



UNIVERZITET U NIŠU  
EKONOMSKI FAKULTET  
Časopis „EKONOMSKE TEME”  
Godina izlaženja 50, br. 4, 2012, str. 511-533  
Adresa: Trg kralja Aleksandra Ujedinitelja 11, 18000 Niš  
Tel: +381 18 528 624 Fax: +381 18 4523 268

## ZNANJE I INOVATIVNOST KAO FAKTOR DRUŠTVENO-EKONOMSKOG RAZVOJA ZEMLJE: STATISTIČKO-EKONOMETRIJSKI MODEL

Slavica Jovetić\*

Nenad Janković\*

**Rezime:** *Savremeni uslovi poslovanja su uticali na porast značaja ulaganja u znanje, tehnologiju i inovativnost. Porast opšteg nivoa obrazovanja je doprineo da paradigma „posao za ceo život“ bude zamenjena novom, „učenje tokom celog života“, pri čemu se obrazovanje smatra jednim održivim resursom konkurentne prednosti u dugom roku. Ulaganje u znanje treba da bude u uzročno-posledičnoj vezi sa ostalim faktorima kao što su ulaganje u istraživanje i razvoj, primena rezultata istraživanja, inovacije i razvoj i primena novih tehnologija. Zbog toga inovacija predstavlja srž strategije Evropa 2020, što treba da dovede do stvaranja neke vrste „Inovacione unije“. Poslednja revizija familije ISO standarda pokazuje da se održivi uspeh organizacije postiže efektivnim i efikasnim sistemom menadžmenta kvalitetom, upravljanjem faktorima dejstva iz okruženja, učenjem i primenom poboljšanja i inovacija. Primenom ovog standarda postiže se stalno unapređenje performansi organizacije i stalno poboljšanje i prevazilaženje zadovoljenja korisnika i ostalih zainteresovanih strana. Cilj rada je specificiranje statističko-ekonometrijskog modela koji treba da pokaže od kojih faktora zavisi ekonomski rast i stepen razvijenosti zemalja. Na osnovu formirane baze podataka i specificiranog modela utvrđen je oblik, tip i smer funkcionalnog slaganja između zavisno promenljive – bruto domaćeg proizvoda po stanovniku i izabranih nezavisnih promenljivih i testirane su hipoteze pomoću regresionih modela.*

**Ključne reči:** *znanje, inovativnost, ekonomski razvoj, statističko-ekonometrijski model*

### 1. Uvod

Konstantne i veoma dinamične promene ekonomskih, tehnoloških i društveno-političkih prilika dovele su do toga da se sve više ističe značaj ulaganja

---

\* Univerzitet u Kragujevcu, Ekonomski fakultet, sjovetic@kg.ac.rs  
UDK 005.6

001.101+330.341.1]:330.34, pregledni rad  
Primljeno: 26.09.2012. Prihvaćeno: 29.11.2012.  
Rad je rezultat istraživanja u okviru projekta br. 47005, finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

u znanje, tehnologiju i inovativnost. Danas ekonomski razvoj zahteva mnogo više od prostog prepuštanja tržišnim snagama i komparativnim prednostima, pri čemu sektor istraživanja i razvoja i obrazovni sistem postaju ključni faktori. Inovacioni sistem, shvaćen kao skup institucija i njihovih interakcija usmerenih ka stvaranju novih znanja i primeni postojećih, postaje deo infrastrukture svake moderne privrede. Primetan je trend porasta opšteg nivoa obrazovanja, gde je paradigma „posao za ceo život“ zamenjena novom paradigmatom „učenje tokom celog života“. Pored formalnog, sve više pažnje se posvećuje i neformalnom načinu obrazovanja. Jednostavno, učenje i usavršavanje na svim poljima postaje neophodnost, pri čemu dinamične i turbulentne uslove poslovanja ne treba tretirati kao pretnju, već kao potencijalnu šansu za uspeh i napredak u narednom periodu. Više nije dovoljno posedovati prirodne resurse, tehnologiju ili finansije – obrazovanje se smatra jedinim održivim resursom konkurentske prednosti u dugom roku. Svakako, obrazovanje treba da bude u određenoj uzročno-posledičnoj vezi sa ostalim faktorima kao što su ulaganje u istraživanje i razvoj, primena rezultata istraživanja, inovacije i razvoj i primena novih tehnologija (Veselinović, Stanišić i Janković 2011, 153-154)

Evropska unija, kao jedna od vodećih svetskih ekonomija, prati navedene svetske trendove i čini veliki napor da stvori društvo zasnovano na znanju. Vreme ograničenja državnih budžeta, klimatskih promena, nestašica energije i resursa, velikih demografskih promena (zdravlje i starenje populacije) i povećanja globalne konkurencije (samo su neki od problema koji iz dana u dan sve više dobijaju na značaju), u još većoj meri pojačava efekte adekvatnog upravljanja znanjem i inovacijama, pri čemu jedna od najznačajnijih uloga pripada državi koja uobličavanjem određenih zakonskih okvira treba da stvori povoljan makroekonomski ambijent za njihovo unapređivanje. Iz tog razloga, kada se posmatraju evropski okviri, inovacija predstavlja srž strategije Evropa 2020, što treba da ima za posledicu stvaranje neke vrste „Inovacione unije“. Najveći izazov za Evropsku uniju i njene zemlje članice je da pristup inovacijama podignu na jedan viši, strateški nivo gde će inovacije predstavljati jedan sveobuhvatni politički cilj koji će se posmatrati pre svega sa aspekta srednjeg i dugog roka. Svi instrumenti, mere i finansije treba da budu kreirane tako da doprinesu inovacijama. Nacionalna i regionalna politika treba da budu usklađene i da se međusobno podstiču, dok najviši politički nivo utvrđuje strateški plan, redovno prati napredak i otklanja nedostatke. Naravno, stvaranje ovakve unije treba da doprinese ostvarivanju određenih, pre svega, ekonomskih ciljeva.

Proizvodi visoke tehnologije, zasnovani na znanju i modernim dostignućima, su postali preduslov ekonomskog razvoja na dugi rok pri čemu je usaglašenost privredne i izvozne strukture bitna pretpostavka uspešnog konkurisanja na zajedničkom, otvorenom tržištu (Jovetić, Stanišić 2009a, 1). Nepovoljna struktura izvoza nerazvijenih zemalja (izvoze se uglavnom proizvodi niže faze prerade) je postala u velikoj meri ograničavajući faktor za razvoj njihove privredne strukture. Ulaganje u obrazovanje, istraživanje i razvoj i podsticanje

## **Znanje i inovativnost kao faktor društveno-ekonomskog razvoja zemlje: statističko-ekonometrijski model**

---

inovativnosti mogu biti ključni faktori poboljšanja te strukture čime se može stvoriti pozitivan efekat na celokupnu konkurentnost. U suprotnom, nerazvijene zemlje će i dalje ostati mesto gde se izmeštaju poslovi za čije obavljanje je potrebno manje veština i koji se mogu obavljati uz niže troškove zbog jeftinije radne snage.

Cilj ovog rada je specificiranje adekvatnog statističko-ekonometrijskog modela. Dobijeni model će omogućiti ostvarenje i ostalih opštih ciljeva: stvaranja platforme za uspješno odlučivanje i upravljanje u oblasti naučno-tehnološkog razvoja, baziranog na naučno fundiranim informacijama; komparativnu analizu sa zemljama visokog-tehnološkog razvoja i sa zemljama iz okruženja, pozicioniranje i anticipiranje društveno-privrednog i naučnotehnološkog razvoja Srbije; formiranje statističke baze podataka koja bi omogućila dobijanje naučno fundiranih informacija. Takođe, omogućuje i ostvarenje posebnih ciljeva: analiziranje i utvrđivanje tendencije kretanja BDP i stope njegovog rasta (zavisno promenljive u modelu) i svih indikatora naučno-tehnološkog razvoja (nezavisno promenljive u modelu) u dugom vremenskom periodu; utvrđivanje tipa, oblika i smera slaganja između BDP i privrednog rasta i svih indikatora naučno-tehnološkog razvoja; utvrđivanje i merenje statističke značajnosti modela i uticaja pojedinih indikatora; definisanje politike razvoja NIR-a i definisanje konkretnih mera naučnotehnološko-razvojne politike za realizaciju specificiranih ciljeva i usvojene politike; testiranje različitih hipoteza, koje bi omogućile usvajanje odgovarajućih menadžerskih mera na svim nivoima NIR-a u funkciji donošenja validnih poslovnih odluka. Odabrani optimalni statističko-ekonometrijski modeli omogućili bi predlog i izradu realne, optimističke i pesimističke varijante budućeg privrednog razvoja u funkciji indikatora naučnotehnološkog razvoja.

### **2. Definisane promenljivih u modelu**

Savremeni uslovi poslovanja su uticali na to da je za ekonomski rast i razvoj postalo neophodno ne samo imati potrebna znanja, već i na pravi način iskoristiti tuđa. U velikoj meri pomoć može pružiti adekvatan način prikupljanja, korišćenja i prenošenja tuđih iskustava. U tom kontekstu, akcenat se stavlja na posmatranje problema sa dva nivoa: (1) mikro nivo – pri čemu se sprovode istraživanja u cilju definisanja promenljivih koje utiču na inovativnost firmi i (2) makro nivo – gde se sprovode istraživanja u cilju definisanja promenljivih koje utiču na naučnoistraživačko-razvojni (NIR) potencijal jedne zemlje i na njen privredni rast i razvoj.

(1) Osnovni pokretač razvoja svake ekonomije je pojedinac, firma – dakle, mikro nivo. Iz tog razloga je neophodno na što bolji način pratiti i meriti inovacione aktivnosti firmi, pri čemu je ključno definisati koji su to faktori koji utiču (pozitivno, ili negativno) na njih. Problem predstavlja osnovna karakteristika inovacionih aktivnosti – to je kontinuirani proces i samim tim ga je teže izmeriti i

staviti u neke određene okvire. Pored svega, tokom 1980-ih i 1990-ih godina razvijaju se određeni modeli i analitički okviri za proučavanje inovacija. OECD i Eurostat su prepoznali značaj pomenutog problema i zajedničkim delovanjem je stvoren Oslo Priručnik (1992. godine) koji je samo jedan iz "Frascati porodice" uputstava koji pokriva merenje inovacija i tehnologije na mikro nivou.

Istraživanja sprovedena na bazi prve verzije Priručnika, naročito Community Innovation Survey (CIS) koji je organizovan od strane Evropske komisije, pokazala su da je moguće razviti sistem i prikupiti podatke i za tako različite i kompleksne procese kao što su inovacioni procesi. Vremenom, okviri posmatranja su se širili i 2005. godine je napravljeno treće izdanje Priručnika koje je, pored toga što se oslanja na velike količine podataka i iskustva koja proističu iz ranijih istraživanja, prošireno u nekoliko veoma bitnih pravaca (Oslo Manual, Guidelines For Collecting And Interpreting Innovation Data 2005, 11):

- stavljen je veći naglasak na ulogu povezivanja sa ostalim firmama i institucijama u inovacionom procesu;
- prepoznaje se značaj inovacija u industrijama koje su manje zavisne od funkcije istraživanja i razvoja;
- definicija inovacije je proširena tako da uključuje dva dodatna tipa inovacija – organizacione i marketing inovacije i
- priručnik sadrži aneks o inovacionim istraživanjima u zemljama koje nisu članice OECD-a i pokazuje činjenicu da rastući broj tih zemalja sada sprovodi inovaciona istraživanja.

Najvažniji cilj Priručnika je da obezbedi smernice za prikupljanje i interpretaciju podataka o inovacijama kako bi se bolje razumeo njihov uticaj na ekonomski rast. „Inovacija je primena novog ili značajno unapređenog proizvoda (robe ili usluge), ili procesa, nove marketing metode, ili nove organizacione metode u poslovnoj praksi, organizaciji radnog mesta ili spoljnim odnosima“ (Oslo Manual, Guidelines For Collecting and Interpreting Innovation Data 2005, 46), pri čemu postoje tri koncepta noviteta - nov za firmu, nov za tržište i nov za svet. U trećem izdanju Priručnika, minimum zahteva za inovaciju je biti nov (ili značajno unapređen) za firmu. Harmonizacija (usaglašavanje) metoda istraživanja uz pomoć Priručnika treba da doprinese da se putem dobijenih indikatora omogući poređenje i na nacionalnom i na međunarodnom nivou.

Familija ISO standarda je takođe nastala kao odgovor na promenjene uslove poslovanja. Iz tog razloga proizašli su opšti zahtevi familije ISO 9000 standarda koji podrazumevaju obavezu organizacije da mora da uspostavi, dokumentuje, primenjuje i održava sistem menadžmenta kvalitetom (SMK) i da stalno poboljšava njegovu efektivnost i efikasnost. Za preduzeće je postalo neophodno da: identifikuje procese koji su potrebni za funkcionisanje SMK i da ih primenjuje u celoj organizaciji, odredi redosled i međusobno delovanje ovih procesa, osigura resurse neophodne za podršku sistemu/procesima, prati

## **Znanje i inovativnost kao faktor društveno-ekonomskog razvoja zemlje: statističko-ekonometrijski model**

---

sistem/procese/proizvode, meri i analizira njihove performanse i primenjuje mere potrebne za ostvarivanje planiranih rezultata i poboljšanje karakteristika sistema/procesa/proizvoda i zaposlenog osoblja. Vremenom familija ISO standarda se razvijala i sada se sastoji iz tri standarda: ISO 9000-Rečnik, ISO 9001-Sistem menadžmenta kvalitetom-zahtevi i ISO 9004-Rukovođenje sa ciljem ostvarivanja održivog uspeha, pri čemu se kao principi familije ISO standarda izdvajaju: liderstvo; usmeravanje na interne korisnike, krajnje korisnike i zainteresovane strane; uključivanje zaposlenog osoblja; sistemski pristup menadžmentu; uzajamno korisni odnosi sa isporučiocima; odlučivanje na osnovu činjenica, stalno poboljšanje i procesni pristup. Evolucija standarda nam govori da je za konačni uspeh nedovoljno samo uvođenje istih, već da je postalo neophodno raditi i na obezbeđivanju uslova za njihovu kontinuiranu primenu u dužem vremenskom periodu, kao i na kontinuiranom poboljšanju sistema/procesa/proizvoda/kompetentnosti zaposlenog osoblja. Pojam **održivi uspeh organizacije** podrazumeva rezultat sposobnosti organizacije da postigne i održava dugoročno svoje ciljeve. Kao ključni segmenti su se izdvojili *efektivni i efikasni sistem menadžmenta kvalitetom, upravljanje faktorima dejstva iz okruženja i učenje i primena poboljšanja i inovacija* (SRPS ISO 9004, 6).

Zbog velikog značaja koji se pridaje inovacijama izdvojićemo tačku 9 standarda ISO 9004:2008 koja glasi: Poboljšavanje, inovacije i učenje. U okviru nje tačka 9.3 je posvećena inovacijama. Ističe se da izmene u okruženju organizacije mogu da zahtevaju inovacije da bi se ispunile potrebe i očekivanja zainteresovanih strana. Stoga organizacija treba da identifikuje potrebe za inovacijama, uspostavi i održava efektivan i efikasan proces inovacija i obezbedi resurse u vezi s tim. Na uspostavljanje, održavanje i upravljanje procesima za inovacije unutar organizacije utiču: hitnost potrebe za inovacijama, ciljevi inovacija i njihov uticaj na proizvode, procese i organizacionu strukturu, rešenost organizacije za inovacije, rešenost ljudi da odgovore na izazove i da promene postojeće stanje i dostupnost ili pojava novih tehnologija. Ovom prilikom posebnu pažnju treba obratiti na ocenu rizika koji sa sobom nose planirane aktivnosti inovacija, pripremu preventivnih mera za ublažavanje tih rizika i pravljenje plana za vanredne situacije koje mogu nastati u takvim slučajevima (SRPS ISO 9004, 23-24).

(2) Drugi nivo posmatranja je makro nivo. Nepostojanje adekvatnih institucionalnih i zakonskih rešenja može u velikoj meri poništiti pozitivna dejstva do kojih dolazi na mikro nivou. Ključnu ulogu treba da odigra država koja treba da stvori povoljan makroekonomski ambijent. Ipak, pored velikog uticaja i značaja koji ima R&D, razvoj i komercijalizacija novih tehnologija je koncentrisana u malom broju zemalja pa su tokom sedamdesetih i ranih osamdesetih, dve zemlje, Sjedinjene Američke Države i Švajcarska, imale stopu međunarodnih patenata po stanovniku veću od svih ostalih zemalja zajedno.

Za stvaranje adekvatnog makroekonomskog ambijenta u velikoj meri je odgovoran koncept nacionalnog inovacionog kapaciteta (NIK) koji stvara svaka država. Dosadašnja istraživanja su bazirana na tri teorije (Jovetić, Stanišić 2009b, 91): Romerovom modelu rasta privrede zasnovanog na idejama kao pokretaču razvoja, Porterovom modelu nacionalne industrijske konkurentske prednosti i Nelsonovom istraživanju nacionalnog inovacionog sistema. Tom prilikom je veoma bitno utvrditi koji to faktori utiču na stvaranje NIK-a. Generalni zaključak je da faktora ima mnogo i da se razlikuju u zavisnosti od primenjene teorije (Jovetić, Janković 2011, 145). Izbor varijabli za specificiranje određenih statističko-ekonometrijskih modela (kao i u ovom radu) u najvećoj meri je ograničen trenutnom dostupnošću podataka.

Za Evropsku uniju je pokušaj stvaranja "Inovacione unije" znak da postoji vizija, agenda, odnosno jasno utvrđena raspodela zadataka i procedura monitoringa za ostvarivanje konkurentske prednosti zemalja članica. Iz tog razloga je u okviru Evropske komisije kao inicijativa *Directorate General Enterprise and Industry* oformljena *PRO INNO Europe* čiji je cilj da kroz integrisani pristup postane središte analize nove i bolje inovacione politike i politike saradnje u Evropi. Sastoji se iz dva osnovna dela: Politike analize i Politike saradnje. Politika analize obuhvata benčmarking inovacionih performansi, analizu glavnih inovacionih trendova i udruživanje u svetu znanja i kontakte u vezi inovacione politike i poslovnih inovacija i olakšavanje dijaloga između državnih organa, industrije i akademskih institucija u vezi inovacione politike. Politika saradnje podrazumeva stimulisanje transnacionalne saradnje u sferi inovacione politike i pružanje podsticaja za zajedničke akcije u oblasti inovacija (<http://www.proinno-europe.eu/overview>).

Benčmarking inovacionih performansi, kao deo Politike analize, se sastoji od dva instrumenta: Innovation Union Scoreboard - IUS (nekada je to bio European Innovation Scoreboard (EIS)) i Innobarometer. IUS pokušava da uporedi, na godišnjoj osnovi, inovacione performanse zemalja članica, na osnovu statističkih podataka iz različitih izvora, pre svega iz Community Innovation Survey-a. Innobarometer dopunjuje rezultate IUS analizirajući specifične aspekte inovacija kroz istraživanja na bazi 3.500 slučajno odabranih preduzeća u Evropskoj uniji (<http://www.proinno-europe.eu/metrics>).

IUS 2011 predstavlja drugo izdanje IUS koje se bazira na prethodnom izdanju IUS iz 2010. godine, kao i na prethodnim izdanjima EIS. To je alat koji treba da pomogne u nadgledanju implementacije dostizanja Inovacione unije u okviru strategije Evropa 2020, obezbeđujući uporedive procene inovacionih performansi zemalja članica i prikazujući relativne snage i slabosti njihovih istraživačkih i inovacionih sistema. IUS 2011 pravi razliku između 3 glavna tipa indikatora i 8 inovacionih dimenzija koje su opisane sa ukupno 25 različitih indikatora. Glavni tipovi indikatora su: najznačajniji pokretači inovacionih performansi (**Enablers**) koji se nalaze van firme, **aktivnosti firme** koje obuhvataju

## **Znanje i inovativnost kao faktor društveno-ekonomskog razvoja zemlje: statističko-ekonometrijski model**

---

inovacione napore na nivou firme i **autputi** koji pokrivaju efekte inovacionih aktivnosti firme. Slika o karakteristikama inovacionih sistema u zemljama članicama obezbeđuje se uz pomoć Opšteg inovacionog indeksa koji predstavlja kompozitni indeks koji se dobija odgovarajućom agregacijom 25 pojedinačnih indikatora. Najniža vrednost indeksa je 0, dok je najviša moguća vrednost 1. Pored Opšteg indeksa u IUS se izračunava i promena inovacionih performansi zemalja članica i celokupne EU 27 na bazi podataka iz petogodišnjeg perioda. Najbolje rezultate beleže zemlje koje imaju adekvatno izbalansiran nacionalni istraživački i inovacioni sistem, pri čemu ključnu ulogu igraju dobra saradnja između privatnog i javnog sektora, povezanost naučne baze i preduzeća i komercijalizacija tehnološkog znanja. S druge strane, zemlje koje zaostaju karakteriše **neujednačen istraživački i inovacioni sistem**.

### **3. Statističko-ekonometrijski model**

Statističko-ekonometrijski model određen je za četiri uzastopne godine i to 2006, 2007, 2008. i 2009. godinu. Definisana je zavisno promenljiva i nezavisno promenljive i posle testiranja problema narušenih pretpostavki regresionog modela i njihovog otklanjanja, specificirani su, za svaku godinu posebno, regresioni modeli (R1, R2, R3 i R4) na osnovu strukturnih podataka. Zatim je sprovedena komparativna analiza statistika pojedinih modela, testirane su hipoteze o statističkoj značajnosti regresionih modela, statističkoj značajnosti pojedinih promenljivih i testirane su hipoteze o jednakosti parametara populacije. Ovako odrađena komparativna analiza omogućuje izbor promenljivih i modela koji daje bolje rezultate u predviđanju i može pouzdanije da služi za donošenje mera makroekonomske i poslovne politike, kao i za makroekonomsko i poslovno odlučivanje.

#### **3.1. Opis modela**

Cilj specificiranog statističko-ekonometrijskog modela je da se:

Utvrđi oblik, tip i smer funkcionalnog slaganja između zavisne promenljive – bruto domaćeg proizvoda po stanovniku ( $Y$ ) i nezavisnih promenljivih:

- Broja istraživača na milion stanovnika ( $X_1$ ),
- Javne potrošnje na obrazovanje – učešće u GDP ( $X_2$ ),
- Ulaganja u R&D – učešće u GDP ( $X_3$ ),
- Uдела visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu ( $X_4$ ) i
- Broja prijavljenih patenata (ukupno) ( $X_5$ )

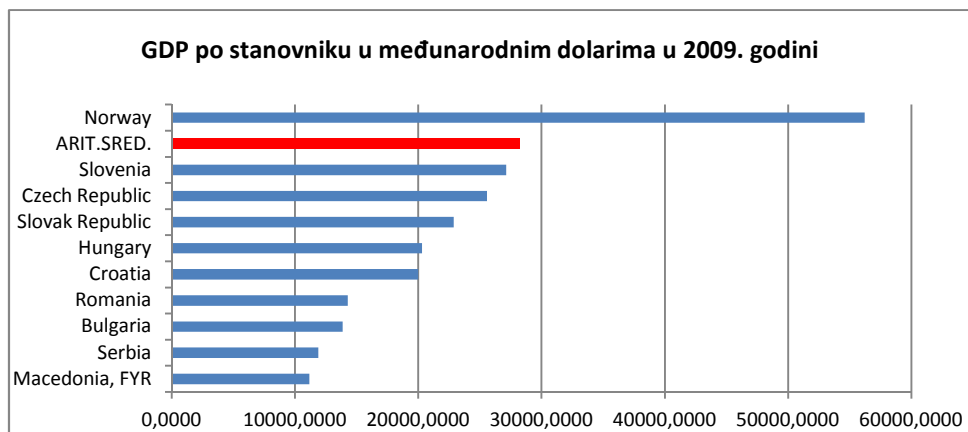
Testiraju hipoteze u regresionim modelima. Nulte hipoteze su:

- Višedimenzionalne hiper-ravne površine funkcionalne zavisnosti su statistički značajne.
- Uticaj pojedinih nezavisnih promenljivih je visoko statistički značajan.

- Ne postoji problem multikolinearnosti između nezavisnih promenljivih.
- Ne postoji problem autokorelacije između podataka.
- Ne postoji problem heteroskedastičnosti.
- Postoji dejstvo sa zaostajanjem (od jedne ili dve godine) nezavisno promenljivih na zavisno.
- Efekat rasta i pada ulaganja u R&D je asimetričan.

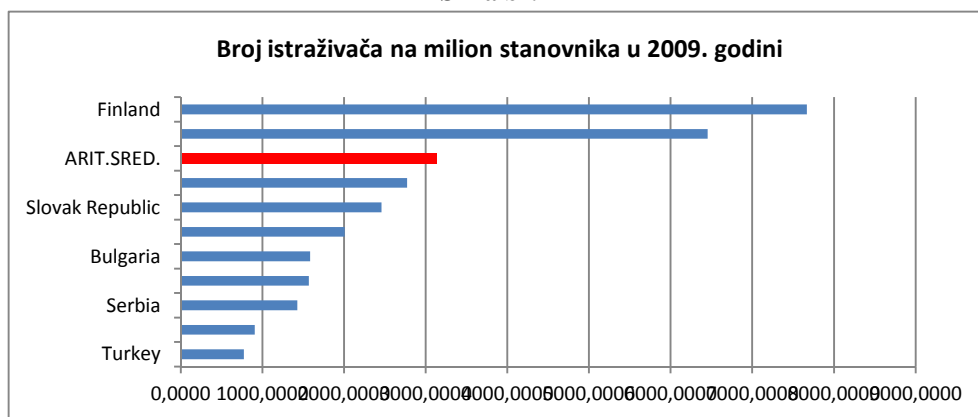
Korišćeni su strukturni podaci za 32 evropske zemlje. Podaci se odnose na period od 2004. godine do 2009. godine i preuzeti su iz statističkih baza podataka Svetske banke i UNESCO-a. Razlike u posmatranim varijablama među izabranim zemljama su prikazane na slikama br.1, 2, 3, 4, 5 i 6. Prikazane su vrednosti varijabli za zemlje sa najvećim vrednostima posmatranih varijabli, aritmetička sredina, vrednosti za Srbiju i zemlje okruženja i za zemlje sa najnižim vrednostima varijabli u 2009.godini.

Slika br.1



Stan.dev. (s) = 11200,114

Slika br.2

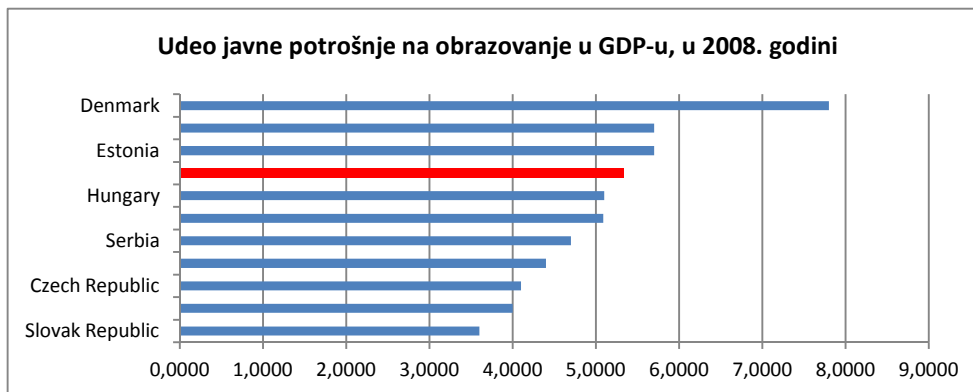


Stan.dev. (s) = 1666,254



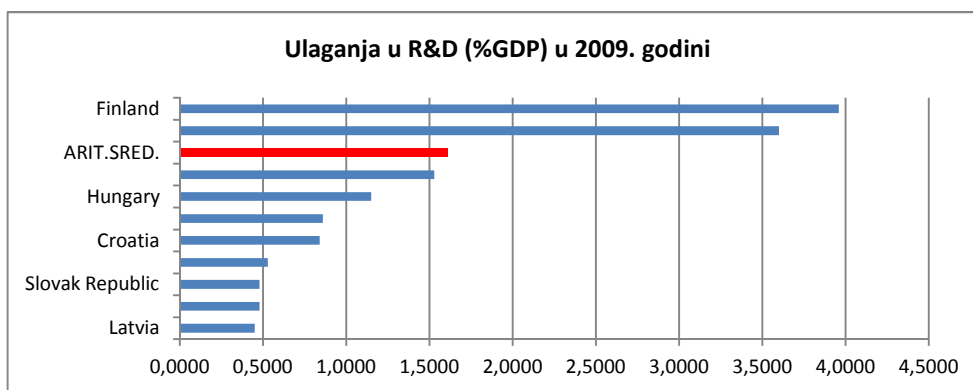
**Znanje i inovativnost kao faktor društveno-ekonomskog razvoja zemlje:  
statističko-ekonometrijski model**

**Slika br.3**



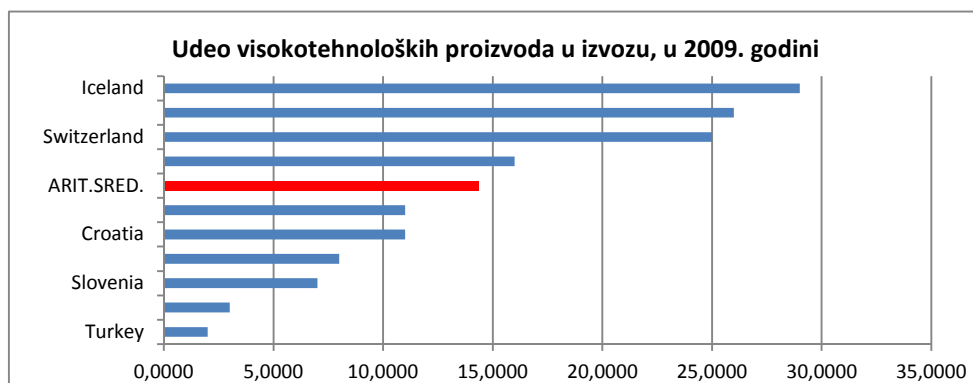
Stan.dev. (s) = 1,0173%

**Slika br.4**



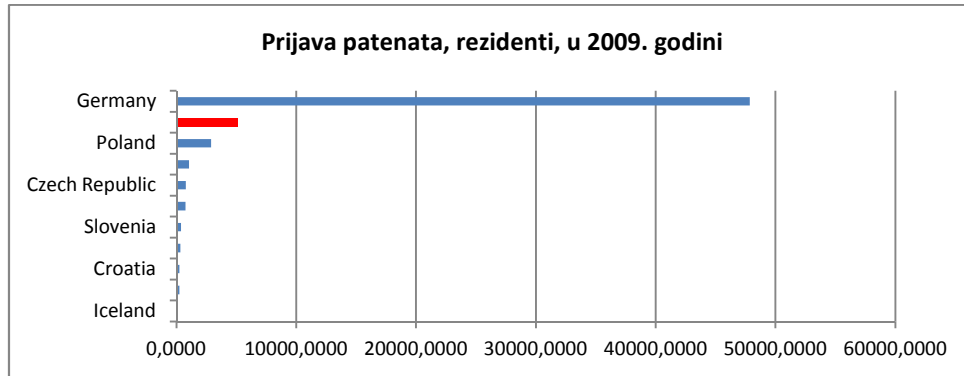
Stan.dev. (s) = 0,9379%

**Slika br.5**



Stan.dev. (s) = 7,6798%

Slika br.6



Stan.dev. (s) = 10435,4147

Izvor: World development Indicators, World Bank 2008, 2009 i UNESCO 2009

U radu je primenjena statističko-ekonometrijska analiza. U prvom koraku testirani su dvodimenzionalni linearni i nelinearni modeli da bi se odredio oblik uticaja pojedine nezavisno promenljive na zavisno promenljivu. Eksperimentisano je sa sledećim modelima: linearnim, log-log, lin-log, log-lin, kvadratnim. Samo je u slučaju specifikacije dvodimenzionalnog modela uticaja broja patenata na zavisno promenljivu prihvaćen lin-log model (Jovetić 2007, 478-489). Takođe, i u slučaju testiranja problema heteroskedastičnosti, eksperimentisano je sa gore navedenim dvodimenzionalnim modelima.

U specifikaciji višedimenzionalnog regresionog modela korišćena je regresija u koracima. Ona se bazira na uporednoj analizi i merenju optimalne veze i uticaju nezavisno promenljivih na zavisno promenljivu, pomoću *F-testa*. U svakom koraku se biraju promenljive koje imaju najveći uticaj na zavisno promenljivu. U poslednjem koraku sve varijable koje su u modelu moraju da imaju *F* statistiku iznad donje kritične vrednosti *F* (3,90) i sve promenljive koje su izvan modela moraju da imaju vrednost ispod kritične (3,90) (Jovetić 1996, 84-88). Eksperimentisano je sa sledećim višedimenzionalnim hiper-ravnima: višestruki regresioni model, višestruki log-log model, višestruki lin-log model i višestruki log-lin model (Jovetić 2007, 515-542).

U drugom koraku testiran je problem multikolinearnosti. Pretpostavka modela je da su nezavisno promenljive nezavisne. Međutim, ova pretpostavka je retko ispunjena. Češće se javlja slučaj da postoji funkcionalna veza između nezavisno promenljivih. To je problem odnosa podataka u uzorku i dovodi do nepreciznosti ocena varijansi i standardnih grešaka. Može se dogoditi da, usled navedenih pristrasnosti, ocenjeni parametri imaju suprotan znak dejstva od onog koji je poznat i priznat u ekonomskoj teoriji. Multikolinearnost je testirana preko inverzne korelacione matrice čiji se dijagonalni elementi nazivaju varijansa inflatornog faktora (VIF), tj.  $VIF = 1/(1-R_k^2)$ , gde je  $R_k^2$  višestruki koeficijent

### Znanje i inovativnost kao faktor društveno-ekonomskog razvoja zemlje: statističko-ekonometrijski model

---

determinacije  $k$ -te nezavisne promenljive na sve druge nezavisne promenljive. Snee sugeriše najstroži kriterijum za utvrđivanje multikorelacionog problema, a to je da multikolinearnost postoji ako je  $VIF \geq 5$  (Jovetić 1996, 90). Idealno je da VIF bude oko jedan. Međutim, jedan od metoda koji se može koristiti za otklanjanje multikolinearnosti je regresija u koracima.

U trećem koraku, testiran je problem heteroskedastičnosti. Pretpostavka modela je da slučajne greške modela imaju konstantnu i konačnu varijansu,  $\sigma_{\varepsilon_i}^2 = \sigma^2$ . Ako je ispunjena navedena pretpostavka kaže se da su slučajne greške homoskedastične. U suprotnom, slučajne greške su heteroskedastične. Posledice heteroskedastičnosti su da ocene nisu efikasne i intervali poverenja i testovi bazirani na ocenama varijansi su nepouzdana. U radu je korišćen Glejserov test za otkrivanje heteroskedastičnosti (Mladenović, Petrović 2003, 172). Apsolutne vrednosti reziduala regresirane su u odnosu na svaku nezavisno promenljivu posebno. Eksperimentisana je sa svim gore navedenim krivama. Zatim je pomoću  $t$ -testa i  $F$ -testa testirana hipoteza o izboru zavisnosti. Izabrani model zavisnosti i izračunate vrednosti reziduala koriste se za transformaciju svih promenljivih u modelu. Na transformisane promenljive, u odabranom modelu zavisnosti, primenjen je generalizovani metod najmanjih kvadrata (Johnston 1998, 211).

U četvrtom koraku testiran je problem autokorelacije. Pretpostavka modela je da su slučajne greške nekorelisane,  $cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$ . Postojanje autokorelacije (prvog reda) ne utiče na nepristrasnost i konzistentnost ocenjenih parametara regresije, ali utiče na efikasnost ocena. Za testiranje nulte hipoteze o nepostojanju autokorelacije prvog reda korišćen je Durbin-Watsonov test (Johnston 1998, 211).

U petom koraku testiran je i asimetričan uticaj nezavisno promenljive za koju se pretpostavlja da ima takav uticaj (Mladenović, Petrović 2003, 146). U model je uvedena veštačka promenljiva  $X_5$ , tj.

$$X_5 = 1, \text{ za } X_i \leq X_{i-1} \text{ i}$$

$$X_5 = 0, \text{ za } X_i > X_{i-1}.$$

Testiranje hipoteze o asimetričnom efektu svodi se na testiranje hipoteze o statističkoj značajnosti parametra uz veštačku promenljivu.

Pošto je pretpostavljeno da postoji dejstvo sa zaostajanjem od jedne i dve godine primenjen je višestruki klasični regresioni model:

- gde je zavisno promenljiva GDP po stanovniku u 2006. godini, a nezavisno promenljive su iz 2004. 2005. i 2006. godine (Jovetić 2007, 539).
- gde je zavisno promenljiva GDP po stanovniku u 2007. godini, a nezavisno promenljive su iz 2005, 2006. i 2007. godine.
- gde je zavisno promenljiva GDP po stanovniku u 2008. godini, a nezavisno promenljive su iz 2006, 2007. i 2008. godine.
- gde je zavisno promenljiva GDP po stanovniku u 2009. godini, a nezavisno promenljive su iz 2007, 2008. i 2009. godine.

Na kraju, pošto su specificirana četiri regresiona modela testirane su hipoteze o jednakosti parametara populacije. Statistička obrada podataka vršena je uz računarsku podršku statističkog programa SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows, version 15.0) i Microsoft Excel. U obradi podataka korišćeni su različiti testovi (t-test, z-test, Durbin-Watsonov test, Gejslerov test itd.), što je determinisano statističkim pravilima i uslovima. Za određivanje statističke značajnosti korišćeni su nivoi poverenja  $\alpha=0,01$  u  $\alpha=0,05$ .

### 3.2. Rezultati istraživanja

#### 3.2.1. Regresioni model za 2006. godinu

U prvom koraku eksperimentisano je sa svim gore navedenim regresionim krivama. U 2006. godini izabran je logaritamski (log-log) višestruki regresioni model, jer su ocene koeficijenta determinacije ( $R^2 = 0,716$ ) i *Snedekorova F* statistika ( $F = 25,261$ ,  $p = 0,000$ ) bile najveće. Pošto je  $F > F_{2,22;0,05} = 3,4434$  i pošto je  $p = 0,0000$ , to se prihvata  $H_1$ , a to znači da je odabrana regresiona kriva statistički značajna. U modelu samo nezavisno promenljive ulaganje u R&D ( $X_3$  - % učešće u BDP) i ideo visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu ( $X_4$ ) imaju statističko značajni uticaj na zavisno promenljivu, odnosno *Studentove t-statistike* su veće od teorijske vrednosti  $t_{v;\alpha/2}$  i  $p$  je jednako nuli.

**Testiranje multikolinearnosti** U modelu, gde je zavisno promenljiva GDP po stanovniku u 2006. godini,  $VIF = 1,653$ . Pošto je  $VIF$  blizu jedan, to zaključujemo da ne postoji multikolinearnost između odabranih nezavisno promenljivih u modelu.

**Testiranje heteroskedastičnosti:** Utvrđeno je da u podacima 2006. godine postoji heteroskedastičnost, odnosno da postoji funkcionalna veza između apsolutne vrednosti reziduala  $|e|$  i nezavisno promenljive ulaganje u R&D ( $X_3$  - % učešće u BDP) i apsolutne vrednosti reziduala  $|e|$  i udela visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu, tj.

$$|e| = f(X_3) - \text{oblik zavisnosti: prava, } F = 27,915;$$

$$|e| = f(X_4) - \text{oblik zavisnosti: prava, } F = 14,723.$$

Sve promenljive su transformisane deljenjem sa modeliranom apsolutnom vrednošću reziduala. Tada je primenjen generalizovani metod najmanjih kvadrata. Eksperimentisano je sa svim gore navedenim višedimenzionalnim regresionim modelima. Posle otklanjanja heteroskedastičnosti empirijskim podacima se najbolje prilagođava lin-lin model.

**Testiranje autokorelacije prvog reda:** Određena je Durbin-Watsonova  $d$  statistika. Pošto je  $d_{06} = 1,53$ , to je zaključeno da u 2006. godini ne postoji ni pozitivna ( $d > d_g > d_d$ ) ni negativna autokorelacija ( $d_{06} < 4 - d_g < 4 - d_d$ ) prvog reda.

**Znanje i inovativnost kao faktor društveno-ekonomskog razvoja zemlje:  
statističko-ekonometrijski model**

---

Testiran je asimetričan uticaj nezavisno promenljive - ulaganje u R&D. U model je uvedena veštačka promenljiva  $X_5$ .

$X_5 = 1$ , za udeo R&D u GDP na nivou proseka

$X_5 = 0$ , za udeo R&D u GDP ispod nivoa proseka.

Studentova t-statistika je manja od  $t_{v; \alpha/2}$  i  $p > 0,05$ , pa se prihvata  $H_0$ , a to znači da ne postoji statistički značajno asimetrično dejstvo učešća ulaganja u R&D.

**Model za 2006. godinu je:**  $\hat{y}_i^* = 57336,1 + 8861x_{3i}^*$ . U tabeli br. 1 prikazane su statistike dvodimenzionalnog linearnog regresionog modela za 2006. godinu.

**Tabela br. 1. Statistike regresionog modela R1**

| <i>Parametri</i> | <i>Ocena stand. greške</i> | <i>t-stat.</i> | <i>Parametri</i> | <i>Ocene</i> |
|------------------|----------------------------|----------------|------------------|--------------|
| $\beta_0$        | 9302,153                   | 6,164          | $\rho^2$         | 0,904        |
| $\beta_3$        | 616,877                    | 14,364         | $\rho^2$         | 0,899        |
| <i>F-stat.</i>   | 206,338                    |                | <i>DW</i>        | 1,530        |
| <i>VIF</i>       | 1                          |                |                  |              |

Iz napred navedenog mogu se izvesti sledeći zaključci koji potvrđuju postavljene hipoteze:

Odabrani višedimenzionalni model je statistički visoko značajan, pošto je:

$$F_{06} = 206,338 > F_{v1; v2} \text{ i } p = 0,000.$$

U linearnom regresionom modelu ostala je samo promenljiva ulaganja u R&D – učešće u GDP ( $X_3$ ) u 2006. godini, što znači da samo ta nezavisno promenljiva ima statistički značajan uticaj na GDP ( $t_3 = 14,364$ ,  $p = 0,000$ ). Koeficijent determinacije pokazuje da je 90,4% varijacije zavisno promenljive objašnjeno izborom linearne funkcije i transformisane  $X_3^*$  promenljive. Pošto u modelu nije ostala ni jedna promenljiva iz 2004. i 2005. godine, to se može zaključiti da nema uticaja nezavisno promenljivih na zavisno sa zaostajanjem. Varijansa inflatornog faktora je jedan, pa u modelu i dalje ne postoji problem multikolinearnosti.

Regresioni model omogućuje izračunavanje koeficijenta elastičnosti koji pokazuje da, ako se ulaganja u R&D – učešće u GDP ( $X_3$ ) promeni za 1%, nezavisno promenljiva je na nivou prosečne vrednosti ( $\bar{x}_3 = 1,409032\%$ ), onda će se GDP po stanovniku promeniti za 0,1788%.

3.2.2. Regresioni model za 2007. godinu

U 2007. godini izabran je dvostruko logaritamski (log-log) dvodimenzionalni regresioni model, jer su ocena koeficijenta determinacije ( $R^2 = 0,67$ ) i Snedekorova  $F_{07}$  statistika ( $F_{07} = 40,591$ ,  $p = 0,000$ ) bile najveće. Pošto je  $F_{07} > F_{2,22;0.05} = 3,4434$  i pošto je  $p = 0,0000$ , to se prihvata  $H_1$ , a to znači da je odabrani regresioni model statistički značajan. U modelu nezavisno promenljiva ulaganje u R&D ( $X_3$  - % učešće u BDP) ima statistički značajan uticaj na zavisno promenljivu, odnosno Studentove  $t$ -statistike su veće od  $t_{v,\alpha/2}$  i  $p$  je jednako nuli.

U drugom koraku je testirana multikolinearnost. U modelu, gde je zavisno promenljiva GBP po stanovniku u 2007. godini,  $VIF = 1$ . Pošto je  $VIF$  jednak 1, to se može zaključiti da ne postoji multikolinearnost između odabranih nezavisno promenljivih u modelu.

Zatim je testiran problem heteroskedastičnosti. Utvrđeno je da u podacima ne postoji heteroskedastičnost, odnosno da ne postoji funkcionalna veza između apsolutne vrednosti reziduala i nezavisno promenljive ulaganje u R&D ( $X_3$  - % učešće u BDP), tj.

$$|e| = f(X_3).$$

Model je log-log za 2007. godinu

$\hat{y}_i^* = 4,376 + 0,543x_{3i}^*$ , gde je  $\hat{y}_i^*$  logaritam zavisno promenljive, a  $x_{3i}^*$  logaritam nezavisno promenljive  $X_3$ .

Tabela br. 2. Statistike regresionog modela R2

| Parametri | Ocena stand. greške | t-stat. | Parametri | Ocene |
|-----------|---------------------|---------|-----------|-------|
| $\beta_0$ | 4,376               | 174,791 | $\rho^2$  | 0,670 |
| $\beta_3$ | 0,543               | 6,371   | $\rho^2$  | 0,653 |
| F-stat.   | 40,591              |         | DW        | 1,530 |
| VIF       | 1                   |         |           |       |

Iz tabele br. 2 mogu se izvesti i sledeći zaključci koji potvrđuju postavljene hipoteze:

- Prihvata se alternativna hipoteza - odabrani dvodimenzionalni regresioni model je statistički visoko značajan jer je Snedekorova  $F_{07}$  statistika jednaka  $40,591 > F_{v1,v2;\alpha}$ , i  $p = 0,0000$ .

### Znanje i inovativnost kao faktor društveno-ekonomskog razvoja zemlje: statističko-ekonometrijski model

---

- Koeficijent determinacije pokazuje da je 67% varijacije zavisno promenljive objašnjeno izborom dvodimenzionalnog regresionog modela i transformisane nezavisno promenljive  $X_3^*$ .
- Kod stepene funkcije ili log-log modela ocene parametara populacije su ujedno i koeficijenti elastičnosti, tako da se može izvesti sledeći zaključak: ako se učešće ulaganja u R&D promeni za 1%, onda će GDP po stanovniku promeniti za 0,543% .
- Ne postoji dejstvo sa zaostajanjem nezavisno promenljivih.

Mada uvođenje veštačke promenljive u model nije potvrdilo pretpostavku o postojanju asimetričnog dejstva ulaganja u R&D, ipak su posebno odrađeni regresioni modeli za:

1. zemlje čija su ulaganja u R&D veća od proseka.
2. zemlje čija su ulaganja u R&D manja od proseka.

Međutim, odabrani regresioni modeli nisu bili statistički značajni (testirani su i otklonjeni svi ekonometrijski problemi čije prisustvo može da dovede do ovog zaključka), što je potvrdilo pretpostavku o homogenosti izabranog uzorka.

#### 3.2.3. Regresioni model za 2008. godinu

U prvom koraku eksperimentisano je sa svim gore navedenim regresionim krivama. U 2008. godini izabran je logaritamski (log-log) višestruki regresioni model, jer su ocene koeficijenta determinacije ( $R^2 = 0,749$ ) i *Snedekorova F* statistika ( $F = 37,281$ ,  $p = 0,000$ ) bile najveće. Pošto je  $p = 0,0000$ , to se prihvata  $H_1$ , a to znači da je odabrana regresiona kriva statistički značajna. U modelu samo nezavisno promenljive ulaganje u R&D ( $X_3$  - %učešće u BDP) i udeo visokotehnoloških proizvoda u izvozu ( $X_4$ ) imaju statistički značajan uticaj na zavisno promenljivu, odnosno *Studentove t-statistike* su veće od teorijske vrednosti  $t_{v;\alpha/2}$  i  $p$  je jednako nuli. Ni jedna nezavisno promenljiva nema uticaj sa zaostajanjem na zavisno promenljivu.

**Testiranje multikolinearnosti** U modelu, gde je zavisno promenljiva GDP po stanovniku u 2008. godini,  $VIF = 3,048$ . Pošto je VIF manje od 5, to zaključujemo da ne postoji multikolinearnost između odabranih nezavisno promenljivih u modelu.

**Testiranje heteroskedastičnosti:** Utvrđeno je da u podacima 2008. godine ne postoji heteroskedastičnost, jer je  $p_1 = 0,150$  i  $p_3 = 0,348$  veće od  $\alpha = 0,05$  (prihvata se nulta hipoteza).

**Testiranje autokorelacije prvog reda:** Određena je Darbin-Watsonova  $d$  statistika. Pošto je  $d_{08} = 1,497$ , to je zaključeno da u 2008. godini test za pozitivnu autokorelaciju neodređen ( $d_g > d > d_d$ ), a da ne postoji negativna autokorelacija ( $d_{06} < 4 - d_g < 4 - d_d$ ) prvog reda. Pošto je test za pozitivnu autokorelaciju prvog reda

neodređen, to je, ipak, primenjen postupak za otklanjanje autokorelacije. Sve nezavisno i zavisno promenljive su transformisane na sledeći način:

$$Y_t^* = Y_t - \hat{\rho}Y_{t-1}, \quad X_{1t}^* = X_{1t} - \hat{\rho}X_{1,t-1}, \quad X_{3t}^* = X_{3t} - \hat{\rho}X_{3,t-1},$$

gde je  $\hat{\rho}$  ocena autokorelacionog koeficijenta. Pošto postoji autokorelacija, to znači da postoji funkcionalna veza između reziduala, pa je  $e_t = \hat{\rho}e_{t-1} + v_t$ . Iz ove jednačine je

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{t=2}^T e_t e_{t-1}}{\sum_{t=2}^T e_{t-1}^2}.$$

Posle otklanjanja autokorelacije dobijen je sledeći model:

**Model za 2008. godinu je:**  $\hat{y}_i^* = 2,7578 + 0,2242x_{1i}^* + 0,3755x_{3i}^*$ . U tabeli br. 3 prikazane su statistike trodimenzionalnog regresionog modela za 2008. godinu.

**Tabela br. 3. Statistike regresionog modela R3**

| <i>Parametri</i> | <i>Ocena stand. greške</i> | <i>t-stat.</i> | <i>Parametri</i> | <i>Ocene</i> |
|------------------|----------------------------|----------------|------------------|--------------|
| $\beta_0$        | 2,7578                     | 9,1543         | $\rho^2$         | 0,7932       |
| $\beta_1$        | 0,2242                     | 1,899          |                  |              |
| $\beta_3$        | 0,3755                     | 3,1983         | $\rho^2$         | 0,899        |
| <i>F-stat.</i>   | 49,8647                    |                | <i>DW</i>        | 2,023        |
| <i>VIF</i>       | 1                          |                |                  |              |

Testiran je asimetričan uticaj nezavisno promenljivih: broja istraživača na milion stanovnika ( $X_1$ ) i ulaganja u R&D – učešće u GDP ( $X_3$ ). U model su uvedene veštačke promenljive  $X_5$  i  $X_6$ , tj.

$X_5 = 1$ , za broj istraživača na nivou proseka  $i$

$X_5 = 0$ , za broj istraživača ispod nivoa proseka  $i$

$X_6 = 1$ , za udeo R&D u GDP na nivou proseka  $i$

$X_6 = 0$ , za udeo R&D u GDP ispod nivoa proseka.

Studentova t-statistika je manja od  $t_{v; \alpha/2}$  i  $p > 0,05$ , pa se prihvata  $H_0$ , a to znači da ne postoji statistički značajno asimetrično dejstvo učešća ulaganja u R&D.

Iz napred navedenog mogu se izvesti sledeći zaključci koji potvrđuju postavljene hipoteze:



### Znanje i inovativnost kao faktor društveno-ekonomskog razvoja zemlje: statističko-ekonometrijski model

---

Odabrani višedimenzionalni modeli je statistički visoko značajan, pošto je  $F_{08} = 49,8647 > F_{v1,v2}$  i  $p=0,000$  i bolji je od prethodno određenog modela za 2008. godinu jer je Snedecorova F statistika veća u drugom modelu.

U trodimenzionalnom regresionom modelu ostala su promenljive: broj istraživača na milion stanovnika i ulaganja u R&D – učešće u  $GDP (X_3)$  u 2008. godini. Samo promenljiva ulaganja u R&D – učešće u  $GDP (X_3)$  ima statistički značajan uticaj ( $t_3=14,364$ ,  $p=0,000$ ). Promenljiva broj istraživača nema statistički značajan uticaj. Međutim, kada ona izađe iz modela smanjuje se koeficijent determinacije. To znači da neka druga nezavisno promenljiva deluje preko ove, pa je iz tog razloga  $X_1$  ostalo u modelu.

Koeficijent determinacije pokazuje da je 79,32% varijacije zavisno promenljive objašnjeno izborom višedimenzionalnog regresionog modela i transformisanih promenljivih  $X_1^*$  i  $X_3^*$ . Pošto u modelu nije ostala ni jedna promenljiva iz 2006. i 2007. godine, to se može zaključiti da nema uticaja nezavisno promenljivih sa zaostajanjem na zavisno promenljivu. Varijansa inflatornog faktora je jedan, pa u modelu i dalje ne postoji problem multikolinearnosti.

#### 3.2.4. Regresioni model za 2009. godinu

U 2009. godini izabran je dvostruko logaritamski (log-log) višestruki regresioni model, jer su ocena koeficijenta determinacije ( $R^2 = 0,748$ ) i Snedecorova  $F_{09}$  statistika ( $F_{09} = 29,758$ ) bile najveće. Pošto je  $F_{09} > F_{2,22;0.05} = 3,4434$  i pošto je  $p=0,0000$ , to se prihvata  $H_1$ , a to znači da odabrana regresiona hiperravan statistički značajna. U modelu nezavisno promenljive ulaganje u R&D ( $X_3$  - % učešće u BDP) i udeo visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu ( $X_4$ ) imaju statistički značajni uticaj na zavisno promenljivu, odnosno Studentove  $t$ -statistike su veće od  $t_{v;\alpha/2}$  i  $p$  je jednako nuli.

U drugom koraku je testirana multikolinearnost. U modelu gde je zavisno promenljiva GBP po stanovniku u 2009. godini  $VIF=1,22$ . Pošto je  $VIF$  približno jednak 1, to zaključujemo da ne postoji multikolinearnost između odabranih nezavisno promenljivih u modelu.

Zatim je testiran problem heteroskedastičnosti. Utvrđeno je da u podacima ne postoji heteroskedastičnost, odnosno da ne postoji funkcionalna veza između apsolutne vrednosti reziduala i nezavisno promenljive ulaganje u R&D ( $X_3$  - učešće u BDP) i apsolutne vrednosti reziduala  $|e|$  i udela visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu, tj.

$$|e| = f(X_3)$$

$$|e| = f(X_4).$$

Testiran je asimetričan uticaj nezavisno promenljive - ulaganje u R&D i asimetričan uticaj nezavisno promenljive - udeo visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu. U model su uvedene veštačke promenljive  $X_5$  i  $X_6$ , tj.

$X_5 = 1$ , za udeo R&D u GDP na nivou proseka,

$X_5 = 0$ , za udeo R&D u GDP ispod nivoa proseka  $i$

$X_6 = 1$ , za udeo visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu ( $X_4$ ) na nivou proseka  $i$

$X_6 = 0$ , za udelo visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu ( $X_4$ ) ispod nivoa proseka.

Studentova t-statistika je manja od  $t_{v;\alpha/2}$  i  $p > 0,05$ , pa se prihvata  $H_0$ , a to znači da ne postoji statistički značajno asimetrično dejstvo učešća ulaganja u R&D. To je potvrdilo pretpostavku o homogenosti izabranog uzorka, odnosno o homogenosti statističkog skupa.

Model je log-log za 2009. godinu, tj.

$\hat{y}_i^* = 4,131 + 0,4679x_{3i}^* + 0,203x_{4i}^*$ . U tabeli br. 4 prikazane su statistike trodimenzionalnog regresionog modela za 2009.godinu.

Tabela br. 4. Statistike regresionog modela R4

| Parametri | Ocena parametara populacije | t-stat. | Sig.   | Parametri | Ocene |
|-----------|-----------------------------|---------|--------|-----------|-------|
| $\beta_0$ | 4,131                       | 48,201  | 0,0000 | $\rho^2$  | 0,748 |
| $\beta_1$ | 0,4679                      | 5,587   | 0,0000 | $\rho^2$  | 0,723 |
| $\beta_2$ | 0,203                       | 2,443   | 0,024  | DW        | 1,314 |
| F         | 29,758                      |         | 0,0000 |           |       |

Iz tabele br. 4 mogu se izvesti i sledeći zaključci koji potvrđuju postavljene hipoteze:

- Prihvata se alternativna hipoteza - odabrani višedimenzionalni regresioni model je statistički visoko značajan; jer je Snedecorova  $F_{09}$  statistika jednaka  $29,758 > F_{v1;v2;\alpha}$ , i  $p=0,0000$ .
- Koeficijent determinacije pokazuje da je 74,8% varijacije zavisno promenljive objašnjeno izborom višedimenzionalne hiper-ravne površine i transformisanih nezavisno promenljivih  $X_3^*$  i  $X_4^*$ .
- Kod stepene funkcije ili log-log modela ocene parametara populacije su ujedno i koeficijenti elastičnosti, tako da se mogu izvesti sledeći zaključci.

### Znanje i inovativnost kao faktor društveno-ekonomskog razvoja zemlje: statističko-ekonometrijski model

---

Ako se učešće ulaganja u R&D promeni za 1%, onda će GDP po stanovniku promeniti za 0,467%. Ako se udeo visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu ( $X_4$ ) promeni za 1%, onda će se GDP po stanovniku promeniti za 0,203%.

#### 3.2.5. Komparativna analiza rezultata dobijenih pomoću regresije R1, R2, R3 i R4

U poređnom analizom regresije R1 - promenljive su podaci iz 2006. godine, R2 - promenljive su podaci iz 2007. godine, R3 - promenljive su podaci iz 2008. godine i R4 - promenljive su podaci iz 2009. godine mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Analizom oblika zavisnosti može se zaključiti da se oblik zavisnosti menja iz godine u godinu, tj. 2006. i 2008. godine je prava, a 2007. i 2009. godine je log-log model. Takođe, 2006. i 2007. godine oblik zavisnosti je dvodimenzionalna regresija, a 2008. i 2009. godine je trodimenzionalna regresija.
- Statistički su značajne sve četiri regresije ( $F_{06}=206,338$ ,  $F_{07}=40,591$ ,  $F_{08}=49,8647$  i  $F_{09}=29,758$ ).
- Ni u jednoj regresiji nema dejstva sa zaostajanjem promenljivih i nema asimetričnog dejstva nezavisno promenljivih posle primene regresije u koracima.
- Promenljiva  $X_3$  - udeo R&D u GDP ima u svim godinama statistički značajan uticaj na zavisno promenljivu, promenljiva broj istraživača na milion stanovnika ( $X_1$ ) u 2008. godini ima statistički značajan uticaj na zavisno promenljivu, a promenljiva udeo visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu ( $X_4$ ) ima statistički značajan uticaj u 2009. godini. Javna potrošnja za obrazovanje – učešće u GDP i broj prijavljenih patenata (ukupno) ( $X_5$ ) ni u jednoj godini nemaju statistički značajan uticaj.
- U regresijama ne postoji problem multikolinearnosti.
- U regresijama ne postoji problem heteroskedastičnosti. Postojao je u podacima iz 2006. godine i on je otklonjen.
- U regresijama ne postoji ni negativna ni pozitivna autokorelacija I reda. U 2008. godini test za otklanjanje pozitivne autokorelacije je primenjen i ona je otklonjena u prvoj iteraciji.
- Statistički skup je homogen.
- Pošto promenljiva  $X_3$  - udeo R&D u GDP ima uticaj na zavisno promenljivu i pošto u 2007. i 2009. godini oblik uticaja je logaritamski to se može testirati hipoteza o jednakosti parametara populacije.

Nulta hipoteza  $H_0$  je da se vrednost parametra  $\beta_3$  statistički značajno ne razlikuje od hipotetičke vrednosti parametra  $\beta_{30}$ , tj.  $\beta_3 = \beta_{30}$ ;  $\beta_{30} = 0,5$ .

Alternativna hipoteza je  $H_0 : \beta_3 \neq \beta_{30}$ , tj. vrednost parametra  $\beta_3$  se statistički značajno razlikuje od hipotetičke vrednosti parametra  $\beta_{30}$ .

Test je dvosmeran. Verovatnoća nivoa značajnosti testa  $\alpha = 0,05$ , a kritična vrednost testa je  $t_{(v, \alpha/2)}$ .

$$\text{Statistika testa je } t = \frac{b_3 - \beta_{30}}{s_{b_3}}.$$

Zona prihvatanja nulte hipoteze je  $|t| \leq t_{(v, \alpha/2)}$  i  $p > 0,05$ .

Zona odbacivanja nulte hipoteze i prihvatanja alternativne  $H_1$  je  $|t| > t_{(v, \alpha/2)}$  i  $p \leq 0,05$ .

Statistika testa za 2007. godinu je u ovom slučaju je:  
$$t = \frac{b_3 - \beta_{30}}{s_{b_3}} = \frac{0,543 - 0,5}{0,085} = 0,5059.$$

Statistika testa za 2009. godinu je:  $t = \frac{b_3 - \beta_{30}}{s_{b_3}} = \frac{0,467 - 0,5}{0,084} = -0,3928.$

Pošto je  $|t_{07}| < |t_{09}| < t_{(v, \alpha/2)}$  i  $p_{07}, p_{09} > 0,05$ , to se u oba slučaja prihvata nulta hipoteza  $H_0$ , a to znači da se može smatrati, na osnovu uzoraka 2007. i 2009. godine, da je parametar u populaciji uz promenljivu  $X_3$  jednak 0,5 ili parametri populacije 2007. i 2009. godine uz promenljivu  $X_3$  se statistički značajno ne razlikuju.

#### 4. Zaključak

U model u radu su uključene samo neke promenljive, međutim, teorijska i praktična istraživanja ovog problema, u svetu i kod nas, ukazuju da, u daljoj analizi i specifikaciji statističko-ekonometrijskog modela, treba uključiti i brojne druge promenljive i to:

a. promenljive apsorpcionog kapaciteta: broj diplomiranih u prirodnim i tehničko tehnološkim naukama, broj zaposlenih u srednje i visoko tehnološki intenzivnim industrijama, broj zaposlenih u visoko tehnološkim intenzivnim uslugama itd.

b. promenljive R&D sposobnosti: troškove za naučno-istraživački i R&D rad poslovnog sektora kao procentualno učešće u BDP, broj patenata u visoko tehnološki intenzivnim oblastima. Opravdanje za ovu tvrdnju nalazi se i u činjenici

### **Znanje i inovativnost kao faktor društveno-ekonomskog razvoja zemlje: statističko-ekonometrijski model**

---

da koeficijenti deteterminacije pokazuju da: u drugoj regresiji R2 nije uključeno 33% nezavisnih faktora dejstva, u trećoj 20,7%, a u četvrtoj R4 25,2% faktora dejstva.

U radu su specificirana četiri modela koja su dala potpuno različite modele u pogledu promenljivih koje su uključene u model i u pogledu oblika zavisnosti. Jedino za promenljivu udeo R&D u GDP može se tvrditi da ona ima statistički značajan uticaj, tako da se samo zaključci u vezi ove promenljive mogu koristiti za statističko zaključivanje. Naime, ako se ova promenljiva poveća za 1% (smanji za 1%) GDP po stanovniku će se povećati (smanjiti) za oko 0,5%. To povećanje bi u 2009. godini u Srbiji prosečno iznosilo 59,465 međunarodnih \$ po stanovniku, a u masi bi to bilo 435331788,255 međ. \$ (Srbija je u 2009. godini imala 7320807 stanovnika). Srbija (11893 međ. \$) i Makedonija (11159 međ. \$) imaju najmanji GDP po stanovniku u 2009. godini od posmatranih zemalja. Najveći GDP po stanovniku imaju Norveška (56214 međ. \$), Švajcarska (45224 međ. \$), Irska (40697 međ. \$) i Holandija (40676 međ. \$). Prosečni GDP po stanovniku za posmatrane zemlje je 28169,38 međ. \$. Srbija spada u zemlje koja ima najmanja ulaganja u R&D (0,86% u GDP). Najveća ulaganja imaju Finska (3,96%) i Švedska (3,6%). Ako bi se ulaganja u R&D u Srbiji povećala za 1%, to bi iznosilo 1,86% i to bi, tek u tom slučaju, bilo na nivou prosečnih ulaganja za ove 32 zemlje. Srbija bi tada imala GDP po stanovniku 11952,465 međ. \$, što bi opet (uz Makedoniju) bio najniži iznos za ove 32 zemlje.

U daljoj specifikaciji regresionog modela biće sproveden i drugi postupak, tj. u prvom koraku biće određena faktorska analiza. U drugom koraku biće specificiran regresioni model sa faktorima kao nezavisno promenljivim. Dobijeni rezultati korišće se za testiranje hipoteza i za komparativnu analizu sa specificiranim regresionim modelima *R1*, *R2*, *R3* i *R4*. Ovo je naročito značajno za merenje uticaja dejstva nezavisno promenljivih sa zaostajanjem.

U daljoj analizi i specifikaciji ovog modela biće uključene i sve godine u analizu (2006, 2007. i 2008. godina). Naročito treba da se istakne da su publikovani podaci za 2010. godinu i da će biti specificirana oba modela, (klasičan regresioni model i model gde su faktori nezavisno promenljive) i na osnovu podataka 2010. godine. Specificiranje ovog drugog regresionog modela i testiranje hipoteza o jednakosti parametara populacije omogućilo bi izbor regresionog modela koji bi mogao da posluži kreatorima ekonomske i poslovne politike za upravljanje razvojem na makro i mikro nivou, odnosno posle adekvatne kvalitativne analize i nadgradnje modela, za ekonomsko i poslovno odlučivanje, planiranje, kontrolu i upravljanje.

### Literatura

1. Furman, J., Porter, M., Stern, S. (2002) The Determinants of National Innovative Capacity. *Research Policy*, 31: 899 – 933.
2. Johnston, J. (1998) *Econometric Methods*. New York: McGrawHill.
3. Jovetić, S. (1996) *Upravljanje troškovima kvaliteta*. Kragujevac: Ekonomski fakultet.
4. Jovetić, S. (2007) *Statistika sa aplikacijom u EXCEL-u, IP“Dositej“*. Gornji Milanovac.
5. Jovetić, S., Stanišić, N. (2009a) Konvergencija izvoznih struktura evropskih tranzicionih zemalja i zemalja EU15 sa posebnim osvrtom na Srbiju. *Industrija*, 3: 1-19.
6. Jovetić, S., Stanišić, N. (2009b) Ulaganje u razvoj ljudskog kapitala kao osnovna determinanta savremenog privrednog razvoja: empirijska studija na primeru evropskih zemalja. *Ekonomске teme*, 47(1): 89-105.
7. Jovetić, S., Janković, N. (2011) Značaj naučno-tehnološkog razvoja za društveno-ekonomski razvoj zemlje: statističko-ekonometrijski model. Zbornik radova sa 18. naučnog skupa međunarodnog značaja: *Tehnologija, kultura i razvoj* (ured. Vlastimir Matejić): 142-151. Palić, Srbija, Udruženje „Tehnologija i društvo“.
8. Mladenović, Z., Petrović, P. (2003) *Uvod u ekonometriju*. Beograd: Ekonomski fakultet.
9. Oslo Manual, Guidelines For Collecting And Interpreting Innovation Data (2005) OECD and Eurostat.
10. Reinert, E. (2006) *Globalna ekonomija: kako su bogati postali bogati i zašto siromašni postaju siromašniji*. Beograd: Čigoja štampa.
11. SRPS ISO 9000:2007, *Sistemi menadžmenta kvalitetom – Osnove i rečnik*. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
12. SRPS ISO 9001:2008, *Sistemi menadžmenta kvalitetom – Zahtevi*, Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
13. SRPS ISO 9004:2009, *Ostvarivanje održivog uspeha – pristup preko menadžmenta kvalitetom*. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
14. SPSS 15.0 (2006) *Brief Guide*. Chicago, USA: SPSS INC.
15. Veselinović, P., Stanišić, N., Janković, N. (2011) Obrazovna struktura radne snage Srbije kao faktor međunarodne konkurentnosti i ekonomskog razvoja zasnovanog na znanju, Zbornik radova sa 18. naučnog skupa međunarodnog značaja: *Tehnologija, kultura i razvoj* (ured. Vlastimir Matejić):152-161. Palić, Srbija, Udruženje „Tehnologija i društvo“.
16. Unesco Institute for Statistics, <http://stats.uis.unesco.org/unesco/ReportFolders/ReportFolders.aspx>, (26. 09. 2011.)
17. Inno Metrics Pro Inno Europe, <http://www.proinno-europe.eu/overview>,(29. 03. 2012.)

**KNOWLEDGE AND INNOVATION AS ESSENTIAL FACTORS  
OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE COUNTRY:  
A STATISTICAL AND ECONOMETRIC MODEL**

**Abstract:** Contemporary business environment has contributed to the growing importance of investment in knowledge, technology and innovation. Increase of the general level of education has contributed that a paradigm *job for life* is replaced by a new, *lifelong learning*, where education is considered the only viable resource of competitive advantage in the long run. Investing in knowledge should be in causal relation with other factors such as investment in research and development, application of research results, innovation, development and application of new technologies. This is the reason why innovation is considered to be the core strategy for Europe 2020, which should lead to the creation of some kind of "Innovation Union". The last revision of the ISO family of standards shows that the sustainable success of the organization can only be achieved by effective and efficient quality management system, managing the effects of environment factors, learning process and improvement and innovation applying. Applying this standard is achieved by continuously improving organization performance, as well as customer and other interested parties satisfaction exceeding. The aim of this paper is to specify the statistical and econometric model which has to show the factors of economic growth and countries development level. On the basis of established database and specified model, the shape, type and direction of functional agreement between the dependent variable were defined - GDP per capita and selected independent variables and hypotheses were tested using regression models.

**Keywords:** knowledge, innovation, economic development, statistical and econometric model