



POVEZANOST INVESTICIJA U ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ I REZULTATA ISTRAŽIVAČKORAZVOJNOG PROCESA U REPUBLICI SRBIJI – ANALIZA VREMENSKIH SERIJA

RELATIONSHIP BETWEEN R&D INVESTMENT AND R&D OUTPUT IN THE REPUBLIC OF SERBIA – TIME SERIES ANALYSIS

NIKOLA VASILIC¹, ĐURO KUTLAČA²

¹ Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin, Beograd, nikola.vasilic@pupin.rs

² Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin, Beograd, djuro.kutlaca@pupin.rs

Rezime: Glavni cilj istraživanja odnosi se na ispitivanje uticaja investicija u istraživanje i razvoj na rezultate istraživačkorazvojnog procesa u Republici Srbiji u periodu 1982-2019. godine. Analiza je sprovedena primenom vektorskog autoregresionog metoda, funkcije impulsnog odziva i raščlanjivanja varijanse. Rezultati istraživanja ukazuju da istraživači imaju nešto izraženiji uticaj na broj патената и научних публикација u poređenju sa izdacima za istraživanje i razvoj, iako je u oba slučaja taj uticaj beznačajan.

Ključne reči: Izdaci za istraživanje i razvoj, Istraživači, Patenti, Naučne publikacije, Investicije u istraživanje i razvoj, Rezultati istraživanja i razvoja.

Abstract: The aim of the research is to analyze relationship between R&D investment and R&D output in the Republic of Serbia. The empirical research is performed using vector autoregression method, impulse response function and variance decomposition analysis. The research results indicate that researchers have a somewhat more pronounced impact on the number of patents and scientific publications compared to R&D expenditures, although in both cases this impact is not significant.

Keywords: R&D expenditures, Researchers, Patents, Scientific publications, R&D investment, R&D output.

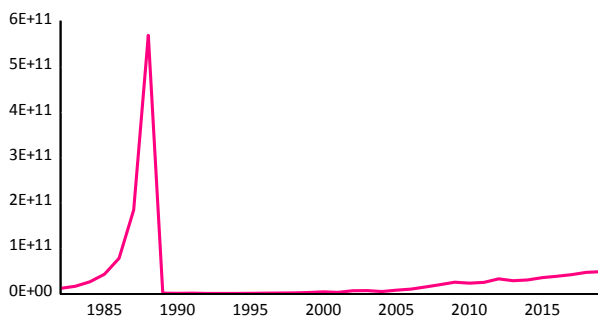
1. UVOD

Endogeni modeli ekonomskog rasta naglašavaju ulogu tehnoloških inovacija kao primarnog faktora ekonomskog rasta. Kako je ostvarivanje visokih stopa ekonomskog rasta jedan od prioriteta ekonomske politike, to su tehnološke inovacije i načini njihovog podsticanja okupirali pažnju akademske zajednice i nosilaca ekonomske politike. Tehnološke inovacije se definišu kao skup aktivnosti usmerenih na koncipiranje, stvaranje i uvođenje novog ili značajno modifikovanje postojećeg proizvoda, usluge ili procesa. Tehnološke inovacije su u najvećoj meri determinisane istraživanjem i razvojem, odnosno aktivnostima usmerenim na stvaranje novog znanja ili pronalaženje novih načina primene postojećeg znanja (Souitaris, 1999). Na inovacije se može gledati sa dva različita aspekta: inovacioni inputi, odnosno investicije u istraživačkorazvojne aktivnosti, i inovacioni autputi, odnosno rezultat istraživačkorazvojnog procesa. Investicije u istraživanje i razvoj odražavaju napore zemlje da pospeši naučnotehnološki razvoj putem povećanja izdataka za istraživanje i razvoj i/ili povećanjem broja stručnjaka različitih profila koji će biti angažovani na poslovima istraživanja i razvoja. Logična pretpostavka, koja je istovremeno i empirijski potvrđena, je da investicije u istraživačkorazvojni proces, kao i rezultati ovog procesa utiču indirektno na ekonomski rast. Efikasne investicije u istraživanje i razvoj će se pozitivno odraziti na rezultate istraživačkorazvojnog procesa. Efektivna i efikasna upotreba rezultata istraživačkorazvojnog procesa, kao što su patenti i naučne publikacije, stimuliše tehnološke inovacije, odnosno stvara mogućnost za razvoj novih proizvoda i metoda odvijanja poslovnih procesa, što će dalje doprineti ostvarivanju visokih stopa rasta (Zhan et al., 2017). Uzimajući u obzir značaj inovacija za ekonomski rast i činjenicu da su inovacioni inputi i autputi i njihova adekvatna iskorišćenost važan preduslov tehnoloških inovacija, predmet interesovanja u ovom radu je upravo veza između investicija u istraživanje i razvoj i rezultata istraživačkorazvojnog procesa, odnosno inovacionih inputa i autputa.

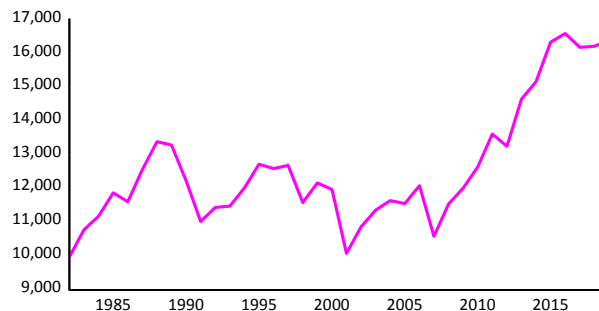
Praksa pokazuje da zemlje u razvoju znatno manje investiraju u istraživanje i razvoj u poređenju sa razvijenim zemljama, što može biti i razlog njihovog usporenijeg rasta. Jedan od glavnih razloga je taj što se zemlje u razvoju u stvaranju sopstvenih proizvoda pretežno oslanjaju na tehnološka dostignuća razvijenih zemalja (Dahlman et al., 1987). Ovakva praksa je karakteristična i za Srbiju, posebno kada je reč o izdacima

za istraživanje i razvoj (IiR). Izdaci za IiR u Srbiji su na relativno niskom nivou i nalaze se ispod proseka EU. Od 2007. godine beleži se rastući trend izdataka za IiR. Broj istraživača karakterišu izražene fluktuacije u periodu od 1982 do 2007. godine (Slika 2). U tom periodu, 2001. godine zabeležen je i najniži broj istraživača kada je bio angažovan 10 071 istraživač. Period 2008-2019. karakteriše rastući trend broja istraživača sa neznatnim smanjenjem 2012. i 2017. godine. Tokom posmatranog perioda 1982-2019. godine prisutan je opadajući trend broja patentnih prijava (Slika 3). Maksimalan broj patentnih prijava ostvaren je 1989. godine i iznosio je 783, dok je najmanji broj od 105 patentnih prijava zabeležen 1999. godine. Što se tiče naučnih publikacija, u periodu 1982-1997. godine prisutan je pozitivan trend, da bi od 1998. do 2003. godine trend postao negativan. Od 2007-2019. publikacije ponovo beleže rastući trend sa neznatnim padom 2013. i 2017. godine.

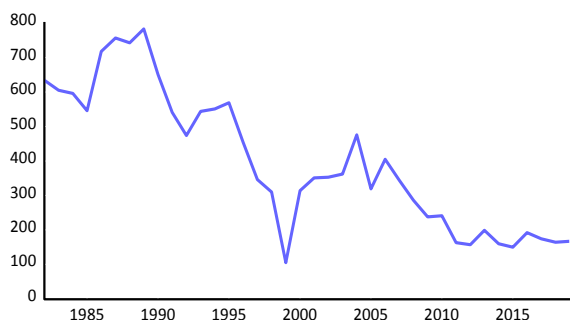
Slika 1: Izdaci za IiR (u rsd)



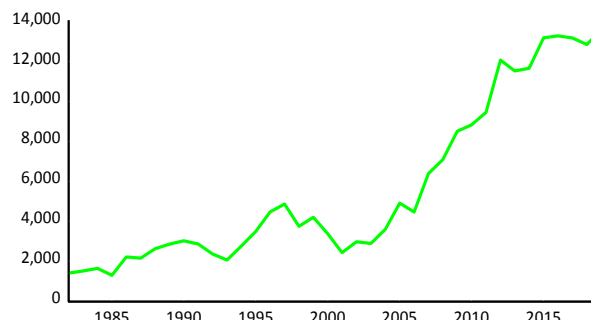
Slika 2: Istraživači



Slika 3: Patenti



Slika 4: Publikacije



2. METODOLOGIJA

Cilj istraživanja jeste analiza uticaja investicija u istraživanja i razvoja na rezultate istraživačkorazvojnog procesa u Republici Srbiji. Kao indikatori investicija u istraživanje i razvoj koristiće se izdaci za istraživanje i razvoj (IiR) i broj istraživača, dok će se kao indikatori rezultata istraživanja i razvoja koristiti broj prijavljenih patenata i broj naučnih publikacija. Podaci su prikupljeni iz statističkih biltena pod nazivom Naučnoistraživačke i razvojne organizacije izrađenog od strane Republičkog zavoda za statistiku Srbije. Svi podaci su logaritmovani. Istraživanje pokriva vremenski period od 1982-2019. godine.

Empirijska analiza sprovedena je primenom vektorskog autoregresionog (VAR) metoda. Opšti VAR model se može iskazati putem sledeće jednačine:

$$y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \beta_1 x_t + \dots + \beta_r x_{t-r} + \varepsilon_t \quad (1)$$

gde je: y_t – endogeni vektor (kolone \times reda) 3×1 ; x_t – egzogeni vektor (kolone \times reda) $D \times 1$; $\alpha_1, \dots, \alpha_p$ i β_1, \dots, β_r – matrice koeficijenata reda 3×3 , odnosno reda $3 \times D$, respektivno, koje treba evaluirati; p – optimalan nivo kašnjenja endogene varijable; r – optimalan nivo kašnjenja egzogene varijable; ε – vektor greške (kolone \times reda) 3×1 .

VAR metod ima određene nedostatke. Preveliki broj varijabli otežava shvatanje i tumačenje modela. Varijable sa određenim vremenskim kašnjenjem mogu imati koeficijente, čiji se predznak menja sa promenom dužine vremenskog kašnjenja, što može otežati utvrđivanje tipa efekta koji će promena predznaka koeficijenta

određene varijable imati na buduće vrednosti ostalih promenljivih u sistemu. Da bi se ublažile ove slabosti, uz VAR metod primenjuju se funkcija impulsnog odziva i raščlanjivanje varijanse.

Funkcijom impulsnog odziva utvrđuje se tip reakcije endogene varijable na šok u egzogenoj varijabli, odnosno dugoročna dinamička veza između indikatora rezultata procesa istraživanja i razvoja i investicija u istraživanje i razvoj. Raščlanjivanjem varijanse ostvaruje se uvid u procentualno izražen doprinos svih varijabli u sistemu na fluktuiranje endogene varijable tokom vremena.

3. REZULTATI

Prošireni Dickey-Fuller-ov (ADF) test je korišćen da bi se proverilo da li je neka od serija integrisana na nivou I(2). Rezultati ADF testa pokazuju da je u slučaju svih vremenskih serija odbačena nulta hipoteza o prisustvu jediničnog korena na nivou prve diference (Tabela 1), odnosno niti jedna serija nije integrisana na nivou I(2).

Tabela 1: Test jediničnog korena

Varijabla	Vremensko kašnjenje	ADF t statistika	Red integrisanosti
LnPatenti	1	-1,075702	I(1)
Δ LnPatenti	0	-8,248713	
LnPublikacije	4	-0,068672	I(1)
Δ LnPublikacije	3	-4,000645	
LnIiR	9	-2,181117	I(1)
Δ LnIiR	6	-7,782359	
LnIstraživači	0	-1,207056	I(1)
Δ LnIstraživači	0	-6,328984	
<i>Nivo značajnosti</i>		<i>Kritične vrednosti</i>	
1%		-3,626784	
5%		-2,945842	
10%		-2,611531	

Na osnovu Akaikeovog informacionog kriterijuma, optimalna dužina vremenskog kašnjenja za model u kom je LnPatenti zavisna varijabla i model sa LnPublikacije kao zavisnom varijablom iznosi 1 godinu. Međutim, pri vremenskom kašnjenju od 1 godine u oba modela prisutan je problem heteroskedastičnosti, što može uzrokovati pristrasnost u oceni parametara modela. Iz tog razloga, izabrana je prva naredna dužina vremenskog kašnjenja, pri kojoj su u VAR modelu reziduali homoskedastični. Shodno tome, koncipirani su VAR (3) model sa LnPatenti i VAR (2) model sa LnPublikacije kao zavisnim varijablama.

Tabela 2: Izbor optimalnog vremenskog kašnjenja – AIC metod

Vremensko kašnjenje	LnPatenti	Heteroskedastičnost reziduala	Vremensko kašnjenje	LnPublikacije	Heteroskedastičnost reziduala
0	4,399669	-	0	4,156706	-
1	1,449723*	53,1995(0.032)	1	0,226018*	58,2839(0.011)
2	1,681052	92,69673(0.051)	2	0,593547	86,51246(0.117)
3	1,861274	111,0449(0.401)	3	0,792622	-
4	1,927182	-	4	0,48113	-

Napomena: * označava optimalno vremensko kašnjenje utvrđeno pomoću AIC. () – nivo značajnosti.

- vremensko kašnjenje uključeno u VAR model.

Prema rezultatima procene koeficijenata u Tabeli 3 i na osnovu polazne jednačine (1), mogu se napisati sledeće regresione jednačine:

$$\Delta \text{LnPatenti} = 6,018 + 0,6 \times \Delta \text{LnPatenti}(-1) + 0,241 \times \Delta \text{LnPatenti}(-2) + 0,003 \times \Delta \text{LnPatenti}(-3) + 0,003 \times \Delta \text{LnIiR}(-1) - 0,002 \times \Delta \text{LnIiR}(-2) + 0,01 \times \Delta \text{LnIiR}(-3) + 0,802 \times \Delta \text{LnIstraživači}(-1) - 1,326 \times \Delta \text{LnIstraživači}(-2) - 0,049 \times \Delta \text{LnIstraživači}(-3) \quad (2)$$

$$\Delta \text{LnPublikacije} = 1,238 + 0,822 \times \Delta \text{LnPublikacije}(-1) + 0,150 \times \Delta \text{LnPublikacije}(-2) + 0,01 \times \Delta \text{LnIiR}(-1) - 0,0001 \times \Delta \text{LnIiR}(-2) + 0,472 \times \Delta \text{LnIstraživači}(-1) - 0,596 \times \Delta \text{LnIstraživači}(-2) \quad (3)$$

Oba modela su stabilna (Slika 3 - DODATAK) i objašnjavaju značajan procenat varijanse endogenih varijabli (Tabela 3).

Tabela 3: Rezultati procene kratkoročnih parametara

Varijable	VAR (3) - ΔLnPatenti	VAR (2) - ΔLnPublikacije
Δ LnPatenti(-1)	0,600394 (0,20477) [2,93203]	- - -
Δ LnPatenti(-2)	0,240460 (0,22678) [1,06034]	- - -
Δ LnPatenti(-3)	0,003261 (0,21074) [0,01547]	- - -
Δ LnPublikacije(-1)	- - -	0,822274 (0,18663) [4,40599]
Δ LnPublikacije(-2)	- - -	0,149516 (0,18633) [0,80241]
Δ LnIIR(-1)	0,002674 (0,04741) [0,05641]	0,010921 (0,02794) [0,39087]
Δ LnIIR(-2)	-0,001707 (0,05994) [-0,02847]	-0,000481 (0,02817) [-0,01707]
Δ LnIIR(-3)	0,009642 (0,04789) [0,20132]	- - -
Δ LnIstraživači(-1)	0,801700 (1,03282) [0,77622]	0,471761 (0,59078) [0,79854]
Δ LnIstraživači(-2)	-1,325744 (1,26941) [-1,04437]	-0,596433 (0,57966) [-1,02894]
Δ LnIstraživači(-3)	-0,049375 (0,98724) [-0,05001]	- - -
Konstanta	6,018222 (6,50766) [0,92479]	1,238076 (3,55662) [0,34810]
R ²	0,75	0,93
Korigovan R ²	0,66	0,92

Napomena: () – standardna greška. [] – t statistika.

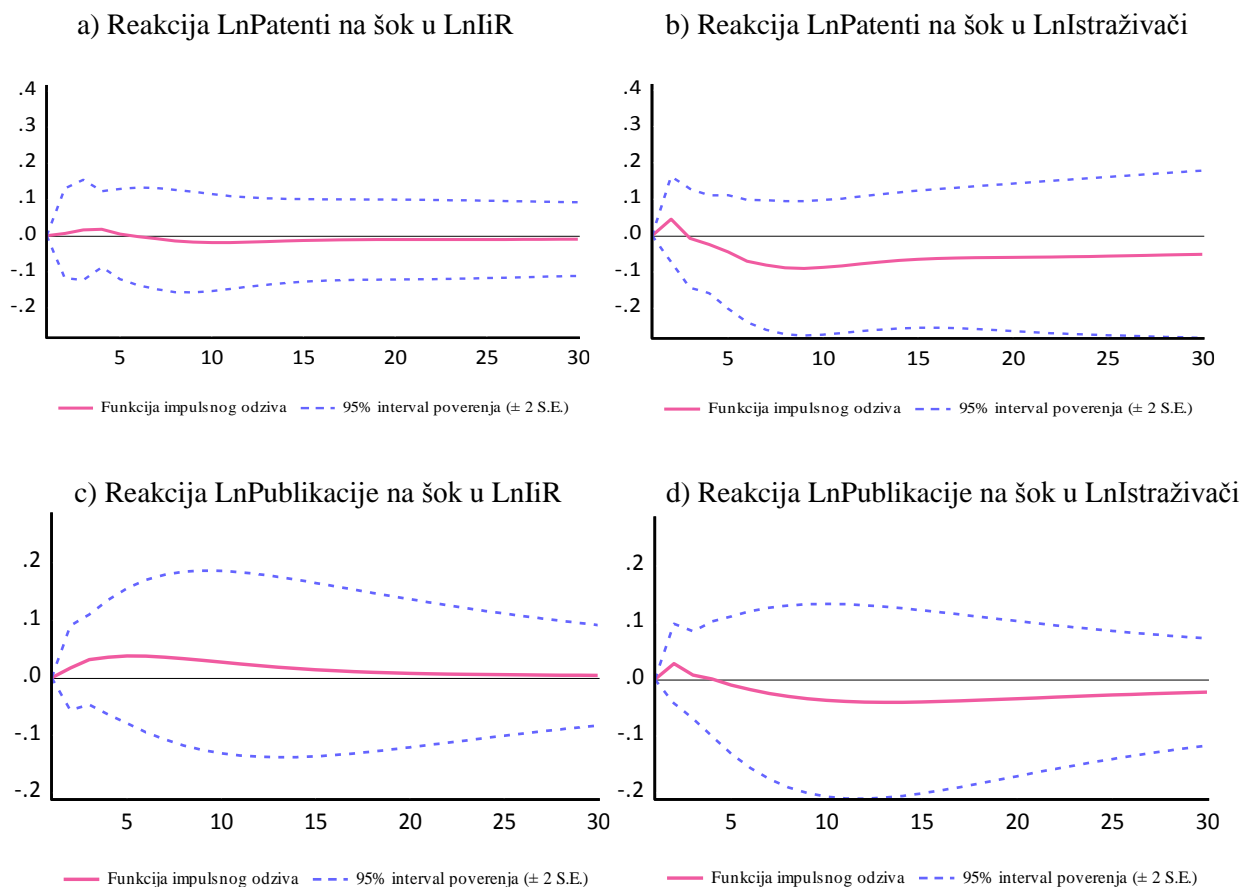
Slika 5 prikazuje reakciju endogene varijabe na Holeski šok u egzogenoj varijabli u visini od 1 standardne devijacije. Na horizontalnoj osi je predstavljeno 30 perioda (godina) nakon inicijalnog šoka u egzogenoj varijabli, dok vertikalna osa predstavlja reakciju endogene varijabe zajedno sa 95% intervalima poverenja.

U prvoj godini reakcija LnPatenti na šok u LnIIR jednaka je 0, posle čega se postepeno povećava, da bi nakon 4. godine počela da opada i postaje negativna počev od 6. godine i smanjuje se sve do 11. godine. (Slika 5a). Nakon 11. godine reakcije je i dalje negativna, ali se postepeno povećava sve do kraja posmatranog perioda. Reakcija LnPatenti na šok u LnIstraživači je jednak 0 u prvoj godini i raste na maksimalnih 0,045 već u 2. godini (Slika 5b). Međutim, od 3. godine reakcija postaje negativna i postepeno se smanjuje sve do 9. godine. Od 10. godine reakcija je i dalje negativna, ali se permanentno povećava. U oba slučaja uticaj LnIIR i LnIstraživači je bio izuzetno nizak i statistički beznačajan tokom čitavog perioda.

Kada je reč o reakciji LnPublikacije na šok u LnIIR, u prvoj godini jednaka je 0, ali već u 2. godini reakcija naglo raste na 0,017 (Slika 5c). Rast traje sve do 5. godine kada reakcija dostiže maksimalnu vrednost 0,038, nakon čega dolazi do smanjenja koje se nastavlja sve do kraja posmatranog perioda. Reakcija LnPublikacije na LnIstraživači se kreće od 0 u 1. godini do 0,028 u 2. godini, nakon čega počinje da opada, da bi od 5. godine

reakcija dobila negativan predznak i smanjuje se sve do 13. godine (Slika 5d). Od 14. godine reakcija i dalje ima negativan predznak, ali se postepeno povećava do kraja posmatranog perioda.

Slika 5: Reakcija endogene varijable na 1 S.D. Holeski šok u egzogenoj varijabli



Fluktuacije broja патената су претежно објашњене њиховим сопственим утицајем и утицајем истраживача, док је утицај издатака за LiR занемарљив (Slika 6a). У иницијалном периоду 100% варијансе патената објашњено је иновацијима у патенатима. Након тога, стопа објашњене варијансе патената сопственим иновацијима опада, али задржава веома висок удео све до 30. периода од 79,81%. Удео истраживача у варијанси патената износи 0 у 1. години и расте током читавом периода, тако да у 30 години достиже 19,41%. Са друге стране, издаци за истраживање и развој у свакој години током читавог периода објашњавају испод 1% варијансе патената.

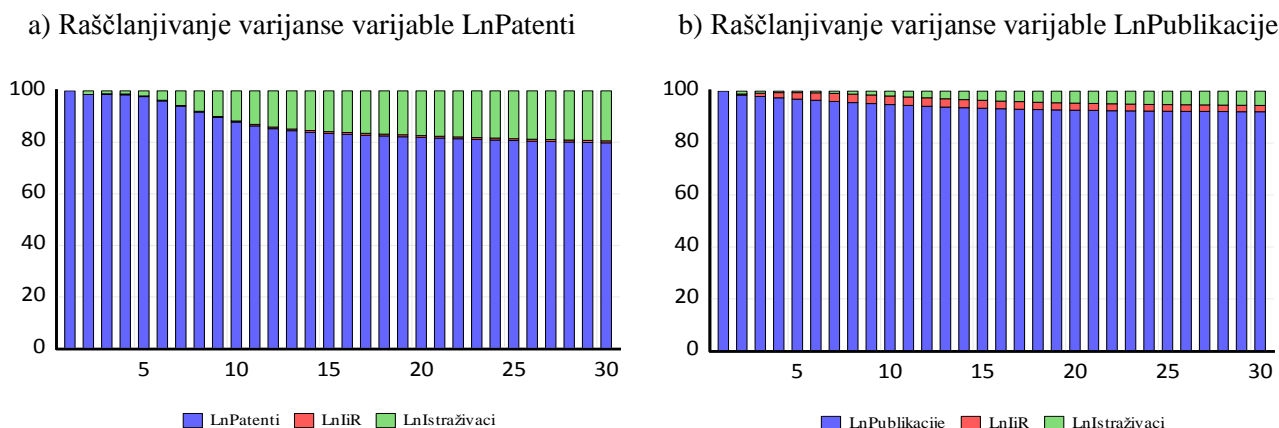
Šokovi sopstvene veličine najviše objašnjavaju fluktuacije LnPublikacije, od 100% u prvoj godini do 92,05% u 30. godini (Slika 6b). Stopa objašnjene varijanse publikacija inovacijama u izdacima za istraživanje i razvoj se postepeno povećava sve do 10. godine kada i dostiže maksimum od 3,34%. Nakon 10. godine, udeo izdataka za istraživanje i razvoj u varijansi патената postepeno opada i dostiže 2,43% u 30. godini. Inovacije u LnIstraživači u 2. godini objašnjavaju 1,14% varijanse LnPublikacije, nakon čega procenat objašnjene varijanse opada sve do 6. godine na 0,67%. Od 6. godine pa sve do kraja perioda, stopa objašnjene varijanse publikacija raste i dolazi do maksimalne vrednosti od 5,52%.

4. ZAKLJUČAK

Sprovedeno istraživanje imalo je za cilj da preispita postojanje veze između investicija u istraživanje i razvoj i rezultata istraživanja i razvoja u Republici Srbiji. U tu svrhu primenjene su različite metode za analizu vremenskih serija: VAR metod, funkcija impulsnog odziva i raščlanjivanje varijanse. U posmatranom vremenskom periodu izdaci za istraživanje i razvoj i istraživači negativno utiču na broj prijavljenih патената, s tim što je uticaj истраживача израженији. Издаци за истраживање и развој имају позитиван, али прилично слаб утицај на број публикација. С друге стране, утицај истраживача је нешто израженији, али је са негативним предзнаком у највећем делу посматраног временског периода, што имплицира да са порастом броја ангажованих истраживача долази до пада броја научних публикација. Инвестиције у истраживање и развој не детерминишу у значајној мери

rezultate istraživačkog razvojnog procesa, što je donekle i očekivano uzimajući u obzir prilično oštre kriterijume izbora u naučnoistraživačka zvanja u Republici Srbiji.

Slika 6: Raščlanjivanje varijanse pomoću Cholesky-ove faktorizacije



Analiza veze između investicija u istraživanje i razvoj i rezultata istraživanja i razvoja je od velike važnosti za kreiranje efektivne inovacione politike. Kreatori inovacione politike u Republici Srbiji poseban fokus bi trebalo da stave na podizanje efikasnosti investicija u istraživanje i razvoj, posebno u delu koji se odnosi na izdatke za istraživanje i razvoj. Od velike koristi je i povezivanje aktera inovacionog procesa, čime bi se olakšalo sticanje i razmena znanja i resursa. Ovakav vid saradnje se može podstaći većim brojem projekata koji bi promovisali i finansijski podržali bližu saradnju različitih aktera u procesu istraživanja i razvoja, što bi unapredilo rezultate ovog procesa.

ZAHVALNOST

Istraživanje opisano u ovom radu finansirano je od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Dahlman, C.J., Ross-Larson, B., & Westphal, L.E. (1987). Managing technological development: lessons from the newly industrializing countries. *World Development*, 15, 759-775.
- [2] OECD (2015). Frascati manual - guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development.
- [3] Souitaris, V. (1999). Research on the determinants of technological innovation: A contingency approach. *International Journal of Innovation Management*, 3, 287-305.
- [4] Zhang, C., & Wang, X. (2019). The influence of ICT-driven innovation: a comparative study on national innovation efficiency between developed and emerging countries, *Behaviour & Information Technology*

DODATAK

Slika 7: Inverzni koreni karakteristične jednačine

