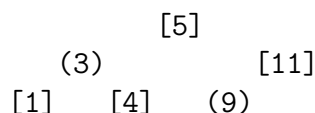


# Algorytmy i Struktury Danych (2021)

## Lista zadań 7 - drzewa czerwono-czarne

1. Jakie informacje przechowujemy w węźle drzewa czerwono-czarnego? Zadeklaruj strukturę `RBTnode` tak, by dziedziczyła z `BSTnode`. Podaj definicję drzewa czerwono czarnego.
2. (a) Jaka może być minimalna, a jaka maksymalna ilość kluczy w drzewie czerwono-czarnym o ustalonej czarnej wysokości równej  $h_B$ ?  
(b) Znajdź maksymalną i minimalną wartość stosunku ilości węzłów czerwonych do czarnych w drzewie czerwono-czarnym.
3. Uzasadnij posługując się rysunkiem i opisem, że operacje wykonywane w trakcie wstawiania do drzewa czerwono-czarnego (rotacja i przekolorowanie) nie zmieniają ilości czarnych węzłów, na żadnej ścieżce od korzenia do liścia.
4. (a) Narysuj poprawne drzewo czerwono czarne w którym na lewo od korzenia jest 1 węzeł a na prawo 7 węzłów.  
(b) Czy istnieje poprawne drzewo czerwono czarne, w którym na lewo od korzenia będzie 100 razy mniej węzłów niż na prawo od korzenia?
5. W poniższym drzewie czerwono-czarnym (czarne węzły oznaczono nawiasem kwadratowym):



- wstaw do niego 10.
  - usuń z wyjściowego drzewa 1.
6. (2 pkt.) Do pustego drzewa czerwono-czarnego wstaw kolejno 20 przypadkowych kluczy. Następnie usuń je w tej samej kolejności w jakiej wstawiałeś. Przypadkowymi kluczami są kolejne litery Twojego nazwiska, imienia i adresu. Zadanie wykonujemy na kartce (lub w pliku).
  7. Analizując kod programu `RBT.h` udowodnij, że w trakcie wstawiania do drzewa czerwono-czarnego wykonają się co najwyżej dwie rotacje. Czy tak samo jest w przypadku usuwania?
  8. Uzasadnij, że rozmiar stosu ( $n = 100$ ) przyjęty w procedurach `insert` i `remove` w pliku `RBnpnr.h` nigdy nie okaże się za mały.