
UDK: 004.8
Pregledni članak
Primljen 6. v. 2018.

MARIJA PUTICA
Filozofski fakultet Sveučilišta u Mostaru
marija.putica@ff.sum.ba

UMJETNA INTELIGENCIJA: DVOJBE SUVREMENOGA RAZVOJA

Sažetak

U radu je predstavljena umjetna inteligencija sa stajališta rasvjetljavanja dvojbi koje stoje pred njezinim suvremenim razvojem. Stoljećima je u djelima velikim mislilaca prisutna ideja o izgradnji stroja koji će razumskim mehaničkim postupcima moći izgraditi savršeno logičan jezik kojim bi se cjelokupno mišljenje moglo reducirati na jednostavno izračunavanje, pa su navedene spoznaje nastale kao rezultat provedenih istraživanja. Razrađene su teze o jakoj i slaboj umjetnoj inteligenciji. Napuštanje standardne Von Neumannove arhitekture računala i uvođenje umjetnih neuronskih mreža označeni su kao put koji vodi do umjetne inteligencije. Ideja o umjetnome životu i dvojbe pred budućim razvojem superinteligencije, za čiji su razvoj stvorene sve pretpostavke, promatrane su sa stajališta po kojemu je ljudska spoznaja znatno više od logičke strukture algoritma.

Ključne riječi: umjetna inteligencija; inteligentni strojevi; priroda inteligencije; umjetni život

Uvod

Područje umjetne inteligencije usmjereno je na pokušaj razumijevanja entiteta te je pokušaj da čovjek spozna sama sebe razlogom pojačana interesa za ovo područje. Kako joj i ime govori, umjetna inteligencija, za

razliku od filozofije ili psihologije, teži izgradnji umjetnih entiteta i njihovom razumijevanju. Gradnja umjetnoga mozga, malena i spora mehanizma, sposobna percipirati, razumijevati i predviđati konačni je cilj ove znanstvene grane. Još uvijek ne postoji jedinstvena definicija umjetne inteligencije zbog nemogućnosti obuhvaćanja ciljeva kojima je usmjerena. Jedan cilj teži izgradnji inteligentnih strojeva, a drugi razumijevanju prirode inteligencije. Ono što g-faktor predstavlja u testovima inteligencije – to je drugi cilj umjetne inteligencije, odnosno mjerenje generalne inteligencije kojom su prožeta sva područja ljudskoga djelovanja.

Umjetna inteligencija začeta je sredinom prošloga stoljeća, a u njezin razvoj uloženi su mnogi materijalni i ljudski resursi te su osnovane i brojne akademske škole specifičnih metodologija istraživanja, različitih akademskih pogleda i žarišta istraživanja. Alan Newell, Marvin Minsky i Herbert Simon su, među ostalima, pripadnici kognitivističke škole. Zalagali su se za gradnju računala temeljenih na ljudskoj noetici, propitivanju istinite spoznaje. Ova škola rezultirala je programima sposobnim simulirati procese razmišljanja tijekom rješavanja problema. Cilj im je bio izrada senzornih modula koji bi iz svijeta ekstrahirali znanje i predavali ga na obradu inteligentnoj jezgri. Logičku su školu predvodili John McCarthy i Nils Nilsson kako bi kroz formalizaciju opisali objektivni svijet. Inteligentni strojevi trebali su posjedovati znanje o svojoj okolini koje bi mogli deklarativno predstavljati. Sukladno McCarthyjevu stajalištu kako je pomoću unificiranih logičkih okvira sve moguće prikazati, škola je bila usmjerena na konceptualno predstavljanje znanja, teorijsku semantiku i deduktivno zaključivanje. Predstavnik biheviorističke škole je Rodney Brooks koji je za dotadašnja istraživanja o umjetnoj inteligenciji smatrao da se temelje na isuviše apstraktnim i jednostavnim modelima stvarnoga svijeta. U istraživanju umjetne inteligencije važne su njegove teorije inteligencije bez predstavljanja i inteligencije bez razumijevanja u kojoj je ustvrdio kako je inteligencija određena dinamikom interakcije s okolinom.

1. Razvoj umjetne inteligencije

Umjetna inteligencija povezuje informatiku i robotiku, znanost i inženjerstvo.¹ Razumijevanje i obrada prirodnih i umjetnih jezika, raspoznavanje uzoraka, automatsko pretraživanje, robotika, formalizmi i metode prikaza znanja najčešća su područja primjene umjetne inteligencije.² Umjetna inteligencija je najširu primjenu našla kod ekspertnih sustava u kojima u usko ograničenu stručnom području računalni sustav zamjenjuje čovjeka.³ B. Copeland⁴ je definira kao sposobnost digitalnoga računala ili računalno kontrolirana robota u izvođenju zadaće obično povezane uz inteligentna bića.⁵

U knjizi *The Society of Mind*⁶ Marvin Minsky određuje je kao pluridisciplinarnu i interdisciplinarnu znanost koja surađuje s disciplinama kao što su filozofija duha i psihologija, koje pomažu u shvaćanju oblikovanja duha i manipuliranja simbolima. Ne postoji jasno određena definicija umjetne inteligencije. S. Russel i P. Norvig⁷ ih svrstavaju u sljedeće kategorije:

- sustavi koji misle kao čovjek
- sustavi koji se ponašaju kao čovjek
- sustavi koji misle razumski
- sustavi koji se ponašaju razumski
- sustavi kojima je cilj imati sve izgleda inteligencije (razumske ili ljudske)
- sustavi čije unutarnje funkcioniranje pokušava biti u skladu s ljudskim bićem, odnosno razumskim bićem.

¹ Usp. TERRENCE J. SEJNOWSKI, *The Deep Learning Revolution*, MIT Press, Cambridge, 2018.

² Usp. THOMAS H. DAVENPORT, *The AI Advantage*, MIT Press, Cambridge, 2018.

³ Usp. JOHN MUELLER – LUCA MASSARON, *Artificial Intelligence For Dummies*, John Wiley&Sons, Inc, Hoboken, 2018.

⁴ Usp. BRIAN JACK COPELAND, *Artificial intelligence (AI)*, <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/37146/artificial-intelligence-AI>>, (8. IV. 2018.).

⁵ Usp. SEAN GERRISH, *How smart machines think*, The MIT Press, Cambridge, 2018.

⁶ Usp. MARVIN LEE MINSKY, *Society of Mind*, Simon&Schuster. Inc., New York, 1988.

⁷ Usp. STUART RUSSELL – PETER NORVIG, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice Hall, Upper Saddle River NY, 2003.

Tradicionalni pristup umjetnoj inteligenciji pristupa putem filozofskih disciplina i problemskoga pristupa, a razlikujemo ontološka, logičko-spoznajna i antropološko-etička pitanja. Ontološka pitanja usko su povezana s valjanošću konstrukata, spoznajno-logička pitanja odnose se na ograničenja u razumijevanju mentalnih svojstava, dok se etički problemi odnose na pristup umjetnoj inteligenciji u budućnosti.⁸

Pavle Valerjev navodi sljedeće grane umjetne inteligencije:

- Rješavanje problema grana je koja uključuje razvoj algoritama.
- Predstavljanje znanja grana je koja se bavi problemima predstavljanja i pohranjivanja korisnih informacija, izgradnje baze znanja i povezivanjem toga znanja s drugim znanjem na način koji će biti koristan.
- Automatsko rasuđivanje grana je koja uključuje razvoj programa koji se temelje na logičkim zakonitostima.
- Planiranje i djelovanje grana je važna u pristupu razumskih agenata.
- Rasuđivanje u neodređenim uvjetima posebna je kategorija problema gdje se javljaju posebne poteškoće i kod predstavljanja neodređena znanja i kod odabira ispravnih algoritama za izvođenje optimalnih odluka.
- Učenje je nužna sposobnost svakoga sustava umjetne inteligencije, a algoritmi koji omogućuju određen tip učenja razlikuju se ovisno o sustavu.
- Procesiranje prirodnoga jezika, razumijevanje govora i automatski prevoditelji olakšavaju komunikaciju sa strojevima.
- Kompjutorski vid grana je koja se bavi problemima vidne percepcije, što se manifestira prepoznavanjem i razlikovanjem objekata te njihovom usporedbom s objektima iz njegove memorije.
- Robotika je grana umjetne inteligencije koja u sebi uključuje navedene grane, a obvezno kompjutorski vid te planiranje i djelovanje.⁹

⁸ Usp. KAI-FU LEE, *AI Super-Powers*, Houghton Mifflin Harcourt, Boston – New York, 2018.

⁹ Usp. PAVLE VALERJEV, „Uloga umjetne inteligencije u istraživanju uma: povijest i perspektiva”, MISLAV-STJEPAN ŽEBEC i dr. (ur.) *Mozak i um - Trajni izazov čovjeku*, Institut društvenih znanosti Ivo Pilar, Zagreb, 2006., str. 105. – 122.

Ideja o izgradnji stroja koji će racionalnim mehaničkim postupcima moći izgraditi savršeno logičan jezik kojim bi se cjelokupno mišljenje moglo reducirati na jednostavno izračunavanje prisutna je još od Leibnizove *Mathesis Universalis*.¹⁰ Ovu ideju razradio je Charles Babbage u knjizi *Analytical Engine*.¹¹ Tridesetih godina dvadesetoga stoljeća britanski matematičar Alan Turing razradio je Hilbertov problem postojanja univerzalne algoritma, jednostavna postupka koji bi omogućio rješavanje bilo kojega matematičkog problema. Misaoni model Turingova stroja, koji na beskonačnoj traci izvodi jednostavne radnje čitanjem kodiranih binarnih zapisa, postao je prototip današnjega računala. Matematička tvrdnja kojom se dokaz svake teoreme treba obaviti u konačnome broju koraka bacila je sjenu na Turingov misaoni stroj. Teoreme nepotpunosti njemačkoga matematičara Kurta Gödela, po kojima svaki neproturječni aritmetički sustav ne može biti potpun, pokazale su da postoje tvrdnje koje se unutar bilo kojega izabranog matematičkog sustava ne mogu dokazati. Gödelove teoreme su pred Turingov stroj postavile bitne dvojbe. Turingov bi idealizirani stroj u nekim slučajevima radio beskonačno jer neke radnje ne bi mogao obaviti i zaustaviti se. Za razliku od računala, ljudski kognitivni stroj može se zadovoljiti spoznajom o nedokazivosti neke tvrdnje u sustavu. U nekim slučajevima ljudski um i inteligencija ne funkcioniraju algoritamski, te je u tome slučaju filozofska analogija o jednakosti mozga i računala neodrživa. Spoznaja o nedokazivim tvrdnjama unutar nekoga algoritamskog sustava potakla je unaprjeđenje računalnih strojeva, a filozofe na daljnje rasprave o inteligentnoj analogiji. Sredinom dvadesetoga stoljeća počela se razvijati kibernetika kao interdisciplinarna znanost koja se bavi kontrolnim sustavima. Usmjerena je na proučavanje upravljanja u živim bićima, strojevima i njihovim kombinacijama. Napravljena su računala za inteligentno komuniciranje s ljudima.

¹⁰ Usp. DENNIS L. SEPPER, *Descartes's Imagination*, University of California Press, Berkeley, 1996.

¹¹ Usp. DORON SWADE, *The Difference Engine: Charles Babbage and the Quest to Build the First Computer*, Penguin Books, London, 2002.

Alan Turing je 1936. godine postavio temelje umjetnoj inteligenciji. Razvio je informatičko računalo, tzv. Turingov stroj, što je rezultiralo mogućnošću kojom se neživo može učiniti inteligentnim. Time je pokazao kako je moguće izumiti stroj koji se može koristiti za izračunavanje bilo kojega komputacijskog procesa ili se njime može riješiti bilo koji algoritam. Analizu inteligencije strojeva obrazložio je Alan Turing u članku *Computing Machinery and Intelligence*. S ciljem stvaranja inteligentna stroja izradio je eksperiment nazvan *Turingov test*. Da bi test pokazao mogu li računala misliti, Turing je predložio igru oponašanja 1950. Test se temelji na postavljanju pitanja računalu i čovjeku. Ukoliko ispitivač ne uspijeva jasno razlikovati njihove odgovore, računalo se smatra inteligentnim strojem. Sličnu ideju iznio je i američki matematičar i logičar Alonzo Church, koji je radom na lambda računu postavio tezu kako svaki proces za koji postoji određiva procedura može biti iznijet kroz seriju operacija. Nastala je Church-Turingova teza koja pokazuje da se Turingovim strojem može ostvariti svaki određivi proces formalnih operacija.

Među pionirskim radovima umjetne inteligencije je i rad kojim je Claude Shannon opisao programiranje računala za igranje šaha. Prvim programom umjetne inteligencije, naziva *Logic Theorist*, Alan Newell, Herbert Simon i Clifford Shaw dokazali su 38 od prvih 52 teorema Russellove i Whiteheadove *Principie Mathematice*. Zatim su 1956. Marvin Minsky i John McCarthy na Sveučilištu Dartmouth u New Hampshireu službeno najavili umjetnu inteligenciju kao novo istraživačko područje. Newel i Simon razvili su *Logic Theorist – LT*, program koji samostalno izvodi logičke teoreme, odnosno osposobljen je za automatsko rasuđivanje. McCarthy je 1958. godine razvio *LISP (List Processing)*. Bio je to prvi jezik umjetne inteligencije. Predstavljen je i *Advice Taker* – prvi cjelovit sustav umjetne inteligencije i cjelovita kognitivna teorija uma. Prvi uspješan model ljudskoga mišljenja, nazvan *General Problem Solver – GPS*, 1961. godine razvili su Newell i Simon. Formu neuralne mreže *PERCEPTRON* 1962. godine razvio je Rosenblatt. Ova mreža se i danas koristi, a njome je pokazano kako algoritam za učenje može prilagoditi snagu veza perceptrona da se usklade s bilo kojim ulazom. Nastali su i

prvi ekspertni sustavi: *DENDRAL* – koji kemijske formule spojeva daje na temelju rezultata spektrometrije ili *MYCIN* – ekspertni sustav za medicinsku dijagnostiku. Sedamdesetih godina nastali su i prvi programi za razumijevanje prirodnoga jezika. Osamdesete godine poznate su po izgradnji ekspertnih sustava za specifične potrebe, robotici i obnovljenu interesu za razvoj umjetnih neuronskih mreža. Robotika, strojni vid, strojno učenje i predstavljanje znanja i danas su snažno prisutni u umjetnoj inteligenciji.

Klasični pristup u umjetnoj inteligenciji, zasnovan na znanju, naziva se simbolizam, dok se pristup temeljen na neuronskim mrežama naziva konekcionizam. Simbolizam se temelji na postojanju baze eksplicitna znanja, primjereno uređena. U sustav se uključuju i pravila za pretraživanje, donošenje zaključaka, pohranjivanje i dohvaćanje znanja te umetanje novih pojmova u bazu. Konekcionizam je pristup temeljen na paralelnoj i distribuiranoj kompjutaciji malih procesirajućih jedinica, bliskih apstraktnu neuronu i povezanih u mrežu.

2. Teze o slaboj i jakoj umjetnoj inteligenciji

Danas se sustavi umjetne inteligencije grade dvosmjerno, kao autonomni programi za ostvarivanje vlastitih ciljeva, ali i za korelaciju s drugim sustavima. U područja umjetne inteligencije spadaju klasična umjetna inteligencija te umjetni život i evolucijsko računalstvo. Tako razlikujemo jaku i slabu umjetnu inteligenciju. Jaka umjetna inteligencija naziva se i svjesnom umjetnom inteligencijom, a podrazumijeva stroj sposoban ponašati se inteligentno, osjećati i razumijevati svoje rasuđivanje. Njome je moguće postići repliciranje ljudskih mentalnih svojstava kao što su emocije, kreativnost, motivacija i slično. Prema tezi o slaboj umjetnoj inteligenciji, glavna vrijednost koju računalo ima u istraživanju duha sastoji se u tome što istraživanju pruža djelotvorno pomoćno sredstvo tako što osnažuje, preciznije oblikuje ili provjerava hipoteze. Kod jake umjetne inteligencije računalo nije samo instrument za istraživanje duha. Dobro programirano računalo ima funkciju uma. Sukladno funkcionalističkoj teoriji, ako vrši radnje analogne ljudskim kognitivnim

postupcima, računalo doslovno može razumijevati, te mu se s pravom pripisuju mentalna, kognitivna stanja. Upravo se jaka tvrdnja *AI (Artificial Intelligence)* najčešće zove imenom umjetna inteligencija.¹²

Slaba umjetna inteligencija naziva se i ograničenom, a podrazumijeva gradnju više autonomnih sustava ili algoritama sposobnih rješavati problemska područja. Kod ove vrste umjetne inteligencije stroj nije inteligentan, već simulira inteligenciju. Kod slabe umjetne inteligencije strojevi mogu oponašati određena mentalna stanja, ali ih ne posjeduju. Jaku umjetnu inteligenciju osobito je kritizirao John Searle. Člankom *Umovi, mozgovi i programi*¹³ opovrgava kompjutacijsku psihologiju, stav prema kojemu je računalo um koji posjeduje sva spoznajna stanja kao i čovjek, tvrdeći kako simulacija nije isto što i duplikacija. Argument *kineske sobe* predstavlja centralni dio ovoga rada, a postao je najučestaliji filozofski argument u kognitivnoj znanosti i filozofiji umjetne inteligencije. *Kineska* ili *Searlova soba* misaoni je eksperiment koji je 1980. godine postavio John Searle. Tom tezom Searle je vratio dignitet ljudskim sposobnostima, dokazujući kako je teza o identitetu umjetne inteligencije i računala besmislena i da se ljudsko razumijevanje ne sastoji samo od baratanja simbolima, odnosno da baratanje simbolima nije isto što i razumijevanje.

Prva tri desetljeća razvoja umjetne inteligencije u različitim istraživanjima rezultirala su zajedničkom paradigmom, nazvanom simbolička umjetna inteligencija, jer joj je središnji princip glasilo kako je inteligencija manipulacija simbolima. Razvoj je započela s ciljem izgradnje inteligentnih računalnih sustava kako bi se stvorio sustav koji posjeduje univerzalnu inteligenciju. Takav bi sustav posjedovao univerzalnu sposobnost razmišljanja, rješavanja problema, razumijevanja jezika i obavljanja svih ostalih aktivnosti primjerenih odraslim inteligentnim ljudima. U ovoj su oblasti istraživači nastupali s različitim stajališta. Newell i Simon su u djelu *Computer Simulation of Human Thinking*¹⁴ kao cilj

¹² Usp. DARKO POLŠEK, *Zapisi iz treće kulture*, Jesenski i Turk, Zagreb, 2003ohn

¹³ Usp. JOHN R. SEARLE, „Umovi, mozgovi i programi”, NENAD MIŠČEVIĆ – NENAD SMOKROVIĆ (ur.) *Računala, mozak i ljudski um*, Izdavački centar Rijeka, Rijeka, 2001., str. 134. – 154.

¹⁴ Usp. ALLEN NEWELL – HERBERT A. SIMON, „Computer Simulation of Human Thinking”, *Science*, American Association for the Advancement of Science, god. CXXXIV. (1961.) br. 3495., str. 2011. – 2017.

svoga istraživanja naveli modeliranje kognitivnih procesa ljudi. Drugi su objašnjavali kako njihovo istraživanje ne dopušta izravan uvid u izvedbu mjerodavnoga inteligentnog ljudskog ponašanja. Sve što trebamo učiniti je pogledati u zrcalo da bismo vidjeli primjer inteligentna sustava, zapisali su S. Russell i P. Norvig u *Modernome pristupu umjetnoj inteligenciji*.¹⁵

U usporedbi s količinom informacija koje se u svakome trenutku obrađuju u mozgu živih bića, za računala možemo reći da obrađuju tek mali broj informacija. Stoga su istraživački projekti usmjereni na model kojim bi se mogla oponašati obrada podataka koja je milijunima godina prisutna u prirodi. Ideja neuronskih mreža odavno je poznata, ali procesna moć ondašnjih računala nije omogućavala njihovu implementaciju. Ideju neuronskih mreža nedavno su aktualizirale velike IT korporacije. Riječ je o korporacijama kojima su društvene mreže u središtu interesa, pa neuronske mreže na računalima raspoznaju osobe i predmete s fotografija koji su na njima objavljeni. S razvojem umjetnih neuronskih mreža javlja se neuronsko računalstvo kao alternativa računalima zasnovanim na Von Neumannovoj arhitekturi kako bi se, sukladno načinu obrade informacija koju obavlja mozak, simulirala paralelna obrada informacija. Umjetna neuronska mreža (eng. *Artificial neural Network-ANN*)¹⁶ definira se kao model zaključivanja na temelju ljudskoga mozga jer on sadrži maksimum poznate inteligencije. Rješenje se vidi u odbacivanju standardne Von Neumannove arhitekture koju će zamijeniti obrazac nalik radu mozga – velika paralelna mreža umjetnih neurona, odnosno elektronička verzija plitka, ali iznimno široka računskog režima. Von Neumannova arhitektura računala utemeljena je na sekvencijalnoj obradi podataka, a ona nije nalik strukturi i načinu funkcioniranja mozga. Kod implementacije umjetne neuronske mreže na računalima tradicionalne Von Neumannove arhitekture probleme nije moguće rješavati algoritmima. Nemogućnost manipuliranja simbolima po definiranim pravilima sekvencijalnomu stroju dopušta tek oponašanje neuronske

¹⁵ Usp. S. RUSSELL – P. NORVIG, *n. dj.*, str. 3.

¹⁶ Usp. CHRISTOS STERGIU – DIMITRIOS SIGANOS, „Neural Networks”, <https://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol14/cs11/report.html>, (2. II. 2018.).

mreže kao visokoparalelne arhitekture. U modeliranju različitih oblika ljudskoga ponašanja ove mreže postigle su stanovit uspjeh te su ohrabri- le daljnja istraživanja uvjeravajući kako predstavljaju cjelovitu teoriju o kognitivnome funkcioniranju. Dugogodišnja nastojanja izgradnje susta- va sa svojstvima sličnijim mozgu nedavno su rezultirala proizvodnjom tranzistorskoga čipa koji sadržava preko četiri tisuće neurosinaptičkih jezgri, a svaka je sačinjena od računalnih komponenti koje odgovara- ju njihovu biološkom dvojniku. L. Greenemeier¹⁷ ih opisuje kao jezgre- ne memorijske funkcije slične sinapsama među neuronima. Procesori predstavljaju neurone, a komunikacija se ostvaruje vodičima sličnim neuronskim aksonima.

Nedavna simulacija moždane aktivnosti pokazala je kako su računala još uvijek daleko od simuliranja mozga u stvarnome vremenu. Za simu- laciju jedne sekunde aktivnosti mozga računalu je potrebno četrdeset sekundi. Predviđa se kako će, prema Mooreovu zakonu po kojemu se procesorska snaga udvostručuje svake dvije godine, *exaskalna* računala 2032. godine biti u stanju simulirati cijeli mozak na razini neurona i si- napsi. Izgradnja računala koja nalikuju mozgu nema za cilj samo bolje razumijevanje rada mozga, već i bolja i pametnija računala, ustvrdio je R. D. Hof.¹⁸

Uz Alonza Churcha i Alan Turing začetnik je ideje o životu koji je posljedica organizacije i strukture, a ne supstance. Računalo su shva- tilo kao instance bioloških procesa te se njihova djela smatraju začet- nicima umjetnoga života. Razvoj umjetnoga života temelji se i na ideji kako je izvan neuronskoga supstrata moguće rekonstruirati logiku ljud- skoga mozga. Ideju modeliranja neurona pomoću algoritama iznijeli su Warren McCulloch i Walter Pitts u članku *A logical calculus of the ide- as immanent in nervous activity*.¹⁹ Time su postavili temelje izgradnji

¹⁷ Usp. LARRY GREENEMEIER, „Brain-inspired Computing Reaches a New Milestone”, 2014., <<http://blogs.scientificamerican.com/observations/2014/08/07/brain-inspired-computing-reaches-a-new-milestone/>>, (8. III. 2018.).

¹⁸ Usp. ROBERT D. HOF, „Neuromorphic Chips”, <<http://www.technologyreview.com/feature-story/526506/neuromorphic-chips/>>, (2. IV. 2018.).

¹⁹ Usp. WARREN MCCULLOCH – WALTER PITTS, „A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity”, <[www.cs.cmu.edu/~./epsxing\(Class/.../McCulloch.and.Pitts.pdf](http://www.cs.cmu.edu/~./epsxing(Class/.../McCulloch.and.Pitts.pdf)>, (3. II. 2018.).

umjetnih neuronskih mreža jer su, rekonstruirajući način na koji mozak međusobno povezanim neuronima proizvodi složene uzorke, pokazali kako svaka funkcija propozicijskoga računa može biti ostvariva pomoću neke neuronske mreže. Po Bodenu²⁰, rad McCullocha i Pittsa iz 1943. godine ujedinjuje tri moćne ideje ranoga dvadesetog stoljeća: propozicijsku logiku, teoriju neurona Charlesa Sherringtona i Turingovu kompjutabilnost.

Dominacija strojeva nad ljudima pitanje je koje se nameće kod bavljenja ovom problematikom. Veliki broj istraživača upozorava kako razvojem ove tehnologije čovjek ide prema svomu samouništenju. Tako J. Bryson i J. Wyatt u djelu *Artificial Intelligence* naglašavaju kako će računala postati toliko moćna da se u budućnosti može očekivati da će stoj uništiti čovjeka.²¹ Nick Bostrom, voditelj *Instituta za budućnost čovječanstva*, u knjizi *Superintelligence*²² dao je jasnu sliku mogućega ustvrdivši da bi, ako jednoga dana izgradimo strojni mozak koji nadilazi ljudski mozak u generalnoj inteligenciji, ta nova superinteligencija mogla postati veoma moćna. I kao što sudbina gorila danas ovisi više o ljudima nego o njima samima, tako bi sudbina naše vrste mogla ovisiti o akcijama superinteligencije. Naglasio je kako uopće nije upitno da se nalazimo na pragu velikoga prodora u umjetnoj inteligenciji. „Diviti se tehnološkom stvaralačkom duhu, ali ne smatrati da je on najviši mogući oblik ljudskog postignuća“, upozorio je Neil Postman.²³ Knjigom *Duša u kiberprostoru* Douglas R. Groothuis²⁴ upozorava na opasnosti kojom živo postaje podložno neživu. Pozitivnim vidi promicanje raznovrsnih oblika komunikacije potrebne među ljudima, ali upozorava na ono što se može dogoditi kod poremećaja u radu računalnoga programa. Zahvaljujući psiho-ontološkoj datosti koju nosi u sebi, čovjek je jedinstven

²⁰ Usp. MARGARET BODEN, „Artificial intelligence“, EDWARD CRAIG (ur.) *Routledge Encyclopedia of Philosophy*, Routledge, New York, 1998.

²¹ Usp. JOANNA BRYSON – JEREMY WYATT, „Artificial Intelligence“, <<http://www.cs.bath.ac.uk/~jjb/web/ai.html>>, (4. III. 2018.).

²² Usp. NICK BOSTROM, *Superintelligence*, Oxford University Press, Oxford, 2014.

²³ Usp. NEIL POSTMAN, *Technopoly: The Surrender of Culture to Technology*, Alfred A. Knopf, New York, 1992., str. 184.

²⁴ Usp. DOUGLAS R. GROOTHUIS, *Duša u kiberprostoru*, STEPress, Zagreb, 2003., str. 201.

i nijedan ga stroj u potpunosti ne može oponašati. Nije matematička formula i ne može doživjeti potpuni redukcionizam u stroj.²⁵

C. G. Langton²⁶ o umjetnome životu piše kao o programski ostvarenu umjetnom životu. Definira ga kao polje izučavanja i oblik umjetnosti koji proučava sustave koji se odnose na život, njegove procese i evoluciju kroz simulaciju, rabeći računalne modele, robotiku i biokemiju. Članom *Studying Artificial with Cellular Automata* Langton kao cilj ističe gradnju modela koji su tako slični živomu da bi prestali biti simulacije živoga – kako bi postali primjeri živoga.²⁷ Roger Penrose je u knjizi *Carev novi um*²⁸ pokušao dokazati kako je ljudska spoznaja daleko više od logičke strukture algoritma. Također, Roger Penrose je i u knjigama *The Emperor's New Mind*²⁹ i *Shadows of the Mind*³⁰ naglasio ozbiljnost koju jaki program umjetne inteligencije postavlja za razumijevanje ljudskoga mozga. Ustvrdio je kako tehnologija elektronski kontroliranih kompjutoriziranih robota ne može osigurati razvoj umjetne konstrukcije stroja koji je doista inteligentan, stroja koji djeluje na temelju razumijevanja, koji se ne kontrolira putem algoritama. Kako bi se ostvario taj cilj, Roger Penrose razmatra uvođenje probabilističkih vrednovanja postupaka koji bi djelovali paralelno s običnom komputacijom Turingova tipa. Riječ je o biološkome algoritmu, mikrotubulima koji se temelje na Fibonaccijevim brojevima koji nastaju zbrajanjem posljednjih brojeva u nizu. Prisutni su u biološkim sustavima, pa i u nervnome, te se u njima vidi izjednačavanje računala i mozga. Odgovorni su za snagu sinapsi pa omogućavaju shvaćanje i izračunavanje elemenata slučajnosti.

²⁵ „Umjetna inteligencija u suvremenom kibernetičkom sustavu”, <www.odilon_gbenoukpo_Umjetna_inteligencija_u_suvremenom_biokibernetickom_svijetu.pdf>, (3. V. 2018.).

²⁶ Usp. CRISTOPHER G. LANGTON, *Artificial Life I*, Addison-Wesley, Redwood City CA, 1989., str. 1.

²⁷ Usp. CRISTOPHER G. LANGTON, „Studying Artificial with Cellular Automata”, *Physica D: Nonlinear Phenomena*, Elsevier, god. XXII. (1986.) br. 1. – 3., str. 147.

²⁸ Usp. ROGER PENROSE, *Carev novi um*, Izvori, Zagreb, 2004.

²⁹ Usp. ROGER PENROSE, *The Emperor's New Mind*, Oxford University Press, Oxford, 2002.

³⁰ Usp. ROGER PENROSE, *Shadows of the Mind*, Oxford University Press, Oxford, 1996.

Zaključak

Današnja računala utemeljena su na Von Neumannovoj arhitekturi koja odvaja memoriju i obradu podataka, što zahtijeva visoku propusnost. Njihova ograničenja prisutna su i kod slabe implementacije paralelnih i događajima pokretanih procesa na model serijske obrade kod konvencionalnih računala. Nova računala primjenjuju integraciju mrežaste memorije i neurona, tako prijenos podataka ostaje na mjesnoj razini. Asinkronim događajima pokretani dizajn osigurava paralelnu evaluaciju, a takva arhitektura osigurava gusto integrirane sinapse i izvođenje u stvarnome vremenu.

Izgradnja neuromorfne računalne arhitekture cilj je tehnoloških tvrtki i akademskih istraživača. Zbog rada na izgradnji čipova koji oponašaju sposobnost ljudskoga mozga, sebe nazivaju neuromorfnim inženjerima. Takav naziv dali su si kako bi naglasili razliku u pristupu problemu, jer se ranije o mozgu razmišljalo kao o računalu, a njihov je cilj izgradnja računala nalik mozgu. Neuromorfno inženjerstvo bliže je otkrivanju temeljnih principa mišljenja od neuroznanosti. Znanstvenici su upoznali strukturu i rad pojedinačnih neurona, moždanih polutki i ganglija (skupovi neurona koji izgrađuju živčani sustav), ali je nejasnim ostao način njihova organiziranja, mjesto na kojemu se ostvaruju razmišljanje i, vjerojatno, svjesnost.

Ipak, organska tehnologija nalik mozgu još nije ostvarena. Umjesto nje nastao je novi spoj silicija i *softvera* nazvan kognitivno računalstvo, zasnovano na novoj, paralelnoj, distribuiranoj, događajima pokretanoj i skalabilnoj arhitekturi. Sintetizirana je od postojeće tehnologije, a s njome se eksperimentira za razvoj novih tehnologija. S tim ciljem revidiraju se temeljne pretpostavke o prirodi mozga, prirodi uma i pamćenja. Iznalaženje načina na koji bi se inteligencija manifestirala u fizičkome obliku među glavnim je ciljevima. Umjesto Turingova testa, koji je desetljećima dominantan u određivanju umjetne inteligencije, planira se uvesti novi način razumijevanja umjetne inteligencije u obrađivanju i vraćanju misli.

Danas se umjetna inteligencija uglavnom koristi kod rješavanja specifičnih zadataka. Predviđa se kako će tijekom četvrtoga desetljeća ovoga stoljeća zaživjeti generalna umjetna inteligencija. Njezin je dolazak izvjestan i očekivan te brojni znanstvenici iskazuju bojazan zbog načina na koji će ona utjecati na čovječanstvo. Predviđa se kako će tridesetih godina ovoga stoljeća *exaskalna* računala biti u stanju simulirati cijeli mozak na razini neurona i sinapsi. Mreža na razini neurona i sinapsi može imati bitno veću brzinu rada od biološkoga mozga. Stoga je pitanje: „Hoće li računalo ostati sluga ili će postati gospodar mozga?“ ključno u suvremenim razmatranjima umjetne inteligencije.

Literatura

- BODEN, MARGARET, „Artificial intelligence”, CRAIG, EDWARD (ur.) *Routledge Encyclopedia of Philosophy*, Routledge, New York, 1998.
- BOSTROM, NICK, *Superintelligence*, Oxford university Press, Oxford, 2014.
- BRYSON, JOANNA – WYATT, JEREMY, „Artificial Intelligence”, <<http://www.cs.bath.ac.uk/~jjb/web/ai.html>>, (4. III. 2018.).
- Usp. COPELAND, BRIAN JACK, *Artificial intelligence (AI)*, <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/37146/artificial-intelligence-AI>>, (8. IV. 2018.).
- DAVENPORT, THOMAS H., *The AI Advantage*, MIT Press, Cambridge, 2018.
- Usp. GREENEMEIER, LARRY, „Brain-inspired Computing Reaches a New Milestone”, 2014., <<http://blogs.scientificamerican.com/observations/2014/08/07/brain-inspired-computing-reaches-a-new-milestone/>>, (8. III. 2018.).
- GERRISH, SEAN, *How smart machines think*, The MIT Press, Cambridge, 2018.
- GROOTHUIS, DOUGLAS R., *Duša u kiberprostoru*, STEPress, Zagreb, 2003.

-
- HOF, ROBERT D., „Neuromorphic Chips”, <<http://www.technologyreview.com/featuredstory/526506/neuromorphic-chips/>>, (2. IV. 2018.).
 - LANGTON, CRISTOPHER G., *Artificial Life I*, Addison-Wesley, Redwood City CA, 1989.
 - LANGTON, CRISTOPHER G., „Studying Artificial with Cellular Automata”, *Physica D: Nonlinear Phenomena*, Elsevier, god. XXII. (1986.) br. 1. – 3., str. 120. – 149.
 - LEE, KAI-FU, *AI Super-Powers*, Houghton Mifflin Harcourt, Boston – New York, 2018.
 - MCCULLOCH, WARREN – PITTS, WALTER, „A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity”, <[www.cs.cmu.edu/~./epsxing\(Class/.../McCulloch.and.Pitts.pdf](http://www.cs.cmu.edu/~./epsxing(Class/.../McCulloch.and.Pitts.pdf)>, (3. II. 2018.).
 - MINSKY, MARVIN LEE, *Society of Mind*, Simon&Schuster. Inc., New York, 1988.
 - MUELLER, JOHN – MASSARON, LUCA, *Artificial Intelligence For Dummies*, John Wiley&Sons, Inc, Hoboken, 2018.
 - NEWELL, ALLEN – SIMON, HERBERT A., „Computer Simulation of Human Thinking”, *Science*, American Association for the Advancement of Science, god. CXXXIV. (1961.) br. 3495., str. 2011. – 2017.
 - POLŠEK, DARKO, *Zapisi iz treće kulture*, Jesenski i Turk, Zagreb, 2003.
 - POSTMAN, NEIL, *Technopoly: The Surrender of Culture to Technology*, Alfred A. Knopf, New York, 1992.
 - PENROSE, ROGER, *Carev novi um*, Izvori, Zagreb, 2004.
 - PENROSE, ROGER, *The Emperor's New Mind*, Oxford University Press, Oxford, 2002.
 - PENROSE, ROGER, *Shadows of the Mind*, Oxford University Press, Oxford, 1996.
 - RUSSELL, STUART – NORVIG, PETER, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice Hall, Upper Saddle River NY, 2003.

- SEARLE, JOHN R., „Umovi, mozgovi i programi”, MIŠĆEVIĆ, NENAD – SMOKROVIĆ, NENAD (ur.) *Računala, mozak i ljudski um*, Izdavački centar Rijeka, Rijeka, 2001., str. 134. – 154.
- SEJNOWSKI, TERRENCE J., *The Deep Learning revolution*, MIT Press, Cambridge, 2018.
- SEPPER, DENNIS L., *Descartes's Imagination*, University of California Press, Berkeley, 1996.
- STERGIOU, CHRISTOS – SIGANOS, DIMITRIOS, „Neural Networks”, <https://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol14/cs11/report.html>, (2. II. 2018.).
- SWADE, DORON, *The Difference Engine: Charles Babbage and the Quest to Build the First Computer*, Penguin Books, London, 2002.
- „Umjetna inteligencija u suvremenom kibernetičkom sustavu”, <www.odilon_gbenoukpo_Umjetna_inteligencija_u_suvremenom_biokibernetickom_svijetu.pdf>, (3. V. 2018.).
- VALERJEV, PAVLE, „Uloga umjetne inteligencije u istraživanju uma: povijest i perspektiva”, ŽEBEC, MISLAV-STJEPAN i dr. (ur.) *Mozak i um - Trajni izazov čovjeku*, Institut društvenih znanosti Ivo Pilar, Zagreb, 2006., str. 105. – 122.