Politechnika Rzeszowska
Wydział Matematyki i Fizyki Stosowanej

Projekt II
Implementacja sortowań

Krzysztof Motas
Grupa projektowa nr 5

Sokolniki, 9 stycznia 2022

1 Opis problemu

Treść problemu:

Zaimplementuj sortowanie przez zliczanie oraz sortowanie przez kopcowanie.

W projekcie do implementacji użyty został język programowania C++.

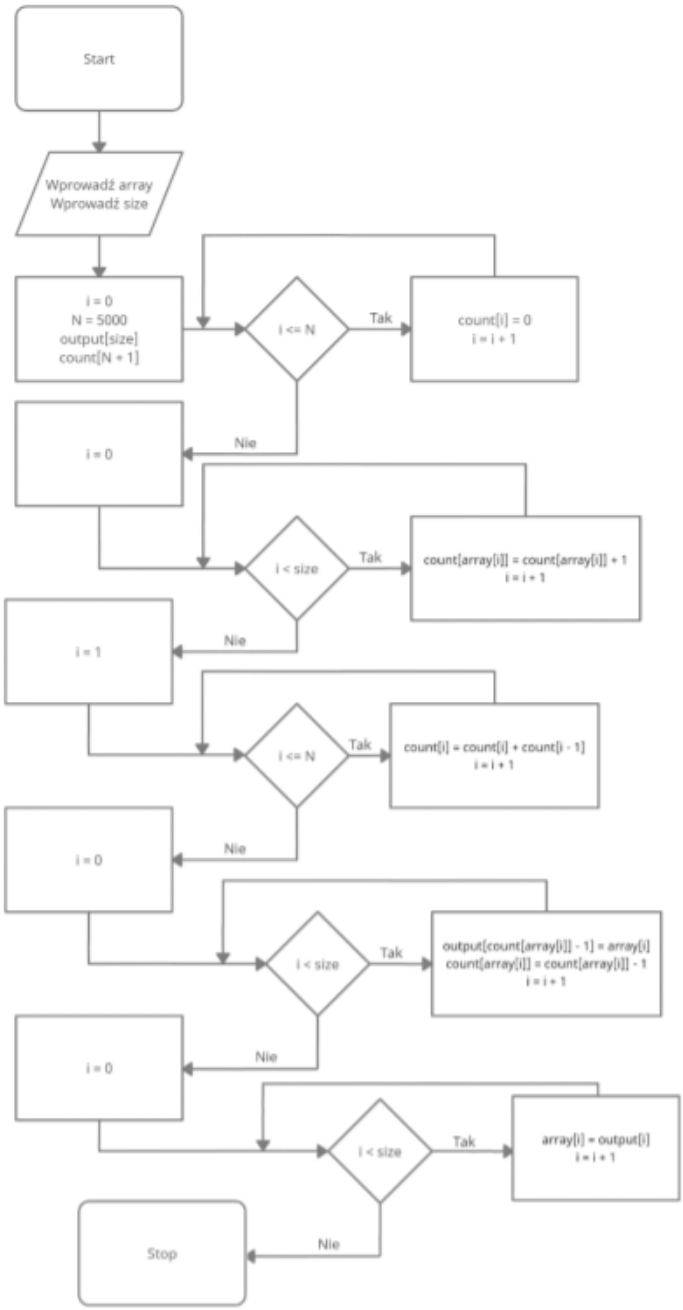
2 Podstawy teoretyczne

1. **Sortowanie przez zliczanie** Algorytm polega na zadeklarowaniu dodatkowej tablicy do której będziemy zliczać wystąpienia poszczególnych wartości. Następny krok polega na analizie wszystkich elementów listy zliczającej. I-tą liczbę na liście wypisujemy tyle razy jaką wartość ma lista pod indeksem i. W ten sposób uzyskujemy posortowaną listę. Jeśli listę zliczającą będziemy przeglądać od lewej do prawej to uzyskamy listę posortowaną rosnącą.

2. **Sortowanie przez kopcowanie** Algorytm sortowania przez kopcowanie składa się z dwóch faz. W pierwszej sortowane elementy reorganizowane są w celu utworzenia kopca. W drugiej zaś dokonywane jest właściwe sortowanie. Podstawową zaletą algorytmu jest to, że do stworzenia kopca wykorzystać można tę samą tablicę, w której początkowo znajdują się nieposortowane elementy. Dzięki temu uzyskuje się stałą złożoność pamięciową. Początkowo do kopca należy tylko pierwszy element w tablicy. Następnie kopiec rozszerzany jest o drugą, trzecią i kolejne pozycje tablicy, przy czym przy każdym rozszerzeniu, nowy element jest przemieszczany w górę kopca, tak aby spełnione były relacje pomiędzy węzłami. Po utworzeniu kopca następuje właściwe sortowanie. Polega ono na usunięciu wierzchołka kopca, zawierającego element maksymalny (minimalny), a następnie wstawieniu w jego miejsce elementu z końca kopca i odtworzenie porządku kopcowego. W zwolnione w ten sposób miejsce, zaraz za końcem zmniejszonego kopca wstawia się usunięty element maksymalny. Operacje te powtarza się aż do wyczerpania elementów w kopcu.

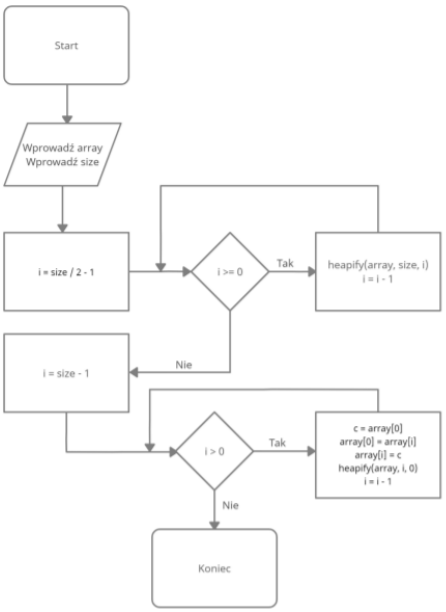
3 Schematy blokowe

3.1 Sortowanie przez zliczanie



3.2 Sortowanie przez kopcowanie

Główna funkcja sortująca:



Funkcja „kopcująca” - **heapify**

4 Pseudokod

4.1 Sortowanie przez zliczanie

```
wczytaj(array)
wczytaj(size)
i <- 0
N <- 5000
output[size]
count[N + 1]
dopoki i <= N wykonuj
 count[i] <- 0
 i <- i + 1

i = 0
dopoki i < size wykonuj
 count[array[i]] <- count[array[i]] + 1
 i <- i + 1

i = 1
dopoki i <= N wykonuj
 count[i] <- count[i] + count[i - 1]
 i <- i + 1

i = 0
dopoki i < size wykonuj
 output[count[array[i]] - 1] <- array[i]
 count[array[i]] <- count[array[i]] - 1
 i <- i + 1

i = 0
dopoki i < size wykonuj
 array[i] <- output[i]
 i <- i + 1
```

4.2 Sortowanie przez kopcowanie - główna funkcja sortująca

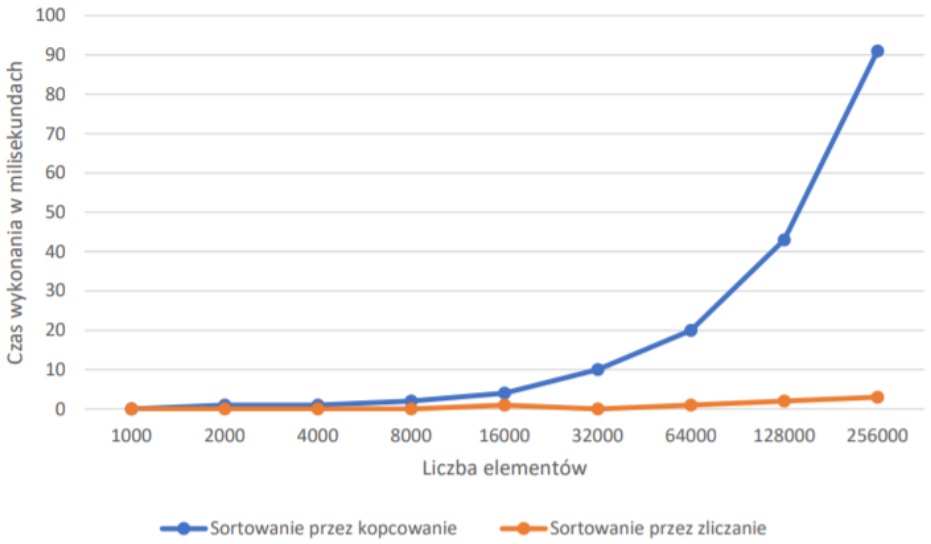
```
wczytaj(array)
wczytaj(size)
i <- size / 2 - 1
dopoki i >= 0 wykonuj
 heapify(array, size, i)
 i <- i - 1
i <- size - 1
dopoki i > 0 wykonuj
 c <- array[0]
 array[0] <- array[i]
 array[i] <- c
 heapify(array, i, 0)
 i <- i - 1
```

4.3 Funkcja „kopcująca” - heapify

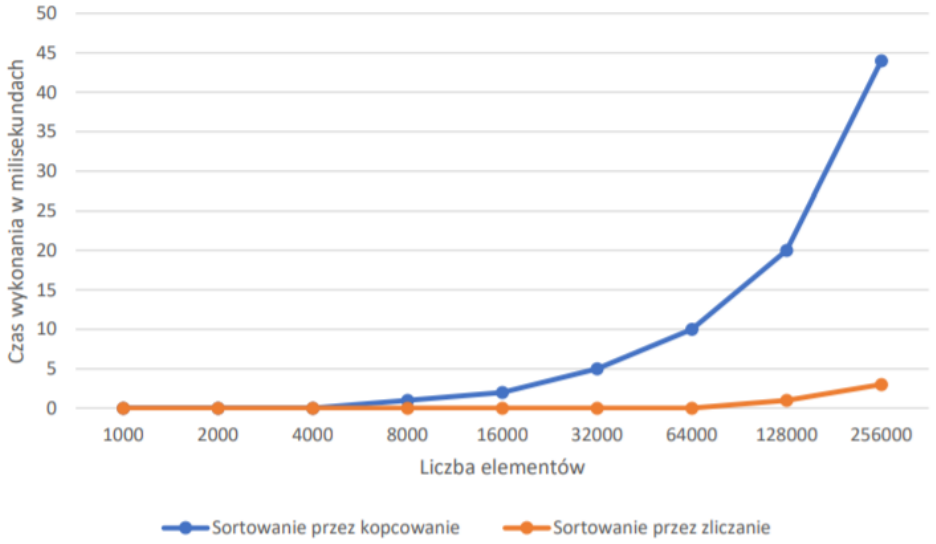
```
wczytaj(array)
wczytaj(size)
wczytaj(i)
largest <- i
l <- 2 * i + 1
r <- l + 1
jezeli l < size i array[l] > array[largest] wykonaj
 largest <- l
jezeli r < size i array[r] > array[largest] wykonaj
 largest <- r
jezeli largest != i wykonaj
 c <- array[i]
 array[i] <- array[largest]
 array[largest] <- c
 heapify(array, size, largest)
```

5 Wykresy złożoności czasowej

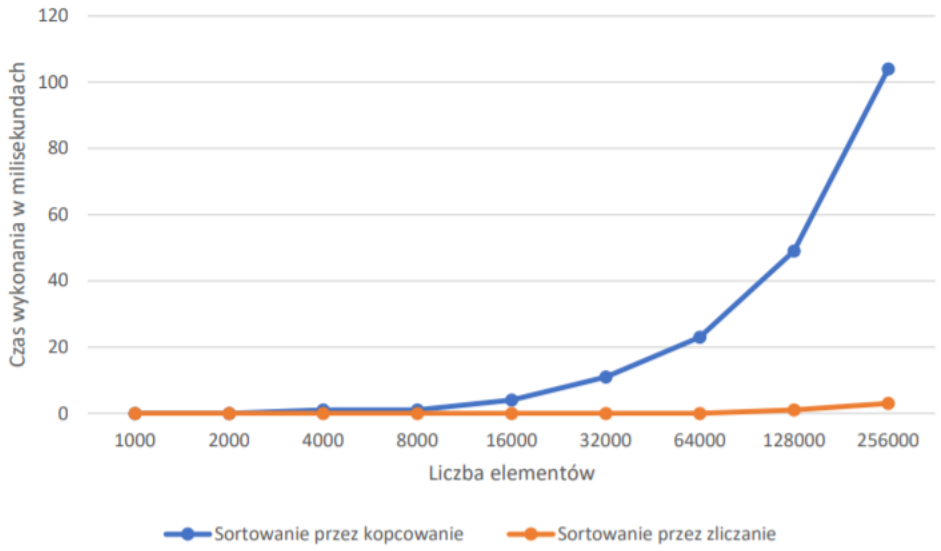
5.1 Przypadek oczekiwany (wartości liczb w zakresie 0-100)



5.2 Przypadek optymistyczny (wartości liczb w zakresie 0-1)



5.3 c) Przypadek pesymistyczny (wartości liczb w zakresie 0-N) Dla N = 5000



5.4 Funkcja do generowania danych

```
 void timeTests()
{
 fstream file;
 file.open("results/tests.txt", ios::out);
 for (int i = 0, c, size, max; i < 3; i++)
 {
 // i: 0 - przypadek oczekiwany, 1 - przypadek optymistyczny, 2 - przypadek
     pesymistyczny
 file << "Przypadek " << (i == 2 ? "pesymistyczny" : i ? "optymistyczny" : "oczekiwany
     ") << endl;
 max = (i == 2 ? N : i ? 1 : 100);
 for (c = 0, size = 1000; c < 9; c++)
 {
 int heapArray[size], countArray[size];
 generateRandomData(heapArray, size, max);
 copy(heapArray, heapArray + size, countArray);
 // Dla sortowania przez kopcowanie
 auto start = chrono::steady_clock::now();
 heapSort(heapArray, size);
 file << "heapSort: " << size << " liczb, " <<
chrono::duration_cast<chrono::milliseconds>(chrono::steady_clock::now() - start).count
    () << endl;
 // Dla sortowania przez zliczanie
 start = chrono::steady_clock::now();
 countSort(countArray, size);
 file << "countSort: " << size << " liczb, " <<
chrono::duration_cast<chrono::milliseconds>(chrono::steady_clock::now() - start).count
    () << endl <<
endl;
 size *= 2;
 }
 file << endl;
 }
 file.close();
 cout << "Wykonano testy zlozonosci obliczeniowej algorytmow sortowania. Wyniki
     znajdziesz w
results/tests.txt." << endl;
}
```

6 Omówienie złożoności obliczeniowej

Złożoność czasowa algorytmu sortowania przez kopcowanie wynosi **O(n logn)**. Jest on w praktyce z reguły wolniejszy od sortowania przez zliczanie. Główną zaletą sortowania przez zliczanie jest liniowa złożoność obliczeniowa algorytmu **O(n+k)**, gdzie n – liczebność zbioru, k – rozpiętość danych. Największymi ograniczeniami algorytmu są konieczność uprzedniej znajomości zakresu danych i złożoność pamięciowa (wymaga dodatkowo O(k) lub O(n+k) pamięci).

7 Testy działania algorytmów

1. Liczba elementów w tablicy: 10
   Dane wejściowe: 27 17 67 8 4 10 42 83 30 87
   Dane wyjściowe (sortowanie przez zliczanie): 4 8 10 17 27 30 42 67 83 87
   Dane wyjściowe (sortowanie przez kopcowanie): 4 8 10 17 27 30 42 67 83 87

2. Liczba elementów w tablicy: 15
   Dane wejściowe: 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0
   Dane wyjściowe (sortowanie przez zliczanie): 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1
   Dane wyjściowe (sortowanie przez kopcowanie): 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1

3. Liczba elementów w tablicy: 30
   Dane wejściowe: 4 9 26 39 4 19 54 31 47 29 12 22 55 51 34 51 20 21 18 55 54 48 24 6 29 15 20 47 20 38
   Dane wyjściowe (sortowanie przez zliczanie): 4 4 6 9 12 15 18 19 20 20 20 21 22 24 26 29 29 31 34 38 39 47 47 48 51 51 54 54 55 55
   Dane wyjściowe (sortowanie przez kopcowanie): 4 4 6 9 12 15 18 19 20 20 20 21 22 24 26 29 29 31 34 38 39 47 47 48 51 51 54 54 55 55

4. Liczba elementów w tablicy: 100
   Dane wejściowe: 229 230 65 64 59 176 81 48 24 246 194 130 277 286 200 151 187 178 89 64 13 273 175 219 35 80 128 71 281 140 6 64 27 296 218 54 24 136 158 55 225 98 96 96 3 119 167 42 179 76 290 238 101 18 58 190 262 191 208 160 240 82 223 294 102 172 16 152 64 127 236 12 70 1 298 119 256 145 120 211 132 271 92 269 23 218 229 38 270 48 226 28 106 280 34 277 2 206 205 158
   Dane wyjściowe (sortowanie przez zliczanie): 1 2 3 6 12 13 16 18 23 24 24 27 28 34 35 38 42 48 48 54 55 58 59 64 64 64 64 65 70 71 76 80 81 82 89 92 96 96 98 101 102 106 119 119 120 127 128 130 132 136 140 145 151 152 158 158 160 167 172 175 176 178 179 187 190 191 194 200 205 206 208 211 218 218 219 223 225 226 229 229 230 236 238 240 246 256 262 269 270 271 273 277 277 280 281 286 290 294 296 298
   Dane wyjściowe (sortowanie przez kopcowanie): 1 2 3 6 12 13 16 18 23 24 24 27 28 34 35 38 42 48 48 54 55 58 59 64 64 64 64 65 70 71 76 80 81 82 89 92 96 96 98 101 102 106 119 119 120 127 128 130 132 136 140 145 151 152 158 158 160 167 172 175 176 178 179 187 190 191 194 200 205 206 208 211 218 218 219 223 225 226 229 229 230 236 238 240 246 256 262 269 270 271 273 277 277 280 281 286 290 294 296 298

8 Źródła

https://pl.wikipedia.org/wiki/Sortowanie_przez_zliczanie
https://pl.wikipedia.org/wiki/Sortowanie_przez_kopcowanie

9 Repozytorium

https://github.com/kmotas/aisd_projekt2