KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS

Algoritmų sudarymas ir analizė (P170B400)

Laboratorinių darbų ataskaita

Atliko:

IFF-1/1 gr. studentas

Vytenis Kriščiūnas

2023 m. gegužės 2 d.

Priėmė:

Lekt. Vidmantas Rimavičius

KAUNAS 2023

TURINYS

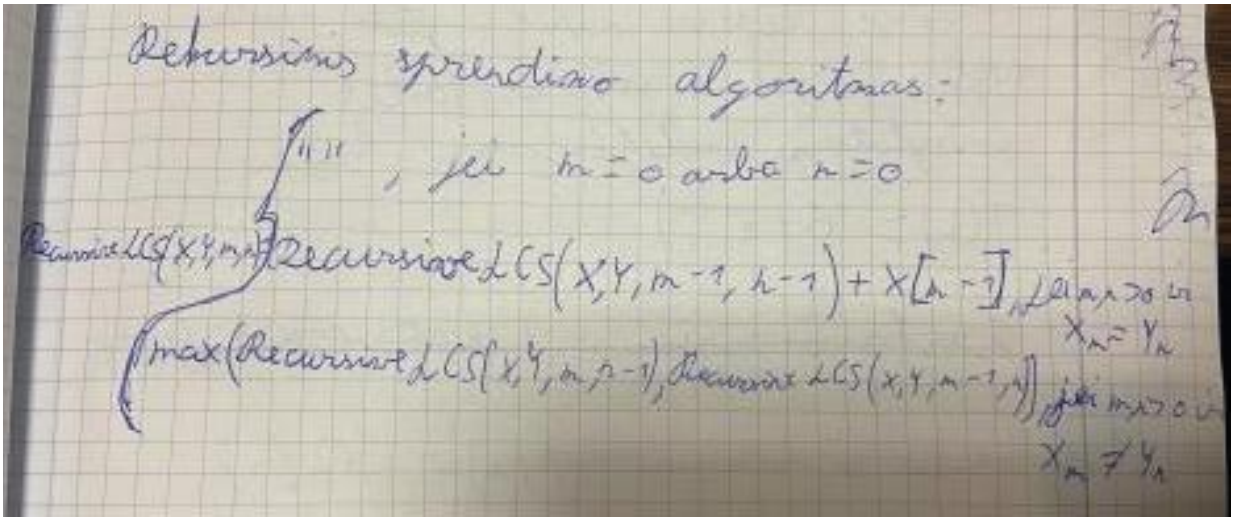
1. Pirma užduoties dalis

- Pateikite rekursinį uždavinio sprendimo algoritmą (rekursinis sąryšis su paaiškinimais), bei realizuokite programinį kodą sprendžiantį nurodytą uždavinį (rekursinis sprendimas netaikant dinaminio programavimo).
- Pritaikykite dinaminio programavimo metodologiją pateiktam uždaviniui (pateikti paaiškinimą), bei realizuokite programinį kodą sprendžiantį nurodytą uždavinį (taikant dinaminį programavimą).
- Atlikite realizuotų programinių kodų analizę ir apskaičiuokite įverčius „iš viršaus“ ir „iš apačios“. Atlikite našumo analizę (skaičiuojant programos vykdymo laiką arba veiksmų skaičių) ir patikrinkite, ar apskaičiuotas metodo asimptotinis sudėtingumas atitinka eksperimentinius rezultatus.

Simbolių sekoje surasti ilgiausią simbolių posekį, kurį būtų galima skaityti iš abiejų galų. Pvz. turime seką S="abaab". Ats.: ilgiausia simbolių seka, kurią galima skaityti iš abiejų galų "baab.

1.1 Rekurentinės lygties sprendimas

1.1.1 Sprendimo algoritmas

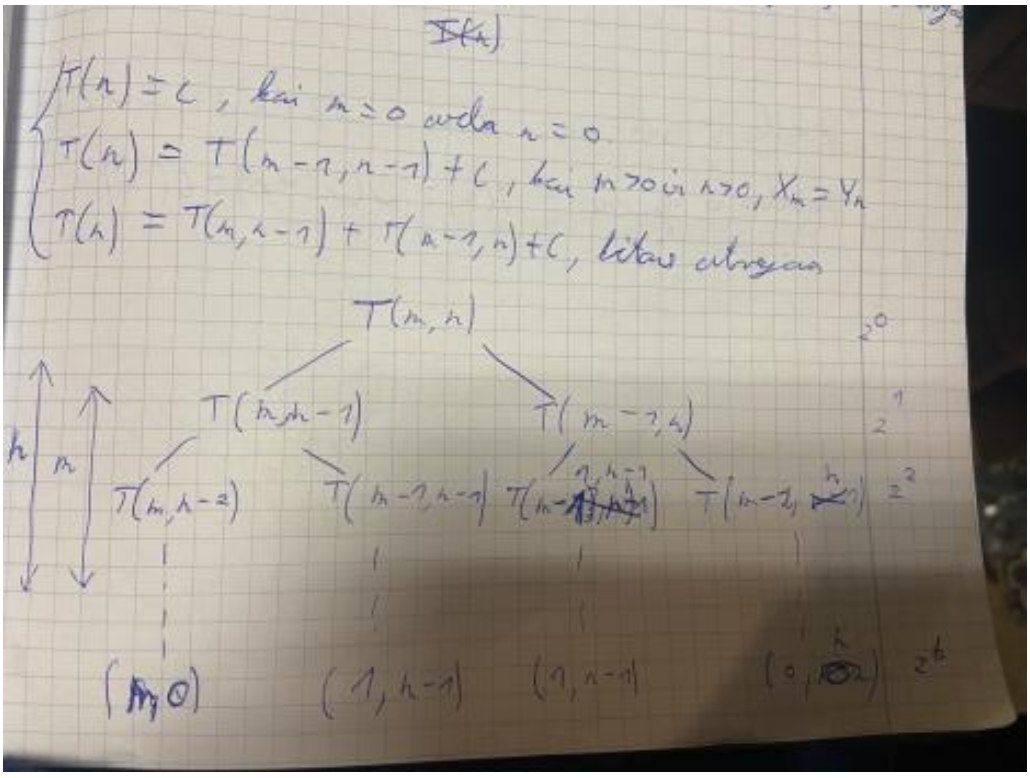


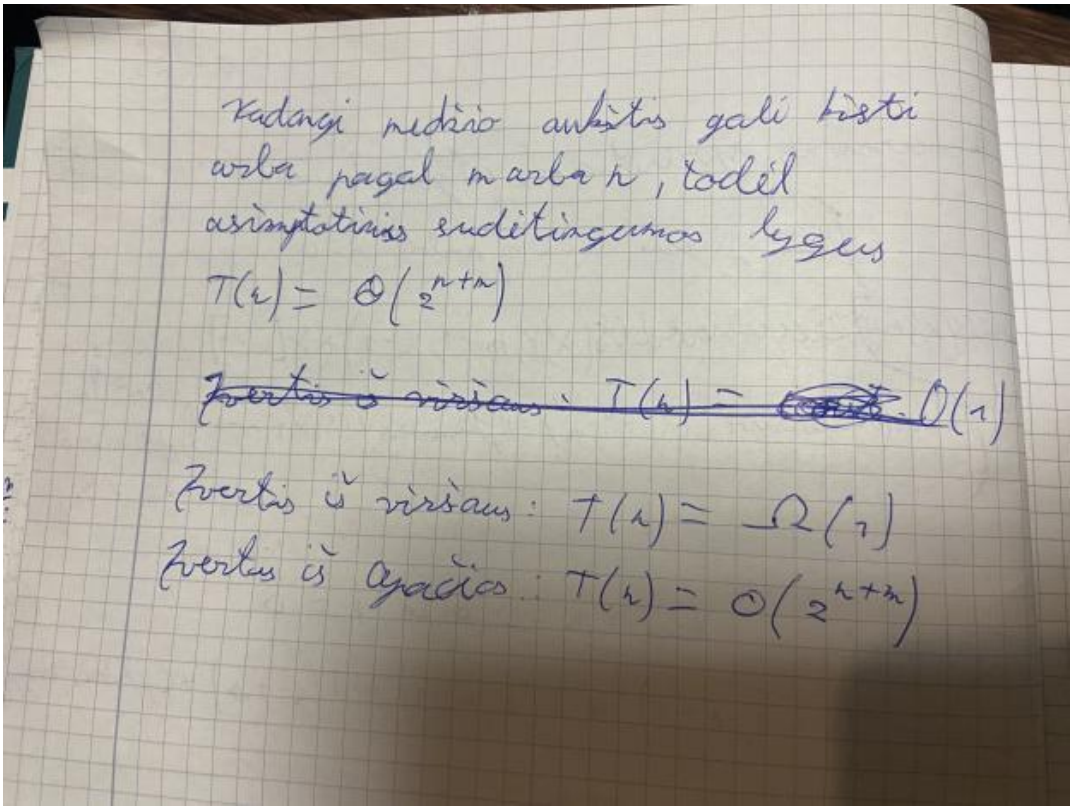
1.1.2 Kodo analizė

```
public static String RecursiveLCS(char[] X, char[] Y, int m, int n)
        {
            sk1++;
            if (m == 0 || n == 0)
// c1 | 1
            {
                sk1++;
```

```
                return "";
// c2 | 1
            }
            sk1++;
            if (X[m - 1] == Y[n - 1])
// c3 | 1
            {
                sk1++;
                return RecursiveLCS(X, Y, m - 1, n - 1) + X[m-1];
// T(m - 1, n - 1) + c4 | 1
            }
            sk1++;
            return maxByLenght(RecursiveLCS(X, Y, m, n - 1), RecursiveLCS(X,
Y, m - 1, n)); // T(m, n - 1) + T(m - 1, n) | 1
        }
        // T(n) = konstanta, jei m = 0 arba n = 0
        // T(n) = T(m - 1, n - 1) + c1 + c3 + c4, m > 0 ir n > 0, Xm = Yn
        // T(n) = T(m, n - 1) + T(m - 1, n) + c1 + c3, kitais atvejais

private static String maxByLenght(String a, String b)
        {
            sk1++;
            return a.Length > b.Length ? a : b;              // c1 | 1
        }
```

1.1.3 Asimptotinis sudėtingumas

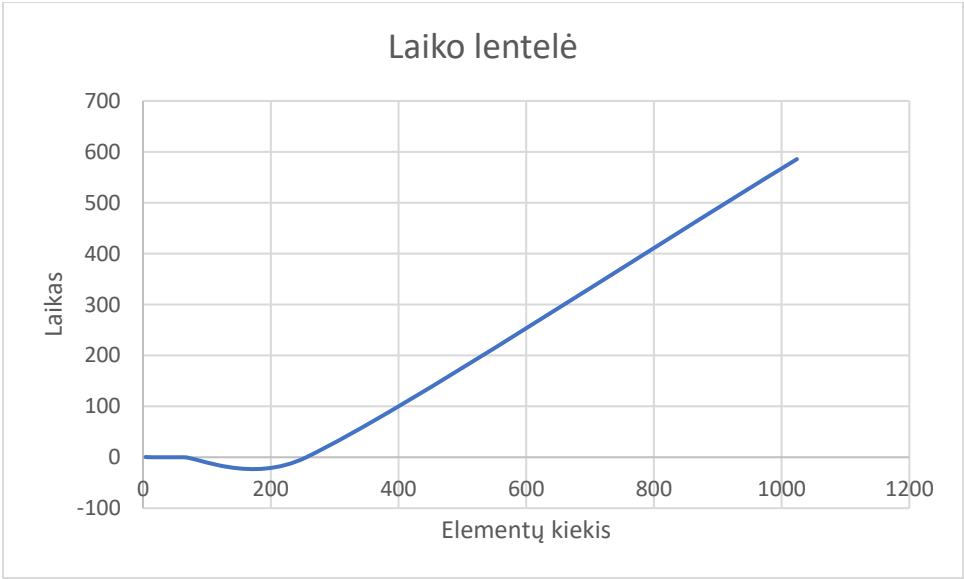


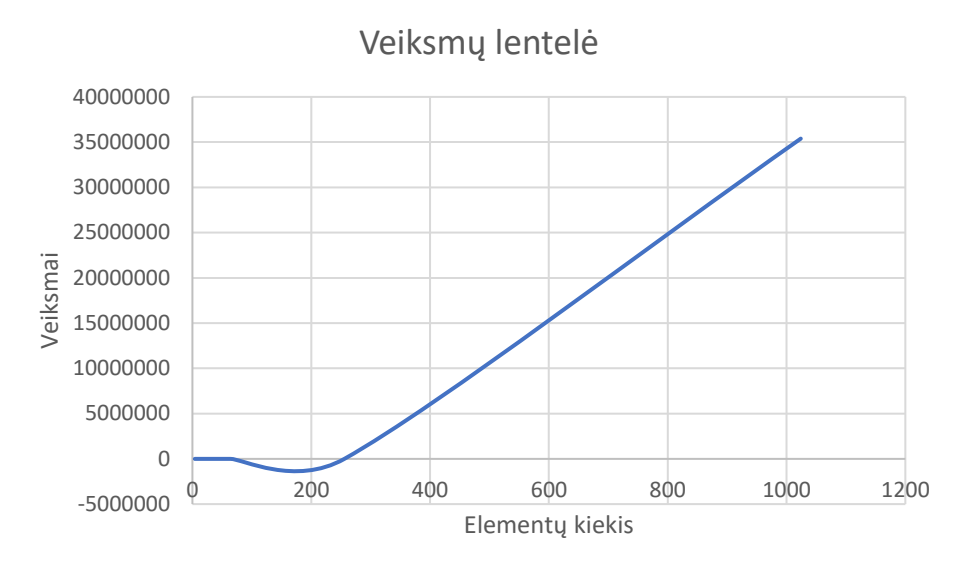


1.1.4 Eksperimentinis tyrimas

Iš viršaus rezultatai yra gaunami, kai simbolių masyvas yra tuščias, todėl pademonstruoti negalima.

Iš apačios gauto atvejo rezultatai:



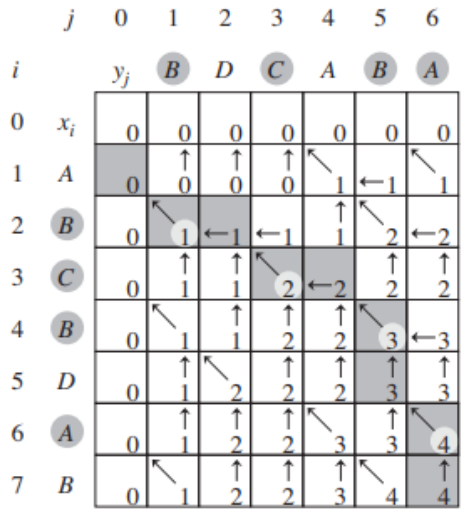


1.2 Dinaminis lygties sprendimas

1.2.1 Sprendimo algoritmas

```
LCS-LENGTH(X, Y)
 1  m = X.length
 2  n = Y.length
 3  let b[1..m, 1..n] and c[0..m, 0..n] be new tables
 4  for i = 1 to m
 5      c[i, 0] = 0
 6  for j = 0 to n
 7      c[0, j] = 0
 8  for i = 1 to m
 9      for j = 1 to n
10          if x_i == y_j
11              c[i, j] = c[i − 1, j − 1] + 1
12              b[i, j] = "↖"
13          elseif c[i − 1, j] ≥ c[i, j − 1]
14              c[i, j] = c[i − 1, j]
15              b[i, j] = "↑"
16          else c[i, j] = c[i, j − 1]
17              b[i, j] = "←"
18  return c and b
```

```
PRINT-LCS(b, X, i, j)
1  if i == 0 or j == 0
2       return
3  if b[i, j] == "↖"
4       PRINT-LCS(b, X, i − 1, j − 1)
5       print x_i
6  elseif b[i, j] == "↑"
7       PRINT-LCS(b, X, i − 1, j)
8  else PRINT-LCS(b, X, i, j − 1)
```



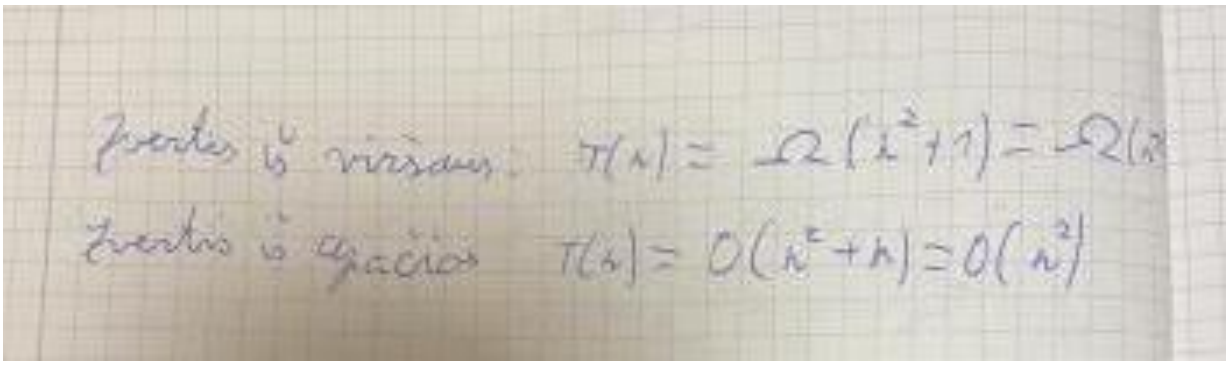
1.2.2 Kodo analizė

```
public static struk DinamicalLCSLenght(char[] X, char[] Y)
        {
            sk2+=3;
            int m = X.Length;                                   // c1 | 1
            int n = Y.Length;                                   // c2 | 1

            struk s = new struk(m, n);                          // c3 | 1
            sk2++;
            for (int i = 1; i < m; i++)                         // c4 | n
+ 1
            {
                sk2++;
                s.c[i, 0] = 0;                                  // c5 | n
                sk2++;
            }
            sk2++;
            for (int j = 0; j < n; j++)                         // c6 | n
+ 1
            {
                sk2++;
```

```
                s.c[0,j] = 0;                                           // c7 | n
                sk2++;
            }
            sk2++;
            for (int i = 1; i < m; i++)                                 // c8 | n
+ 1
            {
                sk2++;
                for (int j = 1; j < n; j++)                             // c9 | n
* (n + 1)
                {
                    sk2+=3;
                    if (Y[i] == X[j])                                   // c10 |
n*n
                    {
                        sk2+=3;
                        s.c[i, j] = s.c[i - 1, j - 1] + 1;              // c11 |
n*n
                        s.b[i, j] = '\\';                               // c12 |
n*n

                    }
                    else if (s.c[i - 1, j] >= s.c[i, j - 1])            // c13 |
n*n
                    {
                        sk2+=3;
                        s.c[i, j] = s.c[i - 1, j];                      // c14 |
n*n
                        s.b[i, j] = '|';                                // c15 |
n*n

                    }
                    else                                                // c16 |
n*n
                    {
                        sk2 += 3;
                        s.c[i, j] = s.c[i, j - 1];                      // c17 |
n*n
                        s.b[i, j] = '-';                                // c18 |
n*n

                    }
                    sk2++;
                }
                sk2++;
            }
            sk2++;
            return s;                                                   // c19 |
1
        }
        // T(n) = c1 + c2 + c3 + c4*n + c4 + c5*n + c6*n + c6 + c7*n + c8*n +
c8 + c9*n^2 + c9*n + c10*n^2 .. = n^2 + n + C

        public static void DinamicalPrintLCS(char[,] b, char[] X, int i, int
j)
        {
            sk2 += 4;
```

```
            if (i == 0 || j == 0)                                   // c1 | 1
            {
                sk2++;
                return;                                             // c2 | 1
            }
            if (b[i, j] == '\\')                                    // c3 | 1
            {
                sk2+=2;
                DinamicalPrintLCS(b, X, i - 1, j - 1);              // T(i -
1, j - 1) | 1
                Console.Write(X[j]);                                // c4 | 1
            }
            else if (b[i, j] == '|')                                // c5 | 1
            {
                sk2++;
                DinamicalPrintLCS(b, X, i - 1, j);                  // T(i -
1, j) | 1
            }
            else                                                    // c6 | 1
            {
                sk2++;
                DinamicalPrintLCS(b, X, i, j - 1);                  // T(i, j
- 1) | 1
            }
        }
        // T(n) = konstanta, jei i = 0 arba j = 0
        // T(n) = T(i - 1, j - 1) + c1 + c3 + c4 , jei b[i, j] == '\\' ir i,j
> 0
        // T(n) = T(i - 1, j) + c1 + c3 + c5, jei b[i, j] == '|' ir i,j > 0
        // T(n) = T(i, j - 1) + c1 + c3 + c5 + c6, kitais atvejais
        // T(n) = O(1) - atvejis iš viršaus
              // Kadangi šis rekursinis metodas veiks tol kol i,j > 0, o jie iš
pradžių yra lygūs n, todėl T(n) = O(n + n) - atvejis iš apačios
```

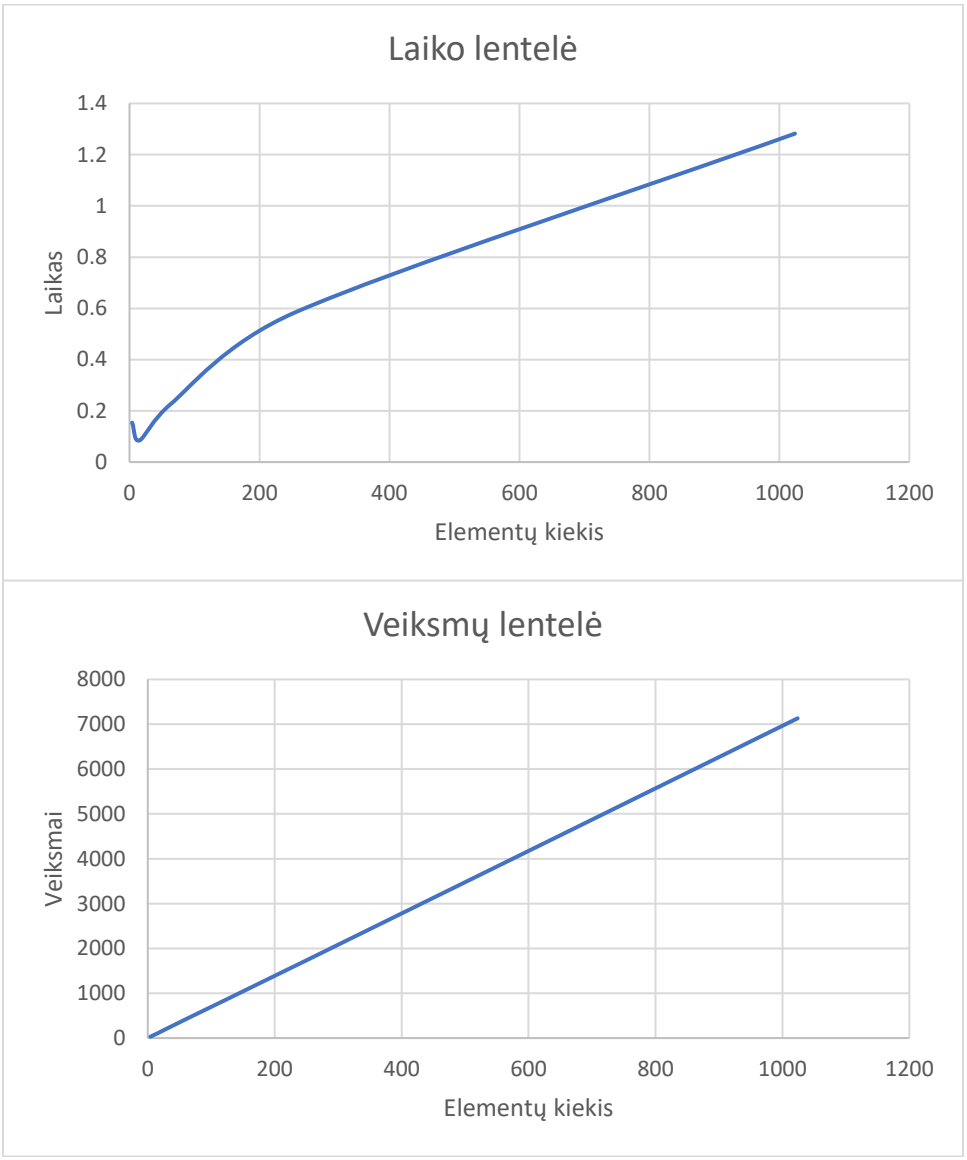
1.2.3 Asimptotinis sudėtingumas



1.2.4 Eksperimentinis tyrimas

Iš viršaus rezultatai yra gaunami, kai simbolių masyvas yra tuščias, todėl pademonstruoti negalima.

Iš apačios gauto atvejo rezultatai:



1.3 Programos kodas

```
using System;
using System.Collections.Generic;
```

```
using System.Diagnostics;
using System.Linq;
using System.Security.Cryptography.X509Certificates;
using System.Text;
using System.Text.Json;
using System.Threading.Tasks;

namespace Lab3
{
    public class struk
    {
        public char[,] b;
        public int[,] c;

        public struk(int XLenght, int YLenght)
        {
            b = new char[XLenght, YLenght];
            c = new int[XLenght, YLenght];
        }
    }


    internal class Class1
    {
        private static long sk1;
        private static long sk2;

        public static void Main(string[] args)
        {
            char[] X = new char[0];
            char[] Y = new char[0];
            Console.WriteLine("Rekursinis sprendimas");
            X = new char[2] { 'a', 'b' };
            Y = new char[2] { 'b', 'a' };
            Test1(X, Y);
            X = new char[4] { 'a', 'a', 'b', 'b' };
            Y = new char[4] { 'b', 'b', 'a', 'a' };
            Test1(X, Y);
            X = new char[8] { 'a', 'b', 'a', 'a', 'b', 'b', 'b', 'a' };
            Y = new char[8] { 'a', 'b', 'b', 'b', 'a', 'a', 'b', 'a' };
            Test1(X, Y);
            X = new char[16] { 'a', 'b', 'b', 'a', 'a', 'b', 'a', 'a', 'b',
'b', 'b', 'a', 'a', 'a', 'b', 'a' };
            Y = new char[16] { 'a', 'b', 'a', 'a', 'a', 'b', 'b', 'b', 'a',
'b', 'a', 'a', 'b', 'a', 'b', 'a' };
            Test1(X, Y);
            X = new char[32] { 'b', 'a', 'b', 'a', 'a', 'b', 'b', 'a', 'a',
'a', 'b', 'b', 'b', 'b', 'a', 'a', 'a', 'a', 'b', 'a', 'a', 'b', 'b', 'a',
'a', 'b', 'b', 'a', 'b', 'a', 'a', 'b' };
            Y = new char[32] { 'b', 'a', 'a', 'b', 'a', 'a', 'b', 'b', 'a',
'a', 'b', 'b', 'a', 'a', 'b', 'a', 'b', 'a', 'a', 'a', 'a', 'b', 'b', 'b',
'b', 'a', 'a', 'a', 'a', 'b', 'a', 'b' };
            Test1(X, Y);
            Console.WriteLine();

            //Console.WriteLine("Dinaminis sprendimas");
            //X = new char[2] { 'a', 'b' };
```

```
            //Y = new char[2] { 'b', 'a' };
            //Test2(X, Y);
            //X = new char[4] { 'a', 'a', 'b', 'b' };
            //Y = new char[4] { 'b', 'b', 'a', 'a' };
            //Test2(X, Y);
            //X = new char[8] { 'a', 'b', 'a', 'a', 'b', 'b', 'b', 'a' };
            //Y = new char[8] { 'a', 'b', 'b', 'b', 'a', 'a', 'b', 'a' };
            //Test2(X, Y);
            //X = new char[16] { 'a', 'b', 'b', 'a', 'a', 'b', 'a', 'a', 'b',
'b', 'b', 'a', 'a', 'a', 'b', 'a' };
            //Y = new char[16] { 'a', 'b', 'a', 'a', 'a', 'b', 'b', 'b', 'a',
'b', 'a', 'a', 'b', 'a', 'b', 'a' };
            //Test2(X, Y);
            //X = new char[32] { 'b', 'a', 'b', 'a', 'a', 'b', 'b', 'a', 'a',
'a', 'b', 'b', 'b', 'b', 'a', 'a', 'a', 'a', 'b', 'a', 'a', 'b', 'b', 'a',
'a', 'b', 'b', 'a', 'b', 'a', 'a', 'b' };
            //Y = new char[32] { 'b', 'a', 'a', 'b', 'a', 'a', 'b', 'b', 'a',
'a', 'b', 'b', 'a', 'a', 'b', 'a', 'b', 'a', 'a', 'a', 'a', 'b', 'b', 'b',
'b', 'a', 'a', 'a', 'a', 'b', 'a', 'b' };
            //Test2(X, Y);
            //Console.WriteLine();

            ////Testavimui
            //char[] X = new char[6];
            //char[] Y = new char[6];
            //Y[1] = 'a';
            //Y[2] = 'b';
            //Y[3] = 'a';
            //Y[4] = 'a';
            //Y[5] = 'b';
            //int ii = 1;
            //for (int i = Y.Length - 1; i > 0; i--)
            //{
            //    X[ii] = Y[i];
            //    ii++;
            //}

            ////Rekursinis
            //String rec = RecursiveLCS(X, Y, X.Length, Y.Length);
            //Console.WriteLine(rec);

            ////Dinaminis
            //struk S = DinamicalLCSLenght(X, Y);
            //DinamicalPrintLCS(S.b, X, X.Length - 1, Y.Length - 1);
        }

        public static void Test1(char[] X, char[] Y)
        {
            Stopwatch time = new Stopwatch();
            sk1 = 0;
            time.Start();
            RecursiveLCS(X, Y, X.Length, Y.Length);
            time.Stop();
            Console.WriteLine("Duomenu kiekis: {0}", X.Length * Y.Length);
            Console.WriteLine("Elapsed time: {0} microsec.",
time.Elapsed.TotalMilliseconds);
            Console.WriteLine("Veiksmu skaicius: {0}", sk1);
```

```
        }

        public static void Test2(char[] X, char[] Y)
        {
            Stopwatch time = new Stopwatch();
            sk2 = 0;
            time.Start();
            struk S = DinamicalLCSLenght(X, Y);
            DinamicalPrintLCS(S.b, X, X.Length - 1, Y.Length - 1);
            time.Stop();
            Console.WriteLine("Duomenu kiekis: {0}", X.Length * Y.Length);
            Console.WriteLine("Elapsed time: {0} microsec.",
time.Elapsed.TotalMilliseconds);
            Console.WriteLine("Veiksmu skaicius: {0}", sk2);
        }

        public static String RecursiveLCS(char[] X, char[] Y, int m, int n)
        {
            sk1++;
            if (m == 0 || n == 0)
// c1 | 1
            {
                sk1++;
                return "";
// c2 | 1
            }
            sk1++;
            if (X[m - 1] == Y[n - 1])
// c3 | 1
            {
                sk1++;
                return RecursiveLCS(X, Y, m - 1, n - 1) + X[m-1];
// T(m - 1, n - 1) + c4 | 1
            }
            sk1++;
            return maxByLenght(RecursiveLCS(X, Y, m, n - 1), RecursiveLCS(X,
Y, m - 1, n)); // T(m, n - 1) + T(m - 1, n) | 1
        }
        // T(n) = konstanta, jei m = 0 arba n = 0
        // T(n) = T(m - 1, n - 1) + c1 + c3 + c4, m > 0 ir n > 0, Xm = Yn
        // T(n) = T(m, n - 1) + T(m - 1, n) + c1 + c3, kitais atvejais


        private static String maxByLenght(String a, String b)
        {
            sk1++;
            return a.Length > b.Length ? a : b;              // c1 | 1
        }

        public static struk DinamicalLCSLenght(char[] X, char[] Y)
        {
            sk2+=3;
            int m = X.Length;                                          // c1 | 1
            int n = Y.Length;                                          // c2 | 1

            struk s = new struk(m, n);                                 // c3 | 1
            sk2++;
```

```
            for (int i = 1; i < m; i++)                                 // c4 | n
+ 1
            {
                sk2++;
                s.c[i, 0] = 0;                                          // c5 | n
                sk2++;
            }
            sk2++;
            for (int j = 0; j < n; j++)                                 // c6 | n
+ 1
            {
                sk2++;
                s.c[0,j] = 0;                                           // c7 | n
                sk2++;
            }
            sk2++;
            for (int i = 1; i < m; i++)                                 // c8 | n
+ 1
            {
                sk2++;
                for (int j = 1; j < n; j++)                             // c9 | n
* (n + 1)
                {
                    sk2+=3;
                    if (Y[i] == X[j])                                   // c10 |
n*n
                    {
                        sk2+=3;
                        s.c[i, j] = s.c[i - 1, j - 1] + 1;              // c11 |
n*n
                        s.b[i, j] = '\\';                               // c12 |
n*n

                    }
                    else if (s.c[i - 1, j] >= s.c[i, j - 1])            // c13 |
n*n
                    {
                        sk2+=3;
                        s.c[i, j] = s.c[i - 1, j];                      // c14 |
n*n
                        s.b[i, j] = '|';                                // c15 |
n*n

                    }
                    else                                                // c16 |
n*n
                    {
                        sk2 += 3;
                        s.c[i, j] = s.c[i, j - 1];                      // c17 |
n*n
                        s.b[i, j] = '-';                                // c18 |
n*n

                    }
                    sk2++;
                }
                sk2++;
```

```
            }
            sk2++;
            return s;                                                   // c19 |
1
        }
        // T(n) = c1 + c2 + c3 + c4*n + c4 + c5*n + c6*n + c6 + c7*n + c8*n +
c8 + c9*n^2 + c9*n + c10*n^2 .. = n^2 + n + C

        public static void DinamicalPrintLCS(char[,] b, char[] X, int i, int
j)
        {
            sk2 += 4;
            if (i == 0 || j == 0)                                       // c1 | 1
            {
                sk2++;
                return;                                                 // c2 | 1
            }
            if (b[i, j] == '\\')                                        // c3 | 1
            {
                sk2+=2;
                DinamicalPrintLCS(b, X, i - 1, j - 1);                  // T(i -
1, j - 1) | 1
                Console.Write(X[j]);                                    // c4 | 1
            }
            else if (b[i, j] == '|')                                    // c5 | 1
            {
                sk2++;
                DinamicalPrintLCS(b, X, i - 1, j);                      // T(i -
1, j) | 1
            }
            else                                                        // c6 | 1
            {
                sk2++;
                DinamicalPrintLCS(b, X, i, j - 1);                      // T(i, j
- 1) | 1
            }
        }
        // T(n) = konstanta, jei i = 0 arba j = 0
        // T(n) = T(i - 1, j - 1) + c1 + c3 + c4 , jei b[i, j] == '\\' ir i,j
> 0
        // T(n) = T(i - 1, j) + c1 + c3 + c5, jei b[i, j] == '|' ir i,j > 0
        // T(n) = T(i, j - 1) + c1 + c3 + c5 + c6, kitais atvejais
        // T(n) = O(1) - atvejis iš viršaus
        // Kadangi šis rekursinis metodas veiks tol kol i,j > 0, o jie iš
pradžių yra lygūs n, todėl T(n) = O(n + n) - atvejis iš apačios
    }
}
```

2. Antra užduoties dalis

- Atlikite pateiktų procedūrų lygiagretinimą.
- Įvertinkite teorinį nelygiagretintų ir lygiagretintų procedūrų sudėtingumą.
- Atlikite realizuotų programinių kodų analizę ir apskaičiuokite įverčius „iš viršaus“ ir „iš apačios“. Atlikite našumo analizę (skaičiuojant programos vykdymo laiką

arba veiksmų skaičių) ir patikrinkite, ar apskaičiuotas metodo asimptotinis sudėtingumas atitinka eksperimentinius rezultatus.

- 2 uždavinys - 3 balai / 3 uždavinys - 3 balai

2.1 Pirmoji lygtis

2.1.1 Sprendimas be lygiagretinimo

2.1.1.1 Kodo analizė

```
public static long methodToAnalysis1(int[] arr)
        {
            sk1++;
            long n = arr.Length;                    // c1 | 1
            sk1++;
            long k = n;                             // c2 | 1
            sk1++;
            if (arr[0] > 0)                         // c3 | 1
            {
                sk1++;
                for (int i = 0; i < n; i++)         // c4 | n + 1
                {
                    sk1++;
                    for (int j = 0; j < n; j++)     // c5 | (n + 1) * n
                    {
                        sk1++;
                        k -= 2;                     // c6 | n * n
                        sk1++;
                    }
                    sk1++;
                }

            }
            sk1++;
            return k;                               // c7 | 1
        }
        // T(n) = konstanta, jei arr[0] <= 0
             // T(n) = n^2 * (c5 + c6) + n * (c4 + c5) + c4 + c1 + c2 + c3 ,
jei arr[0] > 0
```

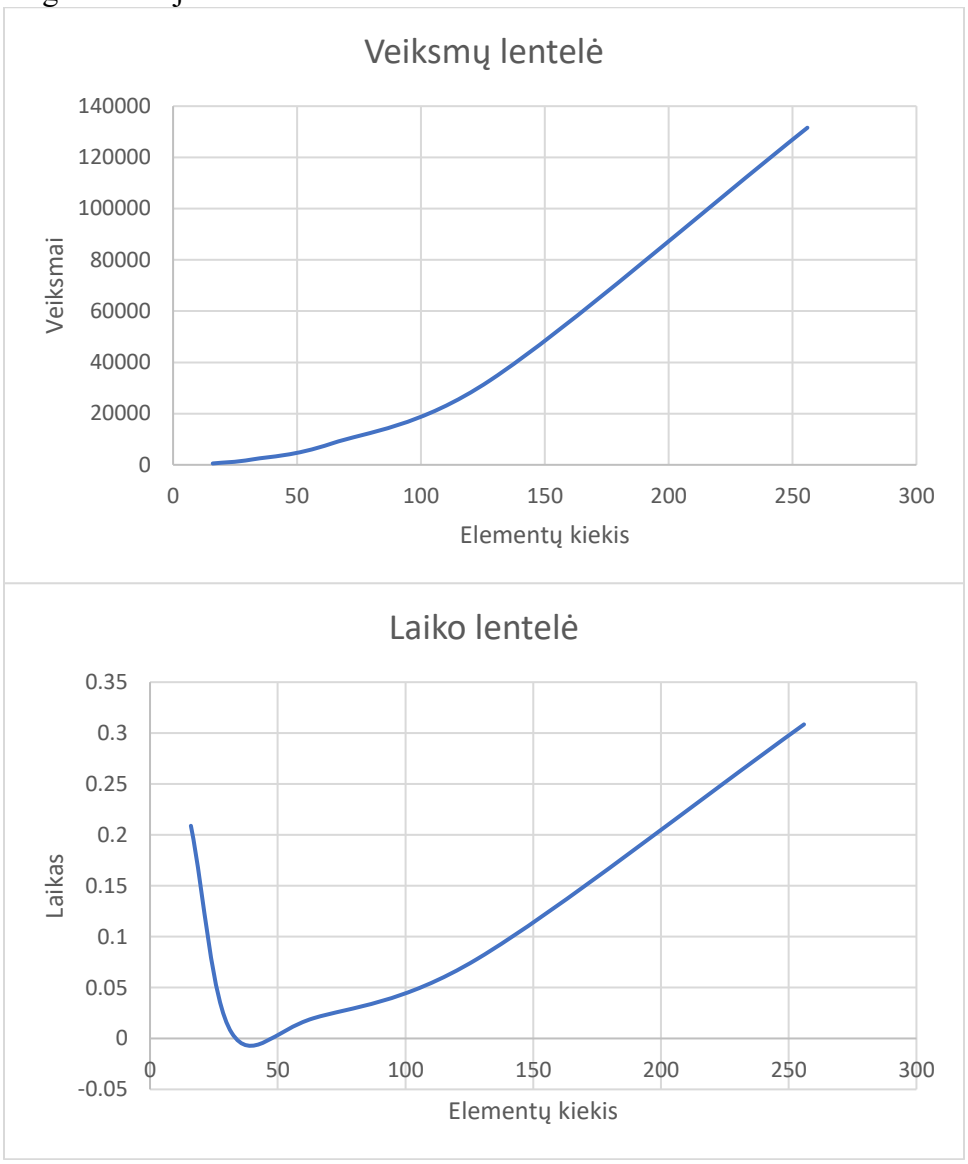
2.1.1.2 Lygties sprendimas

Įvertis iš viršaus: T(n) = Ω(1), kai arr[0] <=0
Įvertis iš apačios: T(n) = O(n^2), kitais atvejais

2.1.1.3 Eksperimentinis tyrimas

Iš viršaus gauto atvejo asimptotinis sudėtingumas visada bus lygūs konstantai.

Iš apačios gauto atvejo rezultatai:



2.1.2 Sprendimas su lygiagretumu

2.1.2.1 Kodo analizė

```
public static long ParallelmethodToAnalysis1(int[] arr)
        {
            object monitor = new object();          // c1 | 1
            sk1++;
            long n = arr.Length;                    // c2 | 1
            sk1++;
            long k = n;                             // c3 | 1
            sk1++;
            if (arr[0] > 0)                         // c4 | 1
            {
```

```
            sk1++;
            Parallel.For(0, n, i =>                 // c5 | 1
            {
                sk1++;
                Parallel.For(0, n, j =>             // c6 | 1
                {
                    sk1++;
                    lock (monitor) k -= 2;          // c7 | 1
                    sk1++;
                });
                sk1++;
            });

        }
        sk1++;
        return k;                                   // c8 | 1
    }
// T(n) = konstanta
```

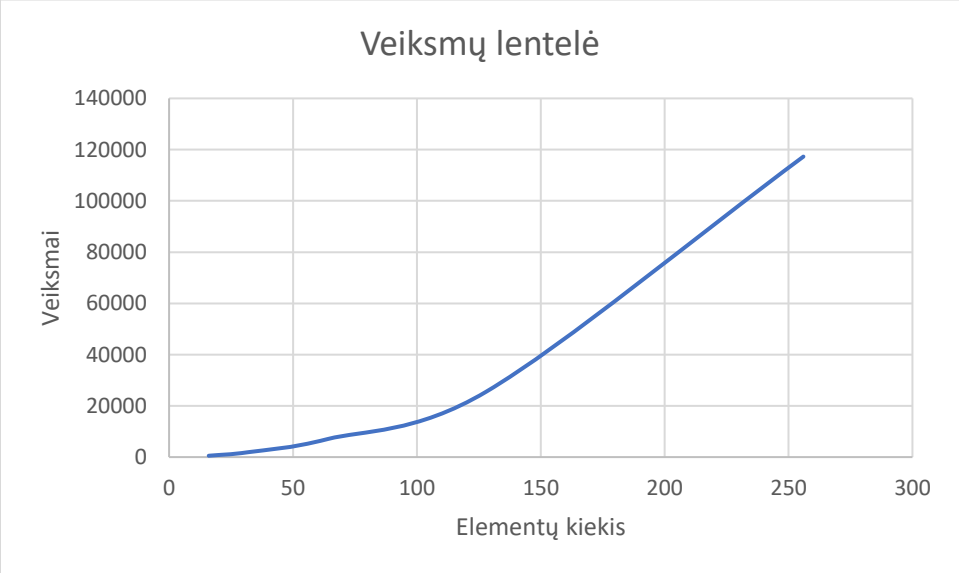
2.1.2.2 Lygties sprendimas

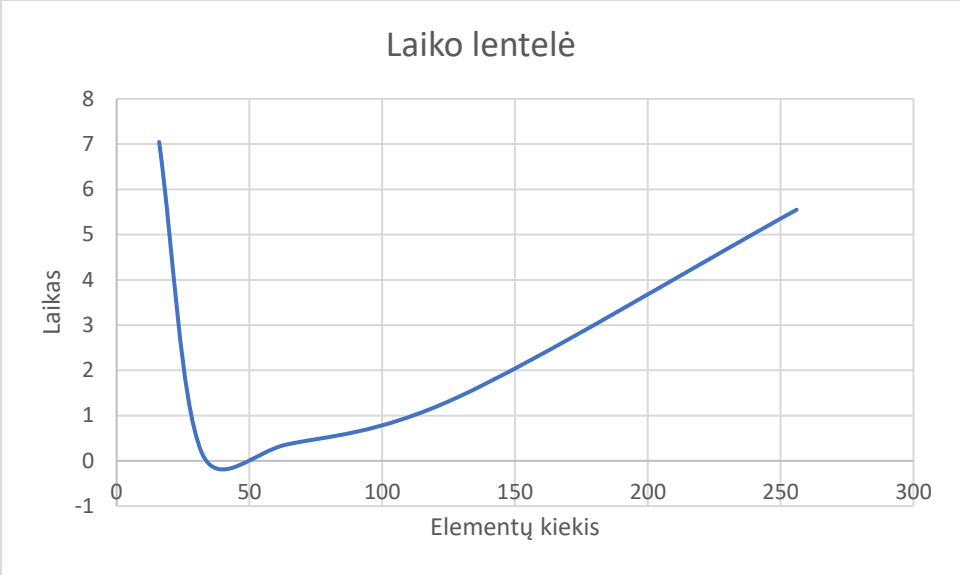
Kadangi For ciklai veikia lygiagrečiai, teoriškai, metodo asimptotinis sudėtingumas ir iš viršaus ir iš apačios turėtų būti: $T(n) = \Theta(1)$.

2.1.2.3 Eksperimentinis tyrimas

Iš viršaus gauto atvejo, kai arr[0] <= 0 asimptotinis sudėtingumas visada bus lygūs konstantai.

Iš apačios gauto atvejo rezultatai neatitinka teorinių skaičiavimų:





2.2 Antroji lygtis

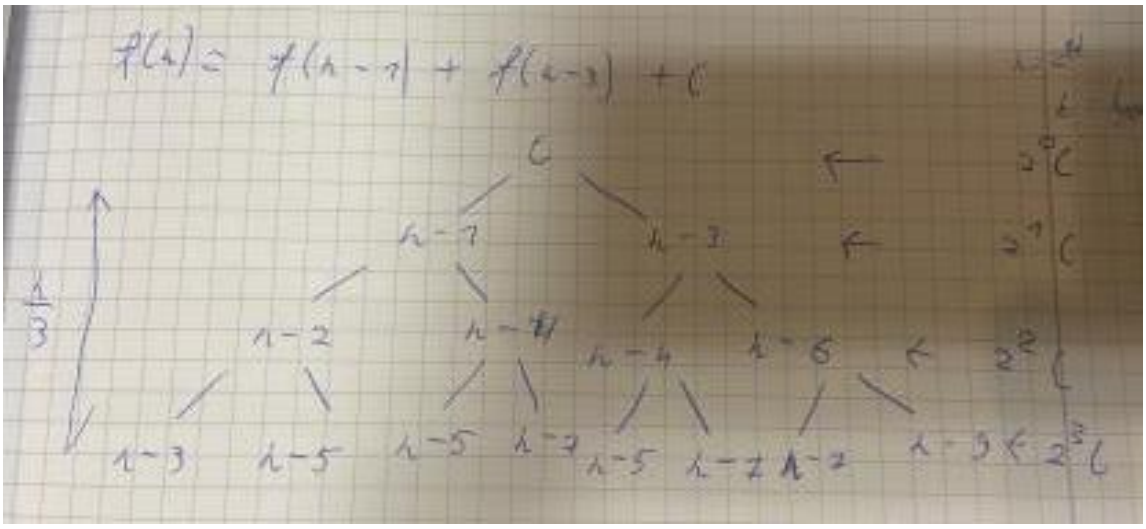
2.2.1 Sprendimas be lygiagretinimo

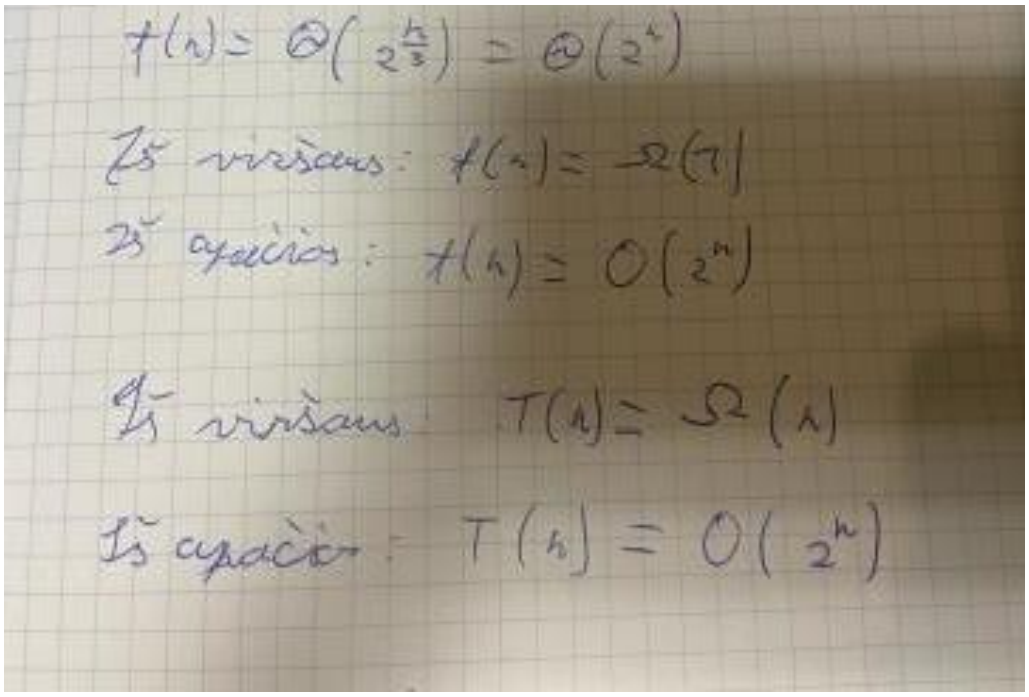
2.2.1.1 Kodo analizė

```
public static long methodToAnalysis2(int n, int[] arr)
        {
            sk2++;
            long k = 0;                                 // c1 | 1
            sk2++;
            Random randNum = new Random();              // c2 | 1
            sk2++;
            for (int i = 0; i < n; i++)                 // c3 | n + 1
            {
                sk2++;
                k += arr[i] + FF3(i, arr);              // (c4 + f(n)) | n
                sk2++;
            }
            sk2++;
            return k;                                   // c5 | 1

        }
        // T(n) = n*(c3 + c4 + konstanta) + c1 + c2 + c3 + c5, kai FF3()
metodo rezultatas lygus konstantai
        // T(n) = 2^n*n + n*(c3 + c4) + c1 + c2 + c3 + c5, kitais atvejais


        public static long FF3(int n, int[] arr)
        {
            sk2++;
            if (n > 0 && arr.Length > n && arr[n] > 0)      // c1 | 1
            {
                sk2++;
                return FF3(n - 1, arr) + FF3(n - 3, arr);   // c2 + f(n - 1)
+ f(n - 3) | 1
```

```
        }
        sk2++;
        return n;                                           // c3 | 1

    }
    // f(n) = konstanta, kai n <=0, arr.Length <= n ir arr[n] <=0
          // f(n) = f(n - 1) + f(n - 3) + c1 + c2 + c3, kitais atvejais
```

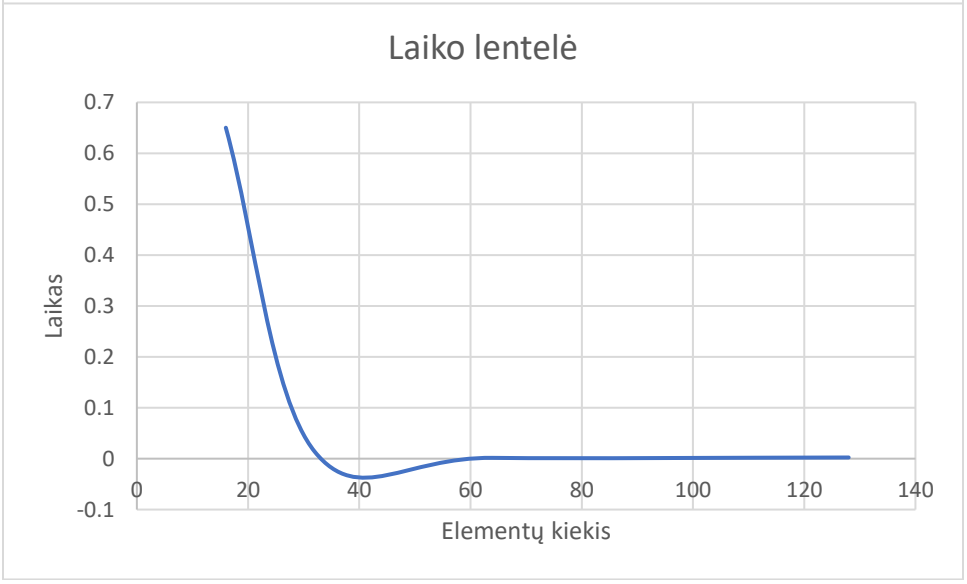
2.2.1.2 Lygties sprendimas



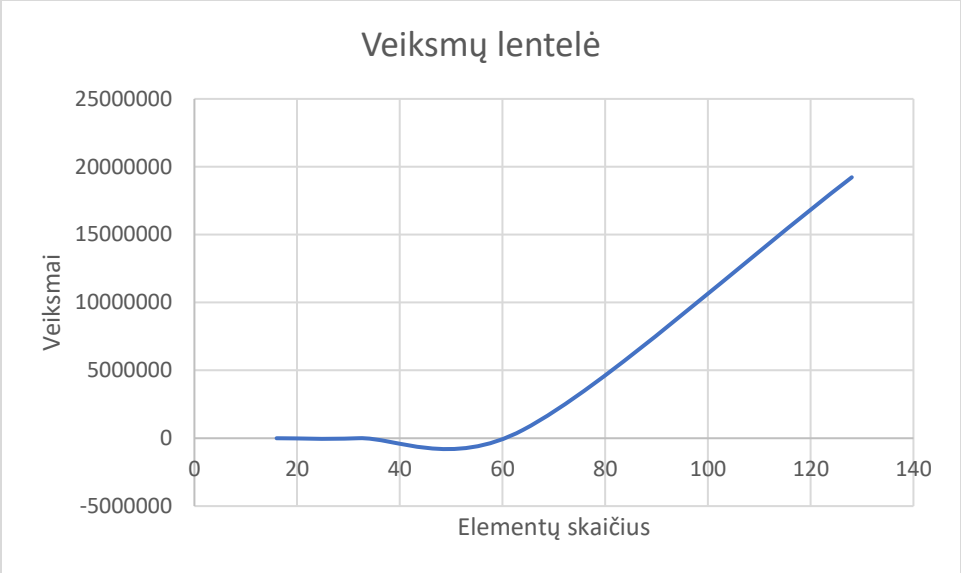


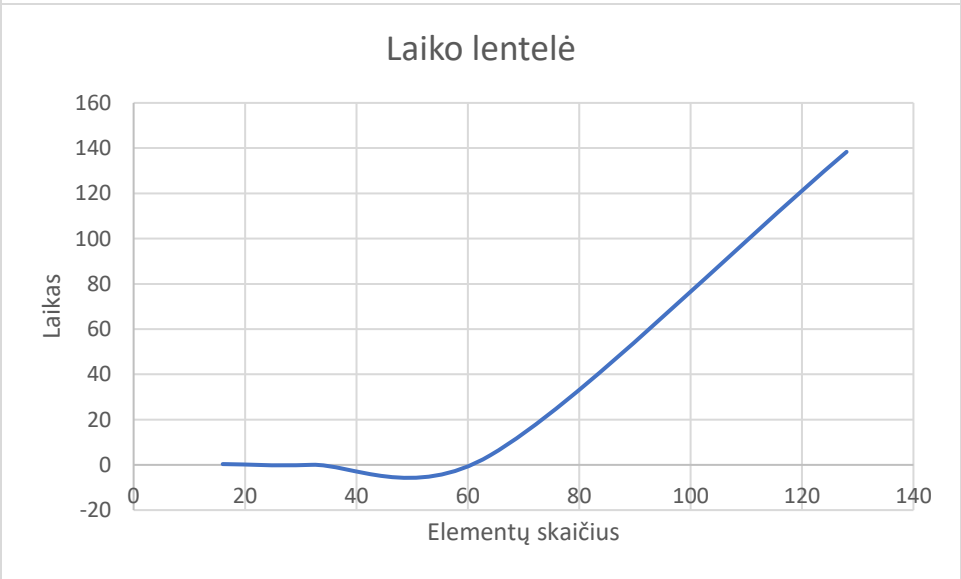
2.2.1.3 Eksperimentinis tyrimas

Iš viršaus gauto atvejo rezultatai:



Iš apačios gauto atvejo rezultatai:





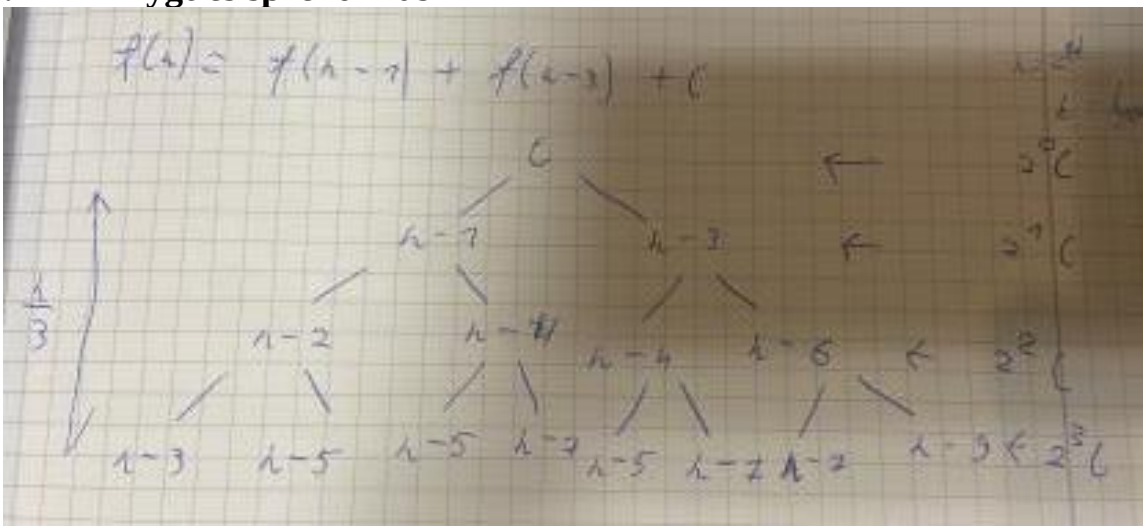
2.2.2 Sprendimas su lygiagretumu

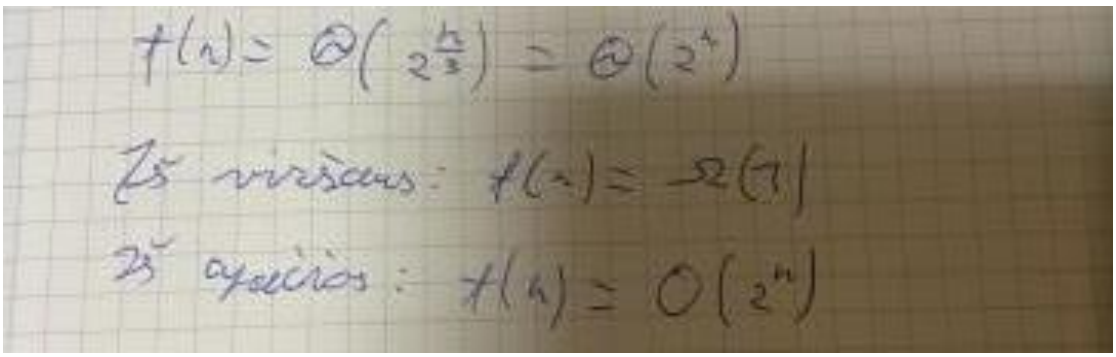
2.2.2.1 Kodo analizė

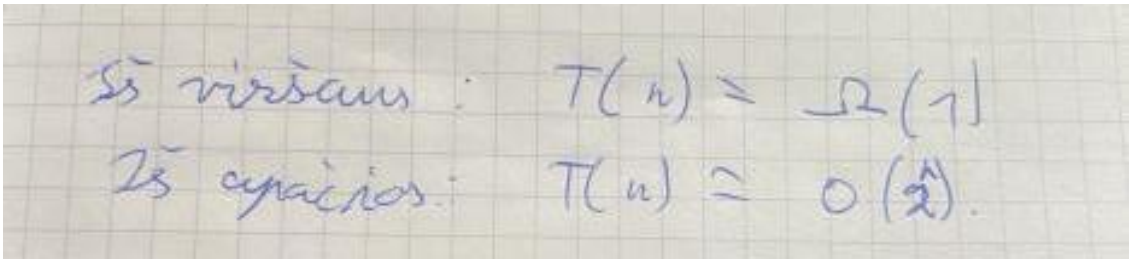
```
public static long ParallelmethodToAnalysis2(int n, int[] arr)
        {
            object monitor = new object();          // c1 | 1
            sk2++;
            long k = 0;                             // c2 | 1
            sk2++;
            Random randNum = new Random();          // c3 | 1
            sk2++;
            Parallel.For(0, n, i =>                 // c4 | 1
            {
                sk2++;
                lock (monitor) k += arr[i] + ParallelFF3(i, arr);  // (c5 +
f(n)) | 1
```

```
            sk2++;
        });
        sk2++;
        return k;                                   // c6 | 1

    }
    // T(n) = konstanta + c1 + c2 + c3 + c4 + c5 + c6, kai FF3() metodo
rezultatas lygus konstantai
    // T(n) = 2^n + c1 + c2 + c3 + c4 + c5 + c6, kitais atvejais


    public static long ParallelFF3(int n, int[] arr)
    {
        sk2++;
        if (n > 0 && arr.Length > n && arr[n] > 0)
// c1 | 1
        {
            sk2+=5;
            Task<long> task = Task<long>.Factory.StartNew((local_n) => {
return ParallelFF3((int)local_n - 1, arr); }, n); // f(n - 1)  | 1
            long y = ParallelFF3(n - 3, arr);
// f(n - 3)  | 1
            Task.WaitAll(task);
// c2 | 1
            long x = task.Result;
// c3 | 1
            return x + y;
// c4 | 1

        }
        sk2++;
        return n;                                       // c5 | 1

    }
    // f(n) = konstanta, kai n <=0, arr.Length <= n ir arr[n] <=0
    // f(n) = f(n - 1) + f(n - 3) + c1 + c2 + c3 + c4 + c5, kitais atvejais
```

2.2.2.2 Lygties sprendimas

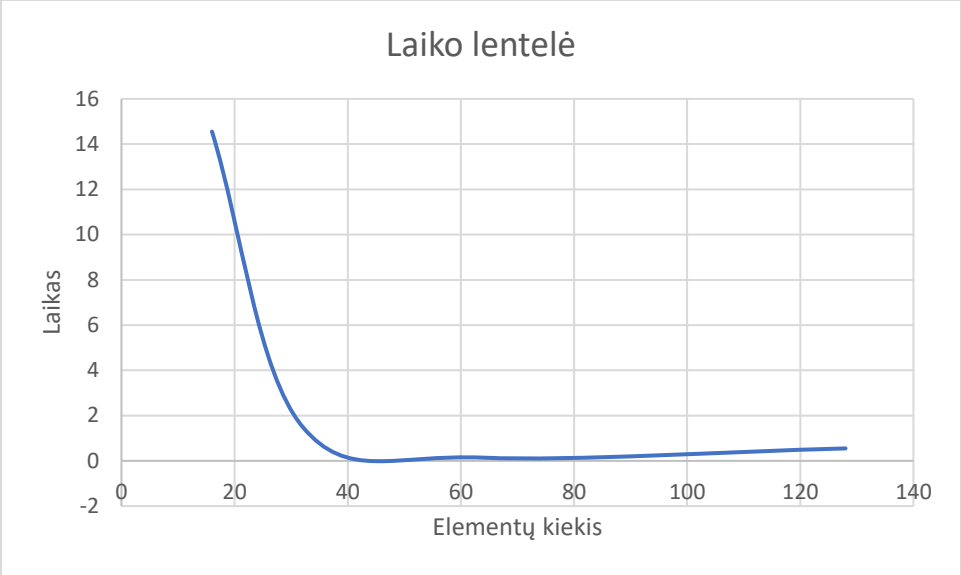




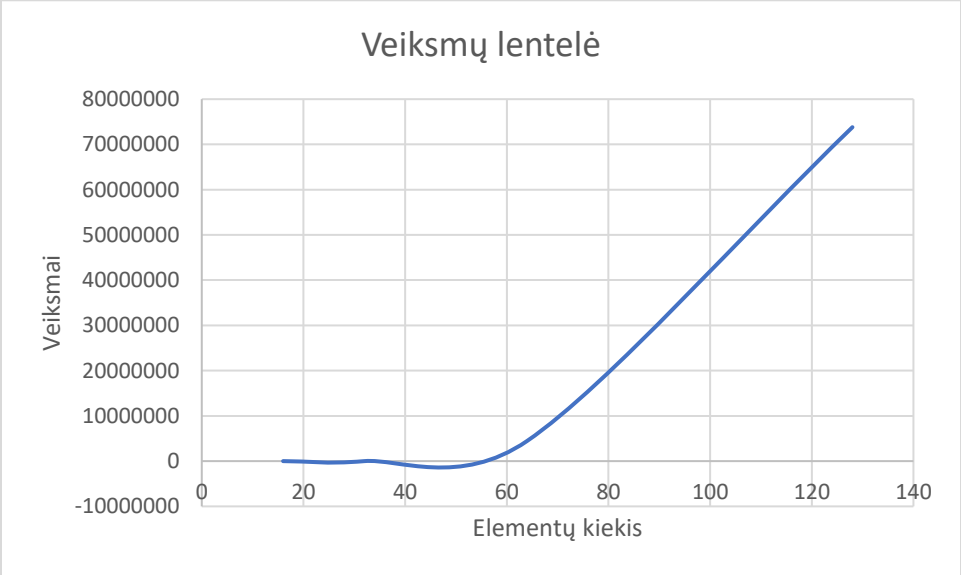


2.2.2.3 Eksperimentinis tyrimas

Iš viršaus gauto atvejo rezultatai neatitinka teorinių skaičiavimų:



Iš apačios gauto atvejo rezultatai:



2.3 Programos kodas

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Diagnostics;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace lab3_antra_dalis
{
    internal class Class1
    {
        private static int sk1;
        private static int sk2;
        public static void Main(string[] args)
        {
            var random = new Random();
            //Console.WriteLine("Pirmoji lygtis: ");
            //Console.WriteLine("Be lygiagretumo: ");
            //var    arr    =    Enumerable.Range(0,    16).Select(i    =>
random.Next(0, 16)).ToArray();
            //Test1Normal(arr);
            //arr = Enumerable.Range(0, 32).Select(i => random.Next(0,
32)).ToArray();
            //Test1Normal(arr);
            //arr = Enumerable.Range(0, 64).Select(i => random.Next(0,
64)).ToArray();
            //Test1Normal(arr);
            //arr = Enumerable.Range(0, 128).Select(i => random.Next(0,
128)).ToArray();
            //Test1Normal(arr);
            //arr = Enumerable.Range(0, 256).Select(i => random.Next(0,
256)).ToArray();
            //Test1Normal(arr);
```

```
                //Console.WriteLine();
                //Console.WriteLine("Su lygiagretumu: ");
                //arr = Enumerable.Range(0, 16).Select(i => random.Next(0,
16)).ToArray();
                //Test1Parallel(arr);
                //arr = Enumerable.Range(0, 32).Select(i => random.Next(0,
32)).ToArray();
                //Test1Parallel(arr);
                //arr = Enumerable.Range(0, 64).Select(i => random.Next(0,
64)).ToArray();
                //Test1Parallel(arr);
                //arr = Enumerable.Range(0, 128).Select(i => random.Next(0,
128)).ToArray();
                //Test1Parallel(arr);
                //arr = Enumerable.Range(0, 256).Select(i => random.Next(0,
256)).ToArray();
                //Test1Parallel(arr);


                Console.WriteLine("Antroji lygtis: ");
                Console.WriteLine("Be lygiagretumo: ");
                int n = 8;
                var arr = Enumerable.Range(0, 16).Select(i => random.Next(0,
16)).ToArray();
                Test2Normal(n, arr);
                n = 16;
                arr = Enumerable.Range(0, 32).Select(i => random.Next(0,
32)).ToArray();
                Test2Normal(n, arr);
                n = 32;
                arr = Enumerable.Range(0, 64).Select(i => random.Next(0,
64)).ToArray();
                Test2Normal(n, arr);
                n = 40;
                arr = Enumerable.Range(0, 128).Select(i => random.Next(0,
128)).ToArray();
                Test2Normal(n, arr);
                Console.WriteLine();
                Console.WriteLine("Su lygiagretumu: ");
                n = 8;
                arr = Enumerable.Range(0, 16).Select(i => random.Next(0,
16)).ToArray();
                Test2Parallel(n, arr);
                n = 16;
                arr = Enumerable.Range(0, 32).Select(i => random.Next(0,
32)).ToArray();
                Test2Parallel(n, arr);
                n = 32;
                arr = Enumerable.Range(0, 64).Select(i => random.Next(0,
64)).ToArray();
                Test2Parallel(n, arr);
                n = 40;
                arr = Enumerable.Range(0, 128).Select(i => random.Next(0,
128)).ToArray();
                Test2Parallel(n, arr);
```

```
        }

        public static void Test1Normal(int[] arr)
        {
            Stopwatch time = new Stopwatch();
            sk1 = 0;
            time.Start();
            methodToAnalysis1(arr);
            time.Stop();
            Console.WriteLine("Duomenu kiekis: {0}", arr.Length);
            Console.WriteLine("Elapsed     time:     {0}     microsec.",
time.Elapsed.TotalMilliseconds);
            Console.WriteLine("Veiksmu skaicius: {0}", sk1);
        }

        public static void Test1Parallel(int[] arr)
        {
            Stopwatch time = new Stopwatch();
            sk1 = 0;
            time.Start();
            ParallelmethodToAnalysis1(arr);
            time.Stop();
            Console.WriteLine("Duomenu kiekis: {0}", arr.Length);
            Console.WriteLine("Elapsed     time:     {0}     microsec.",
time.Elapsed.TotalMilliseconds);
            Console.WriteLine("Veiksmu skaicius: {0}", sk1);
        }

        public static void Test2Normal(int n, int[] arr)
        {
            Stopwatch time = new Stopwatch();
            sk2 = 0;
            time.Start();
            methodToAnalysis2(n, arr);
            time.Stop();
            Console.WriteLine("Duomenu kiekis: {0}", arr.Length);
            Console.WriteLine("Elapsed     time:     {0}     microsec.",
time.Elapsed.TotalMilliseconds);
            Console.WriteLine("Veiksmu skaicius: {0}", sk2);
        }

        public static void Test2Parallel(int n, int[] arr)
        {
            Stopwatch time = new Stopwatch();
            sk2 = 0;
            time.Start();
            ParallelmethodToAnalysis2(n, arr);
            time.Stop();
            Console.WriteLine("Duomenu kiekis: {0}", arr.Length);
            Console.WriteLine("Elapsed     time:     {0}     microsec.",
time.Elapsed.TotalMilliseconds);
            Console.WriteLine("Veiksmu skaicius: {0}", sk2);
        }

        public static long methodToAnalysis1(int[] arr)
        {
            sk1++;
```

```
            long n = arr.Length;                    // c1 | 1
            sk1++;
            long k = n;                             // c2 | 1
            sk1++;
            if (arr[0] > 0)                         // c3 | 1
            {
                sk1++;
                for (int i = 0; i < n; i++)         // c4 | n + 1
                {
                    sk1++;
                    for (int j = 0; j < n; j++)     // c5 | (n + 1) * n
                    {
                        sk1++;
                        k -= 2;                     // c6 | n * n
                        sk1++;
                    }
                    sk1++;
                }

            }
            sk1++;
            return k;                               // c7 | 1
        }
        // T(n) = konstanta, jei arr[0] <= 0
        // T(n) = n^2 * (c5 + c6) + n * (c4 + c5) + c4 + c1 + c2 + c3 ,
jei arr[0] > 0

        public static long ParallelmethodToAnalysis1(int[] arr)
        {
            object monitor = new object();          // c1 | 1
            sk1++;
            long n = arr.Length;                    // c2 | 1
            sk1++;
            long k = n;                             // c3 | 1
            sk1++;
            if (arr[0] > 0)                         // c4 | 1
            {
                sk1++;
                Parallel.For(0, n, i =>             // c5 | 1
                {
                    sk1++;
                    Parallel.For(0, n, j =>         // c6 | 1
                    {
                        sk1++;
                        lock (monitor) k -= 2;      // c7 | 1
                        sk1++;
                    });
                    sk1++;
                });

            }
            sk1++;
            return k;                               // c8 | 1
        }
        // T(n) = konstanta
```

```
            public static long methodToAnalysis2(int n, int[] arr)
            {
                sk2++;
                long k = 0;                                 // c1 | 1
                sk2++;
                Random randNum = new Random();              // c2 | 1
                sk2++;
                for (int i = 0; i < n; i++)                 // c3 | n + 1
                {
                    sk2++;
                    k += arr[i] + FF3(i, arr);              // (c4 + f(n)) | n
                    sk2++;
                }
                sk2++;
                return k;                                   // c5 | 1

            }
            // T(n) = n*(c3 + c4 + konstanta) + c1 + c2 + c3 + c5, kai FF3()
metodo rezultatas lygus konstantai
            // T(n) = 2^n*n + n*(c3 + c4) + c1 + c2 + c3 + c5, kitais atvejais


            public static long FF3(int n, int[] arr)
            {
                sk2++;
                if (n > 0 && arr.Length > n && arr[n] > 0)      // c1 | 1
                {
                    sk2++;
                    return FF3(n - 1, arr) + FF3(n - 3, arr);   // c2 + f(n
- 1) + f(n - 3) | 1

                }
                sk2++;
                return n;                                       // c3 | 1

            }
            // f(n) = konstanta, kai n <=0, arr.Length <= n ir arr[n] <=0
            // f(n) = f(n - 1) + f(n - 3) + c1 + c2 + c3, kitais atvejais

            public static long ParallelmethodToAnalysis2(int n, int[] arr)
            {
                object monitor = new object();              // c1 | 1
                sk2++;
                long k = 0;                                 // c2 | 1
                sk2++;
                Random randNum = new Random();              // c3 | 1
                sk2++;
                Parallel.For(0, n, i =>                     // c4 | 1
                {
                    sk2++;
                    lock (monitor) k += arr[i] + ParallelFF3(i, arr);  // (c5
+ f(n)) | 1
                    sk2++;
                });
                sk2++;
                return k;                                   // c6 | 1
```

```
            }
            // T(n) = konstanta + c1 + c2 + c3 + c4 + c5 + c6, kai FF3()
metodo rezultatas lygus konstantai
            // T(n) = 2^n + c1 + c2 + c3 + c4 + c5 + c6, kitais atvejais


            public static long ParallelFF3(int n, int[] arr)
            {
                sk2++;
                if   (n   >   0   &&   arr.Length   >   n   &&   arr[n]   >   0)
// c1 | 1
                {
                    sk2+=5;
                    Task<long> task = Task<long>.Factory.StartNew((local_n)
=> { return ParallelFF3((int)local_n - 1, arr); }, n); // f(n - 1)  | 1
                    long     y     =     ParallelFF3(n     -     3,     arr);
// f(n - 3)  | 1
                    Task.WaitAll(task);
// c2 | 1
                    long            x            =            task.Result;
// c3 | 1
                    return               x               +               y;
// c4 | 1

                }
                sk2++;
                return n;                                          // c5 | 1

            }
            // f(n) = konstanta, kai n <=0, arr.Length <= n ir arr[n] <=0
            // f(n) = f(n - 1) + f(n - 3) + c1 + c2 + c3 + c4 + c5, kitais
atvejais
        }
    }
```