



UNIVERZITET U NIŠU  
EKONOMSKI FAKULTET  
Časopis "EKONOMSKE TEME"  
Godina izlaženja XLVII, br. 1, 2009., str. 89-105  
Adresa: Trg kralja Aleksandra Ujedinitelja 11, 18000 Niš  
Tel: +381 18 528 601 Fax: +381 18 523 268

## ULAGANJE U RAZVOJ Ljudskog KAPITALA KAO OSNOVNA DETERMINANTA SAVREMENOG PRIVREDNOG RAZVOJA: EMPIRIJSKA STUDIJA NA PRIMERU EVROPSKIH ZEMALJA

**Prof. dr Slavica Jovetić\***  
**Mr Nenad Stanišić\***

***Rezime:** U savremenom svetu, ljudski kapital postaje osnovni faktor privrednog razvoja. Osvajanje novih tehnologija, značajna ulaganja u razvoj obrazovanja i inovativnosti privrede su pretpostavke uspešnog razvoja. U tom kontekstu, sve više se afirmišu ideje razvoja nacionalnog inovacionog kapaciteta, tj. sposobnosti privrede da proizvodi i eksploatiše nove ideje. Pošto je u teoriji prihvaćeno da stopa ekonomskog rasta, kao i stepen razvijenosti, zavise od faktora kao što su ulaganje u sektor istraživanja i razvoja (R&D), ulaganja u obrazovanje i broj istraživača, to je cilj rada da se utvrdi statistička značajnost uticaja svih ovih promenljivih na nivo ekonomske razvijenosti i stope ekonomskog rasta. U radu je prezentirana statističko-ekonometrijska analiza pomenute zavisnosti na primeru 32 evropske zemlje. Urađen je statističko-ekonometrijski model za sve zemlje, a onda je testirana hipoteza o homogenosti populacije uporednom analizom parametara regresije, gde je kriterijum stratifikacije bio nivo razvijenosti. Na osnovu rezultata kvantitativne analize izvedeni su zaključci o statističkoj značajnosti uticaja udela visoko-tehnoloških proizvoda u društvenom proizvodu i u izvozu.*

***Ključne reči:** ljudski kapital, ekonomski razvoj, inovacioni kapacitet*

---

\* Ekonomski fakultat Kragujevac

Rad je deo istraživanja na projektu „Istraživanje nacionalnog inovacionog kapaciteta kao faktora za uspostavljanje ekonomije i društva Srbije zasnovanog na znanju i kompatibilnog sa inovacionim sistemom Evropske unije“, evidencioni broj 149021D, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

UDK 330.34(4)

330.43(4); Pregledni rad

Primljeno: 11.02.2009.

## 1. Uvod

Ako se odupremo neoliberalističkoj doktrini koja upravo doživljava svoje teške trenutke, i ako svetsku ekonomiju posmatramo realističnije, kroz praksu, a ne kroz modele, postaje jasno da ekonomski razvoj zahteva mnogo više od prostog prepuštanja tržišnim snagama i komparativnim prednostima. Potrebna je aktivna ekonomska politika koja je usmerena na izgradnju privredne strukture koja će biti konkurentna razvijenim ekonomijama, a ne kompatibilna. Nije potrebno puno mudrosti niti modeliranja da bi se shvatilo da u svetskoj privredi i na svetskom tržištu uspeha imaju one zemlje čija je proizvodna struktura zasnovana na sofisticiranim proizvodima, znanju i modernoj tehnologiji. Zemlje koje su specijalizovane za tu vrstu proizvodnje imaju više uspeha od zemalja čija se privredna struktura zasniva na poljoprivredi, standardizovanim industrijskim proizvodima i sirovinama. Koristeći terminologiju teorije spoljne trgovine, komparativne prednosti treba shvatiti dinamički, kao promenljivu, a ne kao statičku kategoriju. Još više, komparativne prednosti treba menjati, na njih treba uticati aktivnom, proaktivnom ekonomskom politikom. U tom cilju, za nerazvijene zemlje je korisno da „kopiraju“ ekonomsku strukturu, a ne ekonomsku politiku razvijenih zemalja [1, str. 32]. Jedna ista politika ne može istovremeno odgovarati zemljama u različitim uslovima, na različitom stupnju razvoja i pod različitim okolnostima. Da je tako, potvrđuje i samo površni pogled na istoriju liberalizma i protekcionizma u svetskoj privredi. Sadašnje razvijene zemlje, zagovornice brze liberalizacije visokog stepena, su upravo koristile protekcionizam u prošlim vekovima, kada su prelazile put od nisko ka visoko razvijenim ekonomijama. Protekcionizam je bio neophodan kako bi se stvorila privredna struktura koja odgovara tada razvijenim zemljama. Bilo je neophodno industrijalizovati zemlju, a upravo su visoke spoljnotrgovinske barijere bile pogodan instrument za postizanje tog cilja. Danas, politikom neoliberalizma i „Vašingtonskog konsenzusa“ nerazvijenim zemljama nije dozvoljen isti princip. Od njih se zahteva liberalizam, što ih izlaže jakoj konkurenciji svetskog tržišta koja „gura“ privrednu strukturu nerazvijenih zemalja ka proizvodima nižeg stepena obrade, poljoprivredi i sirovinama. Takva specijalizacija, u skladu sa komparativnim prednostima, jasno je, ne daje dobre rezultate u ekonomskom razvoju zemalja većeg dela svetske populacije.

Ono što razlikuje razvijene i nerazvijene zemlje sveta, zemlje koje se brzo razvijaju i one koje se malo razvijaju je, pre svega, privredna struktura. Proizvodi visoke tehnologije, zasnovani na znanju i modernim dostignućima su preduslov ekonomskog razvoja na dugi rok. Zbog toga se sve više ističe značaj ulaganja u znanje, u tehnologiju i inovativnost. Sektor istraživanja i

## **Ulaganje u razvoj ljudskog kapitala kao osnovna determinanta savremenog privrednog razvoja: empirijska studija na primeru evropskih zemalja**

razvoja i obrazovni sistem su ključni u procesu ekonomskog razvoja. Inovacioni sistem, shvaćen kao skup institucija i njihovih interakcija usmerenih ka stvaranju novih znanja i primeni postojećih, postaje deo infrastrukture svake moderne privrede, baš kao što su to u prošlim vekovima bili železnica, autoputevi, telekomunikacione mreže, mreže distribucije električne energije i sl.

Cilj ovog rada je statističko-ekonometrijska provera navedenih stavova. Izbor nezavisnih promenljivih, promenljivih čiji će se uticaj na ekonomski rast meriti, zasnovan je na Furman-Štern-Porterovom modelu nacionalnog inovacionog kapaciteta [2]. Od mnogih determinanti ovog modela izabrano je četiri: broj istraživača na milion stanovnika, učešće potrošnje na obrazovanje u bruto domaćem proizvodu, učešće ulaganja u sektor istraživanja i razvoja u bruto domaćem proizvodu i udeo visokotehnoloških proizvoda u izvozu. Izbor varijabli je bio ograničen trenutnom dostupnošću podataka za našu zemlju.

### **2. Porter-Furman-Štern model nacionalnog inovacionog kapaciteta**

Iako se R&D odvija u mnogim zemljama, razvoj i komercijalizacija novih tehnologija je koncentrisana u malom broju zemalja. Na primer, tokom sedamdesetih i ranih osamdesetih, dve zemlje, USA i Švajcarska su imale stopu međunarodnih patenata po glavi stanovnika veću od svih ostalih zemalja zajedno. Postavlja se pitanje zbog čega intenzitet inovacija zavisi od lokacije. Ovo pitanje je značajno iz najmanje dva razloga. Prvi, kako je tehnološki razvoj osnov privrednog razvoja, potrebno je utvrditi pokretače inovativnosti. Drugo, razumevanje inovativnosti ima uticaja na ekonomsku politiku zemlje.

Koncept nacionalnog inovacionog kapaciteta bazira se na tri teorije:

- Romerovom modelu rasta privrede zasnovanog na idejama kao pokretaču razvoja,
- Porterovom modelu nacionalne industrijske konkurentске prednosti i
- Nelsonovom istraživanju nacionalnog inovacionog sistema.

Sve teorije identifikuju faktore od kojih zavisi tok inovacija, ali se razlikuju po nivou apstrakcije i faktorima koje posmatraju.

Mada je ekonomska teorija uvek isticala značaj tehnološkog progresa za ekonomski razvoj zemlje, tehnologija je dugo smatrana egzogenom varijablom u modelima ekonomskog rasta. Tek krajem osamdesetih godina 20. veka, tehnološke promene postaju endogena

varijabla ovakvih modela. U svom modelu ekonomskog rasta, Romer uvodi sektor ideja u privredi i formuliše jednačinu proizvodne funkcije ideja:

$$\dot{A} = \delta H \lambda A_t \varphi, \text{ gde su:}$$

$\dot{A}$  - stopa tehnološkog progresa,

$HA$  – broj radnika u sektoru stvaranja ideja,

$A_t$  – stok ideja do posmatranog perioda.

Prema postavljenoj funkciji, stopa rasta stoka ideja (stopa tehnološkog progresa) je funkcija broja istraživača i akumuliranog stoka ideja u prethodnom periodu koji im je na raspolaganju.

Dajući svoj doprinos objašnjenju fenomena međunarodne konkurentnosti zemalja, Porter formuliše model zasnovan na četiri osnovne varijable:

- poslovna strategija i konkurencija,
- dostupnost i kvalitet inputa,
- uslovi tražnje, i
- podržavajuće privredne grane.

Ove varijable utiču na međunarodnu konkurentsku prednost privrede, ali su i međusobno u određenoj vezi. Prezentirani model se može upotrebiti i u objašnjavanju fenomena nacionalnog inovacionog kapaciteta. Tako se NIK može posmatrati kao rezultanta uticaja:

- strategije i konkurencije u R&D sektoru,
- dostupnosti i kvaliteta inputa u procesu stvaranja ideja,
- uslova tražnje za proizvodima R&D aktivnosti, i
- postojanja odgovarajuće infrastrukture koja podržava R&D.

Model se zasniva na tri stvari. Prvo, NIK zavisi od zajedničke inovacione infrastrukture (pomažu širenju inovativnosti kroz celu ekonomiju, npr. politika nauke i istraživanja, politika visokog obrazovanja, kumulativni stok tehnologije ...).

Drugo, NIK zavisi i od razvijenosti industrijskih klastera u zemlji. Konkurentnost firmi zavisi od makroekonomskog okvira u kome one konkurišu.

Treće, NIK zavisi od jačine veze između zajedničke inovacione infrastrukture i industrijskih klastera. Razvoj inovativnosti u mnogome zavisi od podrške institucija i fondova koje su kanal državne podrške klasterima.

### **Ulaganje u razvoj ljudskog kapitala kao osnovna determinanta savremenog privrednog razvoja: empirijska studija na primeru evropskih zemalja**

Za potrebe modela, Porter, Furman i Štern su razvili proizvodnu funkciju ideja zasnovanu na Romerovoj jednačini, pri čemu se stopa tehnološkog progresa može izraziti sledećom jednačinom:

$$A'_{j,t} = \delta_{j,t} (XINF_{j,t}, YCLUS_{j,t}, ZLINK_{j,t}) HA_{\lambda j,t} A_{\phi j,t}, \text{ gde su:}$$

- $A'_{j,t}$  – stopa razvoja novih ideja u godini  $t$  u zemlji  $j$ ,
- $HA$  – nivo raspoloživih resursa (kapitala i ljudi) u sektoru stvaranja ideja,
- $A$  – raspoloživi stok znanja akumuliran u prošlosti,
- $XINF$  – nivo razvijenosti R&D infrastrukture,
- $YCLUS$  – razvijenost industrijskih klastera,
- $ZLINK$  – veze koje postoje između klastera i infrastrukture.

Izvor međunacionalne različitosti u produkciji inovativnog outputa određujemo na osnovu relacije između produkcije međunarodnih patenata, s jedne strane, i merljivih veličina nacionalnog inovacionog kapaciteta.

Rezultati studije govore da R&D output zavisi od ekonomsko-političkih mera, kao što su zaštita patenata, otvorenost za međunarodnu trgovinu, udela akademskog sektora u ukupnim R&D izdacima, udela privatnih R&D fondova, stepena specijalizacije i stoka tehnologije. Procenjeni nivo NIK utiče na rast produktivnosti ekonomije i udeo visokotehnološkog izvoza.

Među razvijenim zemljama postoji konvergencija u razvoju NIK. USA i Švajcarsku vremenom su sustigli Japan, Nemačka i skandinavske zemlje. Ipak, Velika Britanija i Francuska još uvek zaostaju.

Kako bi se razvijeni teorijski model testirao, neophodno je precizno ustanoviti determinante nacionalnog inovacionog kapaciteta, tj pronaći pokazatelje koji će na najbolji mogući način predstavljati varijable  $XINF$ ,  $ZLINK$  i  $YCLUS$  integrisane u model. Porter, Furman i Štern specificiraju sledeću listu varijabli koje na najbolji način opisuju tri nedostajuće varijable modela:

- kvalitet opšte inovacione infrastrukture:
  1. GDP per capita
  2. kumulativ međunarodnih patenata iz prošlog perioda
  3. populacija
  4. broj radnika u R&D sektoru
  5. troškovi R&D sektora (izraženi u novcu)
  6. otvorenost zemlje za trgovinu i investicije (procena)
  7. stepen zaštite patenata (procena)
  8. procenat GDP koji se ulaže u visoko obrazovanje
  9. stepen zaštite od monopola (procena)

- klstersko inovaciono okruženje:
  1. procenat R&D fondova koji su izdvojeni od privatnog sektora
  2. stepen koncentracije patenata po granama
- kvalitet veze državnog i privatnog sektora:
  1. procenat R&D fondova koji su izdvojeni od strane univerziteta
  2. razvijenost tržišta venture kapitala (procena)
- ostali faktori:
  1. broj objavljenih radova u međunarodnim naučnim časopisima
  2. GDP
  3. broj zaposlenih
  4. stock kapitala
  5. učešće zemlje u svetskom izvozu visoko-tehnoloških proizvoda

### 3. Statističko-ekonometrijski model

Cilj postavljenog statističko-ekonometrijskog modela je da se utvrdi:

1. Oblik, tip i smer funkcionalnog slaganja između zavisne promenljive - stope rasta GDP u % ( $Y$ ) i nezavisnih promenljivih [5, str.129-156]:
  - Broja istraživača na milion stanovnika ( $X_1$ ),
  - Javne potrošnje na obrazovanje – učešće u GDP ( $X_2$ ),
  - Ulaganja u R&D – učešće u GDP ( $X_3$ ) i
  - Udela visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu ( $X_4$ ).
2. Oblik, tip i smer funkcionalnog slaganja između zavisne promenljive - udela visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu ( $Y$ ) i nezavisnih promenljivih:
  - Broja istraživača na milion stanovnika ( $X_1$ ),
  - Javne potrošnje na obrazovanje – učešće u GDP ( $X_2$ ), i
  - Ulaganja u R&D – učešće u GDP ( $X_3$ ).

Testirane hipoteze u oba regresiona modela su:

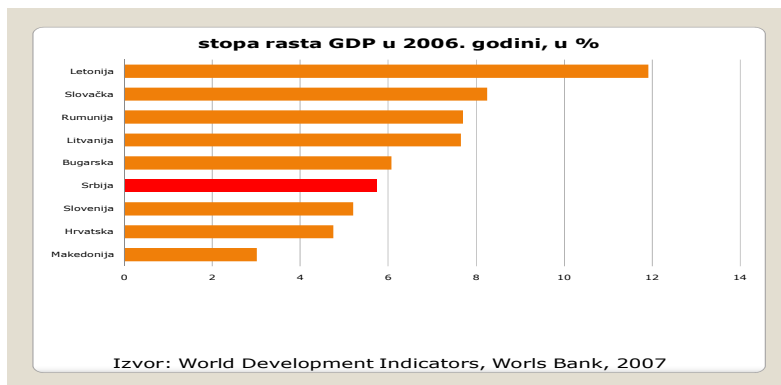
- Višedimenzionalne hiper-ravne površine funkcionalne zavisnosti su statistički značajne.
- Uticaj pojedinih nezavisnih promenljivih je visoko statistički značajan.
- Ne postoji problem multikolinearnosti između nezavisnih promenljivih.
- Ne postoji problem autokorelacije između podataka.

## Ulaganje u razvoj ljudskog kapitala kao osnovna determinanta savremenog privrednog razvoja: empirijska studija na primeru evropskih zemalja

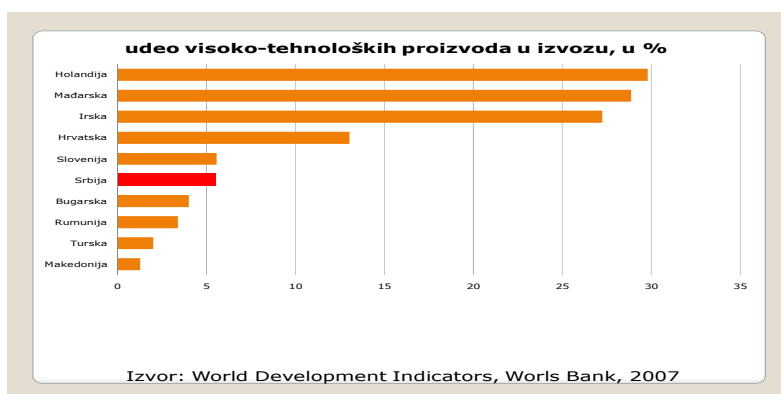
- Ne postoji problem heteroskedastičnosti.
- Postoji dejstvo sa zaostajanjem (od jedne i od dve godine) nezavisno promenljivih na zavisno.
- Efekat rasta i pada ulaganja u R&D je asimetričan.

Korišćeni su podaci za 32 evropske zemlje. Podaci su preuzeti iz statističkih baza podataka Svetske banke i UNESCO-a. Razlike u posmatranim varijablama među izabranim zemljama su prikazane na grafikonima br.1, 2, 3, 4 i 5. Prikazane su vrednosti varjabli za zemlje sa najvećim vrednostima posmatranih varijabli, vrednosti za Srbiju i zemlje okruženja i za zemlje sa najnižim vrednostima varijabli.

**Grafikon br. 1**



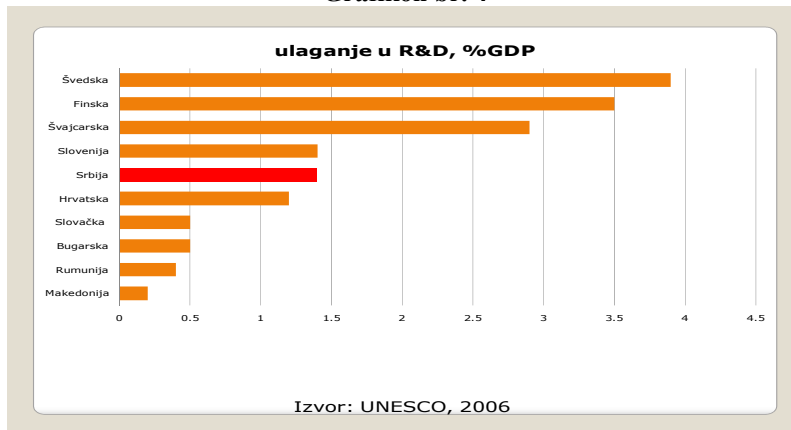
**Grafikon br. 2**



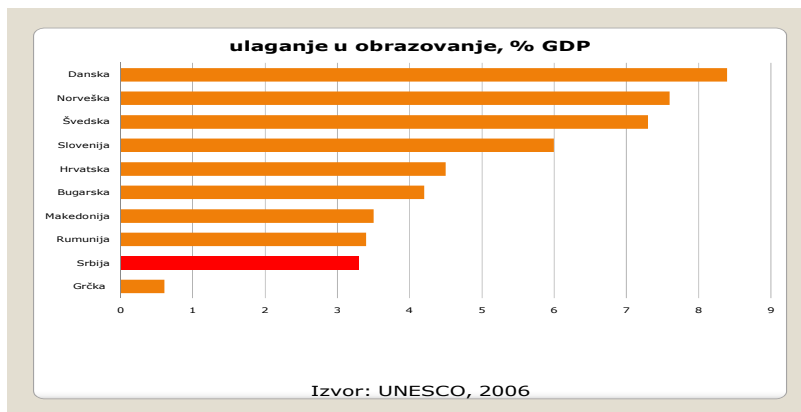
**Grafikon br. 3**



Grafikon br. 4



Grafikon br.5





### **Ulaganje u razvoj ljudskog kapitala kao osnovna determinanta savremenog privrednog razvoja: empirijska studija na primeru evropskih zemalja**

---

U radu je primenjena statističko-ekonometrijska analiza. Eksperimentisano je sa sledećim krivama: višestruki linearni regresioni model, višestruki log-log model, višestruki lin-log model, višestruki log-lin model i višestruki hiperbolični model. U slučaju testiranja problema heteroskedastičnosti eksperimenstisano je sa gore navedenim dvodimenzionalnim modelima i parabolom.

U prvom koraku testiran je problem multikolinearnosti. 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 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  $VIF \geq 5$ . [4, str.90].

U trećem koraku, testiran je problem heteroskedastičnosti. Posledice heteroskedastičnosti su: da ocene nisu efikasne, intervali poverenja i testovi bazirani na ocenama varijansi su nepouzđani. U radu je korišćen Glejserov test za otkrivanje heteroskedastičnosti [6, str.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 korišćene su za transformaciju svih promenljivih u modelu [3, str.211]. Na transformisane promenljive, u zavisnosti od utvrđene veze, primenjen je generalizovani metod najmanjih kvadrata

Testiran je i asimetričan uticaj nezavisno promenljive za koju se pretpostavlja da ima takav uticaj [6, str.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 dve godine primenjen je višestruki klasični regresioni model gde je zavisna

promenljiva stopa rasta GDP u 2006. godini, a nezavisne promenljive su iz 2004. godinu [5, str. 153].

#### 4. Rezultati istraživanja

U prvom koraku testirana je multikolinearnost. U modelu sa stopom rasta GDP kao zavisnom promenljivom, izračunate su sledeće vrednosti VIF:

Nezavisno promenljive	Ocene $\rho^2$	VIF
$X_1$	0,756720	4,5872
$X_2$	0,570070	2,8360
$X_3$	0,675554	4,1257
$X_4$	0,063700	1,7634

Pošto su sve vrednosti VIF-a  $< 5$  zaključeno je da ne postoji problem multikolinearnosti između izabranih nezavisno promenljivih.

#### Statističko-ekonometrijski model nezavisno promenljive iz 2004. godine (merenje uticaja bez vremenskog zaostajanja)

Eksperimentisano je sa svim gore navedenim regresionim krivama. Izabran je višestruki linearni regresioni model, jer su koeficijent determinacije (ocena  $\rho^2 = 0,350089$ ) i *Snedekorova F* statistika ( $F = 3,648361$ ) bile najveće. Međutim, pošto je  $F < F_{2;29;0.05} = 5,42$ , to se prihvata  $H_0$ , a to znači da odabrana regresiona kriva nije statistički značajna. U modelu nijedna promenljiva nema statistički značajan uticaj, odnosno sve *Studentove t-statistike* su manje od  $t_{v;\alpha/2}$ .

Zatim je testiran problem heteroskedastičnosti. Utvrđeno je da postoji heteroskedastičnost između apsolutne vrednosti reziduala  $|e|$  i udela visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu, tj.

$$|e| = f(X_i) - \text{oblik zavisnosti: prava, } F = 5,829.$$

Sve promenljive su transformisane deljenjem sa modeliranom apsolutnom vrednošću reziduala. Tada je primenjen metod najmanjih kvadrata na sve transformisane promenljive.

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

$$X_5 = 1, \text{ za udeo R\&D u GDP } \leq 1\% \\ X_5 = 0, \text{ za udeo R\&D u GDP } > 1\%.$$

**Ulaganje u razvoj ljudskog kapitala kao osnovna determinanta savremenog  
privrednog razvoja: empirijska studija na primeru evropskih zemalja**

Studentova t-statistika je manja od  $t_{25;0.025} = 2,05183$ , pa se prihvata  $H_0$ , a to znači da ne postoji statistički značajno asimetrično dejstvo učešća ulaganja u R&D.

Eksperimentisano je sa svim gore navedenim višedimenzionalnm regresijama.

Konačno prihvaćeni model, u kome je od nezavisno promenljivih ostalo samo učešće visoko-tehnoloških proizvoda u ukupnom izvozu, je log-log model, tj.:

$$\hat{Y}_i^* = 2,5431452 + 0,0579311 X_{4i}^*$$

Parametri	Ocena stand. greške	t-stat.	Parametri	Ocene	F = 6,208733
$\beta_0$	0,3595311	7,0735061	$\rho^2$	0,1715	
$\beta_1$	0,0232493	2,4917329	$\rho^2$	0,1438	
			DW	2,27449	

Iz napred navedenog mogu se uzvesti sledeći zaključci:

- Odabrani statistički model je statistički značajan;  $F > F_{1;30;0.05}$
- Uticaj nezavisno promenljive – udeo visoko-tehnoloških proizvoda u izvozu ( $X_4$ ) je statistički značajan;  $t > t_{30;0.025}$
- Koeficijent determinacije  $R^2 = 0,1715$  pokazuje da je samo 17,15% varijacije zavisno promenljive objašnjeno varijacijama nezavisno promenljive. 82,85% nije objašnjeno i predstavlja dejstvo ostalih nezavisnih faktora.

Koeficijent elastičnosti za prosečnu stopu rasta GDP u Evropi ( $r_s = 11,7821\%$ ) pokazuje da, ako se nezavisno promenljiva poveća za 1%, zavisno promenljiva će se povećati za 0,21%.

**Statističko-ekonometrijski model nezavisno promenljive iz 2005. godine  
(merenje uticaja sa zaostajanjem od jedne godine)**

Usled nezadovoljavajućih rezultata („ispadanja“ iz modela promenljivih kao što su broj istraživača, ulaganje u obrazovanje i u R&D i niskog koeficijenta determinacije) testirano je dejstvo sa zaostajanjem od jedne godine. Primenjen je višestruki klasični regresioni model. Zavisna promenljiva je stopa rasta GDP u 2005. godini, a nezavisne promenljive su za 2004. godinu.

Eksperimentisano je sa svim gore navedenim regresionim krivama. Izabran je **višestruki linearni regresioni model**, jer su koeficijent determinacije (ocena  $\rho^2 = 0,2758$ ) i *Snedekorova F* statistika ( $F = 2,5705$ ) bile najveće. Međutim, pošto je  $F < F_{4;29;0.05} = 2,7278$ , to se prihvata  $H_0$ , a to znači da odabrana regresiona kriva **nije statistički značajna**. U modelu samo promenljiva učešće ulaganja u istraživanje i razvoj ima statistički značajan uticaj, odnosno njena *Studentove t-statistike* je veća od teorijske vrednosti ( $t=2,1980 > t_{27;0,025}$ ). Nezavisno promenljive, koje nemaju statistički značajan uticaj, izlašle su, jedna po jedna, iz modela i to prvo promenljiva sa najmanjom *t* statistikom.

Zatim je testiran problem heteroskedastičnosti. Takođe je eksperimentisano sa svim, gore navedenim, oblicima zavisnosti. Utvrđeno je da ne postoji heteroskedastičnost između apsolutne vrednosti reziduala  $|e|$  i udela izdvajanja za istraživanje i razvoj.

Usvojen model zavisnosti stope rasta društvenog proizvoda 2005. godine od učešća izdvajanja za istraživanje i razvoj u 2004. godini je linearan.

$$\hat{Y}_i = 5,88012603 - 1,1356 X_{3i}$$

Parametri	Ocena stand. greške	t-stat.	Parametri	Ocene	F = 5,567839
$\beta_0$	0,8295	0,8295	$\rho^2$	0,1565	
$\beta_1$	0,4812	-2,3596	$\rho'^2$	0,128383	

Koeficijent nagiba  $b_1$  je negativan, što znači da je uticaj nezavisno promenljive negativan, odnosno za procentualno, jedinišno povećanje nezavisno promenljive zavisno promenljiva stopa rasta društvenog proizvoda opada. Ovakav neočekivani rezultat je dobijen jer, vizuelni pregled podataka, ukazuje da je procentualno učešće ulaganja u istraživanje i razvoj veći kod visoko razvijenih zemalja a da je njihova stopa rasta društvenog proizvoda niža. Takođe, i koeficijent proste linearne korelacije i njegova *t*-statistika (ocena  $\rho = -0,54755$ ,  $t=3,52515$ ) pokazuje da statistički značajno ali negativno kvantitativno slaganje između promenljivih stope rasta društvenog proizvoda i učešća ulaganja u istraživanje i razvoj.

Usled navedenog testiran je asimetričan uticaj nezavisno promenljive - procentualno učešće ulaganja u R&D. U model je uvedena veštačka promenljiva  $X_2$ .

**Ulaganje u razvoj ljudskog kapitala kao osnovna determinanta savremenog  
privrednog razvoja: empirijska studija na primeru evropskih zemalja**

$X_2 = 1$ , za udeo R&D u GDP > 1,45625% (prosečna vrednost ulaganja za ove 32 zemlje).

$X_2 = 0$ , za udeo R&D u GDP < 1,45625%.

Studentova t-statistika je veća od  $t_{29;0.025} = 2,04523$ , pa se prihvata  $H_1$ , a to znači da **postoji statistički značajno asimetrično dejstvo učešća ulaganja u R&D.**

Eksperimentisano je sa svim gore navedenim višedimenzionalnim regresijama i prihvaćen je sledeći oblik zavisnosti.

$$\hat{Y}_i = 5,032603 + 0,276125 X_{3i} - 3,222178 X_{2i}$$

Parametri	Ocena stand. greške	t-stat.	Parametri	Ocene	F = 5,145247
$\beta_0$	0,3595311	5,639248	$\rho^2$	0,261908	
$\beta_1$	0,0232493	0,332165	$\rho'^2$	0,1438	
$\beta_2$	3,222178	-2,034676			

Iz napred navedenog mogu se uzvesti **sledeći zaključci**:

- Odabrani statistički model je statistički značajan;  $F > F_{2;29;0.05}$
- Koeficijent determinacije  $R^2 = 0,261908$  pokazuje da je 26,1908% varijacije zavisno promenljive objašnjeno varijacijama nezavisno promenljive. 73,8092% nije objašnjeno i predstavlja dejstvo ostalih nezavisnih faktora.
- Statistički je izraženo negativno asimetrično dejstvo od jedne godine promenljive procentualnog učešća izdvajanja za istraživanje i razvoj na stopu rasta društvenog proizvoda ( $t = -2,034676$  približno jednako  $t_{29;0.025}$ ). Isti zaključak se može izvesti i ovde, da visoko razvijene zemlje imaju nižu stopu rasta društvenog proizvoda, a veći udeo izdvajanja za R&D
- Uticaj nezavisno promenljive – procentualno učešće izdvajanja za istraživanje i razvoj u 2004. godini ( $X_3$ ) nije statistički značajan jer je  $t < t_{29;0.025}$

Usled nezadovoljavajućih rezultata („ispadanja“ iz modela promenljivih kao što su broj istraživača, ulaganje u obrazovanje i u R&D i niskog koeficijenta determinacije) testirano je **dejstvo sa zaostajanjem od dve godine**. Primenjen je višestruki klasični regresioni model. Zavisna promenljiva je stopa rasta GDP u 2006. godini, a nezavisne promenljive su za 2004. godinu.

**Statističko-ekonometrijski model nezavisno promenljive iz 2006. godine  
(merenje uticaja sa zaostajanjem od dve godine)**

Eksperimentisano je sa svim gore navedenim modelima. Odabran je višestruki lin-log model, jer su koeficijent determinacije (*ocena*  $\rho^2 = 0,424628$ ) i *Snedekorova F-statistika* ( $F = 3,837634$ ) bile najveće. Pošto je *F-statistika* manja od  $F_{v1,v2;\alpha}$ , to se u ovom slučaju prihvata  $H_0$ , a to znači da model zavisnosti uticaja nije statistički značajan. U modelu su ostale sledeće nezavisno promenljive:  $X_1$  i  $X_3$ .

Zbog gore navedenog zaključka – prihvatanja  $H_0$  – u model je uvedena veštačka promenljiva. Testiran je asimetričan uticaj nezavisno promenljive – ulaganje u R&D. U model je uvedena veštačka promenljiva  $X_5$ .

$$X_5 = 1, \text{ za udeo R\&D u GDP } \leq 1\%$$

$$X_5 = 0, \text{ za udeo R\&D u GDP } > 1\%.$$

Studentova t-statistika je manja od  $t_{25;0.025} = 2,05183$ , pa se prihvata  $H_0$ , a to znači da ne postoji statistički značajno asimetrično dejstvo učešća ulaganja u R&D.

Testiran je problem heteroskedastičnosti. Heteroskedastičnost postoji između apsolutne vrednosti reziduala i ulaganja u R&D, tj.

$$|e| = f(X_3) - \text{oblik zavisnosti: prava, } F = 4,554152, |t| = 2,134046$$

Sve promenljive su transformisane deljenjem sa modeliranom vrednošću  $|e|$ . Primenjen je metod najmanjih kvadrata na transformisane promenljive i veštačku promenljivu. Eksperimentisano je sa svim navedenim regresijama. U konačnom modelu ostale su promenljive:

- Transformisana promenljiva  $X_1$  – broj istraživača na milion stanovnika i
- Transformisana promenljiva  $X_3$  – učešće ulaganja u R&D u GDP.

Model je:

$$\hat{Y}_i^* = 2,04457 + 0,0002902 X_{1i}^* + 0,6447282 X_{2i}^*.$$

Parametri	Ocena stand. greške	t-stat.	Parametri	Ocene	F = 960,9509
$\beta_0$	0,3513	5,8205	$\rho^2$	0,9851	
$\beta_1$	0,0002	1,9175	$\rho'^2$	0,9841	
$\beta_2$	0,2110	3,0554	DW	2,0600	

### Ulaganje u razvoj ljudskog kapitala kao osnovna determinanta savremenog privrednog razvoja: empirijska studija na primeru evropskih zemalja

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

- Odabrani višedimenzionalni linearni model je statistički visoko značajan;  
 $F = 960,9509 > F_{v1,v2;a}$ . Pošto je *Snedekorova F statistika* u ovom modelu ( $Y_{2006}=f(X_{2004})$ ) veća nego u prethodna dva modela ( $Y_{2004}=f(X_{2004})$ ;  $Y_{2004}=f(X_{2005})$ ), to se može zaključiti da je to i najvalidniji model, da postoji dejstvo sa zaostajanjem od dve godine nezavisno promenljive: broja istraživača na milion stanovnika i ulaganja u R&D. Ovaj model treba da se koristi za statističko-ekonometrijsko zaključivanje i predviđanje.
- Nezavisno promenljiva – broj istraživača na milion stanovnika nije statistički značajna jer je  $t_1 < t_{v;a/2}$ . Ova promenljiva je ostala u modelu jer, ukoliko ona ispadne iz modela, smanjuje se koeficijent determinacije. To znači da neka druga promenljiva deluje na zavisno promenljivu preko nje i da zato ona treba da ostane u modelu.
- Ne postoji autokorelacija u podacima; *DW* statistika je jednaka 2.
- Koeficijent determinacije pokazuje da je 98,51% varijacije zavisno promenljive objašnjeno izborom višedimenzionalne linearne funkcije i transformisanih nezavisno promenljivih  $X_1^*$  i  $X_3^*$ .
- Ako se broj istraživača promeni za 1%, onda će se stopa rasta GDP promeniti za 0,22% ili za 0,15%.
- Ako se učešće R&D u GDP promeni za 1%, onda će se stopa rasta GDP promeniti za 0,13% ili za 0,31%.

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

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

Međutim, višedimenzionalni 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.

## 5. Zaključak

U sklopu istraživanja nacionalnog inovacionog kapaciteta, jedan od bitnih problema je, pomoću specificiranog statističko-ekonometrijskog modela, izmeriti i odrediti aditivni i pojedinačni uticaj indikatora apsorcionog kapaciteta i indikatora istraživanja i razvoja i njihov aditivni i pojedinačni doprinos privrednom razvoju. 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) indikatore apsorcionog 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) indikatori R&D sposobnosti: troškovi za naučno-istraživački i R&D rad poslovnog sektora kao procentualno učešće u BDP, broj патената u visoko tehnološki intenzivnim oblastima.

Pošto je statističko - ekonometrijska analiza pokazala statističku značajnost dejstva sa zaostajanjem nezavisno promenljivih i nadalje bi se testiralo takvo dejstvo svih navedeni promenljivih. Pored specificiranog modela i njegove analize, optimalno rešenje koje bi dalo i optimalne rezultate bi bilo da se sve nezavisno promenljive iz 2004. 2005. i 2006. uključe u model i da se testira statistička značajnost njihovog aditivnog i pojedinačnog dejstva. Tako dobijeni model bi mogao da se koristi za uporednu analizu sa napred specificiranim modelom. Autori to nisu mogli da odrade, pošto ne postoje podaci za nezavisno promenljive iz 2005. i 2006. godine.

Tako specificirani modeli i izvedeni zaključci mogli bi 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.