

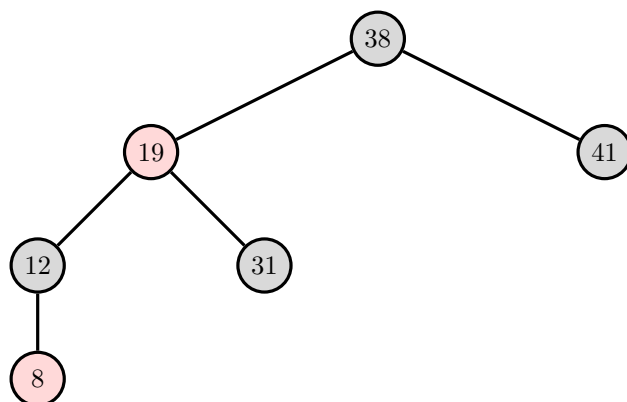
l4z13

April 2020

## 1 Rozwiązanie dla czerwono-czarnych drzew

Czerwono-czarne drzewo to BST posiadające pięć dodatkowych właściwości:

- Każdy węzeł jest czerwony lub czarny.
- Węzeł główny jest czarny.
- Każdy węzeł NULL jest czarny.
- Jeśli węzeł jest czerwony, oba jego dzieci są czarne.
- Każda ścieżka od węzła głównego do węzła NULL ma tę samą liczbę czarnych węzłów.



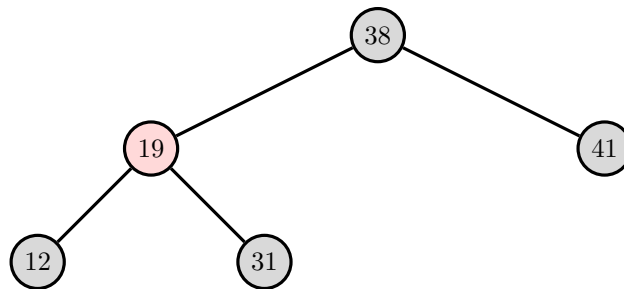
Drzewo stworzone poprzez dodanie wartości: 41, 38, 31, 12, 19, 8.

$x$  jest węzłem który chcemy usunąć  
 $w$  jest jego bratem

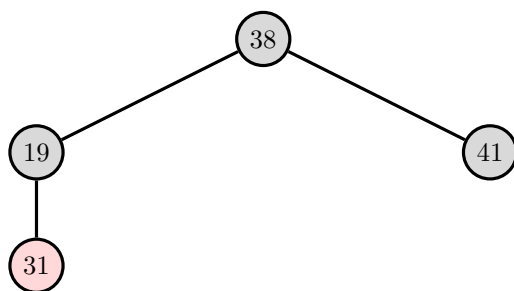
Usuwać węzły z czerwono-czarnego drzewa należy wykonać następujące czynności aż  $x$  nie będzie korzeniem drzewa i kolor  $x$  będzie czarny. Jeżeli  $x$  jest lewym dzieckiem jego rodzica to:

1. Jeśli  $w$  jest czerwony należy:
  - ustawić kolor prawego dziecka rodzica  $x$  na czarny
  - ustawić kolor rodzica  $x$  na czerwony
  - obrócić w lewo rodzica  $x$
  - przypisać prawe dziecko rodzica  $x$  do  $w$
2. Jeśli kolor dzieci  $w$  jest czarny należy:
  - ustawić kolor  $w$  na czerwony
  - przypisać rodzica  $x$  do  $x$
3. Jeśli kolor prawego dziecka  $w$  jest czarny należy:
  - ustawić kolor lewego dziecka  $w$  na czarny
  - ustawić kolor  $w$  na czerwony
  - obrócić w prawo  $w$
  - przypisać prawe dziecko rodzica  $x$  do  $w$
4. Jeśli żaden z powyższych przypadków nie zachodzi należy:
  - ustawić kolor  $w$  na taki jaki ma jego rodzic
  - ustawić kolor dziadka  $x$  na czarny
  - ustawić kolor prawego dziecka  $w$  na czarny
  - obrócić w lewo rodzica  $x$
  - ustawić  $x$  jako korzeń drzewa

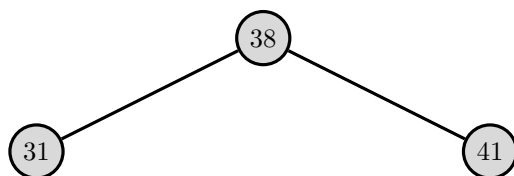
Jeżeli  $x$  jest prawym dzieckiem jego rodzica wtedy należy wykonać te same czynności zamieniając lewo i prawo ze sobą.



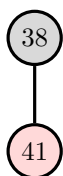
Usunięcie 8 nie wpływa na pozostałe elementy drzewa, gdyż 8 jest czerwony



Usunięcie 12 powoduje przypadek 2, przypadek 3 i następnie 4, dlatego zmieniam kolor 31



Usunięcie 19 powoduje przypadek 2, przypadek 3 i następnie 4, przez co ustanawiam rodzica 19 jako rodzica 31 i ustawiamy kolor 31 na czarny

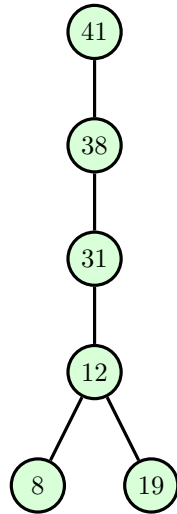


Usunięcie 31 powoduje przypadek 2, przypadek 3 i następnie 4, przez co zmieniam kolor 41



38 jest korzeniem więc algorytm powyższy pomijam. Powoduje to ustanowienie 41 jako korzeń, a korzeń musi być czarny. Ostatecznie usunięcie również jest korzeniem więc 41 daje puste drzewo 38.

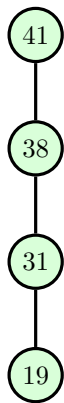
## 2 Rozwiązanie dla BST



Drzewo stworzone poprzez dodanie wartości: 41, 38, 31, 12, 19, 8.



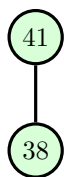
Usunięcie 8 nie wpływa na pozostałe elementy drzewa



Usunięcie 12 powoduje ustawienie rodzica 12 jako rodzica 19



Usunięcie 19 nie wpływa na pozostałe elementy drzewa



Usunięcie 31 nie wpływa na pozostałe elementy drzewa



Usunięcie 38 nie wpływa na pozostałe elementy drzewa ii ostatecznie usunięcie 41 daje puste drzewo.