

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям



О.И. Чуррис

Регистрационный № УД 19361 уч.

ТЕОРИЯ АЛГОРИТМОВ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности первой ступени высшего
образования:**

1-31 03 04 «Информатика»

2018 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 04-2013, типовой учебной программы G-512/тип. от 20.05.2015 и учебного плана УВО G31-169/уч. от 30.05.2013, G31и-192/уч. от 30.05.2013.

Составители:

В.М. Котов, заведующий кафедрой дискретной математики и алгоритмики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор;

Е.П. Соболевская, доцент кафедры дискретной математики и алгоритмики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой дискретной математики и алгоритмики Белорусского государственного университета (протокол № 3 от 19 октября 2017 г.);

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета (протокол № 3 от 19 декабря 2017 г.).



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по дисциплине «Теория алгоритмов» относится к государственному компоненту цикла специальных дисциплин, разработана на основе типовой учебной программы «Теория алгоритмов» для специальности 1-31 03 04 «Информатика».

Учебная дисциплина «Теория алгоритмов» знакомит студентов с фундаментальными понятиями, используемыми при разработке алгоритмов и оценке их качества. В учебную программу учебной дисциплины включены разделы, позволяющие строить эффективные алгоритмы для разнообразных задач дискретной и комбинаторной оптимизации с использованием различных структур данных.

Основой для изучения учебной дисциплины «Теория алгоритмов» являются следующие учебные дисциплины: «Дискретная математика и математическая логика» государственного компонента и «Программирование» компонента учреждения высшего образования.

Методы, излагаемые в учебной дисциплине «Теория алгоритмов», используются при изучении учебных дисциплин: «Исследование операций», «Модели данных и системы управления базами данных» государственного компонента, а также при изучении ряда дисциплин специализации. Изучение учебной дисциплины позволяет дать студентам базу, необходимую для успешного усвоения материала перечисленных выше учебных дисциплин, а также получить знания, необходимые им в дальнейшем для успешной работы.

Цель преподавания учебной дисциплины «Теория алгоритмов» – формирование навыков для построения и анализа методов и алгоритмов при решении модельных задач дискретной оптимизации и их применение на практике.

При изложении материала учебной дисциплины целесообразно выделить этап построения математической модели, существенно влияющей на ее адекватность реальной проблеме, а также показать возможность использования аппарата теории алгоритмов для анализа и обоснования выбора наиболее эффективных методов и алгоритмов для решения прикладных задач.

Основные задачи, решаемые при изучении учебной дисциплины «Теория алгоритмов»:

- формирование таких фундаментальных понятий, как размерность задачи и трудоемкость алгоритмов;
- изучение подходов для определения трудоемкости алгоритмов посредством составления и решения рекуррентных уравнений;
- изучение современных структур данных и обоснование выбора соответствующей структуры в зависимости от набора базовых операций, используемых в алгоритме;
- изучение методов решения NP -трудных задач и оценка качества построенных решений.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать:

- понятие размерности задачи и трудоемкости алгоритма;
- основные способы решения рекуррентных уравнений;
- основные подходы при разработке эффективных алгоритмов;
- способы организации структур данных и технологию их использования;
- виды поисковых деревьев;
- базовые алгоритмы на графах;
- основные методы отсечений при организации перебора вариантов;
- способы оценки приближенных алгоритмов;
- основные приемы, используемые для сжатия информации;
- основные модели параллельных вычислений;

уметь:

- сводить решение исходной задачи к решению подзадач и определять трудоемкость алгоритмов на основе рекуррентных соотношений;
- выбирать подходящие структуры данных при разработке эффективного алгоритма решения задачи;
- реализовывать поисковые деревья;
- строить графовые модели и применять базовые графовые алгоритмы;
- организовывать дерево перебора вариантов и осуществлять отсечения бесперспективных решений;
- оценивать качество приближенных алгоритмов;

владеть:

- основными подходами для разработки эффективных алгоритмов: метод «разделяй и властвуй» и «динамическое программирование»;
- навыками реализации и использования структур данных;
- способами организации перебора вариантов при решении *NP*-трудных задач;
- приемами построения и оценки качества приближенных алгоритмов.

В результате изучения учебной дисциплины специалист должен владеть следующими академическими компетенциями (АК) и профессиональными компетенциями (ПК):

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

ПК-14. Работать с научной, нормативно-справочной и специальной литературой.

Учебная программа рассчитана на 262 часа, из них 136 аудиторных часов, в том числе 68 лекционных часов, 60 часов лабораторных занятий и 8 часов управляемой самостоятельной работы, 4 семестр.

Форма текущей аттестации – экзамен, зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел I. Анализ алгоритмов

1.1 Введение. Основные понятия и определения

Предмет теории алгоритмов. Историческое развитие теории алгоритмов и ее место среди других математических наук и в естествознании. Формальное описание задачи. Размерность задачи. Трудоемкость алгоритма. Асимптотики O , Ω , Θ . Полиномиальные, псевдополиномиальные и экспоненциальные алгоритмы. Примеры алгоритмов решения задач и оценка их трудоемкости.

1.2 Рекуррентные уравнения и основные методы их решения

Понятие рекуррентного уравнения. Полное рекуррентное уравнение. Основные методы решения рекуррентных уравнений. Оценка решения рекуррентного уравнения: метод подстановок. Оценка трудоемкости базовых алгоритмов внутренней сортировки и поиска, используя рекуррентные уравнения. Выбор способа программной реализации рекуррентного соотношения.

Раздел II. Разработка эффективных алгоритмов

2.1 Динамическое программирование

Основные подходы к разработке эффективных алгоритмов: динамическое программирование. Примеры решения задач.

2.2 Метод «разделяй и властвуй»

Основные подходы к разработке эффективных алгоритмов: метод «разделяй и властвуй». Примеры решения задач.

Раздел III. Структуры данных

3.1 Простейшие структуры данных

Способы организации базовых структур данных: массив, простой список, мультисписок, стек, очередь. Реализация базовых операций и их трудоемкость. Технология использования простейших структур данных на примере алгоритма сжатия информации Хаффмена.

3.2 Специализированные структуры данных

Приоритетная очередь. Бинарная куча. Биномиальная куча. Куча Фибоначчи. Реализация базовых операций и их трудоемкость. Амортизированная (усредненная) оценка трудоемкости операции. Примеры решения задач.

3.3 Система непересекающихся множеств

Система непересекающихся множеств. Различные способы представления системы непересекающихся множеств в памяти компьютера. Реализация базовых операций и их трудоемкость. Примеры решения задач.

3.4 Хеш-таблицы

Прямая адресация. Хеш-таблицы и хеш-функции. Коллизии. Методы разрешения коллизий: метод цепочек, открытая адресация. Универсальное семейство хеш-функций. Совершенное хеширование.

3.5 Поисковые деревья

Методы хранения деревьев в памяти компьютера Бинарные поисковые деревья. Сбалансированные поисковые деревья: AVL-деревья, 2–3-деревья. Поддержка инвариантов сбалансированности. Реализация базовых операций и их трудоемкость.

Раздел IV. Графовые алгоритмы

4.1 Способы обхода вершин графа

Графовые модели. Методы хранения графов в памяти компьютера. Алгоритм поиска в глубину в графе и его трудоемкость. Алгоритм поиска в ширину в графе и его трудоемкость. Связность, двудольность графа. Выделение сильно связанных компонент ориентированного графа. Маршруты, обладающие заданными свойствами. Топологическая сортировка. Эйлеров цикл.

4.2. Кратчайший маршрут

Алгоритмы построения кратчайших маршрутов в графе и их трудоемкость. Различные подходы к программной реализации алгоритма Дейкстры и их трудоемкость.

4.3 Минимальное остовное дерево

Минимальное остовное дерево графа. Алгоритм Прима. Алгоритм Краскала. Трудоемкость алгоритмов построения минимального остовного дерева.

4.4 Поток в сети

Максимальный поток в сети и его приложения.

Раздел V. Организация перебора вариантов

5.1 Построение дерева вариантов

Построение дерева вариантов. Способы обхода: односторонний и фронтальный.

5.2 Методы отсечений

Методы уменьшения перебора: отсечения по повторению, по недопустимости. Понятие рекорда и нижней оценки. Отсечения по рекорду.

Раздел VI. Приближенные алгоритмы

6.1 Погрешность алгоритмов. Нижние оценки оптимального решения. Матроидные структуры. Разрешимые случаи.

Построение приближенных решений. Погрешность алгоритмов. Анализ

наихудшего случая. Градиентные алгоритмы. Матроидные структуры. Разрешимые случаи для задачи гамильтонова цикла. Теорема Дирака, Хватала.

6.2 Алгоритмы с гарантированной оценкой

Алгоритмы с гарантированной оценкой. ε -приближенные и быстрые ε -приближенные алгоритмы. Алгоритмы с неполной информацией. On-line и semi online

версии задач (задачи с неполной информацией о входных данных), алгоритмы

их решения и способы оценки качества решений.

Раздел VII. Параллельные алгоритмы

7.1 Модели параллельных вычислений

Сортирующие сети. Компараторы. Полуочиститель. Сети слияния. Модели параллельных вычислений. Понятие PRAM-машины. Различные типы машин: EREW P1AM, CREW PRAM, CRCW PRAN (Weaii, Common, Arbitrary, Priority, Strong). Связь между ними.

7.2 Методы распараллеливания

Общие методы распараллеливания: метод сдваивания, матричная техника, сепараторы. Рандомизированные алгоритмы.

Раздел VIII. Теория кодирования

8.1 Алгоритмы на основе вероятности

Алгоритмы на основе вероятности. Алгоритм Хаффмена, Шенона. Арифметическое кодирование.

8.2 Алгоритмы с учетом повторения

Алгоритмы типа Лемпеля-Зива. Алгоритм Левенштейна.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Название раздела, темы	Количество часов				Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Аудиторные					
		Лекции	Пр. и сем. зан.	Лаб. зан.	Иное		
1	Анализ алгоритмов	6					
1.1	Введение. Основные понятия и определения.	2					Тестирование
1.2	Рекуррентные уравнения и основные методы их решения	4					Контрольная работа №1
2	Разработка эффективных алгоритмов	2		6			
2.1	Динамическое программирование	1					Устный опрос
	<i>Лабораторная работа. Задача оптимального перемножения группы матриц.</i>			2			Система iRunner
2.2	Метод «разделяй и властвуй»	1					Устный опрос
	<i>Лабораторная работа. Разработка эффективных алгоритмов. Рекуррентные соотношения</i>			4			Устная защита алгоритмов решения индивидуальных задач (iRunner)
3.	Структуры данных	16		12		2	Коллоквиум. Алгоритмы и структуры данных
3.1	Простейшие структуры данных	2					Устный опрос
3.2	Специализированные структуры данных	6					Контрольная работа №2
	<i>Лабораторная работа. Приоритетные очереди</i>			4			Система iRunner
3.3	Система непересекающихся множеств	2					Тестирование
3.4	Хеш-таблицы	2					Тестирование
	<i>Лабораторная работа. Структуры данных.</i>			4			Устная защита алгоритмов решения индивидуальных задач (iRunner)

3.5	Поисковые деревья	4					Контрольная работа №3
	<i>Лабораторная работа. Бинарные поисковые деревья</i>			4		2	Программная реализация базовых операций, устная защита алгоритма решения индивидуальной задачи (iRunner).
4.	Графовые алгоритмы	10		12		2	
4.1	Способы обхода вершин графа	2					Тестирование
	<i>Лабораторная работа. Поиск в ширину в графе. Поиск в глубину в графе</i>			4			Система iRunner
4.2	Кратчайший маршрут	4					Устный опрос
4.3	Минимальное остовное дерево	2					Контрольная работа №4
4.4	Поток в сети	2					Устный опрос
	<i>Лабораторная работа. Алгоритмы на графах</i>			8		2	Устная защита алгоритмов решения индивидуальных задач (iRunner)
5.	Организация перебора вариантов	6		14		2	
5.1	Построение дерева вариантов. Способы обхода: односторонний и фронтальный.	2					Устный опрос
5.2	Методы отсечений	4					Устный опрос
	<i>Лабораторная работа. Организация перебора вариантов</i>			14		2	Устная защита алгоритмов решения индивидуальных задач. Система iRunner
6.	Приближенные алгоритмы	12		12		2	Коллоквиум. Организация перебора вариантов и приближенные алгоритмы.

6.1	Погрешность алгоритмов. Нижние оценки оптимального решения. Матроидные структуры. Разрешимые случаи.	8					Тестирование
6.2	Алгоритмы с гарантированной оценкой	4					Устный опрос
	<i>Лабораторная работа. Приближенные алгоритмы</i>			12		2	Устная защита алгоритмов решения индивидуаль ных задач. Система iRunner.
7.	Параллельные алгоритмы	12		2			
7.1	Модели параллельных вычислений	4					Устный опрос
7.2	Методы распараллеливания	8					Устный опрос
	<i>Лабораторная работа. Параллельные алгоритмы</i>			2			Решение задач
8.	Теория кодирования	4		2			
8.1	Алгоритмы на основе вероятности	2					Устный опрос
8.2	Алгоритмы с учетом повторения	2					Устный опрос
	<i>Лабораторная работа. Теория кодирования</i>			2			Решение задач
ИТОГО		68		60		8	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Алгоритмы : построение и анализ/ Т. Кормен [и др.] – М. : Вильямс, 2005. – 1296 с.
2. Ковалев М.Я., Котов В.М. Ленин В.В. Теория алгоритмов. Часть 2. Приближенные алгоритмы – Мн.: БГУ, 2003. – 147 с.
3. Котов В. М., Соболевская Е.П., Толстикова А.А. Алгоритмы и структуры данных: учеб. пособие. – Мн.: БГУ, 2011. – 267 с. – (Классическое университетское издание).
4. Сборник задач по теории алгоритмов : учеб.-метод. пособие / В.М. Котов[и др.]. – Мн.: БГУ, 2017. – 183 с.
5. Теория алгоритмов : учеб. пособие / П.А. Иржавский [и др.]. – Мн.: БГУ, 2013. – 159 с.

Дополнительная

6. Г. П. Волчкова, В. М. Котов, Е. П. Соболевская. Сборник задач по теории алгоритмов. Организация перебора вариантов и приближенные алгоритмы: для студентов спец. 1-31 03 04 «Информатика». – Мн.: БГУ, 2008.– 59 с.
7. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. М., 1982.
8. Лекции по теории графов/ В. А. Емеличев [и др.] – М.: Наука, 1990. – 384 с.
9. Mark Allen Weiss. Data structures and algorithm analysis. – Benjamin/Cummings Publishing Company, 1992. – 455 p.
10. Shaffer C. A Practical Introduction to Data Structure and Algorithm Analysis. – London: Prentice Hall International, 1997. – 494 p.

Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным и конечным требованиям образовательной программы создаются фонды оценочных средств, включающие индивидуальные задания, общие задания, контрольные работы и тесты. Оценочными средствами предусматривается оценка способности обучающихся к творческой деятельности, научно-исследовательской деятельности, их готовность вести поиск эффективного решения новых задач.

На лекционных занятиях по учебной дисциплине «Теория алгоритмов» возможно использование элементов проблемного обучения: проблемное изложение некоторых аспектов, использование частично-поискового метода.

На лабораторных занятиях по учебной дисциплине «Теория алгоритмов» рекомендуется использовать индивидуальный, творческий подход. Студенты получают от преподавателя индивидуальные задания, в рамках управляемой самостоятельной работы разрабатывают алгоритмы их решения с последующими реализациями на некотором языке программирования и проверкой их работоспособности на компьютере, а также доказывают эффективность разработанных алгоритмов с точки зрения выбранных структур данных, трудоемкости и объема используемой памяти.

Условия для самостоятельной работы студентов, в частности, для развития навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса, обеспечиваются:

- наличием и использованием в учебном процессе открытых систем автоматического тестирования, которые доступны пользователям через Интернет в любое удобное для них время (локальный доступ, удаленный доступ);
- в рамках самостоятельной работы обеспечение проверки на использование несанкционированных материалов;
- наличием и полным доступом обучающегося к библиотечным фондам, электронным средствам обучения, доступностью электронных (и бумажных) вариантов лекций, учебно-методических пособий и сборников задач по основным разделам учебной дисциплины, указаниями к решению типовых задач.

*Примерный перечень заданий
управляемой самостоятельной работы.*

1. Структуры данных (бинарные поисковые деревья).
2. Алгоритмы на графах (поиск в ширину в графе, поиск в глубину в графе).
3. Организация перебора вариантов и отсечение неперспективных вариантов ветвления.
4. Приближенные алгоритмы.

Для диагностики компетенций в рамках учебной дисциплины используются следующие формы:

1. Устная форма.
2. Письменная форма.
3. Техническая форма.

К устной форме диагностики компетенций относятся:

- 1) коллоквиумы («Алгоритмы и структуры данных», «Организация перебора вариантов и приближенные алгоритмы»).
- 2) устные опросы.

К письменной форме диагностики компетенции относятся контрольные работы (не менее четырех работ):

- Контрольная работа №1. Трудоемкость алгоритмов.
- Контрольная работа №2. Приоритетные очереди.

Контрольная работа №3. Организация поиска. Сбалансированные поисковые деревья.

Контрольная работа №4. Алгоритмы на графах и их трудоемкость.

К технической форме диагностики компетенции относятся:

- 1) тесты (тестирование теоретических знаний проводится, используя системы автоматического тестирования, после завершения каждого раздела дисциплины с последующим разбором с каждым учащимся допущенных ошибок);
- 2) индивидуальные задания на компьютере (с обязательной устной защитой алгоритмов решения задач и оценкой трудоемкости) по следующим основным разделам дисциплины:
 - 1) Бинарные поисковые деревья.
 - 2) Рекуррентные соотношения.
 - 3) Структуры данных.
 - 4) Алгоритмы на графах.
 - 5) Организация перебора вариантов.
 - 6) Приближенные алгоритмы;

В качестве технических средств диагностики компетенций рекомендуется использовать систему автоматического тестирования InsightRunner (www.acm.bsu.by) – инструмент с эффективной функциональностью контроля, тренинга и самостоятельной работы. Для контроля самостоятельности выполнения работ рекомендуется выдавать каждому студенту индивидуальные задания и использовать автоматические системы определения несанкционированных.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г. «Об утверждении Правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования»; Положением о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете, Приказ ректора БГУ № 382-ОД от 18 августа 2015 г.; критериями оценки уровня знаний и компетенций студентов № 21-04-1/105 от 22 декабря 2003 г.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Программирование	Многопроцессорных систем и сетей	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол №3 от 19 октября 2017
Дискретная математика и математическая логика	Дискретной математики и алгоритмики	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол №3 от 19 октября 2017

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на ____ / ____ учебный год

№№ Пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры дискретной математики и алгоритмики (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, звание)_____
(подпись)_____
(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

(ученая степень, звание)_____
(подпись)_____
(И.О.Фамилия)