

Dr. sc. Ivona Milić Beran
Sveučilište u Dubrovniku, Pomorski odjel
ivona@unidu.hr

UIDK 330.3(497.5):009.94
Prethodno priopćenje

Dr. sc. Ante Munitić
Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet
ante.munitic@pfst.hr

Mr. sc. Zorica Krželj Čolović
Sveučilište u Dubrovniku
Odjel za ekonomiju i poslovnu ekonomiju
zkrzelj1@gmail.com

SISTEMSKODINAMIČKO SIMULACIJSKO MODELIRANJE UTJECAJA TEHNOLOŠKOG KAPITALA NA GOSPODARSKI RAST REPUBLIKE HRVATSKE

SAŽETAK

Razvoj znanosti i tehnologije ima veliku ulogu u ekonomskom rastu. U nekim razvijenim zemljama utjecaj tehnološkog rasta dosegnuo je 60 - 70% izmjereno u postotku u usporedbi s drugim čimbenicima. Tehnologija postaje glavna snaga ekonomskoga rasta. Znanost i tehnika, teorija i praksa sve se više povezuju u jedinstveni lanac što potiče daljnji razvitak tehnike i tehnologije, dakle stvara potrebu trajne inventivno-inovacijske aktivnosti. Globalizacija, a posebno globalizacija gospodarstva, izravan je rezultat znanstveno-tehnološke revolucije. Njome se stvaraju veze i prostor za dalji razvitak proizvodnih snaga. Glavna je osnova globalizacije tehnološki razvitak kojim se svijet prostorno i vremenski smanjuje uz kvalitativne i kvantitativne promjene u ekonomskom, političkom i kulturnom području. Sistemskodinamičko simulacijsko modeliranje jedan je od najprimjerenijih i najuspješnijih znanstvenih načina modeliranja dinamike složenih, nelinearnih, prirodnih, gospodarskih i tehničkih sustava. Ono omogućuje praćenje i procjenu utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast Republike Hrvatske izrađeni su: strukturni dijagram, mentalno-verbalni model i matematički model za vremensko razdoblje od 1999. do 2009. Budući da sistemskodinamički simulacijski model omogućuje dobivanje odgovora na pitanja "što-ako", postavljena su dva scenarija prema kojima se analizira gospodarski rast pod utjecajem promjene tehnološkog kapitala. Prvi scenarij daje odgovor na pitanje što bi se dogodilo s gospodarskim rastom Hrvatske u promatranom razdoblju da je bio prisutan stalni porast ulaganja u razvoj i istraživanje, u implementiranje tehnologije naprednih zemalja i u investicije. Drugi scenarij daje odgovor na pitanje što bi se dogodilo s gospodarskim rastom Hrvatske da je udio tehnološkog kapitala u ostvarenom gospodarskom rastu umjesto 0,1 (kakav je u Hrvatskoj) 0,39.

Ključne riječi: tehnološki kapital, gospodarski rast, sistemska dinamika, strukturni model i dijagram tijeka

1. Uvod

U ovom radu obrađuje se kvalitativno i kvantitativno sistemskodinamičko modeliranje utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast. Svrha rada je razviti sistemskodinamički model utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast Republike Hrvatske koji će omogućiti bolje razumijevanje i upravljanje tehnološkim kapitalom.

Za izradu sistemskodinamičkog modela u radu će se:

- obraditi tehnološki kapital,
- izraditi sistemskodinamički strukturni i mentalno-verbalni model utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast,
- razviti matematički model gospodarskoga rasta,
- izvršiti analiza utjecaja tehnološkoga kapitala na gospodarski rast u Hrvatskoj.

Tehnološki kapital je važan čimbenik gospodarstva koji svojim, kako neposrednim tako i posrednim djelovanjem, utječe na gospodarski rast.

Gospodarski rast i razvoj temelje se na kombinaciji optimalnog funkcioniranja obrazovnog sustava i razine razvoja istraživačkih kapaciteta koji utječu na razvoj inovacija i tehnologije. Naime, obrazovani zaposlenici, postaju pokretač stvaranja znanja koja omogućuju veći broj inovacija. Inovacije dovode do tehnoloških promjena koje značajno ubrzavaju gospodarski rast.

Sistemskodinamički pristup modeliranju uključuje četiri faze: kvalitativno modeliranje, kvantitativno modeliranje, ispitivanje modela i eksperimentiranje. Tijekom faze kvalitativnog modeliranja, kreira se verbalno-mentalni model, strukturni model i dijagram tjeka.

Sistemska dinamika izvanredno je sredstvo za proučavanje dinamike ponašanja prirodnih, tehničkih i društvenih realiteta, to jest sustava različite prirode i obilježja među kojima postoji relativno visok stupanj analogije. Metodologija njezina rada, uključujući i uporabu digitalnih računala, u dosadašnjoj se praksi pokazala kao učinkovito sredstvo za rješavanje problematike: upravljanja, ponašanja, osjetljivosti, fleksibilnosti i proučavanja dinamike ponašanja sustava koji imaju visok stupanj složenosti i to računalnim simuliranjem, dakle "laboratorijski", što

znači bez opasnosti za promatrane realitete.

U radu se rabi metodologija sistemskodinamičkog modeliranja koja je relativno malo rabljena u istraživanjima ekonomskih problema. Ona ne samo da integrira postojeća znanja i poboljšava razumijevanje novih područja odnosa složenih prirodnih i društveno-ekonomskih sustava, već se može primijeniti za vrjednovanje širokog raspona scenarija i projektiranja boljih strategija ili politika kako bi se zadovoljili razvojni trendovi suvremenoga svijeta.

Scenariji prema kojima se analizira gospodarski rast pod utjecajem promjene tehnološkog kapitala obuhvaćaju analizirano vremensko razdoblje od 10 godina s namjerom da se dobije odgovor na pitanja: "Kako bi se mijenjao gospodarski rast Hrvatske da je bio prisutan stalni porast ulaganja u razvoj i istraživanje te u implementiranje tehnologije naprednih zemalja i u investicije u analiziranom razdoblju kao i utjecaj promjene udjela tehnološkog kapitala u ostvarenom gospodarskom rastu umjesto 0,1 na 0,39".

2. Tehnološki kapital

Održivost dugoročnoga gospodarskoga rasta, bogatstvo naroda i životni standard ljudi ovise velikim dijelom o stanju tehnologije. U posljednjih 10 do 15 godina, došlo je do zamjetnog pomaka u razumijevanju veze između gospodarskoga rasta i razvoja, razvoja ljudskih resursa, istraživanja, inovacije i tehnologije¹.

Na sjednici Vlade Republike Hrvatske 5. svibnja 2006. prihvaćen je dokument "Znanstvena i tehnološka politika Republike Hrvatske 2006. - 2010"². Ovaj strateški dokument predstavlja viziju razvoja sustava znanosti i tehnologije u Republici Hrvatskoj o čijem ubrzanom razvoju i kvalitetnoj preobrazbi ovisi preobrazba Hrvatske u društvo znanja. Kako bi se realizirao ovaj cilj, neophodna je uspješna implementacija strategije kao i promjene u obrazovnom sustavu.³

S jedne strane, treba posvetiti znatne napore u razvoju obrazovanja i znanosti, a s druge strane, uvođenju napredne tehnologije. Veći napori trebaju biti

1 I. P. Bagolini, "Human Development Index (HDI) and its family of indices: an evolving critical review", *Revista de Economia*, Vol. 34, No. 2, str. 7-28., 2008.

2 <http://public.mzos.hr/>

3 Ibid.

usmjereni prema razvoju tehnologije i znanosti radi hvatanja koraka s tehnološkom razinom u razvijanim zemljama.⁴

Tehnološki napredak omogućuje rast izlaza čak i ako se ne povećavaju kapital ili rad, radi toga je jedan od osnovnih čimbenika ekonomskog rasta. Tehnološki napredak povećava output (izlaznost) izravno kroz proizvodnu funkciju, a također povećava i ukupni kapital.

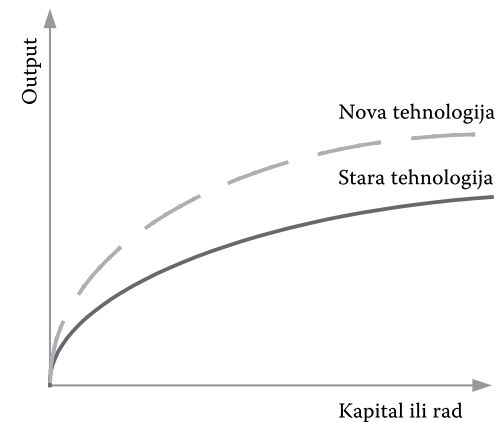
Proizvodna funkcija pokazuje da se output (izlaznost) može povećati na tri načina:

- - povećanjem kapitalnih dobara,
- - povećanjem zaposlenosti,
- - povećanjem ukupne produktivnosti čimbenika.

Kako bi se povećala kapitalna dobra, potrebno je povećati investicije, a potrošnju, barem u kratkom roku, smanjiti. Slično se odnosi i na povećanje outputa (izlaznosti) povećanjem zaposlenosti, koja pretpostavlja povećanje broja radnih sati, a smanjenje slobodnog vremena.

Povećanjem ukupne proizvodnosti čimbenika može se povećati output (izlaznost) bez smanjenja potrošnje ili povećanja broja radnih sati. Ključna komponenta u povećanju produktivnosti je tehnološki napredak. Na slici 1. može se uočiti utjecaj razine tehnologije na output (izlaznost). Za zadani nivo kapitala ili rada output (izlaznost) se može povećati bez smanjenja potrošnje ili štednje povećanjem razine tehnologije.

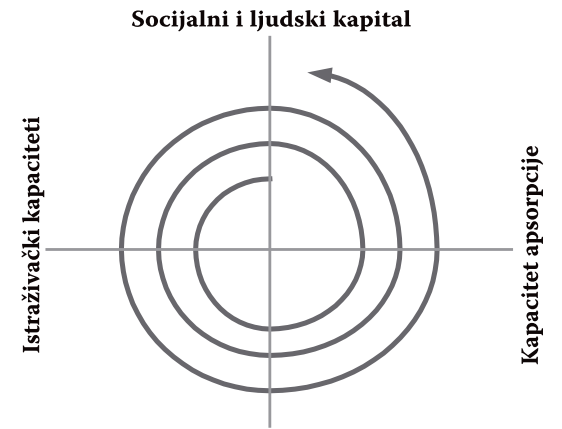
Slika 1. Utjecaj tehnološkog napretka na output



4 I. Milić Beran, Modeliranje i simulacija gospodarskog rasta Republike Hrvatske metodom sistemske dinamike, Doktorska disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet, Osijek, str. 128., 2012.

Razvoj informacijske i telekomunikacijske tehnologije značajno je snizio troškove poslovanja te olakšao interakciju u razmjeni znanja koje je postalo temeljni čimbenik proizvodnje dobara i usluga. Za materijalnu proizvodnju više nije bitno da se proizvodi staro-usavršeno, nego nešto novo. Za to novo potrebno je znanje. Znanost i tehnika, teorija i praksa sve se više povezuju u jedinstveni lanac, što potiče daljnji razvitak tehnike i tehnologije, dakle stvara potrebu trajne inventivno-inovacijske aktivnosti. Soete⁵ ističe utjecaj tehnologije i inovacija na gospodarski rast što je prikazano na slici 2.

Slika 2. "Idealan" krug utjecaja ljudskih resursa, tehnologije, inovacija i sposobnosti njihove apsorpcije na gospodarski rast i razvoj



Tehnološke i inovacijske karakteristike

Izvor: Soete, L.: *Kako Sveučilišta promiču gospodarski rast*, Svjetska banka, Washington, 2007.

Graf predočava spiralu utjecaja ljudskih resursa, tehnologije, inovacija i sposobnosti njihove apsorpcije na gospodarski rast. Gospodarski rast i razvoj temelje se na kombinaciji optimalnog funkcioniranja obrazovnog sustava i razine razvoja istraživačkih kapaciteta, koji utječu na razvoj inovacija i tehnologije. Naime, obrazovani zaposlenici, postaju pokretač stvaranja znanja, koja omogućuju veći broj inovacija. Inovacije dovode do tehnoloških promjena, koje značajno ubrzavaju gospodarski rast.⁶

5 L. Soete, *Kako Sveučilišta promiču gospodarski rast*, Svjetska banka, Washington, 2007.

6 N. Karaman Aksentijević, Z. Ježić, *Human Resources development...*, Zb. rad. Ekon. fak. Rij., • vol. 27 • sv. 2, 2009., str. 263-291.

U zemlji koja želi uhvatiti korak s razvijenim zemljama, kao što je Hrvatska, razumijevanje tehnološkog napretka kao komponente gospodarskog rasta od presudne je važnosti. Nije moguće osigurati kompetitivnost i konkurentnost nacionalnog gospodarstva bez adekvatnog ulaganja u razvoj novih tehnoloških inovacija i većeg povezivanja znanosti i industrije. Hrvatska za znanstvena istraživanja i inovacije izdvaja samo 0,71% BDP-a u 2010., dok je prosjek u razvijenim zemljama oko 3%. U Hrvatskoj je 2009. bilo 5,6 aplikacija za patente na milijun stanovnika, što je 15 puta manje od Slovenije, 38 puta manje od Estonije, 25,5 puta manje od Češke, dok je prosjek u EU bio 108 patenata, što je 20-ak puta više nego u Hrvatskoj.⁷

Potrebno je povezati i umrežiti znanstvene institute, tehnološke parkove i gospodarstvo u okviru učinkovitoga nacionalnoga inovacijskog sustava i povećati izdvajanje za istraživanje i razvoj. Iz krize koja potresa svijet evidentno najbrže izvlače se zemlje koje su kroz dulje razdoblje više ulagale upravo u znanost i obrazovanje.

Opravljanost investiranja u intelektualni kapital potvrđuje istraživanje provedeno na University of Pennsylvania; ono pokazuje odnos između obrazovanosti i produktivnosti: u prosjeku, povećanje obrazovanja kod radne snage od 10% povećava ukupnu produktivnost za oko 8,6%, a 10% povećanja kapitalne opremljenosti povećava produktivnost za svega 3,4%.⁸

Hrvatska ima mogućnost gospodarskoga rasta prije svega ulaganjem u razvoj obnovljivih izvora energije, u nanotehnologiju i kemijsku industriju, te u proizvodnju hrane i pića.

3. Sistemskodinamički strukturni i mentalno-verbalni model tehnološkog kapitala

Simulacijsko modeliranje systemske dinamike ostvaruje se kao proces. Taj proces obično počinje definiranjem problema, identifikacijom ključnih varijabla i njihovim ponašanjem tijekom vremena te prikazom uzročno-posljedične veze među njima u dijagramu uzročnih petlja. Ako je potrebna simulacija modela, kvalitativni dijagrami uzročnih pet-

lja moraju se pretvoriti u kvantitativni model. To se ostvaruje s pomoću dijagrama stanja i tijeka u kojemu su neke varijable modelirane kao varijable stanja, a druge kao tijekovi između varijabla stanja. Nakon formiranja dijagrama stanja i tijeka, model se mora kalibrirati i potvrditi prije početka simulacije.⁹

Cilj je ovom radu razviti sistemskodinamički simulacijski model utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast, koji će pridonijeti boljem razumijevanju utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast Republike Hrvatske.

Ključne varijable u modelu su: gospodarski rast, tehnološki kapital, ljudski kapital, visoko obrazovanje, investicije, tehnologija naprednih zemalja i intelektualni kapital. Dinamički prikaz neposrednog i posrednog djelovanja navedenih varijabla predočen je strukturnim dijagramom u kojem su:

- veličine vremenski varijabilne,
- sile koje uzrokuju promjene opisuju se uzročno-posljedično,
- uzročno-posljedična djelovanja sadržana su unutar zatvorenih sustava tj. krugova povratnog djelovanja – KPD.

Na osnovi analize parametara koji utječu na tehnološki kapital i interakcijskog djelovanja ljudskoga, intelektualnoga i tehnološkog kapitala, projektiran je njegov strukturni model koji je prikazan na slici 3. Osnovne su veličine u modelu relativne promjene: industrije, investicija, tehnologije naprednih zemalja, visokog obrazovanja, ljudskoga kapitala, tehnološkoga kapitala, intelektualnoga kapitala i gospodarskog rasta u vremenskom razdoblju od 1999. do 2009.

Na slici 3. uočava se osam krugova povratnog djelovanja (KPD) s uzročno-posljedičnim vezama koje mogu biti pozitivne ili negativne. Ako element - A svojim rastom izaziva rast elementa - B, tada uzročno-posljedična veza ima pozitivan predznak (+).

Ako element - A svojim rastom izaziva smanjenje elementa - B, tada uzročno-posljedična veza ima negativan predznak (-).

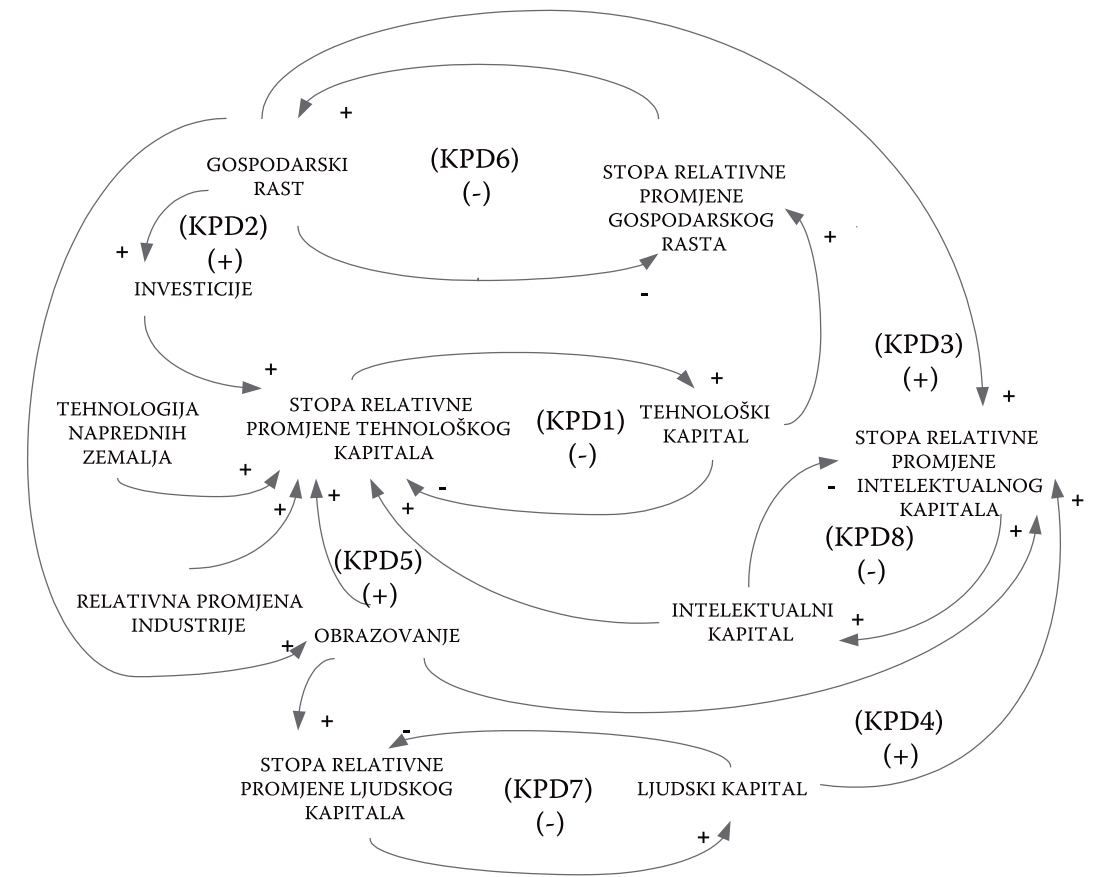
Ako u krugu povratnog djelovanja sve uzročno-posljedične veze imaju pozitivan predznak, tada povratna sprema ima globalni pozitivan predznak (+), odnosno radi se o pozitivnom krugu povratnog djelovanja.

Ako u krugu povratnog djelovanja postoje i pozitivne i negativne uzročno-posljedične veze, tada globalni predznak kruga povratnog djelovanja određuje suma negativnih predznaka, to jest uzročno-posljedičnih veza:

- ako je paran broj negativnih predznaka tada je globalni predznak povratne sprege pozitivan (+),
- ako je neparan broj negativnih uzročno-posljedičnih veza, tada je globalni predznak povratne sprege negativan (-).¹⁰

Prema dijagramu na slici 3. formira se mentalno-verbalni model koji je rezultat mentalnog modeliranja utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast.

Slika 3. Strukturni dijagram tehnološkog kapitala



Krug povratnog djelovanja (KPD1) čine: tehnološki kapital (TK) i stopa relativne promjene tehnološkog kapitala (STK). Ako se poveća STK povećava se TK, uzročno-posljedična veza je pozitivna(+). Ako se poveća TK smanjuje se STK, što znači da je KPD1 negativan. Na STK djeluju: investicije (INV), tehnologija naprednih zemalja (TNZ), relativna promjena industrije (RIND), obrazovanje (OB) i intelektualni kapital (IT). Povećanje navedenih varijabla ima pozitivan dinamički karakter, što znači da povećanjem bilo koje od navedenih varijabla rezultira povećanjem TK.

Drugi krug povratnog djelovanja čine $STK - TK - SGR - GR - INV - STK$, gdje su nove varijable označene sa: SGR- stopa relativne promjene gospodarskog rasta i GR – gospodarski rast. U KPD2 sve unutarnje dinamičke veze su pozitivnog karaktera pa je krug povratnog djelovanja pozitivnog dinamičkog karaktera.

7 http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/science_technology_innovation/introduction

8 A. Pulić, D. Sundać, Intelektualni kapital, I.B.C.C., Rijeka, 1997, str. 61.

9 Prema J. W. Forrester, P. W. Senge, Tests for building confidence in system dynamics models, TIMS Studies in the Management Sciences 14, 1980.

10 A. Munitić, Kompiuterska simulacija, Brodosplit, Split, 1989., str. 33.

Krug povratnog djelovanja (KPD3) koji tvore *STK* – *TK* – *SGR* – *GR* – *SIK* – *IK* – *STK*, gdje su nove varijable označene sa: *SIK* – stopa relativne promjene intelektualnog kapitala i *IK* – intelektualni kapital. KPD3 je pozitivnog dinamičkog karaktera jer su sve unutarnje veze pozitivne.

Četvrti krug povratnog djelovanja (KPD4) koji tvore *STK* – *TK* – *SGR* – *GR* – *OB* – *SLJK* – *LJK* – *SIK* – *IK* – *STK*, gdje su nove varijable označene sa: *SLJK* stopa relativne promjene ljudskog kapitala i *LJK* – ljudski kapital. KPD4 je pozitivnog dinamičkog karaktera jer su sve unutarnje veze pozitivne.

Peti krug povratnog djelovanja (KPD5) koji tvore *STK* – *TK* – *SGR* – *GR* – *OB* – *STK* je pozitivnog dinamičkog karaktera jer su sve unutarnje veze pozitivne.

Krug povratnog djelovanja (KPD6) čine *GR* i *SGR*. Povećanjem *GR* smanjuje se *SGR*, a povećanjem *SGR* povećava se *GR* pa je KPD6 negativnog dinamičkog predznaka.

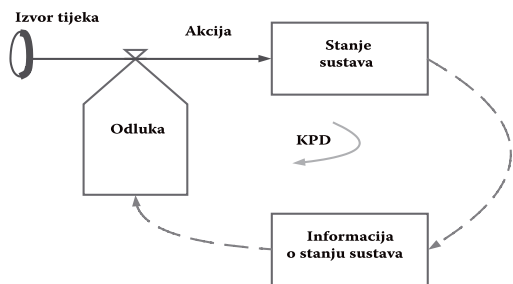
Krugovi (KPD7) i (KPD8) koje čine *LJK* i *SLJK* odnosno *IK* i *SIK* ponašaju se kao KPD6 i poradi toga su negativnog samoregulatora karaktera.

Na osnovi strukturnog modela i mentalno-verbalnog modela izrađuje se dijagram stanja i tijeka sustava u DYNAMO simbolici. Dijagram je tijekom kvantitativni model sustava, ističe temeljnu fizičku strukturu sustava i pruža više informacija od strukturnog dijagrama.

Na slici 4. uočavaju se četiri osnovne karakteristike dijagrama stanja i tijeka:

- stanja sustava,
- tijekovi između stanja,
- funkcija upravljanja kojom se kontroliraju količine materije, energije ili informacija koje teku između stanja sustava,

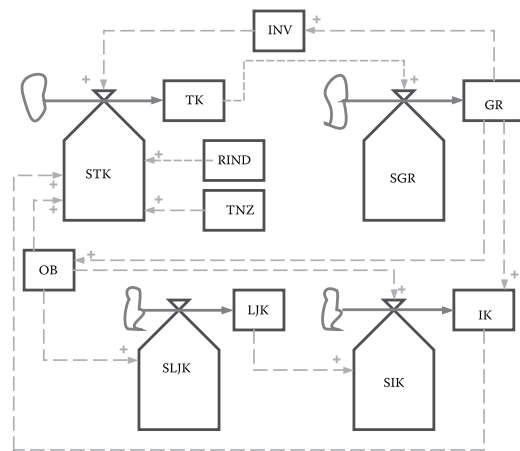
Slika 4. Dijagram stanja i tijeka u DYNAMO simbolici



- informacijski kanali koji povezuju stanja sustava s upravljačkom funkcijom.¹¹

Na osnovu analize strukturnog i mentalno-verbalnog modela utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast izrađen je dijagram stanja i tijeka tehnološkog kapitala predočen je na slici 5.

Slika 5. Dijagram stanja i tijeka tehnološkog kapitala



Stanje gospodarskog rasta ovisi o njegovom prethodnom stanju i brzini njegove promjene. Brzina promjene gospodarskog rasta ovisi o stanju tehnološkog kapitala. Stanje tehnološkog kapitala ovisi o prethodnom stanju i brzini njegove promjene. Na brzinu promjene tehnološkog kapitala djeluju promjene intelektualnog kapitala, tehnologija naprednih zemalja, industrija, investicije, obrazovanje i gospodarski rast.

4. Matematički model

Nakon definiranja problema, što je prva faza sistemskoga dinamičkog modeliranja, slijedi druga faza – konceptualizacija sustava. Ona obuhvaća razvoj matematičkoga modela na temelju izrađenih uzročno-posljedičnih dijagrama i strukturnog modela sustava.

¹¹ A. Munitić, P. Ristov: Sistemaska dinamika, Sveučilište u Splitu Pomorski fakultet, Split, 2009.

Faza izrade matematičkoga modela je najvažnija u cijelome procesu sistemskoga dinamičkog modeliranja.

Matematički model jedna je podvrsta svih mogućih tipova simboličkih modela. Može se definirati kao zapis u obliku nekakve matematičke strukture koja je preslik odnosa između procesnih veličina te svojstava prostora u kojemu se proces odvija. Također se može reći da je matematički model simbolizirana postavka ili hipoteza o načinu na koji će se promatrani proces odvijati i da je njegovom raščlambom moguće dobiti odgovore o ponašanju stvarnog procesa. Dinamički matematički model postavlja se teorijskim putem uz primjenu osnovnih zakona ponašanja sustava.

Cobb-Douglasova formula je osnovno polazište za izradu matematičkoga modela utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast.

$$GR = GR_0 + \int_{t_1}^{t_2} SGR dt \quad (1)$$

$$SGR = \frac{d}{dt} (k_1 * TK + k_2 * RKD + k_3 * LJK + k_4 * RR) \quad (2)$$

GR u jednadžbi (1) predstavlja relativnu vrijednost gospodarskog rasta u Hrvatskoj u određenome vremenskom intervalu, a izračunava se zbrojem prethodne vrijednosti gospodarskog rasta i integrala relativne stope promjene hrvatskoga gospodarskog rasta u prethodnome vremenskom intervalu.

SGR predstavlja relativnu stopu promjene gospodarskog rasta koja je jednaka prvoj derivaciji gospodarskog rasta, a dobiva se zbrojem: relativne vrijednosti tehnološkog kapitala *TK*, relativne vrijednosti kapitalnih dobara *RKD*, relativne vrijednosti ljudskog kapitala *LJK* i relativne vrijednosti radnih resursa *RR* multipliciranih s odgovarajućim koeficijentom naznačenim u jednadžbi (2).

Tehnološki kapital, ljudski kapital i intelektualni kapital izračunavaju se prema sljedećim izrazima:

$$TK = TK_0 + \int_{t_1}^{t_2} SRT dt \quad (3)$$

$$SRT = \frac{d}{dt} (k_5 * TNZ + k_6 * RIND + k_7 * INV * KSGR + k_8 * OB * KSGRO + K_9 * IK) \quad (4)$$

$$LJK = LJK_0 + \int_{t_1}^{t_2} SLJK dt \quad (5)$$

$$SLJK = \frac{d}{dt} (k_{12} * O * KSGRO + k_{11} * POP + k_{13} * PK + k_{14} * IK) \quad (6)$$

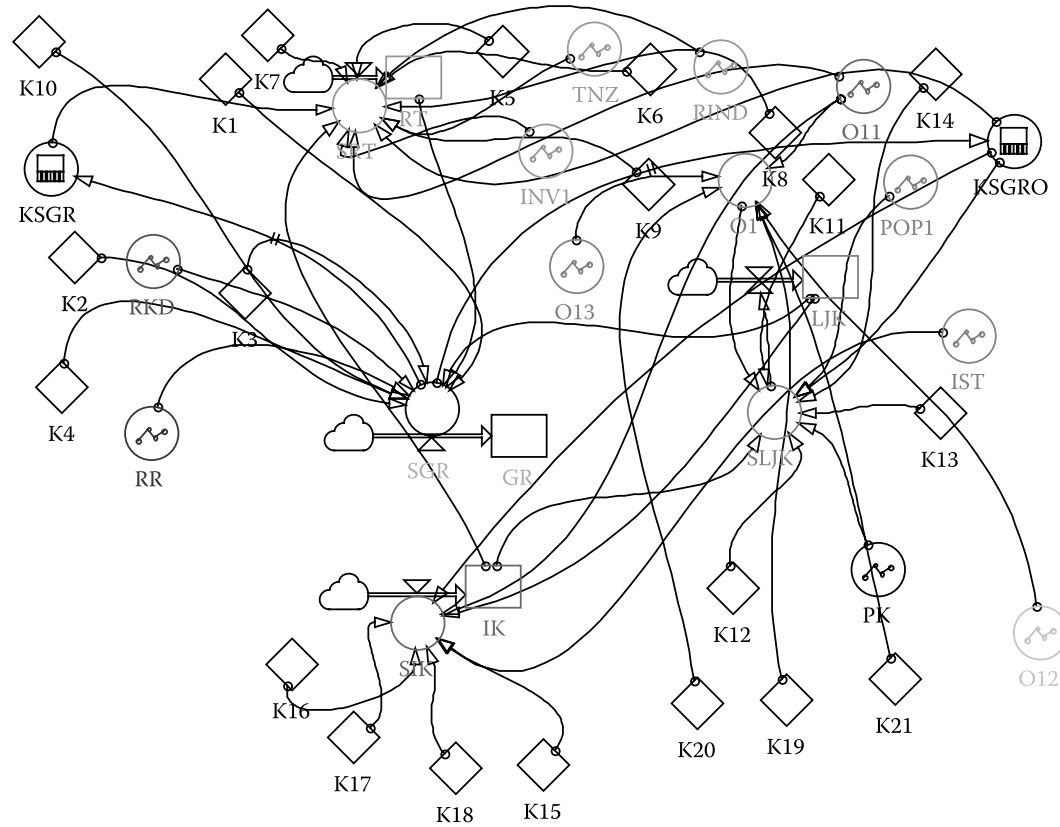
$$IK = IK_0 + \int_{t_1}^{t_2} SIK dt \quad (7)$$

$$SIK = \frac{d}{dt} (k_{15} * OB * KSGRO + k_{16} * LJK + k_{17} * IST) * K_{18} \quad (8)$$

Vrijednosti: psihološkog kapitala, istraživanja, obrazovanja, radnih resursa, populacije, kapitalnih dobara, tehnologije naprednih zemalja, industrije, investicija zadane su tablično. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku i Svjetske banke¹² izračunate su relativne promjene naznačenih čimbenika korištene u simulaciji.

Na slici 6. predočen je kvantitativni model dijagrama tijeka koji je rezultat matematičkoga modela utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast u Republici Hrvatskoj. Kvantitativni je model dobiven uz uporabu softvera Powersim.

¹² www.worldbank.org/poverty/spacial



Slika 6. Kvantitativni model utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast Republike Hrvatske

5. Analiza utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast u Hrvatskoj

Utjecaj tehnološkog kapitala na gospodarski rast, može se analizirati simulacijom utjecaja pojedinih parametara na tehnološki kapital što je prikazano u scenariju 1. Gospodarski rast Hrvatske mjereno je BDP-om.

Scenarij 1.

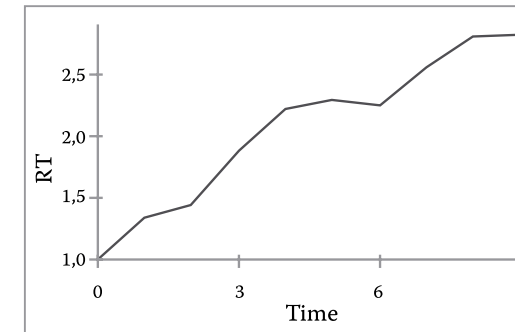
Postoje tri glavna čimbenika koji uzrokuju tehnološki napredak u modelu. To su:

- povećanje obrazovanosti;
- ulaganja u razvoj i istraživanja u tehnologiji;
- uvođenje tehnologije naprednih zemalja.

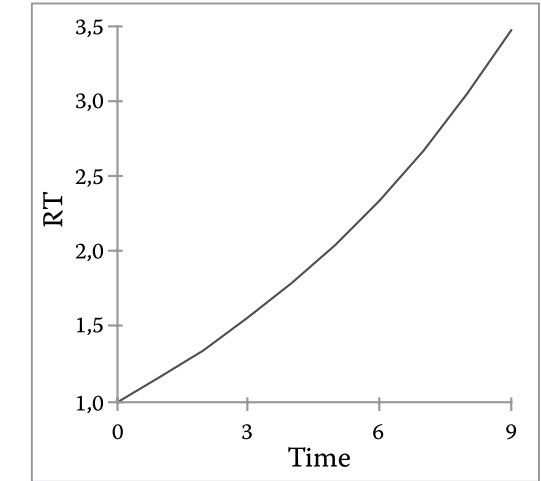
U scenariju 1. analizira se gospodarski rast pod utjecajem promjene tehnološkog kapitala, odnosno dobivanje odgovora na pitanje što bi se dogodilo s gospodarskim rastom Hrvatske kad bi bio prisutan stalni porast ulaganja u razvoj i istraživanje, u implementiranje tehnologije naprednih zemalja i u investicije. Na slici 5a. predložen je stvarni rast tehnološkog kapitala u promatranom razdoblju u Hrvatskoj, a na slici 5b. simulirani rast tehnološkog kapitala.

Simulirani rast tehnološkog kapitala rezultat je usvojenog pretpostavljenog rasta tehnologije naprednih zemalja, istraživanja i razvoja i investicija. U scenariju je pretpostavljeno povećanje broja istraživača u analiziranom razdoblju od 2,7 puta, što je i dalje značajno manji broj istraživača od stvarnog broja istraživača u Sloveniji. Prosječni pretpostavljeni rast uvođenja tehnologije naprednih zemalja je 0,17, a stvarni rast iznosi 0,11. Navedene minimalne promjene rezultirale su povećanjem gospodarskog rasta Hrvatske kako je prikazano na slici 6.

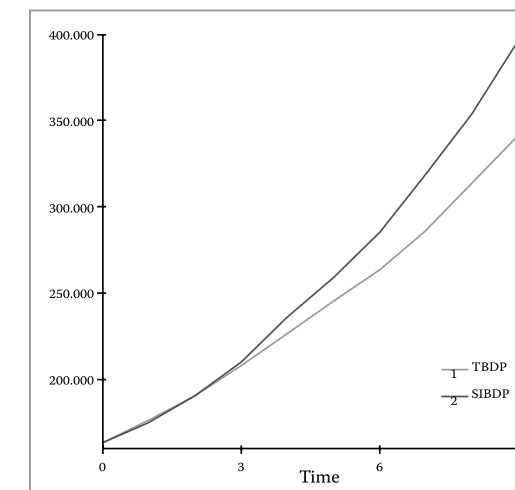
Slika 5a. Dijagram rasta tehnološkog kapitala



Slika 5b. Dijagram simuliranog rasta tehnološkog kapitala



Slika 6. Stvarni i simulirani BDP pri izmjenjenim uvjetima



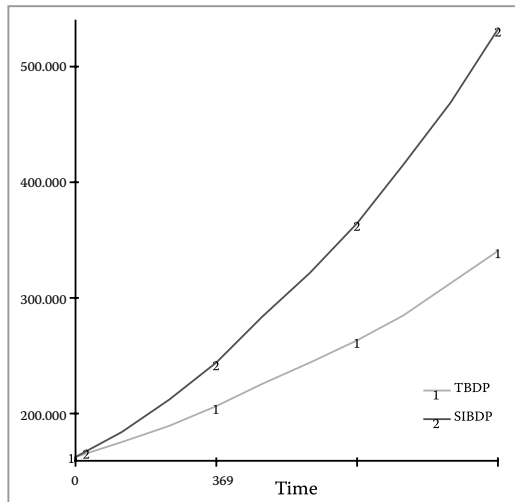
Krivulja 1 prikazuje stvarno kretanje BDP-a u promatranom razdoblju, a krivulja 2 simulirano kretanje BDP-a prema scenariju. Dijagram 2 na slici 6. pokazuje prirast BDP-a koji je ostvaren prema utjecaju pretpostavljenog rasta tehnološkog kapitala, a koji je veći od stvarnog za 16%.

Scenarij 2.

Gospodarstva poput Japana, koji je ostvario apsolutne rekorde u gospodarskom rastu, karakterizira visok udio kapitala (56%) i tehnologije (39%) u ostvarenim stopama ekonomskog rasta. Udio rada u ostvarenoj stopi rasta iznosi tek 5% (vidi Jau – Park, 2003). Istraživanja vezana uz prostor EU-a pokazala su slične rezultate. Tako, primjerice, prosječna stopa ekonomskog rasta ostvarena u EU zoni u razdoblju od 1981. do 2003. godine rezultat je napretka tehnologije (porasta proizvodnosti *inputa*) 47%, akumulacije kapitala 46%, zaposlenosti (rada) 7% (vidi Musso – Westermann, 2005).¹³

Mogućnost povećanja gospodarskog rasta promjenom koeficijenta pojačanja K1 koji se odnosi na udio tehnološkog kapitala u ostvarenom gospodarskom rastu od 0,1 (kakav je u Hrvatskoj) na 0,39 prikazan je u scenariju 2. Na ovaj način se može pratiti direktan utjecaj tehnološkog kapitala na gospodarski rast. Promjena koeficijenta K1, rezultira povećanjem gospodarskog rasta za 55,8%, što je prikazano na slici 7.

¹³ M. Škare, Priroda gospodarskog rasta u Hrvatskoj, EKONOMIJA / ECONOMICS, 14 (1), 2007., str. 109-110



Slika 7. Stvarni i simulirani BDP pri izmjenjenim uvjetima

Krivulja 1 prikazuje stvarni rast BDP, a krivulja 2 simulirani BDP prema scenariju 2 u promatranom razdoblju od 1999. do 2008. godine.

Ocjenjuje se da je sada u Hrvatskoj utjecaj znanja u rastu proizvodnje mali, a ekonomsku politiku treba kreirati na povezivanju sveučilišta, industrije i vlade tako da na ekonomski rast sve više utječe znanje i sustav inovacija. Nova paradigma se temelji na procjeni da će rastu BDP-a, kapital doprinosti oko 50%, rad oko 25%, a treći čimbenik, odnosno znanje oko 25%, s time da će do 2025. taj odnos biti 35:20:45.¹⁴

6. Zaključak

U ovom radu prikazano je kvalitativno i kvantitativno sistemsodinamičko modeliranje utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast.

Ulaganje u tehnološki kapital značajno pridonosi gospodarskom rastu, kako neposredno tako i posrednim djelovanjem na ostale čimbenike gospodarskoga rasta.

Potrebno je posvetiti veće napore razvoju obrazovanja i znanosti, kao i razvoju tehnologije i znanosti radi hvatanja koraka s tehnološkom razinom razvijenih zemalja. Nove tehnologije postaju glavna pogonska snaga gospodarskoga rasta. Potrebno je naglasiti činjenicu da, žele li se realizirati promjene u zemlji i iskoristiti prednosti novih tehnologija, moraju biti ostvareni odgovarajući i politički preduvjeti i odgovarajući socijalni uvjeti.

Sistemska dinamika je suvremena metoda prikazivanja i istraživanja dinamičkog ponašanja složenog sustava. Strukturni dinamički model omogućuje vizualno predočavanje kompleksnih sustava kao što su sustavi tehnološkog kapitala i gospodarskog rasta. Na osnovu mentalno-verbalnog modela izrađen je strukturni dinamički model i dijagram tijeka.

Navedeni modeli poslužili su za izradu matematičkog i simulacijskog modela. Metodologija sistemske dinamike značajna je i po tome što ne obuhvaća samo kompjutorski tip modeliranja već jasno determinira i mentalno, strukturno i matematičko modeliranje istih realiteta sustava. Postavljeni scenariji pokazuju da sistemsodinamički model utjecaja tehnološkog kapitala na gospodarski rast omogućuje sagledavanje učinka interakcijskog djelovanja pojedinih parametara i reakcije na promjene pojedinih čimbenika.

Prema dobivenim rezultatima, može se zaključiti da je za brži gospodarski rast u Republici Hrvatskoj prijeko potrebno dati poseban naglasak na ulaganje u tehnološki kapital. Takvo ulaganje omogućilo bi otvaranje novih radnih mjesta, smanjenje poreza, zadovoljnije ljude, veću učinkovitost, kvalitetnije obrazovanje, što bi rezultiralo sinergijskim djelovanjem i značajnim povećanjem gospodarskoga rasta.

LITERATURA:

1. Bagolini, I. P.: Human Development Index (HDI) and its family of indices: an evolving critical review, *Revista de Economia*, Vol. 34, No. 2, 2008.
2. Domazet, T.: Novi model za razvoj i ekonomsku politiku, Zbornik radova 19. tradicionalnog savjetovanja HDE, Opatija 2011.
3. Forrester, J. W., Senge, P. W.: 'Tests for building confidence in system dynamics models', *TIMS Studies in the Management Sciences* 14, 1980.
4. Karaman Aksentijević, N., Ježić, Z.: Human Resources development and research capacity and their impact on economic growth, Zbornik radova Ekonomskog fakulteta Rijeka, vol. 27, sv. 2, Rijeka, 2009.
5. Milić Beran, I.: Modeliranje i simulacija gospodarskog rasta Republike Hrvatske metodom sistemske dinamike, Doktorska disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet, Osijek, 2012.
6. Munitić, A., Ristov, P.: Sistemska dinamika, Sveučilište u Splitu Pomorski fakultet, Split, 2009.
7. Munitić, A.: Kompjuterska simulacija uz pomoć sistemske dinamike, Brodosplit, Split, 1989.
8. Munitić A., Ristov P., Milić Beran I.: Dinamika procesa učenja uz pomoć kibernetičkih sustava, *Naše more*, Vol.56, No 3-4, Dubrovnik, 2009.
9. Pulić, A., Sundać D.: Intelektualni kapital, I.B.C.C., Rijeka, 1997.
10. Soete, L.: Test of Technological Gap Trade Theory, *Review of World Economics*, Vol.117, 1981., pp. 638-59.
11. Škare, M.: Priroda gospodarskog rasta u Hrvatskoj, *EKONOMIJA / ECONOMICS*, 14 (1), 2007.
12. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/science_technology_innovation/
13. <http://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS/countries/1W-HR?display=graph>
14. <http://public.mzos.hr/>

¹⁴ T. Domazet, Novi model za razvoj i ekonomsku politiku, Zbornik radova 19. tradicionalnog savjetovanja HDE, Opatija 2011., str. 118.

Ivona Milić Beran
Ante Munitić
Zorica Krželj Čolović

SYSTEM DYNAMICS SIMULATION MODELLING OF THE IMPACT OF TECHNOLOGY CAPITAL ON ECONOMIC GROWTH OF THE REPUBLIC OF CROATIA

ABSTRACT

The development of science and technology plays a major role in economic growth. In some developed countries, the impact of technological advancement has reached 60-70% relative to other factors. Technology has become the main force in economic growth.

Science and technology, theory and practice have become increasingly linked forming a single chain, promoting further development of technology, thus creating a need for continuous innovation and invention activities.

Globalization, in particular the globalization of the economy, is a direct result of the scientific and technological revolution which creates links and scope for further development of the productive forces. The underlying driving force of globalization is technological development which makes the world a smaller place, both in terms of space and time, bringing qualitative and quantitative changes to the economic, political and cultural fields.

System dynamics simulation modelling is one of the most suitable and effective scientific methods for modelling the dynamics of complex, non-linear natural, economic and technical systems. It enables monitoring and assessment of the impact of technology capital on economic growth.

In creating a system dynamics simulation model of the impact of technology capital on economic growth of the Republic of Croatia we have created a structure diagram, mental-verbal model and mathematical model for the period between 1999 and 2009. Since system dynamics simulation model provides answers to the "what if" questions, two scenarios were constructed to analyse the economic growth influenced by technology capital change.

The first scenario gives an answer to the question what would have happened to the economic growth of Croatia in the relevant period had there been a steady increase in investment in research and development, the implementation of advanced technology and investment in general.

The second scenario gives an answer to the question what would have happened to the economic growth of Croatia had the share of the technology capital in the achieved economic growth been 0.39 instead of 0.1 (as recorded in Croatia).

Keywords: technology capital, economic growth, system dynamics, structure model and flow chart