

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний технічний університет України «Київський політехнічний**  
**інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**

**Кафедра ІСТ**

**Звіт**

з лабораторної роботи № 7 з дисципліни  
«Теорія алгоритмів»

**„Проектування і аналіз алгоритмів пошуку”**

**Виконали**

ІА-31 Клим'юк В.Л, Самелюк А.С, Дук М.Д, Сакун Д.С

**Перевірів**

Степанов А.С

Київ 2024

## ЗМІСТ

<b>1</b>	<b>МЕТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ЗАВДАННЯ .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>ВИКОНАННЯ.....</b>	<b>8</b>
3.1	ПСЕВДОКОД АЛГОРИТМУ.....	8
3.2	АНАЛІЗ ЧАСОВОЇ СКЛАДНОСТІ .....	8
3.3	ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ .....	8
3.3.1	<i>Вихідний код.....</i>	8
3.3.2	<i>Приклади роботи .....</i>	8
3.4	ТЕСТУВАННЯ АЛГОРИТМУ .....	9
3.4.1	<i>Часові характеристики оцінювання.....</i>	9
3.4.2	<i>Графіки залежності часових характеристик оцінювання від розміру структури .....</i>	
	<b>ВИСНОВОК .....</b>	<b>14</b>
	<b>КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ .....</b>	<b>15</b>

## 1 МЕТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Мета роботи – вивчити основні підходи аналізу обчислювальної складності алгоритмів пошуку оцінити їх ефективність на різних структурах даних.

## 2 ЗАВДАННЯ

Згідно варіанту (таблиця 2.1), написати алгоритм пошуку за допомогою псевдокоду (чи іншого способу за вибором).

Провести аналіз часової складності пошуку в гіршому, кращому і середньому випадках і записати часову складність в асимптотичних оцінках.

Виконати програмну реалізацію алгоритму на будь-якій мові програмування для пошуку індексу елемента по заданому ключу в масиві і двохзв'язному списку з фіксацією часових характеристик оцінювання (кількість порівнянь).

Для варіантів з **Хеш-функцією** замість масиву і двохзв'язного списку використати безіндексну структуру даних розмірності  $n$ , що містить пару ключ-значення рядкового типу. Ключ – унікальне рядкове поле до 20 символів, значення – рядкове поле до 200 символів. Виконати пошук значення по заданому ключу. Розмірність хеш-таблиці регулювати відповідно потребам, а початкову її розмірність обрати самостійно.

Провести ряд випробувань алгоритму на структурах різної розмірності (100, 1000, 5000, 10000, 20000 елементів) і побудувати графіки залежності часових характеристик оцінювання від розмірності структури.

Для проведення випробувань у варіантах з хешуванням рекомендується розробити генератор псевдовипадкових значень полів структури заданої розмірності.

Зробити висновок з лабораторної роботи.

Таблиця 2.1 – Варіанти алгоритмів

№	Алгоритм пошуку
1	Однорідний бінарний пошук
2	Метод Шарра
3	Пошук Фібоначчі
4	Інтерполяційний пошук

5	Метод Хеш-функції (Хешування FNV 32), вирішення колізій методом ланцюжків
6	Метод Хеш-функції (Хешування MurmurHash2), вирішення колізій методом ланцюжків
7	Метод Хеш-функції (Хешування MurmurHash2a), вирішення колізій методом ланцюжків
8	Метод Хеш-функції (Хешування PJW-32), вирішення колізій методом ланцюжків
9	Метод Хеш-функції (Хешування Пірсона), вирішення колізій методом ланцюжків
10	Метод Хеш-функції (Хешування Дженкінса), вирішення колізій методом ланцюжків
11	Метод Хеш-функції (Хешування FNV 32), вирішення колізій методом відкритої адресації з лінійним пробуванням
12	Метод Хеш-функції (Хешування MurmurHash2), вирішення колізій методом відкритої адресації з лінійним пробуванням
13	Метод Хеш-функції (Хешування MurmurHash2a), вирішення колізій методом відкритої адресації з лінійним пробуванням
14	Метод Хеш-функції (Хешування PJW-32), вирішення колізій методом відкритої адресації з лінійним пробуванням
15	Метод Хеш-функції (Хешування Пірсона), вирішення колізій методом відкритої адресації з лінійним пробуванням
16	Метод Хеш-функції (Хешування Дженкінса), вирішення колізій методом відкритої адресації з лінійним пробуванням
17	Метод Хеш-функції (Хешування FNV 32), вирішення колізій методом відкритої адресації з квадратичним пробуванням
18	Метод Хеш-функції (Хешування MurmurHash2), вирішення колізій методом відкритої адресації з квадратичним пробуванням
19	Метод Хеш-функції (Хешування MurmurHash2a), вирішення колізій

	методом відкритої адресації з квадратичним пробуванням
20	Метод Хеш-функції (Хешування PJW-32), вирішення колізій методом відкритої адресації з квадратичним пробуванням
21	Метод Хеш-функції (Хешування Пірсона), вирішення колізій методом відкритої адресації з квадратичним пробуванням
22	Метод Хеш-функції (Хешування Дженкінса), вирішення колізій методом відкритої адресації з квадратичним пробуванням
23	Метод Хеш-функції (Хешування FNV 32), вирішення колізій методом відкритої адресації з подвійним хешуванням
24	Метод Хеш-функції (Хешування MurmurHash2), вирішення колізій методом відкритої адресації з подвійним хешуванням
25	Метод Хеш-функції (Хешування MurmurHash2a), вирішення колізій методом відкритої адресації з подвійним хешуванням
26	Метод Хеш-функції (Хешування PJW-32), вирішення колізій методом відкритої адресації з подвійним хешуванням
27	Метод Хеш-функції (Хешування Пірсона), вирішення колізій методом відкритої адресації з подвійним хешуванням
28	Метод Хеш-функції (Хешування Дженкінса), вирішення колізій методом відкритої адресації з подвійним хешуванням
29	Однорідний бінарний пошук
30	Метод Шарра
31	Пошук Фібоначчі
32	Інтерполяційний пошук
33	Метод Хеш-функції (Хешування FNV 32), вирішення колізій методом ланцюжків
34	Метод Хеш-функції (Хешування MurmurHash2), вирішення колізій методом ланцюжків
35	Метод Хеш-функції (Хешування MurmurHash2a), вирішення колізій методом ланцюжків

## 3 ВИКОНАННЯ

### 3.1 Псевдокод алгоритму

```
function binary_search(list, target):  
    left = 0  
    right = length(list) - 1  
    while left <= right:  
        mid = (left + right) // 2  
        if list[mid] == target:  
            return mid  
        elif list[mid] < target:  
            left = mid + 1  
        else:  
            right = mid - 1  
    return -1
```

### 3.2 Аналіз часової складності

```
DateTime startTime = DateTime.Now;  
int comparisons;  
int result = Algorithm.BinarySearchArray(array, key, out comparisons);  
DateTime endTime = DateTime.Now;  
TimeSpan executionTime = endTime - startTime;
```

```
DateTime startTime = DateTime.Now;  
int comparisons;  
DoublyLinkedListNode result = Algorithm.BinarySearchDoublyLinkedList(list, key, out  
comparisons);  
DateTime endTime = DateTime.Now;  
TimeSpan executionTime = endTime - startTime;
```

### 3.3 Програмна реалізація алгоритму

```
using System;  
  
namespace Classes  
{  
  
    public class Algorithm  
    {  
        public static int BinarySearchArray(int[] array, int key, out int comparisons)  
        {  
            int left = 0;  
            int right = array.Length - 1;  
            comparisons = 0;  
  
            while (left <= right)
```

```

    {
        int mid = left + (right - left) / 2;
        comparisons++;

        if (array[mid] == key)
            return mid;

        if (array[mid] < key)
            left = mid + 1;
        else
            right = mid - 1;
    }

    return -1;
}

public static DoublyLinkedListNode
BinarySearchDoublyLinkedList(DoublyLinkedList list, int key, out int comparisons)
{
    comparisons = 0;
    int left = 0;
    int right = list.Count - 1;

    while (left <= right)
    {
        int mid = left + (right - left) / 2;
        DoublyLinkedListNode midNode = GetNodeAtIndex(list, mid);
        comparisons++;

        if (midNode.Value == key)
        {
            return midNode;
        }
        else if (midNode.Value < key)
        {
            left = mid + 1;
        }
        else
        {
            right = mid - 1;
        }
    }

    return null;
}

public static DoublyLinkedListNode GetNodeAtIndex(DoublyLinkedList list, int
index)
{
    if (index < 0 || index >= list.Count)

```



```

        {
            throw new IndexOutOfRangeException("Invalid index");
        }

        DoublyLinkedListNode current = list.Head;

        for (int i = 0; i < index; i++)
        {
            current = current.Next;
        }

        return current;
    }
}

public class DoublyLinkedListNode
{
    public int Value { get; set; }
    public int Index { get; set; }
    public DoublyLinkedListNode Previous { get; set; }
    public DoublyLinkedListNode Next { get; set; }

    public DoublyLinkedListNode(int value, int index)
    {
        Value = value;
        Index = index;
    }
}

public class DoublyLinkedList
{
    public DoublyLinkedListNode Head { get; private set; }
    public DoublyLinkedListNode Tail { get; private set; }
    public int Count { get; private set; }

    public void AddLast(int value)
    {
        DoublyLinkedListNode newNode = new DoublyLinkedListNode(value, Count);

        if (Head == null)
        {
            Head = newNode;
            Tail = newNode;
        }
        else
        {
            newNode.Previous = Tail;
            Tail.Next = newNode;
            Tail = newNode;
        }
    }
}

```

```

        Count++;
    }
}

```

### 3.3.1 Вихідний код

```

using Classes;

namespace Lab7
{
    internal class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            int[] sizes = { 100, 1000, 5000, 10000, 20000 };

            foreach (int size in sizes)
            {
                int[] array = GenerateRandomArray(size);
                int key = array[new Random().Next(size)];

                DateTime startTime = DateTime.Now;
                int comparisons;
                int result = Algorithm.BinarySearchArray(array, key, out comparisons);
                DateTime endTime = DateTime.Now;
                TimeSpan executionTime = endTime - startTime;

                Console.WriteLine($"Array size: {size}, Time:
{executionTime.TotalMilliseconds} ms, Comparisons: {comparisons}");
            }

            foreach (int size in sizes)
            {
                DoublyLinkedList list = GenerateRandomDoublyLinkedList(size);
                int key = new Random().Next(1000);

                DateTime startTime = DateTime.Now;
                int comparisons;
                DoublyLinkedListNode result =
Algorithm.BinarySearchDoublyLinkedList(list, key, out comparisons);
                DateTime endTime = DateTime.Now;
                TimeSpan executionTime = endTime - startTime;

                Console.WriteLine($"List size: {size}, Time:
{executionTime.TotalMilliseconds} ms, Comparisons: {comparisons}");
            }
        }
    }
}

```

```

    }

    public static int[] GenerateRandomArray(int size)
    {
        int[] array = new int[size];
        Random rand = new Random();

        for (int i = 0; i < size; i++)
        {
            array[i] = rand.Next(1000);
        }

        Array.Sort(array);
        return array;
    }

    public static DoublyLinkedList GenerateRandomDoublyLinkedList(int size)
    {
        DoublyLinkedList list = new DoublyLinkedList();
        Random rand = new Random();

        for (int i = 0; i < size; i++)
        {
            list.AddLast(rand.Next(1000));
        }

        return list;
    }
}

```

### 3.3.2 Приклади роботи

На рисунках 3.1 і 3.2 показані приклади роботи програми для пошуку індекса елемента за ключем для масиву на 100 елементів і двохзв'язного списку на 1000 елементів.

**Array size: 100, Time: 3,7788 ms, Comparisons: 4**

Рисунок 3.1 – Пошук елемента в масиві на 100 елементів

**List size: 1000, Time: 0,0088 ms, Comparisons: 9**

Рисунок 3.2 – Пошук елемента в двохзв'язному списку на 1000 елементів

### 3.4 Тестування алгоритму

```
Array size: 100, Time: 3,7788 ms, Comparisons: 4
Array size: 1000, Time: 0,0068 ms, Comparisons: 7
Array size: 5000, Time: 0,0031 ms, Comparisons: 9
Array size: 10000, Time: 0,0021 ms, Comparisons: 10
Array size: 20000, Time: 0,002 ms, Comparisons: 9
List size: 100, Time: 0,2341 ms, Comparisons: 6
List size: 1000, Time: 0,0088 ms, Comparisons: 9
List size: 5000, Time: 0,0961 ms, Comparisons: 12
List size: 10000, Time: 0,2373 ms, Comparisons: 14
List size: 20000, Time: 0,0776 ms, Comparisons: 14
```

#### 3.4.1 Часові характеристики оцінювання

В таблиці 3.1 наведені **характеристики оцінювання числа порівнянь при пошуку елемента і числа звертань при «двійковому пошуку»** для масивів різної розмірності і двохзв'язних списків різної розмірності.

Таблиця 3.1 – Характеристики оцінювання **алгоритму двійкового пошуку**

Розмірність масиву/списку/ структури	Число порівнянь в масиві/двохзв'язному списку/хеш-таблиці	Число звертань до елементів масиву	Число звертань до елементів двохзв'язного списку
100	4/6	4	6
1000	7/9	7	9
5000	9/12	9	12
10000	10/14	10	14
20000	9/14	9	14

### 3.4.2 Графіки залежності часових характеристик оцінювання від розмірності структури

На рисунку 3.3 показані графіки залежності часових характеристик оцінювання від розмірності масиву і двохзв'язного списку.

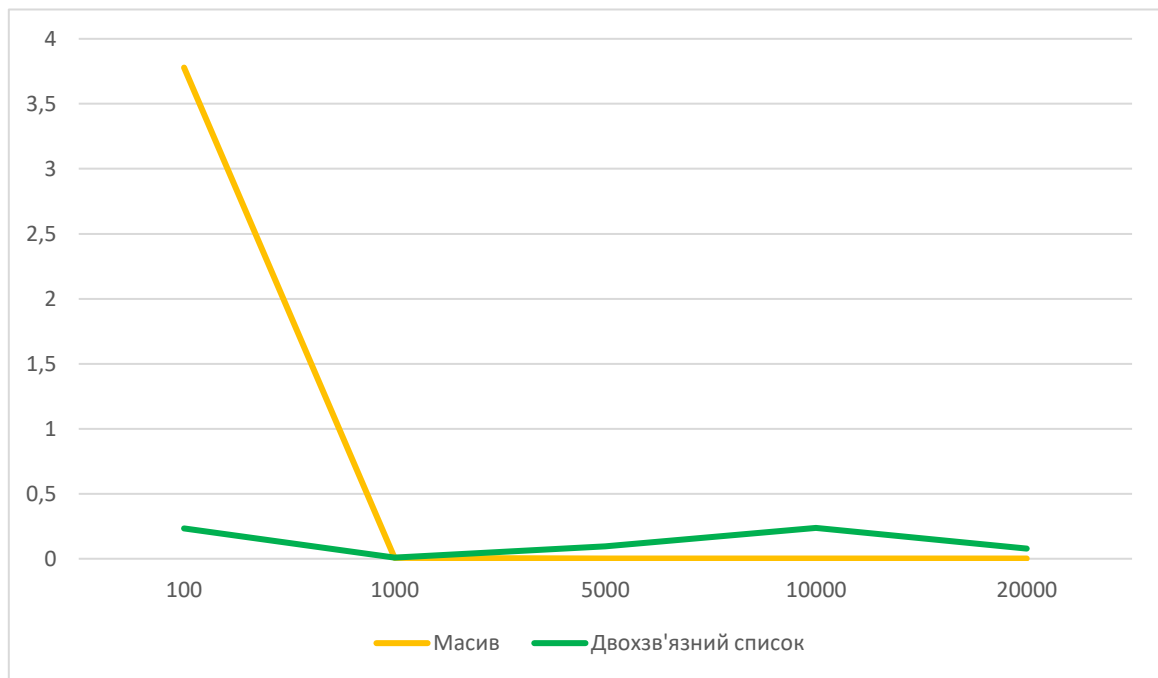


Рисунок 3.3 – Графіки залежності часових характеристик оцінювання

## ВИСНОВОК

Лабораторна робота дозволила вивчити основні підходи аналізу обчислювальної складності алгоритмів пошуку та оцінити їх ефективність на різних структурах даних, таких як масиви і двохзв'язні списки. Отже, в ході лабораторної роботи ми оцінили ефективність бінарного пошуку на різних структурах даних і виявили, що для операцій пошуку впорядкованих даних масив є більш ефективним варіантом, особливо на великих обсягах даних.

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Див РСО