

NUMERIČKE PROCEDURE I ALGORITMI SIMULACIONOG MODELA SLIVA DRINE

Nenad GRUJOVIĆ
Mašinski fakultet u Kragujevcu
Dejan DIVAC
Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi"

REZIME

Pun značaj simulacionog modela u okviru hidroinformacionog sistema sliva Drine postiže se kroz fleksibilnost pri definisanju konfiguracija sistema koji se analiziraju i uz istovremenu slobodu u postavljanju parametara svakog od objekata koji sačinjavaju kompleksan model. Osnovni algoritamski slučajevi su postavljeni za sve forme podсистema koje se mogu pojaviti u proizvoljno definisanim konfiguracijama sistema. Kako je u opštem slučaju sistem nelinearan sa dosta diskontinualnih funkcionalnih zavisnosti, primenjena je inkrementalno-iterativna numerička šema za izračunavanja u vremenskom domenu. Da bi se prevazišla suviše kompleksna aktivnost na definisanju pojedinačnih pravila distribucije unutar sistema od strane korisnika simulacionog modela, razvijena je automatizovana logika distribucije uz poštovanje prioriteta pojedinačnih entiteta.

Ključne reči: simulacija, algoritmi, nelinearni sistemi

1. UVOD

Osnovni polaz za definisanje numeričkih algoritama i procedura simulacije predstavlja dekompozicija sistema. Suštinski dekompozicija sistem predstavlja funkcionalnu klasifikaciju sistema na podсистeme i objekte u sistemu, a u numeričkom smislu se radi o diskretizaciji u prostoru i vremenu. Rezultat ovakve diskretizacije su dve vrste entiteta: čvorovi i veze. Obe vrste entiteta, što nije slučaj u standardnim simulacionim šemama, imaju sopstvene matematičke definicije transformacije ulaza u izlaz tj. prenosne funkcije.

Svaka kombinacija entiteta predstavlja poseban algoritamski slučaj koji je definisan matematičkim

modelom. Tako na primer, veza korisnika navodnjavanja sa akumulacijom predstavlja različit algoritamski slučaj od veze korisnika navodnjavanja sa račvom. Ovakve kombinacije entiteta, uključujući i različite veze kojima su čvorovi povezani predstavljaju osnovne podсистeme na algoritamskom nivou.

Jasno je da opšti slučaj svih mogućih kombinacija aktivnih čvorova i veza ne može biti definisan kao strukturiran niz bilansnih jednačina. Da bi se formirao jednoznačan koncept uspostavljanja bilansnih relacija u proizvoljno definisanom simulacionom modelu (u okvirima podataka svrstanih u bazu podataka), mora se izvršiti identifikacija osnovnih podсистema i relacija koje odatle proističu, kako bi se omogućilo automatsko postavljanje sistema bilansnih relacija.

Oznake za predavljanje entiteta i veza koje se koriste u ovom radu su redukovane na opšti nivo najbitnijih entiteta i njihovih relacija u modelu. Napominjemo da u implementaciji modela postoji daleko veći broj različitih tipova čvorova i veza, a sam sistem je otvorene arhitekture za dalje dodavanje novih tipova entiteta. Tako na primer, oznaka "e" predstavlja elektranu, bilo da se radi o akumulacionoj elektrani, reverzibilnoj ili protočnoj. Jasno je da se tu radi o različitim matematičkim opisima ovih tipova objekata ali bez uticaja na generalna algoritamska rešenja zastupljena na nivou sistema.

Izlaganje treba sagledati kao algoritamski pristup za rešavanje svih mogućih kombinacija čvorova i veza koji se mogu javiti u realnom modelu. U softverskom rešenju svi modeli se svode i raščlanjuju na pojedinačne slučajeve koji su ovde opisani. U konkretnim slučajevima analize konfiguracija sistema proizilazi iz sadržaja baze podataka automatski, dok intervencije na parametrima koji opisuju prenosne funkcije elemenata

kao i njihovu aktivnost, odn. neaktivnost korisnik može zadavati interaktivno. Treba nagalsiti da se matematičke veze za ovako definisane sisteme generišu automatski, unutar programa, a da se na redosled izračunavanja u ovakvim diskretnim simulacionim modelima utiče zadavanjem lista prioriteta od strane korisnika.

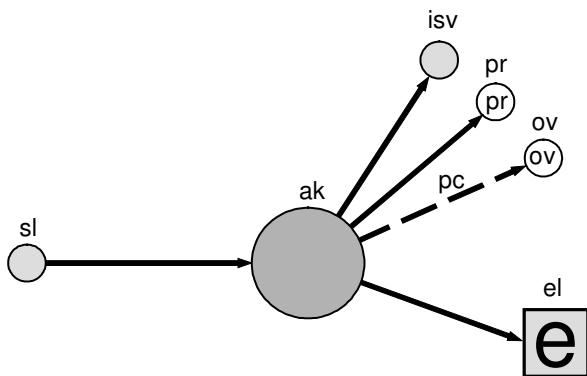
2. PODSISTEMI SIMULACIONOG MODELA

Sledi prikaz osnovnih podsistema koji su osnova za definisanje procedura opšteg karaktera, primenljive na najkompleksnije sisteme. Iz dispozicije kompleksnog sistema se svaki od tretiranih osnovnih oblika sistema se može izdvojiti kao podsistem spregnut sa ostalim podsistemima zadovoljavajući pri tome baze principe koji su definisani za bilo koji od podsistema.

2.1 Jednonamenska akumulacija i jednostruke veze

Osnovne pretpostavke su:

- Sistem se zasniva na jednoj akumulaciji (ak)
- U sistemu je jedan korisnik (čvor elektrana el)
- U sistemu je jedan dotok (čvor sliv sl)
- Model uključuje isparavanje (isv), procurivanje (veza pc prema čvoru odvodna vada ov), prelivanje na akumulaciji (pr)
- Sve veze između čvorova su jednostruke između akumulacije i ostalih čvorova modela



Slika 1. Jednonamenska akumulacija i jednostruke veze

Bilansna jednačina promene zapremine akumulacije ak je

$${}^{t+\Delta t}V = {}^tV + \Delta V \quad (1)$$

gde su:

tV zapremina akumulacije u trenutku (t) tj. na početku vremenskog koraka

${}^{t+\Delta t}V$ zapremina akumulacije u trenutku ($t + \Delta t$), na kraju vremenskog koraka (Δt)

$\Delta V = ({}^{t+\Delta t}Q_u - {}^{t+\Delta t}Q_i) \cdot \Delta t$ promena zapremine u koraku izračunata na osnovu ulaznog i izlaznog protoka ${}^{t+\Delta t}Q_u, {}^{t+\Delta t}Q_i$

Razlika zahtevanog protoka (potrebe korisnika) i isporučenog predstavlja deficit D u snabdevanju korisnika:

$${}^{t+\Delta t}D = {}^{t+\Delta t}P - {}^{t+\Delta t}I \quad (2)$$

${}^{t+\Delta t}P$ potrebe korisnika u vremenskom intervalu (Δt)

${}^{t+\Delta t}I$ isporuka korisniku u vremenskom intervalu (Δt)

Zapremine akumulacije se može definisati na bazi zahteva korisnika

$$\Delta V^P = ({}^{t+\Delta t}Q_u - {}^{t+\Delta t}isv - {}^{t+\Delta t}pc - {}^{t+\Delta t}P) \cdot \Delta t \quad (3)$$

kao i promena zapremine akumulacije po isporuci

$$\Delta V^I = ({}^{t+\Delta t}Q_u - {}^{t+\Delta t}isv - {}^{t+\Delta t}pc - {}^{t+\Delta t}I) \Delta t \quad (4)$$

gde su:

${}^{t+\Delta t}Q_u$ ukupan ulazni dotok u akumulaciju koji odgovara vremenskom intervalu (Δt)

${}^{t+\Delta t}Q_i$ ukupan izlazni protok iz akumulaciju koji odgovara vremenskom intervalu (Δt)

$${}^{t+\Delta t}Q_i = {}^{t+\Delta t}I + {}^{t+\Delta t}pr + {}^{t+\Delta t}isv + {}^{t+\Delta t}pc \quad (5)$$

${}^{t+\Delta t}pr$ je prelivanje iz akumulacije;

${}^{t+\Delta t}isv$ je isparavanje iz akumulacije i

${}^{t+\Delta t}pc$ je curenje (procedivanje; filtracija) iz akumulacije.

Granične vrednosti zapremine akumulacije

$$0 \leq {}^{t+\Delta t}V \leq V_{\max} \quad (6)$$

Donja granična vrednost zapremine kontrolisanog ispuštanja (zavisi od kote ispusta) je V_{\min} . Korisna (efektivna) zapremina akumulacije je

$$V_{ef} = V_{\max} - V_{\min} \quad (7)$$

Na osnovu bilansne jednačine i ograničenja zapremine akumulacije definišemo sledeće jednačine koje se izračunavaju po sledećem redosledu:

1. Isporuka vode korisniku (protok)

$${}^{t+\Delta t}I = \begin{cases} {}^{t+\Delta t}P & ; {}^tV + \Delta V^P \geq V_{\min} \\ \left[{}^tV + ({}^{t+\Delta t}Q_u - {}^{t+\Delta t}isv - {}^{t+\Delta t}pc) \Delta t \right] / \Delta t & ; {}^tV + \Delta V^P < V_{\min} \end{cases} \quad (8)$$

2. Prelivanje akumulacije

$${}^{t+\Delta t}pr = \begin{cases} 0 & ; {}^tV + \Delta V^I \leq V_{\max} \\ \left({}^tV + \Delta V^I - V_{\max} \right) / \Delta t & ; {}^tV + \Delta V^I > V_{\max} \end{cases} \quad (9)$$

Specijalan slučaj je situacija kada je ${}^{t+\Delta t}I = {}^{t+\Delta t}P$ i tada je $\Delta V^I = \Delta V^P$.

Na osnovu ispostavljenih zahteva korisnika i ostvarenih isporuka mogu se definisati parametri koji u vremenskom domenu problema pokazuju zadovoljavanje iskazanih potreba. Definišemo dva uobičajena parametra za ocenu obezbeđenosti snabdevanja korisnika.

Količinska obezbeđenost

$$\Omega_v(t) = \frac{\int_0^t \tau I d\tau}{\int_0^t \tau P d\tau} = \frac{\sum_1^{Nt} \tau I \Delta t}{\sum_1^{Nt} \tau P \Delta t} \quad (10)$$

gde je τ parametar vreme ($0 \leq \tau \leq t$, $d\tau \equiv dt$); u diskretnoj interpretaciji Nt je broj diskretnih vremenskih koraka koji odgovaraju konačnom vremenu t .

Vremenska obezbeđenost

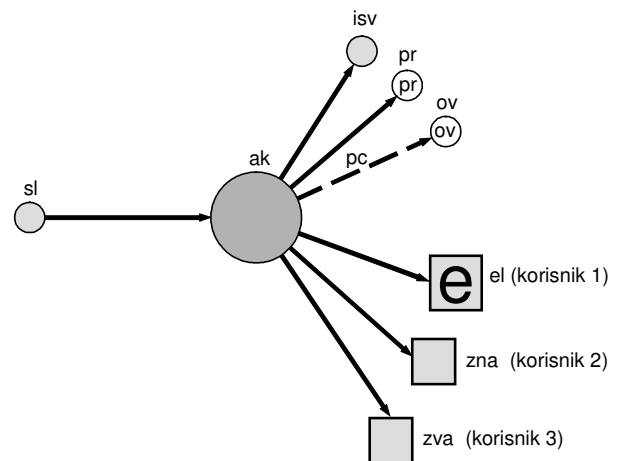
$$\Omega_t(t) = 1 - \frac{\int_0^t (d\tau)^D}{\int_0^t d\tau} = 1 - \frac{\sum_1^{Nt} (\Delta t)^D}{\sum_1^{Nt} \Delta t} \quad (11)$$

Gornji indeks D označava da se radi samo o vremenskim intervalima kada postoji deficit u snabdevanju.

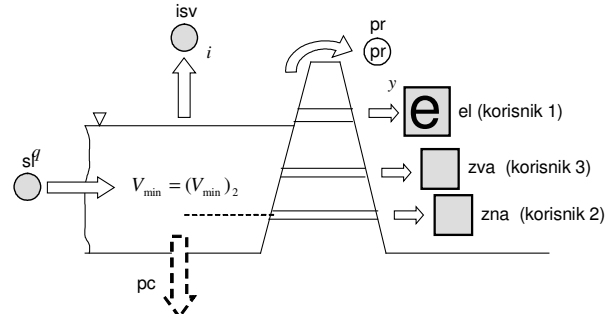
2.2 Višenamenska akumulacija i jednostruke veze

Model višenamenske akumulacije podrazumeva:

- više korisnika povezanih jednostrukim vezama sa akumulacijom
- isporuka korisnicima se obavlja na principu prioriteta, tj. jedan za drugim, ili
- isporuka korisnicima se obavlja na principu proporcionalnosti zahtevima



Slika 2. Višenamenska akumulacija



Slika 3. Višenamenska akumulacija (fizički model)

Ako sa j označimo indeks korisnika (ukupno n korisnika) onda su korigovani izrazi:

$${}^{t+\Delta t}Q_i = \sum_{j=1}^n {}^{t+\Delta t}I_j + {}^{t+\Delta t}pr + {}^{t+\Delta t}isv + {}^{t+\Delta t}pc \quad (12)$$

$${}^{t+\Delta t}D_j = {}^{t+\Delta t}P_j - {}^{t+\Delta t}I_j \quad (13)$$

$$\Delta V_j^P = ({}^{t+\Delta t}Q_u - {}^{t+\Delta t}i_{sv} - {}^{t+\Delta t}pc - \sum_{k=1}^{j-1} {}^{t+\Delta t}P_k - {}^{t+\Delta t}P_j)\Delta t \quad (14)$$

$$\Delta V_j^I = ({}^{t+\Delta t}Q_u - {}^{t+\Delta t}i_{sv} - {}^{t+\Delta t}pc - \sum_{k=1}^{j-1} {}^{t+\Delta t}I_k - {}^{t+\Delta t}I_j)\Delta t \quad (15)$$

$$V_{ef} = \max [V_{\max} - (V_{\min})_j] \quad , \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

$${}^{t+\Delta t}I_j = \begin{cases} {}^{t+\Delta t}P_j & ; {}^tV + \Delta V_j^P \geq (V_{\min})_j \\ \left[{}^tV + ({}^{t+\Delta t}Q_u - {}^{t+\Delta t}i_{sv} - {}^{t+\Delta t}pc - \sum_{k=1}^{j-1} {}^{t+\Delta t}I_k) \right] / \Delta t & ; {}^tV + \Delta V_j^P < (V_{\min})_j \end{cases} \quad (17)$$

Obezbeđenost korisnika:

$$\Omega_{V_j}(t) = \frac{\sum_1^{Nt} {}^\tau I_j \Delta t}{\sum_1^{Nt} {}^\tau P_j \Delta t} \quad (18)$$

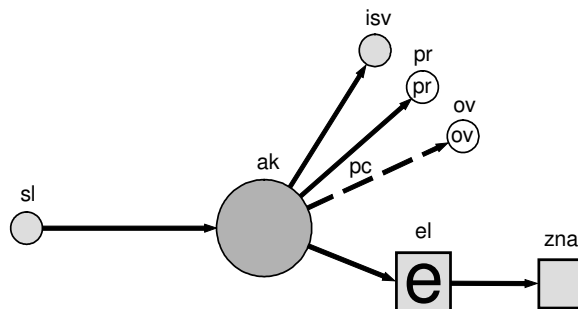
$$\Omega_{t_j}(t) = 1 - \frac{\sum_1^{Nt} (\Delta t)^{D_j}}{\sum_1^{Nt} \Delta t} \quad (19)$$

2.3 Složene (višestruke) veze

Pored prikazanih jednostrukih, tipovi višestrukih veza, koji se dobijaju kombinovanjem više jednostrukih veza, su:

- redna
- paralelna
- kombinovana

Redna veza. Na slici 4. je prikazan korisnik (zna) koji je povezan rednom vezom preko korisnika (el) sa akumulacijom (ak).

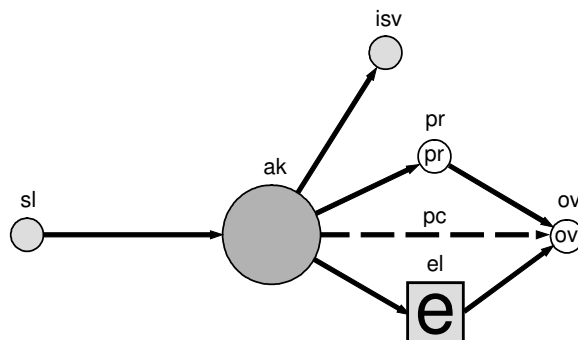


Slika 4. Višestruke veze: redna veza

Za ovaj slučaj algoritam - scenario je sledeći:

- * korisnik (zna) ispostavlja zahtev korisniku (el)
- * korisnik (el) ispostavlja akumulaciji (ak) sopstveni zahtev uvećan do vrednosti koju treba proslediti nizvodnom korisniku (zna). Ako je zahtev čvora (zna) manji od zahteva (el), onda je ukupan zahtev prema akumulaciji jednak zahtevu čvora (el).
- * ostvaruje se dotok (sl) u akumulaciju (ak)
- * akumulacija (ak) isparava (isv)
- * akumulacija (ak) procuruje (pc)
- * akumulacija (ak) isporučuje korisniku (el)
- * akumulacija (ak) preliva (pr) ako su se stekli uslovi
- * korisnik (el) isporučuje korisniku (zna)

Paralelna veza. Slučaj kada je korisnik (ov) vezom (pc) priključen na akumulaciju (ak) i paralelno, preko čvorova (el) i (pr) povezan na istu akumulaciju. Primetimo da se prenos vode iz preliva i procurivanjem vrši kao posledica prirodnih zakona, nevezano za zahteve čvora (ov) – slika 5.



Slika 5. Višestruke veze: paralelna veza

Sledeći postupak opisuje redosled algoritamskih koraka koji se primenjuju u ovom slučaju:

- * korisnik (ov) ispostavlja zahtev čvoru (el)
- * korisnik (el) ispostavlja zahtev akumulaciji (ak)
- * ostvaruje se dotok iz čvora (sl) u akumulaciju (ak)
- * akumulacija (ak) isparava (isv)
- * akumulacija (ak) procuruje (pc)
- * procurivanje (pc) dotiče korisniku (ov)
- * za slučaj kada je zahtev (ov) veći od sopstvenog zahteva (el), redukuje se ukupni zahtev (ov) za vrednost (pc), ispostavlja se elektrani (el) koja dalje ispostavlja zahtev akumulaciji (ak).
- * akumulacija (ak) isporučuje korisniku (el) zahtevano
- * čvor (el) isporučuje vodu korisniku (ov)
- * akumulacija (ak) preliiva (pr) ako su se stekli uslovi

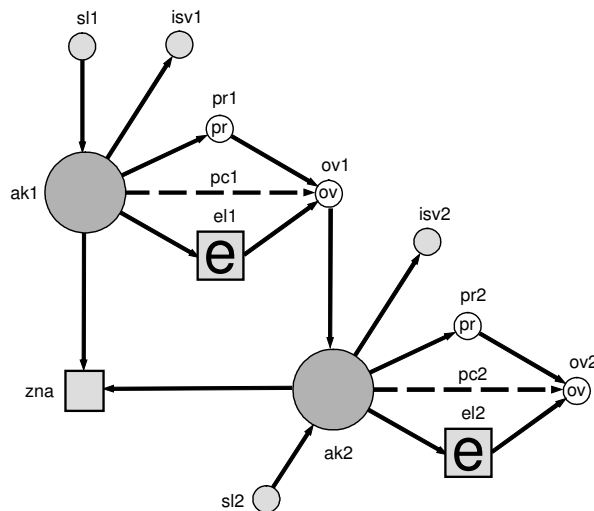
3. OPŠTI SISTEMI SIMULACIONOG MODELA

Sistem akumulacija sa proizvoljnim vezama predstavlja kombinaciju dva prethodno opisana osnovna slučaja. Simulacija složenih sistema kakav je ilustrovan ovim primerom podrazumeva svodenje sistema na elementarne podsisteme za koje su ranije pokazane jednačine koje ih opisuju. Postupak koji se primenjuje za svaki vremenski korak rešavanja se odvija kroz dva globalna koraka:

- ispostavljanje zahteva
- davanje isporuka

Svaka veza ima levi i desni kraj, odnosno svaka veza je vektor usmeren od levog prema desnom kraju veze (slika 6). Očigledno je da isporuke idu u smeru naznačenih vektora, a zahtevi idu u suprotnom smeru. U složenom sistemu neki članovi pored sopstvenih zahteva, zbog postojanja složenih veza, posreduju u prosleđivanju zahteva drugih članova. Sa druge strane, kod nekih članova je potrebno redukovati isporuku po osnovu već isporučenih količina. Ovde se radi o pravilnom tretiranju rednih i paralelnih veza u sistemu.

Faza zahteva. Pošto postoji potpuna proizvoljnost u konfigurisanju sistema, redukovanje sistema u fazi zahteva, tj. zamenjivanje članova sumom zahteva prema tom članu i njegovim sopstvenim zahtevom (vidi rednu vezu), počinje od krajnjih levih članova sistema.



Slika 6. Opšti sistem – sistem akumulacija

Određivanje najisturenijih levih članova sastavni je deo algoritma za određivanje hijerarhije sistema. U osnovi pomenutog algoritma je prebrojavanje levih i desnih veza svakoga od čvorova. Podrazumevajući da prvi nivo u globalnoj konfiguraciji čine svi članovi koji nemaju ni jednu desnu vezu (broj pojavljivanja na mestu levog kraja veze je nula), svaki sledeći nivo se dobija sukcesivno posle eliminacije članova prethodnog nivoa. U datom primeru članovi prvog nivoa su: (zna), (isv1), (isv2) i (ov2). Članovi drugog nivoa su: (el2) i (pr2). Treći nivo je (ak2). Četvrti nivo su: (sl2) i (ov1). Peti nivo predstavljaju (pr1), (el1); šesti nivo je (ak1). Najviši sedmi nivo je (sl1).

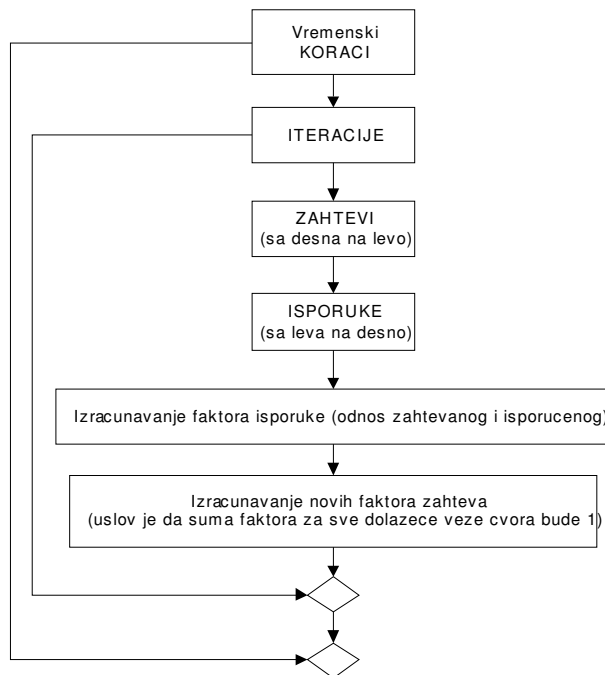
Faza isporuka. Kako je već rečeno proces isporuka ide sleva na desno, pa se u ovom slučaju hijerarhija uspostavlja od krajnjih levih članova na desno (nizvodno). Po analogiji za zahtevima kod isporuka, članovi prvog nivoa u hijerarhiji su oni koji nemaju nijednu levu vezu (ne nalaze se ni u jednoj vezi na desnom kraju), tj. imaju najisturenije desne pozicije. Pošto se eliminišu članovi prvog nivoa tako što se od njih izvrši isporuka prema utvrđenim pravilima, a veze prvog nivoa se deaktiviraju (ne uzimaju se u obzir nadalje), utvrđuju se članovi koji pripadaju drugom nivou hijerarhije. To su članovi koji u ovom, drugom, prolazu nemaju levih veza (veze sa članovima prvog nivoa su neaktivne - ne uzimaju se u obzir). Postupak se nastavlja sukcesivno do krajnjih desnih članova koji su članovi najvišeg nivoa u hijerarhiji isporuke.

Redne veze u sistemu. Opisani hijerarhijski pristup već sam po sebi podrazumeva redne veze što se uočava tokom postupka eliminacije po hijerarhiji. Tada se zahtevi/ispоруke članova hijerarhije uvećavaju za vrednosti prosleđene od članova sa jednog nivoa niže u hijerarhiji.

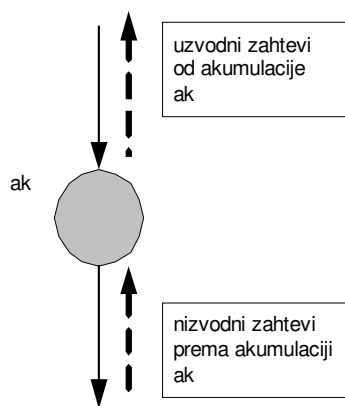
Paralelne veze u sistemu. Smisao upotrebe paralelnih veza u modelu leži, pre svega, u racionalnijoj isporuci članovima sistema. Pošto u fazi zahteva ne može biti poznato konačno stanje mogućnosti isporuke od čvorova sistema, onda, da bi se izbeglo multipliciranje zahteva, model podržava iterativno ispostavljanje zahteva spregnuto sa isporukama i to po redosledu koji odgovara prioritetima. To u našem primeru složenog sistema znači da korisnik (zna) umesto da istovremeno ispostavi zahtev akumulacijama (ak1) i (ak2), ispostavlja zahtev samo akumulaciji (ak2) (što se definiše kao njen prioritet u zahtevu), pa posle faze isporuka, ukoliko nije u potpunosti zadovoljen zahtev posmatranog čvora (zna), vrši se preraspodela zahteva za sledeću iteraciju i to tako da se od prioriternog isporučioaca (ak2) zahteva količina koju je u prethodnoj iteraciji isporučio, a od sledećeg isporučioaca se zahteva dopuna do punog zahteva čvora. Postojanje više grana u paralelnoj vezi zahteva višeprolazno određivanje zahteva i isporuka po opisanom postupku. Praktično se to postiže dodeljivanjem varijabilnih težinskih koeficijenata (vrednosti između 0 i 1) svakoj vezi - grani u paraleli. U datom primeru, u prvom prolazu (prvoj iteraciji) težinski koeficijent veze [(ak2),(zna)] je jednak 1, a koeficijent veze [(ak1),(zna)] je jednak 0. Dakle kompletan zahtev se prenosi akumulaciji (ak2) dok se od akumulacije (ak1) ne zahteva ništa. Sledi faza isporuka. Sledeća iteracija na osnovu ostvarene isporuke koriguje težinske koeficijente pridružene vezama. Treba primetiti da je zbir težinskih koeficijenata svih grana jedne paralelne veze uvek jednak 1. Opisani postupak se može sumirati sledećim blok dijagramom algoritma (slika 7).

Režimi zahteva na akumulacijama. Svi tokovi u simulacionom modelu se svrstavaju u dve osnovne grupe:

- Tokovi diktirani nizvodnim zahtevima (zahtevi korisnika)
- Tokovi generisani bezuslovno na osnovu hidrometroloških parametara (npr. tokovi iz slivova, prelive, procurivanje i sl.)



Slika 7. Inkrementalno-iterativni algoritam



Da bi se postigao što jednostavniji i stabilniji automatizovan postupak simulacije, usvojeno je da se u rednim vezama zahtevi propagiraju ka najvišim tačkama uzvodno. Ovaj koncept, ako se imaju u vidu korisnici, potpuno odgovara kada ja cilj maksimalna obezbeđenost korisnika. Ipak, pravila distribucije vodnih resursa mogu biti mnogo kompleksnije uslovljena, što se posebno odnosi na režime na akumulacijama u sistemu. Ovim modelom je predviđen parametar koji određuje modalitet zahteva čvora akumulacije prema uzvodnim rezervoarima. Podržani su sledeći slučajevi:

- akumulacija ima uzvodno zahtev jednak deficitu koji nastaje usled nizvodnih zahteva (slučaj kada akumulacija ne može da pokrije zahteve koji joj se ispostavlja)
- akumulacija generiše zahtev iz uslova da se održava konstatno njen nivo (svodi se na uravnotežen bilans na akumulaciji - ovo je režim rada račve)
- akumulacija generiše zahtev ka uzvodnim rezervoarima sa ciljem održavanja maksimalnog nivoa
- akumulacija ne ispostavlja zahtev uzvodno
- akumulacija kompletan nizvodni zahtev prenosi kao zahtev uzvodno

4. ZAKLJUČAK

Priroda problema koje je potrebno modelirati u okviru hidro sistema nije takva da se jednostavno može izvršiti identifikovanje nekog od standardnih simulacionih modela koji se primenjuju za kontinulane ili za diskretne sisteme. Upravo je teškoća u isprepletanosti prirode pojedinih objekata i procesa koji su predmet simulacije. Složenosti doprinosi i potreba za uključivanjem u simulacioni model i uticaja diskretnih događaja koji se generišu u sistemu kao što je npr. događaj vezan za odluku dispečera generisanu na osnovu logike distribucije vode u pojedinim delovima sistema.

Svi elementi razvijenog simulacionog modela projektovani su kao otvoreni za dalji razvoj ali i reinženjering, imajući u vidu ultra brzi razvoj računarskog hardvera i uporedo softverske tehnologije. Budući scenariji razvoja ovog sistema u pravcu optimizacije, simulacije u domenima ekologije ili regionalne pravne problematike samo su neki od niza željenih mogućnosti koje mogu ući u fokus, zavisno od subjekta odnosno korisnika u širem smislu.

LITERATURA

- [1] Divac D., Grujović N., Milovanović M., Nov simulacioni model za bilansnu analizu vodoprivrednih sistema – metodologija, softver i primena, Monografija Upravljanje vodnim resursima Srbije 99, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd, 1999.
- [2] Institut J. Černi i Mašinski fakultet Kragujevac: Hidro-informacioni sistem Drina, Simulacioni model – prva faza, softver i studija, Beograd, 2003.
- [3] Grujović N.: Metodi inkrementalnog rešavanja nelinearnih problema u proračunu konstrukcija, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 1989.
- [4] Bathe K.J.: Finite Element Procedures in Engineering Analysis, Prentice-Hall, Engliwood Cliffs, N.J.
- [5] Opricović S.: Optimizacija sistema, Građvinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1992.

NUMERICAL PROCEDURES AND ALGORITHMS OF THE DRINA SYSTEM SIMULATION MODEL

by

Nenad GRUJOVIĆ

Faculty of Mechanical Engineering, Kragujevac,

Dejan DIVAC

The Jaroslav Černi Institute for the Development of Water Resources

Summary

A strong point of this simulation model, being a part of the Drina Hydro Information System, lies in the flexibility of modeling and configuring the system to be assessed and the ease of parameter tuning for each entity belonging to the system. Basic algorithmic cases are studied for all possible elementary subsystems. An incremental/iterative numerical procedure was applied

to solve a generally nonlinear system. To avoid complex interactive user definition of transaction rules for each entity, an automatic water distribution logic module, based on the priority of the entity in the supply order, was developed.

Key words: simulation, algorithms, nonlinear methods.

Redigovano 18.05.2004.