

Lista 3

Mateusz Kaczkowski

January 2026

Lista 3 polegała na napisaniu różnych algorytmów zachłannych oraz programowania dynamicznego. Algorytmy activity selector oraz huffman encoding należą to pierwszej z tych kategorii a cutrod oraz LSC do drugiej. Algorytmy te miały też wiele wariantów, często związane z rekurencją i iteracją, które zostały porównane pod względem prędkości.

1 Problem Cięcia Pręta (Cut Rod)

Problem polega na wyznaczeniu optymalnego sposobu pocięcia pręta o długości n w celu maksymalizacji zysku. Porównano trzy podejścia:

- **Wersja naiwna:** Rekurencyjne sprawdzanie wszystkich kombinacji.
- **Memoizacja:** Rekurencja z zapamiętywaniem wyników pośrednich.
- **Wersja iteracyjna:** Wypełnianie tablicy zysków metodą bottom-up.

1.1 Najciekawsze fragmenty kodu

Wersja iteracyjna algorytmu tworzy listę najlepszych możliwych cen pręta o długości i oraz najlepszego możliwego cięcia potrzebnego aby otrzymać ten wynik. Są one następnie wypełniane od długości 1 do n i zwracane jako odpowiedź.

```
tuple<int, vector<int>> cutRodIter(int n, int prices[]) {
    int* r = new int[n + 1]{ 0 };
    vector<int> rods(n, 1);

    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        r[i] = prices[0] + r[i - 1];
        for (int j = 2; j <= i; j++)
            if (r[i] < prices[j - 1] + r[i - j]) {
                r[i] = prices[j - 1] + r[i - j];
                rods[i - 1] = j;
            }
    }
    int res = r[n];
    delete[] r;
    return make_tuple(res, rods);
}
```

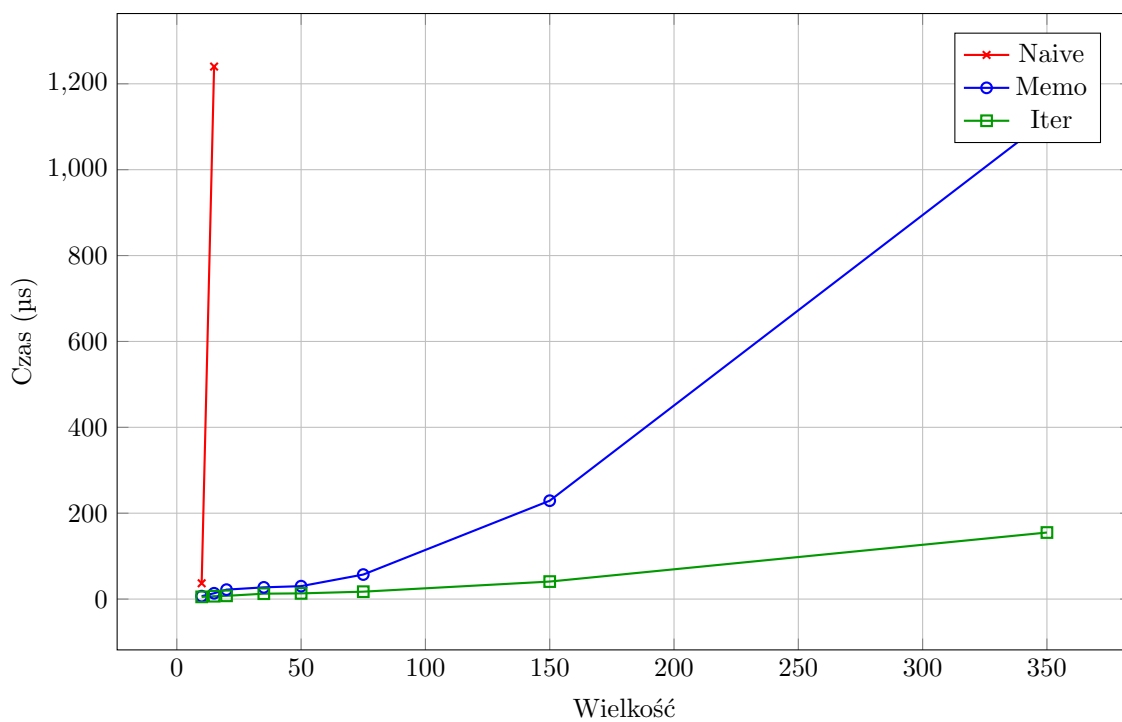
1.2 Analiza wydajności

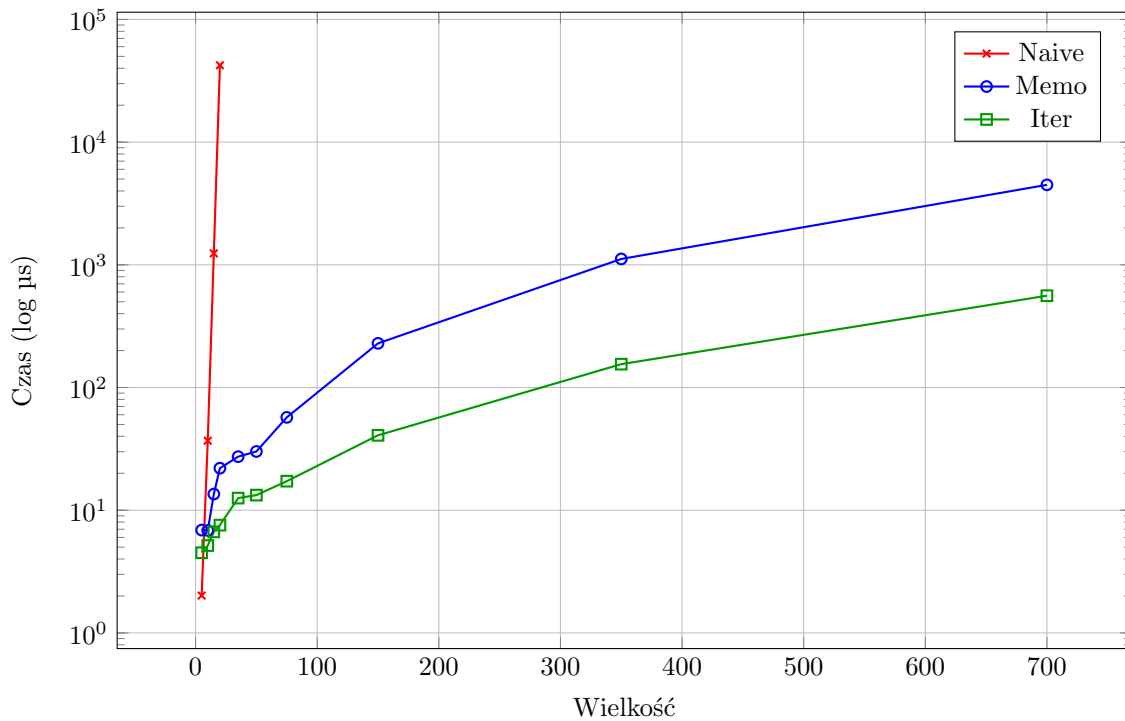
Dla małych wielkości danych algorytm naiwny był jeszcze możliwy, ale dla dużych szybko stał się bezużyteczny ze względu na czas wykonania. Wersja iteracyjna zachowała stałą, mocną przewagę nad

wersją rekurencyjną, co według mnie wynika z normalnych opóźnień związanych z wywołaniem funkcji rekurencyjnie oraz optymalizacji procesora dla pętli, szczególnie że wersja iteracyjna nie wygląda jakby podążała za spodziewaną wydajnością n^2 , szczególnie dla wielkości mniejszej lub równej 50.

Size	Naive	Memo	Iter
5	2,016	6,888	4,500
10	36,836	6,844	5,152
15	1240,140	13,540	6,660
20	42324,176	21,996	7,556
35	N/A	27,324	12,548
50	N/A	30,108	13,276
75	N/A	57,124	17,240
150	N/A	229,108	40,788
350	N/A	1116,110	155,000
700	N/A	4485,860	560,104

Tabela 1: Czas wykonania algorytmów (μs) w zależności od rozmiaru danych





2 Najdłuższy Wspólny Podciąg (LCS)

Algorytm wyznacza najdłuższy wspólny podciąg dwóch sekwencji przy użyciu $O(n^2)$ pamięci i czasu, uwzględniając odzyskiwanie rozwiązania. Napisany został on w wariantach rekurencyjnym i iteracyjnym, ale poza tym nie miały one większych różnic w designie.

2.1 Najciekawsze fragmenty kodu

Algorytm tworzy dwie tabele - wielkość najdłuższego dotąd znalezionej podciągu oraz strzałki pomagające jego odzyskanie. Są one następnie wypełniane po kolei, bazując na poprzednio ustalonych wartościach (założenie programowania dynamicznego). Aby odzyskać wynik tabela jest następnie przechodzona od końca po strzałkach, dodając odpowiednie elementy do podciągu.

```
tuple<int, string> lcsIter(string& s1, string& s2) {
    int m = s1.size();
    int n = s2.size();

    vector<vector<int>> sizes(m + 1, vector<int>(n + 1, 0));
    vector<vector<int>> arrows(m + 1, vector<int>(n + 1, 0));

    for (int i = 1; i <= m; ++i) {
        for (int j = 1; j <= n; ++j) {
            if (s1[i - 1] == s2[j - 1]) {
                sizes[i][j] = sizes[i - 1][j - 1] + 1;
                arrows[i][j] = 3;
            }
            else if (sizes[i - 1][j] > sizes[i][j - 1]) {
                sizes[i][j] = sizes[i - 1][j];
            }
        }
    }
}
```

```

        arrows[i][j] = 2;
    }
    else {
        sizes[i][j] = sizes[i][j - 1];
        arrows[i][j] = 1;
    }
}

string lcs = "";
int i = m, j = n;
while (i > 0 && j > 0) {
    int arr = arrows[i][j];
    if (arr == 3) lcs = s1[i - 1] + lcs;
    if ((arr & 2) == 2) i--;
    if ((arr & 1) == 1) j--;
}

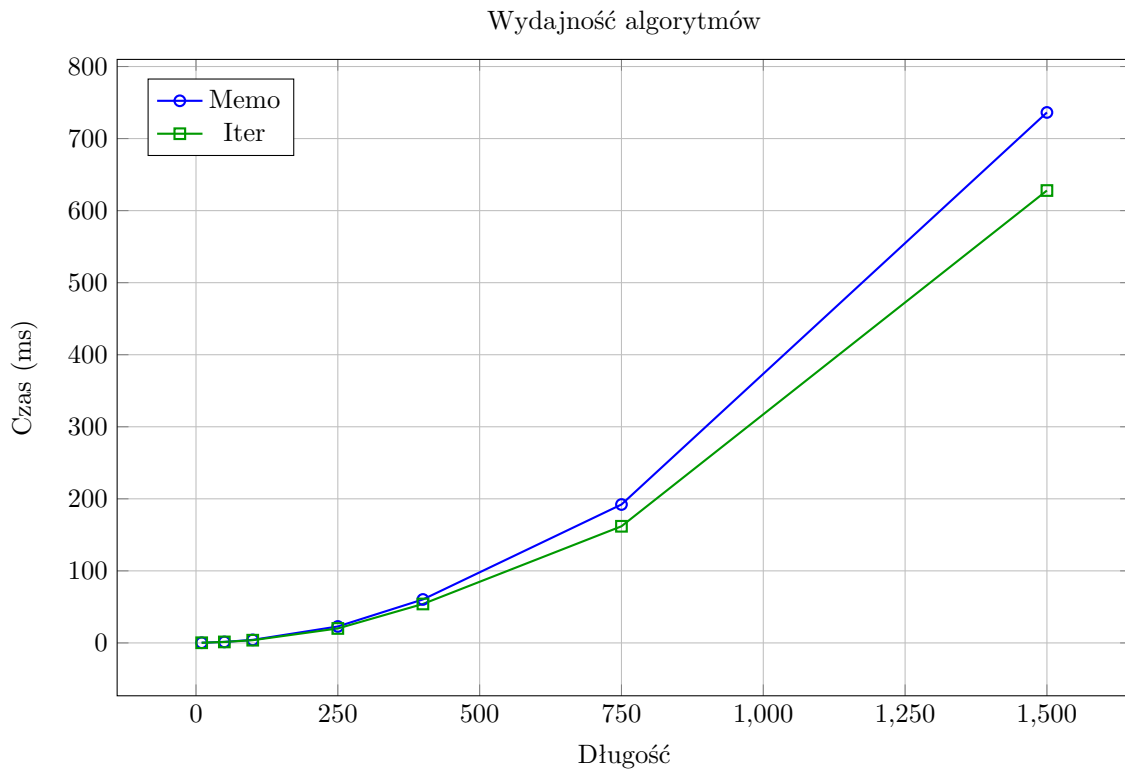
return make_tuple(sizes[m][n], lcs);
}

```

2.2 Analiza wydajności

Size	Memo	Iter
10	0,2579	0,2327
50	1,4016	1,3662
100	4,2330	3,7790
250	22,8205	20,0770
400	60,3350	54,0543
750	192,1040	161,8870
1500	736,2690	627,8900

Tabela 2: Czas wykonania algorytmów (ms) w zależności od rozmiaru danych



Rysunek 1: Wykres porównawczy czasów wykonania algorytmów Memo i Iter.

3 Activity Selector

Activity Selector to algorytm wyszukujący największy zbiór rozłącznych przedziałów wziętych z danej na wejściu listy. Zachłanne wersje tego algorytmu zakładały już posortowane dane wejściowe.

- **Iteracyjna:** Zachłanne wypełnianie tablicy dla danych posortowanych po końcu aktywności.
- **Rekurencja:** Rekurencyjna wersja pętli dla danych posortowanych po końcu aktywności.
- **Iteracyjna odwrócona:** Zachłanne wypełnianie tablicy dla danych posortowanych po początku aktywności.
- **Rekurencja odwrócona:** Rekurencyjna wersja pętli dla danych posortowanych po początku aktywności.
- **Programowanie dynamiczne:** Wypełnianie tablicy map najlepszymi wyborami aktywności metodą bottom-up. Wolniejsza i nadmiernie skomplikowana metoda dla problemu sformułowanego w zadaniu, ale może stanowić bazę dla innych rozwiązań nie dających rozwiązać się zachłannie.

3.1 Najciekawsze fragmenty kodu

Jedyny kod z tej listy który wydał mi się naprawdę ciekawy, szczególnie że nie ma on standardowych, przygotowanych rozwiązań. Algorytm opiera się na dwuwymiarowej tablicy, której kolumny nie sąsiadują ze sobą pod względem indeksów. Rozwiązałem to przy pomocy wektora map. Rzędy tej tabeli

oznaczają rozwiązania dla aktywności od 0 do indeksu i , a kolumny to rozwiązania dla aktywności kończących się przed czasem end . Ta tabela jest następnie rekurencyjnie wypełniana dla kolejnych i , zakładając jego dodanie oraz odrzucenie, a następnie biorąc większy wynik.

```

    int n = activities.size();
    if (i == n) return {};
    set<int> v1, v2;
    if (solution[i].contains(end)) return solution[i][end];

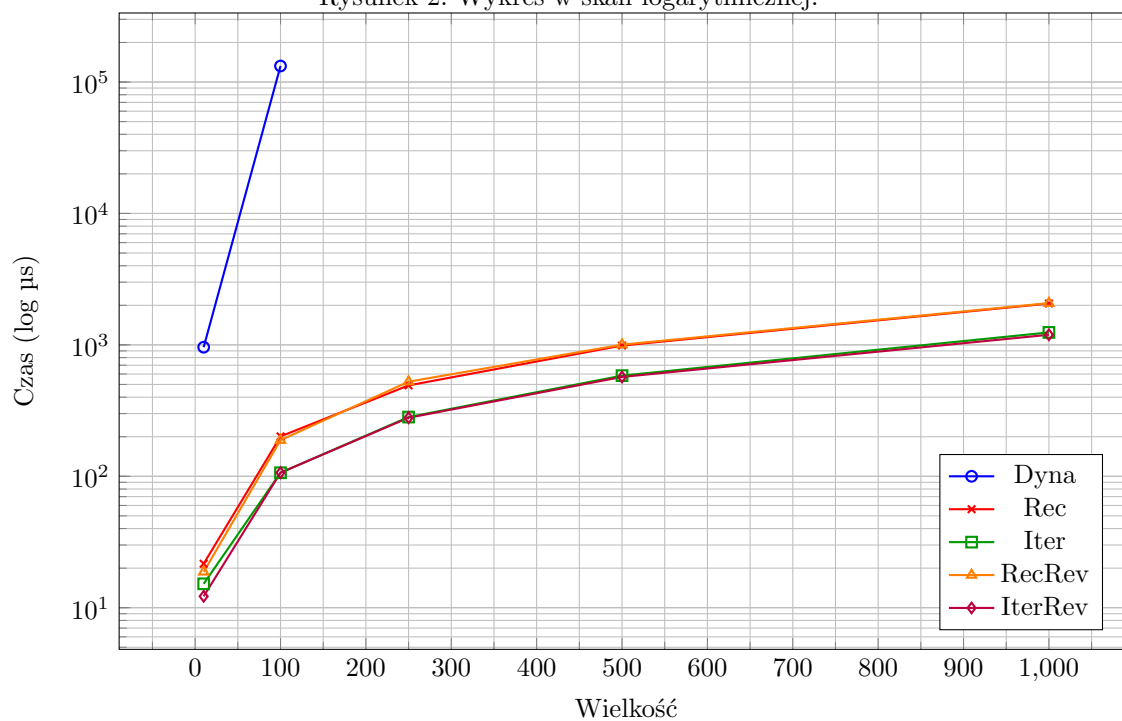
    v1 = activitySelectionDynamic(i + 1, end, activities, solution);
    if (activities[i].first >= end) {
        v2 = activitySelectionDynamic(i + 1, activities[i].second, activities, solution);
        v2.insert(i);
    }
    return solution[i][end] = v1.size() > v2.size() ? v1 : v2;
}
set<int> activitySelectionDynamic(vector<pair<int, int>> activities) {
    vector<map<int, set<int>>> sol(activities.size());
    activitySelectionDynamic(0, 0, activities, sol);
    return sol[0][0];
}

```

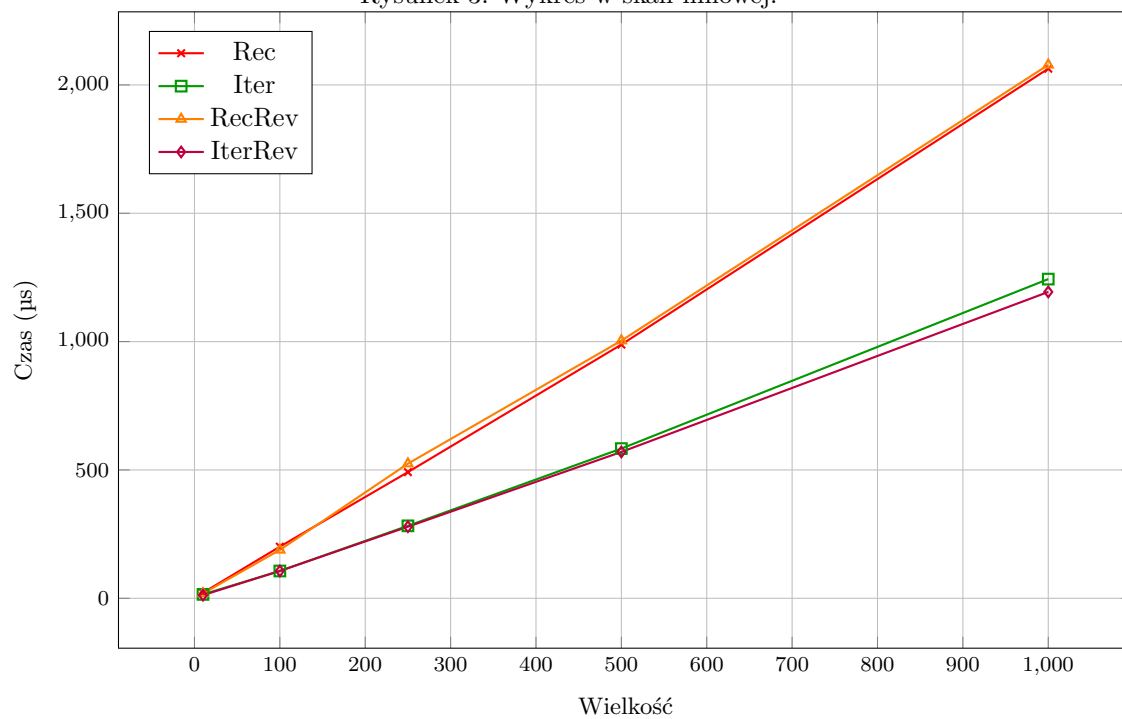
3.2 Analiza wydajności

Size	Dyna	Rec	Iter	RecRev	IterRev
10	959,98	21,60	15,20	18,73	12,21
100	132379,96	201,06	106,39	188,35	106,50
250	N/A	491,58	282,26	524,49	278,92
500	N/A	988,42	583,22	1003,75	570,16
1000	N/A	2063,30	1243,51	2078,16	1193,51

Rysunek 2: Wykres w skali logarytmicznej.



Rysunek 3: Wykres w skali liniowej.



4 Huffman

Kodowanie Huffmana to algorytm kompresji danych oparty o drzewo przydzielające najczęściej występującym znakom najkrótsze kody. Jego czas skaluje się liniowo z długością tekstu, więc testy czasu nie mają specjalnie sensu. Zamiast tego porównałem wielkość kompresji kodowań binarnych i ternarnych. Dla tekstu o długości 8625 znaków, zapisanie go w formacie ASCII wymagałoby 69000 bitów, ale jego kodowanie Huffmana potrzebuje ich jedynie 36605, a wersja ternarna tylko 23382 tritów. Zgodnie z oczekiwaniami $\frac{36605}{23382} = 1.5655 \approx 1.5849 = \log_2(3)$.

5 Wnioski

1. **Cut Rod:** Algorytm iteracyjny jest znacząco szybszy od memoizacji, co wynika prawdopodobnie wynika z wywołań stosu rekurencji. Algorytm naiwny jest nieefektywny nawet dla bardzo małych danych.
2. **LCS:** Różnice między memoizacją a iteracją są mniejsze niż w przypadku Cut Rod, jednak podejście iteracyjne pozostaje o ok. 15% wydajniejsze.
3. **Activity Selector:** Podejście zachłanne iteracyjne pozostaje lepsze od rekurencyjnego pod względem wydajności dla danych posortowanych, niezależnie od kierunku sortowania. Programowanie dynamiczne w tym przypadku drastycznie gorsze, jednak pozwala na oddanie znacznie większej ilości ograniczeń jako modyfikacje problemu.
4. **Kod C++:** Ogromne znaczenie w wydajności wszystkich algorytmów miały detale kodu w c++, takie jak przekazywanie odniesienia do wektora zamiast samego wektora, czy odpowiednie używanie wskaźników. Jest duża szansa że przedstawione tu algorytmy można byłoby znacznie zoptymalizować pisząc je zgodnie z praktykami c++ oraz znajomością architektury procesora.