

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Белгородский государственный технологический университет им.  
В.Г. Шухова»**

**(БГТУ им. В.Г. Шухова)**

Кафедра программного обеспечения вычислительной техники и  
автоматизированных систем

**Лабораторная работа №10**

**По дисциплине: «Основы программирования»**

**Тема: «Бинарный поиск»**

**Выполнил: студент группы ВТ-231**

Борченко Александр Сергеевич

**Проверили:**

Черников Сергей Викторович

Новожен Никита Викторович

Белгород 2023

**Цель работы:** получение навыков использования алгоритмов бинарного поиска для решения задач оптимизации.

**Содержание работы:**

<b>Задача 1:</b> Двоичный поиск .....	<b>3</b>
<b>Задача 2:</b> Ближайшее слева .....	<b>4</b>
<b>Задача 3:</b> Ближайшее справа .....	<b>5</b>
<b>Задача 4:</b> Быстрый поиск в массиве .....	<b>6</b>
<b>Задача 5:</b> Вербочки .....	<b>7</b>
<b>Задача 6:</b> Очень Легкая Задача .....	<b>8</b>
<b>Задача 7:</b> Ночная работа .....	<b>9</b>
<b>Задача 8:</b> Компьютерная игра .....	<b>10</b>
<b>Задача 9:</b> Книги.....	<b>11</b>
<b>Задача 10:</b> Евгений и плейлист .....	<b>12</b>
<b>Задача 11:</b> Алена и узкий холодильник .....	<b>13</b>
<b>Задача 12:</b> Модные числа .....	<b>14</b>
<b>Задача 13:</b> Пара тем .....	<b>15</b>
<b>Задача 14:</b> *Чемпионат мира .....	<b>17</b>
<b>Задача 15:</b> *Разделение массива .....	<b>18</b>
<b>Задача 16:</b> *Максимальная медиана .....	<b>20</b>

## Задача 1: Двоичный поиск

Код задачи:

```
#include <stdio.h>

void inputArray(int a[], const size_t n) {
    for (size_t i = 0; i < n; ++i)
        scanf("%d", &a[i]);
}

int binarySearch(const int a[], const size_t n, const int x) {
    int left = 0;
    int right = n - 1;
    while (left <= right) {
        int middle = left + (right - left) / 2;
        if (a[middle] > x)
            right = middle - 1;
        else if (a[middle] < x)
            left = middle + 1;
        else
            return a[middle];
    }
    return -1;
}

void OutputCycleYesOrNoValue(const int a[], const size_t n, const int k) {
    for (int i = 0; i < k; ++i) {
        int x;
        scanf("%d", &x);

        if (x == binarySearch(a, n, x))
            printf("YES\n");
        else
            printf("NO\n");
    }
}

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);

    int k;
    scanf("%d", &k);

    int a[n];
    inputArray(a, n);

    OutputCycleYesOrNoValue(a, n, k);

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236048080	Дорешивание: Sasha39_-	<a href="#">283911A</a> - 15	GNU C11	Полное решение	452 мс	384 КБ	2023-12-06 16:02:42	2023-12-06 16:02:42

## Задача 2: Ближайшее слева

Код задачи:

```
#include <stdio.h>

void inputArray(int a[], const size_t n) {
    for (size_t i = 0; i < n; ++i)
        scanf("%d", &a[i]);
}

int binarySearch(const int a[], const size_t n, const int x) {
    int left = -1;
    int right = n;
    while (right > left + 1) {
        int middle = left + (right - left) / 2;
        if (a[middle] <= x)
            left = middle;
        else
            right = middle;
    }
    return left;
}

void FindLower(const int a[], const size_t n, const int k) {
    for (int i = 0; i < k; ++i) {
        int x;
        scanf("%d", &x);

        if (a[0] > x)
            printf("%d\n", 0);
        else
            printf("%d\n", binarySearch(a, n, x) + 1);
    }
}

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);

    int k;
    scanf("%d", &k);

    int a[n];
    inputArray(a, n);

    FindLower(a, n, k);

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236073886	Дорешивание: Sasha39_	<a href="#">2839118</a> - 13	GNU C11	Полное решение	483 мс	392 КБ	2023-12-06 18:35:22	2023-12-06 18:35:22

### Задача 3: Ближайшее справа

Код задачи:

```
#include <stdio.h>

void inputArray(int a[], const size_t n) {
    for (size_t i = 0; i < n; ++i)
        scanf("%d", &a[i]);
}

int binarySearch(const int a[], const size_t n, const int x) {
    int left = -1;
    int right = n;
    while (right > left + 1) {
        int middle = left + (right - left) / 2;
        if (a[middle] < x)
            left = middle;
        else
            right = middle;
    }
    return right;
}

void FindUpper(const int a[], const size_t n, const int k) {
    for (int i = 0; i < k; ++i) {
        int x;
        scanf("%d", &x);

        if (a[n-1] < x)
            printf("%d\n", n + 1);
        else
            printf("%d\n", binarySearch(a, n, x) + 1);
    }
}

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);

    int k;
    scanf("%d", &k);

    int a[n];
    inputArray(a, n);

    FindUpper(a, n, k);

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236075055	Дорешивание: Sasha39_	<a href="#">283911C</a> - 14	GNU C11	Полное решение	514 мс	384 КБ	2023-12-06 18:45:09	2023-12-06 18:45:09

## Задача 4: Быстрый поиск в массиве

Код задачи:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void inputArray(int a[], const size_t n) {
    for (size_t i = 0; i < n; i++)
        scanf("%d", &a[i]);
}

int binarySearch(int * a, int n, int x) {
    int left = 0;
    int right = n - 1;

    while (left <= right) {
        int middle = left + (right - left) / 2;

        if (a[middle] >= x)
            right = middle - 1;
        else
            left = middle + 1;
    }
    return right + 1;
}

int compareValues(const void *a, const void *b) {
    return (*(int *)a - *(int *)b);
}

int main()
{
    int n;
    scanf("%d", &n);

    int a[n];
    inputArray(a, n);

    int k;
    scanf("%d", &k);

    qsort(a, n, sizeof(int), compareValues);

    while (k--) {
        int left, right;
        scanf("%d %d", &left, &right);

        int PairsNumbersBetweenLR = binarySearch(a, n, right + 1) -
        binarySearch(a, n, left);

        printf("%d\n", PairsNumbersBetweenLR);
    }

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236198415	Дорешивание: Sasha39_-	<a href="#">283911D</a> - 15	GNU C11	Полное решение	514 мс	388 КБ	2023-12-07 15:29:03	2023-12-07 15:29:03

## Задача 5: Веревочки

Код задачи:

```
#include <stdio.h>
#define EPS 1e-6

void inputArray(int a[], const size_t n) {
    for (size_t i = 0; i < n; ++i)
        scanf("%d", &a[i]);
}

long long CountRopes(const int a[], const size_t n, const double len) {
    long long counter = 0;
    for (size_t i = 0; i < n; ++i)
        counter += a[i] / len;
    return counter;
}

double binarySearch(const int a[], const size_t n, const int k) {
    double left = 0;
    double right = 1e10;
    while (right - left > EPS) {
        double middle = left + (right - left) / 2;
        if (CountRopes(a, n, middle) >= k)
            left = middle;
        else
            right = middle;
    }
    return left;
}

int main() {
    int n, k;
    scanf("%d %d", &n, &k);

    int a[n];
    inputArray(a, n);

    printf("%f", binarySearch(a, n, k));

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236193127	Дорешивание: Sasha39_-	<a href="#">283932B</a> - 12	GNU C11	Полное решение	15 мс	48 КБ	2023-12-07 14:49:33	2023-12-07 14:49:33

## Задача 6: Очень Легкая Задача

Код задачи:

```
#include <stdio.h>
#include <limits.h>

void swap(int * const a, int * const b) {
    const int temp = *a;
    *a = *b;
    *b = temp;
}

int countCopies(int t1, int t2, const int sum_t) {
    if (t1 > t2)
        swap(&t1, &t2);
    return (sum_t / t1) + ((sum_t-t1) / t2);
}

int binSearch(const int t1, const int t2, const int n) {
    int left = 0;
    int right = INT_MAX;
    while (right-left > 1) {
        int middle = (right+left) / 2;
        if (countCopies(t1, t2, middle) < n)
            left = middle;
        else
            right = middle;
    }
    return right;
}

int main()
{
    int t1, t2, n;
    scanf("%d %d %d", &n, &t1, &t2);

    printf("%d", binSearch(t1, t2, n));

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236203381	Дорешивание: Sasha39_-	<a href="#">283932C</a> - 10	GNU C11	Полное решение	31 мс	16 КБ	2023-12-07 16:05:40	2023-12-07 16:05:40



## Задача 7: Ночная работа

Код задачи:

```
#include <stdio.h>
#include <limits.h>

int AmmountLinesCodeWritten(int print_speed, int efficiency) {
    int count = 0;
    while (print_speed > 0) {
        count += print_speed;
        print_speed /= efficiency;
    }
    return count;
}

int main() {
    int n, k;
    scanf("%d %d", &n, &k);

    int left = 0;
    int right = INT_MAX;
    while (right - left > 1) {
        int middle = (left + right) / 2;
        int counter = AmmountLinesCodeWritten(middle, k);

        if (counter < n) {
            left = middle;
        } else {
            right = middle;
        }
    }
    printf("%d", right);

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236208741	Дорешивание: Sasha39_-'	<a href="#">165B</a> - 20	GNU C11	Полное решение	62 мс	16 КБ	2023-12-07 16:43:10	2023-12-07 16:43:10

## Задача 8: Компьютерная игра

Код задачи:

```
#include <stdio.h>

void MaxCountTurns(const int q_requests) {
    for (int i = 0; i < q_requests; ++i) {
        long long battery_charge, n_moves, a, b;
        scanf("%lld %lld %lld %lld", &battery_charge, &n_moves, &a, &b);

        battery_charge -= n_moves * a;
        if (battery_charge > 0)
            printf("%lld\n", n_moves);
        else {
            battery_charge = -battery_charge + 1;
            long long diff = a - b;
            long long turns = (battery_charge + diff - 1) / diff;
            if (turns > n_moves)
                printf("%d\n", -1);
            else
                printf("%lld\n", n_moves - turns);
        }
    }
}

int main() {
    int q_requests;
    scanf("%d", &q_requests);

    MaxCountTurns(q_requests);

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236212864	Допрешивание: Sasha39_-	<a href="#">1183C</a> - 48	GNU C11	Полное решение	530 мс	16 КБ	2023-12-07 17:12:05	2023-12-07 17:12:05

## Задача 9: Книги

Код задачи:

```
#include <stdio.h>

void inputArray(int a[], const size_t n) {
    for (size_t i = 0; i < n; ++i)
        scanf("%d", &a[i]);
}

int MaxAmmountBooks(const int *a, const int n, const int ammount_free_time){
    int counter = 0;
    int time = 0;

    for (int i = 0; i < n; i++){
        time += a[i];
        if (time > ammount_free_time){
            time -= a[counter];
            counter++;
        }
    }

    return n - counter;
}


int main(){
    int amount_books, ammount_free_time;
    scanf("%d %d", &amount_books, &ammount_free_time);

    int a[amount_books];
    inputArray(a, amount_books);

    printf("%d", MaxAmmountBooks(a, amount_books, ammount_free_time));

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное										
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.		
236216365	Дорешивание: Sasha39-_-	<a href="#">279B</a> - 20	GNU C11	Полное решение	62 мс	388 КБ	2023-12-07 17:38:15	2023-12-07 17:38:15		<button>Сравнить</button>

## Задача 10: Евгений и плейлист

Код задачи:

```
#include <stdio.h>

void inputArray(int *a, const size_t n) {
    for (size_t i = 0; i < n; i++)
        scanf("%d", &a[i]);
}

int binarySearch(const int * a, const int n, const int x) {
    int left = 0;
    int right = n;
    while (left <= right) {
        int middle = (left + right) / 2;
        if (a[middle] >= x && a[middle - 1] < x) {
            return middle;
        } else if (a[middle] < x) {
            left = middle + 1;
        } else {
            right = middle - 1;
        }
    }
    return 0;
}

int main() {
    int music, written_out_moment;
    scanf("%d %d", &music, &written_out_moment);

    int a[music];
    int repeat_listening, length_music;
    scanf("%d %d", &repeat_listening, &length_music);

    a[0] = repeat_listening * length_music; // тайминг

    for (int i = 1; i < music; i++) {
        int repeat_listening, length_music;
        scanf("%d %d", &repeat_listening, &length_music);
        a[i] = a[i - 1] + repeat_listening * length_music;
    }
    printf("\n");

    int b[written_out_moment];
    inputArray(b, written_out_moment);

    for (int i = 0; i < written_out_moment; i++)
        printf("%d\n", binarySearch(a, music, b[i]) + 1);

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236412128	Дорешивание: Sasha39-_-	<a href="#">302B</a> - 20	GNU C11	Полное решение	966 мс	780 КБ	2023-12-08 22:01:09	2023-12-08 22:01:09

## Задача 11: Алена и узкий холодильник

Код задачи:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int compareValues(const void *a, const void *b) {
    return (*(int *)a - *(int *)b);
}

void inputArray(int *a, const int n) {
    for (size_t i = 0; i < n; i++)
        scanf("%d", &a[i]);
}

long long getHeight(int *a, int n) {
    qsort(a, n, sizeof(int), compareValues);

    long long height = 0;
    for (int i = n - 1; i >= 0; i -= 2) {
        height += a[i];
    }
    return height;
}

int main() {
    int number_bottles, height_refrigerator;
    scanf("%d %d", &number_bottles, &height_refrigerator);

    int a[number_bottles];
    int b[number_bottles];
    inputArray(a, number_bottles);

    int left = 0;
    int right = number_bottles + 1;
    while (right - left > 1) {
        int middle = (right + left) / 2;
        for (int i = 0; i < middle; i++) {
            b[i] = a[i];
        }
        long long potentialHeight = getHeight(b, middle);
        if (potentialHeight <= height_refrigerator) {
            left = middle;
        } else {
            right = middle;
        }
    }

    printf("%d", left);

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236479903	Дорешивание: Sasha39_-	<a href="#">1119B</a> - 21	GNU C11	Полное решение	15 мс	16 КБ	2023-12-09 12:51:57	2023-12-09 12:51:57

## Задача 12: Модные числа

Код задачи:

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

unsigned long long getTriangleNumber(long long k) {
    return (k * (k + 1)) / 2;
}

long long binarySearch(long long n) {
    for (int i = 1; i <= sqrt(n); i++) {
        long long number = getTriangleNumber(i);
        long long left = 1;
        long long right = n - number + 1;
        while (right - left > 1) {
            long long middle = (left + right) / 2;
            if (number + getTriangleNumber(middle) <= n)
                left = middle;
            else
                right = middle;
        }
        if (number + getTriangleNumber(left) == n) {
            return 1;
        }
    }

    return 0;
}

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);

    if (binarySearch(n) == 0) {
        printf("NO");
    } else {
        printf("YES");
    }

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236415798	Дорешивание: Sasha39-_-	<a href="#">192A</a> - 27	GNU C11	Полное решение	62 мс	8 КБ	2023-12-08 22:33:05	2023-12-08 22:33:05

## Задача 13: Пара тем

Код задачи:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int compare_ints(const void *a, const void *b) {
    long long arg1 = *(const long long *) a;
    long long arg2 = *(const long long *) b;
    if (arg1 < arg2)
        return -1;
    if (arg1 > arg2)
        return 1;
    return 0;
}

void inputArray(long long *a, const int n) {
    for (size_t i = 0; i < n; i++)
        scanf("%lld", &a[i]);
}

int binarySearch(const long long *a, const long long n, const int k) {
    int left = 0;
    int right = k;
    while (left <= right) {
        int middle = (left + right) / 2;
        if (a[middle] >= -n + 1)
            right = middle - 1;
        else if (a[middle] < -n + 1)
            left = middle + 1;
    }
    return left;
}

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);

    long long a[n];
    inputArray(a, n);

    long long b[n];
    inputArray(b, n);

    long long c[n];
    for (int i = 0; i < n; ++i) {
        c[i] = a[i] - b[i];
    }

    qsort(c, n, sizeof(long long), compare_ints);
    long long count = 0;

    for (int i = 0; i < n; ++i)
        if (c[i] > 0) {
            count += i - binarySearch(c, c[i], i);
        }

    printf("%lld", count);

    return 0;
}
```

## Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236419632	Допрешивание: Sasha39-_-	<a href="#">1324D</a> - 19	GNU C11	Полное решение	140 мс	4688 КБ	2023-12-08 23:10:49	2023-12-08 23:11:02



## Задача 14: \*Чемпионат мира

Код задачи:

```
#include <stdio.h>

void inputArray(int *a, const size_t n) {
    for (size_t i = 0; i < n; i++)
        scanf("%d", &a[i]);
}

int binarySearch(const int *a, const int n) {
    int min_time = -1;
    int number = 0;
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        int left = -1;
        int right = (a[i] - i) / n + 1;
        while (right - left > 1) {
            int middle = (left + right) / 2;
            if (i + middle * n < a[i]) {
                left = middle;
            } else {
                right = middle;
            }
        }

        int waiting_time = i + right * n;

        if (number == 0 || waiting_time < min_time) {
            min_time = waiting_time;
            number = i + 1;
        }
    }
    return number;
}

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);

    int a[n];
    inputArray(a, n);

    printf("%d", binarySearch(a, n));

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Мои отправки					
№	Когда	Кто	Задача	Язык	Вердикт
<a href="#">236476271</a>	09.12.2023 12:22	Sasha39_-	<a href="#">В - Чемпионат мира</a>	GNU C11	Полное решение

## Задача 15: \*Разделение массива

Код задачи:

```
#include <stdio.h>

void inputArray(long long *a, const long long n) {
    for (size_t i = 0; i < n; i++)
        scanf("%lld", &a[i]);
}

long long isPossibleDivideArrayIntoParts(long long *a, long long m, long long
n, long long k)
{
    long long parts = 1;
    long long sum = 0;
    for (long long i = 0; i < n; ++i) {
        if (a[i] <= m) {
            sum += a[i];
            if (sum > m) {
                parts++;
                sum = a[i];
            }
        } else {
            return 0;
        }
    }

    return parts <= k;
}

long long binarySearch(long long *a, long long n, long long k) {
    long long left = 0;
    long long right = 1e18;
    long long max_sum_segment = -1;
    while (left <= right) {
        long long middle = (left + right) / 2;
        if (isPossibleDivideArrayIntoParts(a, middle, n, k)) {
            max_sum_segment = middle;
            right = middle - 1;
        } else {
            left = middle + 1;
        }
    }
    return max_sum_segment;
}

int main()
{
    long long n, k;
    scanf("%lld %lld", &n, &k);

    long long a[n];
    inputArray(a, n);

    long long max_sum_segment = binarySearch(a, n, k);

    printf("%lld", max_sum_segment);

    return 0;
}
```

## Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236482571	Допрешивание: Sasha39-_-	<a href="#">285083B</a> - 8	GNU C11	Полное решение	46 мс	776 КБ	2023-12-09 13:14:34	2023-12-09 13:14:34

## Задача 16: \*Максимальная медиана

Код задачи:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void inputArray(long long *a, const size_t n) {
    for (size_t i = 0; i < n; i++)
        scanf("%lld", &a[i]);
}

int compareValues(const void *a, const void *b) {
    return (*(long long *)a - *(long long *)b);
}

int isPossibleSum(long long *a, long long x, long long k, long long n) {
    long long sum = 0;
    for (int i = n / 2; i < n; i++) {
        if (x - a[i] > 0) {
            sum += x - a[i];
        }
    }
    return sum <= k;
}

int main() {
    long long n, k;
    scanf("%lld %lld", &n, &k);

    long long a[n];
    inputArray(a, n);

    qsort(a, n, sizeof(long long), compareValues);

    long long left = 0;
    long long right = 1e10;
    while (left != right) {
        long long middle = (left + right + 1) / 2;
        if (isPossibleSum(a, middle, k, n)) {
            left = middle;
        } else {
            right = middle - 1;
        }
    }

    printf("%lld", left);

    return 0;
}
```

Вердикт тестовой системы:

Основное								
№	Отправитель	Задача	Язык	Вердикт	Время	Память	Отослано	Протест.
236490823	Дорешивание: Sasha39_-	<a href="#">1201C</a> - 35	GNU C11	Полное решение	78 мс	1564 КБ	2023-12-09 14:24:18	2023-12-09 14:24:18

**Вывод:** в ходе выполнения лабораторной работы я получил навыки написания бинарного поиска для решения задач и оптимизации кода.