

# Algorytmy i struktury danych

## Laboratorium - lista 4

**Termin wysłania: 2023-06-04**

### Zadanie 1. [20 p.]

Zaimplementuj strukturę [BST \(Binary Search Tree\)](#), przyjmując jak na listach 2. i 3., że kluczami są liczby całkowite, wraz z następującymi operacjami:

- `insert(k)` - wstawianie nowego wystąpienia klucza `k` do drzewa,
- `delete(k)` - usuwanie jednego wystąpienia klucza `k` w drzewie (jeśli istnieje).
- `height` - funkcja zwracająca bieżącą wysokość drzewa.

Zademonstruj poprawność swojej implementacji w prezentacji w następujących dwóch przypadkach, dla  $n=50$ :

1. Wstawienie rosnącego ciągu  $n$  kluczy operacjami `insert`, a następnie usunięcie losowego ciągu  $n$  kluczy operacjami `delete`
2. Wstawienie losowego ciągu  $n$  kluczy operacjami `insert`, a następnie usunięcie losowego ciągu  $n$  kluczy operacjami `delete`

Założmy, że klucze są z przedziału  $[0, 2n-1]$ . (Możesz wykorzystać lub przerobić generatory danych z listy 2.)

W każdym kroku drukuj wykonywaną operację (np. `'insert 48'` albo `'delete 20'`) oraz stan drzewa po tej operacji, w takiej postaci, aby widoczna była jego struktura, na przykład tak jak niżej, gdzie 'lewa-prawa strona' zostały wyświetlone jako kierunki 'góra-dół':

```
      /-[48]
     /-[54]
    | \-[257]
   /-[282]
  | \-[310]
 /-[352]
/-[370]
| | /-[370]
| \-[372]
|   \-[484]
-[517]
|       /-[527]
|       | \-[665]
|       /-[713]
|      /-[725]
| |   \-[736]
| |   \-[788]
\-[924]
  | /-[939]
  \-[978]
```

Na potrzeby wyświetlania drzew w swojej aplikacji możesz przerobić sobie przykładowy program dostępny pod linkiem:

<https://gist.github.com/mki1967/a3f79891f4a236f1d55d7f8f554435fe>

### **Zadanie 2. [10 p.]**

Podobnie jak w poprzednich listach zadań, przeprowadź eksperymenty badające złożoność dla dużych danych (po 20 testów dla wartości  $n$  równych: 10 000, 20 000, ..., 100 000), dla takich samych scenariuszy jak w zadaniu 1. (tj. wstawianie rosnącego ciągu i usuwanie losowego ciągu oraz wstawianie i usuwanie losowego ciągu) ale bez wyświetlania wykonywanych operacji i drzew.

Jako miary złożoności zliczaj:

- liczby porównań między kluczami,
- liczby odczytów i podstawień wskaźników łączących elementy struktury drzewa,
- wysokość drzewa po każdej operacji.

Dla każdego  $n$  zliczaj zarówno średni koszt, jak i maksymalny napotkany koszt pojedynczej operacji.

Przygotuj obrazy z wykresami uzyskanych wyników dla każdej z tych miar.

### **Zadanie 3. [30 p.]**

Podobnie jak w zadaniu 1, zaimplementuj strukturę [RB BST \(Red-Black Binary Search Tree\)](#), oraz demonstracje jej działania dla  $n=50$ .

### **Zadanie 4. [10 p.]**

Wykonaj odpowiednik zadania 2. dla drzew RB BST.

### **Zadanie 5. [20 p.]**

Podobnie jak w zadaniu 1, zaimplementuj [Splay Tree](#), oraz demonstracje jej działania dla  $n=50$ .

### **Zadanie 6. [10 p.]**

Wykonaj odpowiednik zadania 2. dla drzew Splay Tree.

## Literatura

- [1] Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, and Clifford Stein. Introduction to Algorithms. The MIT Press, 3rd edition, 2009.
- [2] Daniel D. Sleator and Robert E. Tarjan. Self-adjusting binary search trees. J. ACM, 32(3):652-686, July 1985.
- [3] Robert E. Tarjan. Data Structures and Network Algorithms. Society for Industrial and Applied Mathematics, USA, 1983.