

**Pregledni članak**

UDK: 005.5:519.87 ; 005.521  
doi: 10.5937/ekonhor1201023Z

## MODELI SISTEMSKE DINAMIKE U REŠAVANJU UPRAVLJAČKIH PROBLEMA

Dejana Zlatanović\*

U Sistemskoj dinamici (SD), kao funkcionalističkoj sistemskoj metodologiji, modeli predstavljaju ključni metodološki instrument za rešavanje upravljačkih problema. Reč je, pre svega, o matematičkim modelima, izgrađenim na osnovu odgovarajućih feedback struktura, tj. određenih elemenata i tokova koji formiraju feedback petlje. Budući da je SD zasnovana na pretpostavci da struktura sistema predstavlja ključnu determinantu ponašanja, modeli SD obezbeđuju efektivno predviđanje budućeg ponašanja sistema. U radu je fokus na procesu modeliranja u SD, kao složenom, iterativnom procesu koji se sastoji od sledećih faza: konceptualizacije, formulacije, testiranja i implementacije modela. Iako su izuzetno korisni za rešavanje brojnih problema upravljanja u organizacijama, modeli SD poseduju određene nedostatke kao posledicu, pre svega, njihove kvantitativne prirode. U otklanjanju ograničenja modela SD od odgovarajuće važnosti su kvalitativno i grupno modeliranje, kao mogući pravci daljeg razvoja SD.

**Ključne reči:** Sistemaska dinamika, proces modeliranja, modeli Sistemске dinamike, rešavanje upravljačkih problema

JEL Classification: M10

### UVOD

U istraživanju i rešavanju savremenih upravljačkih problema, tj. problemskih situacija mogu se primeniti različiti sistemski pristupi i metodologije. Kao odgovarajuća sistemaska metodologija, Sistemaska dinamika (SD) je primerena upravljačkim problemskim situacijama sa svojstvima kompleksnosti i unitarnosti. Shodno tome, a vodeći računa o ključnom određenju SD – usmerenost na istraživanje feedback strukture koja generiše određeno ponašanje sistema – SD

predstavlja relevantan strukturalističko-funkcionalistički sistemski pristup menadžmentu. Osnovni iskazi upravljačkih problemskih situacija u SD su struktura i procesi unutar nje, a ključni instrumenti u rešavanju upravljačkih problema su odgovarajuće razvijeni modeli. U tom smislu, predmet istraživanja u radu biće proces modeliranja u SD, tj. modeli SD kao relevantni instrumenti rešavanja upravljačkih problema u savremenim organizacijama.

Cilj rada je pokazati mogućnosti SD, tj. njenih modela u bavljenju i rešavanju savremenih upravljačkih problema. Zapravo, cilj je pokazati načine na koje SD može da pomogne menadžerima u kretanju kroz odgovarajuća problemska područja, predviđanju

\* Korespondencija: D. Zlatanović, Ekonomski fakultet Univerziteta u Kragujevcu, Đ. Pucara 3, 34000 Kragujevac, Srbija;  
e-mail: dejanaz@kg.ac.rs

budućeg ponašanja i dizajniranju određenih politika unapređenja funkcionisanja organizacija.

Ključna hipoteza od koje se u radu polazi je: Ukoliko struktura predstavlja ključnu determinantu ponašanja sistema, onda modeli SD – kroz odgovarajuće kompjuterske simulacije – obezbeđuju predviđanje budućeg ponašanja istraživanog sistema.

Vodeći računa o opredeljenom predmetu, cilju i hipotezi, u radu su najpre predstavljena ključna određenja SD kao funkcionalističkog sistemskog pristupa menadžmentu. Zatim je istražen proces modeliranja u SD, odnosno specificirane su određene karakteristike i faze procesa modeliranja. Pošto je fokus na samom procesu modeliranja, posebno je razmatrana svaka faza - konceptualizacija, formulacija, testiranje i implementacija. Budući da je reč o instrumentima sa izuzetnim aplikativnim potencijalom, u radu je ukratko ilustrovan model SD na primeru prihvatanja novog proizvoda na tržištu. Konačno, identifikovane su određene manjkavosti modela SD, kao i mogući pravci daljeg razvoja SD kroz kvalitativno i grupno modeliranje.

#### SISTEMSKA DINAMIKA - FUNKCIONALISTIČKI SISTEMSKI PRISTUP MENADŽMENTU

Sistemska dinamika, kao sistemski pristup rešavanju upravljačkih problema, oslonjena je na teoriju informacionog feedback-a i kontrole. Fokus SD je na problemima koji se mogu modelirati kao sistemi esencijalno sastavljeni od različitih elemenata i tokova, tj. odnosa između elemenata koji formiraju feedback petlju i predstavljeni su kao kontinuelni procesi. Za takve sisteme razvijene su odgovarajuće determinističke modelske strukture, koje se ne razvijaju tokom vremena. SD modeliranje i simulacija su široko upotrebljeni u području društvenih, a posebno ekonomskih sistema, i različitih tipova organizacija, sa naročitim naglaskom na analizu politike i dizajna.

J. W. Forrester (1972) postavlja osnove Sistemske dinamike, koja je originalno naslovljena kao Industrijska dinamika. SD se bavi vremenski izmenljivim

interakcijama različitih delova upravljačkog sistema da bi se utvrdio način na koji organizaciona struktura, politike, vremenska kašnjenja u odlukama i akcijama međudejstvuju, utičući na uspeh sistema.

Budući da su upravljačke problemske situacije reprezentovane odgovarajućim strukturama i procesima unutar nje, u teorijskom smislu, za SD je ključno sledeće (Petrović, 2010, 369): Ponašanje sistema prevashodno je uslovljeno njegovom strukturom. Pri tome, pretpostavlja se da struktura i procesi koji su predmet razmatranja mogu biti predstavljeni odgovarajućim dijagramima i matematičkim modelima sistema. Prema teoriji SD, mnoštvo varijabli postojećih složenih sistema postaje kauzalno povezano u odgovarajućim feedback petljama. Sistemske veze između feedback petlji konstituišu strukturu sistema, i upravo je ta struktura ključna determinanta ponašanja sistema (Jackson, 2003, 67).

Kao esencijalni agregat SD, strukturu determiniše (Petrović, 2010, 370-371): red, smer *feedback*-a, nelinearnost i višestrukost petlji. Broj nivoa, tj. broj varijabli upotrebljen za reprezentovanje strukture istraživanog sistema određuje red sistema. Sa stanovišta usmerenosti, feedback može biti pozitivan ili negativan; pozitivan feedback uzrokuje povećanje, tj. kreiranje rasta ili pada, a negativan znači određeno sprečavanje ili kontrolisanje uticaja. Nelinearno povezivanje pozitivnih i negativnih petlji može dovesti do promena u dominaciji petlji, dopuštajući kontrolisani rast. Upravljačke problemske situacije su, po pravilu, reprezentovane strukturama sa višestrukim pozitivnim i negativnim petljama. Pretpostavka je da se na osnovu specificiranih svojstava strukture može ostvariti efektivno predviđanje i kontrola. Naime, vremenski utemeljeni matematički modeli SD simuliraju moguće scenarije funkcionisanja organizacija i tako obezbeđuju odgovarajuće projekcije trendova. Polazeći od toga da je izvršeno predviđanje pouzdano, fokus se, zatim, pomera na uvođenje odgovarajućih politika kontrole.

Uz predviđanje i kontrolu u SD, od ključnog značaja je model SD. Njegovi osnovni agregati su nivoi i stope. Pod nivoom se podrazumeva veličina koja se tokom vremena menja. Odnosno, to su sadašnje vrednosti varijabli, tj. vrednosti koje rezultiraju iz akumulirane razlike između priliva i odliva (Forrester, 1972, 68). Za

razliku od nivoa, stope definišu sadašnje tokove između nivoa u sistemu. Stope korespondiraju sa aktivnošću dok nivoi mere rezultirajuće stanje u kojem se sistem našao delovanjem dotične aktivnosti. Na primer, broj zaposlenih predstavlja nivo koji je određen stopom zapošljavanja i stopom otkaza ili nivo duga određen stopom pozajmljivanja i stopom otplate itd. (Sterman, 2000, 200).

Matematički iskaz modela SD reprezentovan je sistemom jednačina (jednačine nivoa i stopa) kojim se kontrolišu interakcije varijabli razmatrane problemske situacije koje se tokom vremena menjaju. Pošto se modelirani sistem kreće u vremenu, potrebno je periodično obračunavanje dotičnih jednačina. Kao podrška SD modeliranju i simulaciji razvijeni su različiti softveri poput: DYNAMO-a, Powerism-a, Venism-a itd.

## PROCES MODELIRANJA U SISTEMSKOJ DINAMICI

Modeliranje, kao sastavni deo procesa učenja u organizacijama, predstavlja iterativni, kontinuirani proces formulisanja, testiranja i revizije, kako formalnih tako i mentalnih modela. Kao odgovarajući iskazi upravljačkih problemskih situacija, modeli predstavljaju moćan instrument identifikovanja i reprezentovanja njihovih ključnih određenja, načina na koji se manifestuju i njihovih relevantnih implikacija. Shodno tome, validni modeli su izuzetno koristan metodološki instrument u upravljanju organizacijama, odnosno u opredeljivanju načina kretanja menadžera kroz upravljačka problemska područja savremenih organizacija (Petrović, 2010, 572). Cilj modela SD je da se identifikuju politike i organizacione strukture koje unapređuju funkcionisanje i obezbeđuju uspeh organizacija.

Proces modeliranja u SD treba da bude fokusiran na važna pitanja, tj. na ključne probleme u organizaciji i sastavni je deo organizacionog i društvenog konteksta. Pre nego što proces modeliranja otpočne, modelar mora da ima pristup organizaciji i da identifikuje klijente. Reč je o pojedincima ili grupama na čije ponašanje utiče proces modeliranja, tj. čije se ponašanje mora menjati da

bi se rešio problem. Proces modeliranja treba da bude konzistentan sa klijentovim veštinama, mogućnostima i ciljevima. Iako je većina klijenata zainteresovana za to da modeli podrže zaključke do kojih se već došlo ili da služe kao instrumenti moći u organizaciji, modelar mora da bude spreman na to da klijentima saopštava da su njihove pretpostavke bile pogrešne ako je to ono što se otkrije modeliranjem (Sterman, 2000, 84-85).

Model SD treba da poseduje sledeće karakteristike (Forrester, 1972, 67):

- da može da opiše bilo koji problem u uzročno-posledničnim odnosima;
- da bude relativno jednostavno matematički iskazan;
- da ima mogućnost da obuhvati brojne varijable, sve dok je to u granicama praktičnih mogućnosti kompjutera;
- da bude sposoban da upravlja različitim diskontinuitetima tako da to ne utiče na rezultate, ali i da bude sposoban da generiše diskontinualne promene u odlukama kada je to potrebno.

Takođe, model SD poseduje i sledeća određenja (Forrester, 1972, 68): sastoji se od nekoliko nivoa, obuhvata tokove koji prenose sadržaje od jednog nivoa do drugog; obuhvata funkcije odlučivanja koje kontrolišu stopu toka između nivoa i sastoji se od informacionih kanala koji povezuju funkcije odlučivanja sa nivoima.

Modeliranje u SD predstavlja proces koji se sprovodi kroz nekoliko faza, koje različiti autori na različite načine klasifikuju.

Luna-Reyes & Andersen (2003, 275) specificiraju faze procesa modeliranja prema različitim autorima. U tom smislu, mogu se izdvojiti sledeće klasifikacije: konceptualizacija, formulacija, testiranje i implementacija; zatim: definisanje problema, konceptualizacija sistema, formulisanje modela, analiza ponašanja modela, analiza politike i korišćenje modela; ili: konstruisanje dijagrama i analiza, faza simulacije (prva etapa) i faza simulacije (druga etapa).

Takođe, Sterman (2000, 86) klasifikuje faze procesa modeliranja na sledeći način: artikulisanje problema,

formulisanje dinamičkih hipoteza, formulisanje simulacionog modela, testiranje modela i formulisanje politika i implementacija.

Uprkos različitim klasifikacijama pojedinih faza, generalno, proces modeliranja u SD obuhvata sledeće aktivnosti (Jackson, 2003, 68-69): Pre svega, faza konceptualizacije u kojoj se razjašnjava problem i identifikuju varijable koje na njega utiču. Zatim se gradi model feedback petlje koji otkriva odnose između varijabli. Takav model se, u fazi formulacije, dalje razvija u odgovarajući matematički model, tj. razvijaju se jednačine nivoa i stopa, kojima se uz pomoć određenih softvera, obezbeđuje relevantna kompjuterska simulacija ponašanja sistema. U fazi testiranja procenjuje se validnost modela, a u fazi implementacije se identifikuju mogući načini poboljšanja rezultata funkcionisanja sistema, tj. dizajniraju određene politike.

Cilj faze konceptualizacije je da se izgradi konceptualni model koji reprezentuje relevantan problem u sistemu. U fazi konceptualizacije potrebno je sprovesti sledeće aktivnosti (Albin, 1997, 6):

- definisati svrhu modela;
- opredeliti granice modela i identifikovati ključne varijable;
- opisati ponašanje sistema, tj. izgraditi referentni model ključnih varijabli i
- dijagramski predstaviti feedback petlje sistema.

Najvažniji korak u procesu modeliranja je definisanje problema, odnosno postavljanje svrhe modela. Svaki model je neka reprezentacija sistema. Da bi bio koristan, model treba da se bavi specifičnim problemom i da pojednostavljuje, a ne da detaljno odslikava sistem. Korisnost modela leži u činjenici da oni pojednostavljaju realnost kreirajući reprezentaciju onoga što može da se razume (Serman, 2000, 89). Modelar, takođe, treba da razmotri kome je model primarno namenjen, a od esencijalne važnosti je postizanje saglasnosti oko svrhe modela. Bez jasne i striktno definisane svrhe veoma je teško odlučiti koje komponente sistema su važne. Ukoliko se svrha odredi suviše široko ili apstraktno, u model će biti uključeno previše komponenata i biće suviše kompleksan za bilo kakvu praktičnu analizu.

Greške koje se najčešće javljaju u opredeljivanju svrhe modela su (Albin, 1997, 9):

- svrha ne uspeva da omogući razumevanje sistema;
- svrha ne otkriva politike koje će unaprediti ponašanje sistema;
- svrha ne odražava mentalne modele i ne služi kao sredstvo komunikacije i unificiranja.

Nakon izbora problemskog područja na koje se treba fokusirati, modelar mora da prikupi relevantne podatke i da definiše model. Što se tiče granica modela, potrebno je istaći da feedback sistem poseduje zatvorene granice u okviru kojeg se generiše određeno ponašanje koje se analizira. Pre svega, modelar mora da istraži sve komponente koje smatra neophodnim za model sistema. Reč je o inicijalnoj listi komponenata. Zatim, da bi se dalje specificirale granice modela, modelar mora da podeli inicijalnu listu komponenata na dve važne grupe (Albin, 1997, 10; Serman, 2000, 97):

- endogene – dinamičke varijable uključene u feedback petlje sistema i
- egzogene – komponente čije vrednosti ne utiču direktno na sistem.

Pošto se izdvoje ove dve grupe komponenata potrebno je odrediti koje su komponente nivoi, a koje stope. Pri tome, treba istaći da egzogene komponente ne mogu biti nivoi ili stope, već samo odgovarajuće konstante (Albin, 1997, 11). U SD se teži endogenom objašnjenju fenomena, kao i tome da se problem dinamički opiše, tj. da se opiše kao odgovarajući način ponašanja, koji se razvija tokom vremena. Vremenski interval bi trebalo da bude tako određen da obuhvati dovoljno informacija o prošlosti da bi se pokazalo kako je problem nastao i opisali njegovi simptomi. Takođe, treba da uključi relevantne informacije o budućnosti da bi se obuhvatili odloženi i indirektni efekti potencijalnih politika. Ključna teškoća u mentalnim modelima je tendencija da se razmišlja o uzrocima i posledicama kao o lokalnim i trenutnim. U dinamičkim, kompleksnim sistemima uzrok i posledica su udaljeni u vremenu i prostoru, što podrazumeva feedback sisteme sa velikim kašnjenjima, udaljenim od tačke odlučivanja ili simptoma problema (Serman, 2000, 91).

Kada se opredele granice modela i odredi vremenski interval, gradi se referentni model, odnosno skup dijagrama koji pokazuje kako problem nastaje i kako može da evoluirati u budućnosti. Referentni model, zapravo, predstavlja ponašanje ključnih varijabli tokom vremena i može da bude koristan i pre i posle izgradnje modela. Referentni modeli se mogu menjati tokom procesa modeliranja, a na osnovu inicijalnog referentnog modela, modelar može da preispita i ponovo definiše svrhu modela.

Poslednji korak u fazi konceptualizacije je predstavljanje feedbackstrukture sistema. U reprezentovanju feedback struktura, SD koristi različite vrste dijagrama. Reč je o dijagramima sa uzročnim petljama, dijagramima nivoa i stopa, strukturnim dijagramima i dijagramima strukture politike (Lane, 2008, 9). U radu će biti ukratko razmatrani dijagrami sa uzročnim petljama i dijagrami nivoa i stopa, kao najčešće korišćeni instrumenti dijagramskog predstavljanja strukture sistema u SD.

Dijagrami sa uzročnim petljama (DUP) pokazuju, pre svega, usmerenost feedback-a, kao i ključne elemente, odnosno varijable i njihove međusobne uticaje. Varijable su povezane uzročnim vezama, prikazanim odgovarajućim strelicama. U dijagramu sa uzročnim petljama, odnosi koji produkuju promenu u istom smeru (bilo rastuću ili opadajuću) označeni su pozitivnim znakom. Pozitivna feedback veza znači da ako uzrok raste, efekat takođe raste iznad onoga što bi se inače dogodilo. Takođe, ako se uzrok smanjuje, efekat se smanjuje ispod onoga što bi se inače dogodilo. Nasuprot tome, negativna feedback veza znači da ako uzrok raste, efekat se smanjuje ispod onoga što bi se inače dogodilo; i ako se uzrok smanjuje, efekat raste iznad onoga što bi se inače dogodilo (Sterman, 2000, 139).

Dakle, svaka veza se odlikuje određenom polarnošću, tj. smerom efekta koji utičuća varijabla ima na varijablu na koju se utiče (Lane, 2008, 5). Time se opisuje struktura sistema, a ne ponašanje varijabli. Odnosno, time se opisuje ono što bi se dogodilo ukoliko bi došlo do neke promene, a ne ono što se stvarno dešava. Od odgovarajućeg značaja je i prethodno navedeni izraz iznad ili ispod onoga što bi se inače dogodilo, zato što rast ili smanjenje uzročne varijable ne mora nužno da znači rast ili smanjenje efekta. Osim određivanja

polarnosti veze, potrebno je odrediti polarnost petlje. Naime, pošto postoji više mogućih pozitivnih i negativnih veza, polarnost petlje se može odrediti tako što se pomnože znakovi polarnosti pojedinačnih veza u petlji i pronađe neto znak (Lane, 2008, 10).

DUP imaju određene nedostatke poput: nedostatka preciznosti, nedostatka jasne distinkcije između nivoa i stopa, grešaka u određivanju polarnosti petlji itd. (Lane, 2008, 12-14).

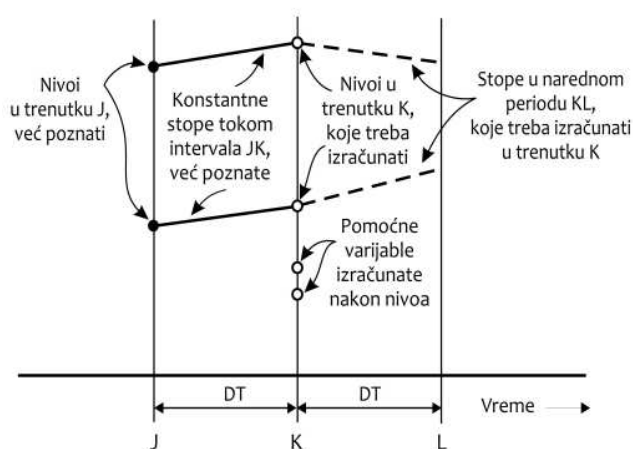
Dijagrami nivoa i stopa su detaljniji od dijagrama sa uzročnim petljama. Svaka uzročna petlja mora da sadrži makar jedan nivo. Ako uzročna petlja ne sadrži nivo, ne može se identifikovati ponašanje tokom vremena koje treba ispitati. U dijagramima nivoa i stopa, svaki element je na odgovarajući način predstavljen (Sterman, 2000, 192):

- nivoi su predstavljeni pravougaonicima;
- prilivi su reprezentovani strelicama koje "uviru" u nivo;
- odlivi su predstavljeni strelicama koje "izviru" iz nekog nivoa;
- ventili predstavljaju stope;
- oblaci reprezentuju mesta izvorišta, tj. ušća. Izvorište predstavlja nivo iz koga stopa potiče, a ušća predstavljaju nivoe u koje stope ulaze.

Neke greške (poput određivanja polarnosti veza i petlji) mogu se izbeći predstavljanjem feedback petlji pomoću dijagrama nivoa i stopa, zbog toga što su odnosi između komponenata u dijagramu nivoa i stopa striktno definisani, za razliku od dijagrama sa uzročnim petljama. Pošto su generalno kompleksniji i zahtevaju više vremena da se kreiraju, dijagrami nivoa i stopa pružaju mnogo više informacija nego dijagrami sa uzročnim petljama. Shodno tome, oni predstavljaju adekvatnu osnovu za donošenje zaključaka o ponašanju sistema (Lane, 2000, 244). Uprkos tome, postoje i određena ograničenja njihove upotrebe, kao što su: mogu da podstaknu preterano detaljisanje; da budu previše kompleksni i tehnički orijentisani; ne mogu da omoguće dijagramsko objašnjenje za sve tipove fenomena itd. (Lane, 2000, 244; Lane, 2008, 15)

Na osnovu dijagrama sa uzročnim petljama ili dijagrama nivoa i stopa, može se dalje, u fazi formulacije

modela, opredeliti skup odgovarajućih jednačina, tj. razviti odgovarajući matematički model situacije koja je predmet istraživanja. Budući da je vreme jedan od ključnih faktora, potrebno je opredeljivanje sukcesivnog niza stanja sistema tokom vremena i, shodno tome, periodično obračunavanje jednačina. Prema Forrester-u (1972, 74), niz izračunavanja koje treba sprovesti prikazan je na sledećoj slici:



Slika 1 Izračunavanja u trenutku K

Izvor: Forrester, 1972, 74 (Prema: Petrović, 2010, 378)

Osnovne jednačine modela SD podeljene su u dve grupe: jednačine nivoa i jednačine stopa, s tim da se najpre izračunavaju jednačine nivoa (Petrović, 2010, 377-379): Jednačine nivoa pokazuju na koji način odrediti nivoe u trenutku K, zasnovane na nivouima u trenutku J i stopama za interval JK. Jednačine nivoa su nezavisne jedna od druge, a zavise jedino od informacija pre trenutka K. Zato nivo u trenutku K zavisi od: prethodne vrednosti nivoa u trenutku J i stope toka u intervalu JK.

Jednačine stopa se obračunavaju u sadašnjem trenutku K, nakon što se reše jednačine nivoa. Vrednosti određene pomoću jednačina stopa određuju stope koje reprezentuju delovanja koja će biti preduzeta tokom narednog vremenskog intervala KL. Dakle, jednačine stopa determinišu stope toka između nivoa posmatranog sistema. Jednačine stopa izračunavaju

se na osnovu sadašnjih vrednosti nivoa u dotičnom sistemu, s tim što su po pravilu uključeni nivo iz kojeg stopa potiče i nivo u koji stopa ulazi. Stope uzrokuju promene u nivouima. Generalno, jednačine stopa treba posmatati kao instrument kontrolisanja onoga što će se u sistemu desiti u narednom periodu. Međutim, u jednačinama stopa mogu se pojaviti i određene pomoćne varijable kao odgovarajuća podvrsta. Jednačine stopa su nezavisne jedna od druge, a njihove međusobne interakcije se odvijaju preko njihovih budućih efekata na nivo.

Kada se nivo izračuna za trenutak K i stopa za interval KL, vreme se indexira, tj. pomera za jedan vremenski interval nadesno, odnosno na Slici 1 reč je o tome da nivoi u trenutku K postaju nivoi u trenutku J, a stope za interval KL stope intervala JK. Navedeno znači da se trenutak K koji označava sadašnjost pomera za jedan interval dužine DT. Tada se može ponoviti niz izračunavanja da bi se odredilo novo stanje posmatranog sistema u trenutku koji je za jedan interval DT kasniji od trenutka prethodnog stanja. Razvijeni model utvrđuje kretanje dotičnog sistema kroz vreme.

Generalno, nivo se može predstaviti sledećom jednačinom (Sterman, 2000, 194):

$$Nivo(t) = \int_{t_0}^t [Prilivi - Odlivi] ds + Nivo(t_0) \quad (1)$$

pri čemu je nivo određen u trenutku t (trenutak K na Slici 1), a prilivi se određuju u bilo kom trenutku s između početnog vremena  $t_0$  i tekućeg vremena t. Isto tako, neto stopa promena bilo kog nivoa, tj. njen izvod predstavlja razliku između priliva i odliva, definišući određenu diferencijalnu jednačinu:

$$d(Nivo)/dt = Priliv(t) - Odliv(t) \quad (2)$$

Uz jednačine nivoa i stopa, posebnu klasu jednačina u modelu predstavljaju tzv. pomoćne jednačine, odnosno jednačine na koje se razlaže odgovarajuća jednačina stopa u situaciji kada je dotična jednačina stopa izuzetno kompleksna. Za razliku od jednačina nivoa i stopa, pomoćne jednačine moraju biti izračunate u tačno određenom redu. Načelno, pomoćna varijabla

zavisi samo od: nivoa koji su već poznati i drugih pomoćnih varijabli koje se mogu izračunati.

Osim navedenih jednačina, od odgovarajućeg značaja su i jednačine za početne vrednosti, kojima se definišu inicijalne vrednosti svih nivoa i nekih stopa koje se moraju odrediti pre nego što počne izračunavanje jednačina modela, ali se ove jednačine koriste i da bi se izračunale vrednosti nekih konstanti. Rešavanje prezentiranih jednačina sprovodi se pomoću računara, tj. specijalno razvijenih softvera koji se koriste u SD. Kada se formulisani model uvede u kompjuterski softver, potrebno je sprovesti nekoliko preliminarnih simulacionih istraživanja. Odnosno, potrebno je odrediti odgovarajuću vrednost intervala DT i analizirati stabilnost stanja sistema (Petrović, 2010, 382-383):

Pri opredeljivanju vremenskog intervala DT neophodno je voditi računa o odnosu brzine simulacije i tačnosti. Generalno, interval vremena DT određen je najkraćom vremenskom konstantom upotrebjenom u dotičnom modelu. Analiza stabilnosti stanja sistema pruža informacije o pouzdanosti samog modela i stabilnosti modeliranog segmenta realnosti.

Pod testiranjem ili procenom validnosti modela podrazumeva se poređenje modela sa realnošću u cilju prihvatanja ili odbacivanja modela. Zapravo, procena validnosti modela u SD je proces uspostavljanja poverenja u ispravnost i korisnost modela. Reč je o kompleksnom procesu u kojem svako ima sopstvene ciljeve i kriterijume za procenu modela. Pojam validnosti kao ekvivalent za poverenje je u konfliktu sa viđenjem po kojem se validnost izjednačava sa apsolutnom istinom. Poverenje u neki model predstavlja adekvatan kriterijum zato što ne može biti dokaza za apsolutnu ispravnost sa kojom model predstavlja realnost. Validnost je, takođe, relativna u smislu da može biti adekvatno procenjena samo u odnosu na određenu svrhu. Shodno tome, procena validnosti ne može biti u potpunosti objektivna i formalan proces, već mora imati i subjektivne i kvalitativne komponente. Odnosno, procena validnosti modela predstavlja gradacijski proces izgradnje poverenja u modele (Forrester & Senge, 1979, 8; Barlas, 1996, 188).

Postoji veliki broj testova validnosti modela koji se mogu klasifikovati na različite načine. Forrester & Senge (1979) razlikuju sledeće testove:

1. testovi strukture modela (test verifikacije parametara, adekvatnosti granica strukture, test strukture u ekstremnim uslovima i sl.);
2. testovi ponašanja modela (test reprodukovanja ponašanja, test predviđanja ponašanja, test promena ponašanja, itd.);
3. testovi implikacija politike (testovi unapređenja sistema, test predviđanja promene ponašanja, test senzitivnosti politike, itd.).

Barlas (1996, 189) izdvaja sledeće testove validnosti modela u SD: testovi validnosti strukture (u okviru kojih se razlikuju direktni testovi strukture i testovi ponašanja zasnovanih na strukturi) i testovi validnosti ponašanja.

Budući da postoji mnogo testova, postavlja se pitanje o tome da li svi testovi moraju biti sprovedeni. Osim toga, od odgovarajuće je važnosti razmotriti i pitanje o tome kada treba okončati proces procene validnosti modela. U tom smislu, završetak procesa procene validnosti modela zavisi od sledećih determinanti: troškovi procene validnosti, potencijalni stepen validnosti modela, veličina modela, očekivanja klijenata, iskustvo klijenata u modeliranju, relativni značaj, tj. rizik odluke, obim i dostupnost empirijskih podataka i nivo stručnosti modelara (Schwaninger & Groesser, 2012). Uprkos činjenici da neće uvek biti moguće da se sprovedu svi testovi izgradnje poverenja u modele SD, postojanje široke varijetnosti testova ipak povećava verovatnoću da će se sprovesti veći broj testova i da će više ljudi biti uključeno u sveukupan proces procene validnosti. Naime, jedno od ključnih određenja prethodno pomenutih testova je lakoća sprovođenja. Pristupačnost celokupnog procesa testiranja je krucijalna za verovatnoću uspeha modeliranja u SD (Forrester & Senge, 1979, 36; Richardson, 1996, 147).

Poslednja faza u procesu modeliranja je faza implementacije, tj. primene modela u dizajniranju politika. Kada se stekne poverenje u strukturu i ponašanje modela, model se koristi za dizajniranje odgovarajućih politika. Dizajniranje politike je mnogo više od promene vrednosti parametara i uključuje kreiranje potpuno novih strategija, struktura i pravila odlučivanja. Dok feedback struktura sistema determiniše njegovu dinamiku, politike će uključiti

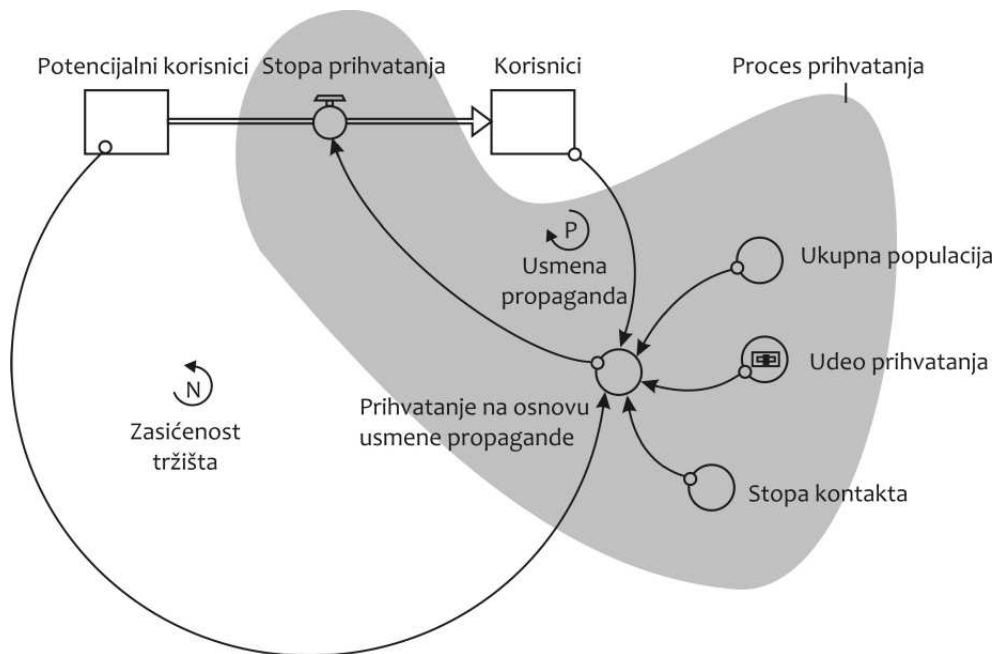
promenu dominantnih feedback petlji redizajniranjem strukture nivoa i stopa, eliminisanjem vremenskog kašnjenja, promenom toka i kvaliteta informacija dostupnih na ključnim tačkama odlučivanja ili fundamentalnim preosmišljavanjem procesa odlučivanja u sistemu (Sterman, 2000, 104). Zapravo, modeli SD mogu biti upotrebljeni za redizajniranje: strukture sistema i/ili politika odlučivanja (Petrović, 2010, 382). Implementacija modela se ne završava sa završetkom nekog određenog projekta ili rešavanjem određenog problema, već se mogu primeniti i za rešavanje nekih drugih, sličnih problema (Sterman, 2000, 81).

### ILUSTRACIJA PRIMENE MODELA SISTEMSKE DINAMIKE

Neka je predmet posmatranja preduzeće koje je uvelo nov proizvod na tržište i cilj mu je da istraži proces i predvidi dinamiku prihvatanja novog proizvoda na tržištu. U tom smislu, može biti razvijen odgovarajući

model SD, koji omogućava predviđanje dinamike prihvatanja novog proizvoda na tržištu. F. Bass (1969) opredeljuje preliminarne pretpostavke Modela, koje su dalje razvijene u koncepcijskom okviru SD (Morecroft, 2007; Sterman, 2000).

Na Slici 2 prikazan je model prihvatanja novog proizvoda i identifikovani su ključni nivoi, stope i feedback petlje. Reč je o modelu koji obuhvata potencijalne korisnike i korisnike imajući u vidu samo usmenu propagandu proizvoda. Model u kome stopa prihvatanja predstavlja rezultat usmene propagande podrazumeva sledeće dve pretpostavke (Bass, 1969): Pre svega, neophodno je da postoje tzv. inicijalni korisnici, tj. vrednost ove varijable u modelu ne sme biti nula, što znači da mora postojati jedan ili više onih koji su već koristili proizvod. Osim toga, pretpostavlja se da se proizvod kupuje samo na osnovu informacija ili preporuka koje se dobiju od postojećih korisnika. Ovakve pretpostavke ograničavaju generalnost modela, što se može otkloniti uvođenjem reklamiranja kao važne determinante procesa prihvatanja novog proizvoda na tržištu.



**Slika 2** Ključni nivoi, stope i feedback petlje u procesu prihvatanja novog proizvoda na tržištu



U modelu postoje dva ključna nivoa (Serman, 2000, 324-325): korisnici i potencijalni korisnici, a stopa prihvatanja proizvoda izjednačena je sa stopom prihvatanja na osnovu usmene propagande. Takođe, postoje dve feedback petlje - jedna je pozitivna ili pojačavajuća, koja je predstavljena usmenom propagandom, a druga negativna ili uravnotežujuća predstavljena zasićenošću tržišta. Pozitivna petlja pokazuje da što je više korisnika, više je onih koji usmeno mogu da propagiraju proizvod. Ova petlja, najpre, dominira sistemom, produkujući rast. Nasuprot tome, negativna petlja usporava sistem, s obzirom na to da broj potencijalnih korisnika opada, jer raste zasićenost tržišta (budući da svaki novi korisnik potiče iz kategorije potencijalnih korisnika). Cilj je da nivo potencijalnih korisnika postane nula, tj. da se svi potencijalni korisnici transformišu u korisnike proizvoda.

Pretpostavka je da se ukupna populacija (tj. potencijalno tržište proizvoda) sastoji od milion ljudi, koji povremeno razgovaraju o svojim kupovinama. Ovakva sklonost ljudi označena je kroz stopu kontakata čija je pretpostavljena vrednost 100. Broj godišnjih kontakata korisnika sa ostatkom populacije predstavlja proizvod stope kontakata i korisnika. Neki od ovih kontakata dovodi do prihvatanja proizvoda (dok susret dva korisnika ne može da dovede do prihvatanja). Verovatnoća da je bilo koji slučajno izabrani kontakt zapravo kontakt između korisnika i potencijalnog korisnika jednaka je udelu potencijalnih korisnika u ukupnoj populaciji. Ovaj odnos opada kako se proces prihvatanja nastavlja, dostižući nulu kada je tržište potpuno zasićeno. Takođe, neće svaki kontakt između korisnika i potencijalnih korisnika rezultirati prihvatanjem proizvoda. Udeo uspešnih kontakata naziva se udeo prihvatanja, čija je pretpostavljena vrednost 0.02, što znači da 2% kontakata dovodi do prihvatanja proizvoda. Stopa kontakata i udeo prihvatanja opredeljuju usmenu propagandu.

U modelu je vreme označeno u godinama, a  $dt$  predstavlja dovoljno mali trenutak da obezbedi numeričku tačnost. Broj korisnika u datom trenutku vremena jednak je zbiru prethodnog broja korisnika u vremenu  $(t-1)$  i stope prihvatanja u intervalu  $dt$ . Nasuprot tome, broj potencijalnih korisnika u vremenu  $t$  je jednak razlici između prethodnog broja korisnika

(tj. broja korisnika u vremenu  $t-dt$ ) i stope prihvatanja u tom intervalu. Smatra se da inicijalno postoji 10 korisnika od milion u ukupnoj populaciji, tako da preostali broj ljudi predstavlja potencijalne korisnike. Stopa prihvatanja se izjednačava sa prihvatanjem na osnovu usmene propagande.

Ako se navedene varijable označe na sledeći način:

KP - korisnici proizvoda

SP - stopa prihvatanja

PK - potencijalni korisnici

IPK - inicijalni potencijalni korisnici

PUP - prihvatanje na osnovu usmene propagande

SK - stopa kontakata

UP - udeo prihvatanja

UPP - ukupna populacija

mogu se opredeliti sledeće jednačine (Morrecroft, 2007, 168-169):

$$KP(t) = KP(t - dt) + (SP) \cdot dt \quad (3)$$

$$PK(t) = PK(t - dt) - (SP) \cdot dt \quad (4)$$

$$IPK = UPP - KP \quad (5)$$

$$SP = PUP \quad (6)$$

$$PUP = SK \cdot KP \cdot \frac{PK}{UPP} \cdot UP \quad (7)$$

Dinamika prihvatanja novog proizvoda na osnovu usmene propagande prikazana je na Slici 3, gde se može uočiti da inicijalno postoji samo 10 korisnika, koji počinju da prenose svoja iskustva, tj. da propagiraju proizvod. U prvih pet godina korisnici i njihovi sledbenici imaju veoma mali uticaj na preostali deo potencijalnih korisnika koji još nisu čuli za proizvod. Shodno tome, u određenom periodu vremena stopa prihvatanja je blizu nule, mada postoji određeni rast

koji je relativno mali u odnosu na ukupnu populaciju od milion ljudi. Tokom četvrte godine broj korisnika počinje da raste. Dakle, najveći deo ukupne populacije postaje korisnik proizvoda u intervalu između 5. i 8. godine od uvođenja proizvoda na tržište. Nakon toga stopa prihvatanja počinje da opada pošto raste zasićenost tržišta.

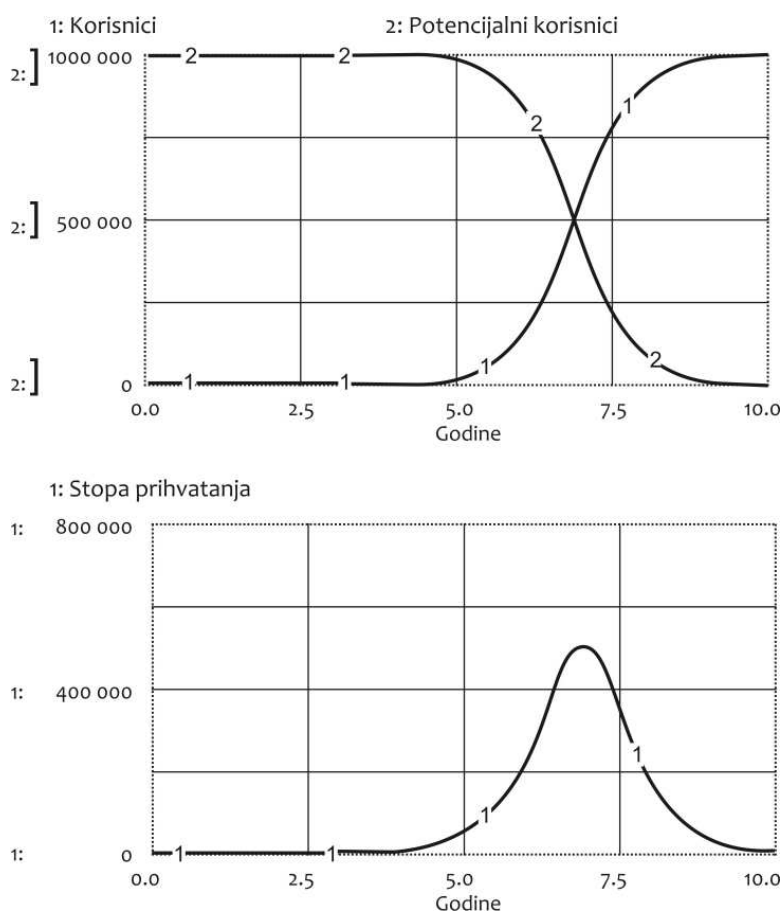
Ako bi broj inicijalnih korisnika bio nula, čak i sa milion potencijalnih korisnika, rast uopšte ne bi postojao, pošto je proizvod nepoznat. Navedeno ukazuje na potrebu za postojanjem inicijalnih korisnika da bi se uopšte otpočelo sa usmenom propagandom, što predstavlja ključnu pretpostavku modela. Da bi se stvorila takva baza inicijalnih korisnika, potrebno je uključiti još neke elemente promocije poput reklamiranja proizvoda. U

tom smislu, ovaj model može da se proširi uvođenjem reklama i praćenjem njihovih efekata na prihvatanje proizvoda (Morecroft, 2007, 171).

Budući da se modeli SD mogu primeniti na bilo koji dinamički sistem, postoji veliki broj studija slučajeva i primera njihovog uspešnog korišćenja (Forrester, 1972; Sterman, 2000; Morecroft, 2007)

### KVALITATIVNO I GRUPNO MODELIRANJE U SISTEMSKOJ DINAMICI

U rešavanju upravljačkih problema SD poseduje određene prednosti: Snaga SD počiva, pre svega, u pretpostavci da je struktura ključna determinanta



Slika 3 Dinamika prihvatanja novog proizvoda na tržištu na osnovu usmene propagande

ponašanja sistema, a da se struktura može predstaviti odgovarajućim pozitivnim i negativnim feedback petljama. Razumevanje feedback struktura može da pomogne menadžerima da bolje upravljaju kompleksnošću i da obezbede efikasnije odluke kojima će ostvariti svoje ciljeve. Budući da modeli SD ističu ključne tačke odlučivanja i da su akcije donosilaca odluka uključene u modele, mogu se utvrditi posledice tekućih politika i istražiti alternativne strategije (Jackson, 2003, 78).

Međutim, kritičari smatraju da su modeli SD neprecizni i nedovoljno rigorozni, tj. da se modeli često grade ignorišući određene teorije u području koje se istražuje ili se grade bez dovoljno prikupljenih podataka. Ako su modeli SD neprecizni, onda oni ne mogu obezbediti tačna predviđanja budućih stanja sistema i, samim tim, biće od ograničene korisnosti donosiocima odluka (Jackson, 2003, 79-80).

Takođe, Richardson (1996) kao neke od ključnih problema u daljem razvoju SD ističe: razumevanje ponašanja modela, validnost modela, unapređenje praktične primene modela, pristupačnost i dostupnost modela, kvalitativno naspram kvantitativnog modeliranja, tj. identifikovanje uslova u kojima je bolje upotrebiti određene kvalitativne instrumente, kao i uslova koji zahtevaju formalno, kvantitativno modeliranje, itd.

SD je dugo bila bazirana isključivo na izgradnji kvantitativnih modela. Iako su modeli SD matematičke reprezentacije problema i alternativa politike, većina dostupnih informacija nije po svojoj prirodi numerička, već kvalitativna. Upkos tome što postoji generalno slaganje o važnosti kvalitativnih podataka i instrumenata tokom razvoja modela SD, ne postoji jasan opis toga kako i kada ih treba koristiti.

Nedostatak integrisanog skupa procedura da bi se dobila i analizirala kvalitativna informacija stvara jaz između modeliranog problema i modela problema. Ovaj jaz je još uočljiviji kada model podrazumeva upotrebu soft varijabli, poput satisfakcije potrošača ili kvaliteta proizvoda. Problemi povezani sa kvantifikacijom i formulacijom kvalitativnih varijabli doveli su do razvoja tzv. kvalitativne SD (Coyle, 2000; Homer & Oliva, 2001; Luna Reyes & Andersen, 2003; Dhawan et al., 2011). U tom smislu, mogu se koristiti određeni

dijagrami poput dijagrama sa uzročnim petljama, kao kvalitativni instrumenti na osnovu kojih se, bez kvantifikacije i simulacije, mogu izvoditi zaključci o politici (Coyle, 2000, 233).

Međutim, postavlja se pitanje o tome da li određene kvalitativne instrumente treba koristiti bez ili sa dodatnom kvantifikacijom i simulacijom. Iako postoje situacije u kojima se kvalitativni instrumenti koriste bez dodatne kvantifikacije i simulacije, smatra se da je simulacija skoro uvek poželjna u analizi politike, čak i kada postoje određene neizvesnosti i soft varijable. Zapravo, potrebno je razumeti da postoje opasnosti od zaključaka koji se donose samo na osnovu kvalitativnih instrumenata, kao i ograničenja simulacionih modela (Homer & Oliva, 2001). Neka istraživanja o efektima kvantitativnog i kvalitativnog modeliranja u SD pokazuju da je za relativno jednostavne probleme reprezentovane jednostavnim dijagramima dovoljno koristiti instrumente kvalitativnog modeliranja u SD. Međutim, za kompleksne zadatke potrebno je uključiti kvantitativne modele i simulaciju (Dhawan et al., 2011, 321). Upkos tome što je kvantifikacija korisna, treba biti obazriv kada se pokušavaju kvantifikovati soft varijable. Reč je o području istraživanja koje je izuzetno važno za dalji razvoj SD (Coyle, 2001, 362).

Dakle, može se zaključiti da nije adekvatno pitanje o tome da li se koriste kvalitativni podaci i instrumenti u SD, već kada i kako se koriste. Iako pojedini autori smatraju da značaj kvalitativnih podataka najviše dolazi do izražaja u fazi konceptualizacije, a najmanje u fazi formulisanja modela, kvalitativni podaci su prisutni u svim fazama procesa modeliranja (Luna-Reyes & Andersen, 2003, 275). Shodno tome, mogu se identifikovati neke od ključnih tehnika prikupljanja kvalitativnih podataka u svakoj fazi modeliranja, poput intervjua, Delfi tehnike, nominalne grupne tehnike i slično (Luna-Reyes & Andersen, 2003, 287-292).

Drugi vid kritika u SD povezan je sa unitarnom prirodom upravljačkih problemskih situacija kojima je primerena, odnosno sa funkcionalističkom sistemskom paradigmatom na kojoj je SD utemeljena. Naime, problemske situacije u organizacijama predstavljaju određene subjektivne konstrukcije i interpretacije participanata, zbog čega identifikovanje odgovarajućih struktura podrazumeva kontinuirani

proces pregovaranja između participanata tj. klijenata u procesu modeliranja. U datom kontekstu, težnja SD da sistem istraži objektivno, izvan sistema, pomoću modela izgrađenim na feedback procesu, predstavlja izuzetno složen zadatak. Takođe, u SD se polazi od činjenice da postoji saglasnost oko svrhe modela i time se zanemaruje varijetetnost svrha i ciljeva koje različiti participanti imaju u rešavanju upravljačkih problema (Jackson, 2003, 81).

Kao odgovor na ovakve kritike nastaje tzv. grupno modeliranje (Vennix et al. 1995; Vennix, 1999; Rouwette et al. 2001) ili participativno modeliranje (Lane, 2010), kojim se pokušava da se u proces izgradnje modela uključe različite percepcije, vrednosti i mišljenja participanata, tj. klijenata. Reč je, zapravo, o pokušaju da se SD primeni i na neke nedovoljno dobro definisane, tj. nestrukturirane probleme i tako približi interpretativnoj paradigmi. U istraživanju efektivnosti grupnog modeliranja u nestrukturiranim problemskim situacijama od relevantne važnosti je istražiti određena kognitivna ograničenja, tj. načine na koje se može povećati kapacitet grupnog procesiranja informacija, s jedne strane, i načina na koji participanti uočavaju i interpretiraju različite problemske situacije (Vennix, 1999, 381).

Da bi se efektivno suočili sa nestrukturiranim problemima, predstavnici SD treba, pre svega, da prihvate činjenicu da u mnogim situacijama nije korisno ili je čak nemoguće sprovesti sve faze procesa modeliranja. Kao što je već istaknuto, u nekim situacijama je bolje primeniti samo određene kvalitativne instrumente bez kvantifikacije i simulacije (Coyle, 2000; Dhawan et al., 2011). Zapravo, potrebno je pažljivo proceniti uslove i efekte upotrebe kvalitativnog i kvantitativnog modeliranja.

Osim navedenog, potrebno je istražiti različite načine podsticanja timskog učenja i efektivne komunikacije u grupama kako bi se unapredio proces modeliranja. Da bi se obezbedilo učenje, participanti moraju da postanu modelari. Odnosno, da bi se omogućilo efektivno učenje iz modela, potrebno je da participanti aktivno učestvuju u razvoju modela. Generalno, u proceni efektivnosti grupnog modeliranja, može se zaključiti da se participiranjem u procesu modeliranja povećava posvećenost klijenata i olakšava implementacija (Rouwette et al., 2001, 32, Vennix et al., 1995, 55).

Međutim, nastojanjem da se približi interpretativnoj paradigmi, SD rizikuje da izgubi svoje ključno funkcionalističko određenje da identifikuje zakonitosti upravljanja ponašanjem sistema. To znači da SD, pre svega, treba da zadrži svoje funkcionalističke karakteristike (Jackson, 2003, 81). Naime, određena znanja i veštine potrebne za izgradnju modela u SD treba kombinovati sa odgovarajućim veštinama i znanjima potrebnim za olakšavanje participacije i pregovaranja u grupama (Vennix, 1999, 392).

Određene manjkavosti SD mogu da se prevaziđu kombinovanim korišćenjem SD i nekih interpretativnih sistemskih pristupa, poput Metodologije soft sistema (Coyle & Alexander, 1996; Lane & Oliva 1998; Rodríguez Ulloa & Paucar-Caceras, 2005). Osim toga, SD se može kombinovati i s nekim drugim funkcionalističkim prilazima kao što je Organizaciona kibernetika (Schwaninger, 2004; Schwaninger & Pérez Ríos, 2008).

## ZAKLJUČAK

SD, kao relevantna strukturalističko-funkcionalistička sistemski metodologija, oslonjena na teoriju informacionog feedback-a i kontrole, primerena je rešavanju kompleksno-unitarnih upravljačkih problema, tj. problemskih situacija. Upravljačke problemske situacije u SD iskazane su feedback strukturom i procesima unutar nje, reprezentovanim odgovarajućim dijagramima i matematičkim modelima sistema.

Modeli SD predstavljaju izuzetno moćan instrument rešavanja upravljačkih problema u organizacijama. Razvijeni kroz odgovarajući proces modeliranja, modeli SD mogu biti upotrebljeni u (re)dizajniranju odgovarajućih organizacionih politika i/ili struktura. Sam proces modeliranja je izuzetno složen, iterativan postupak kretanja modelara kroz određene faze. Iako postoje različite klasifikacije faza procesa modeliranja, generalno se mogu izdvojiti sledeće: faza konceptualizacije, tj. identifikovanja problema i njegovog predstavljanja feedback petljama; faza formulisanja, tj. faza izgradnje matematičkog modela reprezentovanog odgovarajućim jednačinama nivoa i stopa; faza testiranja ili procena validnosti modela njegovim poređenjem sa realnim svetom i faza implementacije, tj. primene modela u dizajniranju

politika za poboljšanje rezultata funkcionisanja organizacije.

Izgrađeni na pretpostavci da struktura generiše određeno ponašanje, modeli SD, kroz kompjuterske simulacije, omogućavaju predviđanje budućeg ponašanja sistema, što je pokazano i na primeru prihvatanja novog proizvoda na tržištu. Zapravo, istraživanjem teorijsko-metodoloških i aplikativnih aspekata modeliranja upravljačkih problema u koncepcijskom okviru SD, može se potvrditi ključna hipoteza u radu.

Uprkos velikom broju uspešnih primena modela SD u rešavanju upravljačkih problema, modeli SD poseduju određena ograničenja. Reč je, pre svega, o različitim problemima povezanim sa kvantifikacijom određenih soft varijabli i mogućim nepreciznostima i greškama koje iz toga proizilaze. Kao odziv na ove manjkavosti nastaje tzv. kvalitativna SD ili kvalitativno modeliranje u SD, koje ističe značaj samostalne i/ili kombinovane upotrebe određenih kvalitativnih i kvantitativnih instrumenata u SD. Takođe, treba istaći i ograničenja povezana sa funkcionalističkom paradigmom na kojoj je SD zasnovana. Navedeno se odnosi na činjenicu da SD pretpostavlja postojanje saglasnosti oko svrhe modela, čime zanemaruje različite percepcije i intepretacije participanata, tj. klijenta uključenih u proces modeliranja. U tom smislu, postoje težnje da se kroz tzv. grupno modeliranje SD približi interpretativnoj paradigmi. Uprkos tome što je u istraživanje potrebno uključiti određene soft varijable i percepcije participanata, SD ne bi trebalo da izgubi svoja ključna strukturalističko-funkcionalistička određenja u nastojanjima da se približi interpretativnoj paradigmi.

Vodeći računa o identifikovanim manjkavostima SD i njenih modela, potrebno je istražiti različite pretpostavke, uslove, načine i domete kombinovanog korišćenja SD i drugih sistemskih pristupa menadžmentu. SD se može kombinovano koristiti sa odgovarajućim intepretativnim sistemskim metodologijama poput Metodologije soft sistema (MSS), pri čemu modeli SD predstavljaju odgovarajuću podršku instrumentima MSS-a u istraživanju strukture i funkcionisanja organizacija. Osim toga, SD se može kombinovati sa sistemskim prilazima koji, takođe, pripadaju funkcionalističkoj sistemskoj paradigmi,

kao što je Organizaciona kibernetika. Kombinovano korišćenje SD, tj. njenih modela sa drugim metodologijama, metodima i tehnikama predstavlja posebno područje relevantno za buduća istraživanja.

## REFERENCE

- Albin, S. (1997). *Building a System Dynamics Model - Part 1: Conceptualization*. Prepared for the MIT System Dynamics Education Project Under the Supervision of Jay W. Forrester. D-4597
- Barlas, Y. (1996). Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics. *System Dynamics Review*, 12 (3), 183-210.
- Bass, F. (1969). A New Product Growth Model for Consumer Durables. *Management Science*, 15, 215-227.
- Coyle, G., & Alexander, M.W.D. (1996). Two Approaches to Qualitative Modeling of a Nation's Drugs Trade. *System Dynamics Review*, 13 (3), 205-222.
- Coyle, G (2000). Qualitative and Quantitative Modelling in System Dynamics: Some Research Questions. *System Dynamics Review*, 16 (3), 225-244.
- Coyle, G (2001). Rejoinder to Homer and Oliva. *System Dynamics Review*, 17 (4), 357-363.
- Dhawan, R., O'Connor, M., & Borman, M. (2011). The Effect of Qualitative and Quantitative System Dynamics Training: An Experimental Investigation. *System Dynamics Review*, 27 (3), 313-327.
- Homer, J., & Oliva, R. (2001). Maps and Models in System Dynamics: A Response to Coyle. *System Dynamics Review*, 17 (4), 347-355.
- Forrester, J. (1972). *Industrial Dynamics*. Cambridge, Massachusetts: The M.I.T. Press, Massachusetts Institute of Technology.
- Forrester, J., & Senge, P. (1979). *Tests for Building Confidence in System Dynamics Models*, System Dynamics Group, Alfred P. Sloan School of Management, MIT, Cambridge, Massachusetts: D-2926-7.
- Jackson, M.C. (2003). *Systems Thinking: Creative Holism for Managers*. New York, NY: John Wiley and Sons.
- Lane, D., & Oliva, R. (1998). The Greater Whole: Towards a Synthesis of System Dynamics and Soft Systems Methodology. *European Journal of Operational Research*, 107 (1), 214-235.

- Lane, D. (2000). Diagramming Conventions in System Dynamics. *The Journal of the Operational Research Society*, 51(2), 241-245.
- Lane, D. (2008). The Emergence and Use of Diagramming in System Dynamics: A Critical Account. *Systems Research and Behavioral Science*, 25 (1), 3-23.
- Lane, D. (2010). Participative Modelling and Big Issues: Defining Features of System Dynamics? *Systems Research and Behavioral Science*, 27 (4), 461-465.
- Luna-Reyes, L. F., & Andersen, D. (2003). Collecting and Analyzing Qualitative Data for System Dynamics: Methods and Models. *System Dynamics Review*, 19 (4), 271-29.
- Morecroft, J. (2007). *Strategic Modelling and Business Dynamics: Feedback Systems Approach*. Chichester, England: John Wiley and Sons.
- Petrović, S. P. (2010). *Sistemska mišljenje, Sistemske metodologije*. Kragujevac: Ekonomski fakultet Univerziteta u Kragujevcu.
- Rodríguez Ulloa, R. L., & Paucar-Caceres, A. (2005). Soft System Dynamic Methodology (SSDM): A Combination of Soft Systems Methodology and System Dynamics. *Systemic Practice and Action Research*, 18 (3), 303-334.
- Rouwette, E. A. J. A., Vennix, J. A. M., & Mullekom, T. (2002). Group Model-Building Effectiveness: A Review of Assessment Studies. *System Dynamics Review*, 18 (1), 5-45.
- Schwaninger, M. (2004). Methodologies in Conflict: Achieving Synergies Between System Dynamics and Organizational Cybernetics. *Systems Research and Behavioral Science*, 21 (4), 411-431.
- Schwaninger, M., & Pérez Ríos, P. H. (2008). System Dynamics and Cybernetics: A Synergetic Pair. *System Dynamics Review*, 24 (2), 145-174.
- Schwaninger, M., & Groesser, S. N. (2012). Contribution to Model Validation: Hierarchy, Process, and Cessation. *System Dynamics Review*, Published Online in Wiley Online Library, DOI: 10.1002/SDR.1466
- Sterman, J. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a Complex World*. Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Vennix, J. A. M., Akkermans, H. A., & Rouwette, E. A. J. A., (1995). Group Model-Building to Facilitate Organizational Change: An Exploratory Study. *System Dynamics Review*, 12 (1), 39-58.
- Vennix, J. A. M. (1999). Group Model-Building: Tackling Messy Problems. *System Dynamics Review*, 15 (4), 379-401.

Primljeno 29. marta 2012,  
nakon revizije,  
prihvaćeno za publikovanje 27. aprila 2012.

**Dejana Zlatanović** je asistent na nastavnim predmetima Ekonomska kibernetika i Teorija sistema - primena u poslovnoj ekonomiji, na Ekonomskom fakultetu Univerziteta u Kragujevcu, gde je magistrirala iz oblasti Organizacione kibernetike. Osnovna područja njenog naučno-istraživačkog interesovanja su kibernetički pristup bavljenju kompleksnim problemima poslovne ekonomije, sistemska konceptualizacija i upravljanje problemskim situacijama u preduzećima.

---