

Dr Dijana Štrbac³⁰, Lazar Živković, MSc³¹, Prof. dr Đuro Kutlača³²

METODOLOGIJE ZA MERENJE NAUČNOTEHNOLOŠKIH I INOVACIONIH AKTIVNOSTI

Apstrakt: *Metrika nauke, tehnologije i inovacija od ključnog je značaja za uspešno kreiranje i implementaciju javnih politika i programa u brojnim oblastima - privredni razvoj, obrazovanje, istraživanje i razvoj, međunarodna naučnotehnoška saradnja. Preduzeća, nevladine organizacije i pojedinci takođe koriste pokazatelje razvoja nauke, tehnologije i inovacija prilikom donošenja odluka u svom opsegu delovanja. Otuda, nameće se neophodnost boljeg razumevanja različitih pristupa u oceni složenih aktivnosti u domenu nauke, tehnologije i inovacija. U radu su predstavljeni osnovni načini za merenje inputa i outputa naučno-istraživačkog rada, tehnološkog progressa i inovacija. Sve metodologije su svrstane u tri široke grupe: inovacione ankete, pojedinačni pokazatelji naučnotehnoškog razvoja i kompozitni indikatori. Za svaku od navedenih grupa objašnjene su glavne karakteristike kao i međunarodno prihvaćene metodologije i standardi za njihovo obuhvatanje i merenje.*

Ključne reči: nauka, tehnologija i inovacije (NTI); ankete o inovacijama; naučnotehnoški indikatori; kompozitni indikatori.

METHODOLOGIES FOR MEASURING SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL AND INNOVATION ACTIVITIES

Abstract: *The metrics of science, technology and innovation is of key importance for the successful creation and implementation of public policies and programs in numerous areas - economic development, education, research and development, international scientific and technological cooperation. Businesses, NGOs and individuals also use indicators of scientific, technological and innovation development when making decisions in their scope of work. Hence, there is a need for a better understanding of different approaches in the assessment of complex activities in the field of science, technology and innovation. The paper presents the main ways to measure the inputs and outputs of science, technological progress and innovation. All methodologies are classified into three broad groups: innovation surveys, individual indicators of scientific and technological development and composite indicators. For each of these groups, the main characteristics as well as*

³⁰ Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin, dijana.strbac@pupin.rs.

³¹ Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin, lazar.zivkovic@pupin.rs.

³² Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin, djuro.kutlaca@pupin.rs.

internationally accepted methodologies and standards for their coverage and measurement are explained.

Key words: science, technology and innovation (STI); innovation surveys, scientific and technological indicators, composite indicators.

1. Uvod

Tehnološke i inovacione aktivnosti označavaju se u literaturi kao osnovni pokretač privrednog i društvenog razvoja. One su omogućile promenu načina na koji se formiraju komparativne prednosti privreda, pošto u savremenim uslovima privredni razvoj sve više zavisi od znanja i njegove primene.

Nivo tehnološke razvijenosti jedne države određuje „njenu razvojnu sposobnost, konkurentsku poziciju u međunarodnoj podeli rada, pregovaračku moć i ugled, sposobnost da zadrži svoje i privuče tuđe razvojne potencijale...i, kao posledicu svega toga, nivo socijalnog mira, uverenosti u budućnost i rastući kvalitet života“ [1]. Pri tome, razvoj se dešava kao posledica rasta produktivnosti usled primene naučnotehnoških dostignuća, a ne kao rezultat prostog uvećanja faktora proizvodnje.

U interesu svih svetskih ekonomija, privrednih subjekata i privrednih sektora je merenje i praćenje tehnoloških promena. Rezultati do kojih se dolazi u procesu merenja koriste za vođenje efikasnih javnih politika u oblasti privrednog razvoja, inovacija i naučnotehnoškog razvoja. Planiranje, evaluacija i implementacija brojnih politika i programa u velikoj meri zavise od sprovedenih analiza u relevantnim oblastima. Na primer, donošenje odluka o izdvajanjima iz državnog budžeta po oblastima nauke u jednoj državi treba da bude zasnovano na performansama konkretnih sektora i izboru prioriteta. Posedovanje tačnih podataka o nivou razvoja tehnologije u privrednim delatnostima ili preduzećima neophodno je u cilju donošenja odluka vezanih za alokaciju finansijskih sredstava, kreiranje inovativnih strategija ili izbor budućih pravaca razvoja.

Precizno predstavljanje obima, intenziteta i pravaca naučnotehnoških i inovacionih aktivnosti izuzetno je teško pre svega zato što je reč uglavnom o neopipljivim procesima. Otuda, naučnotehnoške aktivnosti se uglavnom mere na indirektno načine. Složen karakter tehnoloških aktivnosti može se objasniti i odlikama inovacija u industriji: 1) tehnološke promene imaju uticaj na implicitno i eksplicitno znanje; 2) izvori inovacija u preduzeću mogu biti interni ili eksterni; 3) inovacije mogu biti opredmećene u kapitalnim dobrima ili neopredmećene, odnosno zasnovane na znanju i iskustvu sadržanom u patentima, licencama, dizajnu, naučno-istraživačkim aktivnostima ili stručnim znanjima [2].

Veliki doprinos u postavljanju standarda za merenje naučnih i tehnoloških aktivnosti dala je Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj (*Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD*). Ova međunarodna organizacija razvila je niz priručnika koji su omogućili internacionalnu harmonizaciju metodologija

Metodologije za merenje naučnotehnoških i inovacionih aktivnosti

za merenje istraživačko-razvojnih, inovativnih i tehnoloških aktivnosti kako na nivou preduzeća, tako i na makro nivou. Pregled relevantnih publikacija dat je u Tabeli 1.

Tabela 1: OECD standardi za merenje naučnih i tehnoloških aktivnosti

Obuhvat	Naslov publikacije
Istraživanje i razvoj	Frascati priručnik – smernice za prikupljanje i izveštavanje o podacima iz oblasti istraživanja i eksperimentalnog razvoja (<i>Frascati Manual - Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development</i>)
Naučna produktivnost	Kolekcija bibliometrijskih indikatora u nauci (<i>Compendium of Bibliometric Science Indicators</i>)
Inovacije	Oslo priručnik – smernice za prikupljanje i interpretaciju podataka o inovacijama (<i>Oslo Manual - Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation</i>)
Patenti	Priručnik za patente – korišćenje patenata kao naučnotehnoških indikatora (<i>Patent Manual - using patent data as science and technology indicators</i>)
Naučno-istraživački kadrovi	Kanbera priručnik – obuhvatanje ljudskih resursa u domenu nauke i tehnologije (<i>Canberra Manual - Manual on the Measurement of Human Resources Devoted to S&T</i>)
Bilans tehnoloških plaćanja	Priručnik za bilans tehnoloških plaćanja – predlog standardnih metoda za obuhvatanje i tumačenje podataka iz bilansa tehnoloških plaćanja (<i>Proposed standard method of compiling and interpreting technology balance of payments data</i>)
Klasifikacija industrije prema tehnološkom nivou	Klasifikacija prerađivačke industrije na osnovu intenziteta ulaganja u istraživanje i razvoj (<i>Classification of manufacturing industries into categories based on R&D intensities</i>)

Izvor: sistematizacija autora.

Inovaciona metrika ima za cilj da objasni raznovrsne procese u različitim sektorima savremenog ekonomskog i društvenog sistema koji bi trebalo da se zasnivaju na znanju i novim tehnologijama. Za potrebe ovog istraživanja metodologije za merenje tehnoloških i inovacionih procesa grupisane su u tri kategorije: ankete o inovacijama, pojedinačni inovacioni i tehnološki indikatori, kompozitni indikatori.

2. Ankete o inovacijama

Glavni cilj anketa o inovacijama je prikupljanje širokog spektra podataka o aktivnostima preduzeća u domenu unapređenja tehnoloških i netehnoloških aspekata poslovanja. Na taj način se analizira ponašanje kompanija vezano za inoviranje i donošenje drugih povezanih poslovnih odluka, a zatim se na osnovu reprezentativnog obuhvaćenog uzorka donose generalni zaključci za makro nivo.

Ankete o inovacijama omogućavaju prikupljanje širokog opsega podataka iz relevantnih oblasti. Razlog njihove primene jeste saznanje da podaci o istraživanju i razvoju ne mogu u potpunosti opisati proces tehnoloških promena pošto inovacije predstavljaju interaktivni proces koji uključuje različite vrste i izvore znanja [3].

Najpoznatija anketa za merenje inovacija u Evropi je „Istraživanje inovativnosti evropske zajednice“ (*Community Innovation Survey, CIS*). Ona predstavlja glavni statistički instrument za praćenje inovacija u Evropskoj uniji, a bazira se na definiciji inovacija iz Oslo priručnika. Do 2016. godine CIS upitnik je obuhvatao pitanja o inovativnim aktivnostima preduzeća, odnosno o inovacijama proizvoda/usluga, procesa, kao i organizacionim i marketinškim inovacijama. Od 2018. godine, u skladu sa promenom definicije inovativnosti iz Oslo priručnika, CIS upitnik prepoznaje samo inovacije proizvoda/usluga i inovacije procesa. Prema novoj metodologiji, organizacione i marketinške inovacije spadaju u inovacije poslovnih procesa. Anketom su obuhvaćeni podaci o inovativnosti imajući u vidu vrste preduzeća, tipove inovacija, izdatke za inovacije, saradnju u inovativnim aktivnostima, limitirajuće faktore i drugo. Upitnik se lansira počev od 1992. godine na svake dve godine u svim državama članicama Evropske unije, kao i u zemljama koje su deo Evropskog statističkog sistema, među kojima je i Srbija.

Istraživanje o inovativnosti evropske zajednice uključuje brojne izvore podataka: 1) interne (u okviru preduzeća ili grupe preduzeća), 2) tržišne (dobavljači, klijenti, konkurenti, konsultanti i komercijalne laboratorije), 3) obrazovne i istraživačke institucije (institucije visokog obrazovanja, država, javni i privatni istraživački instituti), 4) druge izvore (konferencije, sajmovi, izložbe, naučni časopisi i tehničke publikacije, profesionalna i industrijska udruženja) [4].

Republički zavod za statistiku Srbije sprovodi CIS istraživanje od 2006. godine pod zvaničnim nazivom „Istraživanje o inovacionim aktivnostima poslovnih subjekata u Republici Srbiji“. Preduzeća koja učestvuju u ovom istraživanju imaju zakonsku obavezu da daju „tačne, kompletne i ažurne podatke, koji po sadržini i obliku odgovaraju zahtevima zvanične statistike“, a postoje i kaznene odredbe za nedostavljanje podataka u zahtevanom roku ili davanje nepotpunih i netačnih podataka [5].

Ankete o inovacijama su značajan merni instrument i u brojnim drugim geografskim područjima. Najveći iskorak je napravljen u Latinskoj Americi u kojoj je 2001. godine kreiran Bogota priručnik (*Manual de Bogotá*) koji je zasnovan na Oslo priručniku, ali prilagođen zemljama u razvoju. Fokus Bogota priručnika je prikupljanje podataka o organizacionim aspektima inovacija i inkrementalnim inovacijama koje dovode do značajnog rasta produktivnosti [6].

U 2005. godini u nekoliko država Latinske Amerike sprovedene su ankete o inovativnosti preduzeća – u Brazilu, Argentini, Čileu i Kolumbiji. Glavni problem koji se javio prilikom interpretacije rezultata ovih istraživanja leži u nemogućnosti tačnog upoređivanja podataka između zemalja usled različitog uzorka u istraživanju. Naime, ankete sprovedene u Brazilu i Čileu su uključivale preduzeća iz sektora prerađivačke industrije i usluga, dok su u druge dve zemlje Latinske Amerike bile obuhvaćene samo firme iz prerađivačke industrije. S druge strane, obuhvat preduzeća se takođe razlikovao. Na primer, Argentina je imala stratifikovan uzorak, Kolumbija je anketirala firme sa više od 10 zaposlenih, a Brazil je obuhvatao firme sa više od 500 zaposlenih, dok je za manje firme korišćena druga tehnika [7].

Mnoge azijske države sprovode inovacione ankete na osnovu pravila iz Oslo priručnika. Pri tome, pionir je svakako Kina koja je prvo istraživanje sprovedla 1995. godine, a zatim su je sledile Južna Koreja, Tajvan, Singapur, Malezija i Tajland. Istraživanja o inovativnosti preduzeća se realizuju i na afričkom kontinentu sa najvećim uspehom u Južnoafričkoj republici, a sa nešto skromnijim rezultatima u Maroku, Tanzaniji i Tunisu.

Glavna prednost inovacionih anketa je što omogućavaju obuhvatanje velikog broja podataka o tehnološkim promenama u poslovnom sektoru koji uključuju ulaganja u inovacije, ograničavajuće faktore, vrste inovacija, ciljeve i izvore sredstava. Međutim, prilikom analize rezultata anketnog istraživanja inovacija treba imati u vidu i nedostatke koji proističu iz subjektivnosti ispitanika, odnosno iz načina prikupljanja podataka. Na primer, kao jedan od glavnih pokazatelja koji proističe iz Istraživanja o inovativnosti evropske zajednice uzima se procentualni udeo inovativnih firmi u jednoj zemlji. Međutim, ovaj indikator ne ukazuje na obim u kom su preduzeća zaista bila inovativna. Osim toga, CIS-u se često zamera da ne ukazuje na uticaj inovacija jer bi bilo informativno utvrditi koliko su zaista inovacije uticale na produktivnost i profitabilnost [8].

3. Pojedinačni inovacioni i tehnološki indikatori

Tehnologija i inovacije predstavljaju rezultate naučno-istraživačkih aktivnosti što omogućava kreiranje brojnih pokazatelja za direktnu i indirektnu ocenu nauke, tehnologije i inovacija. Indikatori u ovoj oblasti su se evolutivno razvijali i prema vremenu nastanka mogu se podeliti u nekoliko grupa (Tabela 2). Prvu generaciju čine pokazatelji zasnovani na linearnom modelu inovacija čiji je akcenat bio na inputima kao što su izdaci za istraživanje i razvoj, naučno-istraživački kadrovi i izdaci za obrazovanje. Tokom 70-ih i 80-ih godina 20. veka javlja se druga generacija pokazatelja koju si činili patenti, naučne publikacije, novi proizvodi i procesi. Treću generaciju čine inovacione ankete, indeksi i pokazatelji inovacionog kapaciteta. U četvrtu generaciju spadaju pokazatelji znanja, nematerijalnih ulaganja, umrežavanja i inovacionog ekosistema.

Prema shvatanju OECD-a, naučnotehnoški indikatori treba da pruže odgovore na pitanja o: naučnom i tehnološkom sistemu, njegovoj internoj strukturi, povezanosti sa

privredom i društvom, kao i o nivou do kog on ispunjava ciljeve onih koji njime upravljaju, rade u okviru njega ili su na neki drugi način pod njegovim uticajem [10]. Pojedinačni naučnotehnoški indikatori doprinose sledećim aktivnostima:

- merenju rezultata i benčmarkingu - omogućavaju analizu pojedinih dimenzija naučno-istraživačkog sistema tokom vremena, kao i njegovo upoređivanje sa drugim državama ili grupama država;
- informisanju donosilaca odluka u javnom sektoru – preko identifikacije ciljeva određenih politika, ali i ocene rezultata;
- informisanju donosilaca odluka iz poslovnog i nevladinog sektora;
- unapređenju istraživanja u oblasti društvenih nauka preko povećanja statističke osnove za kreiranje modela i testiranje hipoteza [11].

Tabela 2: Evolucija metrike inovacija po generacijama

Prva generacija Input indikatori (1950-60)	Druga generacija Autput indikatori (1970-80)	Treća generacija Inovacioni indikatori (1990-e)	Četvrta generacija Indikatori procesa (2000 + fokus u nastajanju)
<ul style="list-style-type: none"> – Izdaci za IR – Naučno-istraživački kadrovi – Kapital – Tehnološki intenzitet 	<ul style="list-style-type: none"> – Patenti – Publikacije – Proizvodi – Promene kvaliteta 	<ul style="list-style-type: none"> – Inovacione ankete – Indeksi – Benčmarking inovacionog kapaciteta 	<ul style="list-style-type: none"> – Znanje – Nematerijalna ulaganja – Mreže – Tražnja – Klasteri – Menadžment tehnike – Rizik/povraćaj – Dinamika sistema

Izvor: [9].

Pojedinačni inovacioni i tehnološki indikatori se najčešće dele na inpute i autpute. Pri tome, pod inputima se podrazumevaju ulazi kao što su ulaganja u istraživanje i razvoj ili ljudski resursi, dok se pod autputima podrazumevaju rezultati kao što su publikacije, patenti ili inovacije.

Osim ove osnovne podele naučnotehnoških indikatora na inpute i autpute, postoje i šira grupisanja. Jedna od takvih podela je na inpute (*inputs*), autpute (*outputs*), rezultate (*results*) i uticaj (*impact*) [12]. Kod ove klasifikacije pravi se razgraničenje između autputa, rezultata i uticaja. Pod autputima se podrazumevaju aktivnosti koji nastaju kao posledica angažovanja inputa, kao što su naučne publikacije i međunarodne ko-publikacije. Rezultati su posledice naučno-istraživačkih aktivnosti kao što su patenti i citati. Uticaj meri efekte koje inovacije i tehnologija imaju na privredni i društveni razvoj. Na primer, porast životnog standarda, rast produktivnosti ili rast visokotehnoškog izvoza.

U zemljama u razvoju postoje određene specifičnosti u oblasti metrike nauke, tehnologije i inovacija. One proizilaze pre svega iz karakteristika nacionalnog inovacionog sistema vezanih za dominantan udeo države u strukturi izdvajanja za

istraživanje i razvoj, nedovoljnu saradnju između institucija četvorstrukog Heliksa i nedovoljnu komercijalizaciju rezultata naučno-istraživačkih aktivnosti. Otuda, pokazatelji načuno-istraživačkih i inovacionih aktivnosti u zemljama u razvoju trebalo bi da se fokusiraju na analizu delova sistema koji će doprineti pretvaranju pozitivnih tehnoloških promena u privredni rast.

Veliki broj pojedinačnih naučno tehnoloških indikatora vezanih za istraživanje i razvoj, inovacije, patente, naučno-istraživačke kadrove i naučnu produktivnost razvijen je u okviru prethodno pomenutih OECD priručnika koji omogućavaju međunarodno standardizovane i uporedive mere. Najčešće korišćen indikator svakako su ulaganja u istraživanje i razvoj, odnosno pokazatelj koji se u Fraskati priručniku terminološki određuje kao „ukupni domaći izdaci za istraživanje i razvoj“ (*Gross domestic expenditure on R&D, GERD*). GERD obuhvata ukupne izdatke za istraživanje i razvoj koji se sprovodi na teritoriji jedne države u odedenom periodu od strane sva četiri domaća sektora (državni, poslovni, visoko obrazovanje, privatni neprfotni) i finansiranje iz inostranstva, a isključuje plaćanja za istraživanje i razvoj koji se sprovodi u inostranstvu [13]. Komponente ukupnih domaćih izdataka za istraživanje i razvoj odnose se na izdatke pojedinačnih sektora i kreiraju sledeće pokazatelje:

- izdaci državnog sektora za istraživanje i razvoj (*Government expenditure on research and development, GOVERD*),
- izdaci poslovnog sektora za istraživanje i razvoj (*Business enterprise expenditure on research and development, BERD*) i
- izdaci sektora visokog obrazovanja za istraživanje i razvoj (*Higher education expenditure on research and development, HERD*),
- izdaci privatnog neprofitnog sektora za istraživanje i razvoj (*Private nonprofit expenditure on research and development, PNPRD*).

U cilju obuhvatanja ukupnih budžetskih izdvajanja za istraživanje i razvoj Fraskati priručnik uvodi indikator GBARD (*Government budget allocations for R&D*) koji obuhvata izdvajanja iz državnog budžeta za istraživanje i razvoj koji se realizuje u svim sektorima – državnom, poslovnom, privatnom neprofitnom, visokom obrazovanju i inostranstvu. Otuda, važno je razumevanje i razgraničenje indikatora GOVERD i GBARD.

Kompletna lista pojedinačnih naučnotehnoloških indikatora koje je razvio OECD data je u Tabeli 3.

Tabela 3: Osnovni naučnotehnoški indikatori definisani od strane OECD-a

Obuhvat	Indikatori
Izdvajanja za istraživanje i razvoj	Ukupni domaći izdaci za IR (GERD) - u apsolutnom iznosu, % od BDP-a, godišnja stopa rasta, po glavi stanovnika
	% GERD-a finansiran od strane: poslovnog sektora, države, visokog obrazovanja, inostranstva
	% GERD-a koji sprovodi: poslovni sektor, visoko obrazovanje, država, neprofitni sektor
Ljudski resursi angažovani na poslovnima istraživanja i razvoja	Ukupni istraživači (FTE) - u apsolutnom iznosu, godišnja stopa rasta, na hiljadu zaposlenih
	Ukupni IR kadrovi (FTE) - u apsolutnom iznosu, godišnja stopa rasta, na hiljadu zaposlenih
	Ukupan broj istraživača
	Broj žena istraživača
	Broj žena istraživača kao % od ukupnog broja istraživača
Izdvajanja za IR i ljudski resursi u poslovnom sektoru	Izdaci poslovnog sektora za IR (BERD) - u apsolutnom iznosu, kao % od BDP-a, godišnja stopa rasta, kao % od dodate vrednosti u industriji
	Ukupan broj istraživača u poslovnom sektoru
	Ukupan broj žena istraživača u poslovnom sektoru
	Žene istraživači u poslovnom sektoru kao % od ukupnog broja istraživača
	Ukupni istraživači u poslovnom sektoru (FTE) - u apsolutnom iznosu, godišnja stopa rasta, kao % od ukupnog broja, na hiljadu zaposlenih u industriji
	Ukupni IR kadrovi u poslovnom sektoru (FTE) - u apsolutnom iznosu, godišnja stopa rasta, kao % od ukupnog broja, na hiljadu zaposlenih u industriji
	Izdaci poslovnog sektora za IR u: farmaceutskoj industriji; računarskoj, elektronskoj i optičkoj industriji; vazduhoplovnoj industriji; uslužnom sektoru
Izdvajanja za IR i ljudski resursi u sektoru visokog obrazovanja	Izdaci sektora visokog obrazovanja za IR (HERD) - u apsolutnom iznosu, kao % od BDP-a, godišnja stopa rasta
	Istraživači u sektoru visokog obrazovanja (FTE) - ukupno, godišnja stopa rasta, kao % od ukupnog broja
	Ukupni IR kadrovi u sektoru visokog obrazovanja (FTE) - ukupno, godišnja stopa rasta
Izdvajanja za IR i ljudski resursi u državnom sektoru	Izdaci državnog sektora za IR (GOVERD) - u apsolutnom iznosu, kao % od BDP-a, godišnja stopa rasta

Metodologije za merenje naučnotehnoških i inovacionih aktivnosti

	Istraživači u državnom sektoru (FTE) - ukupno, godišnja stopa rasta, kao % od ukupnog broja
	Ukupni IR kadrovi u državnom sektoru (FTE) - ukupno, godišnja stopa rasta
Budžetska izdvajanja za IR	Ukupna budžetska izdvajanja za IR (GBARD)
	Budžet za IR u namenskoj industriji kao % od GBARD-a
	Budžet za IR sa civilnom namenom kao % od GBARD-a
	Civilni GBARD za programe iz oblasti privrednog razvoja; oblasti zdravlja i zaštite životne sredine; obrazovne i socijalne programe; svemirske programe; horizontalne istraživačke programe; opšte univerzitetske programe
Patenti	Broj trijadnih familija patenata
	Broj PCT prijava patenata
	Broj patenata u IKT sektoru
	Broj patenata u biotehnoškom sektoru
Pokazatelji međunarodne trgovine	Farmaceutska industrija - uvoz, izvoz, trgovinski bilans
	Računarska, elektronska i optička industrija - uvoz, izvoz, trgovinski bilans
	Vazduhoplovna industrija - uvoz, izvoz, trgovinski bilans

Izvor: [14].

4. Kompozitni pokazatelji

Kombinacijom više individualnih pokazatelja naučnotehnoškog razvoja dobijaju se kompozitni odnosno složeni pokazatelji koji omogućavaju sagledavanje pozicije zemlje u pogledu dostignutog tehnološkog i inovativnog nivoa. Uglavnom se izražavaju u obliku indeksa i brojne međunarodne organizacije imaju svoje inicijative u ovoj oblasti.

Brojni korisnici kompozitnih pokazatelja nemaju jasnu predstavu o tome kako se oni formiraju i koliki je njihov informativni karakter. To može stvoriti asimetriju informacija između kreatora i korisnika ovih pokazatelja, a otuda i njihovu slučajnu ili namernu zloupotrebu. U opštem slučaju, kompozitni pokazatelj poredi zemlje u relativnim iznosima. Otuda, pad ili rast ranga određene države ne treba tumačiti kao apsolutni pad ili rast u određenoj oblasti, već kao relativnu promenu u odnosu na kretanja u drugim državama.

Kompozitni pokazatelji naučnotehnoškog razvoja često se određuju kao indikatori produktivnih sposobnosti jer ukazuju na nivo produktivnih sposobnosti države koje su uglavnom zasnovane na naučnotehnoškom razvoju. Za potrebe ovog istraživanja biće predstavljeni sledeći agregatni indikatori: globalni indeks inovativnosti,

sumarni indeks inovativnosti, indeks ekonomije zasnovane na znanju, globalni indeks konkurentnosti i indeks tehnološkog ostvarenja.

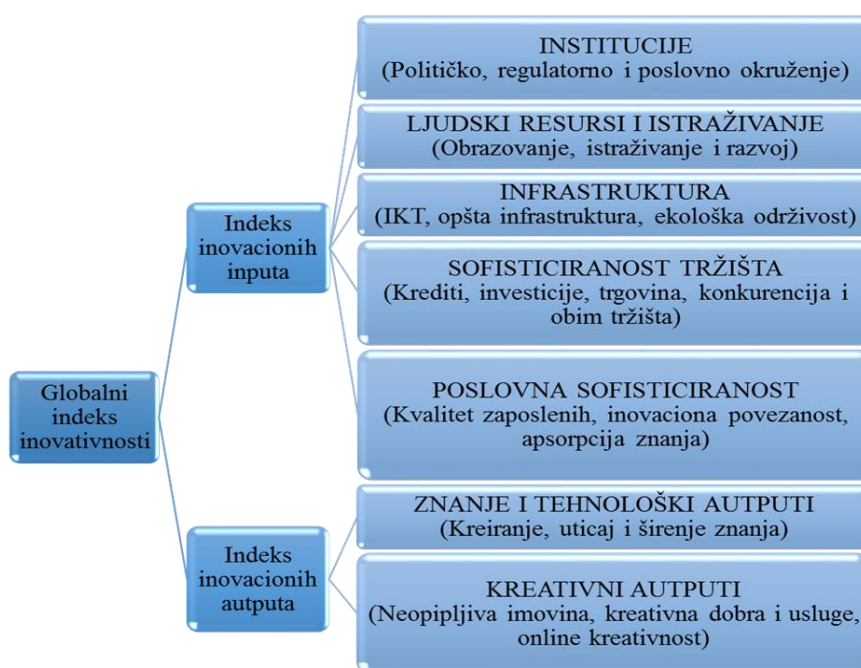
Globalni indeks inovativnosti (*Global Innovation Index, GII*) kreiran je 2007. godine od strane Svetske organizacije za intelektualnu svoju, Univerziteta Kornel i međunarodne poslovne škole INSEAD kako bi se obuhvatio veći broj pokazatelja i napravio iskorak u odnosu na pojedinačne tradicionalne mere. U 2020. godini ovaj indeks se izračunavao na osnovu 58 indikatora formiranih na osnovu „čvrstih“ podataka, 18 kompozitnih pokazatelja i 4 pitanja iz ankete Svetskog ekonomskog foruma „*Executive Opinion Survey*“ [15].

Tokom vremena se menjao obuhvat indikatora na osnovu kojih se utvrđuje Globalni indeks inovativnosti, a trenutno uključuje dva indeksa – indeks inovacionih inputa i indeks inovacionih outputa. Svaki od ovih pod-indeksa sadrži nekoliko stubova koji uključuju određene pojedinačne pokazatelje:

1) Indeks inovacionih inputa – obuhvata 5 stubova, odnosno elemenata privrede koji omogućavaju inovativne aktivnosti. U pitanju su sledeći stubovi: institucije, ljudski resursi i istraživanje, infrastruktura, sofisticiranost tržišta i poslovna sofisticiranost.

2) Indeks inovacionih outputa – uključuje rezultate inovativnih aktivnosti i ima dva stuba: znanje i tehnološki outputi i kreativni outputi (Slika 1).

Slika 1: Struktura Globalnog indeksa inovativnosti



Izvor: [15].

Sumarni indeks inovativnosti (*Summary Innovation Index, SII*) je razvila Evropska komisija 2001. godine, a njegove vrednosti se objavljuju u izveštaju *European Innovation Scoreboard*. Zahvaljujući svojim sastavnim elementima ovaj indeks omogućava komparaciju istraživačkog i inovacionog potencijala evropskih država, kao i detaljniju evaluaciju pojedinih delova inovacionog ekosistema. Sumarni indeks inovativnosti obuhvata 27 indikatora koji su klasifikovani u 4 grupe (okvirni uslovi, investicije, inovativne aktivnosti i uticaj) i 10 dimenzija inovativnosti. Pregled svih indikatora dat je u Tabeli 4.

Tabela 4: Struktura Sumarnog indeksa inovativnosti

OKVIRNI USLOVI	INOVATIVNE AKTIVNOSTI
<i>Ljudski resursi</i>	<i>Inovatori</i>
Novi doktori nauka	MSP sa inovacijama proizvoda ili procesa
Populacija starosti 25-34 sa tercijskim obrazovanjem	MSP sa marketinškim ili organizacionim inovacijama
Celoživotno učenje	MSP koja interno inoviraju
<i>Atraktivni istraživački sistemi</i>	<i>Povezanost</i>
Međunarodne ko-publikacije	Inovativna MSP koja saraduju sa drugima
Top 10% najviše citiranih publikacija	Javno-privatne ko-publikacije
Strani studenti doktorandi	Privatno kofinansiranje javnih izdvajanja za IR
<i>Okruženje pogodno za inovacije</i>	<i>Intelektualna svojina</i>
Širokopojasni pristup internetu	PCT prijave patenata
Preduzetništvo vođeno šansama	Prijave žigova
	Prijave dizajna
INVESTICIJE	UTICAJ
<i>Finansiranje i podrška</i>	<i>Uticaj zaposlenosti</i>
Izdaci za IR u javnom sektoru	Zaposlenost u delatnostima zasnovanim na znanju
Rizični kapital	Zaposlenost brzo rastućih preduzeća iz inovativnog sektora
<i>Investicije firmi</i>	<i>Uticaj prodaje</i>
Izdaci za IR u poslovnim sektorima	Izvoz srednje i visoko tehnoloških proizvoda
Izdavanja za inovacije koje ne uključuju IR	Izvoz usluga zasnovanih na znanju
Preduzeća koja sprovode obuke u cilju razvoja IKT veština svojih zaposlenih	Prodaja inovacija proizvoda koje su nove za tržište i nove za firmu

Izvor: [16].

Indeks ekonomije zasnovane na znanju (*Knowledge Economy Index, KEI*) razvila je Svetska banka 1995. godine kao agregatni pokazatelj, a ukazuje na nivo razvoja države ili regiona u pogledu razvoja društva znanja. Cilj ove metodologije jeste da utvrdi koliko je okruženje podsticajno za usmeravanje znanja u svrhe privrednog razvoja. Indeks se izračunava na osnovu indikatora koji su svrstani u četiri stuba ekonomije zasnovane na znanju: ekonomski i institucionalni režim, obrazovanje i ljudski resursi, inovacioni sistem i IKT. U Tabeli 5 su predstavljeni indikatori koji čine ovaj indeks.

Tabela 5: Struktura indeksa ekonomije zasnovane na znanju

Stub	Indikator
Ekonomski i institucionalni režim	Carinske i necarinske barijere Kvalitet regulative Vladavina prava
Obrazovanje i ljudski resursi	Stopa pismenosti odraslih Upis u srednje škole Upis na fakultete
Informaciona infrastruktura	Broj telefona na 1.000 stanovnika Broj računara na 1.000 stanovnika Broj korisnika interneta na 1.000 stanovnika
Inovacioni sistem	Naplate i plaćanja za tantijeme Naučni radoviu tehničkim časopisima na milion stanovnika Patentne prijave odobrene od strane USPTO na milion stanovnika

Izvor: [17].

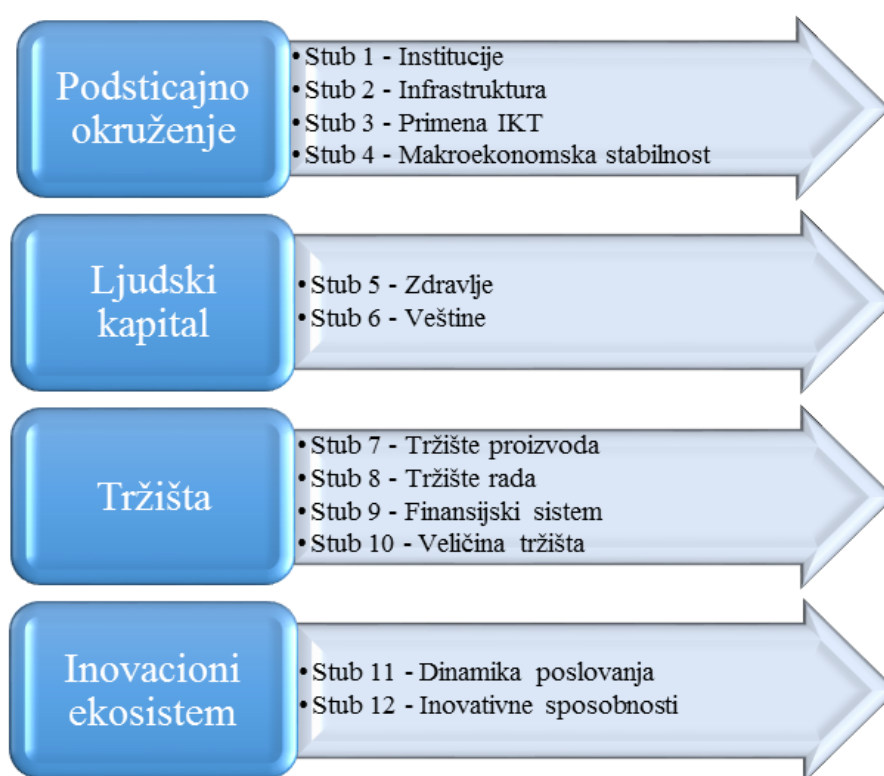
Globalni indeks konkurentnosti (*Global Competitiveness Index, GCI*) je jedan od najstarijih i najpopularnijih agregatnih pokazatelja. Objavljuje ga Svetski ekonomski forum od 1979. godine u okviru Izveštaja o globalnoj konkurentnosti (*Global Competitiveness Report*). Metodologija za izračunavanje ovog indeksa formulisana je u okviru 12 stubova koji omogućavaju sagledavanje osnovnih pokretača dugoročnog privrednog rasta. Od ukupno 103 indikatora na osnovu kojih se izračunava ovaj indeks, 47 se izvodi iz ankete Svetskog ekonomskog foruma „*Executive Opinion Survey*“. Na Slici 2 su predstavljene komponente ovog indeksa. Za potrebe detaljnije analize naučnotehnoških i inovativnih performansi najznačajniji je stub 12 – inovativne sposobnosti. Ovaj stub čine sledeći pokazatelji: raznovrsnost radne snage, nivo razvoja klastera, međunarodne ko-invecije, saradnja između stejkholdera, naučne publikacije, patentne prijave, izdvajanja za IR, kvalitet naučno-istraživačkih institucija, sofisticiranost kupaca, prijave žigova [18].

Indeks tehnološkog ostvarenja (*Technology achievement index, TAI*) meri nacionalne tehnološke kapacitete odnosno nivo tehnološke spremnosti jedne države da učestvuje u stvaranju društva zasnovanog na znanju. Ovaj indeks je prvi put objavljen 2001. godine u okviru Izveštaja o ljudskom razvoju (*Human development report*) koji objavljuje Program Ujedinjenih nacija za razvoj (UNDP). Indeks se sastoji od osam indikatora koji su svrstani u četiri dimenzije:

- Kreiranje tehnologije – mereno brojem patenata odobrenih rezidentima po glavi stanovnika i primanjima za licence i autorske honorare iz inostranstva po glavi stanovnika.

- Difuzija novijih inovacija – izračunata preko broja internet korisnika po glavi stanovnika i udelom visokog i srednje visokog tehnološkog izvoza u ukupnom izvozu.
- Difuzija starijih inovacija – merena brojem telefona (fiksni i mobilni) po glavi stanovnika i potrošnjom električne energije po stanovniku.
- Veštine radne snage – utvrđeno prosečnim godinama školovanja kod populacije starije od 15 godina i ukupnim upisom u visokoškolske ustanove [19].

Slika 2: Globalni indeks konkurentnosti



Izvor: [18].

Kompozitni indikatori imaju niz prednosti: sumiraju više pojedinačnih pokazatelja, omogućavaju poređenja između država, obezbeđuju predstavljanje rezultata široj javnosti, donose mogućnost analize pojedinih dimenzija i otuda praćenje kretanja kroz vreme. S druge strane, s obzirom da je reč o agregatnim pokazateljima mogu uticati na donošenje izuzetno pojednostavljenih zaključaka, kao i ignorisati onih karakteristika koje nisu kvantitativno merljive. Otuda, važno je kompozitne pokazatelje posmatrati kao

pojednostavljene indikatore performansi u određenim oblastima koje treba koristiti kao polaznu tačku za dalju analizu.

5. Ograničenja metrike nauke, tehnologije i inovacija

Korišćenje pokazatelja nauke, tehnologije i inovacija u procesu kreiranja, implementacije i evaluacije javnih politika ima određena ograničenja. Pre svega, odnos između primenjenih indikatora i koncepata na koji se odnose nije savršen. Naime, gotovo da ne postoji pokazatelj u oblasti nauke, tehnologije i inovacija koji na idealan način oslikava stvarnost. Upravo zbog toga je neophodno korišćenje više različitih pokazatelja i uključivanje kvalitativne analize.

Još jedno ograničenje se odnosi na nepodudaranje vremena prikupljanja i obrade podataka sa vremenom donošenja odluka. Ovo je naročito vidljivo kod anketa o inovacijama koje se sprovode svake dve godine, a odluke u domenu inovativnosti preduzeća se donose u mnogo kraćim vremenskim intervalima, gotovo svakodnevno. Međutim, vremensko kašnjenje postoji i kod drugih pokazatelja jer se oni uglavnom izračunavaju na godišnjem nivou čime su donosioci odluka u najvećem broju slučajeva ograničeni na metriku iz prethodne kalendarske godine.

Indikatori nauke, tehnologije i inovacija u zemljama u razvoju takođe imaju svoja ograničenja imajući u vidu nedovoljan privredni rast i nerazvijenost nacionalnog inovacionog sistema. Takođe, ove države često odlikuje i neadekvatnost statističkog sistema i otuda nemogućnost prikupljanja potrebnih podataka, izračunavanja i primene pojedinih pokazatelja. Osim toga, u zemljama u razvoju naučno-istraživački sistemi se uglavnom nalaze u procesu transformacije tako da je potrebno uključiti i indikatore koji ukazuju na dinamiku sistema.

Istraživanja su pokazala da postoje brojni limiti u prikupljanju podataka o inovacijama u neformalnom sektoru i sektoru poljoprivrede. Ovo je naročito izraženo u zemljama u razvoju u kojima su ovi sektori uglavnom isključeni iz anketa o inovacijama. Jedan od razloga su svakako i problemi vezani za njihovo statističko obuhvatanje što predstavlja izazov i za razvijene države.

Takođe, postoji i mogućnost da određeni indikator izgubi informativni značaj koji je imao onda kada postane cilj naučnotehnoške politike. Naime, tada veliki broj aktera traži način da brzo utiče na određeni pokazatelj preko primenjenih mera ili preko izmena načina izračunavanja. Tada se veštački menja vrednost tog pokazatelja bez rešavanja uzroka koji su doveli do nepovoljnih statističkih trendova.

6. Zaključak

Merenje nauke, tehnologije i inovacija doprinosi kvantitativnoj analizi nacionalnog inovacionog sistema, omogućava međunarodna poređenja i kreiranje preporuka za donosiocima odluka. Razvoj uporedivih i relevantnih indikatora naročito je značajno za zemlje u razvoju koje uglavnom nisu u potpunosti uključile naučne dokaze u strateške dokumente, odnosno u sprovođenje relevantnih politika.

Uspeh primene indikatora nauke, tehnologije i inovacija zavisi od toga koliko su oni dobro integrisani u strateške dokumente i upravljačke procese u ovoj oblasti. Takođe, neophodan je kontinuirani monitoring i evaluacija ovih indikatora od strane kreatora politika, statističkih službi i šire javnosti. U idealnom slučaju indikatori bi trebalo da na što precizniji načini ukazuju na procese kreiranja, primene i difuzije znanja u nacionalnom inovacionom sistemu.

Svaka od predstavljenih grupa indikatora nauke, tehnologije i inovacija ima svoje kako prednosti, tako i nedostatke. Ankete o inovacijama omogućavaju obuhvatanje velikog broja podataka, ali su istovremeno zavisne od subjektivnog mišljenja obuhvaćenih preduzeća. Individualni indikatori su uglavnom jednostavni i omogućavaju obuhvatanje samo malog dela određene oblasti ili procesa. Kompozitni indikatori se dobijaju agregiranjem većeg broja individualnih indikatora, čime se s jedne strane gubi deo informativnosti, a s druge strane obezbeđuje međunarodna uporedivost i praćenje kroz duži vremenski period.

Imajući u vidu navedena ograničenja indikatora, moguće je formulisati sledeće preporuke za kreatore politike u oblasti nauke, tehnologije i inovacija:

- korišćenje većeg broja indikatora nauke, tehnologije i inovacija imajući u vidu njihove nedostatke i potrebe konkretnih politika;
- neophodnost formiranja okvira za obuhvatanje podataka o inovacijama u neformalnom sektoru i sektoru poljoprivrede;
- uključivanje indikatora u strateške dokumente i upravljačke procese;
- kontinuirani monitoring i evaluacija obuhvaćenih indikatora;
- povezivanje naučnotehnoških i inovacionih indikatora sa ciljevima privrednog rasta i razvoja.

Savremene uslove karakterišu neprekidne promene prirode nauke, tehnologije i inovacija. Otuda, neophodno je da indikatori u ovoj oblasti uzmu u obzir ove promene. Naime, u budućnosti je potreban razvoj novih indikatora koji će objasniti sledeće procese: sve veća multidisciplinarnost naučno-istraživačkog rada, kreiranje međunarodnih istraživačkih mreža, jačanje povezanosti između nauke i industrije, mobilnost naučno-istraživačkih kadrova, ocena efikasnosti instrumenata inovacionih politika.

Zahvalnost

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

Literatura

- [1] Matejić, V. ed. (1989). Naučnoistraživački projekat: Strategija tehnološkog razvoja Jugoslavije do početka XXI veka, Završni izveštaj, Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Beograd.
- [2] Archibugi, D. and Pianta, M., (1996), Measuring technological change through patents and innovation surveys, *Technovation*, 16(9), pp. 451-468.

- [3] Radošević, S., (1999), Patterns of Innovative Activities in Countries of Central and Eastern Europe: An Analysis Based on Comparison of Innovation Surveys, Science Policy Research Unit, University of Sussex, Working Paper No. 34, Brighton.
- [4] Biagi, F., Pesole, A. and Stancik, J., (2016), Modes of Innovation: Evidence from the Community Innovation Survey, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [5] Zakon o zvaničnoj statistici, Službeni glasnik RS, br. 104/2009.
- [6] Chaminade, C., Lundvall, B.A. & Haneef, S. (2018). Advanced Introduction to National Innovation Systems. Cheltenham, UK. Edward Elgar Publishing.
- [7] Bogliacino, F., Perani, G., Pianta, M. & Supino, S. (2010). Innovation and Development. The Evidence from Innovation Surveys. Working paper of BETA number 13. Bureau d'Economie Théorique et Appliquée, UDS, Strasbourg.
- [8] Szunyogh, Z., (2009), Methodology of Innovation Surveys, International Scientific Conference Challenges for Analysis of the Economy, the Businesses, and Social Progress, Universitas Szeged Press.
- [9] Milbergs, E. & Vonortas, H. (2004). Innovation Metrics: Measurement to Insight, White Paper, National Innovation Initiative 21st Century Innovation Working Group.
- [10] Tijssen, P. and Hollanders, H., (2006), Using Science and Technology Indicators to support knowledge-based Economies, United Nations University Policy Brief, UNU-MERIT.
- [11] Hall, B. & Jaffe, A. (2012). Measuring Science, Technology, and Innovation: A Review, A report prepared for the Panel on Developing Science, Technology, and Innovation Indicators for the Future, National Academies of Science.
- [12] Danish Agency for Science, Technology and Innovation (2014), Research and Innovation Indicators 2014, Research and Innovation: Analysis and Evaluation 5/2014, Copenhagen.
- [13] OECD (2015), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris.
- [14] OECD (2020). Main Science and Technology Indicators, Volume 2020 Issue 1, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/e3c3bda6-en>.
- [15] Cornell University, INSEAD, and WIPO (2020). The Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation? Ithaca, Fontainebleau, and Geneva.
- [16] European Commission (2020). European Innovation Scoreboard 2020, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [17] World Bank Institute, Measuring knowledge in the world's economies, Knowledge assessment methodology and knowledge economy index, Knowledge for development program.

- [18] World economic forum (2019). The Global Competitiveness report 2019, Geneva.
- [19] Desai, M., Fukuda-Parr, S., Johansson C. & Sagasti F. (2002). Measuring the Technology Achievement of Nations and the Capacity to Participate in the Network Age, Journal of Human Develeopment, Vol: 3, No: 1, pp. 96-122.