

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 05.10.2023 14:33:47
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

РЕКУРСИВНЫЕ ФУНКЦИИ

Направление подготовки

02.04.02 ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

Направленность (профиль)

Информационные технологии в управлении и принятии решений

Для студентов 1-го курса

очная форма

Составитель: д.ф.-м.н., доцент С.М. Дудаков

Тверь, 2022

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины:

ознакомить обучающихся с современным состоянием теории рекурсивных функций и связанными с ней вопросами теории алгоритмов.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина входит в раздел «Элективные дисциплины» части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1.

Предварительные знания и навыки. знание математической логики, теории алгоритмов, теории множеств.

Дальнейшее использование. Полученные знания могут применяться при выполнении научно-исследовательской работы, при прохождении научно-исследовательской практики, при написании магистерской диссертации.

3. Объем дисциплины: 5 зач. ед., 180 акад. ч., в том числе:

контактная аудиторная работа лекций 28 ч., практических занятий 28 ч.,
контактная внеаудиторная работа контроль самостоятельной работы 0 ч., в том числе курсовая (расчетно-графическая) работа 0 ч.;
самостоятельная работа 124 ч., в том числе контроль 27 ч.

4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1, Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1, Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними УК-1.4, Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов
ПК-1, Способен владеть общенаучными знаниями в области математических, естественных наук, фундаментальной информатики и информационных технологий и методов искусственного интеллекта	ПК-1.1, Применяет полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решает стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности ПК-1.2, Имеет практический опыт научно-ис-

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
	следовательской деятельности в области информационных технологий

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения:

Экзамен во 2 семестре.

6. Язык преподавания:

русский

II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Для студентов очной формы обучения

Учебная программа — наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)				Контроль сам. раб., в т.ч. курсовая работа	Сам. раб., в т.ч. контроль (час.)
		Лекции		Практ. занятия / Лаб. работы			
		Всего	В т.ч. практ. подг.	Всего	В т.ч. практ. подг.		
1	2	3	4	5	6	7	8
Формализации и нумерации	25	4		4/0		0	17
Рекурсивность и рекурсивная перечислимость	39	6		6/0		0	27
Сводимости, полные множества	51	8		8/0		0	35
Рекурсия в высших типах	26	4		4/0		0	18
Иерархии	39	6		6/0		0	27
Итого	180	28	0	28/0	0/0	0	124

Учебная программа дисциплины

1. Формализации и нумерации

- Формализации понятия алгоритм: машины Тьюринга, частично рекурсивные функции, алгорифмы Маркова, λ -исчисление, счетчиковые машины
- Нумерация алгоритмов, универсальные функции

2. Рекурсивность и рекурсивная перечислимость

- Рекурсивные и рекурсивно перечислимые множества, их связь
- Рекурсивность и нерекурсивность теоретико-множественных операций
- Перечисления с особыми свойствами: однозначные, возрастающие

3. Сводимости, полные множества

- Формы сводимости: 1, m , tt и T -сводимости
- Теорема о рекурсии, продуктивные, креативные множества, цилиндры, 1-полнота, m -полнота
- Иммунные множества, простые множества, tt -полнота
- Гипериммунные и гиперпростые множества, T -полнота
- Проблема Поста, решение Фридберга-Мучника

- Решетки классов неразрешимости

4. Рекурсия в высших типах

- Рекурсивные операторы и функционалы
- Сводимость перечислением
- Теорема о рекурсии
- Рекурсивные ординалы

5. Иерархии

- Арифметическая иерархия, определения, связь с арифметикой
- Примеры задач разных уровней неразрешимости
- Неарифметичность множества истинных арифметических формул
- Аналитическая иерархия
- Примеры задач класса Π_1^1

III. Образовательные технологии

Учебная программа — наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
Формализации и нумерации	лекции, практические занятия	изложение теоретического материала, решение задач
Рекурсивность и рекурсивная перечислимость	лекции, практические занятия	изложение теоретического материала, решение задач
Сводимости, полные множества	лекции, практические занятия	изложение теоретического материала, решение задач
Рекурсия в высших типах	лекции, практические занятия	изложение теоретического материала, решение задач
Иерархии	лекции, практические занятия	изложение теоретического материала, решение задач

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

Типовые контрольные задания и/или критерии для проверки индикаторов УК-1.1, УК-1.4

Требования к обучающемуся	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания, шкала оценивания
Знать методы классификации алгоритмических проблем,	Примеры вопросов к экзамену <ul style="list-style-type: none"> • Операция скачка 	оценка 3 — знает определения классов арифметической и

Требования к обучающемуся	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания, шкала оценивания
арифметическую и аналитическую иерархию	<ul style="list-style-type: none"> • Иерархия по операции скачка • Классы арифметической иерархии • Классы аналитической иерархии • Элементарная арифметика и элементарный анализ • Неарифметичность множества истинных арифметических формул • Неаналитичность множества истинных аналитических формул 	аналитической иерархий, положение в них основных алгоритмических проблем, оценка 4 — кроме того, знает свойства этих иерархий и классов, оценка 5 — кроме того, знает доказательства указанных утверждений
Знать методы переноса методов теории алгоритмов на объекты высших порядков: множества и функции	<p>Примеры вопросов к экзамену</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рекурсивные операторы и функционалы • Сводимость перечислением • Теорема о рекурсии 	оценка 3 — знает определения различных формализации рекурсивных действий с объектами высших порядков, оценка 4 — кроме того, знает свойства этих формализаций, оценка 5 — кроме того, знает доказательства указанных утверждений

Типовые контрольные задания и/или критерии для проверки индикатора ПК-1.1

Требования к обучающемуся	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания, шкала оценивания
Знать типы алгоритмической сводимости	<p>Примеры вопросов к экзамену</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1-, m- и tt-сводимости, их свойства • Цилиндры • Связь 1-полноты и m-полноты • Иммунные множества и простые множества • Трудные и полные множества • Релятивизированные вычисления • Сводимость по Тьюрингу • Гипериммунные и гиперпростые множества • T-полнота, теорема Деккера • Проблема Поста, решение Фридберга-Мучника • Максимальные и сжатые множества 	оценка 3 — знает определения различных сводимостей, оценка 4 — кроме того, знает свойства этих сводимостей, оценка 5 — кроме того, знает доказательства указанных утверждений
Уметь применять различные виды алгоритмической сводимости	<p>Примеры задач для контрольных работ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Пусть Φ — произвольная геделева нумерация одноместных частично рекурсивных функций, а множество A задано следующим образом: $A = \{x \in \omega : \Phi_x \text{ — не линейная}\}.$	оценка 3 — умеет использовать какой-либо вид алгоритмической сводимости, оценка 4 — кроме того, умеет использовать различные

Требования к обучающемуся	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания, шкала оценивания
	<p>Доказать, что множество A m-полно.</p> <ul style="list-style-type: none"> Доказать, что в любом бесконечном рекурсивном множестве существует нерекурсивное, но рекурсивно перечислимое подмножество. Доказать, что множество номеров функций с пустой областью определения не рекурсивно перечислимо. 	<p>модели релятивизации, оценка 5 — кроме того, умеет применять различные виды алгоритмической сводимости</p>
Уметь определять класс неразрешимости проблемы	<p>Примеры задач для контрольных работ</p> <ul style="list-style-type: none"> Представить в элементарной арифметике функцию, вычисляющую количество простых делителей числа x. Записать в элементарном анализе формулу, которая по номеру множества определяет, является ли оно арифметическим. Доказать, что множество истинных в системе $(\mathbb{R}, N; \times, e^x)$ формул не является аналитическим. Определить, в каком классе арифметической иерархии лежит следующее множество (Φ — геделева нумерация двухместных ч.р.ф.) $B = \{x \in \omega : \mu\Phi_x \text{ является о.р.ф.}\}.$ Доказать, что множество номеров конечных рекурсивно перечислимых множеств принадлежит второму уровню арифметической иерархии. 	<p>оценка 3 — умеет грубо определять верхнюю границу неразрешимости с помощью алгоритма Куратовского, оценка 4 — умеет определять верхнюю границу неразрешимости с нетривиальных случаях, оценка 5 — кроме того, умеет находить нижнюю границу неразрешимости</p>
Уметь строить рекурсивные операторы и функционалы с использованием различных формализаций	<p>Примеры задач для контрольных работ</p> <ul style="list-style-type: none"> Определить рекурсивный оператор, который по входному множеству геделевых номеров одноместных ч.р.ф. выдает его подмножество, состоящее из номеров тех функций, которые определены хотя бы в одной точке. Доказать, что следующий оператор не является рекурсивным: по входному множеству геделевых номеров одноместных ч.р.ф. выдает его подмножество, состоящее из номеров о.р.ф. Определить рекурсивный оператор, который по графику функции выдает множество ее значений, принимаемых более чем однажды. 	<p>оценка 3 — умеет определять строить простейшие рекурсивные операторы с использованием одной из формализаций, оценка 4 — умеет использовать операторы различной сложности с использованием разных формализаций, оценка 5 — кроме того, умеет устанавливать нерекурсивность операторов</p>

Типовые контрольные задания и/или критерии для проверки индикатора ПК-1.2

Требования к обучающемуся	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания, шкала оценивания
Владеть базовыми навыками самостоятельного исследования	<p>Возможные темы для самостоятельного изучения</p> <ul style="list-style-type: none"> Рекурсивный анализ Конструктивистская логика Рекурсивные алгебраические системы 	<p>оценка 3 — способен самостоятельно изучить научные результаты, оценка 4 — кроме того, способен проинтерпретировать различные аспекты полученной информации, оценка 5 —</p>

Требования к обучающемуся	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания, шкала оценивания
		кроме того, способен применить полученные знания для решения конкретных задач

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Рекомендованная литература

а) Основная литература

- [1] Марченков, С.С. Рекурсивные функции [Электронный ресурс] : . — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2007. — 62 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2260 — Загл. с экрана (ЭБС ЛАНЬ).
- [2] Верещагин Н.К. Лекции по математической логике и теории алгоритмов. Часть 3. Вычислимые функции [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.К. Верещагин, Шень А. — Электрон. дан. — М. : МЦНМО (Московский центр непрерывного математического образования), 2008. — 190 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=9308 — Загл. с экрана (ЭБС ЛАНЬ).
- [3] Тихомирова, А.Н. Практикум по теории алгоритмов: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Н. Тихомирова, Н.В. Сафоненко. — Электрон. дан. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 132 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=584409>. — Загл. с экрана.

б) Дополнительная литература

- [4] Игошин В.И. Теория алгоритмов: Учебное пособие / В.И. Игошин. — М.: ИНФРА-М, 2012. — 318 с.: 60x90 1/16. — (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-005205-2 — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=241722> (ЭБС ИНФРА-М)

2. Программное обеспечение

Наименование помещений	Программное обеспечение
Ауд. 201а (компьютерная лаборатория ПМиК) (170002, Тверская обл., г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Перечень программного обеспечения (со свободными лицензиями): Linux Kubuntu, KDE, TeXLive, TeXStudio, LibreOffice, GIMP, Gwenview, ImageMagick, Okular, Skanlite, Google Chrome, KDE Connect, Konversation, KRDC, KTorrent, Thunderbird, Elisa, VLC media player, PulseAudio, KAppTemplate, KDevelop, pgAdmin4, PostgreSQL, Qt, QtCreator, R, RStudio, Visual Studio Code, Perl, Python, Ruby, clang, clang++, gcc, g++, nasm, flex, bison, Maxima, Octave, Dolphin, HTop, Konsole, KSystemLog, Xterm, Ark, Kate, KCalc, Krusader, Spectacle, Vim.

3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- [1] ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://www.znanium.com>
- [2] ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru>
- [3] ЭБС IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru>
- [4] ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>
- [5] ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru>
- [6] ЭБС ТвГУ <http://megapro.tversu.ru/megapro/Web>
- [7] Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы) https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp
- [8] Репозиторий ТвГУ <http://eprints.tversu.ru>

4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- [1] Московский центр непрерывного математического образования, <http://www.mccme.ru/>

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Выставление оценок

Контрольная работа 1. Темы: элементарная арифметика. Пример задания:

Представить в элементарной арифметике частичную функцию $f(x)$. Значение $f(x)$ равняется наименьшему основанию системы счисления, в которой запись x не содержит нулей. При $x = 0$ значение функции неопределено.

За решение задачи выставляется максимум 10 баллов.

Контрольная работа 2. Темы: арифметическая иерархия. Пример задания:

Определить, в каком классе арифметической иерархии лежит следующее множество

$$B = \{x \in \omega : \text{область определения } \Phi_x \text{ — это в точности множество четных чисел}\}.$$

За решение задачи выставляется максимум 10 баллов.

Контрольная работа 3. Темы: рекурсия в высших типах. Пример задания:

Доказать, что существует рекурсивный оператор, который по x перечисляет номера множеств W_i , начальный сегмент которых включает D_x .

За решение задачи выставляется максимум 10 баллов.

Общая сумма В сумме за все задачи выставляет не более 30 баллов.

За работу на практических занятиях (решение задач у доски, выполнение домашних заданий) выставляется максимум 30 баллов.

За ответ на экзамене выставляется максимум 40 баллов.

VII. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для аудиторной работы

Наименование помещений	Материально-техническое оснащение помещений
Ауд. 308 (170002, Тверская обл., г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Набор учебной мебели, экран проектор.

Для самостоятельной работы

Наименование помещений	Материально-техническое оснащение помещений
Ауд. 201а (компьютерная лаборатория ПМиК) (170002, Тверская обл., г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Набор учебной мебели, доска маркерная, компьютер, сервер (системный блок), концентратор сетевой.

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п/п	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесённых изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1	I. Аннотация. 3. Объем дисциплины	Выделение часов на практическую подготовку	От 29.10.2020 года, протокол № 3 учёного совета факультета
2	II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	Выделение часов на практическую подготовку по темам	От 29.10.2020 года, протокол № 3 учёного совета факультета
3	I. Аннотация. IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации	Изменения в учебные планы и в рабочие программы дисциплин, формирующих новые/измененные компетенции в соответствии с приказом Минобрнауки России от 26.11.2020 г. № 1456	Протокол № 7 заседания ученого совета от 30.12.2021 года
4	V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	Внесены изменения в программное обеспечение	От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета
5	VII. Материально-техническое обеспечение	Внесены изменения в материально-техническое обеспечение аудиторий	От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета