

Hamingove heuristike za postizanje velikih rezultata u istraživanju

Seminarski rad u okviru kursa
Metodologija stručnog i naučnog rada
Matematički fakultet

Petar Jovanović, Meryem Belcaida
petarj@ipb.ac.rs, meryem.belcaida@gmail.com

13. april 2015.

Sažetak

Ovaj rad daje pregled ideja i stavova izdvojenih iz zapažanja Ričarda Haminga o razlikama između istraživača koji ostvaruju revolucionarne doprinose u svojim oblastima i onih čiji su doprinosi u najboljem slučaju samo evolucionarni. Takođe je dublje istražen efekat koji starost istraživača i dobijanje prestižnih priznanja mogu da imaju na smanjenje kvaliteta radova kojima se kasnije bave. Rezultati izračunati nad prikupljenim podacima potvrđuju takav efekat ali uz napomenu na mogući uticaj šuma u podacima kao i jednostavnosti upotrebljenih modela.

Sadržaj

1	Uvod	2
2	Hamingovi stavovi	2
2.1	Važni problemi	2
2.2	Udeo sreće u važnim otkrićima	3
2.3	Emotivna posvećenost i kreativnost	3
2.4	Hrabrost	4
2.5	Tolerancija neodređenosti	4
2.6	Energičnost i ciljevi	5
2.7	Uslovi za rad	5
2.8	Efekat starosti istraživača i dobijanja prestižnog priznanja	5
3	Provera efekta Nobelove i Tjuringove nagrade na dalji rad laureata	6
4	Zaključak	8
	Literatura	9

1 Uvod

Ričard Haming, američki matematičar poznat po velikim doprinosima u kodiranju i teoriji informacija, telekomunikacijama, informatici, dobitnik Tjuringove nagrade (1968), tokom svoje karijere imao je priliku da upozna mnoge istaknute naučnike u poljima fizike, hemije, matematike i računarskih nauka. Tokom rada u Los Alamosu i Bel Laboratorijama, primetio je mnoge interesantne osobine, radne navike, stavove i filozofije koje su bile karakteristične za ljude koji su u svojim oblastima postigli značajne rezultate. Obratio je posebnu pažnju na faktore koji razdvajaju takve istraživače od ostalih dobrih, ali ne izuzetnih. Svoja zapažanja predstavio je u knjizi "Umetnost bavljenja naukom i inženjerstvom" (eng. *The Art of Doing Science and Engineering*) [9] i predavanju koje je održao pod nazivom "Vi i vaše istraživanje" (eng. *You and Your Research*) [8]. Ovaj tekst sadrži odabrane ideje koje je Haming u pomenutom predavanju opisao.

Značaj ove teme jeste u skretanju pažnje na faktore koji doprinose značaju nečijeg istraživanja. Kako Haming ističe, mnogi vrlo sposobni naučnici troše većinu svog ograničenog vremena na probleme koji nemaju primetne posledice ili imaju vrlo mali uticaj na polja kojima se ti naučnici bave. To dovodi u pitanje njihovu mogućnost da u svojoj oblasti naprave neki značajan doprinos. Ovde se pod značajnim doprinosom smatra nešto što bi bilo u rangu radova koji osvajaju Nobelovu nagradu.

Pored Haminga, tekstove o sličnim aspektima bavljenja istraživanjem pisali su i drugi autori iz akademske [13, 12] i profesionalne zajednice [6]. Međutim, relativno malo naučnih tekstova je posvećeno temi organizovanja sopstvenog istraživanja [7], te se može primetiti da u literaturi citiranoj u ovom radu nema puno naučnih publikacija.

U odeljcima 2.1 – 2.8, opisane su Hamingovi stavovi, uz poređenje sa sličnim idejama iz drugih izvora. Odeljak 3 opisuje eksperiment koji je izvršen radi provere efekta koji dobijanje priznanja kao što su Nobelova ili Tjuringova nagrada, imaju na laureate, koji se ogleda u tome da rezultati njihovih kasnijih istraživanja ređe dostižu nivo koji su postizali pre dobijanja nagrade. Rezultati prikazani u tom odeljku sugerišu po-
tvrdnu postojanja takvog efekta, ali navedeni su i razlozi zbog kojih je ta potvrda vrlo slaba. Zatim su u zaključku 4 dati kratki pregled osnovnih teza razmatranih u radu, kao i ideje za poboljšanje eksperimenta iz odeljka 3.

2 Hamingovi stavovi

U ovom odeljku su predstavljene neke od ideja o organizovanju sopstvenog naučnog rada, koje je Haming izneo u svom predavanju. Zbog obima rada, nismo obradili sve o čemu je Haming diskutovao, ali mislimo da izbor koji je napravljen obuvata najupečatljivije poruke na koje bi trebalo obratiti pažnju.

2.1 Važni problemi

Jedna od glavnih prepreka revolucionarnim istraživanjima, koje Haming navodi u svom predavanju [8], je da mnogi naučnici provode većinu svog vremena baveći se problemima za koje i sami priznaju da nisu bitni niti da mogu da dovedu do nekih velikih otkrića. Centralna ideja jeste da

nebavljenje važnim problemima smanjuje verovatnoću da će nešto važno biti postignuto.

S time u vezi, Haming je u interakciji sa naučnicima u Belovim laboratorijama, postavljao sledeća tri pitanja:

- Koji su važni problemi u vašoj oblasti?
- Na kojim važnim problemima trenutno radite?
- Ako ne mislite da to na čemu radite jeste važno ili da će dovesti do nečeg važnog, zašto radite na tome?

Ta pitanja su neke od njegovih sagovornika naljutila, ali neki su bili inspirisani da posvete vreme razmišljanju o važnim problemima i pitanjima u njihovim oblastima, što je imalo pozitivne efekte u njihovoj karijeri.

Postavlja se i pitanje definicije važnih problema. Postoje veliki problemi čije rešavanje bi dovelo do mnogih prestižnih priznanja i neograničenih fondova za istraživanje, ali koji nisu važni jer ne postoji razuman pristup da se počne rad na njihovom rešavanju, te nema smisla trošiti mnogo vremena na njih. Haming kao primer toga navodi putovanje kroz vreme, antigravitaciju i teleportaciju (ne kvantnu). Važni problemi nisu važni samo zbog njihovih posledica, već i zbog postojanja mogućeg pristupa za rešavanje. Sugestija koju Haming daje jeste da se dobro razmisli o takvim problemima u datoj oblasti u kojoj je istraživač aktivan, i da se održava lista 10 do 20 njih kako bi se prepoznala prilika za ostvarivanje napretka kada se nešto novo sazna što bi pomoglo u rešavanju istih.

2.2 Udeo sreće u važnim otkrićima

Haming primećuje da mnogi naučnici, pored toga što ne rade na važnim problemima, često imaju strah od svesnog počinjanja bavljenjem takvim problemima. Kao jedan od glavnih razloga on prepoznaje popularan stav o tome da su velika otkrića pretežno stvar slučajnosti i sreće (u verovatnosnom smislu). Problem sa takvim stavom jeste u tome da nas oslobađa odgovornosti i opravdava manje ulaganje truda u razmišljanje o važnim problemima, jer je i onako izvan našeg uticaja i svodi se na sreću.

Suština Hamingove teze o sreći sumirana je u citatu Luja Pastera: *"sreća preferira pripremljen um"*. Postoji i sličan citat od Seneke: *"sreća je ono što se događa kada priprema susretne priliku"*. To znači da uticaj slučajnosti nije nepostojeći, ali nije ni ključan kao posvećen rad. Posvećen i predan rad je glavni faktor u otkrićima a uticaj sreće je samo u tome šta će u konkretnom slučaju biti otkriveno, a ne da li će otkrića uopšte biti.

Kao primer kojim se potkrepljuju tvrdnje o sreći navodi se da naučnici koji naprave jedan bitan rezultat, često naprave još puno njih, kao što je slučaj sa Albertom Ajnštajnom, Njutnom, Klodom Šenonom, Ričardom Fejmanom i drugima. Naravno, postoje i naučnici koji ostvare samo jedno bitno otkriće, ali o okolnostima koje na to utiču će biti više rečeno u odeljcima [2.7](#) i [2.8](#).

2.3 Emotivna posvećenost i kreativnost

Mnogi autori [[13](#), [4](#), [8](#)], koji su se bavili kreativnošću, slažu se da je kreativnost povezana sa podsvesnim. Pod time se podrazumeva onaj deo uma na koji nemamo svestan uticaj i koji može da razmišlja o nečemu bez naše svesne kontrole, kao na primer kada spavamo. Haming primećuje kako su snovi u velikoj meri ponovni prolazak kroz najupečatljivije događaje prethodnog dana, iz čega se kao recept za kreativnost može izvesti da svoju

svesnu pažnju posvetimo, po mogućnosti isključivo, problemu kojim se bavimo i postanemo emotivno uvijeni u dati problem. Time se podsvesti ostavlja malo drugih tema za razmišljanje i tada ona nema izbora nego da nastavi da razmišlja o tom problemu.

Sličan pristup se predlaže i u knjizi Barbare Oukli [13], gde je umna aktivnost podeljena na dva moda – fokusiarni i difuzni. U fokusiranom modu možemo svesno, intenzivno i analitički da razmišljamo o datom problemu, dok je u difuznom modu razmišljanje slobodnije, manje strukturirano, uglavnom podsvesno. Kao procedura za rešavanje teških problema navodi se da je potrebno prvo provesti značajno vreme u fokusiranom modu, radeći na problemu, a onda preći u difuzni mod. Posle nekoliko takvih iteracija, u difuznom modu počinju da se javljaju korisne ideje i moguće je ostvariti značajne napretke.

U vezi sa održavanjem kreativnosti uz posvećivanje problemu, zanimljiv je i esej Paula Grahama [6] o korisnim vidovima prokrastinacije, tj. o izbegavanju rada na kratkim, dnevnim problemima koji odvlače pažnju i vreme za fokusiranje na bitnim problemima. U istom maniru, Stiv Džobs [10] je o fokusiranju rekao da je fokusiranje reći "ne" stvarima koje nisu bitne za dugoročne ciljeve. Takođe u predavanju Džona Klisa [4] o kreativnosti, istaknut je poguban efekat koji učestali prekidi mogu imati na kreativnost. Zbog toga je bitno odvojiti prostor i vreme u kojem će podsvest moći kroz fokusirani rad da upije dovoljno ideja kojima se bavimo da bi posle mogla da pomogne u njihovom razvoju.

2.4 Hrabrost

U odeljcima 2.1 i 2.2 pomenuti su i definisani važni problemi i jedan od razloga zašto ih naučnici izbegavaju. Za bavljenje velikim problemima potrebna je određena doza hrabrosti. Graham [6] rad na velikim problemima poredi sa jakim usisivačem koji usisa sve kapacitete mašte i nastavi dalje da usisava. Prvi aspekt potrebne hrabrosti jeste smelost da se pokuša uhvatiti u koštac sa takvim problemom. Drugi aspekt, kako Haming primećuje, je u postavljanju hipoteza za koje treba puno samopouzdanja da bi se uopšte zamislile. Kao primer za to, opet je naveden Klod Šenon, koji je, suočen sa problemom kreiranja metoda kodiranja, počeo od slučajnog kodiranja. Kada je uzeo prosek svih slučajnih kodova dokazao je da se može postići proizvoljan kvalitet kodiranja i da zbog toga mora da postoji bar jedan dobar kod [8, 15].

2.5 Tolerancija neodređenosti

Još jedna pozitivna osobina koju je Haming naveo, jeste sposobnost da se toleriše neodređenost. Neodređenost na koju se misli se odnosi na stepen verovanja u stvari o kojima se uči. Većina ljudi ih prihvata kao istinu, dok su neki drugi skloni sumnji u sve. Ako postoji previše poverenja u naučeno, mnoge prilike za nova otkrića ili opovrgavanja starih mogu biti propuštene. S duge strane ako se previše sumnja, neće se daleko otići u datoj oblasti. Potrebno je pogoditi ravnotežu između verovanja i sumnje da bi se uz učenje mogle primetiti i drugačije tačke gledišta i nedostaci u postojećim teorijama.

2.6 Energičnost i ciljevi

Jedna od osobina koje je Haming izdvojio među naučnicima koji su ostvarili bitne rezultate u svojim naukama, jeste da imaju više energije, aktivniji su, predanije rade i duže razmišljaju od manje uspešnih. Ova osobina je povezana sa emotivnom angažovanošću koja je diskutovana u odeljku 2.3. Navodi se da između znanja i sposobnosti postoji pozitivna povratna sprega – što više radite na njima, više možete da uradite, iskoristite više novih prilika za napredovanje.

Teri Pračēt je u jednom od svojih dela [14], pomenuo sledeće: "Ako ste sigurni u sebe... I verujete u svoje snove... I sledite svoju zvezdu... Ipak će vas pobediti oni koji vredno rade, uče i nisu tako lenji." Takav stav deli i Haming uz osvrt na važnost ciljeva toga što vredno radimo, tj. da je potrebno imati jasnu ideju o problemima kojima se bavimo, kao što je pomenuto u odeljku 2.3. Potrebno je prepoznati pravi problem u pravo vreme i na njemu vredno raditi, jer ništa manje od toga ne dovodi do velikih rezultata, kako sugeriše Haming [7].

U vezi sa energičnošću, istraživači koji bi da postignu značajne rezultate, kada primete neki novi pristup problemu sa njihove liste bitnih problema (pomenute u odeljku 2.1), treba odmah da posvete pažnju tom problemu i odlože sve ostalo. U nauci se obično pamte i priznaju rezultati samo onih koji prvi do njih dođu. Haming je dao primer propuštanja otkrića nuklearne fisije koje se desilo naučnicima na Berkli Univerzitetu (eng. *University of California Berkeley*) koji su propustili da obrade podatke koje su prikupili i u kojima se fisija mogla otkriti.

2.7 Uslovi za rad

Svako može vrlo lako da smisli idealne uslove za rad koji mu nedostaju da bi radio velike stvari. Međutim, Haming upozorava da stvarni idealni uslovi za rad često nisu oni koje zamišljamo – mnoge nove ideje mogu proisteći iz problema s kojima se suočavamo u uslovima koje imamo. Na sopstvenom primeru Haming opisuje kako je promena načina razmišljanja o problemu njega dovela do velike nove ideje. U njegovom slučaju, dok je radio u Bel Laboratoriji, nije imao dovoljno programera da pišu njegove programe u binarnom mašinskom kodu i nije bilo izgleda da će ih dobiti. Zbog njegovog stava da mašine mogu da urade bilo šta, došao je na ideju da bi mogao da zameni programere automatskim prevodjenjem koda i da tako drastično poveća domete svog programiranja. Da nije imao takav stav i da se prepustio konstataciji da nikad neće moći ozbiljno da programira bez armije programera, takva ideja mu ne bi pala na pamet. Zbog toga Haming navodi da suviše dobri uslovi rada mogu da sterilisu maštu istraživača, o čemu delimično govori i odeljak 2.8.

2.8 Efekat starosti istraživača i dobijanja prestižnog priznanja

Sledeći stav koji Haming iznosi je o uticaju godina starosti istraživača u različitim oblastima na kvalitet njihovog rada. Primećeno je da u prirodnim naukama, istraživači obično svoja najveća dostignuća postižu u mlađim godinama, bliže početku karijere, dok u nekim drugim, kao što je književnost, najbolji rezultati se ostvaruju kasnije.

Međutim, ovaj efekat Haming ne pripisuje isključivo starosti istraživača nego sporednim efektima velikih dostignuća. Naime, kada neki rad dobije

prestižno priznanje, istraživač koji ga je napravio se često nađe u administrativnim, komitetskim poslovima koji ga odvlače od kreativnog rada, ili potpuno prestaje da se bavi manjim problemima, iz kojih bi mogla da pođe inspiracija za nešto veće. Umesto toga, oni bivaju postavljeni da rade samo na velikim bitnim problemima, kod kojih postoji velika verovatnoća da neće tako direktno uvideti odgovarajući pristup i da će ostati zaglavljani na njima. Deo objašnjenja ovog efekta jeste u vezi sa Hamingovim stavovima o idealnim uslovima za rad iz odeljka 2.7.

3 Provera efekta Nobelove i Tjuringove nagrade na dalji rad laureata

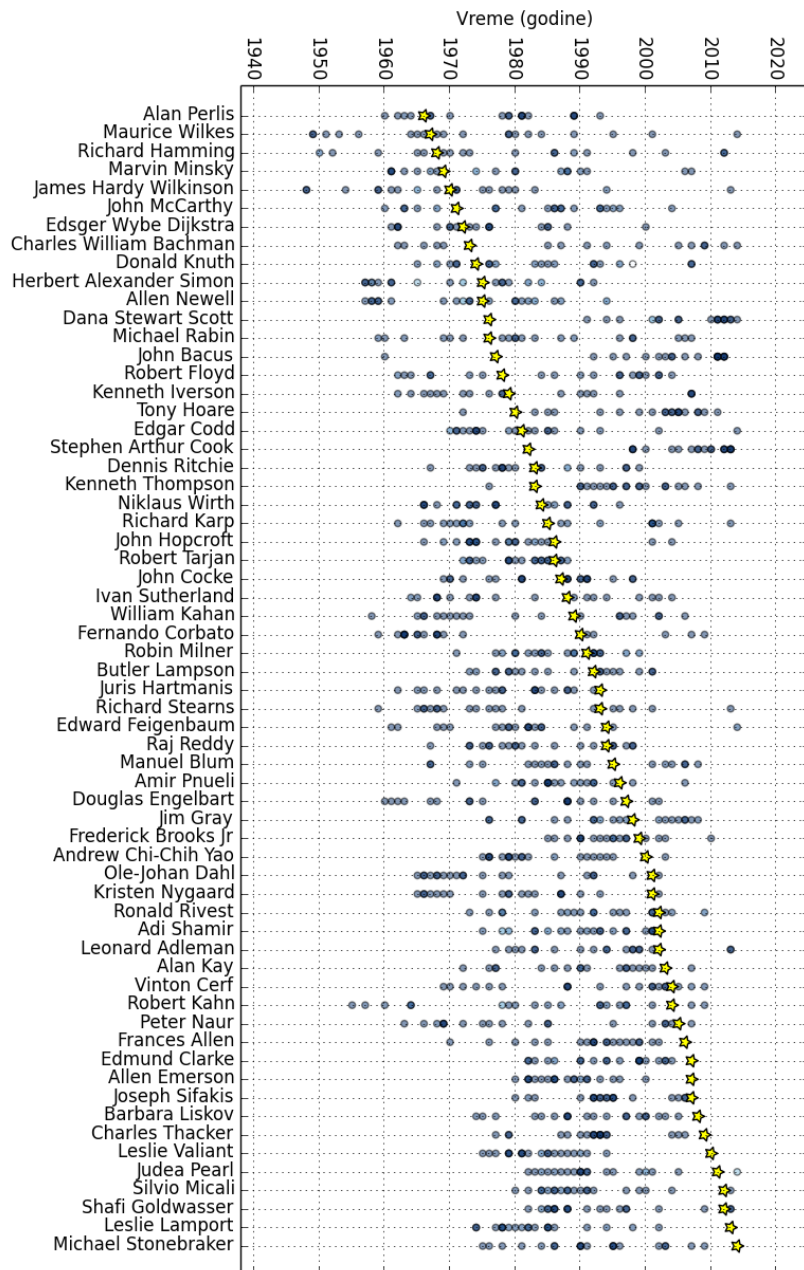
Ideja izneta u odeljku (2.8) nam se učinila interesantnom za proveru pomoću podataka o citiranosti radova, dostupnih na internetu. Gruba pretpostavka koju smo napravili u postavljanju ovog eksperimenta jeste da je citiranost objektivna mera važnosti određenog rada. Koristeći Google Scholar [1] pretraživač baza citiranosti i skriptu [11] za izdvajanje rezultata pretrage, automatski smo izvukli podatke o citiranosti radova, sa godinama izdanja, za naučnike koji su dobili prestižna priznanja.

Podaci su skupljeni samo za oko 20 najcitiranijih radova po istraživaču, koje je pretraživač vraćao na prvoj strani rezultata. To ograničenje je postojalo zbog toga što Google ne daje zvaničan aplikacioni interfejs za pristup tim podacima, i ima zaštitne mehanizme od automatskog kupljenja tih podataka sa web-a. Zbog toga smo fokusirali se samo na dobitnike Tjuringove i Nobelove nagrade (za fiziku).

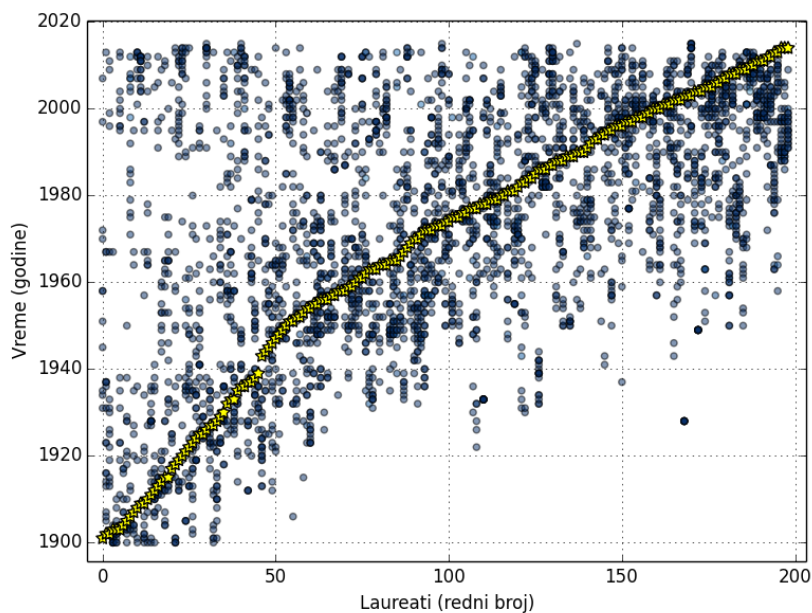
Grafički prikazi podataka za dobitnike Tjuringove nagrade su dati na slici 1, a za dobitnike Nobelove nagrade na slici 2. Primetno je da postoji šum u podacima jer nismo uzimali u obzir da li su citirani radovi nova izdanja ranijih radova, pa u nekim slučajevima postoje radovi sa velikim brojem citata koji su izašli i posle smrti istraživača. Takođe sama pretraga ne garantuje savršeno čiste rezultate, pa su postojale tačke izvan razumnih opsega (eng. *outliers*), npr. u budućnosti.

Uprkos tome, na slikama se nazire blagi trend da se masa najcitiranijih radova nalazi vremenski pre dobijanja nagrade. U prilog ovom efektu, bar kad je Nobelova nagrada za fiziku u pitanju, ide i sve veća vremenska udaljenost između objavljivanja rada koji će biti nagrađen i momenta kada zapravo dobije Nobelovu nagradu [5, 3], što istraživačima ostavlja malo vremena za ostvarivanje velikih rezultata posle nagrade.

U tabeli 1 prikazana je statistika za procenite ukupnog broja citata značajnih radova koje nagrađivani istraživači objave pre nagrade. Dati su prosek za sve laureate po datoj nagradi i standardna devijacija (koja govori koliko je raspodela procenata za pojedinačne laureate široka oko proseka). Takođe smo uključili i medijanu (vrednost od koje je tačno pola tačaka manje a pola veće) zbog otpornosti na vrednosti van razumnih opsega (eng. *outliers*), koje mogu da utiču na prosek ako ih ima dovoljno. U tabeli se može videti da iako prosek i medijana blago potvrđuju pomenuti trend, postoji značajna standardna devijacija. Taj uticaj priznanja bi se mogao preciznije istražiti postavljanjem bolje metrike za kvalitet radova, kao i boljim filtriranjem podataka dobijenih pretragom [1].



Slika 1: Citiranost radova dobitnika Tjuringove nagrade. Žute zvezdice na grafiku označavaju godinu dobijanja nagrade, a plave tačke po vertikali radove svakog laureata. Tamnije plava boja označava veću citiranost rada.



Slika 2: Citiranost radova dobitnika Nobelove nagrade za fiziku. Žute zvezdice na grafiku označavaju godinu dobijanja nagrade, a plave tačke po vertikali radove svakog laureata. Tamnije plava boja označava veću citiranost rada.

Tabela 1: Statistički podaci o procentu ukupnog broja citata radova pre dobijanja nagrade.

nagrada	prosek (%)	standardna devijacija (%)	medijana (%)
Nobel (fizika)	58.77	33.96	63.51
Tjuring	71.02	30.40	77.94

4 Zaključak

Predstavili smo nekoliko ideja istaknutih u predavanju Ričarda Hamminga o organizovanju sopstvenog istraživanja, u cilju postizanja vrhunskih rezultata. U kratkim crtama:

- potrebno je raditi na važnim problemima da bi se ostvarili važni rezultati,
- sreća i slučajnost imaju mnogo manji udeo u uspehu nego što se popularno misli,
- trebalo bi se duboko posvetiti problemu kako bi se podsvest podstakla da proizvede kreativne ideje,
- treba imati hrabrosti i samopoverenja da se odvaži u rešavanje važnih problema,
- treba pogoditi ravnotežu između verovanja i sumnje u dosadašnje rezultate i prihvaćena znanja,
- treba energično pristupiti radu imati jasne ciljeve tog rada,

- idealni uslovi za rad nisu idealni,
- prestižna priznanja mogu imati vidljive negativne efekte na kasniji kvalitet rada istraživača koji ih dobiju.

Data je detaljnija analiza pretpostavljenog uticaja prestižnih nagrada na smanjenje kvaliteta daljeg rada naučnika koji ih prime. Rezultati obrade podataka, predloženi u odeljku 3, potvrđuju postojanje takvog efekta ali ih treba uzeti sa rezervom zbog relativno velike količine šuma u podacima. Kao pravac daljeg istraživanja, bilo bi zanimljivo definisati bolju metriku kvaliteta radova od same citiranosti i bolje filtriranje grešaka u rezultatima pretrage citata, i videti kako se to odražava na primećene trendove.

Među poboljšanjima metrike, mislimo da bi vredelo uključiti više parametara (sa određenim koeficijentima), kao npr. impakt faktore publikacija u kojima su radovi objavljeni, i ostale nagrade koje su možda autori dobili. Takođe, postoje bolje baze citiranosti radova, kao što je Web of Science [2], ali one često nisu besplatne.

Literatura

- [1] Google Scholar. on-line at: <https://scholar.google.com>.
- [2] Web of Science. on-line at: <http://www.webofknowledge.com>.
- [3] Francesco Becattini, Arnab Chatterjee, Santo Fortunato, Marija Mitrović, Raj Kumar Pan, and Pietro Della Briotta Parolo. The nobel prize delay. *arXiv preprint arXiv:1405.7136*, 2014.
- [4] John Cleese. Lecture on Creativity. on-line at: <https://www.youtube.com/watch?v=DMpdPrm6U14>.
- [5] Santo Fortunato. Prizes: Growing time lag threatens Nobels. *Nature*, 508(7495):186–186, 04 2014.
- [6] Paul Graham. Good and Bad Procrastination, 2005. on-line at: <http://www.paulgraham.com/procrastination.html>.
- [7] Richard W. Hamming. You and your research. on-line at: <http://www.cs.utexas.edu/users/dahlin/bookshelf/hamming.html>.
- [8] Richard W. Hamming. You and your research, 1986. on-line at: <http://www.cs.virginia.edu/~robins/YouAndYourResearch.html>.
- [9] Richard W. Hamming. *The Art of Doing Science and Engineering*. 2007.
- [10] Steve Jobs. WWDC'97, 1997. on-line at: <https://www.youtube.com/watch?v=H8eP99ne0Vs>.
- [11] Christian Kreibich. scholar.py, 2015. on-line at: <https://github.com/ckreibich/scholar.py>.
- [12] Ralph Leighton and Richard P. Feynman. *Surely You're Joking, Mr. Feynman!* W. W. Norton and Company, 1997.
- [13] Barbara Oakley. *A Mind For Numbers*. Tarcher, Los Angeles, CA, 2014.
- [14] Terry Pratchett. *The Wee Free Men*. HarperCollins, 2006.
- [15] Claude Elwood Shannon. A mathematical theory of communication. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, 5(1):3–55, 2001.