Algorithms 7

TEL-RAN
by Starta Institute

Амортизированный анализ и динамические массивы

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

TEL-RAN
by Starta Institute

Фото преподавателя

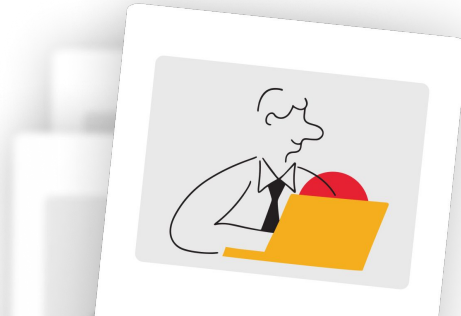
Имя Фамилия

Текущая должность

- Количество лет опыта
- Какой у Вас опыт - ключевые кейсы
- Самые яркие проекты
- Дополнительная информация по вашему усмотрению

Корпоративный e-mail

Социальные сети (по желанию)



ВАЖНО:

- Камера должна быть включена на протяжении всего занятия.
- Если у Вас возник вопрос в процессе занятия, пожалуйста, поднимите руку и дождитесь, пока преподаватель закончит мысль и спросит Вас, также можно задать вопрос в чате или когда преподаватель скажет, что начался блок вопросов.
- Организационные вопросы по обучению решаются с кураторами, а не на тематических занятиях.
- Вести себя уважительно и этично по отношению к остальным участникам занятия.
- Во время занятия будут интерактивные задания, будьте готовы включить камеру или демонстрацию экрана по просьбе преподавателя.

TEL-RAN
by Starta Institute

ПЛАН ЗАНЯТИЯ

1. Повторение изученного
2. Вопросы по повторению
3. Разбор домашнего задания
4. Основной блок
5. Задание для закрепления
6. Вопросы по основному блоку
7. Практическая работа
8. Оставшиеся вопросы

TEL-RAN
by Starta Institute

TEL-RAN
by Starta Institute

1 ПОВТОРЕНИЕ ИЗУЧЕННОГО

Повторение

TEL-RAN
by Starta Institute

Быстрая сортировка (Quick sort)

- Общая информация
- Алгоритм разделения
- Псевдокод
- Детальный разбор на картинках
- Реализация Java

Дополнительно:

Косвенная рекурсия (Indirect recursion)

- Определение
- Натуральный числа (прямая рекурсия)
- Натуральный числа (косвенная рекурсия)

TEL-RAN
by Starta Institute

2 ВОПРОСЫ ПО ПОВТОРЕНИЮ

TEL-RAN
by Starta Institute

3 РАЗБОР ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

Реализация ДЗ

TEL-RAN
by Starta Institute

Реализация на Java

```java
public static void main(String[] args) {
    int n = 5;
    int[] arr = {4, 2, 6, 9, 2};

    QuickSortIterative.quickSortIterative(arr, 0, n - 1);
    System.out.println(Arrays.toString(arr));
```

Реализация на Java Script

```javascript
let arr = [4, 3, 5, 2, 1, 3, 2, 3];
let n = 8;

quickSortIterative(arr, 0, n - 1);

for (let i = 0; i < n; i++)
    document.write(arr[i] + " ");
```

Введение

TEL-RAN
by Starta Institute

Амортизированный анализ

- Общие понятия
- Где используется
- Амортизированная стоимость
- Методы AA
- AA операция add в динамический массив

Динамические массивы

- Как это работает
- Особенности динамического массива
- Добавить / Удалить
- Изменить размер
- Практика

TEL-RAN
by Starta Institute

4 ОСНОВНОЙ БЛОК

Амортизированный анализ

TEL-RAN
by Starta Institute

- Амортизированный анализ - используется для алгоритмов, в которых отдельные операции выполняются очень медленно, но большинство других операций выполняются быстрее.
- В амортизированном анализе анализируют последовательность операций и гарантируют среднее время наихудшего случая, которое ниже, чем время наихудшего случая конкретной дорогостоящей операции.

Определение операций сложности

Add: от O(1) до O(n).

1. Добавление элемента в конец – O(1)
2. Добавление элемента по индексу – O(n/2)
3. Добавление элемента в начало – O(n)

Set: O(1).

1. Изменение элемента – O(1)

Remove: от O(1) до O(n).

1. Удаление последнего – O(1)
2. Удаление элемента по индексу – O(n/2)
3. Удаление первого – O(n)

Пример 1:

TEL-RAN
by Starta Institute

Основной идеей амортизированного анализа является то, что любая трудоемкая операция меняет состояние программы таким образом, что до следующей трудоемкой операции обязательно пройдёт достаточно много мелких, тем самым «амортизируя» вклад трудоемкой операции.

Вставляем 1 элемент	1							
Вставляем 2 элемент	1	2						
Вставляем 3 элемент	1	2	3					
Вставляем 4 элемент	1	2	3	4				
Вставляем 5 элемент	1	2	3	4	5			
Вставляем 6 элемент	1	2	3	4	5	6		
Вставляем 7 элемент	1	2	3	4	5	6	7	

1) Выделите память для таблицы большего размера, обычно в два раза больше старой таблицы.
2) Скопируйте содержимое старой таблицы в новую таблицу.
3) Освободите старую таблицу.

Использование амортизированного анализа

TEL-RAN
by Starta Institute

Используется с такими структурами данных:

- Хэш таблицы (HashTable, HashMap)
- Непересекающиеся наборы (ArrayList, LinkedList)
- Расширенные деревья (Splay tree, AVL)

Использование амортизированного анализа

TEL-RAN
by Starta Institute

Компромисс пространства и времени:

Если мы делаем размер хэш-таблицы большим, время поиска становится меньше, но требуемое пространство становится большим.

Методы анализа

TEL-RAN
by Starta Institute

Групповой/Агрегированный (aggregate analysis)

Метод бухгалтерского учета (accounting method)

Метод потенциалов (potential method)

Все методы позволяют получить одну и туже оценку, но разными способами.

Динамический массив

TEL-RAN
by Starta Institute

Динамический массив – это массив, который автоматически увеличивается, когда мы пытаемся сделать вставку, и для нового элемента больше не осталось места.

Динамический массив используется для обработки наборов однородных данных, размер которых неизвестен на момент написания программы.

Особенности динамического массива

TEL-RAN
by Starta Institute

1. **Добавить элемент (add)**

- Добавьте элемент в конец, если размера массива недостаточно, увеличьте размер массива и добавьте элемент в конец исходного массива. Выполнение всего этого копирования занимает O(n) времени, где n — количество элементов в нашем массиве.
- Это дорогая стоимость для приложения.
- В массиве фиксированной длины добавление занимает всегда время O(1).
- Но добавление занимает время O(n) только тогда, когда мы вставляем в полный массив. И это довольно редко, особенно если мы удваиваем размер массива каждый раз, когда нам не хватает места.
- Таким образом, в большинстве случаев добавление по-прежнему занимает время O(1), и только иногда время = O(n).

Особенности динамического массива

TEL-RAN
by Starta Institute

2. **Удалить элемент (delete)**
- По умолчанию удаляет элемент с конца, просто сохраняет ноль/null в последнем индексе.
- Удалить элемент по определенному индексу, все правые элементы сдвигаются в левую часть от заданного индекса.

3. **Изменить размер**
- При удалении элементов размер может не уменьшаться.
- Или массив имеет нулевые/null данные в правой части массива, занимающего нераспределенную память.

Амортизированный анализ операции add

TEL-RAN
by Starta Institute

Реализация на псевдокоде

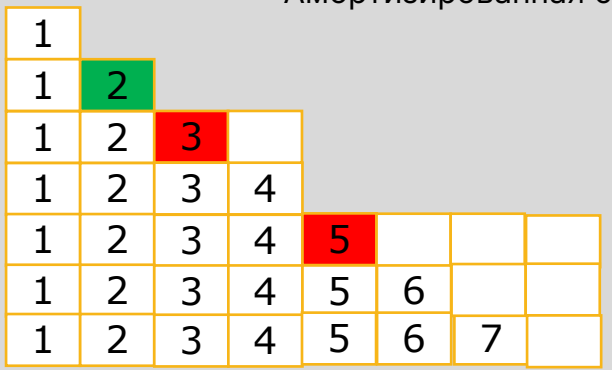
```
START
function add(x)
  IF size = 0 THEN size = 1
  array = new array(1), count = 0
DO array[count] = x, count = count + 1
ELSE IF
  count = size THEN size = size * 2, newArray = new Array(Size)
FOR i = 0 TO count – 1
DO newArray[i] = array[i]
END
clean(array), array = newArray
END
IF Array[count] = x, count = count + 1
END
```

- 1 call – 1 операция
- 2 call – 2 операции
- 3 call – 3 операции
- 4 call – 1 операция
- 5 call – 5 операций
- .....

Пример 2:

TEL-RAN
by Starta Institute

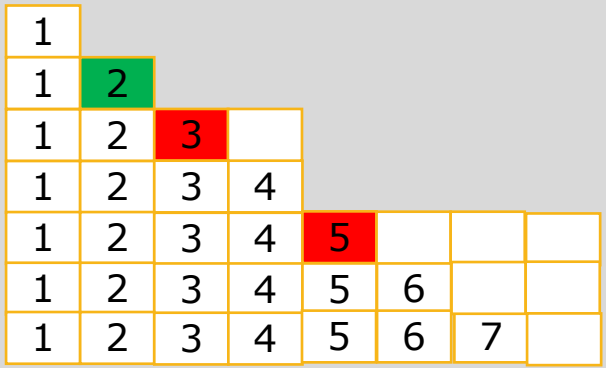
Амортизированная стоимость – это стоимость операции



Номер вставки:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	.....
Размер таблицы:	1	2	4	4	8	8	8	8	16	16	.....
Стоимость:	1	2	3	1	5	1	1	1	9	1	.....

Пример 2:

TEL-RAN
by Starta Institute



K = 1
K = 2
K = 4
K = 8
K = 16

Применим Амортизированный анализ операции add в динамический массив

(**Агрегированный метод – все взять и поделить**)

Два метода усреднения для динамического массива

1. Аддитивная схема

Динамический массив увеличивает размер константно или рандомно.

При такой схеме усредненное время для add() одного элемента = O(n)

2. Мультипликативная схема

K - растет геометрически

Итак возьмем за основу роста удвоение размера (K = 2)

сколько элементов нам нужно будет скопировать в процессе

добавления N+1: 1+2+4+…+N = 2N−1 ≈ O(N)

Таким образом, копирование элементов при изменении размера занимает всего O(N) времени. Разделив это на количество вставок N+1, оценка сверху амортизированной сложности каждого вызова add() будет равна:

$\frac{O(N)}{N+1} \approx O(1)$

Экспресс-опрос

TEL-RAN
by Starta Institute

- **Вопрос 1.**

  Может ли динамический массив расширяться в 3 раза от первоначального?

- **Вопрос 2.**

  Можем ли мы использовать Амортизированный анализ для структуры данных, если все операции (вставка, удаление, изменение) имеют константное время O(1)?

TEL-RAN
by Starta Institute

5 ЗАДАНИЕ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

ЗАДАНИЕ

TEL-RAN
by Starta Institute

Ответьте на вопросы:

1. Статический массив: создаем массив – new int[10]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Что произойдет при вставке числа 11 в ячейку с индексом 10?

2. Динамический массив: создаем массив – new DynamicArray(10)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Что произойдет при вставке числа 11 в ячейку с индексом 10?

РЕШЕНИЕ

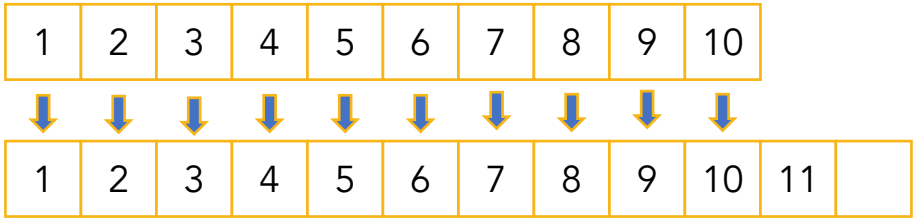
TEL-RAN
by Starta Institute

Ответы:

1. Статический массив:

java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: Index 11 out of bounds for length 10

2. Динамический массив:



В памяти создается еще один массив, увеличенной емкости в n-раз. Старый копируется в новый.

TEL-RAN
by Starta Institute

6 ВОПРОСЫ ПО ОСНОВНОМУ БЛОКУ

TEL-RAN
by Starta Institute

7 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Практическое задание 1

TEL-RAN
by Starta Institute

Реализовать Динамический массив:

Создайте структуру DynamicArray
Реализуйте два пути создания:
DynamicArray() - по умолчанию size = 10
DynamicArray(capacity) - size = capacity

Реализуйте методы:
add(data) - добавляет в конец
remove() - удаляет последний
removeAt(index) - удаляет по индексу
growSize() - увеличивает размер
set(index, data) - изменяет элемент
clean() - удаляет все элементы
contains(data) - проверяет существует ли элемент
isEmpty() - вернет false, если в структуре есть элемент

Реализация задания 1

TEL-RAN
by Starta Institute

Реализация на Java

```java
public DynamicArray() {
    array = new int[1];
    count = 0;
    size = 1;
}
```

Реализация на Java Script

```javascript
class DynamicArray {
    1 usage   new *
    constructor() {
        this.array = new Array(1);
        this.count = 0;
        this.size = 1;
    }
```

TEL-RAN
by Starta Institute

8 ОСТАВШИЕСЯ ВОПРОСЫ

Домашнее задание

TEL-RAN
by Starta Institute

1. Завершить реализацию Динамического массива (если не завершили в классе)

2. Постройте частотный словарь букв русского (или английского) алфавита.
   * для решения можно использовать Array или HashMap (на ваше усмотрение)..

Полезные ссылки

TEL-RAN
by Starta Institute

- Изучаем алгоритмы: полезные книги, веб-сайты, онлайн-курсы и видеоматериалы
- Potential method - Wikipedia
- Accounting method (computer science) - Wikipedia

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

TEL-RAN
by Starta Institute