STRUKTURY DANYCH I ZŁOŻONOŚĆ OBLICZENIOWA

Zadanie projektowe nr 1: Badanie efektywności operacji na danych w podstawowych strukturach danych

Autor: Bartosz Rodziewicz, 226105

Prowadzący: dr inż. Dariusz Banasiak

Grupa: Wtorek, TN, 7:30

1. Wstęp teoretyczny

a. Złożoność obliczeniowa

Miara ilości zasobów potrzebnych do rozwiązania problemów obliczeniowych. Rozważanymi zasobami są takie wielkości jak czas, pamięć lub liczba procesorów.

b. Tablica

Rodzaj struktury danych w której wszystkie elementy alokowane są w jednym spójnym bloku pamięci.

i. Dodawanie

Dodawanie do tablicy polega na zalokowaniu nowej o element większej tablicy, przepisaniu elementów o indeksie mniejszym niż na który dodajemy nową wartość (jeśli istnieją), wpisaniu naszej wartości i przepisaniu dalszych elementów, aż do końca tablicy (jeśli istnieją).

Złożoność czasowa (wynikająca z konieczności przepisania wszystkich elementów) wynosi **O(n)**.

ii. Usuwanie

Usuwanie elementu z tablicy polega na zalokowaniu nowej, o element mniejszej tablicy i przepisaniu wszystkich elementów z wyjątkiem usuwanego.

Złożoność czasowa (wynikająca z konieczności przepisania wszystkich elementów) wynosi **O(n)**.

c. Lista dwukierunkowa

Rodzaj struktury, w której każdy element jest osobno alokowany w pamięci. Element poza swoją wartością zawiera adres położenia poprzedniego i następnego elementu. W liście dwukierunkowej mamy bezpośredni dostęp do pierwszego i ostatniego elementu.

i. Dodawanie i usuwanie na początku, bądź końcu

Jako że mamy bezpośredni dostęp do pierwszego i ostatniego elementu, dodanie lub usunięcie któregoś z nich kompletnie nie zależy od pozostałych, więc złożoność czasowa wynosi **O(1)**.

Samo dodawanie pierwszego lub ostatniego elementu polega na podmienieniu zapamiętanej wartości pierwszego lub ostatniego elementu na ten nowy, a obecnego zapisanie jako adres następnego/poprzedniego.

Usunięcie działa podobnie, adres drugiego bądź przedostatniego zapisujemy jako pierwszy/ostatni i kasujemy informacje o poprzednim/kolejnym elemencie z niego.

ii. Dodawanie i usuwanie w dowolnym miejscu

W przypadku dodawania i usuwania elementów na dowolnym miejscu poza samym dodaniem/usunięciem (stworzeniem/usunięciem elementu i odpowiednim ustawieniem wskaźników następny/poprzedni) musimy jeszcze

doskoczyć do odpowiedniego miejsca w liście. Tutaj, inaczej niż w przypadku tablicy, musimy zrobić to manualnie, przechodząc po kolejnych elementach.

Dla listy dwukierunkowej mamy to ułatwienia/przyśpieszenie, że do elementów znajdujących się w drugiej połowie listy nie musimy przechodzić od początku, a możemy od końca, co daje nam mniej elementów do „przejścia".

Z tego powodu złożoność czasowa tej operacji wynosi **O(n/2) = O(n)**.

d. Kopiec

Jest to rodzaj struktury danych, oparty na drzewie, które posiada jeden warunek – w każdym węźle wartość rodzica, jest niemniejsza od wartości obu synów. Struktura ta opiera się na drzewie kompletnym, co powoduje, że najwygodniejszą metodą jej implementacji, jest implementacja na tablicy.

i. Dodawanie

Dodawanie elementu polega na dopisaniu tego elementu, do pierwszego wolnego liścia od lewej w ostatnim niepełnym rzędzie. Po tym dopisaniu, trzeba wykonać sprawdzenie w górę, czy jest zachowana zasada kopca.

Złożoność obliczeniowa sprawdzenia warunku kopca, dla nowo powstałego elementu, jest zależna od ilości poziomów drzewa, czyli wynosi O(log(n)).

Jednak z powodu wykonanej przeze mnie implementacji kopca na tablicy, złożoność ta wzrasta do **O(n)** z powodu czasu koniecznego na realokowanie tej tablicy.

ii. Usuwanie

Usuwanie elementu z kopca polega na usunięciu wartości w korzeniu (innych usuwań nie implementowałem, ponieważ działały by tablicowo), wpisania ostatniego elementu do korzenia i przywróceniu wartości kopca w dół. Złożoność wychodzi O(log(n)).

Jednak z powodu wykonanej przeze mnie implementacji kopca na tablicy, złożoność ta wzrasta do **O(n)** z powodu czasu koniecznego na realokowanie tej tablicy.

2. Implementacja programowa struktur

a. Klasa Programu

Klasa ta odpowiada za wyświetlanie menu i podejmowanie w nim działań.

b. Klasa Struktury

Jest to klasa praktycznie czysto wirtualna, po której dziedziczą wszystkie kolejne struktury danych. Wprowadziłem ją, aby znacznie uprościć klasę programu (wystarcza stworzenie jednego menu dla wszystkich struktur), jak i zwiększyć czytelność i porządek w kodzie.

Zawiera deklarację wirtualnych metod które powinny być zawarte każdej dziedziczącej strukturze.

c. Klasa Tablicy

Klasa realizująca strukturę dynamicznej tablicy. Poza implementacją każdej wirtualnej metody z klasy Struktury zawiera jedynie jedno prywatne pole wskaźnika na początek dynamicznej tablicy.

d. Klasa Listy

Klasa realizująca listę dwukierunkową. Posiada w sobie pomocniczą klasę pojedynczego elementu, z którego lista ta jest zbudowana.

Dodatkowo posiada wymagane prywatne wskaźniki na pierwszy, jak i ostatni element oraz kilka prywatnych metod pomagających wykonać dodawanie i usuwanie elementów.

Już po skończeniu tej klasy zauważyłem, że implementacja metody dodającej, jak i usuwającej powinna zostać podzielona na więcej prywatnych podmetod, aby zachować większy porządek w kodzie, jednak nie chciałem już przeformatowywać tej klasy i zostało tak jak jest.

Dodatkowo pod koniec zauważyłem, że metody:

- dodająca z pliku (gdzie pomocniczo wykorzystuje std::vector),
- generowania losowych wartości

są napisane w ten sam sposób w każdej klasie i można by je przenieść jako uniwersalne dla każdej struktury.

e. Klasa Kopca

Jako jedyna z klas struktur nie dziedziczy bezpośrednio z klasy Struktury, a z klasy Tablicy, ponieważ moja realizacja kopca jest wykonana na tablicy.

Poza niektórymi przedefiniowanymi metodami z tablicy posiada metody odpowiedzialne za przywracanie zasady kopca, jak i uzyskiwania indeksu rodzica, bądź potomków.

f. Klasa licznika

Ostatnia główna klasa w programie. Jest ona reprezentacją licznika QueryPerformanceCounter wykorzystywanego przeze mnie do pomiaru czasu trwania poszczególnych algorytmów.

Praktycznie w całości zawiera kod ze strony podanej w treści zadania dotyczącej tego licznika.

3. Metoda testowania i plan eksperymentu

Testować moje algorytmy zamierzam za pomocą licznika z klasy licznik (QueryPerformanceCounter).

Testy będą wykonywane na czterech rozmiarach struktur:

- Zawierającej 50 elementów,
- Zawierającej 1 000 elementów,
- Zawierającej 10 000 elementów,
- Oraz zawierającej 20 000 elementów.

Dla każdego rozmiaru będę wykorzystywał trzy rodzaje zakresów danych:

- [0, 100],
- [0, 16383],
- [0, 32767]

Daje mi to 12 przypadków do testów.

Test polega na stworzeniu struktury z konkretnego przypadku za pomocą metody generowania, uruchomienie licznika, wykonanie testowanego algorytmu (np. dodanie do tablicy wartości z zakresu konkretnego przypadku), zapisanie wyniku, cofnięcie operacji, i kilkukrotne powtórzenie jej.

Powtarzać zamierzam 90 razy i każdy wynik zapisuję do pliku.

Później z tych danych wyliczam średnią dla każdej operacji i tworzę wykresy, które załączam w dalszej części dokumentu. Do wyliczenia średniej pozbyłem się wartości, które bezsprzecznie były błędne (5 największych i 5 najmniejszych).

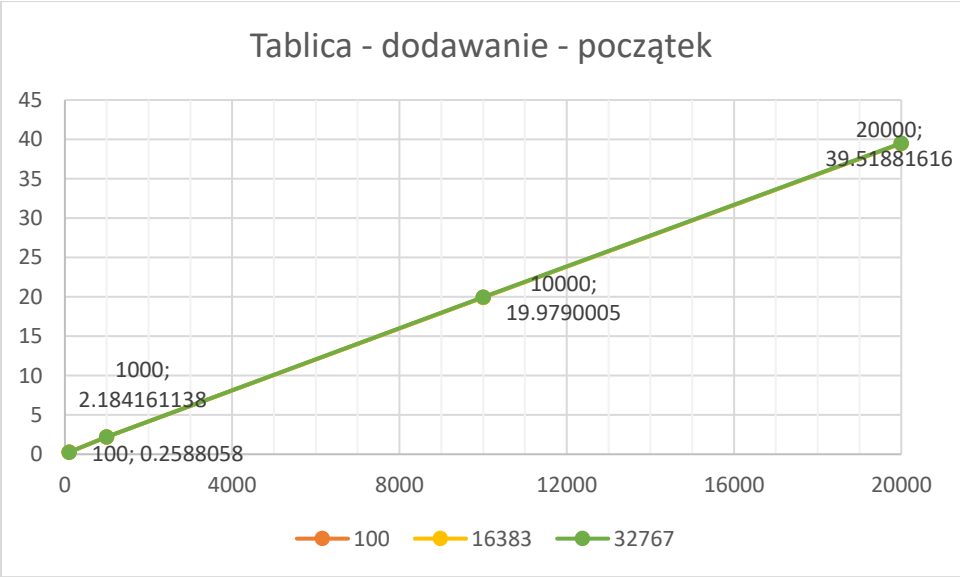
Wyniki pomiarów podane są w mikrosekundach.

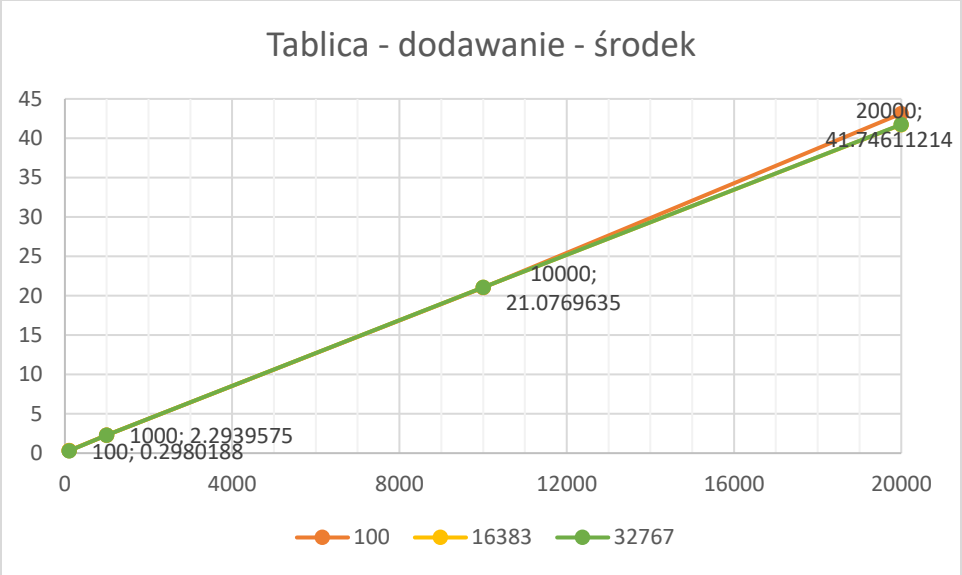
Na sam koniec dokonuję porównania poszczególnych struktur w przełożenie na konkretne operacje.

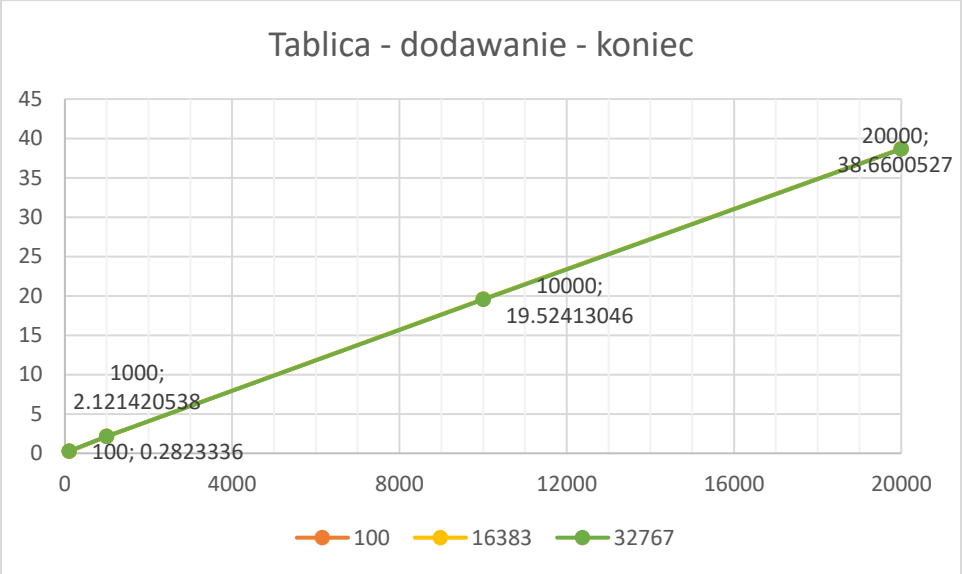
4. Wyniki testów

a. Tablica

i. Dodawanie

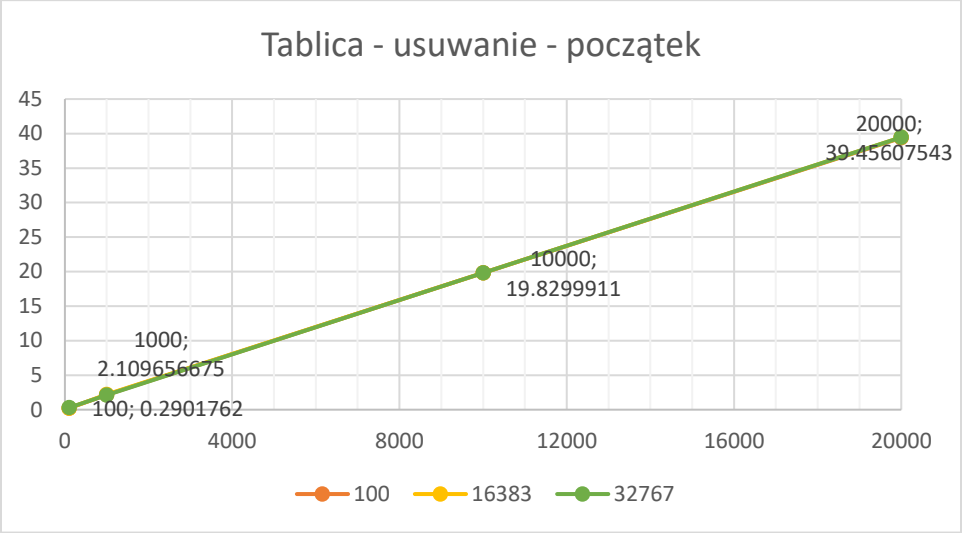


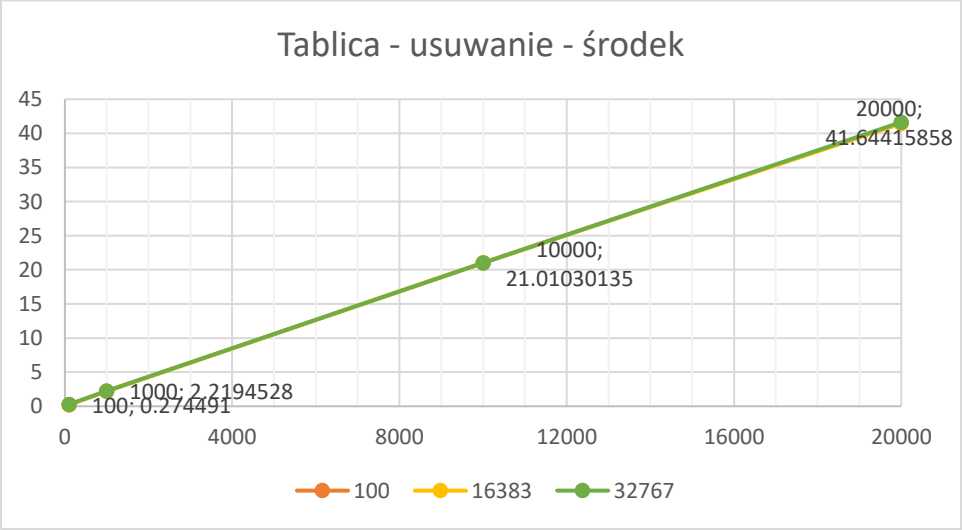


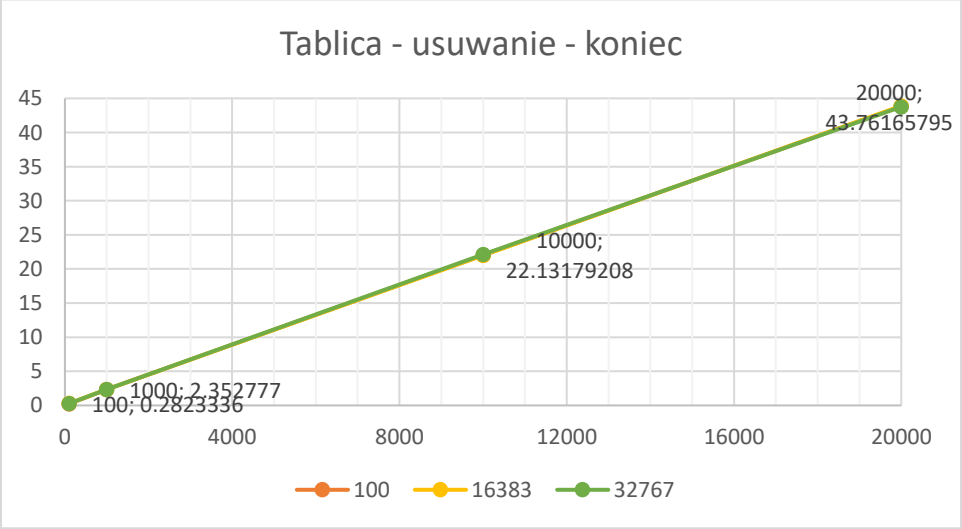


Wyniki testów dodawania do tablicy niezależnie od pozycji, jak i zakresu przechowywanych danych nie różnią się od siebie praktycznie wcale. Układają się w praktycznie prostą linię i potwierdzają złożoność **O(n)**.

ii. Usuwanie


Tablica - usuwanie - początek
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
4000
8000
12000
16000
20000
20000;
39.45607543
10000;
19.8299911
1000;
2.109656675
100; 0.2901762
100
16383
32767

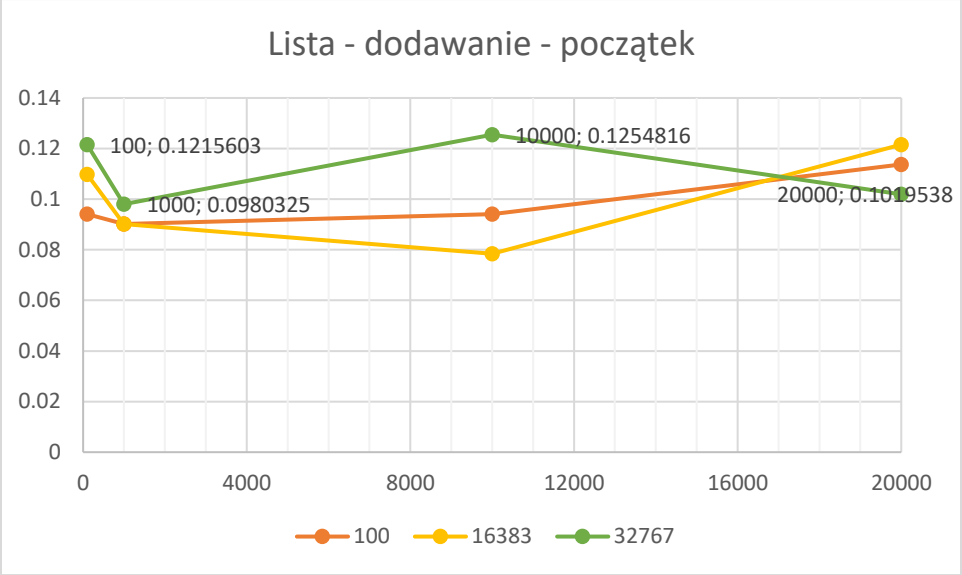

Tablica - usuwanie - środek
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
4000
8000
12000
16000
20000
20000;
41.64415858
10000;
21.01030135
1000; 2.2194528
100; 0.274491
100
16383
32767

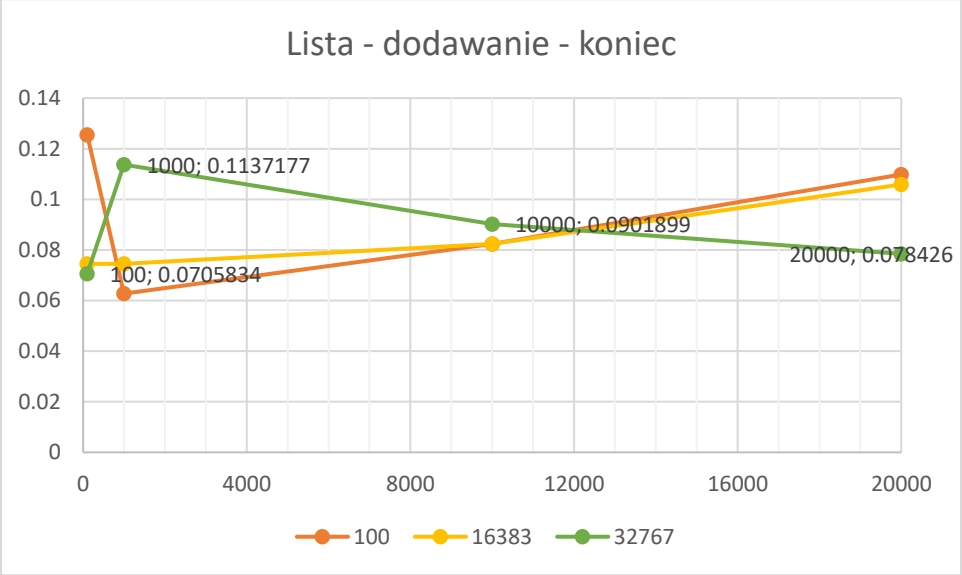

Tablica - usuwanie - koniec
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
4000
8000
12000
16000
20000
20000;
43.76165795
10000;
22.13179208
1000; 2.352777
100; 0.2823336
100
16383
32767

W przypadku operacji usuwania mamy podobną sytuację jak przy dodawaniu – wyniki są praktycznie takie same, ponieważ cały potrzebny czas jest zużywany na przepisanie tablicy. W tym przypadku również wyniki układają się w proste linie potwierdzając złożoność **O(n)**.

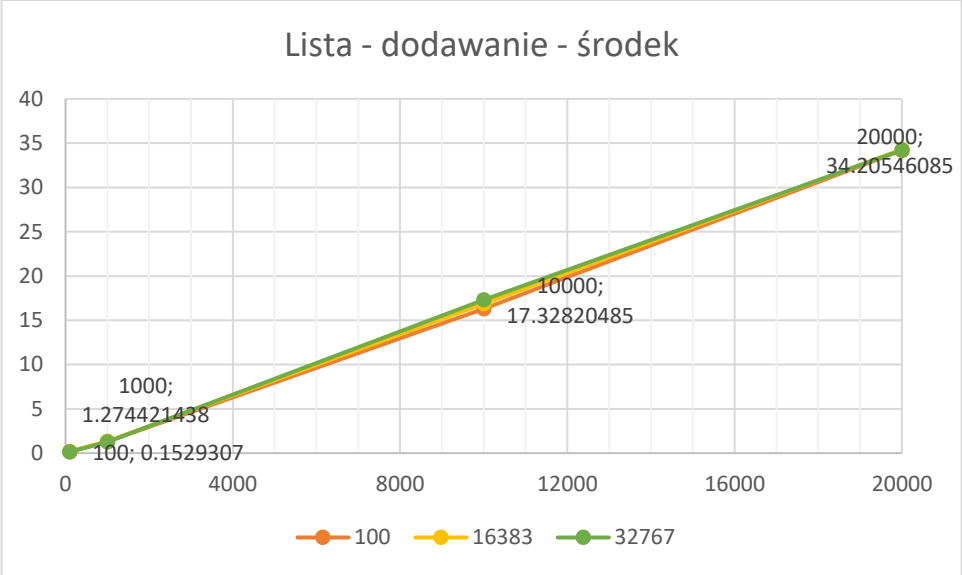
b. Lista

i. Dodawanie



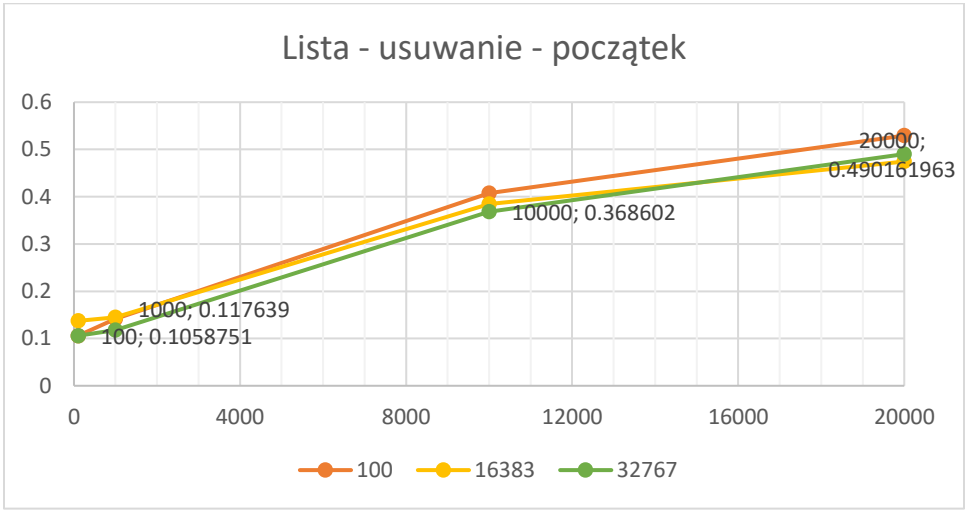


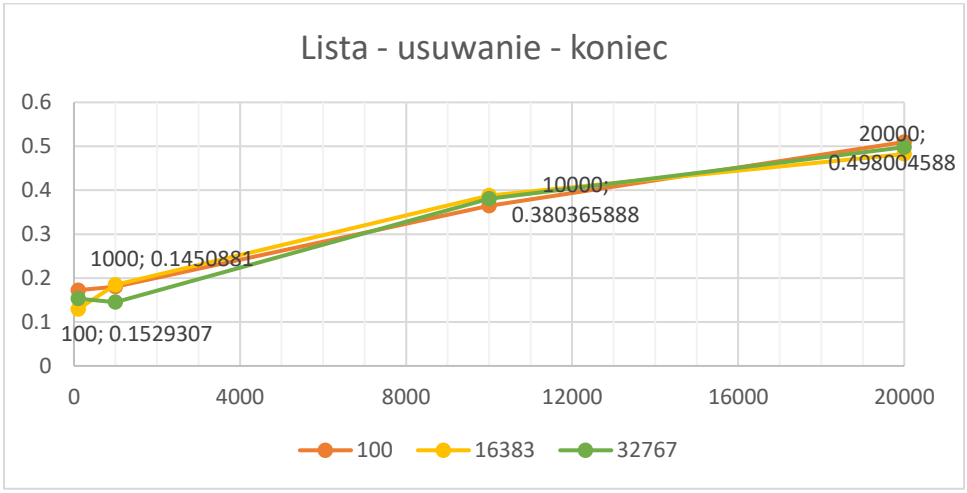
Dodawanie elementów do listy na początku, bądź końcu posiada złożoność **O(1)**, co generalnie wyniki moich testów potwierdzają – „duże" wahania wykresu (jak na przyjętą skalę) wynikają z dokładności licznika, który zwracał wartość 0, bądź dopiero 0.31 – taka dokładność wynika z budowy tego licznika (opiera się on na taktach procesora) i taktowania mojej konkretnej jednostki.



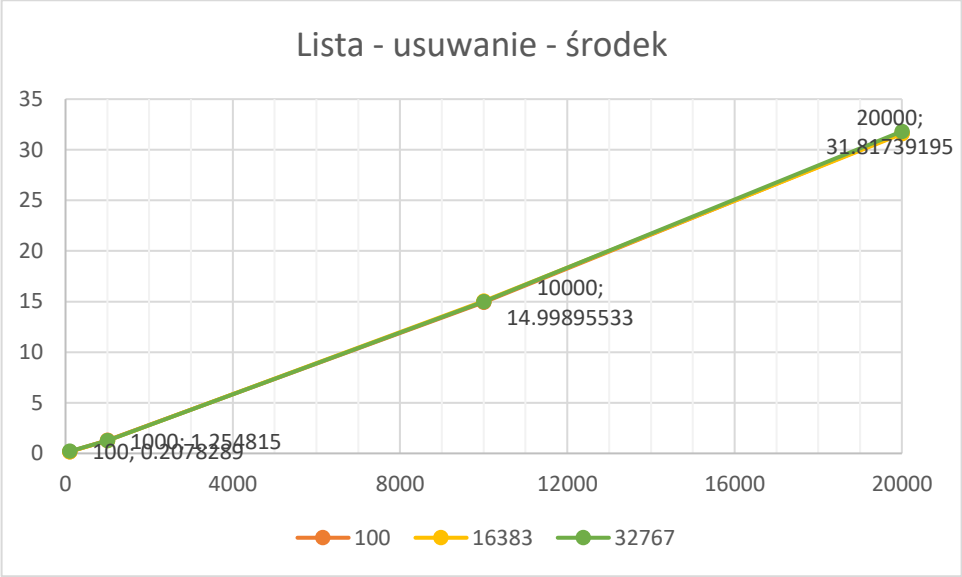
Dodawanie do środka posiada złożoność **O(n)**, co potwierdzają moje testy.

ii. Usuwanie



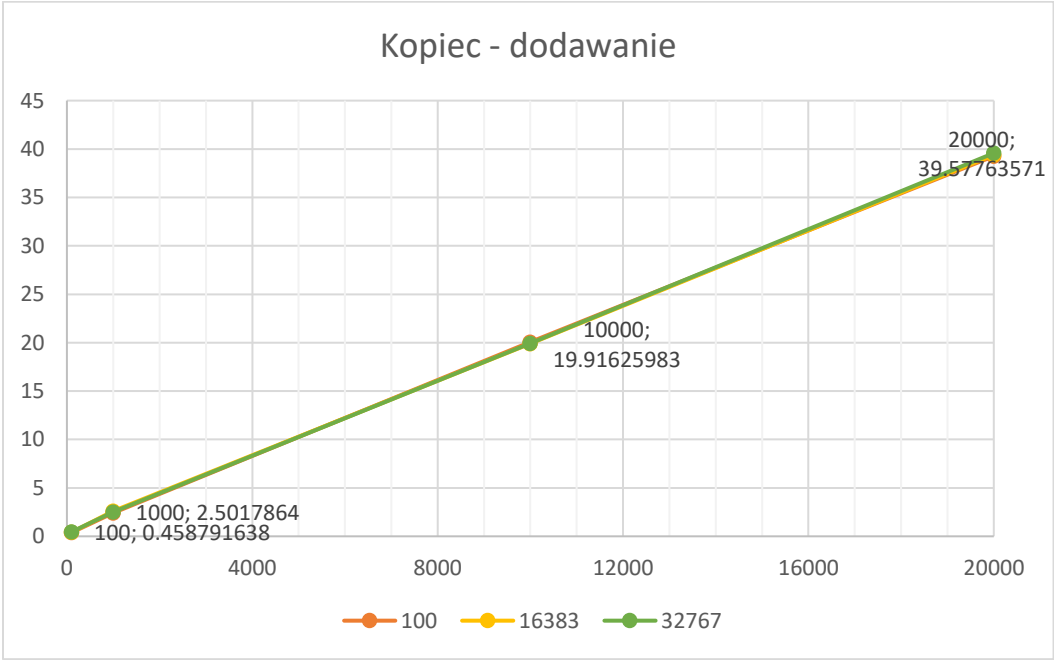


Tak jak pisałem przy dodawaniu dokładność licznika wynosiła 0.31, co przy wynikach w okolicy 0-0.5 nie jest w stanie dać miarodajnych wyników, uważam, że wykresy potwierdzają złożoność **O(1)**.

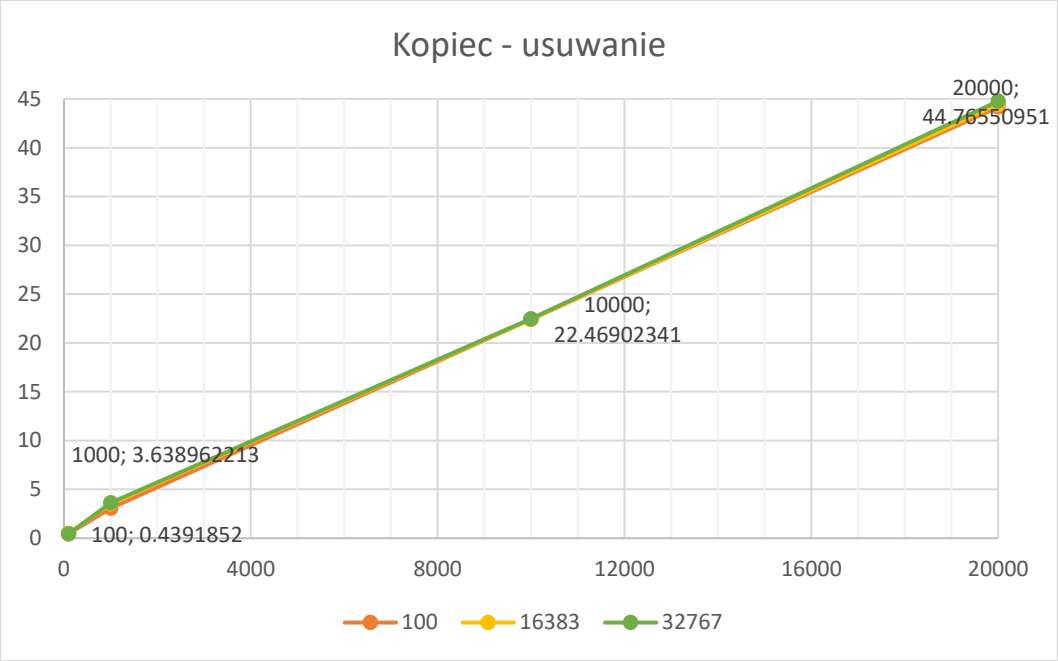


Wykres dla dodawania tworzy całkowicie prostą linię i potwierdza złożoność **O(n)**.

c. Kopiec



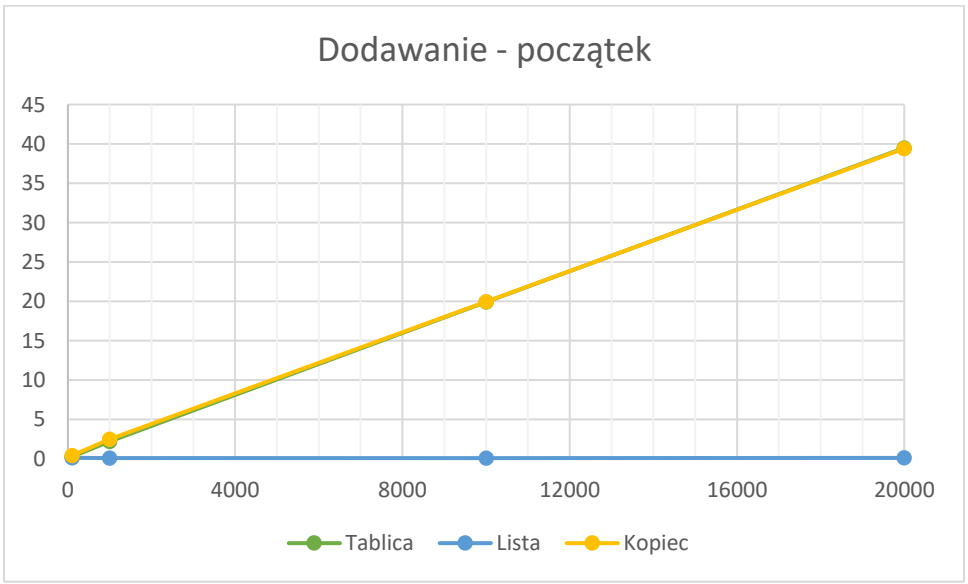
Dodawanie do kopca posiada złożoność O(log n), jednak z powodu implementacji tablicowej u mnie złożoność ta wzrasta do **O(n)**, z powodu czasu wymaganego na przepisanie elementów. Taką złożoność potwierdzają moje testy.



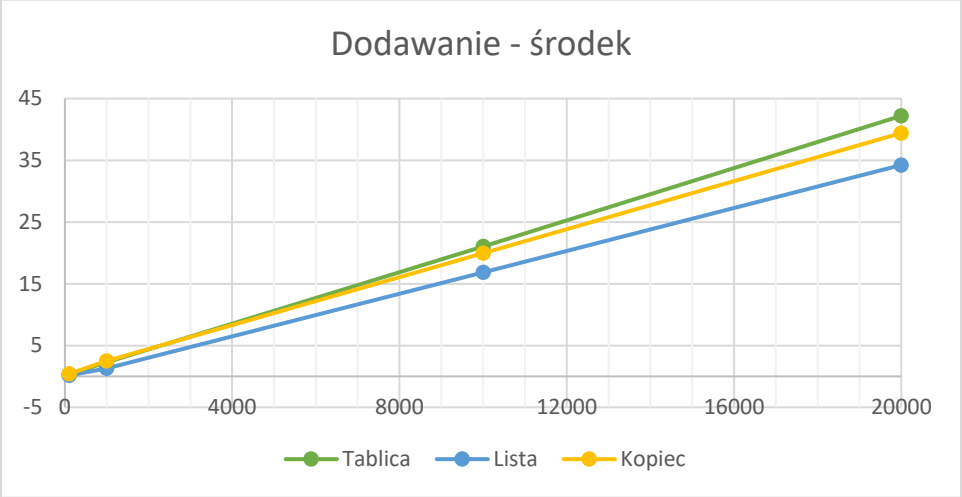
Identycznie, jak w przypadku dodawania, konieczność przealokowania tablicy powoduje zwiększenie złożoności do **O(n)**, co potwierdza powyższy wykres.

5. Porównanie struktur

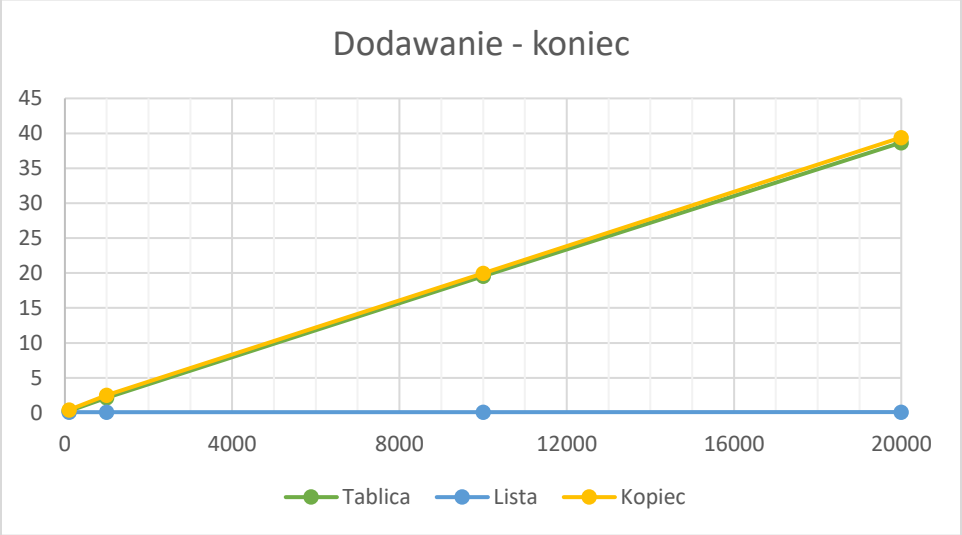
a. Dodawanie na początku



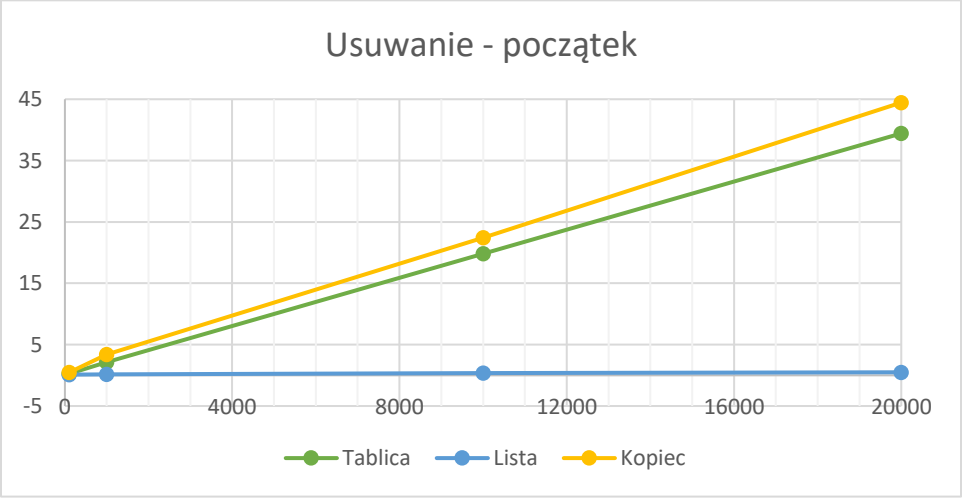
b. Dodawanie w środku



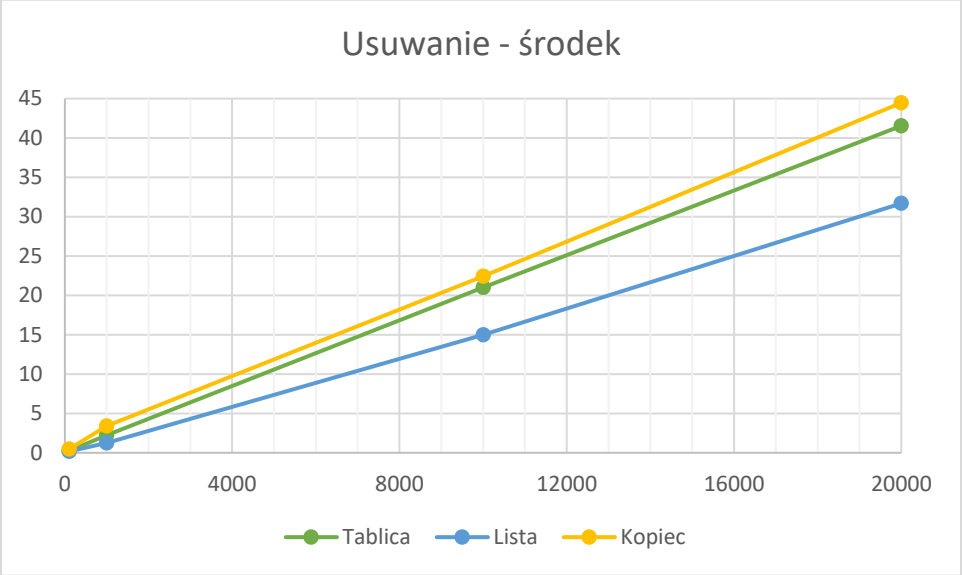
c. Dodawanie na końcu



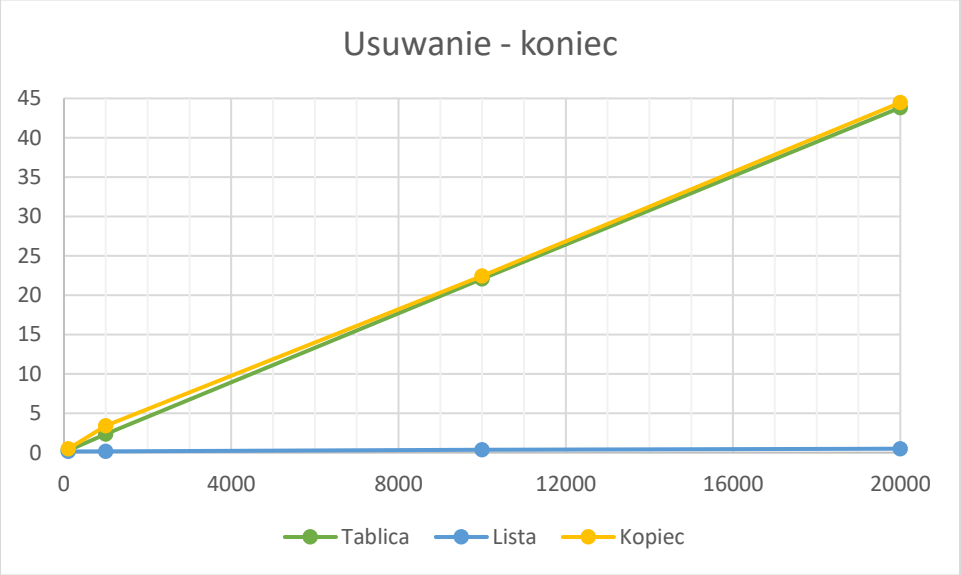
d. Usuwanie na początku



e. Usuwanie w środku



f. Usuwanie na końcu



6. Wnioski

Implementacja timera do mierzenia tak małych odstępów czasu powinna zostać wykonana lepiej.

Najwygodniejszą i najbardziej uniwersalną strukturą wg. mnie jest lista. Patrząc na wyniki, zwycięża we wszystkich testach (wiem, jednak, że w przypadku wyszukiwania zwycięstwo nie byłoby już oczywiste).

Za najprostszą strukturę nadal jednak uważam tablicę i uważam, że do małych ilości elementów jest wystarczająca.