

Zdravko Galić \*

## ANALIZA STRUKTURA PODATAKA

### KOD IZRAVNANJA TRIANGULACIONIH MREŽA\*\*

*REZIME. U radu su predložene i analizirane tri moguće strukture podataka za reprezentaciju triangulacionih mreža. Prikazani su rezultati eksperimentalne analize, odnosno uticaj tih struktura podataka na efikasnost izravnanja triangulacionih mreža.*

#### 1. UVOD

Izravnanje geodetske mreže moguće je u apstraktnoj formi opisati na sljedeći način:

```

PROCEDURE izravnanje_mreže;
BEGIN
  IF triangulaciona mreža
  THEN određivanje približnih vrijednosti
    koordinata tačaka (Xo)

  ELSE Xo:= 0;                                     (1.1)
  generisanje matrice koeficijenata jednačina grešaka;
  generisanje matrice koeficijenata težina;
  generisanje vektora slobodnih članova;
  određivanje vektora X i V
END izravnanje_mreže.

```

Poseban problem predstavlja određivanje približnih vrijednosti koordinata tačaka u većim triangulacionim mrežama. Kako je jedan od važnih ciljeva u razvoju efikasnijeg i fleksibilnijeg softvera za izravnanje geodetskih mreža oslobađanje korisnika od potrebe za određivanjem približnih vrijednosti koordinata novih tačaka, potrebno je izvršiti pažljiv izbor struktura podataka kojima je moguće reprezentovati geodetsku mrežu. Zapravo, neophodno je izabrati takve strukture podataka, kojima je moguće na efikasan način ostvariti:

- određivanje približnih vrijednosti koordinata tačaka u triangulacionim mrežama
- generisanje jednačina grešaka

---

\* Dr ZDRAVKO GALIĆ, dipl.inž.geod.

\*\* Građevinski fakultet Sarajevo, Hasana Brkića 24

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta DC-IX (TO1, NP2- "Razvoj računarskog hardware-a i software-a za CAD / CAM"), finansiranog od strane Republičkog javnog fonda za nauku B1

Ostali dio algoritma (1.1) je u principu moguće implementirati korištenjem poznatih algoritama matrične algebre.

## 2. ANALIZA MOGUĆIH STRUKTURA PODATAKA ZA REPREZENTACIJU MREŽA

Geodetsku mrežu možemo formalno definisati na sljedeći način:

Mreža  $G = (T, M)$  se sastoji od konačnih nepraznih skupova tačaka  $T$  i mjerenja  $M$ . Mjerenja su uređene trojke  $(o, d, v)$ ;  $o$  je tačka na kojoj je izvršeno mjerenje,  $d$  je tačka do koje je izvršeno mjerenje, a  $v$  je vrijednost mjerenja.

U tom smislu, prirodno bi bilo reprezentovati posebno skup tačaka, a posebno skup mjerenja. Međutim, kako se u principu, sa jedne tačke izvrši više mjerenja prema jednoj ili više tačaka u mreži, skup mjerenja možemo posmatrati kao disjunktne podskupove, gdje jedan takav podskup odgovara svim mjerenjima izvršenim na jednoj tački:

```

CONST MaxBroj = ...;
TYPE MaxBrojTacaka = [1..MaxBroj];

Mjerenje = RECORD
                od           : CARDINAL;
                do           : CARDINAL;
                vrijednost : REAL
            END;

Mjerenja = SET OF Mjerenje;

Mreza = ARRAY [1..MaxBroj] OF Mjerenja;

```

Međutim, ovakva reprezentacija nije moguća iz dva razloga. Prvo, tip elemenata skupa ne smije biti struktuiran, a drugi razlog je ograničenost kardinalnosti skupova.

Stoga bi moguća adekvatna reprezentacija bila :

```

CONST MaxBroj = ...;
TYPE MaxBrojTacaka = [1..MaxBroj];
    TipNaziv = STRING[5];

Tacka = RECORD
                broj       : CARDINAL;
                naziv      : TipNaziv;
                x,y        : REAL;
                dx,dy      : REAL
            END;

```

```

Mjerenje = RECORD
    izvršeno : BOOLEAN;
    vrijednost : REAL
END;

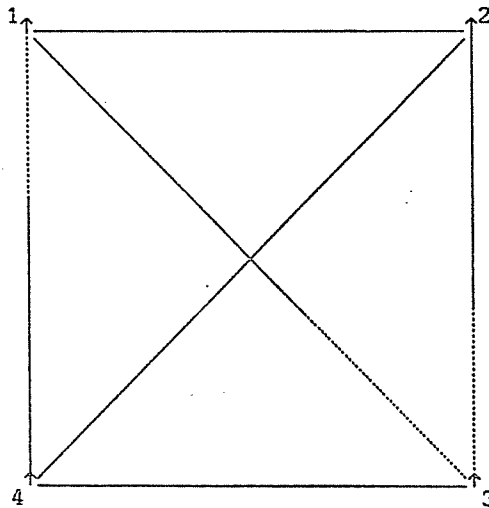
SkupTacaka = ARRAY[1..MaxBroj] OF Tacka;

SkupMjerenja = ARRAY[1..MaxBroj], [1..MaxBroj] OF Mjerenje;

Mreza = RECORD
    tacke : SkupTacaka;
    mjerenja : SkupMjerenja
END;
    
```

(2.1)

U tom slučaju,  $Mreza.Mjerenja[o,d].izvršeno$  je istinito (T), ako i samo ako je izvršeno mjerenje od  $Mreza.Tacke[o].tačka$  do  $Mreza.Tacke[d].tačka$ . Ovakav način reprezentacije ilustrovan je u pojednostavljenoj formi na slici 1.



Mreza. mjerenja

	1	2	3	4
1	F	T	T	F
2	F	F	T	T
3	F	F	F	F
4	T	T	T	F

sl. 1

Prethodna reprezentacija na određen način nije efikasna, jer je za mjerenja neophodno alocirati

$\|T\|^{2*}$  memorijskog prostora, čak i u slučaju kada mreža ima samo 0 ( $\|T\|$ ) mjerenja.

Efikasniju reprezentaciju moguće je ostvariti sljedećom strukturom:

```
CONST MaxTacaka = ...;
      MaxMjerenja = ...;
```

```
TYPE Max = [0.. ...]; (* MaxTacaka + MaxMjerenja *)
```

```
Tacka = RECORD
      broj      : CARDINAL;
      naziv     : TipNaziv;
      x,y       : REAL;
      dx,dy     : REAL
    END;
```

```
Mjerenje = RECORD
      do        : CARDINAL;
      vrijednost : REAL;
      sljedece  : Max
    END;
```

```
SkupTacaka = ARRAY[1..MaxTacaka] OF Tacka;
```

```
SkupMjerenja = ARRAY[1..Max] OF Mjerenje;
```

```
Mreza = RECORD
      tacke      : SkupTacaka;
      mjerenja   : SkupMjerenja
    END;
    (2.2)
```

```
Mreza.Mjerenja
do vrijednost sljedece
```

1		5
2		7
3		0
4		9
5	2	6
6	3	0
7	4	8
8	3	0
9	1	10
10	2	11
11	3	0

sl. 2

$\|T\|$  Broj elemenata (kardinalnost) skupa T (tačaka).

Tako je struktura Mreža.mjerenja za mrežu sa slike 1 prikazana na slici 2. Tip podataka Mreža kao komponente ima statičke strukture, odnosno nizove.

Efikasnija i fleksibilnija reprezentacija može se ostvariti korištenjem dinamičkih struktura podataka na sljedeći način :

```

TYPE   PokazivacNaTacku   = POINTER TO Tacka;
       PokazivacNaMjerenje = POINTER TO Mjerenje;
       Tačka = RECORD
           broj       : CARDINAL;
           naziv      : TipNaziv;
           x,y        : REAL;
           dx,dy      : REAL;
           mjerenje   : PokazivacNaMjerenje;
           sljedeća   : PokazivacNaTačku
       END;

Mjerenje = RECORD
           do          : PokazivacNaTacku;
           vrijednost : REAL;
           sljedeće   : PokazivacNaMjerenje
       END;

Mreža = PokazivacNaTacku;

```

(2.3)

Ovakva reprezentacija zahtijeva memorijski prostor proporcionalan

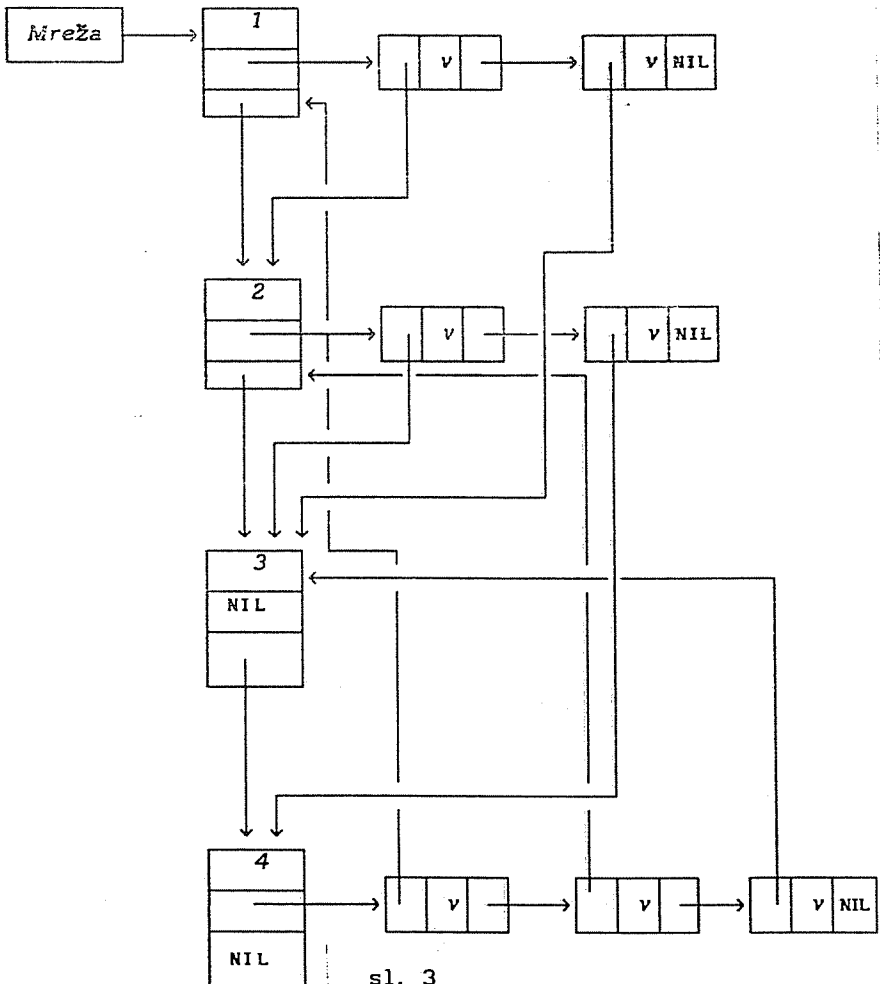
$$\|T\| + \|M\|, \text{ pa je veoma efikasna kada je } \|M\| \ll \|T\|^2,$$

što je inače slučaj kod ovih vrsta mreža.

Na osnovu ovakvih struktura, mreža prikazana na slici 1 reprezentuje se kao što je prikazano na slici 3.

Za potrebe istraživanja uticaja prikazanih struktura podataka na globalnu kompleksnost izravnanja mreža, izvršena je eksperimentalna analiza efikasnosti izravnanja sedam triangulacionih mreža sa različitim brojem tačaka i pravaca u njima. Ocjenu efikasnosti predloženih struktura podataka posmatrana je kroz memorijski prostor neophodan za njihovu reprezentaciju, a efikasnost algoritama koji operišu nad takvim strukturama, kroz neophodno procesorsko vrijeme za njihovo izvršenje. U cjelokupnom procesu izravnanja, uticaj struktura podataka na efikasnost algoritama se reflektuje u algoritmima za generisanje ovih struktura, algoritmu za određivanje približnih vrijednosti koordinata tačaka i algoritmu kojim se generišu jednačine grešaka. Ostali dijelovi procesa izravnanja mreža su neovisni, i nisu relevantni u ovom dijelu analize. U tu svrhu, izvršeno je izravnanje pomenutih mreža na tri načina, i to tako da je prvo korištena struktura definisana sa (2.1), zatim struktura (2.2), i na kraju struktura (2.3).

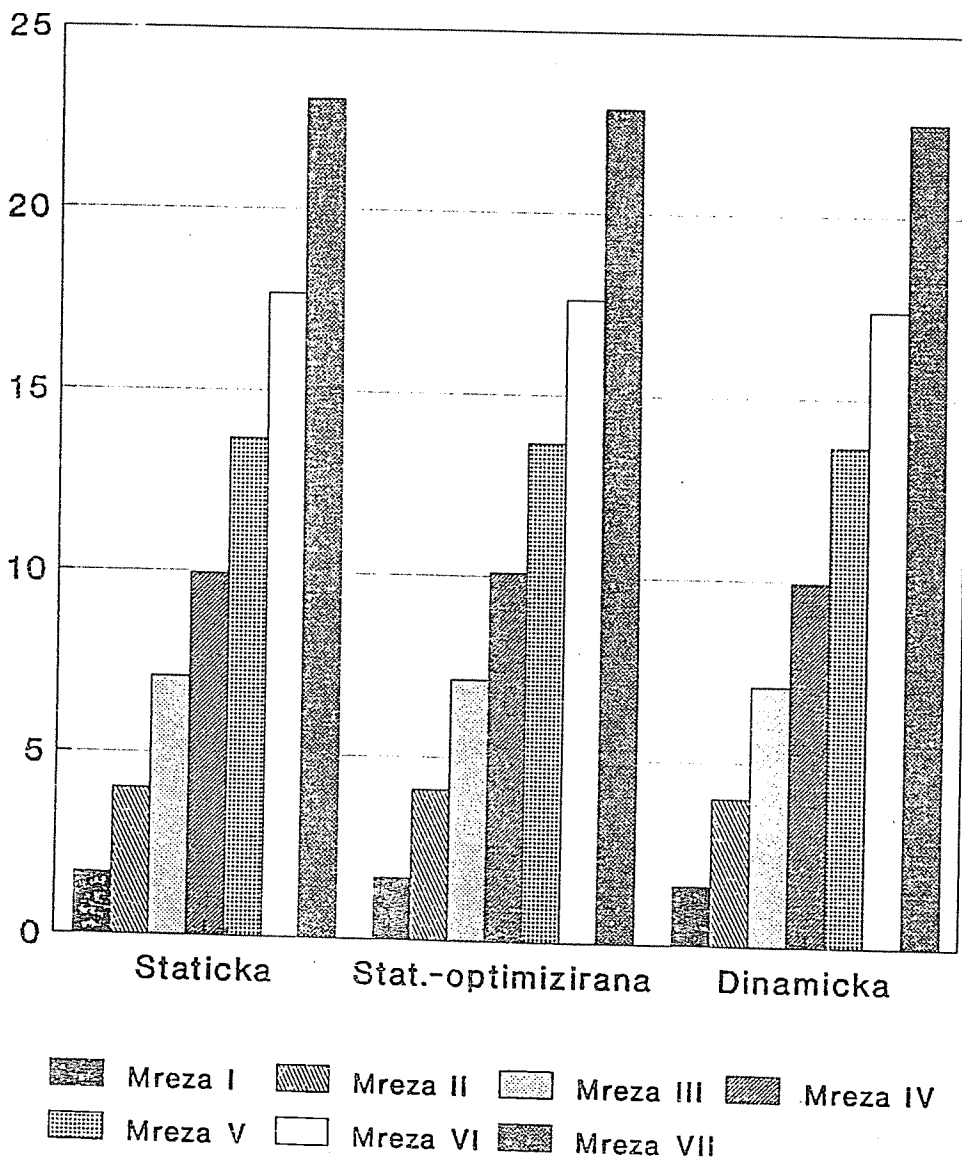
Slika 4 prikazuje ukupna procesorska vremena<sup>6</sup> za njihovo izvršenje, korištenjem razmatranih struktura podataka za izravnjanje različitih mreža. Očigledno je da ne postoje relevantnije razlike u efikasnosti algoritama koje uvode ove strukture podataka. Međutim, veoma velike razlike postoje u potrebnim memorijskim resursima, neophodnim za njihovu reprezentaciju. Na slici 5 su prikazani potrebni memorijski resursi za reprezentaciju analiziranih mreža, korištenjem razmatranih struktura podataka, i očigledno je da su strukture (2.2) i (2.3) superiorne u odnosu na (2.1), kao i to, da kod izravnjanja veoma velikih mreža, struktura (2.3) zahtijeva manje memorijske resurse u odnosu na (2.2).



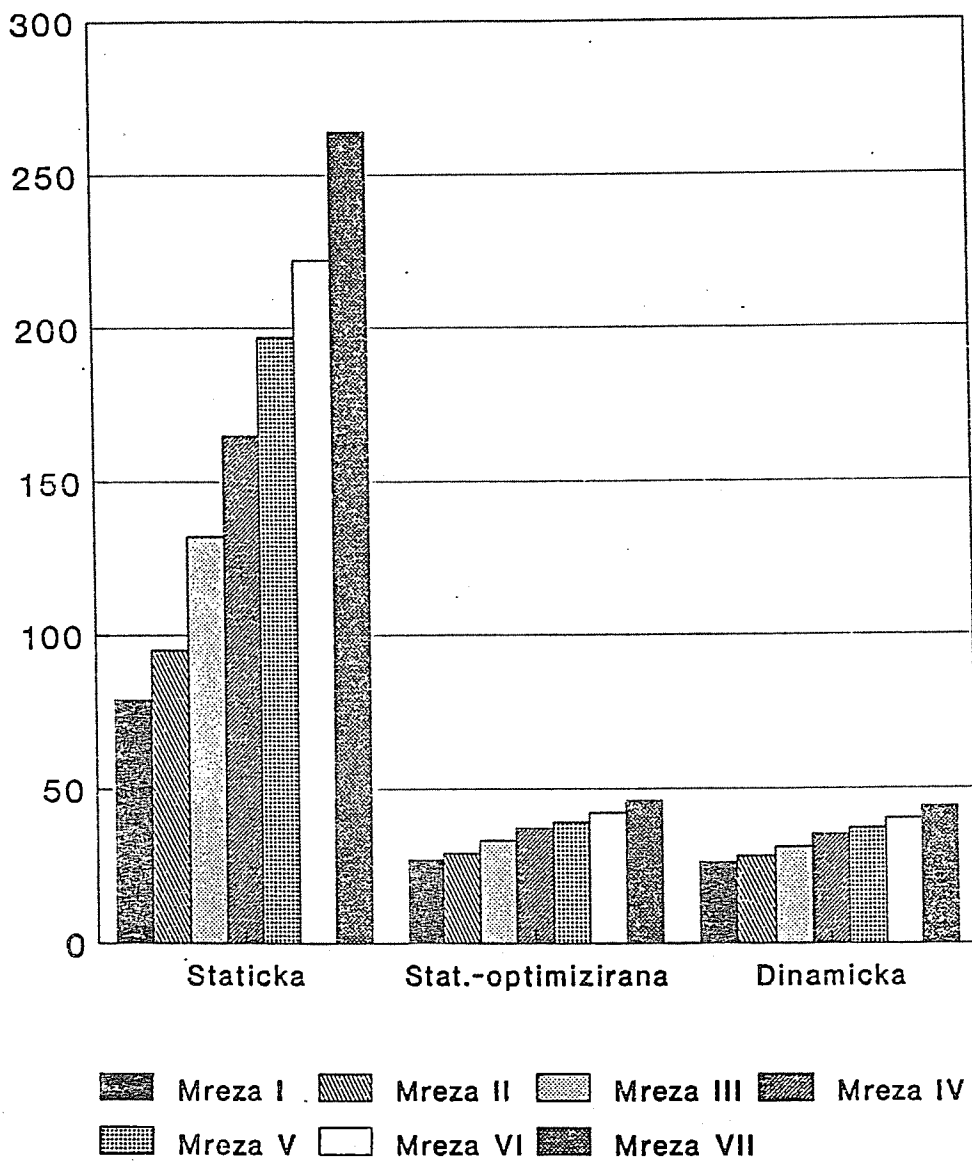
sl. 3

<sup>6</sup> Prkazani rezultati se odnose na računar VAX 3800, prevodilac za programski jezik Modula-2 i operativni sistem Ultrix.

## CPU vremena



## Memorijski resursi





### 3. ZAKLJUČAK

Eksperimentalna analiza izravnjanja triangulacionih mreža različitih veličina pokazuje da ne postoje relevantnije razlike u efikasnosti izravnjanja, odnosno u efikasnosti algoritama koji operišu nad tim strukturama. Međutim, postoje veoma velike razlike u memorijskim resursima. Stoga se na osnovu rezultata eksperimentalne analize može zaključiti da je za potrebe izravnjanja triangulacionih mreža, optimalno korištenje dinamičkih struktura podataka za njihovu reprezentaciju.

### LITERATURA

- [1] Aho V.A., Hopcroft E.J., Ullman D.J.: "The Design and Analysis of Computer Algorithms", Addison - Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, 1974.
- [2] Galić Z.: "Prilog efikasnom izravnjanju geodetskih mreža u objektno - orijentisanoj programskoj okolini baza podataka", doktorska disertacija, Sarajevo, 1991.
- [3] Kruse L.R.: "Data Structures and Program Design", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1987.
- [4] Wirth N.: "Programming in Modula - 2", Springer - Verlag, New York, 1983.