

Originalni naučni rad  
Primljen: 10.03.2016.  
Odobren: 11.07.2016.

## ANALIZA NAUČNIH ISTRAŽIVANJA U NANO-TEHNOLOGIJI\*\*\*\*

*Cilj ovog rada je da ponudi pregled ograničenja uporedne analize ulaganja u naučna istraživanja i naučnog učinka zemalja u nano-tehnologiji, imajući u vidu da je reč o tehnologiji u razvoju od koje se u budućnosti očekuje izuzetno značajan doprinos nauci, privredi i društvu.*

*Uvidom u relevantnu literaturu, korišćenjem metode analize sadržaja i komparativne metode, utvrđena su određena ograničenja ove uporedne analize koja su u domenu opštih ograničenja (definicije nano-tehnologije i nano-tehnološkog proizvoda), izvora ulaganja u naučna istraživanja, pristupa u vrednovanju prinosa na ulaganja i pokazatelja naučnog učinka. Radi prevazilaženja navedenih ograničenja preporučuje se uporedna analiza trendova o ulaganjima u naučna istraživanja i o naučnom učinku, pre nego podataka o njihovom iznosu (veličini).*

**Ključne reči:** ograničenja uporedne analize, nano-tehnologija, ulaganja u naučna istraživanja, naučni učinak.

---

\* Redovni profesor Fakulteta za međunarodnu ekonomiju, Univerzitet „Džon Nezbit”, Beograd, vmilanovic@naisbitt.edu.rs

\*\* Docent Fakulteta za poslovne studije, Univerzitet „Džon Nezbit”, Beograd, abucalina@naisbitt.edu.rs

\*\*\* Doktorand, asistent Fakulteta za kulturu i medije, Univerzitet „Džon Nezbit”, Beograd, mgolubovic@naisbitt.edu.rs

\*\*\*\* Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekat III 45003 i projekat III 44006).

## 1. Uvod

Naučno-istraživački rad je osnova inovacionog potencijala zemlje, dok je njegov učinak jedan od ključnih faktora nacionalne konkurentnosti.

U literaturi se naglašava da razvoj nano-tehnologije<sup>1</sup> zavisi od jake veze sa naučnim istraživanjima. Ovo su prepoznale vlade mnogih zemalja, naučno-istraživačke organizacije, institucije i preduzeća. Vlade donose programe nacionalnog naučnog nano-tehnološkog razvoja kako bi stimulisale naučna istraživanja u oblasti nano-tehnologije i proizvoda na bazi nje. Naučnici i istraživači u raznim naučnim poljima i disciplinama su intenzivirali istraživanja u oblasti nano-tehnologije. Globalno posmatrano, preduzeća se sve više aktiviraju u pravcu istraživanja mogućnosti nano-tehnologije i njene primene.

Kako se od nano-tehnologije očekuje mnogo veći značaj za nauku, privredu i društvo, nego što danas imaju poluprovodničke i bio-tehnologije,<sup>2</sup> to analiza ulaganja u naučna istraživanja i naučnog učinka zemlje u nano-tehnologiju dobija na značaju.

Ulaganja u naučna istraživanja u nano-tehnologiju, kao (ulazni) pokazatelj nivoa nano-tehnološke aktivnosti, predmet su analize u mnogim naučnim člancima, studijama i izveštajima vlada zemalja i njihovih tela, kao i specijalizovanih organizacija i institucija u ovoj oblasti.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Reč „nano“ potiče od grčke reči (νάννος) koja u prevodu znači patuljak. Opšte poznato je da „nano“ predstavlja jedinicu koja je  $10^{-9}$  puta manja od osnovne jedinice (kao što su dužina, masa, zapremina i dr.).

<sup>2</sup> Više u: Roco C. Michael (2011): “The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years“, *J Nanopart Res* 13(2)/2011, 427–445, doi: 10.1007/s11051-010-0192-z

Majkl Roko je viši savetnik za nano-tehnologije u Nacionalnoj fondaciji za nauku SAD (*the National Science Foundation - NSF*) i ključni kreator NNI (*the National Nanotechnology Initiative*).

<sup>3</sup> Primera radi: Roco C. Michael (1999): “Research Programs on Nanotechnology in the World (Americas, Asia/Pacific, and Europe), Chapter 8, 131–150, in: Siegel W. Richard *et al.* (eds.) *Nanostructure Science and Technology: R&D Status and Trends in Nanoparticles, Nanostructured Materials and Nanodevices*, Springer; Roco C. Michael (2005): “International perspective on government nanotechnology funding in 2005“, *J of Nanopart Res* 7/2005, 707–712, doi: 10.1007/s11051-005-3141-5; Roco C. Michael *et al.* (2011): “Innovative and responsible governance of nanotechnology for societal development“, *J Nanopart Res* 13(9)/2011, 3557–3590, doi: 10.1007/s11051-011-0454-4; *Report to the President and Congress on the Third Assessment of the National Nanotechnology Initiative*, The President’s Council of Advisors on Science and Technology (PCAST), Washington, D.C., March 12, 2010 <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-nano-report.pdf> (07.11.2015.); Bojczuk Katherine, Walsh Ben (2012): “Models, Tools and Metrics Available to Assess the Economic Impact of Nanotechnology”, *OECD/NNI International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology*, 27-28.03.2012, Washington, D.C., [http://nano.gov/sites/default/files/dsti\\_stp\\_nano201213.pdf](http://nano.gov/sites/default/files/dsti_stp_nano201213.pdf) (20.10.2015.); Lux Research (2011): *Global Nanotech Spending*. EuroNanoForum, May 30, 2011, [http://docsfiles.com/pdf/euronanoforum\\_2011](http://docsfiles.com/pdf/euronanoforum_2011).

Naučni učinak, kao izlazni pokazatelj aktivnosti u području naučnih nano-tehnoloških istraživanja, izražava domete u nano-nauci i nano-tehnologiji, i omogućava njihovo predviđanje. Dosadašnja istraživanja<sup>4</sup> ukazuju da su najčešće korišćeni pokazatelji naučnog učinka u polju nano-tehnologije broj naučnih članaka – nano-tehnoloških publikacija, broj citata i broj patenata.

Pregledom relevantne literature uočena su određena ograničenja koja onemogućavaju egzaktnu uporednu analizu ulaganja u naučna istraživanja i naučnog učinka zemalja i ona su u ovom radu predstavljena. U zaključku su navedene preporuke pomoću kojih se može ublažiti njihov uticaj na kvalitet rezultata ove uporedne analize.

## 2. Opšta ograničenja

### 2.1. Ograničenja uporedne analize u domenu definicije nano-tehnologije

Vlade zemalja i njihova tela, specijalizovane organizacije i institucije u ovoj oblasti različito određuju nano-tehnologiju. U prilog tome govore navedene definicije nano-tehnologije.

Prema definiciji Nacionalne nano-tehnološke inicijative SAD (NNI) i Zavoda za patente i zaštitini znak SAD (USPTO), nano-tehnologija se određuje kao razumevanje i kontrola materije na dimenziji od 1 do 100 nano-metara (nm).<sup>5</sup> Nano-tehnologija obuhvata nano-nauku, inženjerstvo i tehnologiju. Omogućava praćenje, snimanje, merenje, modelovanje i manipulisanje materijom na nano-nivou.<sup>6</sup>

Prema Evropskoj komisiji, nano-tehnologija se odnosi na izučavanje pojava i precizno podešavanje materijala na atomskom, molekularnom i makro-molekularnom nivou.<sup>7</sup>

html (19.12.2015.); Cientifica (2011): *Global Funding of Nanotechnologies and its Impact*, <http://cientifica.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Global-Nanotechnology-Funding-Report-2011.pdf> (19.12.2015.).

<sup>4</sup> Neka od njih su prezentovana u: Chen Hsinchun, Roco C. Michael (eds.) (2008): *Mapping Nanotechnology Innovations and Knowledge: Global, Longitudinal Patent and Literature Analysis*, Springer-Verlag, New York; Youtie Jan et. al. (2008): "Nanotechnology publications and citations by leading countries and blocs", *J of Nanopart Res* 10(6)/2008, 981–986, doi: 10.1007/s11051-008-9360-9; Tang Li, Shapira Philip (2011): "China-US scientific collaboration in nanotechnology: patterns and dynamics", *Scientometrics* 88(1)/2011, 1–16, doi 10.1007/s11192; Huang Can et al. (2011): "Nanoscience and technology publications and patents: A review of social science studies and search strategies", *Journal of Technology Transfer* 36(2)/2011, 145–172, doi: 10.1007/s10961-009-9149-8

<sup>5</sup> US/NNI: "What is Nanotechnology", <http://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition> (28.09.2015.).

<sup>6</sup> US/NNI (2011): *The National Nanotechnology Initiative – Strategic Plan*, <http://nano.gov/node/581> (28.09.2015).

<sup>7</sup> EC: "Nanotechnology", [http://ec.europa.eu/nanotechnology/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/nanotechnology/index_en.html) (30.09.2015.).

Vlada Japana definiše nano-tehnologiju kao sposobnost kontrole i rukovanja atomima i molekulima na nano-skali. Zahvaljujući činjenici da je reč o materijalima nano-veličine, nano-tehnologija omogućava otkrivanje njihovih novih funkcija i tehnološko inoviranje u različitim podoblastima.<sup>8</sup>

Prema Američkoj svemirskoj agenciji (NASA), nano-tehnologija je brzo rastuće polje koje je usmereno na stvaranje funkcionalnih materijala, uređaja i sistema bazirajući se na kontroli materije na nano-skali i eksploataciji novih pojava i svojstava na toj skali.<sup>9</sup>

Evropski zavod za patente (EPO) određuje da nano-tehnologija obuhvata entitete sa veličinom čija je najmanje jedna funkcionalna komponenta ispod 100 nm.<sup>10</sup>

Prema Međunarodnoj organizaciji za standardizaciju (ISO), nano-tehnologija je definisana kao primena naučnog znanja u manipulaciji i kontroli materije na nano-nivou, radi iskorišćenja njenih svojstava i pojava koje su zavisne od veličine i strukture za razliku od onih koje su u vezi sa pojedinačnim atomima, molekulima ili rasutim materijalima.<sup>11</sup>

Izbor definicija, koje su u ovom radu predstavljene je opravdan sledećim: SAD, zemlje članice Evropske unije (EU) i Japan su lideri u polju nano-tehnologije, dok su ostale organizacije značajno uključene u ovu oblast.

Ukoliko se detaljno analiziraju navedene definicije uočava se da je svima zajedničko sledeće: nano-tehnologija podrazumeva kontrolu, manipulaciju ili rukovanje materijom veoma male veličine – materijom na nano-skali; nano-tehnologija omogućava nove industrijske primene ili tehnološke inovacije. Međutim, kod određenja primene nano-tehnologije uočavaju se značajne razlike.<sup>12</sup> Čak i konsultanti OECD smatraju da su definicije nano-tehnologije pomalo nejasne, iako su nosioci Radne grupe za nano-tehnologije čiji je zadatak stvaranje jedinstvenog, globalnog okvira za praćenje nano-tehnologije.<sup>13</sup>

Takođe, samo jedinstvena klasifikacija podoblasti nano-tehnologije na globalnom nivou omogućava prikupljanje uporedivih podataka o pokazateljima dostignutog nivoa nano-tehnološkog razvoja.

<sup>8</sup> Government of Japan (2001): “The Science and Technology Basic Plan”, March 30, p. 25, [http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/2nd-BasicPlan\\_01-05.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/2nd-BasicPlan_01-05.pdf) (30.09.2015.).

<sup>9</sup> US/NASA: “Nanotechnology”, <http://www.ipt.arc.nasa.gov/nanotechnology.html> (28.09.2015.).

<sup>10</sup> EPO: “Nanotechnology and Patents”, [http://www.epo.org/footer/search.html?ud=1&output=xml\\_no\\_dtd&oe=UTF-8&ie=UTF-8&client=EN&proxystylesheet=EN&q=nano+size](http://www.epo.org/footer/search.html?ud=1&output=xml_no_dtd&oe=UTF-8&ie=UTF-8&client=EN&proxystylesheet=EN&q=nano+size) (30.09.2015.).

<sup>11</sup> ISO: “ISO/TS 80004-1:2010, Nanotechnologies – Vocabulary Part 1: Core terms”, [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=51240](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=51240) (30.09.2015.).

<sup>12</sup> Više u: Palmberg Christopher *et al.* (2009): “Nanotechnology: An Overview based on Indicators and Statistics”, *OECD Statistical Analysis of Science, Technology and Industry*, Washington, D.C., 18-20, <http://www.oecd.org/sti/inno/43179651.pdf> (19.10.2015.).

<sup>13</sup> Palmberg Christopher *et al.*, 5.

Doprinos jedinstvenom klasifikovanju podoblasti nano-tehnologije je dao EPO.<sup>14</sup> Međutim, izvesna ograničenje periodične uporedne analize se nalaze u domenu izmene ove klasifikacije koja se dogodila 28. januara 2011. godine. Od tada je na snazi klasifikacija koju čine osam podoblasti, a do 27. januara 2011. godine je bila na snazi klasifikacija koju je činilo šest podoblasti.

Do 27. januara 2011. godine, oblast nano-tehnologije je imala oznaku Y01N, i činile su je sledeće podoblasti: nano-biotehnologija (oznaka: Y01N2), nano-elektronika (oznaka: Y01N4), nano-materijali i površine (oznaka: Y01N6), nano-instrumenti (oznaka: Y01N8), nano-optika (oznaka: Y01N10) i nano-magnetika (oznaka: Y01N12).<sup>15</sup>

Od 28. Januara 2011. godine, oblast nano-tehnologije ima oznaku B82Y. Podoblasti nano-tehnologije su: nano-biotehnologija ili nano-medicina (oznaka B82Y5 što pokriva Y01N2), nano-elektronika (oznaka B82Y1 što pokriva Y01N4), nano-instrumenti (oznaka B82Y15 što pokriva Y01N8), nano-optika (oznaka B82Y20 što pokriva Y01N10), nano-magnetika (oznaka B82Y25 što pokriva Y01N12), nano-materijali i nano-površine (oznaka B82Y30 =Y01N6) i dve nove podoblasti - metode ili aparati za merenje i analizu nano-struktura (oznaka B82Y35) i proizvodnja ili tretman nano-struktura (oznaka B82Y40).<sup>16</sup>

Naučnici i istraživači ne treba da prevede definiciju nano-tehnologije koja je korišćena u određenim izveštajima, analizama, studijama i naučnim člancima, a iz kojih eventualno preuzimaju podatke u sopstvenom istraživačkom procesu. Takođe, ukoliko sopstveno istraživanje baziraju na vremenskom praćenju dometa u pojedinim područjima nano-tehnologije treba da imaju u vidu navedene izmene u podoblastima.

### 2.1. Ograničenja uporedne analize u domenu definisanja nano-tehnološkog proizvoda

Pod nano-tehnološkim proizvodom, u širem smislu reči, podrazumeva se svaki proizvod koji i u najmanjoj meri sadrži neku nano-tehnološku komponentu.

Sa ovog stanovišta, pod nano-tehnološkim proizvodom ISO podrazumeva svaki proizvod koji je proizveden u komercijalne svrhe a koji mora da ima specifične osobine ili sastav.<sup>17</sup>

<sup>14</sup> EPO je razvila *List-based* pristup definisanju nano-tehnologije, i on se koristi od strane subjekata koji posluju u industrijskim oblastima u kojima se može primeniti nano-tehnologija.

<sup>15</sup> Više u: Scheu Manfred *et al.* (2006): "Mapping Nanotechnology Patents: The EPO Approach", *World Patent Information* 28(3)/2006, 207, doi: 10.1016/j.wpi.2006.03.005

<sup>16</sup> Više u: EPO: "Nanotechnology, Y01N became B82Y", <http://www.epo.org/news-issues/issues/classification/nanotechnology.html> (09.11.2015).

<sup>17</sup> ISO: "ISO/TS 12805:2011, Nanotechnologies – Materials Specifications – Guidance on specifying nano objects", [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=51766](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=51766) (30.09.2015.).

Posmatrajući nano-tehnološki proizvod u širem smislu, OECD Radna grupa za nano-tehnologije ga posmatra kao proizvod koji je baziran na nano-tehnologiji ili proizvod koji je nano-tehnologija omogućila. Nano-materijali mogu činiti mali procenat finalnog proizvoda. Ova radna grupa nano-tehnološkim proizvodom smatra i onaj proizvod kojem nano-tehnologija nudi poboljšana svojstva ili omogućava njegovu efikasniju i ekonomičniju proizvodnju i preradu, pri čemu finalni proizvod ne mora sadržati nano-materijale, niti njegova funkcionalnost mora biti poboljšana korišćenjem nano-tehnologije.<sup>18</sup> Navedeno posmatranje nano-tehnološkog proizvoda je prihvatljivo kada je reč o materijalu, sirovini i drugim inputima ili poluproizvodu. U višim fazama lanca vrednosti, idući ka finalnim proizvodima, prema mišljenju OECD Radne grupe za nano-tehnologije, procena da li je neki proizvod nano-tehnološki postaje sve kompleksnija.<sup>19</sup>

Posmatrajući nano-tehnološki proizvod u užem smislu, njegova vrednost se određuje kao razlika krajnje cene proizvoda i cene onih komponenti koje nisu nano-tehnološke.<sup>20</sup> Tako se dobija vrednost koju je nano-tehnologija dodala proizvodu. Čini se da je ovakvo posmatranje nano-tehnološkog proizvoda realnije, ali je praktično njegova vrednost teže merljiva.

Nedostatak jedinstvene definicije nano-tehnološkog proizvoda otežava realnu procenu vrednosti nano-tehnoloških proizvoda na tržištu.

Takođe ne postoji jedinstvena, globalno prihvaćena baza podataka broja nano-tehnoloških proizvoda i vrednosti njihovog tržišta. Za sada je najpouzdanija baza međunarodnog centra SAD<sup>21</sup> koji prati broj nano-tehnoloških proizvoda namenjenih finalnoj potrošnji po kategorijama.<sup>22</sup> U praćenju vrednosti tržišta nano-tehnoloških proizvoda značajan doprinos daje institucija *BCC Research*.<sup>23</sup>

Naučnici i istraživači ne treba da previde definiciju nano-tehnološkog proizvoda koja je korišćena u određenim izveštajima, analizama, studijama i naučnim člancima, a iz kojih eventualno preuzimaju podatke u sopstvenom istraživačkom procesu, kao i metodologiju i bazu podataka koje podržavaju publikovane podatke.

<sup>18</sup> O'Rourke Eleanor, Morrison Mark (2012): "Challenges for Governments in Evaluating Return on Investment from Nanotechnology and its broader Economic Impact", OECD/NNI *International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology*, 27-28.03.2012, Washington, D.C., 7, [http://nano.gov/sites/default/files/dsti\\_stp\\_nano201212.pdf](http://nano.gov/sites/default/files/dsti_stp_nano201212.pdf) (10.10.2015).

<sup>19</sup> O'Rourke Eleanor, Morrison Mark.

<sup>20</sup> Videti u: Palmberg Christopher *et al.*, 22.

<sup>21</sup> *The Woodrow Wilson International Center for Scholars* (<https://www.wilsoncenter.org/about-the-wilson-center>).

<sup>22</sup> Više o kategorijama proizvoda videti u: Consumer Product Inventory: "Analysis", <http://www.nanotechproject.org/cpi/about/analysis/> (20.12.2015).

<sup>23</sup> BCC Research (<http://www.bccresearch.com/market-research>)

### 3. Ograničenja uporedne analize u domenu strukture izvora ulaganja u naučna istraživanja i pristupa u vrednovanju prinosa na ulaganja

Pregledom relevantne literature utvrđeno je da ulaganja u naučna istraživanja potiču iz tri izvora: iz javnog sektora, iz privatnog sektora i venčer kapitala.

Vlade zemalja i zajednica zemalja čine najznačajnije predstavnike javnog sektora kao nosioce ulaganja u naučna istraživanja u nano-tehnologiju. Ona se usmeravaju u najvećoj meri u osnovna, a potom primenjena istraživanja.

Ulaganja iz privatnog sektora su uglavnom usmerena na razvojna istraživanja i komercijalizaciju nano-tehnoloških proizvoda.

Na uporedivost podataka o nivou ulaganja u naučna istraživanja u nano-tehnologiju po zemljama utiču: definicija nano-tehnologije i nano-tehnološkog proizvoda koja se koristi, izvori podataka o ulaganjima<sup>24</sup> i metodologija prikupljanja podataka.<sup>25</sup> Takođe se koriste različiti pristupi u predstavljanju podataka, različiti vremenski periodi za koje su podaci o ulaganjima publikovani, različite valute u kojima su podaci izraženi (negde korigovani paritetom kupovne moći, negde ne) i dr.

Uvidom u relevantnu literaturu uočena je slaba jednoobraznost u predstavljanju podataka: negde su publikovani zbirni podaci za region/grupu zemalja a negde podaci po zemljama za isti vremenski period. Primera radi, za 2004. godinu Evropska komisija je objavila regionalnu strukturu ukupnih ulaganja na globalnom nivou posmatrajući SAD, Evropu i Japan ravnopravno (poistovećujući sopstvene domete sa dometima zemlje kao što je Japan),<sup>26</sup> dok institucija *Lux Research* prezentuje ulaganja u nano-tehnologije po regionima (primenjuje geo-

<sup>24</sup> Podatke o ulaganjima u naučna istraživanja u nano-tehnologiju iz javnog sektora uglavnom publikuju vlade zemalja i njihova specijalizovana tela (primera radi za SAD: NNI (<http://www.nano.gov>), *The President's Council of Advisors on Science & Technology*, *Congressional Research Service* - PCAST (<https://www.whitehouse.gov/administration/eop/ostp/pcast> ; za zemlje EU: Evropska komisija ([http://ec.europa.eu/priorities/jobs-growth-and-investment\\_en](http://ec.europa.eu/priorities/jobs-growth-and-investment_en)), *The Community Research and Development Information Service* – CORDIS (<http://cordis.europa.eu>). Tu su i izveštaji *Lux Research*-a (<http://www.luxresearchinc.com>), *Cientifice* (<http://www.cientifica.com>) i dr.

<sup>25</sup> Primera radi, najslabije uporedivi podaci su podaci o ulaganjima iz privatnog sektora, jer se podaci o nivou ulaganja preduzeća najčešće prikupljaju anketom menadžera istraživanja i razvoja, što čini diskutabilnim objektivnost podataka. Ulaganja u komercijalizaciju nano-tehnologije su vidljivija. Preduzeća koja posluju u sektorima koji su rezervisani prema javnom prihvatanju nano-tehnologije, posebno sektor hrane i kozmetika, su manje spremna da objave nivo ulaganja u nano-tehnologiju. Videti više u: Crawley Tom *et al.* (2012): "Finance and Investor Models in Nanotechnology", *OECD/NNI International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology*, 27-28.03.2012, Washington, D.C., 3, [http://nano.gov/sites/default/files/dsti\\_stp\\_nano201215.pdf](http://nano.gov/sites/default/files/dsti_stp_nano201215.pdf) (20.10.2015).

<sup>26</sup> Videti u: EC (2005): "Some Figures about Nanotechnology R&D in Europe and Beyond", by Unit G4 *Nanosciences and Nanotechnologies*, European Commission DG Version: 8, December 2005, 11, [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano\\_funding\\_data\\_08122005.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_funding_data_08122005.pdf) (25.12.2015.).

grafski pristup).<sup>27</sup> Navedeno se odnosi i na podatke publikovane u svim drugim godinama ili vremenskim periodima.

Takođe, u nekim izveštajima su publikovani zbirni podaci za ulaganja iz celog javnog sektora naspram podataka o ulaganjima od strane vlade i drugih institucija. Primera radi, podatak da su SAD dominirale u globalnim ulaganjima iz javnog sektora u periodu 2005-2009<sup>28</sup> se odnosi samo na ulaganja NNI, ne i na ulaganja iz ostalih javnih izvora. Na slično se nailazi svaki put kada se koriste izveštaji vlada zemalja i njihovih nacionalnih institucija i organizacija.

Saglasno navedenom, uvidom u naučne članke, utvrđeno je da su najčešće korišćeni podaci iz izveštaja istraživačke institucije *Lux Research* koji nisu uvek javno dostupni na portalu ove institucije, ali su često prezentovani u izveštajima i naučnim člancima autora - konsultanata ove istraživačke institucije, u izveštajima OECD – Radne grupe za nano-tehnologije, u izveštajima nacionalnih inicijativa i programa pojedinih zemalja ili njihovih organizacija. Oni se smatraju za sada najviše respektabilnim.

Olakšavajuća okolnost je činjenica da ne postoji način da se izmeri koliko je vremena potrebno da ulaganja u osnovna istraživanja direktno donesu društvu i ekonomsku korist.<sup>29</sup> Pretpostavlja se da su profitabilnija ulaganja u naučna istraživanja u nano-tehnologiju, koja za rezultat imaju odgovarajući broj naučnih nano-tehnoloških publikacija i citata, i odgovarajući broj nano-tehnoloških patenata.

Naučnici i istraživači treba da budu obazrivi u preuzimanju podataka o naučnim ulaganjima u nano-tehnologije iz izveštaja ili studija vlada i njihovih tela, ili specijalizovanih organizacija i institucija imajući u vidu navedena ograničenja.

#### 4. Ograničenja uporedne analize u domenu pokazatelja naučnog učinka

Utvrđivanje naučnog učinka zemalja u polju nano-tehnologije na globalnom nivou je do sada najčešće obavljano kroz pokazatelje kao što su nano-tehnološke publikacije i citati i nano-tehnološki patenti i to za zemlje koje su najaktivnije u ovoj oblasti (npr. SAD, Japan, Nemačka, Francuska, Velika Britanija, Južna Koreja, Kina).

<sup>27</sup> Videti u: *Lux the nanotech report 4* (2006), podaci preuzeti iz "Nanotechnology Recent developments, Risks and Opportunities", Lloyds, 2007, 11-12,

[http://www.lloyds.com/~media/lloyds/archive/lloyds%20market%20gallery/lloyds%20market%20gallery/er\\_nanotechnology\\_report.pdf](http://www.lloyds.com/~media/lloyds/archive/lloyds%20market%20gallery/lloyds%20market%20gallery/er_nanotechnology_report.pdf) (30.12.2015.).

<sup>28</sup> Videti u: US/NNI (2013): *The National Nanotechnology Initiative - Supplement to the President's 2014 Budget*, [http://www.nano.gov/sites/default/files/pub\\_resource/nni\\_fy14\\_budget\\_supplement.pdf](http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/nni_fy14_budget_supplement.pdf) (20.12.2015.).

<sup>29</sup> Kramer David (2010): "Initiative aims to quantify the paybacks from basic research", *Physics Today* 63(8)/2010, 20-22, doi: 10.1063/1.3480067



U prikupljanju podataka o nano-tehnološkim publikacijama i citatima postoje određena ograničenja u pogledu njihove objektivnosti i relevantnosti. Jedno od ograničenja je pristrasnost baza podataka o nano-tehnološkim publikacijama, ukoliko favorizuju publikacije na određenom jeziku, kao što je slučaj sa engleskim jezikom. Drugo ograničenje je u činjenici da nano-tehnološke publikacije pokrivaju samo kodifikovane aspekte naučnog istraživanja. Ciljane pretrage mogu biti veoma teške zbog nejedinstvene standardizacije u časopisima koji su u različitim naučnim poljima i oblastima.<sup>30</sup>

Broj nano-tehnoloških publikacija prezentovan u literaturi znatno varira u zavisnosti od pristupa pretrazi i izvora podataka. Pretraga se najčešće obavlja prema ključnim rečima u naslovu i apstraktu članaka, dok je najviše zastupljena Tomsom Rojters baza podataka.

Ograničenja u pogledu nano-tehnoloških patenata su u različitom „patentiranju“ od strane pojedinih zemalja, industrija ili preduzeća, različitoj regulativi patentiranja i njenoj čestoj izmeni.<sup>31</sup> To može da utiče na slabiju objektivnost rezultata uporedne analize nano-tehnoloških patenata po zemljama.

Pregled broja nano-tehnoloških patenata omogućavaju baze kao što su *Zavod za patente SAD (USPTO)*, *Evropski zavod za patente (EPO)*, *Japanski zavod za patente (JPO)*, *Trijada patenata: patenti podneti u SAD, EU i Japanu (Triad patents)*, *Svetska organizacija za intelektualnu svojinu (WIPO)*, *Zavod Narodne Republike Kine za intelektualnu svojinu (SIPO)*, *Korejski zavod za intelektualnu svojinu (KPO)*. Nacionalne baze obično favorizuju zemlju porekla.

Rezultati naučnih istraživanja su plod akumuliranog znanja naučnika i istraživača, pa je vezivanje rezultata za određeni vremenski period skoro nemoguće. Takođe, inovatori koriste rezultate dugogodišnje ekspertize u svom radu koje je teško egzaktno pripisati određenom vremenskom periodu, procesu ili proizvodu. U vezi s tim, naučni učinak se ne može *a priori* vezati isključivo za određenu godinu ili određeni vremenski period iako je publikovan u toj godini/vremenskom periodu.

Ukoliko se obavlja uporedna analiza naučnog učinka u nano-tehnologiji po zemljama, neophodno je da naučnici, istraživači ili analitičari provere da li su izvori podataka, baze podataka i metodologija prikupljanja podataka o pokazateljima naučnog učinka kompatibilni.

<sup>30</sup> Videti u: Palmberg Christopher *et al.*, 34.

<sup>31</sup> OECD (2008): “Patent Manual”, preuzeto i prilagođeno od Palmberg Christopher *et al.*, 41.

## Zaključak

Jedinstvena, globalno prihvaćena definicija nano-tehnologije i nano-tehnološkog proizvoda još uvek nije ustanovljena. Takođe, nije formirana jedinstvena baza podataka koja na bazi jedinstvene metodologije publikuje podatke o ulaganjima u naučna istraživanja i o naučnom učinku u nano-tehnologiji. U tom smislu je otežano dobiti egzaktno rezultate uporedne analize dometa pojedinih zemalja u nano-tehnologiji, što se posledično odnosi i na domete koje one ostvaruju u području ulaganja u naučna istraživanja i naučnog učinka.

Iako je delovanje ovih ograničenja realno, ono ne treba da destimuliše dalje praćenje ulaganja u naučna istraživanja i naučnog učinka u nano-tehnologiji, jer njihova uporedna analiza omogućava sagledavanje pozicije zemalja u naučnoj nano-tehnološkoj aktivnosti, ali i predviđanje njihove buduće pozicije.

Radi prevazilaženja navedenih ograničenja preporučuje se praćenje trenda ulaganja u nano-tehnologiju i naučnog učinka, pre nego nivoa ulaganja u naučna istraživanja i visine naučnog učinka. U kontekstu navedenih ograničenja trendovi mogu dati pouzdanija saznanja.

## Literatura:

- Bojczuk Katherine, Walsh Ben (2012): "Models, Tools and Metrics Available to Assess the Economic Impact of Nanotechnology", OECD/NNI *International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology*, 27-28.03.2012, Washington, D.C., [http://nano.gov/sites/default/files/dsti\\_stp\\_nano201213.pdf](http://nano.gov/sites/default/files/dsti_stp_nano201213.pdf) (20.10.2015.).
- Chen Hsinchun, Roco C. Michael (eds.) (2008): *Mapping Nanotechnology Innovations and Knowledge: Global, Longitudinal Patent and Literature Analysis*, Springer-Verlag, New York.
- Cientifica (2011): *Global Funding of Nanotechnologies and its Impact*, <http://cientifica.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Global-Nanotechnology-Funding-Report-2011.pdf> (19.12.2015.).
- Consumer Product Inventory: "Analysis", <http://www.nanotechproject.org/cpi/about/analysis/> (20.12.2015).
- Crawley Tom *et al.* (2012): "Finance and Investor Models in Nanotechnology", OECD/NNI *International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology*, 27-28.03.2012, Washington, D.C., [http://nano.gov/sites/default/files/dsti\\_stp\\_nano201215.pdf](http://nano.gov/sites/default/files/dsti_stp_nano201215.pdf) (20.10.2015).
- EC: "Nanotechnology", [http://ec.europa.eu/nanotechnology/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/nanotechnology/index_en.html) (30.09.2015.).
- EC (2005), "Some Figures about Nanotechnology R&D in Europe and Beyond", by Unit G4 *Nanosciences and Nanotechnologies*, European Com-

- mission DG Version: 8, December 2005, [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano\\_funding\\_data\\_08122005.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_funding_data_08122005.pdf) (25.12.2015.).
- EPO: “Nanotechnology and Patents”, [http://www.epo.org/footer/search.html?ud=1&output=xml\\_no\\_dtd&oe=UTF-8&ie=UTF-8&client=EN&proxystylesheet=EN&q=nano+size](http://www.epo.org/footer/search.html?ud=1&output=xml_no_dtd&oe=UTF-8&ie=UTF-8&client=EN&proxystylesheet=EN&q=nano+size) (30.09.2015.).
  - EPO: “Nanotechnology, Y01N became B82Y“, <http://www.epo.org/news-issues/issues/classification/nanotechnology.html> (09.11.2015.).
  - Government of Japan (2001): *The Science and Technology Basic Plan*, March 30, [http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/2nd-BasicPlan\\_01-05.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/2nd-BasicPlan_01-05.pdf) (30.09.2015.).
  - Huang Can *et al.* (2011): “Nanoscience and technology publications and patents: A review of social science studies and search strategies“, *Journal of Technology Transfer* 36(2)/2011, 145–172, doi: 10.1007/s10961-009-9149-8
  - ISO: “ISO/TS 80004-1:2010, Nanotechnologies – Vocabulary Part 1: Core terms“, [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=51240](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=51240) (30.09.2015.)
  - ISO: “ISO/TS 12805:2011, Nanotechnologies – Materials Specifications – Guidance on specifying nano objects“, [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=51766](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=51766) (30.09.2015.).
  - Kramer David (2010): “Initiative aims to quantify the paybacks from basic research“, *Physics Today* 63(8)/2010, 20-22, doi: 10.1063/1.3480067
  - Lux Research (2011): *Global Nanotech Spending*. EuroNanoForum, May 30, 2011, [http://docsfiles.com/pdf\\_euronanoforum\\_2011.html](http://docsfiles.com/pdf_euronanoforum_2011.html) (19.12.2015.).
  - „Nanotechnology Recent developments, Risks and Opportunities“, Lloyds, 2007, [http://www.lloyds.com/~media/lloyds/archive/lloyds%20market%20gallery/lloyds%20market%20gallery/er\\_nanotechnology\\_report.pdf](http://www.lloyds.com/~media/lloyds/archive/lloyds%20market%20gallery/lloyds%20market%20gallery/er_nanotechnology_report.pdf) (30.12.2015.).
  - O’Rourke Eleanor, Morrison Mark (2012): “Challenges for Governments in Evaluating Return on Investment from Nanotechnology and its broader Economic Impact“, OECD/NNI *International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology*, 27-28.03.2012, Washington, D.C., [http://nano.gov/sites/default/files/dsti\\_stp\\_nano201212.pdf](http://nano.gov/sites/default/files/dsti_stp_nano201212.pdf) (10.10.2015.).
  - Palmberg Christopher *et al.* (2009): “Nanotechnology: An Overview based on Indicators and Statistics“, OECD *Statistical Analysis of Science, Technology and Industry*, Washington, D.C., <http://www.oecd.org/sti/inno/43179651.pdf> (19.10.2015.).
  - *Report to the President and Congress on the Third Assessment of the National Nanotechnology Initiative*, The President’s Council of Advisors on Science and Technology (PCAST), Washington, D.C., March 12, 2010 <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-nano-report.pdf> (07.11.2015.).
  - Roco C. Michael (1999): “Research Programs on Nanotechnology in the World (Americas, Asia/Pacific, and Europe), Chapter 8, 131-150, in: Siegel

W. Richard *et al.* (eds.) *Nanostructure Science and Technology: R&D Status and Trends in Nanoparticles, Nanostructured Materials and Nanodevices*, Springer.

- Roco C. Michael (2005): “International perspective on government nanotechnology funding in 2005”, *J Nanopart Res* 7/1999, 707–712, doi: 10.1007/s11051-005-3141-5
- Roco C. Michael *et al.* (2011): “Innovative and responsible governance of nanotechnology for societal development”, *J Nanopart Res* 13(9), 3557–3590, doi: 10.1007/s11051-011-0454-4
- Roco C. Michael (2011): “The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years”, *J Nanopart Res* 13(2), 427–445, doi: 10.1007/s11051-010-0192-z
- Scheu Manfred *et al.* (2006): “Mapping Nanotechnology Patents: The EPO Approach”, *World Patent Information* 28(3)/2006, 204–211, doi: 10.1016/j.wpi.2006.03.005.
- Tang Li, Shapira, Philip (2011): “China–US scientific collaboration in nanotechnology: patterns and dynamics”, *Scientometrics* 88(1)/2011, 1–16, doi 10.1007/s11192.
- US/NNI: “What is Nanotechnology”, <http://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition> (28.09.2015.)
- US/NNI (2011): *The National Nanotechnology Initiative – Strategic Plan*, <http://nano.gov/node/581> (28.09.2015).
- US/NNI (2013): *The National Nanotechnology Initiative - Supplement to the President’s 2014 Budget*, [http://www.nano.gov/sites/default/files/pub\\_resource/nni\\_fy14\\_budget\\_supplement.pdf](http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/nni_fy14_budget_supplement.pdf) (20.12.2015.).
- US/NASA: “Nanotechnology”, <http://www.ipt.arc.nasa.gov/nanotechnology.html> (28.09.2015.).
- Youtie Jan *et al.* (2008): “Nanotechnology publications and citations by leading countries and blocs”, *J Nanopart Res* 10(6)/2008, 981–986, doi: 10.1007/s11051-008-9360-9

**PROFESSOR VESNA MILANOVIĆ, PHD**

*Faculty of International Economy, John Naisbitt University, Belgrade*

**ASSISTANT PROFESSORS ANDREA BUČALINA MATIĆ, PHD**

*Faculty of Business Studies, John Naisbitt University, Belgrade*

**MARINA GOLUBOVIĆ, PHD STUDENT, TEACHING ASSISTANT**

*Faculty of Culture and Media, John Naisbitt University, Belgrade*

## **RESTRICTIONS OF COMPARATIVE ANALYSIS OF INVESTING IN SCIENTIFIC RESEARCH AND SCIENTIFIC OUTCOMES OF THE COUNTRIES IN NANOTECHNOLOGY**

*The aim of this paper is to provide an insight into restrictions of comparative analysis of investing in scientific research and scientific outcomes of the countries in nanotechnology, having in mind that it is a developing technology which is expected to give significant contribution to science, economy and society in the future.*

*Using the methods of content analysis, comparative methods and relevant literature, certain restrictions of this comparative analysis have been established. They are within general restrictions (the definitions of nanotechnology and nanotechnology products), sources of investment in scientific research, approach in validation of return on investment and indicators of scientific outcomes. In order to overcome the above-mentioned restrictions, comparative analysis of trends when it comes to investing in scientific research and scientific outcomes rather than data on their amount (size) is necessary.*

**Keywords:** *restrictions of comparative analysis, nanotechnology, investing in scientific research, scientific outcomes.*