

Dr. MLADEN BEGOVIĆ  
INA - Naftaplin  
Zagreb, Šubićeva 29  
Dr. SLAVKO ŠARIĆ  
Fakultet prometnih znanosti  
Zagreb, Vukelićeva 4

Prometna tehnika  
Stručni rad  
UDK:656 : 519.6  
Primljeno: 24.09.1991.  
Prihvaćeno: 18.11.1991.

## SUSTAVSKI PRISTUP MODELIRANJU S POMOĆU PODVORBENIH MODELA

### SAŽETAK

*U radu je prikazan sustavski pristup analizi prometnih sustava s pomoću modela. Razrađeni pristup primijenjen je na analizu s pomoću podvorbenih modela ili sustava koji se vrlo često koriste kao jedini mogući za proučavanje, projektiranje i održavanje prometnih procesa na svim razinama.*

### 1. UVOD

Podvorbeni sustavi (queueing systems, Warteschlange Systeme, sustavi masovnoga usluživanja) najpogodniji su modeli za proučavanje prometnih značajki prometnih sustava. Modeliranje je postupak kojim se stvarni događaji prikazuju na apstraktan način radi proučavanja odvijanja stvarnih procesa u promjenljivom stvarnom okolišu. Kako se u prometnim sustavima radi o vrlo velikim i skupim operacijama, proučavanje stvarnih situacija eksperimentiranjem u duljem razdoblju nije ekonomski opravdano. Model, međutim, omogućuje ekonomski djelotvorno proučavanje stvarnih situacija, jer se svi parametri mogu mijenjati u vrlo širokim granicama. Ovaj pristup, dakako, nosi sa sobom netočnosti i opasnosti na koje želimo upozoriti u ovom radu. On se mora primjenjivati u koracima koji moraju imati logičan redoslijed i koji moraju obuhvatiti svu problematiku. Najprije ćemo opisati sustavni pristup općenito, a zatim ga primijeniti na slučajeve uporabe podvorbenih sustava (PS) ili modela posebno.

### 2. SUSTAVSKI PRISTUP ANALIZI S POMOĆU MODELA

Sustav je najopćenitija struktura koja se može uočiti na objektu promatranja. Sustavski pristup mora biti onaj koji uzima u obzir sve činjenice i gledišta, zbog čega se mora primjenjivati po redoslijedu akcija ili

koraka. Ovih koraka može biti više ili manje od dalje opisanih, ali ukupni postupak mora obuhvatiti sve što oni sadrže. Ovdje ćemo prikazati sustavski pristup s pomoću redoslijeda od deset koraka:

a) *Identifikacija sustava:* Sustav koji proučavamo i želimo modelirati moramo identificirati, tj. definirati. Isto tako, treba definirati model koji želimo primijeniti na stvarni sustav.

b) *Formuliranje zadaće:* Ovaj korak se može opisati s pomoću pojma "crne kutije" koja ima na ulazu početno a na izlazu konačno stanje. Transformacija stanja obavlja se unutar "crne kutije". Zadaća modela se formulira kao razlika između početnog i konačnog stanja. Ona se mora formulirati što obuhvatnije, a jedini ograničujući čimbenici su ekonomski i organizacijski. Formulacija problema mora sadržavati kratki i općeniti opis značajki problema, ne smije imati previše detalja ili ograničenja, a mora se usredotočiti na ulazno stanje, izlazno stanje, glavne kriterije, predvidivi obujam aktivnosti i vremensku granicu unutar koje treba riješiti problem. Besmisleno je, naime, trošiti vrijeme i novac na usavršavanje modela koji treba, na kraju, ukloniti. Ovakva stupica uvijek postoji kada je analitičar preokupiran *postojećim* rješenjem. On, naime, mora gledati iznad postojećeg rješenja, tradicije i iskustva drugih da bi mogao biti samostalan i slobodan.

c) *Analiza zadaće:* Ona se, nakon formuliranja, kako je to opisano u prethodnom koraku, iscrpljuje u relativno detaljnom opisu značajki zadaće, uključujući ograničenja. U ovom koraku analize mnogo vremena treba utrošiti na prikupljanje činjenica koje će nam omogućiti određivanje stvarnih ograničenja i kriterija za izbor jednog od više rješenja na kraju postupka modeliranja. U procesu prikupljanja činjenica najprije se suočavamo s postojećim rješenjem, što predstavlja stanovitu opasnost za sljedeće korake, jer nikako ne smijemo dopustiti da ono stvori u nama bilo kakav oblik pristranosti. Preveliki utjecaj postojećeg rješenja obično se vidi u tomu što je predloženo rješenje samo malena modifikacija postojećeg. Naš način razmišljanja, dakle, mora biti što slobodniji od utjecaja postojećeg rješenja. Ista opasnost prijeti pri projektiranju novoga sustava.



d) *Ukazivanje na sva moguća rješenja:* Na temelju detaljne analize problema moguće je formulirati više mogućih rješenja. Može se reći da ukupni uspjeh ovisi o uspješnosti kojom se stvara što više vrijednih i različitih mogućih rješenja. Valja, dakle, uložiti sve napore da se što više poboljša kreativnost i izbjegne utjecaj predznanja od postojećih rješenja. Stručnjaci za sustavni pristup često vole davati savjete kako poboljšati kreativnost. Evo nekoliko takvih savjeta:

1. Budite spremni podnijeti zahtijevani napor.
2. Ne treba prerano biti opterećen detaljima.
3. Treba često i mnogo pitati stručnjake za različite vrste područja.
4. Treba tražiti što više mogućih rješenja.
5. Treba izbjegavati konzervativizam.
6. Treba paziti da se ideje ne odbacuju prerano.
7. Isto tako treba paziti da se one ne prihvate prerano.
8. Treba tražiti inspiraciju ili ideju u analognim slučajevima.
9. Razgovor s drugima uvijek pomaže.
10. Treba nastojati vlastiti način razmišljanja odvratiti od postojećih rješenja.
11. Ekipni rad može u mnogo slučajeva pomoći povećanju kreativnosti.

Budući da se rješenje mora ostvariti, prednost imaju jednostavnija rješenja.

e) *Gradnja modela:* Nakon prikupljanja svih mogućih rješenja potrebno je odabrati najbolje. U slučaju podvorbenih sustava za svako se rješenje izrađuje model, a zatim se svi ovi modeli uspoređuju s obzirom na izvedbu (performance). Ovdje treba primijetiti da rezultati koje dobivamo proučavanjem modela, ma kako on bio dobar, ipak su rezultati modela a ne stvarnosti. Konačni kriterij valjanosti modela je samo usporedba sa stvarnošću.

Na ovom mjestu je uputno reći nešto općenito o modelima. Za primjenu na podvorbene modele važne su sljedeće tri klasifikacije modela:

Prva klasifikacija:

1. *Ikonički modeli:* Stvarni izgled sustava ostaje sačuvan, ali dimenzijski promijenjen. Primjer: Model parkirališta izgrađen na stolu.

2. *Analogni modeli:* Jedno svojstvo se zamjenjuje drugim. Primjer: električke, mehaničke i hidrauličke analogije.

3. *Simbolički ili matematički modeli:* To su apstraktne predodžbe stvarnih sustava. U primjeni podvorbenih modela na stvarne situacije najviše se koriste matematički modeli.

Druga klasifikacija:

1. *Simulacijski modeli:* Simulacijski model je nadomjesna predodžba fizičkog sustava. Značajke ovih modela mogu se ukratko opisati ovako: Simulacija je korisna kada se problem ne može riješiti matematički ili kada je taj put vrlo težak. Simulacija je korisna kada treba upravljačkom tijelu većeg sustava demonstrirati rezultate preinaka. Simulacija omogućuje potpunu kontrolu vremena, tj. promatranu pojavu ona može "ubrzati" ili "usporiti". Jedan simulacijski model može dati informaciju koja se inače može dobiti samo od više analitičkih. Simulacija se može koristiti kao sredstvo za opravdanje analitičkih rješenja. Simulacija može biti jedina mogućnost za eksperimentiranje sustavom, ako je on takav da je eksperimentiranje i promatranje na njemu u stvarnosti praktički neostvarivo.

2. *Heuristički modeli:* Za njihovu gradnju koriste se pravila ili postupci dobiveni samo intuicijom na temelju predznanja. Ovi modeli ne jamče optimalna rješenja, ali se mogu ugraditi u druge modele (npr. simulacijske) kojima je cilj traženje optimuma.

Treća klasifikacija:

1. *Opisni modeli:* Koriste se za opis ponašanja stvarnih sustava. Podvorbeni modeli su opisni.

2. *Propisni modeli:* Koriste se za propisivanje smjera djelovanja koji je u nekom smislu optimalan. Primjeri ovakvih modela su linearno i nelinearno programiranje. Obično se opisni podvorbeni modeli koriste kao ulaz za propisne modele.

Često u analizi zamršenih podvorbenih situacija treba kombinirati više modela. Općenito pri gradnji modela treba zadovoljiti nekoliko međusobno protivnih zahtjeva poput ovih:

- a) model mora, što je moguće više, biti sličan stvarnom sustavu,
- b) baratanje modelom (formulacija, opis, rješavanje) mora biti što jednostavnije,
- c) troškovi dobivanja rješenja modela moraju biti što manji,



d) u modelu moraju biti što je moguće jasniji odnosi.

III Ako, primjerice, model posjeduje visoki stupanj realnosti, postupak rješavanja će vjerojatno biti vrlo težak. Ako je, pak, model lako matematički rješiv, vjerojatno će vrlo malo biti stvaran. Prednost uvijek treba davati jednostavnijem modelu. Oni se najviše koriste na početku analize sustava kada se traže opće zakonitosti. Pritom valja imati na umu da se često promatrani sustav sastoji od nekoliko podsustava koji su međusobno povezani i zato nisu neovisni. Sustav, stoga, ne smijemo optimirati tako da optimiramo njegove podsustave odvojeno, jer trebamo optimum sustava kao cjeline. To se zove sustavski pristup. Često je, međutim, sustav vrlo zamršen, tako da nema drugog izlaza nego optimirati podsustave zasebno i s pomoću jednostavnih modela. Takav pristup se naziva komponentskim.

f) *Rješavanje modela:* Način rješavanja modela ovisi o vrsti modela. Primjerice, niz simulacija, matematičko, analitičko ili numeričko rješenje itd. Uvijek treba imati na umu da rješenje modela nije ujedno i rješenje stvarnog sustava koji modeliramo. Isto vrijedi i za optimum.

g) *Ispitivanje i provjera modela:* Za svaki poticaj (uzbuda) uvijek postoji razlika između odziva modela i odziva stvarnog sustava. Odlučujuće pitanje je sljedeće: "Da li je razlika između spomenutih odziva značajna?". Odgovor dakako ovisi o načinu kako se odlučuje što jest a što nije značajno. Općenito možemo reći da nas u svim slučajevima zadovoljava pothvatni pristup provjeri valjanosti modela (operational approach). On se sastoji u tomu da se izlazi modela i stvarnog sustava uspoređuju uz isti ulaz. Model ćemo prihvatiti ako razlika između odziva sustava i odziva modela nije veća od one koja potječe od slučajnih kolebanja. Ako stvarni sustav ne postoji nego ga tek projektiramo, uspoređivat ćemo izlaze dvaju različitih modela sustava. Budući da rješavamo model a ne problem, odlučujuće je da model bude razumna predodžba stvarnog sustava.

Nakon što smo se uvjerali da je model valjana predodžba sustava, potrebno ga je ispitati. Pritom posebno imamo na umu osjetljivost modela na kolebanja iznosa parametara sustava koji modeliramo. Posebno nas zanima da model bude neosjetljiv ili robustan, i to zbog sljedeća dva razloga:

1) Možda su vrijednosti parametara netočno izračunane: ako je model neosjetljiv, ovakve greške nas neće brinuti i vrijednosti parametara možemo odrediti s vrlo malo troška.

2) Vrijednosti parametara mogu se promijeniti u budućnosti: ako je model neosjetljiv, neće trebati mijenjati rješenje problema svaki put kada se mijenjaju vrijednosti parametara.

h) *Opis rješenja:* Nakon provjere svih modela potrebno je izabrati najbolje rješenje. Odluku o izboru ne mora uvijek donijeti onaj koji je obavio analizu, ali zato analitičar mora znati opisati i predočiti nekoliko rješenja tako da se odluka lakše donese. Različita rješenja treba ocjenjivati s obzirom na veličinu otpora na koje nailaze prigodom ostvarivanja. Nikakva korisna svrha se ne postiže ako se opisuje rješenje koje se uopće ne može ostvariti.

i) *Ostvarenje rješenja:* Za mnoge analitičare i one koji donose odluke o rješenjima problema posao se završava izborom, što je neprihvatljivo. Postoje, naime, mnoge izvrsne analize koje nikad nisu završile ostvarenjem rješenja. Često se dešava da se studije rade za neku instituciju koja ne jamči da će se rješenje ostvariti. Ova praksa ide čak dotle da analitičari uopće ne smatraju da moraju biti angažirani u ostvarivanju rješenja koje su prikazali i obrazložili. Katkada se dešava da se rješenje ne ostvaruje zbog toga jer je loše objašnjeno onima koji ga moraju ostvariti. Još jedan uzrok neostvarenju rješenja može biti velika zauzetost analitičara koji imaju mnogo posla pa se svi zainteresirani zadovoljavaju time da on izrađuje studije, ali da ne brine o ostvarivanju rješenja. U svakom slučaju treba imati pred očima činjenicu da neostvoreno rješenje nije nikakvo rješenje!

j) *Nadzor izvedenog rješenja:* Sustav izgrađen prema modelu, koji je rezultat analize, mora se nadzirati za vrijeme vijeka trajanja, jer će se samo na takav način pravodobno uočiti promjene ulaznih parametara. Pritom valja voditi računa o tomu da svaki sustav treba neko vrijeme za stabilizaciju.

### 3. SUSTAVSKI PRISTUP ANALIZI S POMOĆU PODVORBENIH MODELA

U prethodnom odjeljku smo govorili općenito o analizi s pomoću modela, a sada ćemo to primijeniti na analizu s pomoću podvorbena modela ili sustava koji se mnogo koriste kao jedini mogući za proučavanje, projektiranje i održavanje prometnih procesa na svim razinama.

*Identifikacija modela* počinje definicijom: "Podvorbena sustav je kolekcija radnji i događaja povezanih s omogućivanjem posluživanja dolazećega korisnika". Izrazi: "korisnik", "poslužitelj" i "poslužiteljsko mjesto" mogu imati vrlo različita opća značenja. Korisnik i poslužitelj mogu biti osoba, roba, stroj, uređaj, knjiga, zahtjev, komunikacijski kanal, količina informacije, kvar itd. Može se reći da je korisnik ono (stvar ili živo biće) što zahtijeva pažnju poslužitelja, a poslužitelj je onaj koji (ili "što") zadovoljava zahtjeve korisnika. Poslužiteljsko mjesto je sučelje između korisnika i poslužitelja. U teoriji



podvorbenih sustava (TPS) barata se izrazima "korisnik", "poslužitelj", "poslužiteljsko mjesto" i "rep" imajući na umu da mogu imati različita fizikalna značenja. Prvi korak u modeliranju s pomoću podvorbenih modela jest uočavanje u stvarnom sustavu onih dijelova koji se mogu nazvati korisnikom, poslužiteljem, poslužiteljskim mjestom i repom. To je značenje pojma identifikacija modela.

*Formuliranje zadaće* je neposredno povezano s prethodnim korakom. Prisetimo li se pojma "crne kutije" iz drugog odjeljka, možemo svaki podvorbeni model nazvati "crnom kutijom", a početno stanje opisati kao stanja dolazećeg i odlazećeg korisnika. Zadaću treba formulirati u što širem kontekstu, ali tako da se nikad ne zaboravi mogućnost ostvarenja konačnog rješenja. Obično se misli da modeliranje s podvorbenim modelima treba primijeniti samo ondje gdje se pojavljuju repovi i čekanja. Često se, međutim, pojavljuju situacije kada odsutnost repova može biti glavni problem. Uvijek, naime, treba tražiti najpovoljniju ravnotežu između mirovanja poslužitelja i mirovanja korisnika, a konačni kriterij je ekonomičnost.

*Analiza zadaće* pri modeliranju s pomoću podvorbenih modela počinje skupljanjem činjenica o četiri glavna obilježja podvorbenog sustava (PS), a to su: dolazna populacija, poslužiteljska populacija, pravilo ulaska u rep i pravilo izlaska iz repa.

Dolazna populacija: Može biti beskonačna, kada na vjerojatnost dolaska korisnika na posluživanje ne utječe mnogo broj korisnika koji se već nalazi unutar podvorbenog sustava, ili konačna u protivnom slučaju. U oba slučaja treba pronaći razdiobu međudolaznih vremena, tj. vremenskih razmaka između dva susljedna dolaska. Budući da se u najvećem broju slučajeva radi o vjerojatnosnim pojavama, traži se razdioba u obliku funkcije gustoće ili funkcije razdiobe. Ova razdioba može biti diskretna, kontinuirana, promjenljiva u vremenu itd. Zatim je potrebno znati jesu li svi korisnici međusobno jednaki, a ako nisu, po čemu se razlikuju (npr. po razdiobi međudolaznih vremena, po trajanju posluživanja, po prednostima itd.) Nakon toga treba odrediti jesu li dolasci pojedinačni ili skupni. Ako su skupni, treba odrediti je li broj skupina nepromjenljiv ili ovisi, recimo, o broju raspoloživih poslužitelja ili o broju korisnika koji se već nalaze u sustavu. Također se mora znati je li broj korisnika u skupini konstantan ili slučajan.

Poslužiteljska populacija: Ovdje se radi o broju poslužitelja i uredjenju njihova rada. Broj može biti konačan ili beskonačan. Više poslužitelja može biti poredano paralelno ili serijski. Postoje sljedeće mogućnosti:

- \* Broj poslužitelja je nepromjenljiv ili se može mijenjati u ovisnosti o broju korisnika u sustavu.

- \* Broj poslužitelja može biti neslučajan ili slučajan.
- \* Poslužitelji mogu biti međusobno jednaki ili nejednaki.
- \* Ne moraju uvijek svi korisnici imati istu razdiobu posluživanja.
- \* Ne moraju uvijek svi poslužitelji imati istu razdiobu posluživanja za jednog korisnika.
- \* Razdioba posluživanja se ne mora podudarati niti s jednom od poznatih razdioba (tj. može biti tzv. "opća").
- \* Razdioba posluživanja može biti stacionarna ili nestacionarna.

Pravilo ulaska u rep: Ono govori o načinu na koji korisnici ulaze u rep i kako se ponašaju za boravka u repu. Pritom postoje razne mogućnosti:

- \* Neki korisnici odbijaju ući u rep zbog duljine repa.
- \* Korisnici formiraju zajednički rep iz kojega odlaze poslužiteljima, ili pred svakim stvaraju posebni.
- \* Korisnici prelaze iz repa u rep.
- \* Korisnici odustaju od čekanja, tj. uđu u rep i iziđu prije nego podu poslužitelju.
- \* Odustajanje od čekanja može biti deterministička ili slučajna pojava.
- \* Broj korisnika u sustavu je ograničen u ovisnosti o broju poslužitelja.

Pravilo izlaska iz repa: Ono govori o načinu na koji korisnici izlaze iz repa i započinju posluživanje u poslužiteljskom mjestu. I tu postoji više mogućnosti:

- \* Korisnici odlaze u poslužiteljsko mjesto pojedinačno ili skupno.
- \* Ako je posluživanje skupno, broj korisnika u skupini može biti neslučajan ili slučajan, a može ovisiti o broju korisnika u sustavu.
- \* Način izlaženja korisnika iz repa može biti FIFO/FCFS/, LIFO/LCFS, SIRO, SPT (shortest processing time), GD (general discipline), prema razinama prednosti, itd. Ovo su sve međunarodne kratice odgovarajućih engleskih izraza.
- \* Prednosno posluživanje može biti s prekidima posluživanja korisnika iz niže prednosne razine zbog dolaska korisnika iz više prednosne razine, s tim da se nakon prekida posluživanje može nastaviti ili ponoviti (od početka ili od trenutka prekida).



- \* Broj prednosnih razina može biti malen, velik ili beskonačan.

Iz toga se vidi da postoji praktički bezbroj tipova podvorbenih sustava i isto toliko podvorbenih modela. Oni se označuju na način koji je predložio Kendall (1953), a koji (uz brojne modifikacije) izgleda ovako:

A (D/E/F)/B/C

Slova su oznake za sljedeće veličine:

- A - razdioba međudolaznih vremena
- B - razdioba trajanja posluživanja
- C - broj paralelnih poslužitelja
- D - pravilo ulaska u rep
- E - izmjere čekaonice
- F - pravilo izlaska iz repa

Skupni dolasci i skupno posluživanje obično se označuju gornjim indeksima.

Budući da se područje primjene podvorbenih sustava i modela vrlo brzo širi, neprekidno se pojavljuju novi modeli, tako da su ovi nabrojani već sada samo skup osnovnih klasičnih modela.

*Ukazivanje na sva moguća rješenja* znači smjestiti u prije spomenutu "crnu kutiju" različite sadržaje kojih, kao što smo upravo vidjeli, može biti vrlo mnogo. Osim toga, na mogućnost stvaranja što više rješenja utječu upravljanje procesom dolazaka i smanjivanje trajanja posluživanja.

*Gradnja modela* prema ranije opisanim vrstama klasifikacija kreće se između sljedećih mogućnosti:

- \* Matematički modeli
- \* Simulacijski modeli
- \* Opisni modeli
- \* Propisni modeli

U analizi zamršenih PS često treba kombinirati nekoliko modela. Prednost valja uvijek davati jednostavnijim modelima, i to uglavnom na početku modeliranja. Jednostavni PS, koji se nalaze pobrojani u svakoj boljoj knjizi o TPS, ne služe zato da ih se izravno primijeni na rješavanje stvarnih sustava, nego pristup mora biti postupan: najprije analiza postojećega stvarnog sustava, nakon toga identifikacija problema, a na kraju izgradnja modela kojim će se riješiti problem. Gradnja modela možda će značiti uporabu kojeg od osnovnih, ali se on mora izabrati na temelju značajki problema a ne obrnuto.

*Rješavanje modela* je pri modeliranju s pomoću podvorbenih modela obično najjednostavniji korak, jer se možemo služiti standardnim rješenjima ili standardnim matematičkim aparatom. To ne znači da samo matematičko rješenje isto mora biti jednostavno!

*Ispitivanje i provjera modela* obavlja se usporedbom sa stvarnim sustavom. Budući da se ovdje uglavnom radi o slučajnim procesima, ili, točnije, točkastim procjenama slučajnih procesa, jedine metode usporedbe su one koje nudi statistička analiza.

*Opis rješenja mora* biti takav da odluku može donijeti i netko tko nije upoznat s detaljima analize PS.

*Ostvarenje rješenja* je cilj modeliranja. Analitičari-stručnjaci za TPS često nisu ondje gdje se rezultati njihovog rada trebaju ostvariti. Oni, stoga, moraju paziti na način objašnjenja rješenja svim zainteresiranima. Ovdje veliku ulogu može imati računalo opremljeno grafičkim aplikacijama. Podsjećamo i ovdje na temeljno pravilo: "Neostvareno rješenje nije nikakvo rješenje"!

*Nadzor izvedenog sustava* koji je izgrađen modeliranjem podvorbenih situacija s pomoću podvorbenih modela nužan je zbog uočavanja promjena bitnih parametara. Potrebno je, primjerice, na vrijeme uočiti promjenu brzine dolazaka ili brzine posluživanja da bi se rješenje moglo modificirati tako da i dalje služi za procjenu kvalitete stvarnog sustava.

#### 4. ZAKLJUČAK

Sustavski pristup je najprikladniji način rješavanja prometnih sustava. Prometni procesi u prometnim sustavima najuspješnije se mogu modelirati s pomoću podvorbenih modela. Pritom se proces modeliranja odvija u deset opisanih koraka. Konačna verifikacija modela obavlja se usporedbom s mjernim rezultatima na stvarnom sustavu. Vrijednost modela se povećava ako se cijeli opisani postupak shvati kao jedan korak u iteracijskom procesu smanjivanja razlika između rezultata modela i mjerenja na stvarnom sustavu. Automatizam pojedinih dijelova postupka nužno treba prenijeti na računalo putem standardnih softwareskih paketa.

#### SUMMARY

#### SYSTEM APPROACH TO MODEL STRUCTURING BY MEANS OF SERVICE MODELS

*The paper deals with the system approach to the analysis of transport systems by means of models. The elaborated approach has been applied in the analysis by means of attendant or service models or system often used as the only possible ones for studying designing and maintenance of transport processes at all levels.*

LITERATURA

- [1] A. WHITE, SCHMIT & BENNET: Analysis of Queueing Systems. Academic Press, 1975.
- [2] GROSS, HARRIS: Fundamentals of Queueing Theory, Wiley, 1983.

4. ZAKLJUČAK

Sustavski pristup je najprikladniji način rješavanja problema usluge. Promjena prostora u promatranom sustavu ne mijenja njegove karakteristike, ali mijenja način rješavanja problema. Pritom se pri korištenju podvorbenih modela može izbjeći nepotrebna složenost i smanjiti vrijeme rješavanja problema. Uspješnost pristupa je pokazana na sustavima usluge. Vrijednost pristupa se povećava ako se ovaj pristup koristi kao alat za rješavanje problema u sustavima usluge. Uspješnost pristupa je pokazana na sustavima usluge. Uspješnost pristupa je pokazana na sustavima usluge.

SUMMARY

SYSTEM APPROACH TO MODEL STRUCTURING BY MEANS OF SERVICE MODELS

The paper deals with the system approach to the modeling of service systems by means of models. The system approach has been applied to the analysis of service systems and the results are given in the form of numerical results. The system approach is shown to be a useful tool for modeling service systems and the results are given in the form of numerical results.

Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge. Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge. Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

A (DIPLOMA)

Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge. Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge. Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge. Priloga i podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

\* Matematički model

\* Simulacijski model

\* Opcioni model

\* Programski model

U analizi sustava se često koriste podvorbeni modeli. Podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge. Podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.

Podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge. Podvorbeni modeli su važni za modeliranje sustava usluge.