

BUDUĆNOST UMA

OD ISTOG AUTORA

Ajnštajnov kosmos

Fizika nemogućeg

Paralelni svetovi

Hiperprostor

Fizika budućnosti

Budućnost čovečanstva

Božja jednačina

DR MIČIO KAKU

PROFESOR TEORIJSKE FIZIKE

NA UNIVERZITETU CITY U NJUJORKU

BUDUĆNOST UMA

NAUKA U UZBUDLJIVOJ POTRAZI ZA
NAPREDNIJIM, SAVRŠENIJIM I MOĆNIJIM UMOM

Prevod
Ana Ješić



Naslov originala
Michio Kaku:
THE FUTURE OF THE MIND

Copyright © 2014 by Michio Kaku
Copyright © 2014, 2023. za srpsko izdanje, Heliks

Izdavač
Heliks

Za izdavača
Brankica Stojanović

Lektura
Vesna Đukić

Redaktura
Aleksandra Dragosavljević

Štampa
Topalović, Valjevo

Treće izdanje

Knjiga je složena
tipografskim pismima
Minion Pro, Cyclone
i *Scala Sans Pro*

ISBN: 978-86-6024-097-4

Smederevo, 2023.

www.heliks.rs

Ovu knjigu posvećujem mojoj voljenoj supruzi Šizue

i kćerkama Mišel i Alison

SADRŽAJ

IZJAVE ZAHVALNOSTI xi

UVOD 1

KNJIGA I: SVEST I UM

1 OTKLJUČAVANJE UMA 13

2 SVEST – IZ PERSPEKTIVE FIZIČARA 39

KNJIGA II: UM CARUJE NAD MATERIJOM

3 TELEPATIJA: DINAR ZA VAŠE MISLI 61

4 TELEKINEZA: KAD UM VLADA NAD MATERIJOM 78

5 SEĆANJA I MISLI PO PORUDŽBINI 101

6 AJNŠTAJNOV MOZAK I UNAPREĐENJE NAŠE INTELIGENCIJE 126

KNJIGA III: IZMENJENA SVEST

- 7** U TVOJIM SNOVIMA 163
- 8** MOŽE LI SE UM KONTROLISATI? 174
- 9** IZMENJENA STANJA SVESTI 187
- 10** VEŠTAČKI UM I SILICIJUMSKA SVEST 206
- 11** REVERZNI INŽENJERING MOZGA 241
- 12** BUDUĆNOST: UM IZVAN MATERIJE 256
- 13** UM KAO ČISTA ENERGIJA 274
- 14** VANZEMALJSKI UM 284
- 15** ZAVRŠNA ZAPAŽANJA 305
- DODATAK: KVANTNA SVEST? 317
- NAPOMENE 331
- PREPORUČENA LITERATURA 343
- INDEKS 345
- O AUTORU 363

IZJAVE ZAHVALNOSTI

Veliko mi je zadovoljstvo što sam razgovarao sa istaknutim naučnicima, vodećim u svojim oblastima. Želeo bih da im se zahvalim na vremenu koje su velikodušno odvojili za intervju i diskusije o budućnosti nauke. Dali su mi smernice, nadahnuli me i uveli u osnove svojih polja istraživanja.

Hteo bih da se zahvalim tim pionirima i inovatorima, posebno onima koji su pristali da se pojave u mojim dokumentarnim emisijama za kanale BBC, Discovery i Science, kao i u radio-emisijama *Science Fantastic* i *Explorations*.

Piter Doerti, dobitnik Nobelove nagrade,

Istraživačka bolnica Sveti Džud

Džerald Edelman, dobitnik Nobelove nagrade,

Istraživački institut Skrips

Leon Lederman, dobitnik Nobelove nagrade, Tehnološki institut Illinois

Mari Gel-Man, dobitnik Nobelove nagrade, Institut Santa Fe i

Kalifornijski tehnološki institut

pokojni Henri Kendal, dobitnik Nobelove nagrade,

Masačusetski tehnološki institut

Volter Gilbert, dobitnik Nobelove nagrade, Univerzitet Harvard

Dejvid Gros, dobitnik Nobelove nagrade,

Kavlijev institut za teorijsku fiziku

Džozef Rotblat, dobitnik Nobelove nagrade, Bolnica Sveti Vartolomej
Joičiro Nambu, dobitnik Nobelove nagrade, Čikaški univerzitet
Stiven Vajnberg, dobitnik Nobelove nagrade,
Teksasški univerzitet u Ostinu
Frenk Vilček, dobitnik Nobelove nagrade,
Masačusetski tehnološki institut

. . .

Amir Ačel, autor knjige *Uranijumski ratovi*
Baz Oldrin, Nasin astronaut, drugi čovek koji je hodao po Mesecu
Džef Andersen, Vazduhoplovna akademija, autor knjige *Teleskop*
Džej Barbri, autor knjige *Pucanj na mesec*
Džon Barou, fizičar, Univerzitet Kembridž, autor knjige *Nemoguće*
Marša Bartusijak, autor knjige *Ajnštajnova nedovršena simfonija*
Džim Bel, astronom, Univerzitet Kornel
Džefri Benet, autor knjige *Iza NLO-a*
Bob Berman, astronom, autor knjige *Tajne noćnog neba*
Lesli Biseker, Nacionalni institut za zdravlje
Pirs Bizoni, autor knjige *Kako da napravite sopstveni svemirski brod*
Majkl Bliz, Nacionalni institut za zdravlje
Aleks Besi, osnivač Muzeja podvala
Nik Bostrom, transhumanista, Oksfordski univerzitet
potpukovnik Robert Bauman, Institut za svemirske i bezbednosne
studije
Sintija Brizil, veštačka inteligencija, Medijska laboratorija
Masačusetskog tehnološkog instituta
Lorens Brodi, Nacionalni institut za zdravlje
Rodni Bruks, direktor Laboratorije za veštačku inteligenciju
Masačusetskog tehnološkog instituta
Lester Braun, Institut za strategije za očuvanje planete
Majkl Braun, astronom, Kalifornijski tehnološki institut
Džejms Kanton, autor knjige *Ekstremna budućnost*
Artur Kaplan, direktor Centra za bioetiku na Pensilvanijskom
univerzitetu
Fritdžof Kapra, autor knjige *Leonardova nauka*

Šon Kerol, kosmolog, Kalifornijski tehnološki institut
 Endru Čajkin, autor knjige *Čovek na Mesecu*
 Liroj Kjao, astronaut pri NASA
 Erik Čivijan, Međunarodni fizičari za sprečavanje nuklearnog rata
 Dipak Čopra, autor knjige *Supermozak*
 Džordž Čerč, direktor Centra za računarsku genetiku
 Univerziteta Harvard
 Tomas Kokran, fizičar, Savet za odbranu prirodnih resursa
 Kristofer Kokinos, astronom, autor knjige *Palo nebo*
 Fransis Kolins, Nacionalni institut za zdravlje
 Viki Kolvin, nanotehnolog, Univerzitet Teksas
 Nil Komins, autor knjige *Opasnosti svemirskih putovanja*
 Stiv Kuk, predstavnik za štampu agencije NASA
 Kristina Kozgrouv, autor knjige *Normalan po svaku cenu*
 Stiv Kazins, direktor Programa ličnih robota Vilou Geridža
 Filip Kojl, nekadašnji pomoćnik sekretara za odbranu Ministarstva
 odbrane Sjedinjenih Država
 Danijel Krevijer, veštačka inteligencija, direktor kompanije Coreco
 Ken Krozvel, astronom, autor knjige *Veličanstveni svemir*
 Stiven Kamer, računarske nauke, Univerzitet Djuk
 Mark Katkovski, mašinstvo, Univerzitet Stenford
 Pol Dejvis, fizičar, autor knjige *Supersila*
 Danijel Denet, filozof, Taftsov univerzitet
 pokojni Majkl Dertuzos, računarske nauke, Masačusetski
 tehnološki institut
 Džared Dajmond, dobitnik Pulicerove nagrade, Univerzitet
 Kalifornija u Los Anđelesu
 Mariot Dikristina, časopis *Scientific American*
 Piter Dilvort, Laboratorija za veštačku inteligenciju
 Masačusetskog tehnološkog instituta
 Džon Donohju, autor projekta Braingate, Univerzitet Braun
 En Drujan, udovica Karla Segana, Cosmos Studios
 Friman Dajson, Institut za napredne studije, Univerzitet Princeton
 Dejvid Iglman, neuronaučnik, Bejlorov medicinski fakultet
 Džon Elis, fizičar u CERN-u
 Pol Erlih, ekolog, Univerzitet Stenford

- Danijel Ferbanks, autor knjige *Relikvije raja*
Timoti Feris, Kalifornijski univerzitet, autor knjige
Sazrevanje u galaksiji Mlečni put
Marija Finico, stručnjak za matične ćelije, dobitnik Pibodijeve nagrade
Robert Finkelstin, stručnjak za veštačku inteligenciju
Kristofer Flejvin, Institut Vorldvoč
Luis Fridman, saosnivač Planetarnog udruženja
Džek Galant, neuronaučnik, Kalifornijski univerzitet u Berkliju
Džejms Garvin, naučnik pri NASA
Ivlin Gejts, autor knjige *Ajnštajnov teleskop*
Majkl Gacaniga, neurolog, Kalifornijski univerzitet u Santa Barbari
Džek Gajger, saosnivač, Fizičari za društvenu odgovornost
Dejvid Gelertner, računarske nauke, Univerzitet Jejl,
Kalifornijski univerzitet
Nil Geršinfeld, Laboratorija za medije Masačusetskog
tehnološkog instituta
Danijel Gilbert, psiholog, Univerzitet Harvard
Pol Gilster, autor knjige *Snovi o Kentauriju*
Rebeka Goldberg, Fond za odbranu prirode
Don Goldsmit, astronom, autor knjige *Odbegli univerzum*
Dejvid Gudstin, prodekan Kalifornijskog tehnološkog instituta
Dž. Ričard Got III, Univerzitet Princeton, autor knjige
Putovanje kroz vreme u Ajnštajnovom svemiru
pokojni Stiven Džej Guld, biolog, Univerzitet Harvard
ambasador Tomas Grejem, špijunaža satelitskih i obaveštajnih podataka
Džon Grant, autor knjige *Korumpirana nauka*
Erik Grin, Nacionalni institut za zdravlje
Ronald Grin, autor knjige *Dizajnirane bebe*
Brajan Grin, Univerzitet Kolumbija, autor knjige *Elegantni kosmos*
Alan Gut, fizičar, Masačusetski tehnološki institut,
autor knjige *Inflatorni svemir*
Vilijam Hanson, autor knjige *Vrhunski dometi medicine*
Leonard Hejflik, Medicinski fakultet Kalifornijskog univerziteta
u San Francisku
Donald Hilbrand, Nacionalna laboratorija u Argonu,
budućnost automobila

- Frenk N. fon Hipel, fizičar, Univerzitet Princeton
 Alan Hobson, psihijatar, Univerzitet Harvard
 Džefri Hofman, astronaut pri NASA, Masačusetski tehnološki institut
 Daglas Hofšteter, dobitnik Pulicerove nagrade, Univerzitet u Indijani,
 autor knjige *Gedel, Ešer, Bah*
 Džon Horgan, Stivensov tehnološki institut, autor knjige *Kraj nauke*
 Džejm Hajneman, voditelj emisije *MythBusters*
 Kris Impi, astronom, autor knjige *Živ kosmos*
 Robert Iri, Laboratorija za veštačku inteligenciju Masačusetskog
 tehnološkog instituta
 P. Dž. Džekobovic, časopis *PC*
 Džej Jaroslav, Laboratorija za veštačku inteligenciju
 Masačusetskog tehnološkog instituta
 Donald Johanson, antropolog, zaslužan za otkriće fosila Lusi
 Džordž Džonson, naučni novinar, *New York Times*
 Tom Džouns, astronaut pri agenciji NASA
 Stiv Kejts, astronom
 Džek Kesler, stručnjak za matične ćelije, dobitnik nagrade Pibodi
 Robert Kiršner, astronom, Univerzitet Harvard
 Kris Kenig, astronom
 Lorens Kraus, Državni univerzitet Arizone, autor knjige
Fizika Zvezdanih staza
 Lorens Kun, autor filmova i filozof, *Bliže istini*
 Rej Kercvejl, pronalazač, autor knjige *Doba duhovnih mašina*
 Robert Lanca, biotehnologija, Advanced Cell Technologies
 Rodžer Launijus, autor knjige *Roboti u svemiru*
 Sten Li, tvorac Marvelovih stripova i autor Spajdermena
 Majkl Lemonik, viši urednik za nauku časopisa *Time*
 Artur Lerner-Lam, geolog, vulkanolog
 Sajmon Livaj, autor knjige *Kada nauka zakaže*
 Džon Luis, astronom, Univerzitet Arizona
 Alan Lajtman, Masačusetski tehnološki institut, autor knjige
Ajnštajnovi snovi
 Džordž Linehan, autor knjige *Svemir 1*
 Set Lojd, Masačusetski tehnološki institut, autor knjige
Programiranje univerzuma

Verner R. Levenstin, nekadašnji upravnik Laboratorije
za ćelijsku fiziku na Kolumbiji
Džozef Liken, fizičar, Fermijeva nacionalna laboratorija
Peti Mejs, Laboratorija za medije Masaćusetskog tehnološkog instituta
Robert Man, autor knjige *Forenzićki detektiv*
Majkl Pol Mejson, autor knjige *Glavni slućajevi: priće o povredama
mozga i njihovim posledicama*
Patrik Makrej, autor knjige *Nastavi da posmatraš nebesa*
Glen Makgi, autor knjige *Savršena beba*
Džejms Maklarkin, Laboratorija za veštaćku inteligenciju
Masaćusetskog tehnološkog instituta
Pol Makmilan, direktor projekta Spacewatch
Fulvio Melija, astronom, Univerzitet Arizona
Vilijam Meler, autor knjige *Evolucija Rx*
Pol Melcer, Nacionalni institut za zdravlje
Marvin Minski, Masaćusetski tehnološki institut,
autor knjige *Društvo uma*
Hans Moravec, autor knjige *Robot*
pokojni Filip Morison, fizičar, Masaćusetski tehnološki institut
Rićard Maler, astrofizićar, Kalifornijski univerzitet u Berkliju
Dejvid Nejhamu, IBM-ova Laboratorija za tehnologiju ljudskog jezika
Kristina Nil, vulkanolog
Migel Nikolilis, neuronaućnik, Univerzitet Djuk
Šindži Nišimoto, neurolog, Kalifornijski univerzitet u Berkliju
Majkl Novaćek, Amerićki prirodnjaćki muzej
Majkl Openhajmer, ekolog, Univerzitet Princeton
Din Orniš, specijalista za rak i bolesti srca
Piter Palezi, virusolog, Medicinski fakultet Maunt Sinaj
Ćarls Pelerin, zvanićnik pri NASA
Sidni Perkovic, autor knjige *Holivudska nauka*
Džon Pajk, GlobalSecurity.org
Džena Pinkot, autor knjige *Da li muškarci zaista više vole plavuše?*
Stiven Pinker, psiholog, Univerzitet Harvard
Tomas Poćo, Masaćusetski tehnološki institut, veštaćka inteligencija
Kori Pael, urednik časopisa *Discover*
Džon Pael, osnivać organizacije JP Aerospace

Ričard Preston, autor knjiga *Vruća zona* i *Demon u zamrzivaču*
 Raman Prindža, astronom, Univerziteti koledž u Londonu
 Dejvid Kvamen, evolutivni biolog, autor knjige
Neodlučni gospodin Darwin
 Ketrin Ramslend, forenzičar
 Liza Randal, Univerzitet Harvard, autor knjige *Zakrivljeni prolazi*
 ser Martin Ris, Kraljevski astronom Velike Britanije, Univerzitet
 Kembridž, autor knjige *Pre početka*
 Džeremi Rifkin, Fondacija za ekonomske trendove
 Dejvid Rikjer, Laboratorija za medije Masačusetskog
 tehnološkog instituta
 Džejn Risler, Zajednica odgovornih naučnika
 Stiven Rozenberg, Nacionalni institut za zdravlje
 Oliver Saks, neurolog, Kolumbija
 Pol Safo, futurista, Institut budućnosti
 pokojni Karl Segan, Univerzitet Kornel, autor knjige *Kosmos*
 Nik Segan, koautor knjige *Ovo zovete budućnošću?*
 Majkl H. Salamon, program Posle Ajnštajna, NASA
 Adam Sevidž, voditelj emisije *Razbijači mitova*
 Piter Švarc, futurista, osnivač Globalne poslovne mreže
 Majkl Šermer, osnivač Društva skeptika i časopisa *Skeptic*
 Dona Širli, program NASA Mars
 Set Šostak, Institut SETI
 Nil Šubin, autor knjige *Riba u vama*
 Pol Šerč, Savez SETI
 Piter Singer, autor knjige *Opremljeni za rat*
 Sajmon Sing, autor knjige *Veliki prasak*
 Gari Smol, autor knjige *iMozak*
 Pol Spadis, glavni naučnik projekta *Odyssey Moon Limited*
 Stiven Skvajers, astronom, Univerzitet Kornel
 Pol Stajnhart, Univerzitet Princeton, autor knjige *Beskrajni univerzum*
 Džek Stern, hirurg za matične ćelije
 Gregori Stok, Kalifornijski univerzitet u Los Andelesu, autor knjige
Redizajniranje ljudi
 Ričard Stoun, autor knjiga *Objekti blizu Zemlje* i *Tunguska*
 Brajan Salivan, Hajdenov planetarijum

Leonard Saskind, fizičar, Univerzitet Stenford
Danijel Tamet, autor knjige *Rođen tužnog dana*
Džefri Tejlor, fizičar, Univerzitet Melburn
pokojni Ted Tejlor, projektant nuklearnih bojnih glava
u Sjedinjenim Državama
Maks Tegmark, kosmolog, Masačusetski tehnološki institut
Alvin Tofler, autor knjige *Treći talas*
Patrik Taker, Društvo za budućnost sveta
Kris Tarni, Univerzitet Volongong, autor knjige *Led, blato i krv*
Nil de Gras Tajson, direktor Hajdenovog planetarijuma
Seš Velamur, Fondacija za budućnost
Robert Volas, autor knjige *Špijunska letelica*
Kevin Vorvik, ljudski kiborzi, Univerzitet Reding (Velika Britanija)
Fred Votson, astronom, autor knjige *Posmatrač zvezda*
Mark Vajser, Xerox PARC
Alan Vajsman, autor knjige *Svet bez nas*
Danijel Verthajmer, SETI@Home, Kalifornijski univerzitet u Berkliju
Majk Vesler, Laboratorija za veštačku inteligenciju Masačusetskog
tehnološkog instituta
Rodžer Vins, astronom, Nacionalna laboratorija Los Alamos
Artur Vigins, autor knjige *Radosti fizike*
Entoni Vinšo-Boris, Nacionalni institut za zdravlje
Karl Cimer, biolog, autor knjige *Evolucija*
Robert Cimerman, autor knjige *Napuštajući Zemlju*
Robert Cubrin, osnivač Udruženja za Mars

Zahvalan sam i svom agentu, Stjuartu Kričevskom, koji je bio uz mene sve ove godine i davao mi korisne savete za moje knjige. Njegove razborite procene su mi uvek bile od pomoći. Pored toga, zahvalio bih i svojim urednicima, Edvardu Kastenmajeru i Melisi Danacko, koji su me usmeravali u pisanju i davali mi dragocene uredničke savete. Zahvalnost upućujem i doktoru Mišel Kaku, mojoj ćerki i neurologu u Bolnici Maunt Sinaj u Njujorku, za stimulativne, promišljene i korisne diskusije o budućnosti neurologije. Njeno pametno i temeljno čitanje teksta umnogome je poboljšalo način izlaganja i sadržaj ove knjige.

BUDUĆNOST UMA

UVOD

Dve najveće misterije u svekolikoj prirodi jesu um i vasiona. Zahvaljujući našoj moćnoj tehnologiji, u stanju smo da fotografiramo galaksije daleke milijarde svetlosnih godina, upravljamo genima koji kontrolišu život i prodremo u privatnost atoma, ali um i univerzum nam i dalje izmiču i draže nas. Najtajanstvenije i najfascinantnije su granice znane nauci.

Ako poželite da iskusite veličanstvenost kosmosa, dovoljno je da za noći usmerite pogled ka nebesima što plamte od milijardi zvezda. Otkad su naši preci prvi put opazili blistavost zvezdanog neba muče nas ova večna pitanja: otkud sve to potiče? Šta sve to znači?

Poželite li da iskusite misteriju ljudskog uma, dovoljno je da pogledate svoj odraz u ogledalu i da se zapitate: šta se skriva iza naših očiju? To pokreće pitanja koja nas neprestano muče. Imamo li dušu? Šta se dešava s nama posle smrti? Ko sam, uopšte, „ja“? I, što je najvažnije, tako stižemo do konačnog pitanja: gde je naše mesto u velikoj kosmičkoj šemi? Istaknuti viktorijanski biolog Tomas Haksli jednom je rekao: „Pitanje nad pitanjima za čovečanstvo, problem iza svih ostalih i najzanimljiviji od svih njih jeste određivanje čovekovog mesta u Prirodi i njegov odnos s Kosmosom“.

Galaksija Mlečni put broji stotinu milijardi zvezda, koliko je otprilike i neurona u našem mozgu. Moguće je da biste morali preći put od trideset osam biliona kilometara, do prve zvezde van našeg solarnog sistema, ne biste

li našli objekat složen koliko i ono što nosite na ramenima. Um i vasseljena su najveći naučni izazov, a među njima postoji čudan odnos. S jedne strane, predstavljaju potpune suprotnosti. Jedno je prostranstvo spoljnog svemira u kome nailazimo na čudne obitavaoce: crne rupe, eksplodirajuće zvezde i galaksije koje se sudaraju. Drugo se odnosi na unutrašnji univerzum u kome su naše najintimnije i najprivatnije nade i želje. Um je blizu koliko i naša naredna misao, a ipak, često nemamo predstavu kako da ga smisleno objasnimo.

Međutim, iako ih zbog svega toga možda možemo smatrati suprotnostima, imaju zajedničku istoriju i narativ. Odvajkada, dokle nam sećanje seže, prati ih praznoverje i magija. Astrolozi i frenolozi su tvrdili da im se smisao univerzuma otkriva u svakom sazvežđu zodijaka i u svakoj kvrgi na našoj glavi. Uz to, čitače misli i proroke su tokom godina naizмениčno slavili i kudili.

Univerzum i um nastavljaju da se dodiruju na različite načine, ne malim delom zahvaljujući otrežnjujućim idejama na koje često nailazimo u naučnoj fantastici. Čitajući knjige u detinjstvu, zamišljao sam da sam pripadnik Slana, rase telepatâ, tvorevine A. E. van Vouta. Divio sam se silnoj telepatskoj moći mutanta Mazgova, junaka trilogije *Zadužbina* Isaka Asimova, jer pomoću nje zamalo da preuzme vlast nad Galaktičkim carstvom. A gledajući film *Zabranjena* planeta, pitao sam se kako je napredna civilizacija, milionima godina ispred naše, mogla da preoblikuje stvarnost kako god poželi pomoću svojih ogromnih telekinetičkih moći.

Potom, kada sam imao desetak godina, na televiziji je počela da se daje emisija „Čudesni Danindžer“.* Publika je ostajala bez daha pred njegovim spektakularnim mađioničarskim trikovima. Njegov moto bio je: „Onima koji veruju nikakvo objašnjenje nije potrebno; onima koji ne veruju, nijedno objašnjenje neće biti dovoljno“. Jednog dana objavio je da će uputiti svoje misli milionima ljudi širom zemlje. Zatvorio je oči i počeo da se koncentriše, rekavši da odašilje prezime jednog predsednika Sjedinjenih Država. Zatražio je od ljudi da mu na dopisnici pošalju ime koje im je iskršlo u mislima. Sledeće nedelje pobeđnički je objavio da su mu stigle hiljade dopisnica s rečju Ruzvelt, a upravo je to prezime mislima poslao širom Sjedinjenih Država.

Nije me oborio s nogu. U to vreme sećanje na Ruzveltove predsedničke dane bilo je još snažno među onima koji su preživeli Veliku depresiju i Drugi svetski rat, te njegovo ime nije bilo iznenađenje. (Pomislio sam kako bi eksperiment bio odista zadivljujući da je mislio na predsednika Milarda Filmora.)

* Džozef Danindžer (1892–1975) bio je poznati američki mađioničar koji je voleo da raskrinkava navodne medijume. (*Prim. prev.*)

Ipak, zagolicalo mi je maštu i nisam mogao odoleti a da sâm ne eksperimentišem s telepatijom, pokušavajući da pročitam misli drugih ljudi što jače se koncentrišući. Zatvorivši oči i upirući se, pokušavao sam da „čujem“ šta drugi ljudi misle i da snagom misli pomeram predmete po sobi.

Nisam uspeo.

Možda su negde telepate i hodile Zemljom, ali ja nisam bio jedan od njih. Posle izvesnog vremena počeo sam da uviđam da su čudesni poduhvati telepata bili verovatno nemogući – barem bez pomoći sa strane. Ali u godinama koje su usledile naučio sam još jednu lekciju: da bi se dokučile najveće tajne univerzuma, nisu potrebne telepatske niti natčovečanske sposobnosti. Dovoljno je imati otvoren, odlučan i radoznao um. Posebno ako želite da saznate mogu li se načiniti čudesne sprave iz naučnofantastičnih dela, neophodno je da se posvetite naprednoj fizici. Da biste shvatili gde je granica između mogućeg i nemogućeg, morate razumeti zakone fizike.

Dve strasti su raspaljivale moju maštu svih ovih godina: poriv da razumem osnovne zakone fizike i da vidim kako će nauka oblikovati budućnost naših života. Da bih vam to dočarao i podelio ushićenje istraživanjem konačnih zakona fizike, napisao sam knjige *Hiperprostor*, *Posle Ajnštajna* i *Paralelni svetovi*. A da bih izrazio svoju opčinjenost budućnošću, napisao sam *Vizije*, *Fiziku nemogućeg* i *Fiziku budućnosti*. Dok sam pisao te knjige neprestano me je pratilo uviđanje da je ljudski um i dalje jedna od najvećih i najtajanstvenijih sila na svetu.

Odista, sve doskoro nismo bili u stanju da shvatimo šta je naš um niti kako funkcioniše. Stari Egipćani su, pored svih svojih slavni dostignuća u umetnosti i nauci, verovali da je mozak beskoristan organ i bacali su ga prilikom balsamovanja svojih faraona. Aristotel je bio ubeđen da duša prebiva u srcu, ne u mozgu čija je jedina uloga bila da ohladi kardiovaskularni sistem. Ostali, recimo Dekart, smatrali su da duša ulazi u telo kroz majušnu moždanu žlezdu, epifizu. Ali bez ikakvih čvrstih dokaza, nijedna od ovih teorija nije se mogla potvrditi.

Ovo „mračno doba“ trajalo je hiljadama godina, s dobrim razlogom. Mozak teži samo kilo i po, a ipak, najsloženiji je objekat u Sunčevom sistemu. Iako na njega odlazi samo dva posto težine ljudskog tela, ima ogroman apetit i grabi za sebe čitavih 20 posto naše ukupne energije (mozak novorođenčadi troši zadivljujućih 65 posto energije bebe), dok je 80 posto ljudskih gena kodirano za mozak. Procenjuje se da unutar naše lobanje boravi 100 milijardi neurona s eksponencijalnom količinom neuralnih veza i putanja.

Godine 1977. astronom Karl Segan je objavio knjigu *Zmajevi iz raja*, za koju je dobio Pulicerovu nagradu. U njoj je dao opširan presek dotadašnjeg znanja o mozgu. Ta predivno napisana knjiga predstavljala je pokušaj da se dočaraju najveća dostignuća neuronauke koja se u to vreme ponajviše oslanjala na tri glavna izvora. Prvi je bio poređenje našeg mozga s mozgovima drugih vrsta. To je bio naporan i težak poduhvat, jer se morala obaviti disekcija mozga hiljada životinja. Druga metoda bila je jednako indirektna: analiziranje žrtava moždanog udara i drugih oboljenja zbog kojih su se bolesnici često bizarno ponašali. Samo autopsijom se moglo otkriti koji delovi mozga nisu pravilno funkcionisali. U trećem vidu istraživanja naučnici su elektrodama ispitivali reakcije mozga i polako i mukotrpno otkrivali koji delovi mozga su bili odgovorni za pojedine oblike ponašanja.

Ali pomoću osnovnih alatki neuronauke nije se mogao sistematski analizirati mozak. Naravno, niste tek tako mogli da naručite žrtvu moždanog udara sa oštećenjem u oblasti koju ste želeli da proučavate. Kako je mozak živ, dinamičan sistem, autopsije često nisu otkrивale najzanimljivije odlike – čak ni to kako se ostvaruju interakcije među delovima mozga, a kamoli kako nastaju tako raznolike misli poput onih o ljubavi, mržnji, ljubomori i radoznalosti.

SRODNE REVOLUCIJE

Pre četiri stotine godina konstruisan je teleskop i gotovo prekonoc taj čudesni instrument je uspeo da prodre u srca nebeskih tela. Bio je to jedan od najrevolucionarnijih (i najsubverzivnijih) instrumenata svih vremena. Iznenada, sopstvenim očima ste mogli da vidite kako mitovi i dogma iščezavaju poput jutarnje izmaglice. Umesto da budu savršeni primeri božanske mudrosti, Mesec je imao džombaste kraterе, Sunce tamne mrlje, Jupiter mesece, Venera faze, a Saturn prstenove. Više se o kosmosu saznalo u petnaest godina od pojave teleskopa nego u čitavoj dotadašnjoj ljudskoj istoriji.

Kao što je otkriće teleskopa preobrazilo neuronauku, tako su NMR mašine i raznovrsne napredne metode skeniranja mozga sredinom 90-ih i s početka novog milenijuma preobrazili neuronauku. O mozgu smo više naučili u proteklih petnaest godina nego u sveukupnoj istoriji, a um, nekad smatran da je van našeg domašaja, napokon dospeva u prvi plan.

Nobelovac Erik R. Kandel s Instituta Maks Plank u Tibingenu u Nemačkoj, piše: „Najvrednije uvide u ljudski um koji su se javili u ovom periodu nisu

iznedrile discipline tradicionalno orijentisane na analizu uma – filozofija, psihologija ili psihoanaliza. Ti uvidi su rezultat spajanja tih disciplina s biologijom mozga...”

Fizičari su imali vodeću ulogu u ovom poduhvatu, obezbeđujući brojne alatke, znane po skraćenicama NMR, EEG, PET, CT, TCM, TES i DBS, koje su dramatično izmenile proučavanje mozga. Iznenada smo pomoću ovih mašina mogli da vidimo kako se misli kreću unutar živog, mislećeg mozga. Neurolog V. S. Ramačandran s Kalifornijskog univerziteta u San Dijegu kaže: „Sve to što su filozofi proučavali milenijumima, mi, naučnici, možemo početi da istražujemo snimajući mozak, proučavajući pacijente i postavljajući prava pitanja“.

Kad se osvrnem unazad uviđam da su neki moji prvobitni pohodi u svet fizike bili povezani upravo s tehnologijama koje sada otvaraju vrata uma nauci. Na primer, u srednjoj školi sam saznao za antimateriju, novi oblik materije, i odlučio da uradim naučni projekat o njoj. Kako je reč o jednoj od najegzotičnijih supstanci na Zemlji, morao sam da zatražim direktno od Komisije za atomsku energiju majušnu količinu natrijuma-22, elementa koji prirodno emituje pozitivne elektrone (antielektrone ili pozitrone). Sa svojim malim uzorkom u rukama, uspeo sam da napravim Vilsonovu komoru i da uspostavam moćno magnetno polje, što mi je omogućilo da fotografisem magličasti trag koji za sobom ostavljaju čestice antimaterije. U to vreme nisam znao da će natrijum-22 uskoro postati izuzetno važan u novoj tehnologiji, nazvanoj PET (engl. *positron emission tomography* – pozitronska emisiona tomografija), koja je od tada omogućila zadivljujuće nove uvide u misleći mozak.

U srednjoj školi sam eksperimentisao s još jednom tehnologijom: magnetnom rezonancom. Tako sam otišao na predavanje Feliksa Bloha s Univerziteta Stenford. On i Edvard Persel dobili su 1952. godine Nobelovu nagradu za fiziku, za otkriće nuklearne magnetne rezonance. Doktor Bloh je nama, srednjoškolcima, objasnio da će se atomi u dovoljno moćnom magnetnom polju postaviti vertikalno, nalik na iglu kompasa. Ako te atome izložite impulsu radio-talasa na rezonantnoj frekvenciji, oni će se okrenuti. Kada se okrenu atomi će, kao eho, emitovati drugi impuls koji omogućava da se utvrdi identitet tih atoma. (Kasnije sam primenio princip magnetne rezonance da napravim akcelerator čestica od 2,3 miliona elektronvolti u maminoj garaži.)

Samo nekoliko godina kasnije, kad sam bio brucoš na Harvardu, imao sam čast da mi doktor Persel predaje elektrodinamiku. U to vreme našao sam

posao preko leta i imao priliku da radim s doktorom Ričardom Ernstom koji je pokušavao da generalizuje rad Bloha i Persela na magnetnoj rezonanci. Ostvario je spektakularan uspeh i dobio je 1991. godine Nobelovu nagradu za fiziku, za postavljanje temelja moderne NMR (nuklearna magnetna rezonanca) mašine. NMR aparatima smo dobili detaljnije fotografije živog mozga s još finijim detaljima nego na snimcima načinjenim pomoću PET mašina.

PROŠIRIVANJE MOĆI UMA

Postao sam profesor teorijske fizike, ali moja fascinacija umom nije izbleдела. Uzbudljivo je videti da su pomaci u fizici samo iz protekle decenije omogućili neke telepatske podvige koji su me fascinirali kad sam bio dete. Zahvaljujući NMR slikama, naučnici sada mogu da čitaju misli koje kruže mozgom. Mogu da umetnu čip u mozak potpuno paralisanih pacijenata i da ga povežu s računarom, tako da dotični pacijenti pukim mislima mogu da krstare vebom, čitaju i pišu e-poruke, igraju video-igre, kontrolišu invalidska kolica, koriste aparate za domaćinstvo i upravljaju mehaničkim rukama. Zapravo, ti pacijenti mogu da urade sve što i normalna osoba – pomoću računara.

Naučnici napreduju: povezuju mozak tih pacijenata direktno s egzoskeletom koji mogu nositi oko svojih paralisanih udova. Kvadruplegičari bi jednoga dana mogli da vode gotovo normalne živote. Takvi egzoskeleti mogli bi dati i supermoći za rešavanje potencijalno kobnih vanrednih situacija. Jednog dana naši astronauti bi čak mogli da istražuju planete umom, kontrolišući mehaničke suroge iz svojih udobnih domova.

Možda će doći dan kada ćemo moći da preuzimamo sećanja i sposobnosti koristeći računare, kao u filmu *Matrica*. Naučnicima je već pošlo za rukom da u eksperimentima sa životinjama umetnu sećanja u mozak. Možda je samo pitanje trenutka kada ćemo i mi moći da unosimo veštačka sećanja u svoje mozgove da bismo naučili nove stvari, letovali na novim destinacijama i ovladali novim hobiem. A mogućnost umetanja tehničkih veština u umove radnika i naučnika mogla bi da potrese i svetsku ekonomiju. Možda ćemo čak biti u stanju i da delimo ova sećanja. Jednoga dana naučnici bi mogli da konstruišu internet uma ili mozaknet, u okviru koga bi misli i emocije mogle da se šalju po svetu elektronskim putem. Čak bi se i snovi snimali i slali umnom poštom preko interneta.

I tehnologija bi nam mogla dati moć da poboljšamo inteligenciju. Već se više zna o izuzetnim moćima nadarenih čija su mentalna, umetnička i matematička umeća istinski zadivljujuća. Povrh toga, u toku je sekvenciranje gena koji nas razdvajaju od majmuna, što nam daje neuporediv uvid u evolutivno poreklo mozga. Već su u životinjama izdvojeni geni koji mogu da poboljšaju njihovo pamćenje i mentalne performanse.

Svaki ovaj prosvetljujući napredak donosi toliko silno ushićenje i obećanje, da su svi privukli pažnju i političara. Zapravo, nauka o mozgu iznenada je postala uzrok rivalstva između najvećih ekonomskih sila na planeti. Januara 2013. i predsednik Barak Obama i Evropska unija najavili su nešto što bi moglo da preraste u dva nezavisna projekta reverznog inženjeringa nad mozgom, za koje će se izdvajati milijarde dolara. Odgonetanje neuralne šeme mozga, nekad smatrano beznadežno nedostižnim za modernu nauku, sada je fokus dva udarna projekta koji će, poput Projekta ljudski genom, promeniti naučni i medicinski krajolik. Ne samo da će nam to omogućiti da se duboko zagledamo u naš um, nego će pokrenuti nove industrije, podstaći ekonomsku aktivnost i otvoriti nove vidike neuroнауci.

Pošto se neuralne putanje u mozgu napokon dekodiraju, spoznaćemo kako nastaju mentalne bolesti, što će nas možda dovesti i do leka za ove drevne boljke. Ovo dekodiranje omogućiće i da se napravi kopija mozga, što pobuđuje filozofska i etička pitanja. Ko smo mi, ako se svest može učitati u računar? Možemo se poigravati i s konceptom besmrtnosti. Naša tela će svenuti i umreti, ali mogu li naše svesti večno da žive?

A posle toga, možda će u dalekoj budućnosti um biti oslobođen svojih telesnih okova i krstariće među zvezdama, kako je nekoliko naučnika već spekulisalo. Vekovima u budućnost, čitave neuralne šeme mogle bi se preneti na laserske zrake koji će se poslati u duboki svemir, što je možda najpogodniji način da naša svest istražuje zvezde.

Otvora nam se put u briljantan naučni predeo koji će preobraziti sudbinu čoveka. Ulazimo u zlatno doba neuronauke.

Dok sam formulisao ova predviđanja, neprocenjivu pomoć dobio sam od naučnika koji su mi velikodušno dozvolili da ih intervjuišem, prenosim njihove ideje preko državnih radio-stanica, čak i da uvedem televizijsku ekipu u njihove laboratorije. Ti naučnici postavljaju temelje budućnosti uma. Da bi se njihove ideje našle u ovoj knjizi, morale su da zadovolje samo dva zahteva: njihova predviđanja moraju se strogo držati zakona fizike; neophodno je da postoje prototipovi kao potvrda osnovnih koncepata tih dalekosežnih ideja.

DODIR MENTALNE BOLESTI

Dok sam pisao biografiju Alberta Ajnštajna *Ajnštajnov kosmos* morao sam da proučim i najsitnije detalje njegovog privatnog života. Znao sam da je mlađi Ajnštajnov sin patio od šizofrenije, ali nisam pojmio koliki je emotivni danak veliki naučnik plaćao zbog toga. Ajnštajn je u dodir s duševnim bolestima došao i na drugoj strani: jedan od njemu najbližih kolega bio je fizičar Pol Erenfest, koji mu je pomogao da formuliše teoriju opšte relativnosti. Boreći se s depresijom u više navrata, Erenfest je na kraju ubio svog sina koji je imao Daunov sindrom, a potom je izvršio samoubistvo. Tokom godina saznavao sam da su se mnogi moji prijatelji i kolege uz napor nosili s mentalnim bolestima u svojim porodicama.

Mentalna bolest duboko je dotakla i moj život. Pre nekoliko godina majka mi je umrla posle duge bitke s Alchajmerovom bolešću. Srce mi se cepalo dok sam posmatrao kako postepeno gubi sećanje na svoje voljene, kad bih pogledao u njene oči i shvatio da ne zna ko sam. Pratio sam kako se sjaj čovečnosti lagano gasi. Život je provela trudeći se da nas podigne i umesto da uživa u zlatnim godinama, ostala je bez svih sećanja koja su joj bila draga.

Tužno iskustvo kroz koje sam prošao ja i mnogi drugi ponavljajuće se širom sveta. Želja mi je da munjevit napredak neuronauke jednog dana otkloni patnje onih pogođenih mentalnim bolestima i demencijom.

ŠTA POKREĆE OVU REVOLUCIJU?

Podaci dobijeni skeniranjima mozga sada se tumače i napredak je zadivljujući. Nekoliko puta godišnje novi pomak dospe u udarne vesti. Trista pedeset godina je prošlo otkako je otkriven teleskop dok nismo ušli u svemirsko doba, ali samo petnaest godina posle pojave NMR-a i naprednih metoda skeniranja mozga mozak se aktivno povezo sa spoljnim svetom. *Zašto tako brzo i koliki nas još napredak čeka?*

Razlog za ovakav munjevit progres delimično je to što fizičari danas dobro razumeju elektromagnetizam, fenomen koji vodi električne signale kroz neurone. Matematičke jednačine Džejmsa Klerka Maksvela, pomoću kojih se računaju vrednosti u fizici antena, radara, radio-prijemnika i mikrotalasnih tornjeva, predstavljaju kamen temeljac tehnologije NMR. Prošli su vekovi dok napokon nismo rešili tajne elektromagnetizma, ali neuronauka može da uživa u plodovima tog velikog dostignuća. U prvom delu knjige osvrćem se

na evoluciju mozga i objašnjavam kako je čitava galaksija novih instrumenata izašla iz fizičkih laboratorija i dala nam veličanstvene slike mehanike misli. Pošto svest ima središnju ulogu u svakoj diskusiji o umu, predočiću i perspektivu fizičara, dajući definiciju svesti kojom je obuhvaćeno i životinjsko carstvo. Zapravo, ponudiću rangiranje svesti, pokazujući kako je moguće dodeliti broj različitim vrstama svesti.

Ali da bismo dali potpun odgovor na pitanje kako će ova tehnologija napredovati, moramo se osvrnuti i na Murov zakon koji kaže da se moć računara udvostručuje na svakih osamnaest meseci. Često iznenadim ljude jednostavnom činjenicom: današnji mobilni telefoni imaju veću računarsku moć nego čitava NASA kada je poslala ljude na Mesec 1969. Računari su danas dovoljno moćni da beleže električne signale koji dopiru iz mozga i da ih delom prevedu na poznati digitalni jezik. To omogućava da se mozak direktno spoji s računarom kako bi kontrolisao bilo koji objekat oko njega. Ovo polje koje se brzo razvija naziva se BMI (engl. *brain-machine interface* – interfejs između mozga i mašine), a ključna tehnologija je računar. U drugom delu knjige istražujem ovu novu tehnologiju koja je omogućila beleženje sećanja, čitanje misli, snimanje snova i telekinezu.

U trećem delu razmatram alternativne oblike svesti, počev od snova, uticaja droga i mentalnih oboljenja, preko robota, pa čak do vanzemaljaca. Ovde takođe učimo o potencijalu da se mozak kontroliše da bi se savladale mnoge bolesti, recimo Parkinsonova, Alchajmerova, depresija itd. Predstaviću i projekat BRAIN (Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies – Istraživanje mozga naprednim inovativnim neurotehnologijama) koji je najavio predsednik Obama, i projekat Ljudski mozak (Human Brain Project) Evropske unije, koji bi mogli da privuku milijarde dolara za dekodiranje putanja u mozgu, sve do neuralnog sloja. U ova dva intenzivna programa nesumnjivo će biti otvorene potpuno nove oblasti istraživanja, naći će se novi načini lečenja mentalnih bolesti i otkriće se najdublje tajne svesti.

Pošto damo definiciju svesti, oslanjajući se na nju možemo da istražujemo i neljudsku svest (odnosno, svest robota). Koliko roboti mogu da napreduju? Mogu li imati emocije? Da li će biti opasni po nas? Istraživaćemo i svest vanzemaljaca čiji ciljevi bi mogli biti sasvim drugačiji od naših.

U dodatku knjige razmatram možda najčudniju ideju iz čitave nauke, koncept iznikao iz kvantne mehanike po kome bi svest mogla biti fundamentalna osnova realnosti.

Ovo polje u silovitom zamahu nadahnjuje na brojne zamisli. Samo će vreme pokazati koje su pusti snovi, nastali iz preteranih uzleta mašte pisaca naučne fantastike, a koje predstavljaju čvrstu osnovu za buduća naučna istraživanja. Napredak u neuronauci je ogroman i, na mnogo načina, presudnu ulogu u tome imala je moderna fizika koja koristi punu moć elektromagnetne sile i nuklearnih sila da istraži velike tajne skrivene u našim umovima.

Valjalo bi da istaknem da nisam neuronaučnik. Teorijski sam fizičar, s neugaslim zanimanjem za um. Nadam se da bi perspektiva fizičara mogla doprineti da se produbi naše znanje i da se stekne sveže razumevanje objekta koji nam je od svih u svemiru u najvećoj meri i blizak i stran: našeg mozga.

Ali, s obzirom na vrtoglavu brzinu kojom nastaju nove i radikalno drugačije perspektive, važno je da imamo dobar uvid u strukturu mozga.

Razmotrimo prvo korene moderne neuronauke: ona je, kako neki istoričari smatraju, rođena u trenutku kada je gvozdeni klin proburazio mozak izvesnog Fineasa Gejdža. Ovaj presudni događaj pokrenuo je lančanu reakciju koja je doprinela da se mozak podvrgne ozbiljnoj naučnoj analizi. Iako je događaj bio nesretan po gospodina Gejdža, utro je put modernoj nauci.

KNJIGA I SVEST I UM

Moja osnovna premisa o mozgu glasi da su njegova delovanja – ono što ponekad nazivamo um – posledica njegove anatomije i fiziologije, ničeg drugog.

– KARL SEGAN

1 OTKLJUČAVANJE UMA

Godine 1848. Fineas Gejdž, predradnik na železnici u Vermontu, zatekao se na radnom mestu kada je iznenada eksplodirao dinamit, silovito odbacivši klin od 110 cm pravo njemu u lice. Klin mu je probio prednji deo mozga, izleteo mu kroz teme i prizemljio se 25 metara dalje. Prisutni radnici su, premda šokirani prizorom raznesenog mozga njihovog predradnika, odmah pozvali doktora. Radnici i lekar su bili zabezeknuti što Gejdž nije umro na licu mesta.

Nedeljama je bio polusvestan, ali se na kraju, kako se činilo, potpuno oporavio. (Godine 2009. pojavila se retka Gejdžova fotografija i na njoj se video zgodan, samouvereni čovek, povređene glave i levog oka, s gvozdenom šipkom u rukama.) Ali posle ovog incidenta, njegove kolege su zapazile oštru promenu u njegovoj ličnosti. Dotad vedar predradnik koji je voleo da pomaže, preobrazio se u zlonamernu, odbojnu i sebičnu osobu. Žene su upozoravane da se drže dalje od njega. Džon Harlou, njegov doktor, zapazio je da je Gejdž bio „čudljiv i kolebljiv, smišljao je brojne planove za buduće poduhvate i vrlo brzo ih odbacivao u korist drugih koji su se činili izvodljivijim. Bio je dete po intelektualnom kapacitetu i iskazivanju, ali sa životinjskim strastima snažnog čoveka“. Doktor Harlou je zabeležio da se „drastično promenio“ i da su njegove kolege rekle

kako „to nije više Gejdž“. Posle Gejdžove smrti 1860. doktor Harlou je sačuvao i lobanju i klin koji ju je probio. Detaljni rendgenski snimci lobanje potvrdili su da je klin izazvao obimno oštećenje u oblasti mozga iza čela, poznatoj kao čeon (frontalni) režanj, u levoj i desnoj moždanoj hemisferi.

Ova neverovatna nezgoda izmieniće ne samo život Fineasa Gejdža, već i tok nauke. Do tada je važno mišljenje da su mozak i duša dva zasebna entiteta – ta filozofija zvala se dualizam. Ali bilo je sve jasnije da su oštećenja naneta čeonom reznju uzrokovala opšte promene u Gejdžovoj ličnosti. To je dovelo do promene paradigme u naučnom razmišljanju: možda su se određene oblasti mozga mogle povezati s određenim oblicima ponašanja.

BROKIN MOZAK

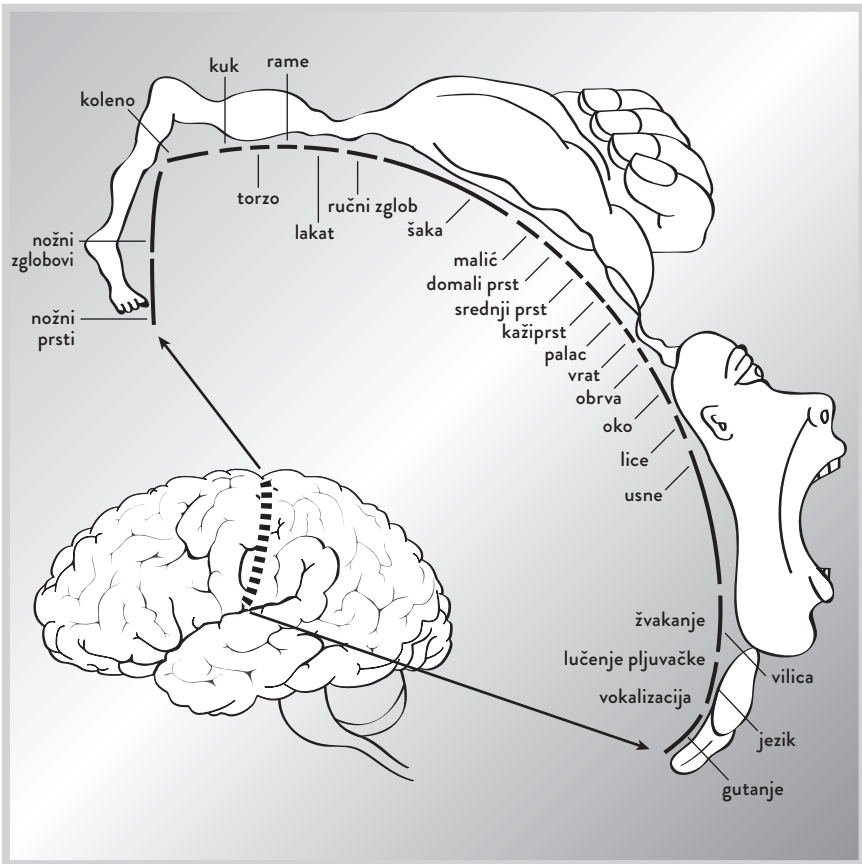
Godine 1861, samo godinu dana posle Gejdžove smrti, ovakvo stanovište učvrstio je u svom radu Pjer Pol Broka, pariski doktor koji je zabeležio slučaj naizgled normalnog pacijenta s ozbiljnim govornim nedostatkom. Pacijent je savršeno razumeo šta mu se govori, ali je bio u stanju da izrekne samo slog „tan“. Po smrti pacijenta, doktor Broka je uradio autopsiju i potvrdio da je pacijent imao leziju u levom temporalnom (slepoočnom) reznju, oblasti mozga blizu njegovog levog uva. Doktor Broka je kasnije imao još dvanaest sličnih pacijenata s ovakvim oštećenjem te oblasti mozga. Danas se za pacijente s oštećenjem ovog dela mozga kaže da pate od Brokine afazije. (Pacijenti s ovim poremećajem načelno razumeju govor, ali ne mogu ništa da kažu ili kad govore izostavljaju mnogo reči.)

Nedugo potom, 1874. godine, nemački lekar Karl Vernike je opisao pacijente koji pate od suprotnog problema. Mogli su razgovetno da se izražavaju, ali nisu bili u stanju da shvate napisano ili rečeno. Često su ti pacijenti tečno govorili, gramatički i sintaksički ispravno, ali bile su to besmislene reči i apsurdan žargon. Nažalost, ti pacijenti često nisu bili svesni toga da trabunjaju besmislice. Vernike je posle obavljenih autopsija utvrdio da su ovim pacijentima oštećene oblasti nedaleko od levog temporalnog reznja.

Radovi Broke i Vernikea bili su prekretnice za neuronauku jer je u njima uspostavljena jasna veza između promenjenog ponašanja, kakvi su problemi s govorom i razumevanjem, i oštećenja određenih oblasti mozga.

Drugi veliki pomak desio se usred ratnog haosa. Tokom istorije, mnogi verski tabui zabranjivali su seciranje ljudskog tela, što je strogo ograničavalo napredak u medicini. Međutim, u ratnim okolnostima, kada su hiljade vojnika

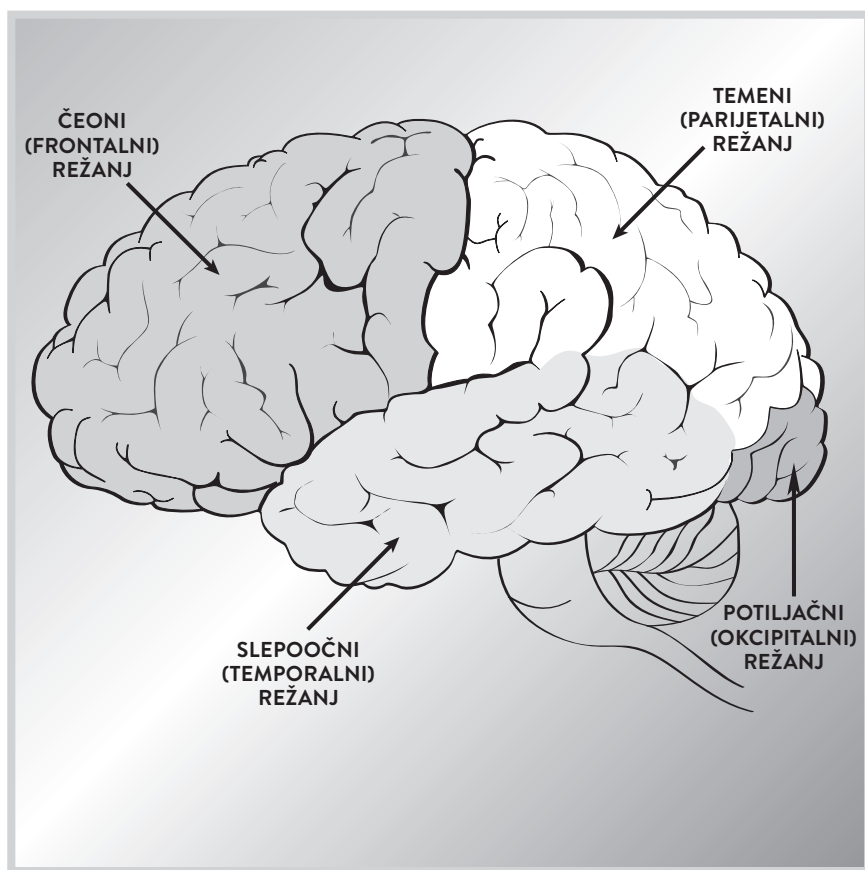
umirale na bojnopolju, lekari su morali hitno da se dosete kakvog god uspešnog medicinskog tretmana. U prusko-danskom ratu, 1864, nemački lekar Gustav Frič lečio je mnogo vojnika sa zjapećim ranama u mozgu i često bi, dodirnuvši jednu hemisferu mozga, primetio trzaj u drugoj. Frič je sistematski dokazao da prilikom električne stimulacije mozga leva hemisfera kontroliše desnu stranu mozga, i obrnuto. To zaprepašujuće otkriće pokazivalo je da mozak ima električnu prirodu i da određena oblast mozga kontroliše drugu stranu tela. (Zanimljivo je da su primeri primene elektriciteta u lečenju zabeleženi skoro dve hiljade godina pre toga, u starom Rimu. U zapisima stoji da je godine 43. n. e. dvorski lekar imperatora Klaudija stavljao naelektrisanu ribu drhtulju na telo pacijenta kog su mučile teške glavobolje.)



Slika 1. Ovu mapu motornog korteksa nacrtao je dr Vajlder Penfield; mapa pokazuje koji deo mozga kontroliše koji deo tela.

Uviđanje da postoje električne putanje koje povezuju mozak s telom nije sistematski analizirano sve do tridesetih godina prošlog veka, kada je doktor Vajlder Penfiled počeo da radi s epileptičarima koji su često trpeli iscrpljujuće grčeve i potencijalno smrtonosne napade. Poslednja mogućnost za njih bila je operacija mozga, kojoj je prethodilo uklanjanje delova lobanje da bi se pristupilo mozgu. (Kako mozak nema senzore za bol, pacijent može biti svestan tokom čitave procedure, te je doktor Penfiled operisao pod lokalnom anestezijom.)

Doktor Penfiled je primetio da pri stimulisanju određenih delova moždane kore elektrodama reaguju različiti delovi tela. Najednom je shvatio da je uspostavio grubu direktnu vezu između delova moždane kore i ljudskog tela.



Slika 2. Četiri režnja neokorteksa mozga odgovorna su za različite, premda srodne funkcije.

Njegovi crteži bili su toliko tačni da se i danas koriste u gotovo neizmenjenom obliku, i potresli su naučnu zajednicu i javnost čim su se pojavili. Na jednom dijagramu vidi se koje oblasti mozga približno kontrolišu koje funkcije i koliko je važna svaka funkcija. Na primer, pošto su nam ruke i usta vrlo važni za opstanak, znatan deo moždanih kapaciteta je posvećen njihovoj kontroli, dok su senzori za torzo gotovo zanemareni.

Povrh toga, Penfield je otkrio da su pacijenti izloženi stimulaciji određenih delova temporalnog režnja iznebuha jasno navodili davno zaboravljena sećanja. Šokirao se kada je pacijent, usred operacije mozga, najednom progovorio: „Bilo je to... stajao sam na kućnom pragu kao školarac... Čuo sam majku kako preko telefona kaže tetki da svrati doveče.“ Penfield je shvatio da čačka po sećanjima zakopanim duboko u mozgu. Svoje rezultate je objavio 1951. i tako ponovo preobrazio naše poimanje mozga.

MAPA MOZGA

Do šezdesetih godina prošlog veka već je postalo moguće napraviti grubu mapu mozga s pozicijama oblasti mozga i čak s funkcijama nekih od njih.

Na slici 2 vidimo neokorteks, spoljni omotač mozga, podeljen na četiri režnja. Kod ljudi je veoma razvijen. Svaki režanj mozga posvećen je obradi signala od naših čula, izuzev jednog, čeonog (frontalnog) režnja. Racionalno razmišljanje se najviše odvija u prefrontalnom korteksu, čelnom delu čeonog režnja. Informacija koju čitate sada obrađuje se u vašem prefrontalnom korteksu. Oštećenje ove oblasti može umanjiti sposobnost sagledavanja budućnosti, kakav je bio slučaj s Fineasom Gejdžom. U ovom delu mozga procenjuju se informacije koje šalju čula i planiraju se aktivnosti koje će se preduzeti.

Parijetalni režanj nalazi se na vrhu mozga. Desna hemisfera kontroliše senzorsku pažnju i predstavu o telu; leva hemisfera kontroliše složenije pokrete i neke aspekte jezika. Povreda temenog režnja može izazvati brojne probleme poput teškoće u lociranju delova sopstvenog tela.

Potiljačni režanj obrađuje vizuelne informacije prosleđene od očiju. Oštećenje ove oblasti može izazvati slepilo i teškoće u vidu.

Temporalni režanj kontroliše jezike (samo leva strana) te vizuelno prepoznavanje licâ i izvesne emocije. Oštećenje ovog režnja lišava nas moći govora i sposobnosti da prepoznamo poznata lica.

EVOLUCIJA MOZGA

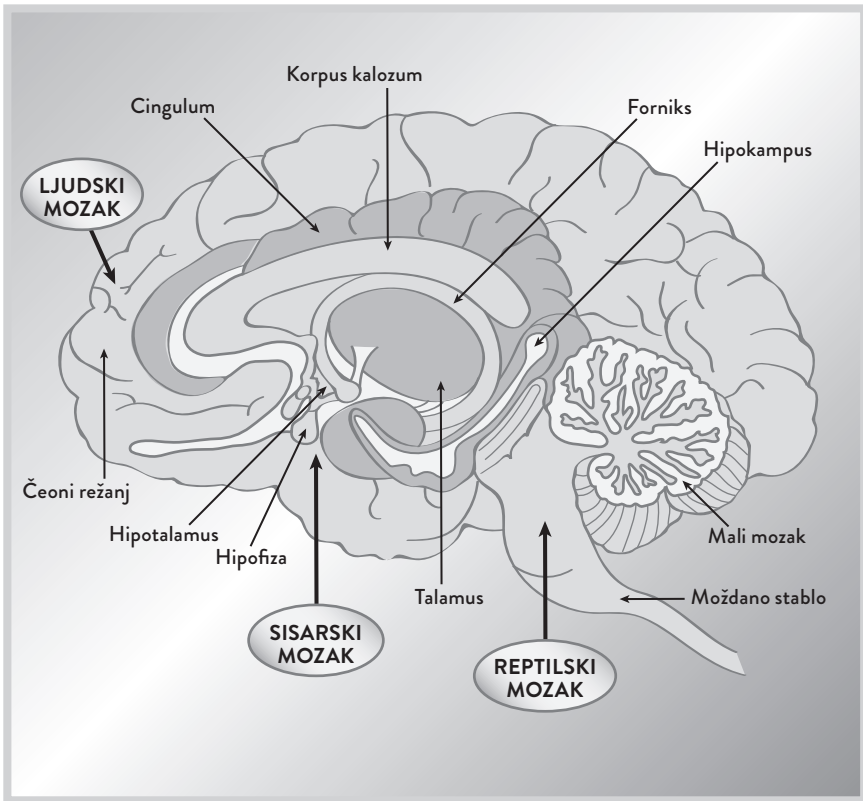
Kad pogledamo ostale delove tela, na primer mišiće i kosti, i organe, recimo pluća, njihova svrha je na prvi pogled očigledna. Ali za strukturu mozga moglo bi nam se učiniti da je prilično haotično sklepana. Zapravo, pokušaji mapiranja mozga često su nazivani „kartografija za budale“.

Da bi našao smisao u naizgled nasumičnoj strukturi mozga, doktor Pol Maklin s Nacionalnog instituta za mentalno zdravlje primenio je 1967. godine Darwinovu teoriju evolucije na mozak. Podelio je mozak na tri dela. (Studije su otad unele poboljšanja u ovaj model, ali iskoristićemo ga kao grub organizacioni princip da objasnimo načelnu strukturu mozga.) Pre svega, zapazio je da su zadnji i centralni deo našeg mozga koji sadrže moždano stablo, mali mozak i bazalne ganglije, gotovo istovetni s mozgovima gmizavaca. Te najstarije strukture mozga, poznate kao reptilski mozak, upravljaju osnovnim životinjskim funkcijama, između ostalog održavanjem ravnoteže, disanjem, varenjem, srčanim otkucajima, krvnim pritiskom. Kontrolišu i oblike ponašanja kao što su borba, lov, parenje i očuvanje svoje teritorije, neophodne za opstanak i reprodukciju. Reptilski mozak razvio se pre oko 500 miliona godina (slika 3).

U evoluciji od gmizavaca do sisara i mozak se usložnjavao, razvijajući se ka spolja i stvarajući potpuno nove strukture. Sada nailazimo na sisarski mozak ili limbički sistem; lociran je blizu centra našeg mozga, a okružuje delove reptilskog mozga. Limbički sistem je izražen kod životinja koje žive u društvenim grupama, kao što su čovekoliki majmuni. Takođe, sadrži strukture koje imaju ulogu u upravljanju emocijama. Kako dinamika društvenih grupa može biti prilično složena, limbički sistem je presudan za razvrstavanje potencijalnih neprijatelja, saveznika i rivala.

Različiti delovi limbičkog sistema koji kontrolišu oblike ponašanja društvenih životinja jesu:

- Hipokampus. Ovo je kapija sećanja, mesto gde se kratkotrajna sećanja obrađuju i pretvaraju u dugotrajna. Njegovo ime znači „morski konjic“ – takav mu je oblik. Posle oštećenja hipokampusu gube se sposobnosti stvaranja novih dugotrajnih sećanja. Bili biste zatočeni sadašnjosti.
- Amigdala. To je sedište emocija, pre svega straha – mesto gde se generišu emocije. Amigdala znači „badem“.



Slika 3. Evolucionarna istorija mozga, s reptilskim mozgom, limbičkim sistemom (sisarskim mozgom) i neokorteksom (ljudskim mozgom). Grubo govoreći, putanja evolucije našeg mozga vodila je od reptilskog mozga preko sisarskog mozga do ljudskog mozga.

- Talamus. Ovaj deo mozga je nalik razvodnoj stanici: prikuplja senzorske signale iz moždanog stabla, a potom ih šalje u različite delove moždane kore. Talamus znači „unutrašnja komora“.
- Hipotalamus. Reguliše telesnu temperaturu, biološki časovnik, glad, žeđ i aspekte reprodukcije i zadovoljstva. Leži ispod talamusa, otud mu ime.

Na kraju dolazimo do treće i najmlađe oblasti sisarskog mozga, kore velikog mozga (cerebralni korteks), koja je spoljni omotač mozga. Poslednja evolutivna struktura u kori velikog mozga je neokorteks (što znači „nova barka“); on upravlja višim kognitivnim ponašanjem. Kod ljudi je kora velikog mozga najrazvijenija: čini 80 posto naše moždane mase, a ipak, tanka je kao salveta.

Neokorteks pacova je gladak, ali kod ljudi je nabran u velikom stepenu, što omogućava da se u lobanju smesti ogromna površina.

Može se kazati da je ljudski mozak svojevrstan muzej ostataka svih prethodnih etapa naše evolucije – spolja i napred, u veličini i funkciji – tokom miliona godina. (Ovo je, takođe približno, put razvoja kroz koji prolazi mozak novorođenčeta. Njegov mozak se širi ka spolja i ka napred, možda podražavajući etape evolucije.)

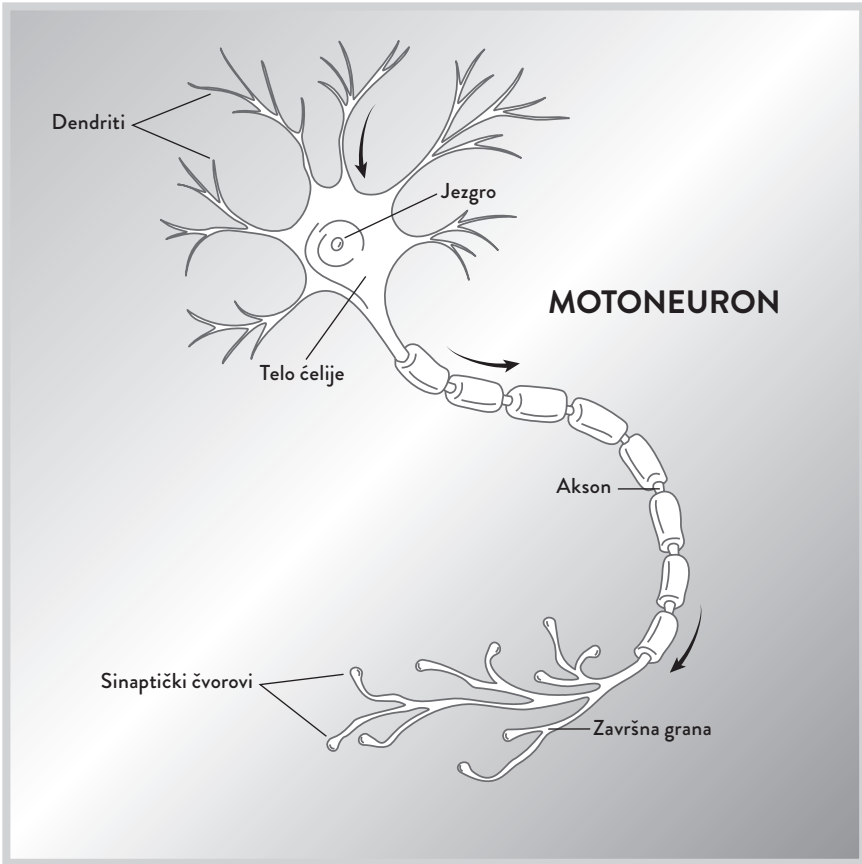
Neokorteks se možda čini neuglednim, ali izgled vara. Pod mikroskopom se otkriva složena unutrašnja arhitektura mozga. Sivu moždanu masu čine neuroni, milijarde majušnih moždanih ćelija. Poput divovske telefonske mreže, primaju poruke od drugih neurona preko dentrita koji su kao pipci što niču iz jednog kraja neurona. Na drugom kraju neurona je dug izdanak, akson (nerвно vlakno). Akson se povezuje čak i sa deset hiljada drugih neurona preko njihovih dendrita. Na spoju ta dva produžetka je sinapsa, majušni jaz. Ove sinapse se ponašaju kao kapije, regulišući protok informacija unutar mozga. Posebne hemijske supstance, neurotransmiteri, mogu da zađu u sinapsu i da izmene tok signalâ. Kako neurotransmiteri, recimo dopamin, serotonin i noradrenalin, mogu da utiču na kontrolu protoka informacija duž mnoštva putanja u mozgu, imaju izrazitog efekta na raspoloženje, emocije, misli i psihično stanje (slika 4).

Ovaj opis mozga približno odslikava ono što se znalo o mozgu osamdesetih godina. Međutim, devedesetih godina, zahvaljujući uvođenju novih tehnologija izniklih iz polja fizike, počeo je da se otkriva mehanizam misli do najsitnijih detalja. To je pokrenulo eksploziju naučnih otkrića koja još uvek traje. Jedan od motora te revolucije bila je NMR mašina.

NMR: PROZOR U MOZAK

Da biste shvatili kako je ova radikalno nova tehnologija doprinela dekodiranju mislećeg mozga, moramo se osvrnuti na neke osnovne principe fizike.

Radio-talasi, vrsta elektromagnetnog zračenja, mogu da prolaze kroz tkivo ne oštećujući ga. Pri konstrukciji NMR mašina primenjena je ta činjenica, stoga elektromagnetni talasi slobodno prodiru kroz lobanju. Zahvaljujući tome, ova tehnologija nam je pružila veličanstvene fotografije unutrašnjeg delovanja mozga tokom doživljavanja oseta i emocija, a nekad se smatralo da je to nemoguće snimiti. Motreći ples svetala u NMR aparatu, možemo pratiti



Slika 4. Dijagram neurona. Električni signali putuju duž aksona neurona do sinapse. Neurotransmiteri mogu da regulišu protok električnih signala kroz sinapsu.

kako se misli kreću unutar mozga. To je kao da pogledate u unutrašnjost časovnika dok otkucava.

Kada pogledate NMR aparat prvo upadaju u oči ogromni, cilindrični magnetni kalemovi koji mogu proizvesti magnetno polje od dvadeset do šezdeset hiljada puta jače od Zemljinog. Upravo zbog džinovskog magneta NMR skener može da teži čitavu tonu, ispunjava celu prostoriju i košta više miliona dolara. (NMR mašine su bezbednije od mašina sa X-zračenjem jer ne proizvode štetne jone. Prilikom CT skeniranja, kojim se takođe dobijaju 3D slike, telo se izlaže višestruko većoj dozi nego pri snimanju običnim rendgenom, pa se takvo skeniranje mora pažljivo podešavati. Nasuprot tome, NMR mašine su bezbedne kad se pravilno koriste. Međutim, problem je nepažljivost radnika. Ako se mašina

uključiti u pogrešnom trenutku, moćno magnetno polje može da munjevito zavrtla alatke kroz vazduh. Neki ljudi su tako povređeni, čak i poginuli.)

Evo kako funkcionišu NMR mašine. Pacijent legne na leđa i postavljaju ga u cilindrično kućište s dva ogromna kalema koji stvaraju magnetno polje. Kada se uključiti magnetno polje, jezgra atoma u vašem telu ponašaju se slično igli kompas: poravnavaju se horizontalno u smeru polja. Potom se generiše mali radio-talasi impuls usled čega će se neka jezgra u telu okrenuti naglavce. Kada se jezgra kasnije vrte u normalan položaj, emituju sekundarni impuls radio-talasa koji NMR mašina analizira. Na osnovu analize tih majušnih „eha“ rekonstruiše se lokacija i priroda tih atoma. Kao što slepi miš prema ehu procenjuje položaj objekata ispred sebe, tako i naučnici na osnovu eha koje stvara NMR mašina formiraju izvanrednu sliku dešavanja u mozgu. Posle toga, računari rekonstruišu poziciju atoma, dajući nam divne dijagrame u tri dimenzije.

Kada su se NMR mašine pojavile mogle su da pokažu statičku strukturu mozga i njegovih oblasti. Međutim, sredinom devedesetih godina konstruisan je novi tip NMR aparata, funkcionalna NMR ili fNMR (engl. fMRI), koji može da detektuje postojanje kiseonika u krvi u mozgu. (Naučnici ponekad stavljaju malo slovo ispred skraćenice NMR da označe različite vrste NMR mašina; mi ćemo uglavnom koristiti akronim NMR za sve tipove NMR aparata.) NMR skeniranjem ne može se direktno registrovati protok električnih impulsa u neuronima, ali kako je kiseonik neophodan za dopremanje energije neuronima, oksidovana krv može posredno da označi protok električne energije u neuronima i da pokaže kako različite oblasti mozga ulaze u međusobne reakcije.

NMR snimci iskorišćeni su da se definitivno opovrgne ideja kako se razmišljanje odvija u jednom centru. Stoga sad možemo videti da električna energija cirkuliše po različitim delovima mozga dok se razmišlja. NMR snimanja, budući da prate putanju naših misli, bacila su novo svetlo na prirodu Alchajmerove i Parkinsonove bolesti, šizofrenije i drugih mentalnih oboljenja.

NMR aparati imaju veliku prednost, a to je njihova izuzetna sposobnost da lociraju majušne delove mozga razmera do delića milimetra. NMR snimak neće generisati samo piksele, tačke na dvodimenzionalnom ekranu, nego i voksele, tačke u trodimenzionalnom prostoru. Na taj način dobijamo skup desetina hiljada tačaka u boji u trodimenzionalnom prostoru, u obliku mozga.

Pošto različiti hemijski elementi odgovaraju različitim radio-frekvencijama, izmenom frekvencije radio-impulsa možete da identifikujete različite elemente u telu. Kako smo pomenuli, fNMR mašine registruju atome kiseonika u krvi

da bi merile protok krvi, ali NMR aparati se mogu podesiti da identifikuju i druge atome. U protekloj deceniji uveden je novi oblik NMR tehnologije, NMR difuzioni tenzorski imidžing (engl. *diffusion tensor imaging MRI – DTI*), koji detektuje protok vode u mozgu. Kako voda prati neuralne putanje u mozgu, DTI daje predivne slike koje podsećaju na mrežu puzavica u bašti. Naučnici sada mogu bez odlaganja da odrede kako se izvesni delovi mozga spajaju s drugim delovima mozga.

Međutim, NMR tehnologija ima nekoliko nedostataka. Iako daje najbolju prostornu rezoluciju i omogućava lociranje vokselu do veličine tačkice u tri dimenzije, NMR nema naročito dobru vremensku rezoluciju. Putanja krvi u mozgu prati se gotovo celu sekundu, što možda ne zvuči naročito dugo, ali s obzirom na to da električni signali bezmalo trenutno putuju kroz mozak, na NMR snimcima mogu biti izostavljeni neki složeni detalji šeme misli.

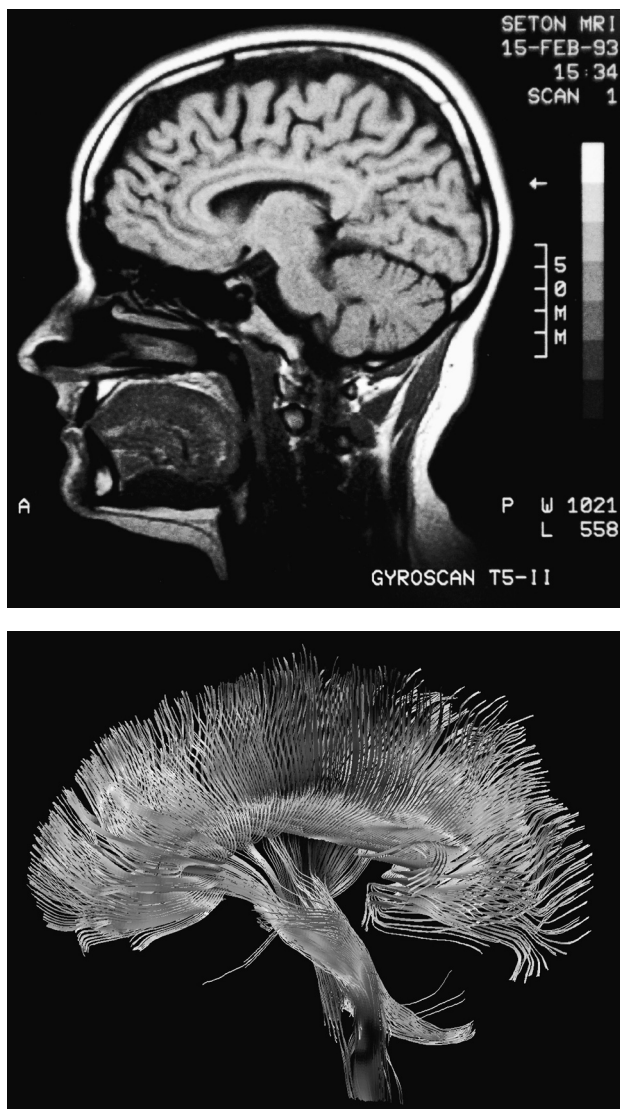
Drugi nedostatak je cena od više miliona dolara, tako da doktori često moraju da dele mašine. Ali tehnologija se razvija, kao što to gotovo uvek biva, pa s vremenom cene padaju.

U međuvremenu, velika cena nije omela potragu za komercijalnim primenama. Jedna od mogućnosti je korišćenje NMR snimaka kao detektora laži koji bi, prema nekim studijama, mogli da prepoznaju laž s preciznošću od 95 ili više procenata. Nivo preciznosti još uvek je sporan, ali osnovna ideja je sledeća: lažljivac svakako zna istinu i zato mora da smisli laž i da brzo proceni usklađenost te laži s poznatim činjenicama. Neke kompanije danas tvrde da NMR tehnologija pokazuje kako prefrontalni i parijetalni režnjevi zasvetle kad neko slaže. Konkretno, aktivira se „orbitofrontalni korteks“ (koji, između ostalih funkcija, može da se ponaša kao korektivni faktor u mozgu kako bi nas upozorio kada nešto nije u redu). Ova oblast nalazi se neposredno iza očnih duplji i po tome je dobila ime. Prema teoriji, orbitofrontalni korteks uviđa razliku između istine i laži, a posledica je njegova intenzivna aktivnost. (Kada neko izriče laž uključe se drugi delovi mozga, poput gornjeg unutrašnjeg korteksa i inferolateralno prefrontalnog korteksa, koji imaju ulogu u shvatanju.)

Nekoliko komercijalnih firmi već nudi NMR mašine kao detektore laži i NMR nalazi počeli su da se pojavljuju kao dokazi na suđenjima. Ali važno je istaći da ovi NMR snimci otkrivaju povećanu moždanu aktivnost samo u pojedinim oblastima. Dok DNK rezultati ponekad imaju preciznost od 1:10.000.000.000 ili bolje, NMR nalazi to ne mogu da dostignu, jer da bi se smislila laž, angažuju se mnogi delovi mozga, a to su oblasti odgovorne za obradu i drugih vrsta misli.

EEG SNIMANJE

Druga korisna alatka za dubinsko ispitivanje mozga je elektroencefalogram, skraćeno EEG. EEG se pojavio još 1924, no tek nedavno je postalo moguće naći smisao svih tih podataka od svake elektrode, i to pomoću računara.



Slika 5. Gore je fNMR snimak koji prikazuje oblasti intenzivne mentalne aktivnosti. Dole vidimo cvetnu šemu dobijenu snimanjem difuzionom NMR mašinom koja može da prati neuralne putanje i veze u mozgu.

Prilikom snimanja EEG mašinom pacijentu se obično stavi šlem futurističkog izgleda s elektrodama na površini. (U naprednijoj varijanti, na glavu se stavlja kapa s nizom sićušnih elektroda.) Te elektrode detektuju slabe signale koji cirkulišu po mozgu.

Postoji nekoliko ključnih razlika između EEG snimka i NMR snimka. Prilikom NMR skeniranja mozak se izlaže impulsima radio-talasa, a aparat potom analizira radiotalasni eho. To znači da možete menjati impuls radio-talasa i tako birati atome za analizu, te je NMR tehnologija prilično prilagodljiva. Međutim, EEG aparat je strogo pasivan, odnosno, analizira slabe elektromagnetne signale koje mozak prirodno emituje. EEG je izvrsna alatka za beleženje širokog raspona elektromagnetnih signala koji cirkulišu po čitavom mozgu, što omogućava naučnicima da mere opštu aktivnost mozga dok spavamo, koncentrišemo se, odmaramo se, sanjamo itd. Različita stanja svesti vibriraju na različitim frekvencijama. Na primer, dubok san odgovara delta talasima čija se frekvencija kreće od 0,1 do 4 ciklusa u sekundi. Aktivna mentalna stanja kao što je rešavanje problema povlače za sobom beta talase koji vibriraju učestalošću od 12 do 30 ciklusa u sekundi. Zbog ovih vibracija delovi mozga mogu da dele informacije i da međusobno komuniciraju, čak i ako su na suprotnim stranama mozga. A dok se NMR skeniranje radi merenja protoka krvi može izvesti samo nekoliko puta u sekundi, EEG aparat trenutno meri električnu aktivnost.

Ipak, najveće prednosti EEG skeniranja su njegova pristupačnost i cena. Čak su i srednjoškolci u svojim sobama obavljali eksperimente s EEG senzovima koje su postavljali sebi na glavu.

Međutim, glavni nedostatak EEG tehnologije koji već decenijama čeka poboljšanje jeste veoma loša prostorna rezolucija. EEG registruje električne signale koji se rasipaju u prolasku kroz lobanju. Dok se gledaju zbrkani zabeleženi EEG signali, gotovo je nemoguće pouzdano reći koji deo mozga ih je generisao. Povrh toga, i slabi pokreti poput pomeranja prsta mogu da izobličie signal, tako da je ponekad beskoristan.

PET SKENIRANJE

Još jedna korisna alatka iz sveta fizike je pozitronska emisiona tomografija (engl. *positron emission tomography* – PET), tehnologija pomoću koje se protok energije u mozgu izračunava lociranjem postojanja glukoze, molekula šećera koji hrani ćelije. Kao u Vilsonovoj komori – napravio sam je kao srednjoškolac

– informacije se prilikom PET snimanja dobijaju od subatomske čestice koje emituje natrijum-22 u glukozi. Pre početka PET snimanja pacijentu se ubrizgava poseban rastvor s radiokativnim šećerom. Atomi natrijuma u molekulu šećera zamenjeni su atomom radioaktivnog natrijuma-22. Kad god se atom natrijuma raspadne, emituje se pozitivni elektron ili pozitron koji senzori lako detektuju. Prateći putanju atoma radioaktivnog natrijuma u šećeru, moguće je registrovati protok energije u živom mozgu.

PET skeniranje deli mnoge prednosti s NMR snimanjem, ali nema tako dobru prostornu rezoluciju. Međutim, umesto da se meri protok krvi, što je samo posredni pokazatelj potrošnje energije u telu, tokom PET snimanja se meri potrošnja energije, pa ono bliže prati neuralnu aktivnost.

PET tehnologija ima još jedan nedostatak. Za razliku od NMR i EEG snimanja, PET snimanja se obavljaju uz izvesno izlaganje pacijenta radioaktivnosti, tako da se ne mogu učestalo izvoditi. Načelno, nije dozvoljeno više od jednog PET skeniranja godišnje, zbog malog, ali nikako zanemarljivog rizika od zračenja.

MAGNETIZAM U MOZGU

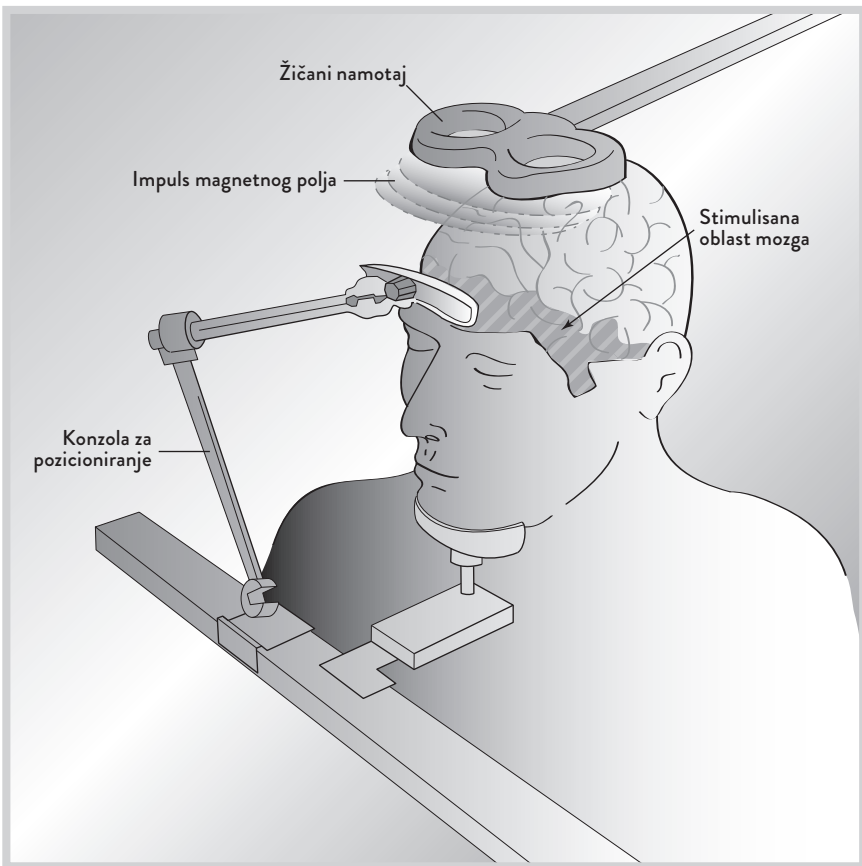
U protekloj deceniji mnogi visokotehnološki uređaji postali su alatke neuronaučnika, a među njima su transkranijalni elektromagnetni skener (TES), magnetoencefalografija (MEG), spektroskopija opsega bliskog infracrvenom (engl. *near-infrared spectroscopy* – *NIRS*) i optogenetika.

Posebno se magnetizam koristi za sistematsko isključivanje određenih delova mozga bez potrebe da se fizički prodire u njega. Ove nove alatke zasnivaju se na fizičkoj činjenici da promenljivo električno polje može stvoriti magnetno polje, i obrnuto. Magnetoencefalografi (MEG) pasivno mere magnetna polja generisana prilikom promene električnih polja u mozgu. Ova magnetna polja su izuzetno mala i predstavljaju tek milijarditi deo Zemljinog magnetnog polja. MEG, kao i EEG, ima izuzetno dobru vremensku rezoluciju, sve do hiljaditog delića sekunde. Međutim, prostorna rezolucija je loša – reda veličine jednog kubnog centimetra.

Za razliku od pasivnog merenja koje se sprovodi pomoću MEG-a, transkranijalni elektromagnetni skener (TES) generiše veliki električni signal koji stvara intenzivan impuls magnetne energije. TES se postavlja kraj mozga tako da magnetni impuls prodire kroz lobanju i stvara drugi električni impuls unutar mozga. Ovaj sekundarni električni impuls dovoljan je da isključi ili priguši aktivnost određenih oblasti mozga.

Naučnici su ranije morali da računaju na šlogove ili tumore da isključe pojedine delove mozga, kako bi na osnovu toga odredili koja im je funkcija. Ali TES omogućava da se bezbedno, po želji, prekine ili umanja aktivnost delova mozga. Kad se uputi magnetna energija u određenu tačku u mozgu i pri tome se posmatra ponašanje dotične osobe, moguće je odrediti funkciju tog regiona. (Na primer, ako uputimo magnetni impuls u levi temporalni režanj, možemo zapaziti negativan uticaj na sposobnost govora.)

Potencijalna mana TES-a jeste to što magnetna polja ne prodiru duboko u mozak (pošto magnetno polje opada mnogo brže nego po zakonu obrnutog



Slika 6. Ovde vidimo transkranijalni elektromagnetni skener i magnetoencefalograf koji pomoću magnetizma, a ne radio-talasa, prodire kroz lobanju i određuje prirodu misli u mozgu. Magnetizam može privremeno da priguši pojedine oblasti mozga, pa naučnici u određivanju funkcije tih delova mozga ne moraju da se oslanjaju na slučajeve pacijenata koji su doživeli moždani udar.

kvadrata koji važi za električno polje). TES je prilično korisna tehnologija za isključivanje određenih oblasti mozga, ali magnetno polje ne može dopreti do važnih centara smeštenih duboko u mozgu poput limbičkog sistema. Međutim, u budućim generacijama uređaja TES mogao bi se prevazići ovaj tehnički problem ukoliko im se poveća intenzitet i preciznost impulsa magnetnog polja.

DUBOKA STIMULACIJA MOZGA

Još jedna tehnika neprocenjivo važna za neurologe jeste duboka stimulacija mozga (engl. *deep brain stimulation* – DBS). Sonde kojima se služio doktor Penfield bile su relativno grube. Danas ove elektrode mogu biti tanušne kao vlas kose i u stanju su da dosegnu određene oblasti duboko u mozgu. Njima naučnici lociraju različite delove mozga, a uz to se mogu koristiti za lečenje mentalnih poremećaja. DBS se već pokazao korisnim u lečenju Parkinsonove bolesti kod koje su izvesne oblasti u mozgu previše aktivne i često uzrokuju nekontrolisano drhtanje šaka.

Nedavno je ovim elektrodama ciljana nova oblast mozga (Brodmannova oblast broj 25), često preterano aktivna kod depresivnih pacijenata koji ne reaguju dobro na psihoterapiju ili lekove. Duboka stimulacija mozga pruža tim pacijentima gotovo čudesno olakšanje posle decenija mučenja i agonije koje trpe.

Svake godine otkrivaju se nove primene duboke stimulacije mozga. Zapravo, sada se gotovo svi veliki poremećaji mozga ponovo ispituju pomoću ove i drugih novih tehnologija skeniranja mozga. Ovo će, po svojoj prilici, biti nova uzbudljiva oblast dijagnostike, čak i lečenja bolesti.

OPTOGENETIKA – OSVETLJAVANJE MOZGA

Ali možda je optogenetika, nekad smatrana naučnom fantastikom, najnoviji i najuzbudljiviji instrument u arsenalu neurologa. Kao kakvim čarobnim štapićem, mozak se osvetljava i aktiviraju se određene putanje koje kontrolišu ponašanje.

Neverovatno zvuči, ali gen osetljiv na svetlost koji uzrokuje aktiviranje ćelije može se umetnuti direktno u neuron s hirurškom preciznošću. Potom se, puštanjem svetlosnog zraka, neuron aktivira. Još je važnija činjenica da se tako omogućava pobuđivanje ove putanje, pa se, kao pritiskanjem prekidača, mogu aktivirati i deaktivirati izvesni oblici ponašanja.

Iako je optogenetika stara samo jednu deceniju, već se pokazala uspešnom u kontrolisanju izvesnih oblika ponašanja kod životinja. Uključujući svetlosni prekidač, moguće je naterati voćne mušice da iznenada polete, crve da prestanu da se uvijaju, a miševе da jurcaju ukrug kao ljudi. Ispitivanja s majmunima tek su u začetku, a eksperimenti s ljudima još uvek se razmatraju. Postoji čvrsta nada da će se ova tehnologija direktno primenjivati u lečenju poremećaja kao što su Parkinsonova bolest i depresija.

PROVIDNI MOZAK

Pored optogenetike, još jedan spektakularan korak napred je mogućnost da mozak postane potpuno providan tako da neuralne putanje budu vidljive golim okom. Godine 2013. naučnici na Univerzitetu Stanford najavili su da su učinili providnim čitav mozak miša, kao i delove ljudskog mozga. Vest je bila toliko zaprepašćujuća, da se našla na naslovnoj strani *New York Timesa*, pod naslovom „Mozak providan kao želatin serviran naučnicima da ga istražuju“.

Na ćelijskom nivou, svaka ćelija ponaosob je providna i vide se njene mikroskopske komponente. Međutim, kada se milijarde ćelija okupe da formiraju organe, recimo mozak, onda postojeći lipidi (masti, ulja, vosak i hemijske supstance nerastvorljive u vodi) utiču na to da organ bude neprovidan. Ključni korak u ovoj novoj tehnici je otklanjanje lipida bez diranja neurona. Naučnicima sa Stanforda je to pošlo za rukom: stavili su mozak u hidrogel, gelastu supstancu načinjenu pretežno od vode, koja se vezuje za sve molekule mozga sem za lipide. Mozak se stavi u sapunasti rastvor s električnim poljem, onda se rastvor ispere i odnese lipide, a mozak ostaje, providan. Kada se dodaju boje, neuralne putanje postaju vidljive. Ovaj postupak može pomoći da se identifikuju i mapiraju mnoge neuralne putanje u mozgu.

Eksperimenti u kojima su tkiva postajala providna već su se izvodili, ali da bi se ostvarili uslovi neophodni da čitav mozak postane providan bilo je potrebno mnogo pronicljivosti. „Spalio sam i istopio preko stotinu mozgova“, priznao je doktor Kvangun Čang, jedan od glavnih naučnika učesnika u toj studiji. Nova tehnika, prozračnost (engl. *clarity*), može se primeniti i na druge organe (čak i one godinama čuvane u formalinu). Dr Čang je već načinio providnima jetru, pluća i srce. Ova nova tehnika ima zadivljujuće primene u svim poljima medicine.

ČETIRI FUNDAMENTALNE SILE

Uspeh ove prve generacije metoda skeniranja mozga bio je spektakularan. Pre njih, sa sigurnošću smo mogli reći da poznajemo samo tridesetak oblasti mozga. Danas sâm NMR skener može da prepozna od dve do tri stotine regiona mozga, otvarajući potpuno nove vidike nauci o mozgu. S obzirom na to da je fizika u samo proteklih petnaest godina iznedrila toliko mnogo novih tehnologija skeniranja, mogli bismo da se zapitamo: hoće li ih biti još? Odgovor je potvrđan, ali to će biti varijacije i doterivanja postojećih metoda, a ne radikalno nove tehnologije. Razlog je to što postoje samo četiri fundamentalne sile – gravitaciona, elektromagnetna, slaba nuklearna i jaka nuklearna – koje upravljaju kosmosom. (Fizičari su pokušavali da nađu dokaze o postojanju pete sile, ali takvi pokušaji su do sada bili neuspešni.)

Elektromagnetna sila koja osvetljava naše gradove i predstavlja energiju elektriciteta i magnetizma, osnova je gotovo svih novih tehnika skeniranja (uz izuzetak PET snimanja, koje se zasniva na slaboj nuklearnoj sili). Pošto su fizičari imali preko sto pedeset godina iskustva u radu s elektromagnetnom silom, generisanje novih električnih i magnetnih polja nije misterija, te će svaka nova tehnologija skeniranja mozga najverovatnije biti modifikacija postojeće tehnologije, a ne nešto sasvim novo. Kao što se dešava s većinom tehnologija, veličina i cena ovih mašina će opadati, pa će se ovi napredni aparati naširoko koristiti. Fizičari već sad obavljaju osnovne proračune u procesu konstruisanja NMR mašine koja će stati u mobilni telefon. Istovremeno, glavni izazov pred ovim tehnikama skeniranja mozga je rezolucija, kako prostorna tako i vremenska. Prostorna rezolucija NMR slika će rasti s uniformnošću magnetnog polja i osetljivošću elektronike aparata. NMR skeniranjem se za sada mogu videti tačke ili vokseli do dela milimetra. Ali svaka tačka može da sadrži stotine hiljada neurona. Nova tehnologija skeniranja bi trebalo da omogući da se vide još manji vokseli. Za sada je konstruisanje mašine nalik NMR aparatu, koja bi mogla da identifikuje neurone i njihove veze, slično potrazi za Svetim gralom.

Vremenska rezolucija NMR aparata takođe je ograničena jer ove mašine analiziraju protok oksidovane krvi u mozgu. Sam aparat ima veoma dobru vremensku rezoluciju, ali praćenje protoka krvi ga usporava. U budućnosti, druge NMR mašine će moći da lociraju različite supstance koje su u neposrednijoj vezi s aktiviranjem neurona, omogućavajući analizu mentalnih procesa

u realnom vremenu. Dakle, uspesi iz proteklih petnaest godina, ma koliko spektakularni, samo su nagoveštaj budućnosti.

NOVI MODELI MOZGA

Osvrnemo li se u prošlost, vidimo da je svako novo naučno dostignuće praćeno novim modelom mozga. Jedan od najranijih modela mozga bio je homunkul (lat. *homunculus*), čovečuljak koji živi u mozgu i donosi sve odluke. Ovakva predstava nije bila naročito korisna, pošto nije objašnjavala šta se dešava u mozgu samog homunkula. Možda je u homunkulu živio drugi homunkul.

S pojavom jednostavnih mehaničkih uređaja, javio se drugi model mozga: mašina nalik časovniku, s mehaničkim točkicama i zupčanicima. Ova analogija bila je zgodna za naučnike i pronalazače – recimo, za Leonarda da Vinčija koji je i dizajnirao mehaničkog čoveka.

Krajem 19. veka, kada je moć parne mašine uzdizala nova carstva, javila se nova analogija – mozak je viđen kao parna mašina u kojoj se sukobljavaju tokovi energije. Istoričari su pretpostavili da je ovaj hidraulički model mozga uticao na Frojđovu predstavu o mozgu, prema kojoj postoje tri sile u stalnoj međusobnoj borbi: ego (predstavlja sebe i racionalnu misao), id (predstavlja potisnute želje) i superego (predstavlja našu savest). Ukoliko konflikt između te tri sile dovede do prevelikog pritiska, može nastupiti regresija ili slom čitavog sistema. Ovaj model bio je inventivan, ali, kako je čak i sam Frojđ priznao, mozak se morao detaljno proučiti na neuronskom nivou, a na to je trebalo čekati još jedan vek.

Početak prošlog veka, s pojavom telefona, došlo se do nove analogije – sa složenom razvodnom tablom. Mozak je bio klupko telefonskih linija povezanih u obimnu mrežu. Svest je bila dug red telefonskih operatera koji su sedeli pred velikom tablom s utičnicama, neprestano priključujući i isključujući žice. Nažalost, ovaj model nije govorio ništa o tome kako su se ove poruke povezivale da načine mozak.

Otkriće tranzistora pratio je novi model mozga: računar. Zastarele telefonske centrale zamenili su mikročipovi sa stotinama miliona tranzistora. Možda je um tek softverski program koji se izvršava na mozgveru (u tkivu mozga umesto u tranzistorima). Ovaj model opstaje i danas, ali ima ograničenja. Tranzistorskim modelom ne može se objasniti kako mozak izvodi proračune za koje bi trebao računar veličine Njujorka. Osim toga, u mozgu se ne izvršavaju programi, nema operativnog sistema Windows niti Pentium

čipa. (Takođe, PC s Pentium čipom je izuzetno brz, ali nije neograničeno moćan. Svi proračuni moraju proći kroz jedan procesor. Mozak funkcioniše sasvim suprotno. Svaki neuron ponaosob aktivira se relativno sporo, ali to se i više nego nadoknađuje time što 100 milijardi neurona istovremeno obrađuje podatke. Dakle, spor procesor s paralelnim izvršavanjem zadataka mnogo je efikasniji od jednog procesora, ma kako brz bio.)

Najnovija je analogija s internetom, koji spaja milijarde računara. U ovakvoj predstavi svest je fenomen koji se čudesno izdiže iz kolektivne akcije milijardi neurona. (Problem s ovom slikom je to što ne govori ništa o tome kako dolazi do ovog čuda. Gura svu složenost mozga pod tepih teorije haosa.)

Nema sumnje da svaka ova analogija nosi zrnce istine, ali nijedna precizno ne odslikava kompleksnost mozga. Međutim, poređenje mozga s velikom korporacijom smatram korisnom analogijom (iako ipak nesavršenom). Prema toj analogiji, postoji ogromna birokratija i lanac upravljanja, s obimnim protokom informacija između različitih kancelarija. No važne informacije će svakako stići do komandnog centra na čijem čelu je direktor. Tu se donose konačne odluke.

Ako je ova analogija mozga s velikom korporacijom ispravna, onda bismo mogli da objasnimo određene odlike mozga.

- **Većina informacija su „podsvesne“**, odnosno, direktor je sasvim spokojan jer ne zna koliko obimne, složene informacije neprestano cirkulišu među birokratijom. Zapravo, samo delić informacija dospeva do direktora, koji bi se mogao uporediti s prefrontalnim korteksom. Direktor isključivo saznaje informacije dovoljno važne da im posveti pažnju, inače bi ga paralisala lavina nebitnih informacija.

Ovakav poredak verovatno je sporedni proizvod evolucije, pošto bi naši preci bili preplavljeni površnim, podsvesnim informacijama koje bi bombardovale mozak u slučaju suočavanja s opasnošću. Blaženo smo nesvesni biliona proračuna koji se izvode u našem mozgu. Kada naidemo na tigra u šumi, ne moramo da se brinemo o stanju našeg želuca, nožnih prstiju, kose itd. Jedino treba da znamo kako da trkom uteknemo.

- **„Emocije“ su munjevite odluke koje se nezavisno donose na nižem nivou.** Kako formiranje racionalne misli potraje mnogo sekundi, često je nemoguće promišljeno reagovati na kriznu situaciju – zato oblasti mozga nižeg nivoa moraju munjevito da procene situaciju i donesu odluku, emociju, bez dozvole s vrha.

Dakle, emocije (strah, bes, užas itd.) trenutni su alarmi koji se aktiviraju na nižem nivou, nastali evolucijom, sa svrhom da upozore komandni centar na potencijalno opasnu ili ozbiljnu situaciju. Nemamo mnogo svesne kontrole nad emocijama. Na primer, koliko god vežbali držanje govora pred brojnom publikom, i dalje smo nervozni.

Rita Karter, autor knjige *Mapiranje uma*, piše: „Emocije uopšte nisu osećanja, već urođeni mehanizmi u organizmu koji su se razvili tokom evolucije da bi nas odvratili od opasnosti i naveli na postupke koji bi nam mogli biti korisni“.

- **Neprestano se vapi za pažnjom direktora.** Nema jednog jedinog homunkula, centralne procesorske jedinice ili Pentium čipa da donosi odluke; umesto toga, različiti podcentri u okviru komandnog centra neprestano se nadmeću za pažnju direktora. Dakle, nema glatkog, postojanog toka misli, već kakofonije različitih petlji s povratnom spregom koje su u rivalstvu. Koncept „ja“, kao jedinstvene celine koja neprestano donosi odluke, iluzija je proistekla iz našeg podsvesnog uma.

Mentalno, osećamo da nam je um jedan entitet koji neprestano i tečno obrađuje informacije, imajući potpunu kontrolu nad našim odlukama. Ali slika koju daju snimci mozga prilično se razlikuje od našeg poimanja sopstvenog uma.

Profesor Marvin Minski s Masačusetskog tehnološkog instituta (MIT), jedan od utemeljivača veštačke inteligencije, rekao mi je da je um više nalik „kolektivu umova“ s različitim podmodulima koji pokušavaju da nadvladaju jedni druge.

Kada sam intervjuisao Stivena Pinkera, psihologa s Univerziteta Harvard, upitao sam ga kako se iz te zbrke pojavljuje svest. Rekao je da je svest poput oluje koja besni u našem umu. To je dodatno obrazložio kad je napisao kako je „naše intuitivno osećanje da postoji izvršno ‘ja’ koje sedi u kontrolnoj sobi našeg mozga, pregleda ekrane naših čula i pritiska dugmiće naših mišića, čista iluzija. Svest je, ispostavlja se, vrtlog dešavanja svuda po mozgu. Ti događaji nadmeću se za pažnju, i kako jedan nadvlada ostale, mozak naknadno racionalizuje ishod i stvara utisak da je sve vreme jedno ‘ja’ upravljalo dešavanjima.“

- **Konačne odluke donosi direktor u komandnom centru.** Gotovo čitava birokratija je posvećena akumuliranju i objedinjavanju informacija za direktora, a on se sastaje samo s direktorima pojedinačnih odeljenja.

Glavni direktor pokušava da rastumači sve suprotstavljene informacije pristigle u komandni centar. Na direktoru je odgovornost donošenja konačne odluke. Dok životinje većinu odluka donose instinktivno, ljudi do odluka višeg nivoa dolaze prosejavajući različite informacije dobijene od čula. Krajnje odluke donosi direktor u mozgu, smešten u prefrontalnom korteksu.

- **Tokovi informacija su hijerarhijski.** Zbog ogromne količine informacija koje moraju da teku nagore, prema direktorovoj kancelariji ili nadole, prema tehničkoj podršci, informacije se moraju urediti u složene nizove ugnežđenih mreža s mnogo grana. Zamislite bor, s komandnim centrom na vrhu i piramidom grana koje se pružaju nadole i dele u mnoštvo podcentara.

Naravno, postoji razlika između birokratije i strukture misli. Prvo pravilo svake birokratije glasi „širi se da ispuniš dodeljeni prostor“. Ali gubljenje energije je luksuz koji mozak ne može sebi da priušti. Mozak troši samo dvadeset vati (snaga slabe sijalice), no to je verovatno maksimalna energija koju može trošiti, a da telo ne postane disfunkcionalno. Ako proizvede više toplote, oštetiće se tkiva. Zato mozak neprestano koristi prečice da bi sačuvao energiju. U ovoj knjizi predstavimo dovtijlive mehanizme koje je evolucija uspostavila bez našeg znanja, kako bi nam omogućila takve prečice.

DA LI JE STVARNOST STVARNO STVARNA?

Svi znamo za izraz „verujem samo svojim očima“. Ipak, mnogo šta od onog što vidimo je, zapravo, iluzija. Na primer, dok posmatramo krajolik, izgleda nam kao glatka, filmska panorama. U stvarnosti, postoji rupa u našem vidnom polju koja odgovara lokaciji optičkog nerva u mrežnjači. Trebalo bi da tu veliku, ružnu, crnu mrlju vidimo gde god da pogledamo. Ali naš mozak premošćuje tu rupu – popunjava je, usrednjujući informacije. To znači da je deo onog što vidimo lažan konstrukt našeg podsvesnog uma, nastao sa svrhom da budemo obmanuti.

Takođe, jasno vidimo samo foveu, to jest centar našeg vidnog polja. Periferni deo je mutan, čime se štedi energija. No fovea je veoma mala. Da bi oko, uz majušnu foveu, pribavilo što više informacija, ono neprestano šeta. To brzinsko, nemirno kretanje naših očiju naziva se sakada. Sve to se radi podsvesno, pri čemu nastaje lažan utisak da je naše vidno polje jasno i fokusirano.

Kada sam kao dete prvi put video dijagram spektra elektromagnetnog zračenja u svoj njegovoj slavi, šokirao sam se. Bio sam potpuno nesvestan toga da su veliki delovi elektromagnetnog spektra nevidljivi (na primer, infracrveno, ultraljubičasto i gama zračenje, X-zračenje). Počeo sam da poimam kako je ono što vidim svojim očima samo skromna, gruba aproksimacija stvarnosti. (Postoji stara izreka „Kada bi izgled i suština bili jedno te isto, ne bi bilo potrebe za naukom.“) U mrežnjači imamo senzore koji mogu da detektuju samo crveno, zeleno i plavo. To znači da, zapravo, nikada nismo videli žutu, smeđu, narandžastu i sve ostale boje. One postoje, ali naš mozak može da ih približno predstavi samo mešanjem različitih količina crvene, zelene i plave. (Možete to opaziti ako se vrlo pažljivo zagledate u ekran starog televizora u boji. Vidite samo skup crvenih, zelenih i plavih tačaka. TV u boji je, zapravo, iluzija.)

Oči nas obmanjuju, navodeći nas na uverenje da možemo videti dubinu. Mrežnjače naših očiju su dvodimenzionalne, ali pošto su nam oči razdvojene nekoliko centimetara, leva i desna polovina mozga stapaju te dve slike, usađujući nam privid treće dimenzije. Koliko su daleko udaljeniji objekti, procenjujemo registrujući kako se kreću dok pomeramo glavu. To se naziva paralaksa.

(Tim fenomenom se objašnjava zašto se deca ponekad žale da ih Mesec prati. Pošto je mozgu teško da spozna paralaksu udaljenih objekata, čini se da je Mesec uvek na istoj udaljenosti „iza“ nas, ali to je samo iluzija koju mozak stvara jer je odabrao prečicu.)

PARADOKS PODELJENOG MOZGA

Jedan od načina na koji ova slika zasnovana na korporativnoj hijerarhiji u kompaniji odstupa od prave strukture mozga ilustruje čudan slučaj pacijenata s podeljenim mozgom. Mozak ima tu neobičnu odliku da su mu dve polovine, odnosno hemisfere – leva i desna – gotovo identične. Naučnici su se dugo pitali čemu ta izlišnost, s obzirom na to da mozak može funkcionisati i ako mu se ukloni čitava jedna polovina. Nijedna normalna korporativna hijerarhija nema ovu neobičnu odliku. Ako svaka hemisfera ima svest, znači li to da imamo dva zasebna centra svesti unutar lobanje?

Doktor Rodžer V. Speri s Kalifornijskog tehnološkog instituta dobio je Nobelovu nagradu 1981. godine zato što je pokazao da dve hemisfere mozga nisu potpuno identične, već da imaju različita zaduženja. To otkriće izazvalo je senzaciju u neurologiji (i takođe pokrenulo lavinu priručnika za samopomoć,

sumnjive vrednosti, u kojima se govorilo o primeni dihotomije između leve i desne polovine mozga na naš život).

Doktor Speri je lečio epileptičare koji ponekad pate od toničnih napada, često izazvanih petljama povratnih sprega koje se više ne mogu kontrolisati. Ovi napadi mogu da postanu opasni po život. Prvi korak doktora Sperija bio je da prekine spojnicu između dve hemisfere mozga – korpus kalozum – tako da ne mogu više međusobno komunicirati i deliti informacije. Time bi se obično prekinula petlja povratne sprege, samim tim i napadi.

Isprva, ovi pacijenti s podeljenim mozgom delovali su sasvim normalno. Bili su pozorni i mogli su da vode razgovor prirodno kao da se ništa nije dogodilo. Međutim, pažljiva analiza ovih pojedinaca pokazala je nešto potpuno drugačije kod njih.

Normalno je da se hemisfere dopunjuju jer misli protiču iz jedne u drugu i natrag. Levi mozak je analitičkiji i logičniji. Izvor je verbalnih sposobnosti, dok je desni mozak više holistički i umetnički. Ali levi mozak je dominantan i donosi konačne odluke. Naredbe se od levog mozga u desni mozak šalju preko korpus kalozuma. Ako se ta veza prekine, desni mozak je oslobođen diktature levog mozga. Možda desni mozak može da ima svoju volju i protivi se željama dominantnog levog mozga.

Ukratko, u jednoj lobanji mogle bi da postoje dve volje koje se ponekad nadmeću za kontrolu nad telom. To stvara bizarnu situaciju: leva ruka (pod kontrolom desnog mozga) počinje da se ponaša nezavisno od naših želja, kao da je tuđinski dodatak.

Zabeležen je slučaj muža koji, smerajući da zagrlji svoju ženu jednom rukom, otkriva da mu druga ruka ima potpuno drugačiji plan. Zadao joj je desni kroše u lice. Jedna žena je ispričala kako joj se dešavalo da odabere haljinu jednom rukom i lepo vidi kako se njena druga ruka hvata za potpuno drugu odeću. Takođe, jedan čovek se nije usuđivao da zaspi noću, sve u strepnji da će ga njegova sopstvena, odmetnička ruka zadaviti.

Ljudima s podeljenim mozgom ponekad se čini da žive u crtanom filmu u kome jedna njihova ruka pokušava da kontroliše drugu. Lekari to ponekad zovu sindrom doktora Strejndžlava, zbog scene u filmu u kojoj jedna ruka mora da se bori protiv druge ruke.

Doktor Speri je, posle detaljne analize pacijenata s podeljenim mozgom, zaključio da bi u jednom mozgu mogla funkcionisati dva zasebna uma. Napisao je da je svaka hemisfera „zaista zaseban sistem svesti, te opaža, razmišlja,

pamti, rasuđuje, iskazuje volju i emocije i... leva i desna hemisfera mogle bi biti istovremeno svesne dok stvaraju različita, čak i međusobno oprečna mentalna iskustva koja se paralelno odvijaju“.

Doktora Majkla Gacanigu s Kalifornijskog univerziteta u Santa Barbari, stručnjaka za pacijente s podeljenim mozgom, upitao sam kakvim bi se eksperimentima mogla proveriti ispravnost ove teorije. Postoje razni načini da se sa svakom hemisferom komunicira nezavisno, tako da druga hemisfera ne zna ništa o tome. Na primer, pojedinac bi mogao da nosi posebne naočare na kojima se pitanje prikazuje svakom oku ponaosob, tako da je lako postavljati pitanja svakoj hemisferi. Teži deo je dobiti odgovor od svake hemisfere. Kako desni mozak ne može da govori (centri za govor su locirani u levom mozgu), teško je dobiti odgovore od desnog mozga. U nameri da otkrije šta misli desni mozak, doktor Gacaniga je osmislio eksperiment u kome (nemi) desni mozak može da „govori“ pomoću slova iz igre *skrebl*.

Prvo je pitao pacijentov levi mozak šta bi hteo da radi posle diplomiranja. Pacijent je odgovorio kako želi da postane tehnički crtač. No situacija je postala zanimljiva kada je isto pitanje postavljeno (nemom) desnom mozgu. Desni mozak je slovima iz skrebla odgovorio: „reli-vozač“. Bez znanja levog mozga, desni mozak je u potaji kovao potpuno drugačije planove za budućnost. Desni mozak je doslovno bio um za sebe.

Rita Karter piše: „Moguće implikacije ovoga su neverovatne. Kao da sledi zaključak da svi u lobanjama nosamo nemog zatvorenika sa svojom ličnošću, ambicijom i samosvešću, sasvim drugačijeg od svakodnevnog entiteta za koji verujemo da smo.“

Često se čuje tvrdnja da izvesna osoba „ima nekog u sebi ko žudi da se oslobodi“, i u tome može biti istine. To znači da bi dve hemisfere mogle čak imati različita uverenja. Na primer, neurolog V. S. Ramančandran opisuje pacijenta s razdvojenim mozgom koji je na pitanje da li je vernik, odgovorio da je ateista, dok je njegov desni mozak tvrdio da je vernik. Očigledno je moguće da isti mozak neguje dva oprečna verska uverenja. Ramačandran nastavlja: „Ako ta osoba umre, šta se dešava? Da li jedna polovina odlazi u raj, a druga u pakao? Ne znam odgovor.“

(Dakle, moguće je da osoba s podeljenim mozgom istovremeno bude i republikanac i demokrata. Ako ga upitate za koga će glasati, navešće kandidata levog mozga, pošto desni ne može da govori. Ali možete da zamislite u kakvoj će se pometnji pred glasačkom kutijom naći dotični kada bude morao da ubaci listić jednom rukom.)

KO JE GLAVNI?

Među istraživače koji su prilično vremena posvetili proučavanju podsvesnog uma spada doktor Dejvid Iglman, neuronaučnik s Medicinskog fakulteta Bejlor. Prilikom intervjua, upitao sam ga: ukoliko prihvatimo da su svi naši mentalni procesi podsvesni, kako nismo svesni te važne činjenice? Kao primer naveo je mladog kraljevića koji je nasledio presto i preuzima zasluge za sve što se dešava u kraljevstvu, ali nema ni najmanju predstavu o hiljadama radnika, vojnika i seljaka bez čijeg delovanja ne bi ostao na prestolu.

Kad biramo političara za kog ćemo glasati, bračnog partnera i buduću profesiju, na nas utiču stvari kojih nismo svesni. (Na primer, on kaže kako je čudno da su „ljudi pod imenom Deniz ili Denis nesrazmerno skloniji da postanu zubari, dok je za osobe koje se zovu Lora ili Lorens verovatnije da će postati advokati, što važi i za svakog Džordža i Džordžinu i profesiju geologa“.*) To znači da je ono što smatramo „realnošću“ samo aproksimacija kojom mozak popunjava praznine. Svako od nas realnost vidi na nešto drugačiji način. Na primer, Iglman je istakao da „najmanje 15% žena ima genetičku mutaciju zahvaljujući kojoj imaju dodatni (četvrti) tip fotoreceptora za boju, što im omogućava da razlučuju boje koje se većini nas, s puka tri tipa fotoreceptora, čine identičnim“.

Naravno, što nam je jasnija mehanika misli, sve više pitanja iskrsava. Šta se dešava u komandnom centru uma kada se suoči s pobunjeničkim komandnim centrom iz senke? Šta uopšte smatramo za svest, ako se ona može podeliti? I kakav je odnos između svesti i „sebe“ i „samosvesti“?

Kad bismo našli odgovore na ova teška pitanja, ta saznanja bi možda mogla da utru put do razumevanja neljudske svesti, svesti robota i vanzemaljaca, koja bi mogla biti potpuno drugačija od naših.

Najavimo, zato, jasan odgovor na naizgled složeno pitanje: šta je svest?

* Na engleskom imena Denise/Dennis imaju sličnosti u pisanju i izgovoru s rečju *dentist* (zubar), Laura/Lawrence s rečju *lawyer* (advokat), a George/Georgina s rečju *geologist* (geolog). (*Prim. prev.*)