
Nenad
TRINAJSTIĆ

KAKO VREDNOVATI ZNANSTVENI RAD I ZNANSTVENIKE?

KAKO VREDNOVATI ZNAISTVENI RAD I ZNAISTVENIKE

Porast
kušaje
pozna
(SCI),
delph
puno
i znan
od ne
ficirat
bjede
čadi.
zatelj
njihov
započ
rom u
pristu
svijet
ručju
koju
radov
plina
običa
tora
zbroj
radov
radov
ma je
stven
indel
teme
SCI.
bism
za kv
ranje

Porast broja znanstvenika u svijetu pokrenuo je različite pokušaje vrednovanja znanstvenog rada i znanstvenika. Najpoznatiji je takav pokušaj stvaranje *Science Citation Indexa* (SCI), koji izdaje Institut informacijskih znanosti u Philadelphiji. Međutim, do sada nije pronađen niti jedan potpuno zadovoljavajući kriterij vrednovanja znanstvenog rada i znanstvenika, jer svaki ponuđeni kriterij trpi, manje ili više, od nedostataka.¹⁻⁸ Razlog je u tome što je vrlo teško kvantificirati intelektualni rad, za razliku od npr. športa gdje pobjede i porazi odmah određuju domet pojedinaca ili momčadi. Stoga valja odmah kazati da su scijentometrijski pokazatelji samo jedan od kriterija vrednovanja znanstvenika i njihova rada. Mi se zalažemo za hijerarhiju kriterija, koji započinju težinom problema, zatim brojem radova, faktorom utjecaja, a završavaju indeksom vrednovanja.⁹ O takvom pristupu vrednovanja znanstvenog rada raspravlja se diljem svijeta. Npr. poslijedoktorske stipendije u Švedskoj u području biomedicine dodjeljuju se na temelju bodovne liste u koju ulaze sljedeći podaci o kandidatu: broj radova, broj radova na kojima je kandidat prvi autor (to u nekim disciplinama ne znači mnogo, jer je npr. u Engleskoj u kemiji običaj da se autori navode po abecednom redu), zbroj faktora utjecaja časopisa u kojima je kandidat objavio radove, zbroj faktora utjecaja časopisa u kojima je kandidat objavio radove na kojima je prvi autor, zbroj citata za kandidatove radove i konačno zbroj citata za kandidatove radove na kojima je prvi autor.¹⁰

Možda je najjednostavniji pristup vrednovanju znanstvenog rada i znanstvenika pomoću brojčanog pokazatelja, indeksa vrednovanja (IV), koji se dobiva iz formula koje se temelje na objavljenim znanstvenim djelima i bazi podataka SCI. Budući da ta baza postoji i da je dostupna, zašto je ne bismo upotrijebili za izvođenje formula koje mogu poslužiti za kvantificiranje vrijednosti znanstvenog istraživanja i rangiranje znanstvenika?

Moguće je izvesti različite formule za izračunavanje indeksa vrednovanja za rangiranje znanstvenika. Ideja o numeričkom vrednovanju nije nova i rabi se u mnogim ljudskim djelatnostima, a naročito u športu (šah, tenis, nogomet itd.). Primjerice, povjesnik znanosti Volker Bialas upotrijebio ju je za vrednovanje znanstvenika u području geodezije.¹¹ U nas su prvi Silobrčić i Milković¹ predložili 1985. godine formulu za vrednovanje znanstvenika. Njihova formula uključuje faktor utjecaja (FU) časopisa, ali i ukupan broj citata i samocitata. Sabljčić i Trinajstić su kasnije predložili nešto jednostavniju formulu za računanje indeksa vrijednosti,^{12,13} koja se temelji na FU-u.

Ovdje predlažemo hijerarhiju formula za izračunavanje indeksa vrednovanja: (1) formulu temeljenu na broju objavljenih znanstvenih i stručnih djela, (2) formulu koja se temelji na citiranosti i (3) formulu koja uključuje prosječni broj citata.

Formula temeljena na broju objavljenih znanstvenih djela

Znanstveni djelatnici moraju objavljivati rezultate svoga rada. Jedino ih znanstvene publikacije kvalificiraju za častan naziv znanstvenika. Kako će i koliko pojedina znanstvenica ili znanstvenik objavljivati ovisi o njezinim ili njegovim intelektualnim sposobnostima i obrazovanju, okolnostima u kojima živi i radi i težini problema na kojem radi.¹⁴ U kemiji ima nekolicina znanstvenika (Derek Barton, Carl Djerassi, Tetsuji Kametani, Linus Pauling), koji su objavili više od tisuću radova, a na čelu im je Alan Katritzky (Department of Chemistry, University of Florida, Gainesville), koji je do sada objavio više od 1500 znanstvenih radova i još je aktivan. Na drugoj strani ljestvice je matematičar Kurt Gödel, koji je objavio svega pet znanstvenih radova, ali drugi njegov rad iz 1931. godine, o teoremima nepotpunosti, jedan je od najvažnijih intelektualnih dometa ljudskog roda uopće.¹⁵

Od hrvatskih znanstvenika velik su broj radova objavili naši slavni kemičari-nobelovci Leopold Ružička (582 rada) i Vladimir Prelog (više od 500 radova). Od aktivnih hrvatskih znanstvenika Nenad je Trinajstić do sada objavio 451 rad u svjetskim časopisima.

Formula koja se temelji na ukupnom broju znanstvenih djela mora uključivati znanstvene radove, monografije i stručne radove. Stoga predlažemo sljedeću jednostavnu formulu:

$$IV = BZR + BSR + BM \quad (1)$$

gdje su BZR=broj znanstvenih radova, BSR=broj stručnih radova i BM=broj monografija. Broj znanstvenih radova mora biti znatno veći od broja stručnih radova: $BZR \gg BSR$.

Monografije su uvedene zato jer su vrlo često važni izvori za razvoj pojedine znanstvene discipline. Stručni su radovi uvedeni zato jer – ako se oni ne uzmu u obzir – prijeti oduzimanje domaćih stručnih časopisa. U kemiji to se već osjetilo u časopisu *Kemija u industriji*, kojemu posljednjih godina pristiže vrlo mali broj stručnih članaka. Zato aktivnost koja potpomaže izlaženju domaćih stručnih časopisa treba biti poduprta, pa je to učinjeno s gornjom formulom, kao i s formulama koje slijede.

Formula (1) nije normirana s obzirom na broj koautora. To nije učinjeno stoga što je svako normiranje prema broju koautora arbitrarno. Npr. prošlogodišnja Nobelova nagrada za kemiju dodijeljena je trojici autora (Robertu Curlu, Siru Haroldu Krotou i Richardu Smalleyu) za rad koji ima pet autora.¹⁶ Znači da je Nobelov komitet za dodjelu nagrade za kemiju podijelio autore u dvije skupine: skupinu od tri seniora autora i skupinu od dva mlađa autora (J.R. Heath, S.C. O'Brien, koji su 1985. godine kada je rad izveden dovršavali doktorate na Sveučilištu Rice u Houstonu). Vjerojatno su sva petorica trebali podijeliti nagradu, ali ona do sada nije nikada dodijeljena petorici znanstvenika, pa se Nobelov komitet odlučio za trojicu istaknutijih imena premda je suradnja svih autora dovela do tog značajnog otkrića (otkrivena je treća alotropska modifikacija ugljika, a do sada su bile poznate samo dvije: grafit i dijamant).

Formula koja se temelji na citiranosti

Citiranost kao kriterij vrednovanja u novije se vrijeme najčešće rabi. Baza mu je već spomenuta publikacija *Science Citation Index*. Taj kriterij trpi od nekih slabosti, ali ga se može uzeti kao dobar indikator interesa za neki rad, no ne i kao ocjenu kvalitete neke publikacije. Naravno da u mnogim slučajevima citiranost i kvaliteta rada koreliraju. Npr. gore spomenuti rad na dvije strane u kojem je 1985. godine objavljeno otkriće buckminsterfullerena, nove alotropske modifikacije ugljika,¹⁶ citira se već više od 2000 puta, a njegovi glavni autori Robert Curl, Sir Harold Kroto i Richard Smalley prošle su godine (1996) dobili Nobelovu nagradu za kemiju.

Formula koja se temelji na citiranosti treba i dalje sadržavati dijelove koji se odnose na radove koji nisu obuhvaćeni bazom podataka SCI i monografije (koje također nisu obuhvaćene bazom SCI). U ovom slučaju predlažemo sljedeću formulu:

$$IV = BCZR + BCSR + BR + BM \quad (2)$$

gdje su BCZR i BCSR=broj citata (u koji nisu uključeni samocitati) znanstvenih i stručnih radova koji se nalaze u bazi SCI, BR=broj znanstvenih i stručnih radova u časopisima koji

nisu u bazi podataka *Science Citation Index* i BM=broj monografija. BR i BM kod mnogo citiranih znanstvenika predstavljaju neznatne korekcije indeksa vrednovanja. Npr. dobro citirani i produktivni znanstvenik može imati 2 500 citata radova (BCZR+BCSR), 100 znanstvenih i stručnih radova (BR) izvan baze SCI te 7 monografija (BM), što znači da doprinosi izvan baze SCI u ovom slučaju iznose svega 4%. Doprinosi djela izvan baze SCI ne bi smjeli prelaziti 25% ukupne vrijednosti indeksa vrednovanja računano prema formuli (2).

Formula koja uključuje prosječni broj citata

Prosječni broj citata po radu dobije se tako da se broj citata podijeli s brojem publikacija. Taj kriterij pokazuje da velik broj radova ne prati nužno i velik broj citata. To je nedavno bilo jasno ilustrirano u jednom članku objavljenom u časopisu *Nature*.¹⁷ U tom je članku autor (Christopher Anderson) naveo najproduktivnije znanstvenike svijeta u razdoblju od 1981. do 1990. godine. Na prvom se mjestu na toj listi od 20 znanstvenika našao (pokojni) ruski strukturni kemičar Jurij Stručkov s 948 znanstvenih radova (što znači da mu je svaka četiri dana tiskan po jedan rad), a zadnji su na listi japanski i engleski biokemičari Noboru Yanaihara i Timothy Peters s 322 rada (što znači da im je svakih 11 dana izašao iz tiska po jedan rad). Međutim, kada se uzme u obzir prosječni broj citata, tada se bitno mijenja redoslijed autora. Prvi je na takvoj listi virusolog Robert Gallo, glasovit po svojem istraživanju AIDS-a,¹⁸ s prosječnim brojem citata 86,0. Stručkov je osamnaesti s prosječnim brojem citata 3,0, Yanaihara je deseti s 14,0, a Peters četrnaesti s 9,5.

Formula koja uključuje prosječni broj citata predstavlja modifikaciju formule (2):

$$IV = BZR + PCZR + BSR + PCSR + 0,20 BR + 0,50 BM \quad (3)$$

gdje su BZR, BSR=broj znanstvenih i stručnih radova iz baze SCI, PCZR i PCSR=prosječna citiranost znanstvenih i stručnih radova koji se nalaze u bazi SCI, BR=broj znanstvenih i stručnih radova u časopisima koji nisu u bazi podataka *Science Citation Index* i BM=broj monografija. Broj znanstvenih i stručnih radova uključen je u formulu kao korekcija za slučajeve kada mali broj radova i velik broj radova imaju istu prosječnu citiranost. Npr. jedan znanstvenik može imati 7 znanstvenih radova s prosječnom citiranošću od 10,5 i nikakvih drugih publikacija, a drugi može imati istu prosječnu citiranost za 45 radova i nikakvu drugu aktivnost. U takvim slučajevima formula (3) daje prednost produktivnijem znanstveniku. Valja također uočiti da kod najviše citiranih znanstvenika PCZR može biti čak i veći od vrijednosti BZR. Kod

Galloa je npr. $PCZR=0.20$ BZR. Brojevi znanstvenih i stručnih radova i monografija ulaze u ovu formulu s navedenim koeficijentima zbog zahtjeva da znanstvena produkcija koja ostaje izvan baze SCI mora imati mnogo manji utjecaj na indeks vrednovanja nego ona koja je uključena u *Science Citation Index*, tj. $BZR+PCZR+BSR+PCSR \gg BR+BM$. Npr neki autor može imati $BZR=75$, $PCZR=14$, $BSR=20$, $PCSR=7$, $BR=25$, a $BM=5$. Tada $BR+BM$ predstavljaju 6%-tni doprinos vrijednosti indeksa vrednovanja za ovaj slučaj. Ako ne bismo umanjili vrijednost koeficijenata, tada bi se moglo dogoditi da je u mnogim slučajevima prevaga na produkciji, koja nije uključena u *Science Citation Index* i koja je tako manje dostupna provjeri međunarodne znanstvene javnosti. Drugim riječima, znanstvenik mora nastojati objavljivati svoje radove u najboljim časopisima (časopisima s visokim faktorom utjecaja), jer samo tako osigurava širokom krugu čitatelja pristup svojim rezultatima, a time i visoku citiranost. Zato odgovor na pitanje »Sciјentometrija – da ili ne?« glasi da, ali *cum grano salis*.

Zahvaljuјem se dr. Mladenu Andreisu, dr. Mariji Herceg i dr. Sonji Nikolić na komentarima prvih verzija ovog članka. Također se zahvaljuјem dr. Darku Polšek u na korisnim primjedbama.

ZAHVALA

LITERATURA

1. V. Silobrić, S. Milković, Znanstvene publikacije kao izvor podataka za vrednovanje znanstvenoistraživačkog rada, *Period. Biol.* 87 (1985) 71-73.
2. Z. Stevčić, Bodovanje rezultata znanstvenog rada za kratkoročna razdoblja, *Period. Biol.* 90 (1988) 391-395.
3. N. Zovko, Prilog raspravi o vrednovanju znanstvenog rada, *Encyclopaedia moderna* 14 (1993) 173-175.
4. M. Kunz, About Metrics in Bibliometrics, *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* 33 (1993) 193-196.
5. B. Klaić, Pokušaj vrednovanja u znanosti kod nas, *Rugjer* 1 (5) (1996) 3-11.
6. M. Andreis, O vrednovanju znanosti. 1. Metodološki problemi u scientometrijskoј analizi, *Rugjer* 2 (7) (1997) 3-8.
7. M. Andreis, O vrednovanju znanosti. 2. Scientometrijska analiza Instituta »Rugjer Bošković« (1975-1995), *Rugjer* 2 (8) (1997) 17-26.
8. Z. Stevčić, Znanstvene »babe i žabe«, *Rugjer* 2 (8) (1997) 27-30.
9. N. Trinajstić, On the Evaluation of the Quality of Scientific Research, *Encyclopaedia moderna* 14 (1993) 2589-261.
10. C. Wengers and A. Wold, Nepotism and Sexism in peer-review, *Nature* 387 (1997) 341-343.
11. V. Bialas, Erdgestalt, *Kosmologie und Weltanschauung – Die Geschichte der Geodäsie als Teil der Kulturgeschichte der Menschheit*, Wittwer, Stuttgart, 1982.

12. A. Sabljic, N. Trinajstić, A Formula for Rating Scientists, *Period. Biol.* 90 (1988) 397-399.
13. N. Trinajstić, neobjavljeni rezultat, vidi takoder ref. 9.
14. N. Trinajstić, Experimental and Theoretical Research in the Natural Sciences, *Encyclopaedia moderna* 14 (1993) 359-360.
15. Z. Šikić, *Filozofija matematike*, Školska knjiga, Zagreb, 1995.
16. H.W. Kroto, J. R. Heath, S. C. O'Brien, R. F. Curl, R. E. Smalley, C60: Buckminsterfullene, *Nature* 318 (1985) 162-163.
17. C. Anderson, Witer's Crump, *Nature* 355 (1992) 101.
18. R. Gallo, *Virus Hunting*, Basis Books, New York, 1991.