

## Zadania przygotowujące do kolokwium z drzew

Dana jest struktura danych będąca węzłem drzewa BST

```
struct node {
    int key;
    node* left;
    node* right;
    node(int k, node* l, node* r):key(k),left(l),right(r){}
};
```

1. Zapisz warunki jakie muszą spełniać klucze drzewa BST.
2. Napisz procedurę `node* find(node* tree, int x)`, która zwraca wskaźnik na węzeł zawierający `x`, lub `NULL`, jeśli nie ma takiego węzła.
3. Napisz procedurę `void insert(node*& tree, int x)` (dodaje do drzewa `tree` klucz `x`).
4. Drzewo BST o różnych kluczach można odtworzyć z listy par `klucz_węzła:klucz_ojca`.  
(a) Narysuj drzewo BST reprezentowane przez listę par: 1:2, 2:4, 3:2, 4:5, 6:7, 7:9, 8:7, 9:5.  
(b) wypisz jego klucze w porządku: INORDER, (c) PREORDER, (d) POSTORDER.
5. Napisz procedurę `void wypisz(node *tree, int order=0)`, która wypisuje klucze drzewa `tree` w porządku inorder gdy `order=0`, preorder gdy `order=1`, postorder gdy `order=2`.
6. Jakie informacje przechowujemy w węźle drzewa czerwono-czarnego? Podaj definicję drzewa czerwono czarnego. Zadeklaruj strukturę `RBnode` tak, by dziedziczyła z `node`. Czy można dla niej użyć funkcji napisanych w zadaniach 2, 3 i 5?
7. Uzasadnij posługując się rysunkiem i opisem, że operacje na drzewie czerwono-czarnym (rotacja i przekolorowanie) nie zmieniają ilości czarnych węzłów, na żadnej ścieżce od korzenia do liścia.
8. W poniższym drzewie czerwono-czarnym (czarne węzły oznaczono nawiasem kwadratowym):  
[5]  
    (3)            [11]  
    [1]    [4]    (9)  
- wstaw do niego 10.  
- usuń z wyjściowego drzewa 1.
9. Jakie informacje przechowujemy w węźle B-drzewa? Podaj definicję B-drzewa.
10. Narysuj B-drzewo o  $t = 3$  zawierające dokładnie 17 kluczy na trzech poziomach: korzeń jego dzieci i wnuki. Następnie usuń z tego drzewa korzeń.
11. Podano na rysunku B-drzewo o  $t = 2$ :  
                    (9)  
            (7)            (11)            14            19)  
            (6)    (8)    (10)    (12 13)    (15 16 17)    (20)  
- usuń z tego drzewa 7.  
- dodaj do niego 18.
12. W B-drzewie o  $t = 10$ :  
- ile kluczy może zawierać korzeń (podaj przedział),  
- ile dzieci może mieć korzeń (podaj przedział),  
- ile kluczy może mieć potomek korzenia (podaj przedział),  
- ile dzieci może mieć potomek korzenia (podaj przedział),  
- ile maksymalnie węzłów może być na  $k$ -tym poziomie (przyjmując, że korzeń to poziom 0).  
- ile łącznie kluczy może być na  $k$ -tym poziomie (podaj przedział).