ННГУ. 2002.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Построить КА, распознающий язык $L = \{a^n b^m \mid n, m - \text{нечетные}\}$.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

Доказать, что заданный язык не является КСЯ, используя лемму о разрастании.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент получил верный ответ во всех заданиях.
очень хорошо	Студент получил верный ответ в большинстве заданий.
хорошо	Студент решил большую часть задач с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент решил большую часть задач с существенными недочетами.
неудовлетворительно	Студент допускает грубые ошибки в решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Пусть $A = \{a, b\}$ и $L = \{\alpha \mid \alpha \in A^*, l(\alpha) - \text{четное число}\}$. Какие из следующих утверждений верны:

Варианты ответов:

- L – конечный язык
- L – бесконечный язык

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

Задана формальная грамматика $G = \langle T, N, S, P \rangle$, где $T = \{a, b\}$, $N = \{A, S\}$,

множество продукций P определено следующим образом

$S \rightarrow AbA \mid ab$

$Ab \rightarrow AAab \mid a$

Определить тип грамматики G

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	как минимум 80% правильных ответов в тесте
не зачтено	менее 80% правильных ответов в тесте

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые	Продемонстрированы все основные умения. Решены все	Продемонстрированы все основные умения. Решены все	Продемонстрированы все основные умения. Решены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные

	вследствие отказа обучающегося от ответа	умения. Имели место грубые ошибки	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-1

1. КА и регулярные языки.
2. Примеры построения КА.
3. Теорема о нерегулярности языка $L^{a^*b^*}$.
4. Замкнутость регулярных языков относительно операций объединения, пересечения и дополнения.
5. Недетерминированные КА и определяемые ими языки.
6. Теорема о регулярности языков, определяемых недетерминированными КА.
7. Лемма о разрастании для регулярных языков.
8. Примеры доказательства нерегулярности языков.
9. Операции конкатенации, возведения в степень и итерации.
10. Замкнутость регулярных языков относительно операций конкатенации и возведения в степень.
11. Замкнутость регулярных языков относительно операции итерации.
12. R-выражения и R-языка. Теорема Клини.
13. Алгоритмы синтеза и анализа КА.
14. Бинарное отношение E_L и критерий регулярности языка.
15. Бинарные отношения неразличимости и p -неразличимости.
16. Связь между бинарными отношениями p -неразличимости и $p+1$ -неразличимости.
17. Построение бинарного отношения неразличимости.
18. Минимальный КА. Алгоритм минимизации КА.
19. 7 основных алгоритмических проблем для КА и регулярных языков.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-9

1. Формальные грамматики и языки, порождаемые грамматиками.
2. Классификация грамматик по Хомскому.
3. Элементарные грамматики.
4. Совпадение класса регулярных языков и языков типа 1.

5. Контекстно-свободные грамматики (КСГ) и контекстно-свободные языки (КСЯ).
6. Дерево вывода.
7. Примеры построения КСГ.
8. Алгоритм определения множества продуктивных нетерминальных символов.
9. Алгоритм определения множества порождаемых нетерминальных символов.
10. Алгоритм преобразование КСГ к приведенной форме.
11. Проблемы непустоты КСЯ.
12. Проблема бесконечности КСЯ, теорема о бесконечности КСЯ.
13. Лемма о разрастании для КСЯ.
14. Примеры языков не являющихся КСЯ.
15. Вопросы замкнутости КСЯ относительно операций объединения, пересечения, дополнения, конкатенации и итерации.
16. Понятие грамматики в нормальной форме Хомского.
17. Преобразование КСГ к грамматике в нормальной форме Хомского.
18. Алгоритм Кока-Янгера-Касами.
19. МП-автоматы и распознаваемые ими языки.
20. Примеры построения МП-автоматов.
21. Теорема о совпадении класса контекстно-свободных языков и языков распознаваемых МП-автоматами.
22. Детерминированные контекстно-свободные языки (ДКСЯ).
23. Вопросы замкнутости ДКСЯ относительно операций объединения, пересечения и дополнения.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.

Оценка	Критерии оценивания
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-9

Построить КА, распознающий язык $L = \{a^n b^m \mid n > m\}$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент получил верный ответ во всех заданиях.
очень хорошо	Студент получил верный ответ в большинстве заданий.
хорошо	Студент решил большую часть задач с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент решил большую часть задач с существенными недочетами.
неудовлетворительно	Студент допускает грубые ошибки в решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Коган Дмитрий Израилевич. Основы теории конечных автоматов и регулярных языков : учеб.

пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2002. - 97 с. - ISBN 5-85746-638-5 : 12.00., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Каширская Е. Н. Теория конечных автоматов / Каширская Е. Н., Клягин М. М., Серебрянкин В. А. - Москва : РГУ МИРЭА, 2021. - 100 с. - Книга из коллекции РГУ МИРЭА - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=802730&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Операционные системы семейства MicrosoftWindows, лицензия по подписке MicrosoftImagine.
2. Браузер Google Chrome, предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 09.03.03 - Прикладная информатика.

Автор(ы): Афраимович Лев Григорьевич, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Прилуцкий Михаил Хаимович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.