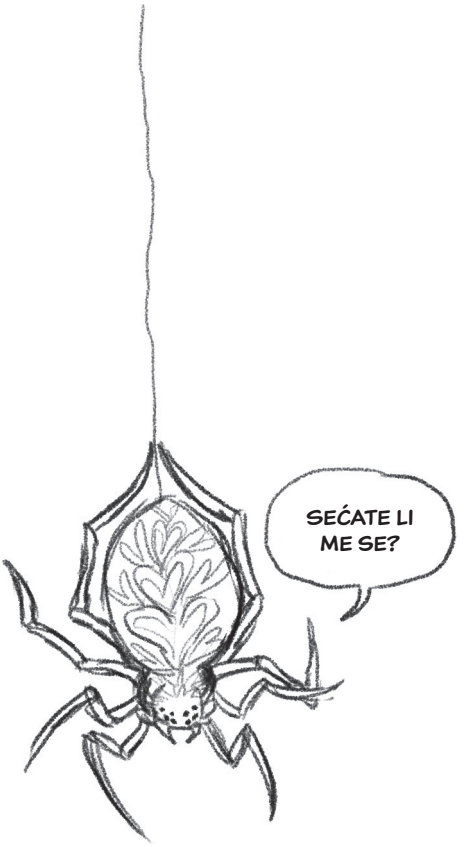
1

Uvod (i neke nedoumice)

- Zašto mogu da zaboravim koji je glavni grad Mađarske ali ne i činjenicu da se plašim paukova?
- Zašto primećujem da nešto bolje zapamtim posle prospavane noći?
- Na testu imam sedam tačnih odgovora od deset – zašto sam presrećan ako sam očekivao da ću ih imati pet, ali sam utučen ako sam očekivao devet? Sedam je i dalje sedam, zar ne?
- Zašto sam se kao tinejdžer ponašao rizično da bih impresionirao drugare (a prema roditeljima bio netrpeljiv)?
- Zašto mi ponekad mozak potpuno zablokira kada sam pod stresom na ispitu ili kada moram da ustanem i govorim pred ljudima? I zašto se živo sećam tih iskustava?
- Zašto s pet godina mogu da naučim nov jezik daleko lakše nego s pedeset?
- Pre neki dan sam hodao ulicom i video duh Elvisa Preslija, jahao je slona, a iza njega je sedela Merilin Monro. *To* nikada neću zaboraviti. Zašto je veoma lako upamtiti nešto neobično što se dogodilo, dok je veoma teško upamtiti neobične činjenice, na primer, kako se piše *acquiesce* ili koja je tačka ključanja azota?

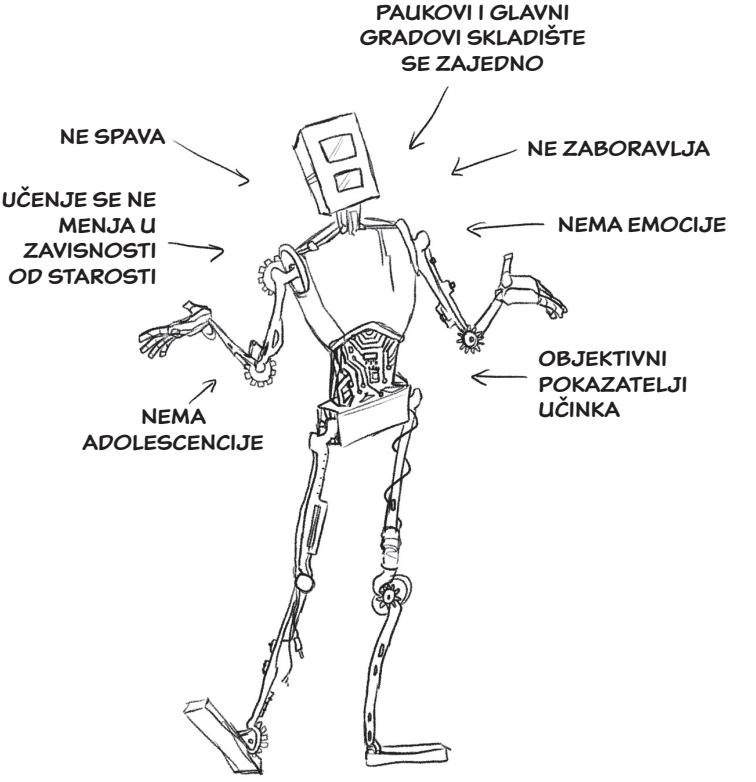
Odgovori na ta pitanja, ili njihova objašnjenja, ne leže u psihologiji. Psihologija je naučno istraživanje uma i posmatranjem ponašanja nastoji da shvati kako on funkcioniše. Psiholozi posmatraju šta ljudi

mogu da urade, koje greške prave, šta im je lako a šta teško. Zatim prizovu nevidljive mehanizme, one poput percepcije, memorije i pažnje, da bi njima objasnili takvo ponašanje. Na osnovu analiziranja zadataka i principa dizajniranja, pronalaze razumna objašnjenja za načine na koje bi mozak mogao funkcionisati. Ponekad se način na koji razmišljamo ili na koji pamtimo ipak čini čudan. Zašto bismo različita sećanja zaboravljali na različite načine, u zavisnosti od njihovog sadržaja? Zašto nam je potrebno da spavamo?



Slika 1.1 Možete zaboraviti činjenice, ali ne zaboravljate da se plašite paukova. Zašto je to tako?

Odgovori na ta pitanja leže u načinu na koji mozak radi. Naši mozgovi nisu morali ovako da rade. Ima drugih načina da se obavljaju funkcije koje obavlja mozak – da se misli, da se osećaju senzacije, da se kontroliše telo – koji ne bi povlačili ta neobična svojstva. Mozgovi rade na tako čudan način zbog svoje biologije; a biologija funkcioniše tako kako funkcioniše zbog svoje evolucione istorije.



Slika 1.2 Sada znamo da postoje i drugi načini na koje mogu raditi kognitivni sistemi.

Razmislimo o tome ovako: ako bi vaš zadatak u odeljenju za istraživanje i razvoj u kompaniji GappleZonSoft Inc. bio da napravite robota koji uči, prilično je jasno da biste mogli dizajnirati centralni kom-

pjuter robota tako da on nema nijedno od tih neobičnih svojstava. Robot bi mogao da skladišti informacije kao što su „glavni gradovi" i „potencijalno opasne životinje" kao slične vrste sećanja. Mogao bi da skladišti informacije nezavisno od toga koliko se one retko javljaju ili retko koriste. Ne bi morao ništa da zaboravlja (jeste li čuli za rezervne kopije?). Ne bi bilo razloga da u njegov program ubacite „adolescenciju" niti išta slično. Mogli biste da napravite svog robota bez emocija kao što su „stres", „strepnja" ili „stid", koje, reklo bi se, umanjuju učinak. Centralni kompjuter bi mogao da uči, a da se ne obeshrabruje zbog neuspeha i da ne skače od sreće kada uspe. Jednostavno bi koristio adaptivne algoritme da bi maksimizirao objektivne pokazatelje učinka. Ako bi to dozvoljavao vek trajanja baterije, mogli biste da napravite robota koji ne bi morao da spava da bi efikasno učio ili čak uopšte ne bi morao da spava.

Namera nam je da vam ovom knjigom pružimo osnovno razumevanje o tome kako mozak radi i zašto ispoljava svojstva koja ispoljava. Možete je čitati pre nego što krenete na predavanja iz neuronauke, na kojima ćete potom naučiti najvažnije detalje, poput toga kako da razlikujete jonotropne ligandno zavisne sinaptičke receptore od metabotropnih ligandno zavisnih receptora i neuralne oscilacije sa gama frekvencijom od onih sa beta frekvencijom. Na tom kursu, možete otkriti niz metoda i podataka koje neuronaučnici koriste za stvaranje aktuelnih teorija o funkcijama mozga. Reference o relevantnim istraživanjima mogu se naći u bibliografiji svakog poglavlja. Linkovi ka dokazima koji potkrepljuju različite tvrdnje o mozgu mogu se pronaći na veb-sajtu: *how-the-brain-works.com*, na kom postoje i dodatni materijali i ilustracije koji su izostavljeni iz konačne verzije knjige. Naš fokus u ovoj knjizi biće suština načina na koji mozak funkcioniše jer želimo da vam pružimo osnove za dublje istraživanje ove oblasti. Smatramo da je korisno porediti mozak s drugim vrstama uređaja koji obrađuju informacije da bi se pokazalo da rešenja koja koristi mozak nisu jedina moguća rešenja. Zato ćemo često pominjati uređaj koji obrađuje informacije a koji vam je pri ruci – mobilni telefon.

Ova knjiga je potekla iz nedoumice jednog od autora u vreme kad je pohađao kurs iz neuroanatomije. Na pauzi za kafu, predavač kursa je priznao da „mi ne razumemo gotovo ništa o tome kako radi mozak. Možda ćemo za sto godina imati odgovore. Ali sada?" Slegnuo je

ramenima. A ipak, ipak... knjižare su pune knjiga o neuronauci i mozgu: *Pedeset neverovatnih činjenica o mozgu*; *Sve što ste želeli da znate o mozgu*; *Tajni život mozga*; *Deset recepata u kojima se koristi mozak*. Gomila knjiga! Reklo bi se da ipak znamo ponešto o tome kako radi mozak, zar ne?

O mozgu znamo mnogo toga, ali neke misterije i dalje postoje. Počnimo, onda, time što ćemo razlučiti ono što znamo od onog što ne znamo. Ukratko, znamo sledeće: opšte principe funkcionisanja mozga, činjenicu da je sastavljen od neurona, da ima električnu aktivnost i frekvenciju stvaranja eletričnih impulsa u neuronima, da postoji mnogo veza između neurona, te da neuroni komuniciraju međusobno preko neurotransmitera; znamo približno koji deo mozga ima koju funkciju, kako je povezan u celinu i kako raste.

A evo i onog što još ne znamo: detaljne neuronske mreže u okviru svakog dela mozga, dinamične interakcije između neuronskih mreža u realnom vremenu – interakcije koje zajedno određuju ponašanje u svakom trenutku kombinujući električna i hemijska svojstva mozga, ne znamo precizan kôd u kom neuroni međusobno komuniciraju, ne znamo kako mozak obrađuje složene, apstraktne misli i rasuđivanje, često o sebi samom, te kako formuliše planove usmerene na daleku budućnost, a ne znamo ni kako fizički mozak generiše iskustvo da smo živi, osećaj da ste vi – vi (ili da sam ja – ja, u zavisnosti od tačke gledanja).

Prema našem mišljenju, ono što znamo dovoljno je da nam pruži prilično smislenu sliku o tome kako radi mozak. Samo po sebi, to znanje pomaže nam da odgovorimo na mnoge nedoumice u okviru psihologije, poput onih navedenih ranije. Eto, to je suština ove knjige.

Ima nekoliko stvari kojima se nećemo mnogo baviti. Samo ukratko ćemo obraditi naučne metode koje se koriste za otkrivanje onog što znamo (snimanje mozga, životinjski modeli, snimanje električne aktivnosti pojedinačnih neurona i tako dalje) na kraju trećeg poglavlja. Nećemo navesti iscrpan spisak naziva svih struktura u mozgu osim ako nam ti nazivi pomažu da razumemo kako on funkcioniše (više o tome uskoro). Nećemo dopustiti da nas ometaju ograničenja znanja i suprotstavljene naučne teorije – ako u nešto sumnjamo, daćemo najverovatniju procenu i onda koristiti reči poput „vrlo verovatno“, „verovatno“ ili „moguće“. Nećemo pokušavati da vas impresioniramo listama neverovatnih činjenica o mozgu. Na primer, mogli bismo

vam reći da bi se neuronske mreže svakog mozga mogle razvući u oko 176.000 kilometara dugu nit, ali to vam nećemo reći. Takođe, nećemo detaljno razmatrati šta je to što ljude čini „posebnom vrstom", tako posebnom da mnogi vanzemaljci dolaze na Zemlju da nas izučavaju (u tajnosti, naravno). Nećemo ljudski mozak prikazati kao „šašav i iracionalan" niti kao „neobičan i manjkav" samo zato što ponekad nešto zabrljamo. Nećemo vas zaslepljivati „misterioznom enigmom ljudskog mozga, najsloženijeg objekta u kosmosu". Umesto toga, jednostavno ćemo pokušati da vam pružimo predstavu o tome kako ta stvar radi.

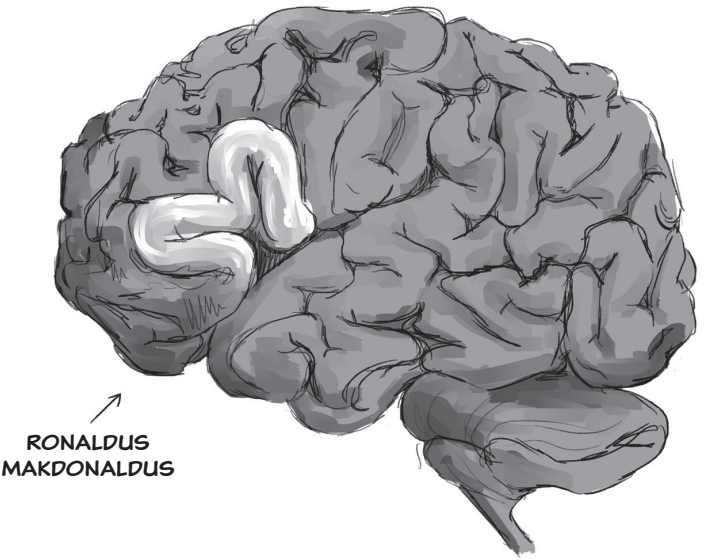
Nije da ljudi nisu pametni – prilično smo pametni. Inteligencija je, međutim, varljiva oblast. I životinje rade neke prilično pametne stvari. Ptice mogu da migriraju koristeći Zemljino magnetno polje. Pčele mogu da lebde u vazduhu po vetrovitom vremenu. Istina, stvari koje ljudi *kažu* zaista su pametne (u jednom delu knjige govorimo i o ljudskom jeziku). A ljudska tehnologija je zaista *impresivna*. Ipak, ono što ljudi na kraju rade nije nužno tako pametno. Znate onu izreku: *Dajte čoveku ribu i imaće hranu za jedan dan. Naučite ga da peca i doći će do globalne nestašice ribe.* Govorićemo kasnije i o našem okruženju i klimatskim promenama.

U stvari, veliki deo ove knjige biće posvećen sličnostima u funkcionisanju mozga kod većine kičmenjaka, sisara i primata, zato što će naša priča započeti evolutivnim poreklom mozga. Tek ćemo kasnije početi da razmišljamo o tome kako su ljudi drugačiji, po čemu su jedinstveni.

Vratimo se nazivima. Kad uzmete knjigu iz neuroanatomije, najpre ćete primetiti da ima mnogo latinskih i grčkih naziva za sve različite delove mozga. Recimo, da smo vam kazali da je retrosplenijalni korteks uključen u prostornu memoriju i imaginaciju, šta biste iz toga zaključili? Da se moda brzo menja u svetu slezina?[1] Tu su korteks i bazalne ganglije, amigdala i hipokampus, insula, svod (*fornix*) i *cerebellum*. Može biti zbunjujuće. Nema potrebe da imenujemo delove mozga da bismo mogli postaviti pitanja poput onoga – šta deo x radi? Spisak naziva struktura u mozgu i vlakana koja ih povezuju neće nas nužno približiti razumevanju načina na koji sve to funkcioniše.

Odakle potiču ti nazivi? Pa, većinu njih su u 18. i 19. veku izmislili anatomi koji su secirali ljudske mozgove. Terminologija potiče od toga na šta su im date moždane strukture ličile. Anatom je možda držao u ruci delić mozga i govorio nešto slično ovome:

„Kažem ti, Karaterse, ovaj deo liči na badem.“
„To ne zvuči naročito naučno, dragi prijatelju“, odgovorio bi njegov kolega prekorno. „Badem – zaista? Nijedan gospodin pri svesti ne bi poverovao da u glavama imamo orašaste plodove.“
Prvi anatom bi obrisao ruke o kecelju i ozbiljno klimnuo glavom: „Istina, gospodine, istina. Vrlo dobro. Upotrebićemo grčku reč ili neku latinskog porekla.“
„Latinska reč za badem... da vidimo, to bi bila amigdala, čini mi se.“
„Neka bude amigdala.“
„Otkrili smo amigdalu. Vidim po jednu na obe strane.“
„Bravo, dobri prijatelju, izvanredno. Nastavimo. Čekajte, pronašao sam još jedan komad ovde, baš iza ovoga, koji liči na morskog konjica...“



Slika 1.3 Novoidentifikovani deo mozga, Ronaldus Makdonaldus.

Nazivi delova mozga uglavnom potiču od naziva za oblike na koje podsećaju svojim fizičkim izgledom. Ako bismo im nazive davali danas, verovatno bi dobili drugačija imena. Na primer, postoji delić na prednjoj levoj strani mozga koji liči na veliko slovo M. Danas bismo ga verovatno nazvali ronaldus makdonaldus a ne donji čeoni girus (*gyrus frontalis inferior*).

Šalu na stranu, to što postoji delić mozga koji izgleda dovoljno karakteristično da bi dobio oznaku ne znači nužno da ta struktura ima posebnu ili pak samo jednu funkciju. Poslužimo se analogijom. Kabl za napajanje kompjutera njegov je zaseban, odvojivi deo (upotrebimo naučni jezik i dajmo mu latinski naziv: *fulminis funiculus* – što doslovno znači „nit munje"). Ipak, ispostavlja se da taj kabl nema izdvojenu funkciju u kompjuteru: *fulminis funiculus* deo je električnog kola koje doprinosi funkcionisanju celog kompjutera. Usredsređivanjem na delove time što ćemo ih imenovati možemo odvratiti pažnju od funkcionisanja sistema kao celine.

Još nešto pre nego što počnemo: želimo da psiholozima uputimo nekoliko prijateljskih reči. Pokazalo se da je istraživanje načina na koji mozak generiše um komplikovan poduhvat. Kad posmatramo ljudsko ponašanje, često vidimo fluidnu, glatku, sjajnu, dinamičnu interakciju sa svetom. Spolja gledano, um može izgledati kompaktan. A možemo i iznutra imati osećaj da je kompaktan. Međutim, kada su psiholozi pristupili njegovom izučavanju posmatrajući ga spolja, neprekidno su nailazili na isti problem. Ono što je u psihologiji jedan fenomen, u mozgu je zapravo mnoštvo različitih struktura i procesa. Na primer, „imati nešto na umu" izgleda kao jedna aktivnost, ali u mozgu mnogo sistemâ „radne memorije" održava najskoriju neuralnu aktivnost koja utiče na buduće ponašanje preko kontrolnih sistema i specijalizovanih mreža. U ovoj knjizi naići ćemo na nekoliko pojmova iz psihologije – među njima su self, učenje, pojmovi, ličnost, ljudi, jezik i vrednosti – od kojih je svaki zapravo set mnogih sistema u mozgu.

Mnogo pojmova u psihologiji odnosi se na aktivnosti višestruko koordinisanih moždanih sistema a ne na direktne radnje pojedinačnih delova. Tu su aktivnosti poput „razumevanja", „rešavanja problema", „crtanja", „brojanja" ili „odlučivanja". Tokom neke aktivnosti, mnoge oblasti mozga rade zajedno; različiti segmenti rade zajedno u okviru različitih aktivnosti, a između mozga, tela i spoljašnjeg sveta postoji

neprekidna interakcija, ponekad potpomognuta i fizičkim i informacionim alatkama (papir i olovka, kompjuter). Ta složenost ne ogleda se uvek u jednostavnim terminima koje psiholozi koriste.

Kada „gledamo u" naš um, nećemo se uvek mnogo približiti razumevanju funkcionisanja mozga. Uzmimo onaj glas u vašoj glavi, onaj koji koristite kada razmišljate pre nego što donesete neku odluku. „Treba li da pojedem još jedno parče torte ili ne? Pa pojeo sam samo jedno parče tosta za doručak i juče sam kao malo vežbao, tako da bi to možda bilo u redu. Verovatno zaslužujem tortu." Taj glas (psiholozi ga nazivaju „fonološka petlja") generiše se u levoj hemisferi mozga, u delu koji se nalazi blizu uva. Daje li vam taj glas uvid u to kako se u mozgu odvija proces donošenja odluke? Ne. Taj deo mozga nije onaj koji donosi odluke. Deo koji donosi odluke je prednji deo mozga. Kada slušate glas u svojoj glavi, vi slušate komentatora a ne donosioca odluka. Gledanje ka unutra, takozvana *introspekcija*, može navesti na pogrešne zaključke.

Introspekcija nam govori da smo svesni i da imamo svest o sebi. Psiholozi se s pravom bave svešću, mentalnim životom – onim „ti" koje doživljavamo u razgovoru sa samim sobom, našom svesnošću, mislima koje imamo o sebi, načinom na koji osećamo sebe. Neuronauka ovde napreduje, ali i dalje nema konačne odgovore. Pogledaćemo aktuelno stanje stvari o tim istraživanjima kasnije, u poglavlju 9. Opšteuzevši, i dalje smo u fazi popisivanja onih delova mozga koji postaju aktivniji kada doživljavamo određena iskustva, a neaktivni su kada smo bez svesti. Međutim, izgleda da se stvari uglavnom kreću u istom smeru: jedno iskustvo u umu proizvode mnogi delovi mozga koji deluju jedni na druge. Jedan pojam u umu podrazumeva mnogo struktura i procesa u mozgu.

Ipak, u nekim oblastima psihologija ima dobru teorijsku priču, mada neuronauka za nju još ne može da pruži korisna objašnjenja. Takvu situaciju imamo sa složenijim oblastima kognicije: rasuđivanjem, apstraktnim mišljenjem, imaginacijom, analogijama, šalama, metaforama, kreativnošću, planiranjem, rafiniranim mentalnim modelima sveta, naučnim teoretisanjem. O tim vrstama složenih kognitivnih procesa psiholozi zaključuju na osnovu ponašanja pošto još nije moguće mapirati obrasce moždane aktivnosti i povezati ih s hipotetičkim kognitivnim procesima. Izgradnja detaljnih veza između psihologije i neuronauke veliki je izazov za koji je potrebno izvesno vreme. A sada idemo na priču o mozgu.