

---

GERD GIGERENZER I HENRY BRIGHTON

# HOMO HEURISTICUS

Gigerenzer, G. & Brighton, H. (2014). In D. Polsek & K. K. Bovan(Eds.),  
*Uvod u bihevioralnu ekonomiju* (pp. 373-390). Zagreb: Institut Društenih Znanosti Ivo Pilar.

## Uvod

Koliko znamo, životinje, kao i ljudi, koriste heuristike pri rješavanju problema. Mrav ne koristi štap kako bi izmjerio pukotinu u stijeni ili šupljinu za nov mravinjak. Koristi provizorno pravilo – kreći se nepravilnim smjerom u određenom vremenskom roku i pritom ostavi feromonski trag, a nakon toga kreni od početka u drugačijem nepravilnom smjeru. Procijeni veličinu šupljine na temelju frekvencije susreta s prvotnim feromonskim tragom. Ta je heuristika iznenađujuće točna: za mravinjake koji su upola manji učestalost susreta s feromonskim tragom je 1,96 puta veća (Mugford, Mallon i Franks, 2001). Mnogo je provizornih pravila koja su nevjerovatno jednostavna i efikasna (za pregled vidi Hutchinson i Gigerenzer, 2005).

Prema Starom zavjetu, Bog je stvorio čovjeka na svoju sliku i dao mu prevlast nad životinjama, od kojih se on potpuno razlikuje (Knjiga Postanka 1,26). Nije slučajnost da su modele ljudske kognicije kognitivni znanstvenici temeljili na nekom od oblika sveznanja (npr. znanje svih relevantnih vjerojatnosti i vrijednosti) i svemoći (sposobnost rješavanja kompleksnih problema u djeliću sekunde). Međutim, ljudi i životinje imaju zajedničke pretke, srodne osjetilne i motoričke procese, čak dijele zajedničke kognitivne heuristike. Uzmimo za primjer način na koji vanjski igrač u bejzbolu hvata lopticu. S pozicije sveznanja i svemoći pretpostavit ćemo kako složene probleme rješavamo složenim mentalnim algoritmima: „ponaša se kao da je riješio niz diferencijalnih jednadžbi i tako predvidio putanju loptice... Na nesvjesnoj razini zbiva se nešto funkcionalno ekvivalentno matematičkim izračunima“ (Dawkins, 1989., str. 96). Dawkins pažljivo koristi sintagmu „kao da“ kako bi istaknuo da ne može sa sigurnošću tvrditi da mozak obavlja te izračune.

I zaista, ne postoje dokazi da mozak to čini. Naprotiv, u eksperimentima je pokazano kako se igrači oslanjaju na nekoliko heuristika. Najjednostavnija je heuristika pogleda i korisna je kada je loptica visoko u zraku: usmjeri pogled na lopticu, počni trčati i prilagođavaj brzinu tako da kut pogleda ostaje jednak (vidi Gigerenzer, 2007). Igrač koji koristi tu heuristiku može zanemariti sve uzročne varijable nužne za izračun putanje lopte – početnu udaljenost, brzinu, kut, otpor zraka, brzinu i smjer vjetra, rotaciju itd. Igrač može koristiti samo jednu varijablu i dotrčat će do mjesta pada loptice bez dodatnih proračuna. Tu heuristiku koriste životinjske vrste kako bi uhvatile plijen ili potencijalnog partnera. Dok traže partnera ili love plijen, šišmiši, ptice i vretenci zadržavaju stalan kut gledanja između sebe i cilja. Na isti način psi love frizbi (Shaffer, Krauchunas, Eddy i McBeath, 2004).

Herbert Simon je 50-ih godina prošlog stoljeća (npr. 1955., 1991.) pretpostavio da ljudi ne maksimiraju svoj učinak nego da „zadovoljavaju“ [*satisfice*, od *satisfy*, zadovoljiti]. Maksimiramo putem procesa optimizacije, odnosno traženja najboljeg rješenja za problem, a „zadovoljavamo“ tako da nađemo dovoljno dobro rješenje. Prema Simonu, ne oslanjamo se na heuristike samo zato što nemamo do-

voljno kognitivnog kapaciteta za to da optimiramo nego to činimo zbog konteksta (okoline) zadatka. Primjerice, iako u šahu postoji optimalno rješenje, ni čovjek ni kompjutor (makar to bili Kasparov ili Deep Blue) ne mogu doći do tog rješenja jer je optimalan niz poteza neizračunljiv. Tijekom 1970-ih termin heuristika stekao je drugačiju konotaciju, prvenstveno jer su heuristike prestale biti metoda zbog koje su računala pametna i postale su razlog zašto ljudi nisu pametni.

Daniel Kahneman, Amos Tversky i njihovi suradnici objavili su rezultate niza istraživanja koji su interpretirani kao pogreške u ljudskom rezoniranju. „Heuristike i pristranosti“ su sada činile jednu sintagmu. Redovito se naglašavalo da su heuristike nekad dobre a nekad loše, iako su gotovo svi eksperimenti imali postupak kojih je cilj bio pokazati da ljudi čine logičke pogreške, griješe pri procjeni vjerojatnosti ili, općenito, krše jedan od standarda racionalnosti. Do kraja 20. stoljeća koncept heuristike postao je sinonim za loš mentalni softver što je dovelo do tri vrlo raširena, ali ujedno pogrešna, uvjerenja:

1. Heuristike nikada nisu najbolja opcija.
2. Heuristike koristimo samo zbog kognitivnih ograničenja.
3. Ako bismo koristili više vremena, informacija ili obrade podataka uvijek bismo došli do boljeg ishoda.

Ta se tri uvjerenja temelje na *odnosu točnosti i truda* – ako uložimo manje truda, manja će biti točnost ishoda. Taj se odnos smatra općenitim zakonom kognicije. Trud se odnosi na traženje dodatnih informacija, dodatnu obradu podataka ili ulaganje više vremena; što općenito ide zajedno. S druge strane, s obzirom na to da heuristike dovode do jednostavnih i brzih odluka, smatra se da su samo aproksimacija kompleksne, optimalne obrade podataka. S pomoću heuristika ulažemo manje resursa, ali nauštrb točnosti. Međutim, suprotno ideji povezanosti točnosti i truda, manje informacija i obrade podataka može dovesti do veće točnosti – odnosno, dolazi do efekta *manje je više*. Upravo to otkriće, da jednostavne heuristike mogu biti točnije od kompleksnih procedura, smatra se jednim od većih nalaza posljednjih desetljeća (Gigerenzer, 2008). Heuristike se koriste evoluiranim mentalnim sposobnostima i strukturama u okolini te tako dobivaju na točnosti. Nakon početnih nalaza razvio se sistematiziran pristup ispitivanju heuristika.

### Otkriće efekta *manje-je-više*

Mnoge teorije kognicije – od modela egzemplara, teorije prospekcije do bayesovskih modela kognicije – temelje se na pretpostavci da bi sve dostupne informacije trebale biti ukomponirane u finalnu procjenu. Klasičan prigovor tim modelima jest da potraga za informacijama u svakodnevici košta vremena ili novca i upravo zbog toga postoji trenutak u kojem cijena nastavka potrage nije opravdana. Ovo opažanje dovelo je do razvoja teorija optimizacije-uz-ograničenja prema kojima se potraga za informacijama u svijetu (npr. Stigler, 1961) ili u pamćenju (npr. Anderson, 1991.) prekida kada su očekivani troškovi veći od dobiti. Valja istaknuti kako se u toj „racionalnoj analizi kognicija“ i dalje smatra kako je bolje koristiti više informacija, izuzevši povećanje troškova. Slično, analiza adaptivnog odlu-

čitelja (Payne, Bettman i Johnson, 1993) temelji se na pretpostavci da heuristike čine „kompromis“ između točnosti i truda, a trud je funkcija količine informacija i odrađenih komputacija:

*Odnos točnosti-i-truda:* Informacije i komputacije uzimaju vremena ili truda; stoga, um koristi jednostavne heuristike koje su manje točne od strategija koje se temelje na više informacija i komputacija.

No, evo prvog važnog otkrića: heuristike mogu dovesti do točnijih zaključaka nego strategije koje koriste više informacija i komputacija (više o tome kasnije). Drugim riječima, *odnos točnosti-i-truda* nije univerzalno pravilo; postoje situacije u kojima s manje truda ostvarujemo veću točnost. Čak i kada su informacije i komputacije besplatne (i resursno i vremenski – op. prev.), postoji točka u kojoj manje jest više:

*Manje-je-više* efekti: više informacija i komputacija može umanjiti točnost; stoga, um koristi jednostavne heuristike koje su točnije od strategija koje koriste više informacija i vremena.

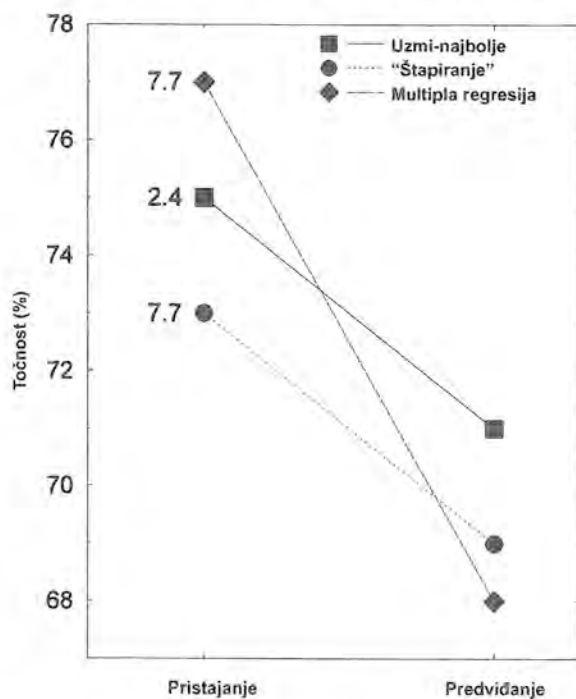
Kako bismo unutar paradigme *odnosa točnosti-i-truda* opravdali korištenje heuristika, pretpostavit ćemo kako dodatno ulaganje truda u korištenje složenih procjena i komputacija nije isplativo. Prema paradigmi *manje-je-više* um, čak i u slučaju kada su direktni i očekivani troškovi nula, ništa ne dobiva od korištenja složenih strategija. Opravdanje za korištenje heuristika, u obliku kompromisa između *točnosti-i-truda* (Beach i Mitchell, 1978; Shah i Oppenheimer, 2008), ne nosi sa sobom normativne implikacije. S druge strane, *manje-je-više* efekti nude opravdanje za korištenje heuristika koje ima direktne normativne implikacije: dovode u pitanje klasičnu ideju da racionalno donošenje odluka se sastoji od ponderiranja i sumiranja svih informacija. Valja imati na umu kako sintagma *manje-je-više* ne znači da ćemo biti uspješniji ako koristimo manje informacija. Točnije, ta sintagma znači kako postoji točka (trenutak) u kojoj dodatne informacije ili komputacije postaju štetne, neovisno o samim troškovima.

### Zanemarivanje informacija može dovesti do točnijih predviđanja

Istraživači su 1970-ih godina otkrili kako istovjetni (ili slučajni) ponderi imaju jednaku, a nekad i bolju, predviđalačku snagu kao i multipla linearna regresija (Dawes i Corrigan, 1974; Dawes, 1979; Einhorn i Hogarth, 1975; Schmidt, 1971). Korištenje jednakih pondera naziva se *štapanje (tallying)*, prema štapovima koji su korišteni kao mjerila i mogu se naći unatrag 30 tisuća godina. Rezultati su iznenadili znanstvenu zajednicu. Kada je Robin Dawes iznio svoje rezultate na konferenciji, istaknuti sudionici su smatrali da su „nemogući“, a njegov članak s Corriganom prvotno je odbijen i proglašen „djetinjastim“. U uzorku aktualnih udžbenika ekonometrike nijedan se nije referirao na nalaze Dawesa i Corrigan (Hogarth, u tisku). Ipak, u originalnom radu postojala je neuravnoteženost: multipla regresija provjeravala se kros-validacijom (model se temeljio na jednoj polovici rezultata, a bio provjeravan na drugoj), a *štapanje* nije. Czerlinski, Gigerenzer i Goldstein (1999) u 20 istraživanja uspoređivali su multiplu regresiju i *štapanje* metodom kros-validacije i pritom kontrolirali nejednakosti. Svi zadaci bili su us-



poredbe u paru: primjerice, sudionici su morali, na temelju informacija poput rezultata testova pismenosti ili postotka Hispanoamerikanaca, procijeniti koja će od dviju srednjih škola u Chicagu imati veću razinu odustajanja. Deset od 20 skupova podataka uzeli su iz udžbenika o primijenjenoj multiploj regresiji (Weisberg, 1985). *Štapiranje* je u prosjeku imalo veću prediktivnu snagu nego multipla regresija (slika 1). Kao što je vidljivo iz presijecanja linija, regresija je previše pristajala podacima: bolje je pristajala od *štapiranja*, ali je imala manju prediktivnu snagu.



Slika 1. *Manje-je-više* efekti. Štapiranje i uzmi-najbolje heuristika točnije predviđaju od multiple regresije, unatoč toga što se koriste manjim brojem informacija i komputacija. Valja primijetiti kako su rezultati multiple regresije dobro pristajali podacima koji su već poznati („kasnije uviđanje“), ali su loše predviđali podatke. Uzmi-najbolje je „najštedljivija“ od svih metoda; u zaključivanju koristi prosječno samo 2,4 znaka. Za razliku od toga, i multipla regresija i štapiranje koriste prosječno 7,7 znakova. Na slici su prikazani uprosječeni rezultati 20 istraživanja, u kojima su korišteni psihološki, biološki, sociološki i ekonomski zadaci zaključivanja (Czerlinski i sur., 1999).

Ovdje valja naglasiti kako nije važno što *štapiranje* bolje predviđa rezultate od multiple regresije. Važno, i novo, pitanje jest u kojim je okolinama (situacijama) jednostavno *štapiranje* točnije od multiple regresije, a u kojima nije. To je pitanje ekološke racionalnosti štapiranja. Ako štapiramo, izbjegavamo detaljne izračune pondera znakova.

Osvrnimo se na *manje-je-više* efekte koji se javljaju kada zanemarujemo znakove. Heuristika *uzmi-najbolje* modelira kako ljudi, na temelju binarnih znakova iz pamćenja, zaključuju koji od dvaju entiteta (objekta) ima veću vrijednost na

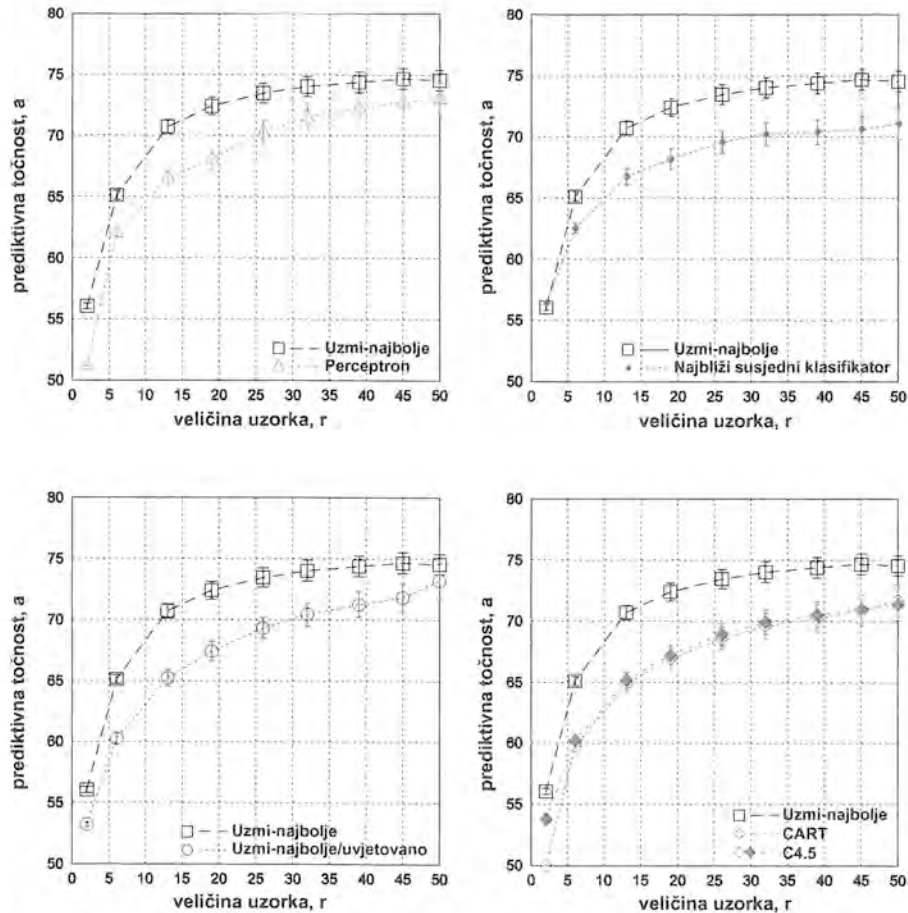
kriteriju. Pojednostavljeno, pretpostavit ćemo kako je znak koji upućuje na veću vrijednost u kriteriju 1, a drugi znak nula. *Uzmi-najbolje* sastoji se od tri pravila:

1. Pravilo pretraživanja: traži kroz znakove po redu njihove valjanosti.
2. Pravilo zaustavljanja: zaustavi se kada nađeš prvi znak koji čini razliku među objektima (npr. ima vrijednosti 0 i 1).
3. Pravilo odlučivanja: zaključi kako objekt koji ima pozitivnu vrijednost znaka (1) ima veću kriterijsku vrijednost.

Zato što koristi pravilo zaustavljanja, *uzmi-najbolje* pripada u širu skupinu *je-dan-dobar-razlog* heuristika: pretraživanje se zaustavlja nakon pronalaska prvog diskriminativnog znaka. *Uzmi-najbolje* pojednostavljuje donošenje odluka jer se zaustavljamo već nakon prvog znaka, a ujedno znakove poredamo po valjanosti, koja je za *i*-ti znak definirana kao:

$V_i = \text{broj točnih zaključaka na temelju } i\text{-tog znaka} / \text{broj mogućih zaključaka na temelju } i\text{-tog znaka}$

Iako su oba pojednostavljivanja opažena u ponašanju ljudi i životinja, interpretirana su kao znakovi iracionalnosti, a ne kao adaptivno ponašanje. Krajem 1990-ih naša istraživačka skupina testirala je koliko dobro na temelju binarnih znakova, poput informacije ima li grad nogometnu momčad u prvoj ligi, ova jednostavna heuristika previđa koji od dva grada ima više stanovnika (Gigerenzer i Goldstein, 1996; 1999). Rezultati su bili neočekivani – zaključivanje koje se temeljilo na jednoj dobroj informaciji (razlogu) bilo je točnije i od multiple regresije i od štapiranja. Prosječni rezultati u 20 istraživanja bili su jednaki (slika 1). Nalazi su iznenadili i nas i znanstvenu zajednicu, ali to nije bio kraj iznenađenjima. Chater i sur. (2003) koristili su problem „veličine gradova“ i usporedili *uzmi-najbolje* heuristiku s nelinearnim strategijama teške kategorije: troslojnom *feedforward* konjunkcionističkom mrežom koja uči putem povratnog algoritma (Rumelhart, Hinton i Williams, 1986), dva egzemplar modela (klasifikatora najbližeg susjeda (Cover i Hart, 1967) i Nosofkyevog (1990) općenitog kontekstualnog modela) i stablom odlučivanja s indukcijskim algoritmom C4.5 (Quinlan, 1993). Prediktivna snaga četiriju kompleksnih strategija bila je identična kroz razne situacije, ali točnost *uzmi-najbolje* heuristike se razlikovala. Kada je početni uzorak bio mali ili srednji (do 40% svih objekata) *uzmi-najbolje* heuristika je bila jednaka ili bolja od svih ostalih modela. Međutim, kada je početni uzorak bio veći, modeli koji koriste više informacija i komputacija pokazali su se boljima. Bio je to prvi slučaj da se zaključivanje na temelju jedne dobre informacije pokazalo jednako točnim kao i nelinearni modeli, poput neuralnih mreža. Međutim, Brighton (2006) je reinterpretirao rezultate Chatera i suradnika i pokazao kako su koristili metodu pristajanja modela koja je išla u prilog modelima koji su „prepristajali“ podacima, pogotovo u slučaju velikih uzoraka. Primjenom kros-validacije na postojeće podatke došao je do neočekivanih rezultata – *uzmi-najbolje* heuristika imala je veću prediktivnu snagu od svi ostalih modela, neovisno o veličini uzorka (slika 2). Kros-validacija je puno bolji kriterij za odabir modela i standard je za određenje relativne uspješnosti modela induktivnog zaključivanja (npr. Hastie i sur., 2001; Stone, 1974).



Slika 2. Uspoređeni su rezultati *uzmi-najbolje* heuristike i 5 alternativnih modela u zadatku populacije grada. Svaki grafikon prikazuje predviđalačku snagu *uzmi-najbolje* heuristike i suprotstavljenog modela. Podaci koji su varirani odnosili su se na broj objekata korištenih kako bi se model uvježbalo. *Uzmi-najbolje* heuristika bolje predviđa podatke od: (gore lijevo) modela linearnog *perceptrona* (logističke regresije); (gore desno) modela najbližeg susjednog klasifikatora; (dolje desno) dva stabla induktivnih algoritama, C4.5 i CART (stabla klasifikacije i regresije); (dolje lijevo) oblika *uzmi-najbolje* heuristike koja koristi pravilo pretraživanja usmjereno na resurse i kondicionalnu valjanost znakova.

Otkriven je još jedan *više-je-manje* efekt i ponovno se javilo pitanje: u kojim ćemo situacijama biti uspješniji ako se oslonimo na jednu kvalitetnu informaciju a ne na sustav neuralnih mreža ili linearnih i nelinearnih strategija zaključivanja? Uspješnost *uzmi-najbolje* heuristike proizlazi iz činjenice da zanemaruje međuovisnost znakova, što je adaptivno procesiranje kada su informacije rijetke. Svi suprotstavljeni modeli iz slike 2 konačnu procjenu temelje dijelom na međuovisnošću znakova, a *uzmi-najbolje* znakove reda po valjanosti i zanemaruje među-

ovisnost. Dapače, mijenjanjem pravila pretrage *uzmi-najbolje* tako da su znakovi poredani po svojoj uvjetnoj valjanosti, uspjeh *uzmi-najbolje* heuristike pada (slika 2, donji lijevi kut). Uvjetna valjanost uzima u obzir da poredak znakova utječe na njihovu valjanost – onaj znak koji je prije u poretku utječe na valjanost svih znakova koji slijede.

Ova dva rezultata primjeri su šire grupe *manje-je-više* efekata otkrivenih analitičkim i eksperimentalnim putem posljednjih desetljeća. Ovdje koristimo *manje-je-više* kao generički termin za grupu fenomena za koje ne vrijedi balans točnost-trud, makar se pojedinačni fenomeni razlikuju po prirodi i objašnjenjima. Na nalaze koji su pokazali kako manje može biti više prije se gledalo kao na zanimljivosti a ne kao na priliku da se revidira ideja kako um funkcionira. Okrećemo se drugom koraku u napredovanju: razvoju shvaćanja *zašto* i *kada* su heuristike točnije od strategija koje koriste više informacija i komputacija. Odgovor ne leži u samoj heuristici nego u odnosu heuristike i okoline. Racionalnost heuristika nije logička već ekološka.

### Ekološka racionalnost

Heuristike, kao i svi induktivni procesi, oslanjaju se na vjerojatnosti. Zbog toga ne možemo, kao što se vjeruje, reći da su heuristike same po sebi dobre ili loše, točne ili netočne. Točnost heuristike uvijek ovisi o strukturi okoline. Proučavanje ekološke racionalnosti postavlja pitanje: u kojim će okolinama određena heuristika biti uspješna, a u kojima neuspješna? Znati kada će heuristika biti uspješna jednostavnije je ako se prvo zapitamo zašto je uspješna. Kao što smo pokazali, prigodno analize uspješnosti heuristika nerijetko otkrivamo kako izbjegavaju prepodešavanje podacima. Statistički koncept prepodešavanja samo je dio objašnjenja zašto su heuristike uspješne, no kako bismo bolje razumjeli način na koji heuristike iskorištavaju strukturu okoline, posvetit ćemo mu se detaljnije.

### Heuristike i pristranosti

Proučavanje heuristika često je povezano s terminom *pristranosti*. U programu heuristika i pristranosti Kahnemana i Tverskog taj je termin imao negativnu konotaciju: greške u zaključivanju otkrivaju ljudske pristranosti, a ako ih svladamo, donosit ćemo bolje odluke. Prema tom mišljenju, pristranost je definirana kao razlika između ljudskog odlučivanja i norme „racionalnosti“, redovito definirane preko zakona logike ili vjerojatnosti, poput statističke neovisnosti u slučaju kockarske pogreške. U suprotnosti s negativnim pogledom na pristranosti, jednostavne heuristike najbolje je promatrati s obzirom na učenje strojeva i raspoznavanje uzoraka gdje postoje mnogi primjeri kako pristrani algoritam indukcijskog zaključivanja može bolje predviđati od nepristranog (Hastie i sur., 2001). Objašnjenje ovakvih nalaza leži u razdvajanju pogreške predviđanja na sumu tri komponente, od kojih je pristranost samo jedna:

$$\text{Ukupna pogreška} = (\text{pristranost})^2 + \text{varijanca} + \text{šum}$$

Izvod ove formule može se naći u mnogim udžbenicima o učenju strojeva ili statističkom zaključivanju (npr. Alpaydin, 2004; Bishop, 1995; Bishop, 2006; Hastie i sur., 2001), a najbolje je razrađen i diskutiran u znamenitom članku Germana i sur. (1992). Koncepti pristranosti i varijance mogu se najbolje shvatiti tako da zamislimo inherentnu (istinsku) funkciju koju induksijski algoritam pokušava naučiti. Algoritam to čini iz uzorka podataka (potencijalno šumovitog) koji je generiran iz ove funkcije. Pristranost definiramo kao razliku između inherentne funkcije i prosječne funkcije dobivene algoritmom iz svih mogućih uzoraka podataka jednake veličine. Dakle, do nulte pristranosti dolazi kada je prosječna funkcija jednaka inherentnoj. Varijanca se odnosi na osjetljivost induksijskog algoritma na sadržaj pojedinačnih uzoraka i definira se kao kvadrirani zbroj razlika između prosječne funkcije i individualnih funkcija iz svih pojedinačnih uzoraka.

Valja primijetiti kako nepristran algoritam može imati visoku varijancu, jer iako se prosječna i inherentna funkcija ne razlikuju, pojedinačne funkcije mogu imati visoku varijancu i posljedično visoku razinu pogreške. Koliko će algoritam biti podložan pristranostima i varijanci ovisi o inherentnoj funkciji i broju dostupnih podataka o toj funkciji. Kad god donosimo zaključke o svijetu oko sebe, naš kognitivni sustav suočava se s dilemom pristranost – varijanca. Što nam ovo govori o kognitivnim procesima koje koristimo prilikom zaključivanja? Za početak, u kognitivnim znanostima sve više se ističe kako kognitivni sustav, kada generalizira iz malo opažanja, funkcionira toliko dobro da se ljudsko zaključivanje opisuje kao optimalno (npr. Oaksford i Chater, 1998; Griffiths i Tenenbaum, 2006). Ti nalazi postavljaju značajna ograničenja za buduće procesne modele ljudskog zaključivanja. Mogućnost kognitivnog sustava da iz prorijeđenog doticaja s okolinom izvodi dobra predviđanja čvrst je dokaz, iz perspektive dileme pristranost – varijanca, kako se komponenta pogreške u pogledu varijance zadržava unutar prihvatljivih okvira. Iako će varijanca biti dominantan izvor pogreške kada imamo malo opažanja, ipak je možemo kontrolirati. Ova analiza ima važne implikacije za općenite kognitivne modele. Kako bismo kontrolirali varijancu, moramo odbaciti ideju o općenitim kognitivnim modelima induktivnog zaključivanja i uzeti u obzir, barem donekle, specijalizaciju (German i sur., 1992). Pojednostavljeno, dilema pristranost – varijanca formalno pokazuje zašto um bolje funkcionira s adaptivnom kutijom pristranih, specijaliziranih heuristika. Jedan općeniti alat s mnogo prilagodljivih parametara vjerojatno će biti nestabilan i rezultat će većom varijancom i većom pogreškom predviđanja.

### *Pristrani umovi bolje predviđaju*

Odnos uma i okoline često je promatran iz perspektive pristranosti, prateći „zrcalni pogled“ adaptivne kognicije (Brighton i Gigerenzer, u tisku, izlažu detaljne argumente). Prema tom stajalištu, dobar mentalni model ili procesna strategija ona je koja najbolje, bez sustavnih pristranosti, zrcali karakteristike okoline. Primjer su linearni modeli koji se smatraju odgovarajućima ako je okolina linearna. Za razliku od toga, kognitivni sustav sa sustavnim pristranostima izvor je pogreške i uzrok kognitivnih iluzija. Ako je to točno, kako objasniti da kognitivne heuristike koje se oslanjaju samo na jednu dobru informaciju i zanemaruju ostale za-



ključuju bolje od strategija koje koriste više informacija i komputacija (kao što je vidljivo na slici 2)? Navodimo tri razloga:

1. Prednost jednostavnih sustava ne proizlazi iz jednostavne okoline, kao što zrcalni pogled pretpostavlja. Ovo je vidljivo u navodnom paradoksu – iako u okolini nalazimo međuovisnost znakova (kao u okolini na slici 2, gdje se korelacije među znakovima kreću između  $-.25$  i  $-.54$ ), *uzmi-najbolje* ih zanemaruje i donosi točnija predviđanja od strategija koje izričito uzimaju u obzir ove međuovisnosti. Bolja predviđanja rezultat su „klađenja“ na manju varijancu, ne na manju razinu pristranosti.
2. Posljedica je toga da će, ako opažanja ima malo, jednostavne heuristike poput *uzmi-najbolje* imati bolje rezultate od općenitijih, fleksibilnijih strategija. U ovim uvjetima varijanca će biti najveći izvor pogreške.
3. Jednako tako, što je više šuma u opažanjima, to je veća vjerojatnost da će jednostavne heuristike poput *uzmi-najbolje* imati bolje rezultate od fleksibilnijih strategija. S većim šumom varijanca postaje veći izvor pogreške.

Potporu ovom argumentu nalazimo u nizu raznolikih, ali povezanih rezultata. Za početak, uzmimo u obzir kako voditelj marketinga maloprodaje može razlikovati aktivne i neaktivne kupce. Iskusni menadžeri koriste jednostavnu heuristiku jaza: kupci koji posljednjih 9 mjeseci nisu ništa kupili smatraju se neaktivnima. Uz navedenu, postoje i sofisticiranije metode koje koriste više informacija i obavljaju kompleksnije komputacije, poput modela Pareto/NBD (negativna bimodalna distribucija). No, testiranja su pokazala kako su ove metode manje precizne i slabije predviđaju neaktivne kupce od heuristike jaza (Wubben i Wangenheim, 2008). Nadalje, postoji problem pretraživanja baza podataka literature pri čemu je zadatak poredati velik broj članaka tako da najvažniji budu na vrhu liste. Heuristika temeljena na jednoj informaciji (inspirirana s *uzmi-najbolje*) imala je bolje rezultate i od „racionalnog“ bayesovskog modela koji uzima u obzir sve dostupne informacije i od PsychINFO<sup>1</sup> (Lee i sur., 2002). Treće, razmislite o problemu ulaganja novca u  $N$  različitih fondova. Harry Markowitz došao je do optimalnog rješenja, portfolija prosječne varijance, i za taj pronalazak osvojio je Nobelovu nagradu za ekonomiju. Međutim, kada je donosio svoja ulaganja nije koristio optimiranu strategiju već se vodio jednostavnom heuristikom:  $1/N$ , tj. raspodijeli jednaki iznos novca u  $N$  alternativa (vidi tablicu na idućim stranicama). Je li njegova intuicija bila točna? U istraživanju sa sedam investicijskih fondova,  $1/N$  heuristika uspoređena je sa 14 optimiziranih modela, uključujući portfolio prosječne varijance i druge bayesovske i nebayesovske modele (DeMiguel, Garlappi i Uppal, u tisku). Optimirane strategije na temelju podataka od prethodnih 10 godina predviđale su stanje u narednom mjesecu; nakon toga, period od 10 godina se pomaknuo 1 mjesec unaprijed i predviđale su stanje fondova u narednom mjesecu i tako dalje dok nisu iskoristili sve podatke. S druge strane, heuristiki  $1/N$  ne trebaju podaci iz prošlosti. Unatoč tome (ili upravo zbog toga), od svih 15 modela  $1/N$  imala je najbolji rezultat u pogledu sigurnosti jednakog povrata, drugo mjesto po prometu i peto mjesto po Sharpe omjeru.

1 PsychINFO jedna je od najvećih baza literature za područja bihevioralnih znanosti i mentalnog zdravlja – prim. prev.



### Otvaranje kutije adaptivnih alata

Kutija adaptivnih alata metafora je koja se koristi kako bismo konceptualizirali obilje strategija koje su čovjeku dostupne. Istraživanje kutije usmjereno je na dublje razumijevanje heuristika koje koriste ljudi i životinje, otkrivanje gradbenih blokova heuristika s pomoću kojih se stvaraju nove heuristike i na istraživanje evoluiranih kapaciteta koje ti blokovi iskorištavaju (Gigerenzer i Selten, 2001). U tablici 1 nalazi se deset heuristika iz kutije adaptivnih alata za ljude. Kako um bira koja je heuristika prikladna za konkretan zadatak? Iako smo daleko od potpunog shvaćanja tog većinom nesvjesnog procesa, znamo da postoje barem tri selekcijska principa. Prvi princip počiva na činjenici da pamćenje ograničava izbor heuristika i tako stvara specifičnu kognitivnu nišu za različite heuristike (Marewski i Schooler, 2008). Uzmimo u obzir odabir između prve tri heuristike iz tablice 1: heuristika prepoznavanja, heuristika fluentnosti i *uzmi-najbolje*. Zamislite da je 2003. godina i posjetitelj teniskog turnira u Wimbledonu kladi se tko će pobijediti u trećem kolu muškog dijela – Andy Roddick ili Tommy Robredo. Za početak, pretpostavimo kako je posjetitelj neupućen u tenis i da je čuo za Roddicka, ali ne za Robreda. Pamćenje mu ograničava izbor heuristike na heuristiku prepoznavanja:

Ako si čuo za jednog od dva igrača, pretpostavi da će igrač za kojeg si čuo pobijediti u meču.

Ishod je bio u skladu s tom heuristikom i Roddick je pobijedio. Točan ishod u ovom slučaju nije iznimka: ova jednostavna heuristika predviđela je s jednakom ili većom točnošću rezultate Wimbledonu 2003. i 2005. godine kao i podaci s ATP ljestvice i poredak nositelja koji su dali stručnjaci (Scheibehenne i Bröder, 2007; Serve i Frings, 2006). Sada pretpostavimo kako je posjetitelj čuo za oba igrača, ali ne sjeća se ničeg drugog o njima. Stanje pamćenja ograničava izbor na heuristiku tečnosti:

Ako si čuo za oba igrača, ali brže si se sjetio imena jednoga, pretpostavi kako će taj igrač pobijediti u meču.

Na kraju, pretpostavimo kako posjetitelj ima više teniskog znanja i sjeća se raznih podataka o oba igrača. U toj situaciji ne može koristiti heuristiku prepoznavanja i mora odabrati između heuristike fluentnosti i *uzmi-najbolje*. Prema rezultatima eksperimenata, kada se mogu sjetiti vrijednosti alternativa na relevantnim znakovima, većina sudionika prebacuje se na heuristike koje se temelje na znanju poput *uzmi-najbolje* (Marewski i sur., 2008), što je u skladu s analizom relativne ekološke racionalnosti heuristika u ovoj situaciji. Jasno je da pamćenje „bira“ heuristike tako da je jednostavnije i brže primijeniti heuristiku koja će vjerojatno polučiti točnom odlukom (Marewski i Schooler, 2008). U ekstremnom slučaju da posjetitelj nije čuo ni za jednog igrača, ne može koristiti nijednu od navedenih heuristika. U tom slučaju, posjetitelj može koristiti socijalne heuristike, poput oponašanja većine: kladi se na igrača na kojeg se većina ostalih kladi (tablica 1).

Heuristika	Definicija	Ekološko racionalni uz uvjet:	Neočekivani nalazi (primjer)
Heuristika prepoznavanja (Goldstein & Gigerenzer, 1999; 2002)	Ako se prepoznaje jedna od alternativa, pretpostavi da ima višu vrijednost prema kriteriju.	Ako je valjanost $>.5$	Manje je više ako $A > B$ ; sistematski zaborav može biti koristan (Schooler & Hertwig, 2005).
Heuristika "fluentnosti" (Jacoby & Dallas, 1981)	Ako se prepoznaju obje alternative, ali jednu prepoznajemo brže, zaključí da ima višu vrijednost prema kriteriju.	Ako je valjanost fluentnosti $>.5$	Efekt manje-je-više; sistematsko zaboravljanje je korisno (Schooler & Hertwig, 2005).
Uzmi-najbolje (Gigerenzer & Goldstein, 1996)	Da zaključíš koja alternativa ima višu vrijednost : A) pretraži ključeve prema redosljedu valjanosti, B) prestrani pretraživati čim ključ diskriminira, C) izaberi alternativu koju favorizira ključ.	Vidi tablicu 1 u Gigerenzer & Brighton, 2009.	Često predviđa bolje od multiple regresije (Czerlinski et al., 1999), neuralne mreže, egzemplarni modeli, algoritmi stabla odlučivanja (Brighton, 2006).
Ponderiranje (jedinično, linearno) (Dawes, 1979)	Za procjenu kriterija, ne procjenjuj ponderere nego jednostavno izbroji niz pozitivnih ključeva.	Mala varijabilnost pondera, mala redundantnost (Hogarth & Karelaia, 2005, 2006).	Često predviđa jednako točno kao i multipla regresija (Czerlinski et al., 1999).
Zadovoljenje (Simon, 1955; Todd & Miller, 1999)	Pretraži alternative i izaberi prvu koja nadilazi tvoju razinu aspiracija.	Broj alternativa naglo pada s vremenom, kao u slučaju s potencijalnim izborom partnera.	Aspiracijske razine dovode do značajno boljih izbora od slučajnih, premda su arbitrarni.
1/N heuristika-jednakosti (DeMiguel i sur., u tisku)	Alociraj resurse jednako preko N alternativa.	Visoka nepredvidljivost, mali uzorak za učenje, velik N.	Često superiornija od "optimalnih" portfolija.
Heuristika "standarda" ( <i>default</i> ) (Johnson & Goldstein, 2003)	Ako postoji "standard" ( <i>default</i> ), ne čini ništa.	Vrijednosti onih koji postavljaju standard poklapaju se s donositeljem odluke; kada je posljedice izbora teško predvidjeti.	Objašnjava zašto pozivi imaju mali učinak na registraciju donatora organa, predviđa ponašanje kada to ne mogu teorije obilježja i preferencija.

<i>Milo-za-dugo</i> (Axelrod)	Prvo surađuj, potom imitiraj prethodno ponašanje partnera.	Drugi igrači igraju isto, pravila igre dopuštaju prijevaru i suradnju, ali ne razgradnju igre.	Može dovesti do više isplate od optimizacije (indukcija unatrag).
Oponašaj većinu (Boyd & Richerson, 2005)	Razmotri većinu u vlastitoj skupini, a potom oponašaj njihovo ponašanje.	Okolina je stabilna ili se sporo mijenja; pretraga informacija skupa je i vremenski zahtjevna.	Glavna snaga u oblikovanju parova, skupnoj identifikaciji i moralnom ponašanju.
Oponašaj uspješnoga (Boyd & Richerson, 2005)	Razmotri najuspješniju osobu i oponašaj njegovo/njezino ponašanje.	Individualno je učenje sporo, pretraga informacija skupa i vremenski zahtjevna.	Glavna sila u kulturnoj evoluciji.

Tablica 1. Deset dobro istraženih heuristika za koje postoje dokazi dio su adaptivne kutije alata. Svaka heuristika se može koristiti za rješavanje problema u socijalnim i nesocijalnim okolinama. Detaljnije o ekološkoj racionalnosti i neočekivanim predviđanjima tih heuristika može se naći u odjeljku s literaturom.

Drugi princip selekcije heuristika, poslije pamćenja, jesu povratne informacije. Teorija odabira strategije (Rieskamp i Ott, 2006) pruža kvantitativni model koji nalikuje na teoriju potkrepljenja, uz tu razliku što se ne potkrepljuje ponašanje nego heuristika. Ovim modelom možemo odrediti vjerojatnost da će osoba odabrati određenu strategiju unutar niza potencijalnih. Treći je princip selekcije struktura okoline, kao što je opisano u analizi ekološke racionalnosti. Primjerice, ako je valjanost prepoznavanja velika, odnosno ako postoji korelacija između prepoznavanja i kriterija, kao što postoji na teniskim turnirima i ostalim sportskim događajima, heuristika prepoznavanja dovest će do brzih i točnih procjena. Postoje eksperimentalni dokazi da ljudi često koriste ovu heuristiku kada je valjanost prepoznavanja ( $\alpha$ ) visoka, a rjeđe kada je niska ili na razini slučajnosti ( $\alpha=.50$ ). Primjerice, prepoznavanje švicarskog grada valjan je prediktor za njihovu populaciju ( $\alpha=.86$ ), ali ne i za udaljenost od centra Švicarske, grada Interlakena ( $\alpha=.51$ ). Pohl (2006) navodi rezultate svojeg istraživanja u kojem je 89% sudionika koristilo heuristiku prepoznavanja kada su procjenjivali broj stanovnika, a samo 54% za procjenu udaljenosti od Interlakena. Dakle, heuristika prepoznavanja sastoji se od dvaju procesa: prvo, *prepoznavanja* kako bi se procijenilo može li se heuristika primijeniti, i drugo, *evaluacije* kako bi se procijenilo treba li se koristiti.

### Homo heuristicus

U ovom radu predstavili smo pogled na ljudsku prirodu koja se temelji na adaptivnoj kutiji alata (heuristika), a ne na internim objašnjenjima poput crta ličnosti, stavova ili preferencija. Opisali smo napredak u razvoju znanosti heuristika, od otkrića *manje-je-više* efekata koji se ne mogu objasniti unutar standardnog

kognitivnog okvira, balansa točnost – trud. Tvrdimo kako odgovor na pitanje „Čemu heuristike?“ leži u ekološkoj racionalnosti, odnosno u strukturi okoline kojoj se određena heuristika adaptirala. Iznijeli smo prijedlog formalnog proučavanja ekološke racionalnosti heuristika unutar dileme pristranosti – varijanca. Treba se usmjeriti na nesigurne kriterije i male uzorke koji čine okolinu koju brze i jednostavne heuristike mogu iskoristiti. *Homo heuristicus* oslanja se na heuristike zato što su točne, a ne zato što zahtijevaju manje truda po cijenu točnosti (vidi Gigerenzer i Brighton, 2009. za dodatnu raspravu). Nadamo se da smo pobudili znatiželju čitatelja za znanost heuristika koja je u nastajanju i nadamo se da će neki biti inspirirani riješiti otvorena pitanja, primjerice postoji li sustav građevnih blokova heuristika, poput elemenata u kemiji, ili kako istražiti rječnik za opisivanje važnih struktura u okolini.

*Preveo: Kosta Bovan*

## Literatura

- Alpaydin, E. (2004). *Introduction to machine learning*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Anderson, J. R. (1991). The adaptive nature of human categorization. *Psychological Review*, 98, 409-429.
- Axelrod, R. (1984). *The evolution of cooperation*. New York: Basic Books.
- Beach, L. R. & Mitchell, T. R. (1978). A contingency model for the selection of decision strategies. *Academy of Management Review*, 3, 439-449.
- Bishop, C. M. (1995). *Neural networks for pattern recognition*. Oxford: Oxford University Press.
- Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. New York: Springer.
- Brighton, H. (2006). Robust inference with simple cognitive models. In C. Lebiere & R. Wray (Eds.) *AAAI Spring Symposium: Cognitive Science Principles Meet AI-Hard Problems* (pp. 17-22). Menlo Park, CA: American Association for Artificial Intelligence.
- Brighton, H. & Gigerenzer, G. (u tisku). How heuristics exploit uncertainty. In P. M. Todd, G. Gigerenzer & the ABC Research Group, *Ecological rationality: Intelligence in the world*. New York: Oxford University Press.
- Boyd, R. & Richerson, P. J. (2005). *The origin and evolution of cultures*. New York: Oxford University Press.
- Bruss, F. T. (2000). Der Ungewissheit ein Schnippchen schlagen. *Spektrum der Wissenschaft*, 6, 106.
- Chater, N., Oaksford, M., Nakisa, R. & Redington, M. (2003). Fast, frugal and rational: How rational norms explain behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 90, 63-86.
- Cover, T. & Hart, P. (1967). Nearest neighbor pattern classification. *IEEE Transactions on Information Theory*, 13, 21-27.
- Czerlinski, J., Gigerenzer, G. & Goldstein, D. G. (1999). How good are simple heuristics?

- In G. Gigerenzer, P. M. Todd & the ABC Research Group, *Simple heuristics that make us smart* (pp. 97-118). New York: Oxford University Press.
- Dawes, R. M. (1979). The robust beauty of improper linear models in decision making. *American Psychologist*, 34, 571-582.
- Dawes, R. M. & Corrigan, B. (1974). Linear models in decision making. *Psychological Bulletin*, 81, 95-106.
- Dawkins, R. (1989). *The selfish gene* (2nd ed.) Oxford, UK: Oxford University Press.
- DeMiguel, V., Garlappi, L. & Uppal, R. (u risku). Optimal versus naive diversification: How inefficient is the 1/N portfolio strategy? *Review of Financial Studies*.
- Dudey, T. & Todd, P. M. (2002). Making good decisions with minimal information: Simultaneous and sequential choice. *Journal of Bioeconomics*, 3, 195-215.
- Einhorn, H. J. & Hogarth, R. M. (1975). Unit weighting schemes for decision making. *Organizational Behavior and Human Performance*, 13, 171-192.
- Geman, S., Bienenstock, E. & Doursat, R. (1992). Neural networks and the bias/variance dilemma. *Neural Computation*, 4, 1-58.
- Griffiths, T. L. & Tenenbaum, J. B. (2006). Optimal predictions in everyday cognition. *Psychological Science*, 17(9), 767-773.
- Gigerenzer, G. (2007). *Gut feelings: The intelligence of the unconscious*. New York: Viking.
- Gigerenzer G. & Brighton, H. (2009). Homo heuristicus: Why biased minds make better inferences. *Topics in Cognitive Science*, 1, 107-143.
- Gigerenzer G. & Goldstein, D. G. (1996). Reasoning the fast and frugal way: Models of bounded rationality. *Psychological Review*, 103, 650-669.
- Gigerenzer, G. & Goldstein, D. G. (1999). Betting on one good reason: The Take The Best heuristic. In G. Gigerenzer, P. M. Todd & the ABC Research Group, *Simple heuristics that make us smart* (pp. 75-95). New York: Oxford University Press.
- Gigerenzer, G. & Selten, R. (Eds.) (2001). *Bounded rationality: The adaptive toolbox*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gilbert, J. P. & Mosteller, F. (1966). Recognizing the maximum of a sequence. *American Statistical Association Journal* 61, 35-73.
- Goldstein, D. G. & Gigerenzer, G. (1999). The recognition heuristic: How ignorance makes us smart. In G. Gigerenzer, P. M. Todd & the ABC Research Group, *Simple heuristics that make us smart* (pp. 37-58) New York: Oxford University Press.
- Goldstein, D. G. & Gigerenzer, G. (2002). Models of ecological rationality: The recognition heuristic. *Psychological Review*, 109, 75-90.
- Hastie, T., Tibshirani, R. & Friedman, J. (2001). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction*. New York: Springer.
- Hogarth, R. M. (u risku). When simple is hard to accept. In P. M. Todd, G. Gigerenzer & the ABC Research Group, *Ecological rationality: Intelligence in the world*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Hogarth, R. M. & Karelaia, N. (2005). Ignoring information in binary choice with continuous variables: When is less "more"? *Journal of Mathematical Psychology*, 49, 115-124.

- Hogarth, R. M. & Karlaia, N. (2006). "Take-the-best" and other simple strategies: Why and when they work "well" with binary cues. *Theory and Decision*, 61, 205-249.
- Hutchinson, J. M. C. & Gigerenzer, G. (2005). Simple heuristics and rules of thumb: Where psychologists and behavioural biologists might meet. *Behavioural Processes*, 69, 97-124.
- Jacoby, L. L. & Dallas, M. (1981). On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110, 306-340.
- Johnson, E. J. & Goldstein, D. G. (2003). Do defaults save lives? *Science*, 302, 1338-1339.
- Lee, M. D., Loughlin, N. & Lundberg, I. B. (2002). Applying one reason decision-making: The prioritization of literature searches. *Australian Journal of Psychology*, 54, 137-143.
- Marewski, J. N., Gaissmaier, W., Schooler, L. J., Goldstein, D. G. & Gigerenzer, G. (2008). *Models of recognition-based multi-alternative inference*. (Rukopis prihvaćen za objavljivanje.)
- Marewski, J. N. & Schooler, L. J. (2008). *How memory aids strategy selection*. (Neobjavljeno. Rukopis prihvaćen za objavljivanje.)
- Mugford, S. T., Mallon, E. B., Franks, N. R. (2001). The accuracy of Buffon's needle: A rule of thumb used by ants to estimate area. *Behavioral Ecology*, 12, 655-658.
- Nosofsky, R. M. (1990). Relations between exemplar similarity and likelihood models of classification. *Journal of Mathematical Psychology*, 34, 393-418.
- Oaksford, M. & Chater, N. (1998). *Rational models of cognition*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Payne, J. W., Bettman, J. R. & Johnson, E. J. (1993). *The adaptive decision maker*. New York: Cambridge University Press.
- Pohl, R. F. (2006). Empirical tests of the recognition heuristic. *Journal of Behavioral Decision Making*, 19, 251-271.
- Quinlan, J. R. (1993). *C4.5: Programs for machine learning*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
- Rieskamp, J. & Otto, P. E. (2006). SSL: A theory of how people learn to select strategies. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135, 207-236.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. & Williams, R. J. (1986). Learning internal representations by error propagation. In D. E. Rumelhart & J. L. McClelland (Eds.), *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition (Vol. 1: Foundations)*, pp. 318-362. Cambridge, MA: MIT Press.
- Scheibehenne, B. & Bröder, A. (2007). Predicting Wimbledon 2005 tennis results by mere player name recognition. *International Journal of Forecasting*, 3, 415-426.
- Schmidt, F. L. (1971). The relative efficiency of regression and simple unit weighting predictor weights in applied differential psychology. *Educational and Psychological Measurement*, 31, 699-714.
- Schooler, L. J. & Hertwig, R. (2005). How forgetting aids heuristic inference. *Psychological Review*, 112, 610-628.
- Serwe, S. & Frings, C. (2006). Who will win Wimbledon? The recognition heuristic in predicting sports events. *Journal of Behavioral Decision Making*, 19, 321-332.
- Shaffer, D. N., Krauchunas, S. M., Eddy, M. & McBeath, M. K. (2004). How dogs navigate to catch Frisbees. *Psychological Science*, 15, 437-441.



- Shah, A. K. & Oppenheimer, D. M. (2008). Heuristics made easy: An effort-reduction framework. *Psychological Bulletin*, 137, 207-222.
- Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69, 99-118.
- Simon, H. A. (1991). *Models of my life*. New York: Basic Books.
- Stigler, G. J. (1961). The economics of information. *Journal of Political Economy*, 69, 213-225.
- Stone, M. (1974). Cross-validators choice and assessment of statistical predictions. *Journal of the Royal Statistical Society B*, 36, 111-147.
- Todd, P. M. and Miller, G. F. (1999). From pride and prejudice to persuasion: Realistic heuristics for mate search. In G. Gigerenzer, P. M. Todd, and the ABC Research Group, *Simple heuristics that make us smart* (pp. 287-308). New York: Oxford University Press.
- Weisberg, S. (1985). *Applied linear regression*. New York: Wiley.
- Wübben, M. & Wangenheim, F. von (2008). Instant customer base analysis: Managerial heuristics often "get it right". *Journal of Marketing*, 72, 82-93.