Struktury Danych i Złożoność Obliczeniowa

Sprawozdanie z projektu

Autor:

Radosław Zimoch 263963

Temat:

Badanie efektywności operacji dodawania, usuwania oraz wyszukiwania elementów w różnych strukturach danych

Prowadzący kurs:

Dr inż. Antoni Sterna

Termin zajęć:

Wtorek 13:15 TN

1. Wstęp

Celem projektu było zaimplementowanie oraz dokonanie pomiaru czasu działania operacji takich jak dodawanie, usuwanie i wyszukiwanie elementu w następujących strukturach danych:

* Tablica dynamiczna
* Lista dwukierunkowa
* Kopiec binarny
* Drzewo czerwono-czarne

1. Złożoności obliczeniowe poszczególnych struktur danych na podstawie literatury:
2. **Tablica dynamiczna**

| **Operacje na tablicy dynamicznej** | **ZŁożoność** |
| --- | --- |
| Dodawanie na końcu | O(N) |
| Dodawanie na początku | O(N) |
| Dodawanie w losowym miejscu | O(N) |
| Usuwanie na końcu | O(N) |
| Usuwanie na początku | O(N) |
| Usuwanie w losowym miejscu | O(N) |
| Wyszukiwanie elementu | O(N) |

1. **Lista dwukierunkowa**

| **Operacje na Liście dwukierunkowej** | **ZŁożoność** |
| --- | --- |
| Dodawanie na końcu | O(1) |
| Dodawanie na początku | O(1) |
| Dodawanie w losowym miejscu | O(N) |
| Usuwanie na końcu | O(1) |
| Usuwanie na początku | O(1) |
| Usuwanie w losowym miejscu | O(N) |
| Wyszukiwanie elementu | O(N) |

1. **Kopiec binarny**

| **Operacje na Kopcu binarnym** | **ZŁożoność** |
| --- | --- |
| Dodawanie | O(N) |
| Usuwanie korzenia | O(N) |
| Wyszukiwanie elementu | O(N) |

1. **Drzewo czerwono – czarne**

| **Operacje na Drzewie czerwono - czarnym** | **ZŁożoność** |
| --- | --- |
| Dodawanie | O(log(N)) |
| Usuwanie | O(log(N)) |
| Wyszukiwanie elementu | O(log(N)) |

1. Opis projektu

Projekt polegał na badaniu efektywności operacji dodawania, usuwania oraz wyszukiwania elementów w czterech różnych strukturach danych: tablicy dynamicznej, liście dwukierunkowej, kopcu binarnym oraz drzewie czerwono-czarnym. Wszystkie struktury danych były alokowane dynamicznie aby zajmowały jak najmniej miejsca. Dla tablicy i listy rozpatrywano osobno operacje dodawania i usuwania elementu na trzech pozycjach: początek, koniec oraz inne wybrane miejsce. Dla kopca wystarczyło usuwanie elementu ze szczytu.

Badanie polegało na zmierzeniu czasu wykonania każdej z operacji dla kilku reprezentatywnych rozmiarów danej struktury i wielokrotnym powtórzeniu pomiarów (przynajmniej 10 razy lub więcej, za każdym razem generując nową losową populację), wyników uśrednianiu i zbadaniu zależności czasu wykonywania poszczególnych operacji od rozmiaru danej struktury (liczby przechowywanych elementów).

Implementacja struktur danych została wykonana w języku C++, w postaci jednego programu konsolowego, bez wykorzystywania gotowych bibliotek takich jak STL, Boost lub innych przy implementacji głównych algorytmów.

Wyniki badań przedstawione zostały w postaci wykresów, które pozwoliły na porównanie efektywności operacji dodawania, usuwania oraz wyszukiwania elementów w pięciu różnych strukturach danych.

1. Wyniki testów

Pomiary czasu zostały wykonane dla następujących rozmiarów struktur:

* 1000 elementów
* 5000 elementów
* 10000 elementów
* 15000 elementów
* 20000 elementów
* 25000 elementów
* 30000 elementów

Każda operacja była wykonywana 100 razy, a następnie została liczona ich średnia ich czasów. Liczby przechowywane w strukturach były losowane z przedziału od 1 do 1000000.

[Generate a Random Integer – Online Random Tools (onlinetools.com)](https://onlinetools.com/random/generate-random-integers)

1. **Tablica dynamiczna**

Tabela 1 Czasy operacji dla tablicy dynamicznej

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ilość elementów | Dodawanie na końcu  [ns] | Dodawanie na początku [ns] | Dodawanie w losowe wybrane miejsce [ns] | Usuwanie na końcu [ns] | Usuwanie na początku  [ns] | Usuwanie w losowym wybranym miejscu [ns] | Wyszukiwanie losowego elementu  [ns] |
| 1000 | 13388 | 13455 | 16111 | 15342 | 16201 | 15938 | 758163 |
| 5000 | 52313 | 53421 | 57230 | 53827 | 54231 | 57727 | 836290 |
| 10000 | 108132 | 103548 | 107239 | 101541 | 102534 | 108423 | 955381 |
| 15000 | 146890 | 148020 | 157231 | 146489 | 150223 | 153241 | 1091802 |
| 20000 | 193218 | 195257 | 208257 | 196304 | 193843 | 199435 | 1230183 |
| 25000 | 239546 | 241585 | 249865 | 242742 | 244225 | 248943 | 1365770 |
| 30000 | 285874 | 288913 | 296473 | 288181 | 288607 | 295451 | 1501357 |

Wykresy:

Wykres 1

Wykres 2

Wykres 3

Wykres 4

Wykres 5

Wykres 6

Wykres 7

1. **Lista dwukierunkowa**

Tabela 2 Czasy operacji dla listy dwukierunkowej

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ilość elementów | Dodawanie na końcu | Dodawanie na początku | Dodawanie w losowe wybrane miejsce | Usuwanie na końcu | Usuwanie na początku | Usuwanie w losowym wybranym miejscu | Wyszukiwanie losowego elementu |
| 1000 | 1699 | 1784 | 17661 | 593 | 660 | 20993 | 26645 |
| 5000 | 1632 | 1898 | 117507 | 624 | 711 | 151961 | 118432 |
| 10000 | 1693 | 1841 | 222692 | 688 | 702 | 416423 | 227863 |
| 15000 | 1679 | 1843 | 330877 | 676 | 696 | 714885 | 337294 |
| 20000 | 1661 | 1833 | 469062 | 701 | 685 | 1183475 | 455725 |
| 25000 | 1632 | 1814 | 577247 | 715 | 711 | 1581211 | 574157 |
| 30000 | 1629 | 1818 | 695432 | 716 | 715 | 1953555 | 692588 |

Wykresy:

Wykres 8

Wykres 9

Wykres 10

Wykres 11

Wykres 12

Wykres 13

Wykres 14

1. **Kopiec binarny**

Tabela 3 Czasy operacji dla kopca binarnego

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ilość elementow | Dodawanie | Usuwanie korzenia | Wyszukiwanie losowego elementu |
| 1000 | 42814 | 46631 | 8954 |
| 5000 | 221437 | 278242 | 42190 |
| 10000 | 401914 | 530285 | 83329 |
| 15000 | 582391 | 782328 | 124354 |
| 20000 | 762868 | 1031371 | 165128 |
| 25000 | 943345 | 1270414 | 211868 |
| 30000 | 1128822 | 1523545 | 249156 |

Wykresy:

Wykres 15

Wykres 16

Wykres 17

1. **Drzewo czerwono - czarne**

Tabela 4 Czasy operacji dla drzewa czerwono-czarnego

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ilość elementów | Dodawanie | Usuwanie | Wyszukiwanie elementu |
| 1000 | 2551 | 2613 | 2408 |
| 5000 | 4234 | 4353 | 3743 |
| 10000 | 5677 | 5818 | 4979 |
| 15000 | 6832 | 7014 | 6054 |
| 20000 | 7848 | 8089 | 7039 |
| 25000 | 8788 | 9076 | 8002 |
| 30000 | 9687 | 10021 | 8973 |

Wykresy:

Wykres 16

Wykres 17

Wykres 18

1. Wnioski

Wszystkie struktury danych testowane pod kątem operacji dodawania, usuwania i wyszukiwania elementów okazały się skuteczne i poprawne w działaniu dla przykładowych danych.

Najlepszą wydajność jednak wykazało drzewo czerwono-czarne, które wykazało się dość dobrymi wynikami podczas wszystkich operacji: wyszukiwania elementów, dodawania i usuwania.

Zależność czasu wykonywania operacji od rozmiaru danych różniła się między poszczególnymi strukturami. Dla tablicy dynamicznej, listy dwukierunkowej i kopca binarnego (przez implementację tablicową) zależność była typowo liniowa, natomiast dla drzewa czerwono-czarnego – logarytmiczna. Zgadzała się jednak ona ze sprawdzoną wcześniej zakładaną złożonością czasowa z niewielkimi odchyleniami.

Użyte w projekcie metody testowania oraz wielokrotne powtórzenie pomiarów z różnymi danymi pozwoliły na uzyskanie wiarygodnych wyników oraz uśrednienie czasu wykonania poszczególnych operacji.