

Napredni algoritmi i strukture podataka

1. laboratorijska vježba AVL stablo – dodavanje i brisanje elemenata

Zadatak:

Napisati program koji učitava niz prirodnih brojeva iz ASCII datoteke (po pretpostavci, datoteka nije prazna) i upisuje ih u (inicijalno prazno) **AVL stablo** istim redoslijedom kao u datoteci. Program može biti konzolni ili s grafičkim sučeljem, po vlastitom izboru. Konzolni program naziv ulazne datoteke treba primiti prilikom pokretanja kao (jedini) argument s komandne linije, a grafički iz odgovarajućeg sučelja po pokretanju programa. Nakon upisa svih podataka, ispisati izgrađeno stablo na standardni izlaz (monitor). Program zatim treba omogućiti dodavanje novih čvorova te nakon svake promjene treba ponovo ispisati stablo.

Dodati i brisanje čvora iz stabla.

Napomena: datoteka treba biti tekstualna, a brojevi u datoteci odvojeni po jednim razmakom (*space*). Kraj datoteke treba biti označen standardnim EOF znakom.

Opis problema:

Zadatak se može razlučiti na 7 manjih, međusobno zavisnih, problema:

- 1) Struktura čvora
- 2) Dodavanje čvora
- 3) Rotacija čvorova (lijeva i desna)
- 4) Uravnoteženje stabla nakon dodavanja čvora
- 5) Brisanje čvora
- 6) Uravnoteženje stabla nakon brisanja
- 7) Korisničko sučelje

1. Struktura čvora

Prema specifikaciji AVL stabla svaki čvor sadrži: podatak, pokazivače na lijevo i desno dijete i faktor ravnoteže FR. Kako bi implementacija stabla bila jednostavnija i efikasnija, implementirani čvor sadrži: podatak, pokazivače(reference) na lijevo i desno dijete, pokazivač na roditelja, te visine lijevog i desnog podstabla. Faktor ravnoteže se izražava razlikom visina desnog i lijevog podstabla.

2. Dodavanje čvora

Dodavanje čvorova u AVL stablu se odvija kao i u binarnom stablu za pretraživanje. Krenuvši od korijena stabla prema listovima za svaki čvor na putu provjeravamo da li je podatak koji dodajemo veći ili manji od podatka u čvoru. Ako je manji nastavljamo lijevom podstablom čvora, a ako je veći desnim. Ukoliko čvor nema podstablo kojim bi se put nastavio, stvaramo novi čvor, upisujemo podatak u njega, pokazivač na trenutni čvor spremamo u novi čvor, a pokazivač na novi spremamo u trenutni čvor. Dodavanjem čvora promijenila se visina podstabla u kojem se nalazi, te zbog toga ih

moramo osvježiti. Krenuvši od novog čvora prema korijenu svakom čvoru na putu osvježavamo visinu lijevog ili desnog podstabla (ovisno da li se novi čvor nalazi u desnom ili lijevom podstablu) . Tokom prolaska kroz čvorove, ako nekom čvoru faktor ravnoteže postane +2 ili -2 stablo je nebalansirano i mora se uravnotežiti (problem 4).

3. Rotacija čvorova

Operacije uravnoteženja AVL stabla se baziraju na DSW algoritmu koji za osnovu koristi rotacije čvorova. Postoje dva tipa rotacija: lijeva i desna rotacija. Lijeva rotacija okreće lijevo dijete oko roditelja, a desna desno dijete. Pri tome se vodi računa o podstablama rotiranih čvorova (kako se ne bi izgubio pokazivač na njih i sl).

4. Uravnoteženje stabla nakon dodavanja čvora

Ako tijekom osvježavanja visina podstabala faktor ravnoteže čvoru postane +2 ili -2 stablo je dodavanjem novog čvora postalo neuravnoteženo i zahtjeva intervenciju. Postoje četiri slučaja sa sljedećim načinima rješavanja:

FR(čvor) = 2, FR(dijete) = 1	=====>	lijeva rotacija djeteta oko čvora
FR(čvor) = 2, FR(dijete) = -1	=====>	desna rotacija unuka oko djeteta, te potom lijeva rotacija oko roditelja
FR(čvor) = -2, FR(dijete) = 1	=====>	desna rotacija djeteta oko čvora
FR(čvor) = -2, FR(dijete) = -1	=====>	lijeva rotacija unuka oko djeteta, te potom desna rotacija oko roditelja

Po završetku operacija stablo je uravnoteženo, stoga zaustavimo osvježavanje čvorova.

5. Brisanje čvora

Brisanje čvora u AVL stablu se odvija kao i u binarnom stablu operacijom brisanja kopiranjem (eng. Deletion by Copying). Krenuvši od korijena stabla prema listovima za svaki čvor provjeravamo da li je podatak koji brišemo manji, veći ili jednak podatku u čvoru. Ako je manji nastavljamo lijevi podstablom čvora, a ako je veći desnim. Kada pronađemo čvor sa podatkom koji želimo izbrisati zapamtimo pokazivač na taj čvor, te tražimo zamjenski čvor - čvor sa najveći manjim podatkom od čvora koji brišemo. Podatke iz zamjenskog čvora prepisemo u čvor koji brišemo. Postavimo pokazivače, te uklanjamo zamjenski čvor. Brisanjem čvora došlo je do promjene visine podstabla u kojem se nalazi, pa ih je potrebno osvježiti. Krenuvši od roditelja zamjenskog čvora prema korijenu svakom čvoru na putu osvježavamo visinu lijevog ili desnog podstabla (ovisno da li se novi čvor nalazi u desnom ili lijevom podstablu). Tokom prolaska kroz čvorove, ako nekom čvoru faktor ravnoteže postane +2 ili -2 stablo je nebalansirano i mora se uravnotežiti (problem 6).

6. Uravnoteženje stabla nakon brisanja

Ako tijekom osvježavanja visina podstabala faktor ravnoteže čvoru postane +1 ili -1, završavamo osvježavanje, a ako faktor ravnoteže postane +2 ili -2 stablo je dodavanjem novog čvora postalo neuravnoteženo i zahtjeva intervenciju. Postoji šest slučajeva sa sljedećim načinima rješavanja:

$FR(\text{čvor}) = 2, FR(\text{dijete}) = 1$	=====>	desna rotacija djeteta oko čvora
$FR(\text{čvor}) = 2, FR(\text{dijete}) = -1$	=====>	desna rotacija unuka oko djeteta, te potom lijeva rotacija oko roditelja
$FR(\text{čvor}) = 2, FR(\text{dijete}) = 0$	=====>	desna rotacija djeteta oko čvora
$FR(\text{čvor}) = -2, FR(\text{dijete}) = 1$	=====>	lijeva rotacija unuka oko djeteta, te potom desna rotacija oko roditelja
$FR(\text{čvor}) = -2, FR(\text{dijete}) = -1$	=====>	lijeva rotacija djeteta oko čvora
$FR(\text{čvor}) = -2, FR(\text{dijete}) = 0$	=====>	lijeva rotacija djeteta oko čvora

Po završetku operacija ako je novi faktor ravnoteže 1 ili -1 završavamo osvježivanje. Ukoliko je faktor ravnoteže jednak 0, nastavljamo sa osvježivanjem stabla.

7. Korisničko sučelje

Kako bi korisnicima olakšali korištenje programa izrađeno je grafičko sučelje. Sučelje omogućava korisniku otvaranje tekstualne datoteke sa podacima za unos u stablo, dodavanje i brisanje pojedinog elementa u stablo, te grafički prikaz stabla – čvorovi, podaci u njima i njihovi faktori ravnoteže. Kako bi iscrtali čvorove stvaramo novu strukturu koja sadrži podaci o grafičkom prikazu čvora – koordinate x i y, faktor ravnoteže i podatak spremljen u čvoru. Osnovnu strukturu čvora smo proširili dodavanjem pokazivača na novu strukturu za grafički prikaz čvora.

Ograničenja

U stablo se mogu upisivati samo prirodni brojevi, ostali tipovi podataka se ignoriraju. U stablo se ne može dodati čvor sa podatkom koji se već nalazi u stablu. Datoteka iz koje se učitavaju brojevi mora biti tekstualnog formata, a podaci u njoj odvojeni jednim razmakom(space).

Zaključak

AVL stablo je implementirano koristeći što više izvornih(definiranih u specifikaciji) operacija i struktura. Struktura čvora je minimalno proširena zbog lakše implementacije i proširivosti programa. Implementirane su sve osnovne operacije nad AVL stablom – dodavanje, uravnotežavanje nakon dodavanja, brisanje, uravnotežavanje nakon brisanja, te traženje podatka(čvora). Kako bi pratili brzinu obavljanja operacija dodano je praćenje i ispisivanje trajanja izvođenja operacija(u milisekundama).

