

**Программа учебной дисциплины  
«Алгоритмы и структуры данных (часть 1 | модули 1-2)»**

Утверждена  
Академическим советом ОП  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ .20 \_\_\_\_\_

Разработчик	Родригес Залепинос Рамон Антонио, Доцент, Департамент программной инженерии
Число кредитов	8
Контактная работа (час.)	56
Самостоятельная работа (час.)	82
Курс, Образовательная программа	2 (Б) курс, Программная инженерия
Формат изучения дисциплины	Без использования онлайн курса

**1. Цель, результаты освоения дисциплины и пререквизиты**

Цели:

1. освоить основные понятия о структурах данных
2. научиться выполнять асимптотический анализ сложности алгоритмов
3. научиться программировать на языке C++
4. узнать устройство элементарных структур данных (список, стек, очередь и других)
5. узнать свойства хэш функций и хэш таблиц
6. узнать виды деревьев (структуры данных) и их разновидности
7. осведомиться о современных тенденциях в разработке структур данных

Планируемые результаты обучения (ПРО):

1. знать основы асимптотического анализа сложности алгоритмов
2. знать структуры данных стек, список, очередь
3. знать принципы хэширования и хэш таблиц
4. знать древовидные структуры данных
5. ориентироваться в современных тенденциях разработки структур данных
6. знать дополнительные структуры данных (опционально)

**2. Содержание учебной дисциплины**

Тема (раздел дисциплины)	Объем в часах	Планируемые результаты обучения (ПРО), подлежащие контролю	Формы контроля
	лк		
	см		
	onl/cp		
Основные понятия	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• знать основы асимптотического анализа сложности алгоритмов</li> </ul>	LP, PP, CW, EX,
	4		
	8		
Элементарные структуры данных и C++	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• знать структуры данных стек, список, очередь</li> </ul>	LP, PP, CW, HW1, EX,
	8		
	22		
Хэш таблицы	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• знать принципы хэширования и хэш</li> </ul>	LP, PP, CW,

	4	таблиц	HW1, EX, HW2,
	14		
Деревья	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>знать древовидные структуры данных</li> </ul>	LP, PP, CW, HW1, EX, HW2,
	6		
	20		
Современные тенденции в разработке структур данных	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>ориентироваться в современных тенденциях разработки структур данных</li> </ul>	LP, PP, CW, HW1, EX, IT, HW2,
	0		
	9		
Дополнительные главы	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>знать дополнительные структуры данных (опционально)</li> </ul>	LP, PP, CW, EX, IT, HW2,
	4		
	9		
<b>Часов по видам учебных занятий:</b>	30		
	26		
	82		
<b>Итого часов:</b>	138		

### Содержание разделов дисциплины:

#### 1. Основные понятия

Определение структуры данных. АД (абстрактный тип данных). Аналогия с математическими объектами (множество, отображение, отношение и другие объекты). Цели и причины разработки различных структур данных (для чего они нужны и почему их много?): типы данных (data types), нагрузки (workload), архитектура устройств хранения данных (architecture), параллельный доступ (parallel access), тип носителя информации (storage type). Области и примеры использования структур данных (базы данных, операционные системы, и другие области). Подходы к оценке структур данных (стоимость операций/время выполнения, объем занимаемой памяти). Рост функций, асимптотические обозначения, стандартные функции и обозначения, сравнение функций. Общепринятые соглашения по определению алгоритмов (вход, выход, обозначения, псевдокод). Размер входа; худшее, среднее и лучшее время работы алгоритма; порядок роста (линейный, квадратичный, экспоненциальный и другие стандартные определения). О пользе быстрых алгоритмов, примеры асимптотического анализа алгоритмов. Эффективность алгоритмов и целесообразность их выбора в зависимости от размера входных данных. Организация курса, формы контроля и оценки знаний. Список рекомендованной литературы по курсу.

#### 2. Элементарные структуры данных и C++

Стек (stack), очередь (queue), "дек" (очередь с двумя концами / Deque) и операции над ними. Списки (односвязный, двусвязный), голова и хвост списка. Приоритетная очередь. Поиск в списке, добавление и удаление элементов. Особенности реализации указанных структур данных. Объектно-ориентированное программирование и C++. Классы, шаблоны. Стек как пример контейнера, Динамически выделяемая память, указатели. Выделение и освобождение памяти. Стандартная библиотека шаблонов (STL) – введение. Контейнер `std::vector` (модель динамического массива). Шаблоны классов `std::array`, `std::list` и `std::forward_list`. Шаблонный класс `std::deque` и адаптер `std::stack`.

#### 3. Хэш таблицы

Хэш функции, хэш значения, коллизии, прямая адресация (open hashing), сцепление элементов (chaining). Коэффициент заполнения (load coefficient), равномерное хеширование (simple uniform hashing). Свойства хорошей хэш функции, способы построения хеш функций, двойное хеширование, примеры хэш функций. Фильтр Блума (Bloom Filter), Cuckoo filter и их разновидности. Хэш таблицы в стандартной библиотеке C++. Шаблонный класс `std::unordered_map`.

#### 4. Деревья

Формальное определение множества, пары и дерева (краткая математическая справка). Деревья и их представление. Двоичные деревья, деревья с произвольным ветвлением. Преобразование

дерева в двоичное дерево. Двоичное дерево поиска. Свойство упорядоченности. Способы обхода двоичного дерева поиска. Поиск заданного элемента в двоичном дереве поиска, поиск минимума и максимума, поиск следующего и предыдущего элемента. Добавление и удаление элементов в двоичном дереве поиска. Динамические множества с сохранением предыдущих версий. Устройство жесткого диска. В-деревья, R-деревья, деревья отрезков (промежутков): определение, предназначение, основные операции, разновидности этих деревьев.

#### 5. Современные тенденции в разработке структур данных

Машинное обучение для построения структур данных. Learned data structures. Новые структуры данных для новых типов памяти (e.g., NVM). BW-дерево (Buzzword Tree). Распределенные структуры данных. Гибридные структуры данных.

#### 6. Дополнительные главы

Кэш, алгоритмы кэширования. Красно-черные деревья, 2-3 деревья, 2-3-4 деревья, LSM дерево (Log-structured merge-tree), Список с пропусками (skip list).

### 3. Оценивание

- **LP**, Не блокирующее, Посещение лекций  
LP и PP – процент посещения студентом лекций и семинаров соответственно (0% ничего не посетил, 100% посетил все занятия)
- **PP**, Не блокирующее, Работа на семинаре  
LP и PP – процент посещения студентом лекций и семинаров соответственно (0% ничего не посетил, 100% посетил все занятия)
- **CW**, Не блокирующее, Контрольная работа  
В виде тестирования, 0 - не ответил верно ни на один вопрос, 10 - ответил верно на все вопросы без существенных замечаний
- **HW1**, Не блокирующее, Домашнее задание  
Выдается задание в письменном виде, устанавливается дедлайн, проверка осуществляется учебными ассистентами; оценка от 0 до 10, проверяются базовые варианты, граничные условия, стресс тестирование, стиль кода, наличие плагиата
- **EX**, Не блокирующее, Экзамен (письменный)  
В виде тестирования, 0 - не ответил верно ни на один вопрос, 10 - ответил верно на все вопросы без существенных замечаний
- **IT**, Не блокирующее, Инициативная тема  
опционально, обсуждается индивидуально
- **HW2**, Не блокирующее, Домашнее задание  
опционально, аналогично HW1 + возможны устные собеседования

**Формула округления:** Стандартное арифметическое округление

**Шкала оценки:** Десятибалльная

**Вид формулы оценивания:** Линейная

**Формула оценивания:**

Вклад

LP 10%

PP 5%

CW 10%

HW1 55%

HW2 16%

EX 20%

LP и PP – процент посещения студентом лекций и семинаров соответственно (0% ничего не посетил, 100% посетил все занятия).

CW, HW1 и HW2 - средние оценки за все контрольные и домашние работы соответственно

EX - оценка за экзамен

Накопленная оценка  $O_A$  вычисляется следующим образом:

$$O_A = \min((LP + PP + CW + HW1 + HW2) \times 10 / 80, 10)$$

Оценка за курс вычисляется следующим образом:

$$O_C = O_A \times 0.8 + EX \times 0.2$$

Домашние задания, которые оцениваются  $HW2$  не обязательны к выполнению, они введены для повышения накопленной оценки и в основном содержат задачи повышенной сложности.

При вычислении процентов, значения остаются в своей изначальной форме. При вычислении оценок (0..10), происходит стандартное математическое округление. Таким образом, на определенных этапах округляются только  $O_A$ ,  $EX$ , и  $O_C$ . Студенты, которые получают  $O_A \geq 8$ , по своему желанию могут быть освобождены от экзамена и получить  $O_A$  в качестве оценки за курс.

К программному коду применяются здравые критерии оценки такого вида задания, которые во многих общи для дисциплин, в которых необходимо программировать. За творческий подход к выполнению задания могут начисляться баллы.

По желанию студент может выбрать индивидуальную образовательную траекторию, в которую входит научная либо проектная работа, участие в конференциях, конкурсах и другие виды деятельности. Индивидуальная образовательная траектория должна заранее согласовываться с преподавателем. Сроки и объемы работ должны заранее обговариваться и согласовываться с преподавателем. Оценивание работы индивидуальной образовательной траектории выполняется по правилам, обговариваемым со студентом. В таком случае, формула  $O_C$  и/или  $O_A$  может быть изменена с добавлением ИТ, вес которого обговаривается со студентом заранее.

Преподаватели/ассистенты оставляют за собой право задавать вопросы во время защиты работ, чтобы обеспечить понимание материала студентом, написанного исходного кода, подлинность исходного кода. Вопросы также могут основываться на материалах, которые были освещены на лекциях/семинарах. Преподаватель/ассистент оценивает работы в соответствии с процентом отвеченных вопросов, количеством выполненной работы, точностью исходного кода и приложением в целом, правильностью приложения и другими здравыми критериями, применимыми к данным видам работы. Студент имеет только 3 попытки дать правильный ответ на поставленный преподавателем вопрос, включая первый ответ студента. Остальные детали оценивания сообщаются на лекциях/семинарах/по почте в зависимости от задания.

Если студент опаздывает на лекцию/семинар более чем на 20 минут, он считается отсутствующим. Запрещается использовать компьютеры, мобильные телефоны, Интернет на лекциях, если это явно не предусмотрено текущим заданием преподавателя. Будут вычитаться баллы из  $LP$  в случае нарушения правил. За непристойное поведение могут вычитаться баллы из  $LP$  и  $PP$  (критерии устанавливаются преподавателем согласно здравым культурным нормам поведения студентов в высшем учебном заведении). Во время экзамена запрещается выходить из аудитории. Отсутствие у студента бумаги, пишущего предмета, ноутбука, зарядки от ноутбука или других необходимых принадлежностей не является причиной освобождения студента от задания и может привести к оценке в 0 баллов за задание.

#### 4. Примеры оценочных средств

Примеры вопросов на контрольных работах и экзамене:

- Как организовать поиск заданного элемента в односвязном списке (SLL)?
- Какова временная сложность операций поиска, размещения и удаления в бинарном дереве поиска?
- Что собой представляет дерево бинарного поиска (binary search tree)?
- Что такое дек? Что такое стек? Объясните, чем отличается стек от очереди. Как выглядит пользовательский класс стека, очереди, очереди с приоритетом (STL)?
- Реализуйте стек с использованием односвязного списка; операции push и pop должны выполняться за время  $O(1)$
- Результатом прямого (preorder) обхода дерева бинарного поиска является последовательность

30,20,10,15,25,23,39,35,42. Каков результат конечного (postorder) обхода того же дерева?  
 - Какую работу выполняет хэш-функция?

## 5. Ресурсы

### 5.1. Рекомендуемая основная литература

п/п	Наименование
1	<i>Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. и другие</i> Алгоритмы: построение и анализ, СПб.: ООО «И.Д. Вильямс»
2	<i>Седжвик Р.</i> Алгоритмы на С++. Анализ, структуры данных, поиск, сортировка, алгоритмы на графах, Вильямс
3	<i>Павловская Т. А.</i> С/С++. Программирование на языке высокого уровня, Питер

### 5.2. Рекомендуемая дополнительная литература

п/п	Наименование
1	<i>VLDB contributors</i> Proceedings of the VLDB Endowment, The VLDB Endowment

### 5.3. Программное обеспечение

п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
1	Microsoft Windows 7 Professional RUS Microsoft Windows 8.1 Professional RUS Microsoft Windows 10	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
2	Microsoft Office Professional Plus 2010	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
3	CLion	свободный доступ
4	Visual Studio	нужна лицензия
5	gcc	свободный доступ

### 5.4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
<b>Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы</b>		
1	Электронно-библиотечная система Юрайт	URL: <a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>
<b>Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)</b>		
1	Открытое образование	URL: <a href="https://openedu.ru/">https://openedu.ru/</a>

### 5.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для лекционных по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);

- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для семинарских и самостоятельных занятий по дисциплине оснащены ПЭВМ, с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде НИУ ВШЭ.

Компьютерные классы оборудованы ПЭВМ с доступом в Интернет, операционными системами и программным обеспечением, необходимыми для освоения дисциплины. При необходимости допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

## **6. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

6.1.1. *для лиц с нарушениями зрения:* в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.2. *для лиц с нарушениями слуха:* в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.3. *для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:* в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.