

Brzaković, R., Marjanović, Z.

## PRIMENA SOFTVERA GPSS NA UPRAVLJANJE PROIZVODNOM

**Rezime:** Ovaj rad predstavlja pokušaj da se kroz konkretne primere ukaže na mogućnost upotrebe softvera GPSS u upravljanju proizvodnjom. Prvi primer se odnosi na praćenje finalnog proizvoda i detekciju škarta, a drugi na praćenje rada mašine i računanje stepana iskorišćenost. Primeri su realizovani kroz modeliranje realnog sistema i simulaciju u GPSS-u.

**Cljučne reči:** GPSS, simulacija, modeliranje, proces

## IMPLEMENTATION OF GPSS SOFTWARE IN PRODUCTION MANAGEMENT

**Abstract:** This paper represents an attempt of implementation GPSS software in production management by actual samples. The first example refers in a way of using GPSS software in a final production monitoring and garbage detection. The second one refers to monitoring of machine function and efficiency calculation. Illustrations are implemented by real system modelling and GPSS simulation.

**Key words:** GPSS, simulation, modelling, process

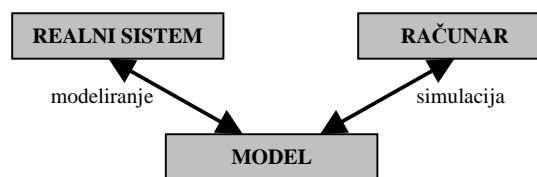
### 1. UVOD

Modeliranje izražava našu sposobnost da mislimo i zamišljamo, da koristimo simbole i jezike, da komuniciramo, da vršimo generalizacije na osnovu iskustva, da se suočavamo sa neočekivanim. Ono nam omogućava da uočavamo obrasce, da procenjujemo i predviđamo, da upravljamo procesima i objektima, da izložimo značenje i cilj. Upravo zato, modeliranje se najčešće posmatra kao najznačajnije konceptualno sredstvo koje čoveku stoji na raspolaganju.[1] U najširem smislu, modeliranje predstavlja isplativo korišćenje nečeg (modela) umesto nečeg drugog (realni sistem) sa ciljem da se dođe do određenog saznanja. Rezultat modeliranja je model. Model je uprošćena i idealizovana slika realnosti. On omogućava da se suočimo sa realnim svetom (sistemom) na pojednostavljen način, izbegavajući njegovu kompleksnost i ireverzibilnost, kao i sve opasnosti koje mogu prosteći iz eksperimenta nad samim realnim sistemom. Cilj modela je da uobličiti na vidljiv, često formalan način, ono što je suštinsko za razumevanje nekog aspekta njegove strukture ili ponašanja [2]. Pod simulacijom, računarski stručnjaci, organizatori, menadžeri ili statističari, podrazumevaju proces izgradnje apstraktnih modela za neke sisteme ili podsisteme realnog sveta i obavljanje većeg broja eksperimenata nad njima. Posebno nas interesuje slučaj kada se ti eksperimenti odvijaju na računaru -računarsko modeliranje i simulacija.

### 2. MODELIRANJE I SIMULACIJA

Savremeno modeliranje nezamislivo je bez računara. U modeliranju, računari se koriste u dva cilja: u razvoju modela i u izvođenju proračuna na osnovu stvorenog modela. Na taj način, modeliranje pomoću računara postaje disciplina kojom se mogu adekvatno i efikasno prikazivati složeni sistemi i oblikovati i ispitivati njihovo ponašanje.

Izraz modeliranje i simulacija izražava složenu aktivnost koja uključuje tri elementa: realni sistem, model i računar (slika 1).[2]

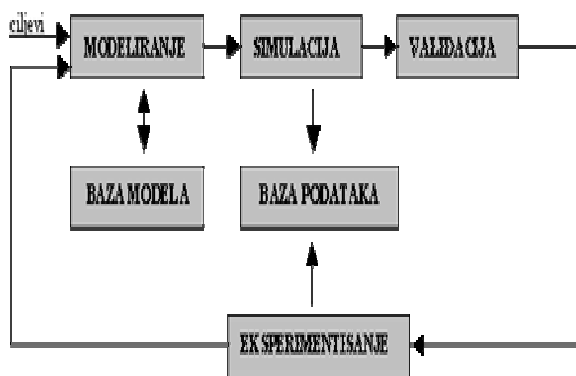


Slika 1. Relacije modeliranja i simulacije

Pod realnim sistemom podrazumevamo uređen, međuzavisan skup elemenata koji formiraju jedinstvenu celinu i deluju zajednički kako bi ostvarili zadati cilj ili funkciju, bez obzira da li se radi o prirodnom ili veštačkom sistemu, i takođe, bez obzira da li taj sistem u posmatranom trenutku postoji ili se njegovo postojanje planira u budućnosti. Model, kao i svaki realni sistem, ima svoje objekte koji se opisuju atributima ili promenljivim. On je apstraktni prikaz sistema i daje njegovu strukturu, njegove komponente i njihovo uzajamno delovanje. Računar kao treća komponenta ove aktivnosti, predstavlja uređaj sposoban za izvršenje instrukcija modela, koji na bazi ulaznih podataka generiše razvoj modela u vremenu.

Međutim, pored ovih elementa, pažnju treba usmeriti i na otkrivanje i definisanje relacija koje postoje između njih. Modeliranje je proces kojim se uspostavlja veza između realnog sistema i modela, dok je simulacija proces koji uspostavlja relaciju između modela i računara (slika 1).

Na slici 2 su prikazane aktivnosti procesa modeliranja i simulacije sa bazom modela kao centralnim objektom. Procesom modeliranja se upravlja na osnovu ciljeva koji se generišu van granica sistema. Svaki novi cilj inicira aktivnost sinteze modela. Pri sintezi modela se koristi raspoloživo znanje iz baze modela i baze podataka. Ove baze čuvaju i organizuju prikupljene podatke o realnom sistemu. Faze simulacije (eksperimentisanje sa modelom) i validacije slede fazu izgradnje modela.[2].



Slika 2. Proces modeliranja i simulacije

Relacija modeliranja odnosi se na validnost modela. Validnost ili valjanost modela opisuje koliko verno jedan model predstavlja simulirani sistem. Proces utvrđivanja stepena slaganja podataka o realnom sistemu sa podacima modela naziva se validacija modela. Proces validacije je veoma značajan, jer se na osnovu njega donose odluke o upotrebljivosti rezultata simulacije, izmeni modela, izmeni ulaznih promenljivih, daljem nastavku simulacije, ponavljanju simulacije, itd.

Relacija simulacije odnosi se na proveru da li simulacioni program verno prenosi model na računar kao i tačnost kojom računar izvršava instrukcije modela. Pre poređenja stvarnih podataka sa podacima koje generiše računar, mora se utvrditi tačnost, odnosno korektnost računara. Proces procene korektnosti simulatora naziva se verifikacija. Validacija vodi novom eksperimentisanju nad realnim sistemom i može da zahteva dodatne modifikacije ili čak odbacivanje i reinicijalizaciju prvobitnog modela. U tom procesu, kao rezultat nedostatka podataka u bazi znanja mogu se formulirati novi ili izmeniti postojeći ciljevi. Na kraju, kao rezultat javlja se jedan ili više modela koji vode ka ispunjenju eksternih ciljeva. Modeli se mogu memorisati u bazi modela i koristiti u nekoj narednoj fazi aktivnosti.

### 3. SIMULACIJA U JEZIKU GPSS

GPSS (General Purpose Simulation System) predstavlja interpreterski jezik za simulaciju diskretnih - stohastičkih sistema. Koristi se u slučajevima kada matematička ili statistička analiza nije moguća ili ne daje zadovoljavajuće rezultate. Prvu verziju ovog jezika GPSS-I razvio je Geoffrey Gordon još daleke 1961.god. za tadašnje računare IBM-704 i IBM-709. Od tada je GPSS pretrpeo mnoga poboljšanja tako da je sada u upotrebi poslednja verzija ovog jezika GPSS-V koju isporučuje IBM. Takođe postoje verzije drugih proizvođača softvera kao što su GPSS/66 (Honeywell Series 60 level 66) i GPSS/UCC (Univesity Computing Corporation's) kao i verzije drugih nezavisnih proizvođača softvera[3].

#### 3.1 Osobine GPSS jezika

GPSS je simulacioni sistem u kome se na jednostavan način pomoću naredbi ugrađenog jezika specificira struktura modela i vrši simulacija. Po završenoj simulaciji na raspolaganju su statistički pokazatelji o ponašanju modela u toku simulacije.

U toku simulacije, simulacioni sat (Clock) zadat standardnim numeričkim atributom C1, kao i većina standardnih numeričkih atributa uzimaju samo celobrojne (diskretne) vrednosti.

GPSS je jezik orjentisan na procese. Program u GPSS jeziku komponuje se kao skup opisa procesa u obliku delova programa koji specificiraju redosled aktivnosti i operacije koje se njihovim izvodenjem vrše nad atributima objekata modela.

Objekti modela mogu biti statički i dinamički. Jedini dinamički objekat u GPSS-u je transakcija. Program u GPSS-u sastoji se od niza statičkih objekata koji se nazivaju blokovi, kroz koje se u toku simulacije "kreću" transakcije. Statički entiteti mogu biti redovi, tabele, skladista, uređaji itd.

Transakcije generiše blok GENERATE. Kretanje transakcije kroz model predstavlja se pomoću odgovarajućih simbola blok dijagrama modela. Transakcija se kreće kroz model sve dok ne naiđe na blok koji nema uslova da je primi ili ne naiđe na blok TERMINATE koji uklanja transakciju iz modela. Ukoliko neki blok u modelu ne može da primi transakciju tada transakcija čeka da se ispuni uslov daljeg kretanja kroz model. Pri prolazu transakcije kroz jedan blok modela izvršavaju se odgovarajuće blok procedure koje menjaju pojedine attribute objekata i time utiču na okruženje modela.

#### 3.1.1 Vrste naredbi u GPSS-u

Naredbe simulacionog programa mogu da budu:

- Deklaracione naredbe,
- Blok naredbe i
- Kontrolne naredbe.

Deklaracionim naredbama programa definišu se atributi pojedinih permanentnih entiteta u programu. Blok naredbe čine osnovu modela sistema koji se simulira dok kontrolne naredbe služe za kontrolu izvršenja simulacije.

Trajanje simulacije može biti fiksno i određeno je tzv. tajmerom koji čini par GENERATE i TERMINATE naredbi ili ograničeno brojem transakcija koje su prošle kroz model što se kontroliše pogodnom upotrebom START i TERMINATE naredbi.

Blok naredbe programa služe za specificaciju modela koji se simulira. Model se sastoji od niza blok naredbi. Model se radi lakšeg razumevanja predstavlja u obliku blok dijagrama u kojem za svaki blok modela postoji određeni simbol. Blok naredba se izvršava kada transakcija prilikom kretanja kroz model naiđe na blok. Efekat izvršena blok naredbe na entitete modela zavisi od prirode specificirane naredbe. Kontrolne naredbe služe za kontrolu izvršenja simulacije kao i eventualni uticaj na statistiku o ponašanju entiteta u toku simulacije. To su naredbe SIMULATE, START, RESET i CLEAR.

### 4. REALIZOVANI PRIMERI SIMULACIJE

U ovom delu rada izložićemo primere za koje je uradjena simulacija, kao i rezultate i dobijene zaključke posle simulacije.

**Primer1.** Primenom simulacije u GPSS-u želeli smo da utvrdimo procenat škarta uz prvobitni zahtev da on ne sme biti veći od 6%. Ukoliko se utvrdi da je škart veći od 6% pristupa se merama za njegovo smanjenje.

Polazimo od podatak da mašina proizvodi deo svakih 10 minuta i da je vreme pregleda (kontrola kvaliteta)  $5 \pm 1$ . Simulira se proces pregleda 1000 delova, a za vremensku jedinicu se uzima 1 minut.

Odgovarajući GPSS program izgleda ovako:

```

SIMULATE VršI se simulacija
GENERATE 10 Mašina proizvodi delove svakih 10 vj.
  
```

ADVANCE 5,1 Kontrola kvaliteta 5±1 min.  
 TRANSFER .06,,ODB Kontrolori kvaliteta vrše kontrolu  
 TERMINATE 1 Ispravni delovi se uklanjaju iz modela  
 ODB TERMINATE 1 Odbačeni delovi se uklanjaju iz  
 modela  
 START 1000 Startovanje simulatora TB = 1000  
 END Fizički kraj simulacionog programa

Rezultati simulacije, za ovaj primer su :

Relative clock	10004	Absolute clock	10004
Block counts	Block Current	Total	
1	0	1000	
2	0	1000	
3	0	1000	
4	0	946	
5	0	54	

Simulacija je trajala 10004 v.j. odnosno 10004 minuta, što je razumljivo, jer proizvodnja svakog komada traje 10 minuta, odnosno 1000 komada 10000 minuta. Vreme pregleda varira od 4-6 minuta, a u našem slučaju generator slučajnih brojeva (GSB) je odredio da pregled poslednjeg komada traje 4 minuta, pa ukupno vreme simulacije iznosi 10004(10000 + 4) minuta. Za 4 minuta nije proizveden nijedan novi proizvod, što znači da je kroz blokove 1, 2 i 3 prošlo po 1000 proizvoda (transakcija), od čega 946 ispravnih, a 54 neispravna.

Ovakav odnos ispravnih i neispravnih proizvoda pokazuje da je procenat škartata dobijen simulacijom (5.4%) manji od polaznog zahteva od 6%. Pošto je procenat škartata u očekivanim granicama nema potrebe za naknadnim analizama uzroka povećanog škartata. Da je procenat škartata bio veći od očekivanog vršile bi se analize komponenti koje učestvuju u finalnom proizvodu, mašine (u istim uslovima simulacija bi bila urađena na drugoj mašini) i svih ostalih relevantnih faktora.

**Primer2.** Posmatramo rad jedne mašine za obradu. Dolasci delova za obradu su puasonovski sa srednjim vremenom između dolazaka od 150 s. Vreme obrade je eksponencijalno raspoređeno sa srednjom vrednošću od 120s. Kada deo dodje ukoliko je mašina zauzeta on staje u red. Ispitujemo karakteristike vezane za red i mašinu. Simuliramo vremenski period od 8 sati, a za vremensku jedinicu uzimamo 1 s.

Odgovarajući GPSS program izgleda ovako:

```
*
SIMULATE
*
EXPO FUNCTION RN3,C24 Eksponencijalna raspodela
0,0/.1,104/.2,222/.3,355/.4,509/.5,69/.6,915/.7,1.2/
.75,1.38/.8,1.6/.84,1.83/.88,2.12/.9,2.3/.92,2.52/.94,2.81/
.95,2.99/.96,3.2/0.97,3.5/0.98,3.9/0.99,4.6/0.995,5.3/
0.998,6.2/0.999,7/0.9998,8
*
GENERATE 150, FN$EXPO Dolazak dela
QUEUE 1 Deo pristupa redu
SEIZE 1 Deo ulazi u mašinu
DEPART 1 Deo napušta red
ADVANCE 120, FN$EXPO Trajanje obrade
RELEASE 1 Deo oslobađa mašinu
TERMINATE Deo napušta sistem
*
* SEGMENT TAJMERA
*
GENERATE 28800 Generisanje Tajmera
TERMINATE 1 Umanji TB za 1
START 1 Početak simulacije
END Kraj simulacije
```

Rezultati simulacije, za ovaj primer su :

Relative clock	28800	Absolute clock	28800
Block counts	Block Current	Total	
1	0	187	
2	8	187	
3	0	179	
4	0	179	
5	1	179	
6	0	178	
7	0	178	
8	0	1	
9	0	1	

Queue	Max. contents	Average contents	Total entries	Zero entries	Percent zeros	Average time/trans	Current contents
1	11	1.906	187	41	21.925	293.545	8

Facility	Average utilisation	Number entries	Average time/trans	Seizing transact.	Preempting transaction
1	0.789	179	127.607	1	0

U ovom slučaju je program napisan korišćenjem istog toka pseudoslučajnih brojeva RN3.

Na osnovu dobijenih rezultata uočavamo da je:

- Broj ulazaka u red =187
- Broj ulazaka u red bez zadržavanja=41
- Prosečni sadržaj reda=1.906
- Prosečno zadržavanje u redu=293.545

- Prosečna iskorišćenost mašine =0.789
- Broj ulazaka u mašinu =179
- Prosečno zadržavanje u mašini (obrada)=127.607

Dolasci delova i trajanje obrade su slučajne promenljive. Eksperimentisanje sa modelom najverovatnije će uključiti ispitivanje efekata promenljivog iznosa dolazaka, vremena obrade, ili oba. Ako su obe slučajne promenljive generisane korišćenjem istog toka pseudoslučajnih brojeva, tada će promena bilo koje od njih uneti promenu kod obe slučajne promenljive. Zbog toga što se isti tok slučajnih brojeva koristi za uzimanje dva tipa uzoraka, promena kod iznosa dolazaka ili kod vremena obrade uticaće na proces uzimanja uzoraka za obe slučajne promenljive. Ako ovaj primer uradimo uz potrebu dva toka nezavisnih pseudoslučajnih brojeva (na primer, RN3 i RN7) dobićemo verodostojnije rezultate. U tom slučaju, iznos dolazaka i vreme obrade mogu se menjati nezavisno jedno od drugog. Time se omogućava eksperimentisanje sa sistemom koji se modelira na adekvatniji način. U tom slučaju program bi izgledao ovako:

```
*
SIMULATE
*
EXPO1 FUNCTION RN3,C24 Eksponencijalna raspodela
0,0/.1,104/.2,222/.3,355/.4,509/.5,69/.6,915/.7,1.2/
.75,1.38/.8,1.6/.84,1.83/.88,2.12/.9,2.3/.92,2.52/.94,2.81/
.95,2.99/.96,3.2/0.97,3.5/0.98,3.9/0.99,4.6/0.995,5.3/
0.998,6.2/0.999,7/0.9998,8
*
EXPO2 FUNCTION RN7,C24 Eksponencijalna raspodela
0,0/.1,104/.2,222/.3,355/.4,509/.5,69/.6,915/.7,1.2/
.75,1.38/.8,1.6/.84,1.83/.88,2.12/.9,2.3/.92,2.52/.94,2.81/
.95,2.99/.96,3.2/0.97,3.5/0.98,3.9/0.99,4.6/0.995,5.3/
0.998,6.2/0.999,7/0.9998,8
*
GENERATE 150, FN$EXPO Dolazak dela
QUEUE 1 Deo pristupa redu
SEIZE 1 Deo ulazi u mašinu
```

```

DEPART 1 Deo napušta red
ADVANCE 120, FN$EXPO Trajanje obrade
RELEASE 1 Deo oslobađa mašinu
TERMINATE Deo napušta sistem
*
* SEGMENT TAJMERA
*
GENERATE 28800 Generisanje Tajmera
TERMINATE 1 Umanji TB za 1
START 1 Početak simulacije
END Kraj simulacije

```

Sa ovim promenama dobijamo sledeće rezultate simulacije:

Relative clock	28800	Absolute clock	28800
Block counts	Block Current	Total	
1	0	190	
2	0	190	
3	0	190	
4	0	190	
5	1	190	
6	0	189	
7	0	189	
8	0	1	
9	0	1	
Queue Max. Average contents	Total entries	Zero entries	Percent zeros
1	7	1.305	190
Facility utilisation	Average Number entries	Average time/tran	Seizing Preempting
1	0.764	190	116.095
			1
			0
			Average Current
			197.237
			0

Uporedjivanjem rezultata u oba slučaja mogu se uočiti znatne razlike, što ukazuje na značajnu statističku zavisnost kod uzimanja uzoraka u prvom slučaju.

## 5. ZAKLJUČAK

Potreba za simulacijom se može opisati na sledeći način:

- ✦ Eksperiment nad realnim sistemom je neizvodljiv, skup ili suviše složen.
- ✦ Stvaranje uslova pod kojima nastupa razaranje sistema.
- ✦ Sistem je suviše složen da bi se opisao analitički.
- ✦ Analitički model nema analitičko rešenje.
- ✦ Shvatanje funkcionisanja postojećeg sistema.

- ✦ Promena parametara modela.
- ✦ Faktor - vreme.
- ✦ Nema grešaka pri merenju.
- ✦ Moguće je zaustaviti odvijanje eksperimenta, kako bi se analizirale vrednosti stanja u tom trenutku[4]. Imajući u vidu rezultate dobijene kroz

realizovane primere, kao i zaključke i mere koje se na osnovu rezultata mogu doneti i primeniti očigledna je korist od primene navedenog softvera. Pored urađenih primera ovaj softver se može primeniti i na niz drugih sistema i situacija. **GPSS** između ostalog omogućava i rad sa memorijskim lokacijama, aritmetičkim izrazima, korisničkim redovima, kao i definisanje različitih funkcija, indirektno adresiranje, zadavanje parametara transakcijama, i drugo. U cilju numeričke obrade koju zahtevaju složeniji modeli, **GPSS** procesor omogućuje pristup raznim internim varijablama simulatora, atributima transakcija i permanentnih entiteta, koje zajednički nazivamo standardnim numeričkim atributima (SNA)[5].

## 6. LITERATURA

- [1] Radenković B., Stanojević M., Marković A.: *Računarska simulacija*, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 1999.
- [2] Janković A.: *Skripta iz predmeta Modeliranje i Analiza sistema*, Centar za interdisciplinarne i multidisciplinarne studije i istraživanja, Kragujevac, 2005.
- [3] Radenković B.: *Simulacija i simulacioni jezici-skripta*, FON, 1991.
- [4] Janković A.: *Modeliranje i Modeli*, Power Point prezentacija, Centar za interdisciplinarne i multidisciplinarne studije i istraživanja, Kragujevac, 2005.
- [5] [http://www.simlab.fon.bg.ac.yu/Download/Simulacija\\_u\\_poslovnomodlucivanju/Knjiga/knjiga.zip](http://www.simlab.fon.bg.ac.yu/Download/Simulacija_u_poslovnomodlucivanju/Knjiga/knjiga.zip)
- [6] Aburdene, M. F.: *Computer Simulation of Dynamic Systems*, Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa, 1988
- [7] Altman, D. : *Osnovi teorije diskretnog modeliranja i simulacije*, Marketing Iskra Delta, 1982

**Autori:** **dipl. Ing. Brzaković Radomir**, Zastava automobili – PJ Informacioni sistemi, Kragujevac, **dipl. Ing. Marjanović Zoran**, Zastava automobili – DRA Istraživačko-razvojni centar, Trg Topolivaca 4, Kragujevac  
E-mail: [brzijax@yahoo.com](mailto:brzijax@yahoo.com)