

VEŠTAČKA INTELIGENCIJA

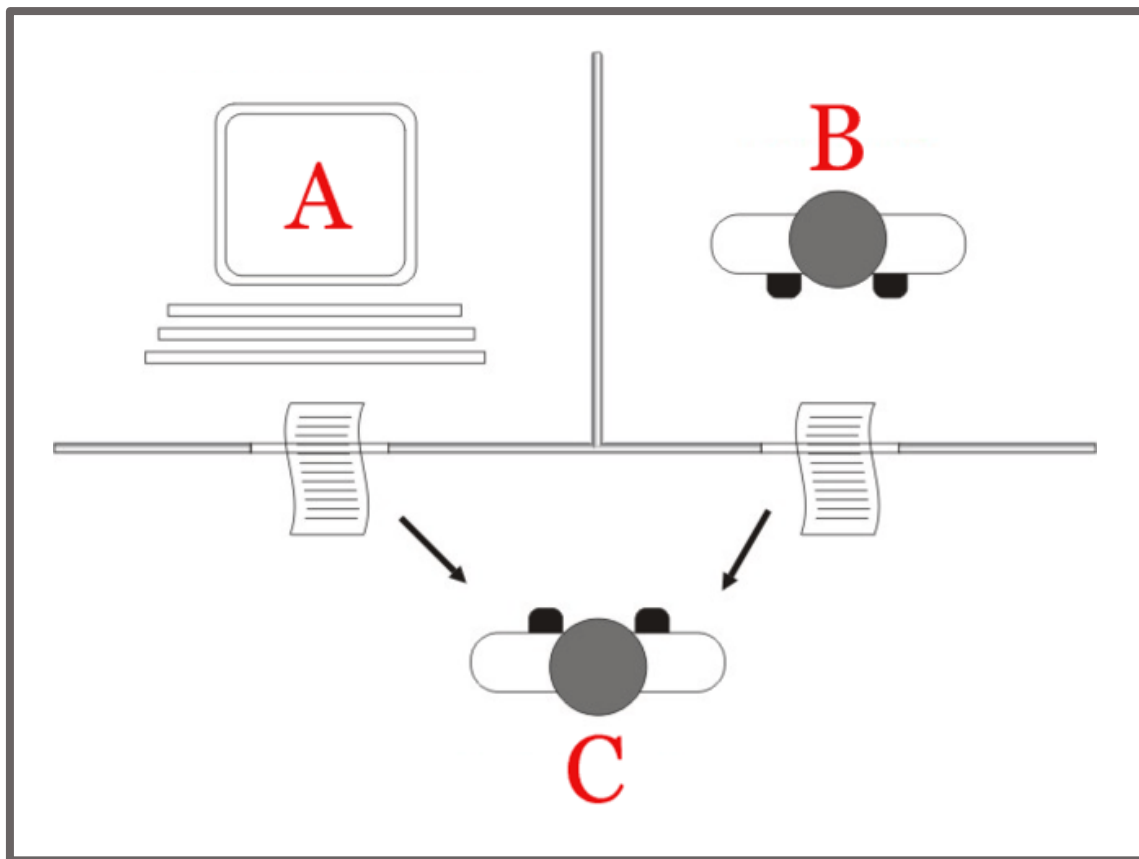
- Definicije
- Srodne discipline
- Istorijski razvoj
- Trenutne tendencije
- Mašinsko učenje



Različite definicije veštačke inteligencije

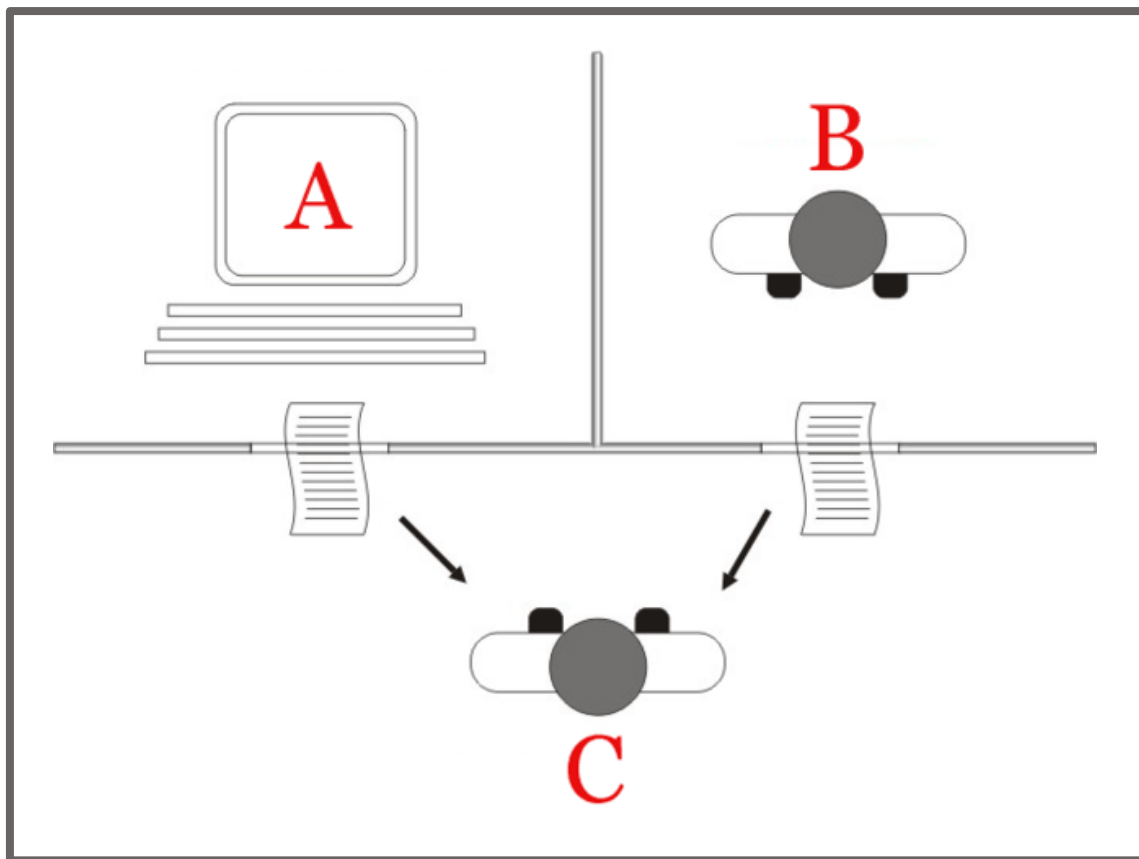
- 01 | **Ljudsko razmišljanje**
„Automatizacija aktivnosti koje povezujemo sa ljudskim razmišljanjem, poput donošenja odluka, rešavanja problema, učenja...“
(Belman, 1978)
- 02 | **Ljudsko delanje**
„Veština stvaranja mašina koje izvršavaju funkcije za koje je potrebna inteligencija onda kada ih obavljaju ljudi“
(Kurcvejl, 1990)
- 03 | **Racionalno razmišljanje**
„Studija izračunavanja kojim se omogućava percepcija, rezonovanje i delanje“
(Vinston, 1992)
- 04 | **Racionalno delanje**
„Računarska inteligencija bavi se izučavanjem i projektovanjem inteligentnih agenata“
(Poole et al., 1998)

Ljudsko delanje i Tjuringov test



- Alan Tjuring je 1950. predložio „*Igru imitiranja*“ kojim bi se pružila operativna definicija inteligencije:
- Pretpostavimo da čovek (B) razmenjuje pisane poruke sa računarom (A).
- Druga osoba (C) ima uvid u razmenjene poruke, ali inicijalno ne zna ko je od čovek, a ko mašina.
- C ima pravo da postavlja pitanja – zvaćemo je i *ispitivač*.

Ljudsko delanje i Tjuringov test



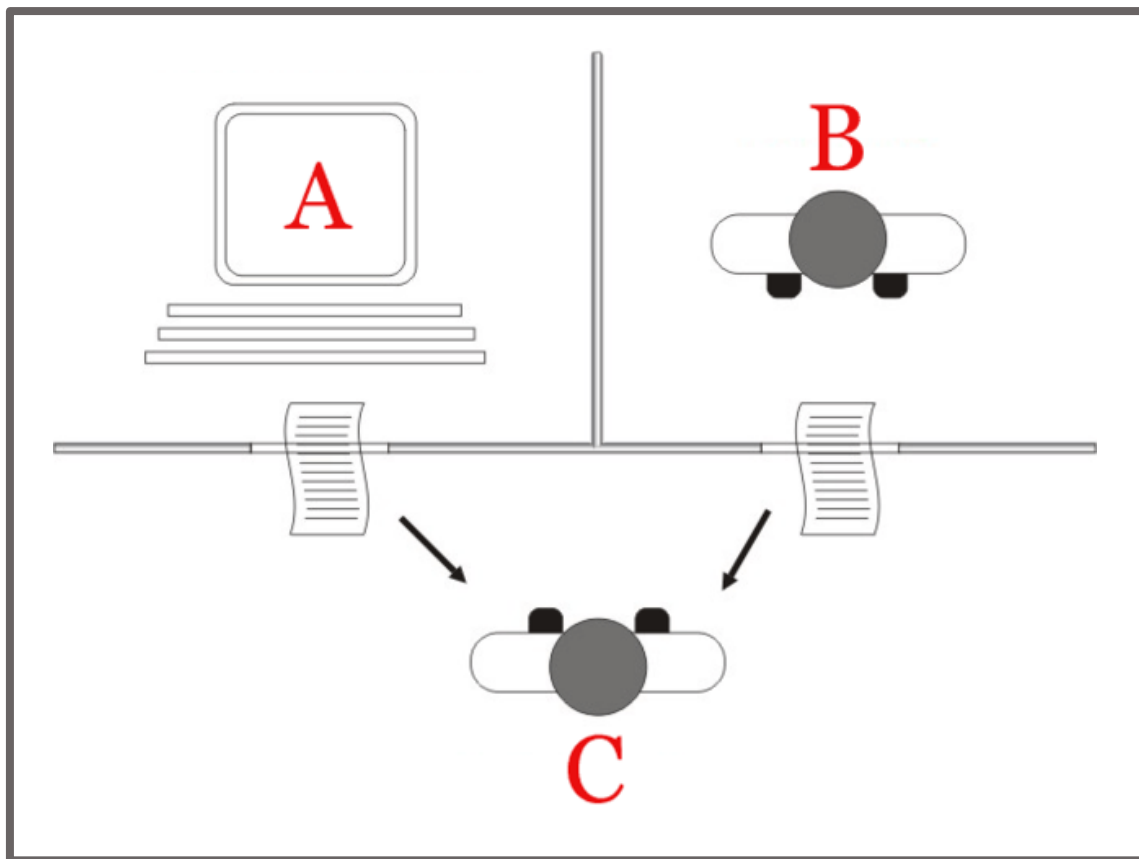
- Cilj mašine A je da daje takve odgovore da osoba C ne može razlikovati da li je A mašina ili čovek.
- Cilj osobe B je da pomogne osobi C da pravilo utvrdi ko je mašina.
- Ukoliko osoba C ne može razlikovati koje poruke dolaze od mašine, a koje od čoveka, onda je mašina A pobedila u *Igri imitiranja*.

Ljudsko delanje i Tjuringov test

- Tjuring je 1950. dao sledeće predviđanje:

„Verujem da će za 50 godina biti moguće programirati računare, koji će imati memorijski kapacitet od otprilike 10^9 , da igraju igru imitiranja tako dobro da prosečni ispitivač neće imati više od 70% verovatnoće da tačno identifikuje osobu nakon 5 minuta ispitivanja... Verujem da će na kraju veka upotreba reči i mišljenje učene javnosti biti u toj meri izmenjena da ćemo slobodno moći reći da mašine misle, bez očekivanja da će nam se neko suprotstavljati.“

Ljudsko delanje i Tjuringov test



- Da bi računar uspeo da prođe Tjuringov test, neophodno je da poseduje sledeće sposobnosti:
 - razumevanje prirodnog jezika
 - reprezentacija znanja
 - automatsko rezonovanje
 - mašinsko učenje (za adaptaciju tokom rada)
- Neke varijacije testa zahtevaju i mogućnosti manipulacije fizičkim objektima.
 - Tada se zahtevaju sposobnosti iz domena robotike i računarskog vida.
- Nijedan računar još uvek nije prošao test.

Ljudsko razmišljanje

- Moramo prvo znati kako ljudi razmišljaju.
- Uska veza sa kognitivnom naukom.
 - Interdisciplinarna oblast koja objedinjuje modele veštačke inteligencije i eksperimentalne metode psihologije u cilju konstruisanja preciznih teorija ljudskog uma koje podležu testiranju.
- Često dobre performanse modela veštačke inteligencije nisu dobar model uma i obrnuto!
- Danas se obe oblasti razvijaju uglavnom nezavisno.
- Ipak, mnogi modeli uma i veštačke inteligencije imaju sličnosti i jedni su često inspirisani drugima.

Racionalno razmišljanje i zakoni razmišljanja

- Prve zakone racionalnog razmišljanja srećemo još kod Aristotela koji je dao „formule“ za izvođenje ispravnih zaključaka pod uslovom da su date istinite premise (tzv. silogizmi)
- Logika doživljava ekspanziju u 19. veku (logički račun, iskazna i predikatska logika)
- Već 1965. godine postojali su programi koji su mogli da reše bilo koji *rešiv* problem opisan jezikom logike (poput izvođenja zaključaka, ispitivanja logičkih posledica, kontradiktornosti i sl.)
- Logička tradicija unutar veštačke inteligencije ima za cilj kreiranje inteligentnih sistema koristeći slične programe.

Racionalno razmišljanje i zakoni razmišljanja

- Dva su osnovna problema:
 - Algoritmi zasnovani na logičkim pravilima često su veoma spori i zahtevni u pogledu resursa. Čak i problemi sa samo nekoliko stotina činjenica mogu potpuno iscrpeti resurse ukoliko ne postoje pravila o tome koja korake u rezonovanju treba prve probati.
 - Veoma retko možemo reći da neka implikacija UVEK važi ili da je neka činjenica 100% tačna. Češće se u realnom svetu srećemo sa verovatnoćama.

Racionalno delanje – kreiranje racionalnih agenata

- Pristup kojim ćemo se najviše baviti
- Agent je neko ili nešto što dela/donosi odluke (lat. *agere* – delati)
- Od agenta očekujemo da delaju autonomno, opažaju okolinu, funkcionišu tokom dugog vremena, prilagode se promenama i postavljaju i ostvaruju ciljeve.
- Racionalni agent je onaj agent od koga se očekuje da svojim delovanjem ostvari najbolji mogući ishod, ili, u slučaju neizvesnosti, najbolji mogući očekivani ishod.
- Još jedno ograničenje racionalnog razmišljanja (izvođenja *potpuno* ispravnih zaključaka) je što u mnogim situacijama ne postoji dovoljno informacija za izvođenje ispravnog zaključka. Ipak, od agenta se očekuje da i u takvim situacijama donosi akcije.

SRODNE DISCIPLINE

11/25/2023



DISCIPLINE KOJE SU DOPRINELE RAZVOJU VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Filozofija

Matematika

Ekonomija

Neuronauka

Psihologija

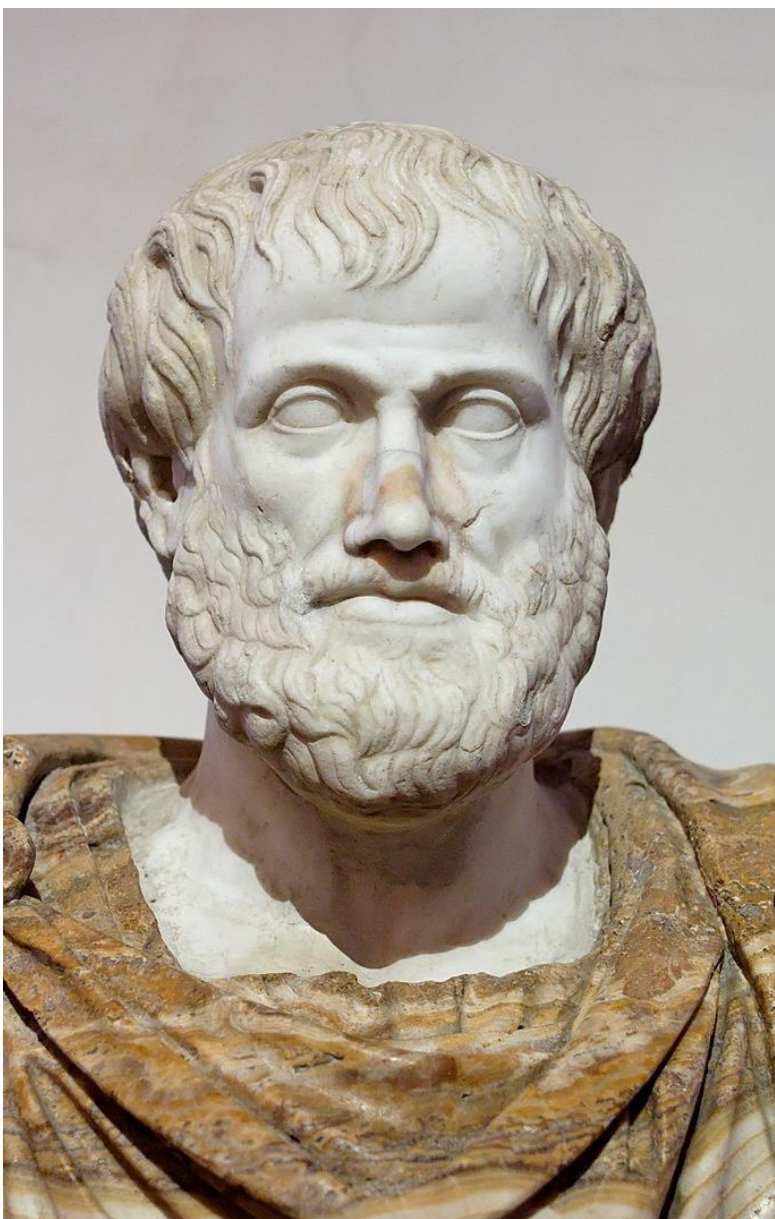
Računarsko inženjerstvo

Teorija kontrole i kibernetika

Lingvistika

Filozofski koreni

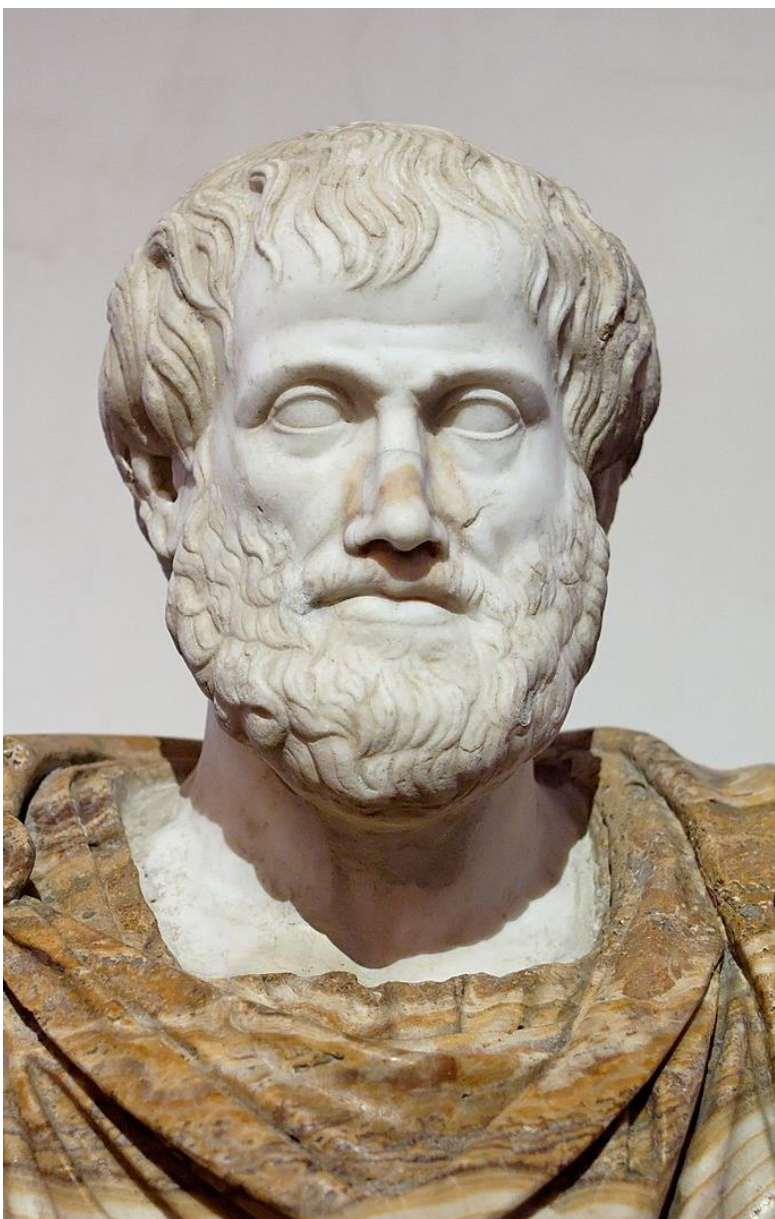
- Neka od pitanja koja postavlja filozofija su:
 - Da li se formalna pravila mogu koristiti za dobijanje validnih zaključaka?
 - Kako um proizilazi iz fizičkog mozga?
 - Odakle dolazi znanje?
 - Kako iz znanja proizilaze akcije?



FILOZOFSKI KORENI

- Aristotel (384-322 p.n.e) je prvi dao zakone ispravnog zaključivanja.
- Bavio se i vezom između znanja i delanja. U svom delu *O kretanju životinja* (*De Motu Animalium*) zapisao je:

„Kako to da je razmišljanje nekada praćeno akcijom a nekada ne, nekada kretanjem, nekada ne? Kao da se slično dešava i sa promišljanjem i zaključcima o nepromenljivim objektima. Samo što tamo kao rezultat imamo iskaz, dok ovde kao rezultat dve premise imamo akciju... Potrebno mi je nešto da se ogrnem. Ogrtač služi za ogrtanje. Potreban mi je ogrtač. Ono što mi treba, moram da napravim. Treba mi ogrtač. Moram da napravim ogrtač. Zaključak „moram da napravim ogrtač“ je akcija.“



FILOZOFSKI KORENI

- U *Nikomahovoj etici* Aristotel proširuje ovu zamisao i daje algoritam planiranja:

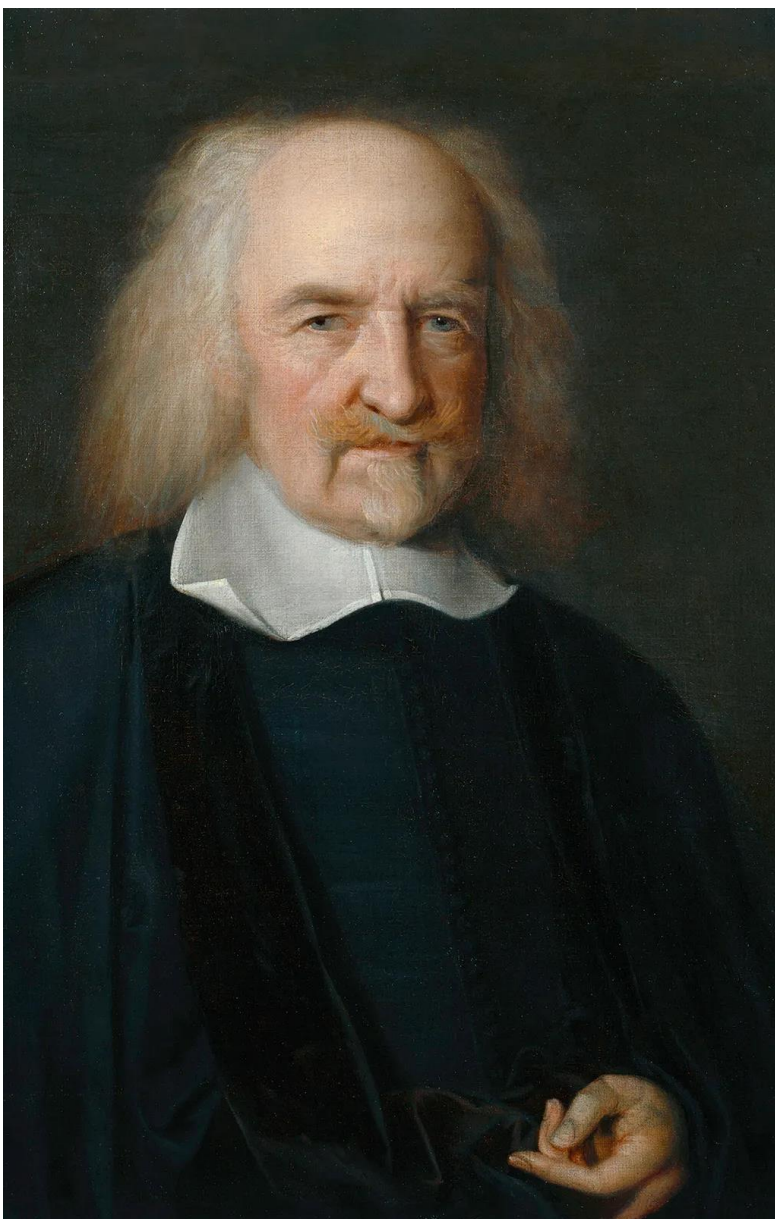
„Ne razmatramo samo o ciljevima, već i o načinu. Jer lekar ne dovodi u pitanje da li će lečiti, niti govornik da li će besediti... Oni pretpostavljaju cilj i razmatraju način koji direktno ostvaruje taj cilj i da li je taj direktan način lak i izvodljiv uzimajući ga kao naredni cilj. Zatim ponavljaju isto za taj novi cilj, i tako dalje dok ne dođu do prvog uzroka. Ono što je poslednje po redu u analizi je prvo po redu u ostvarivanju. A ako dođemo do nemogućeg koraka, obustavljamo pretragu. Na primer, ako nemamo para; ali ako je ovakav niz koraka moguć, pokušaćemo da ostvarimo cilj.“





FILOZOFSKI KORENI

- Vilhem Šikard (1592-1635) konstruisao je oko 1623. god prvu mašinu za računanje (do ovog saznanja došlo se tek u dvadesetom veku. Tradicionalno se zasluge za prvu mašinu za računanje pripisuju Blezu Paskalu („Paskalina“ iz 1642. godine)).
- Gotfrid Vilhelm Lajbnic (1646-1716) napravio je mašinu koja je mogla da vrši sve osnovne aritmetičke operacije i da računa kvadratni koren (Šikardova mašina i Paskalina mogle su samo da sabiraju i oduzimaju)



FILOZOFSKI KORENI

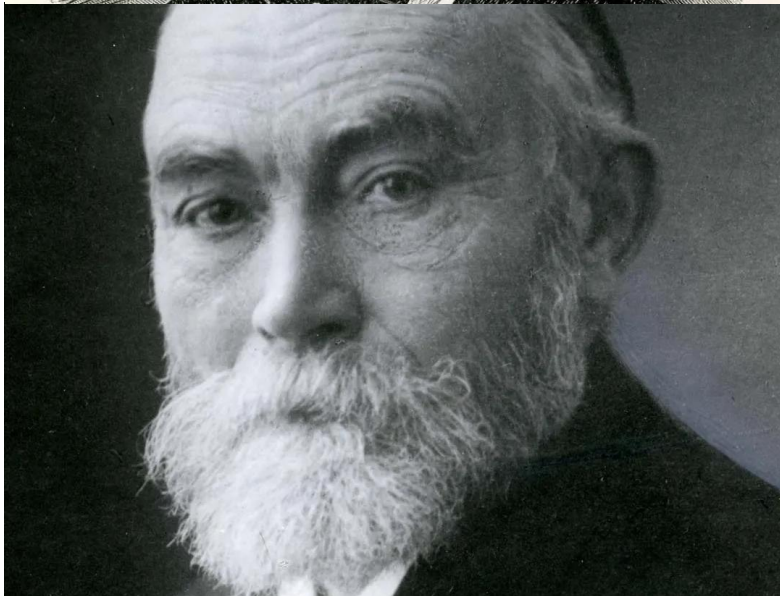
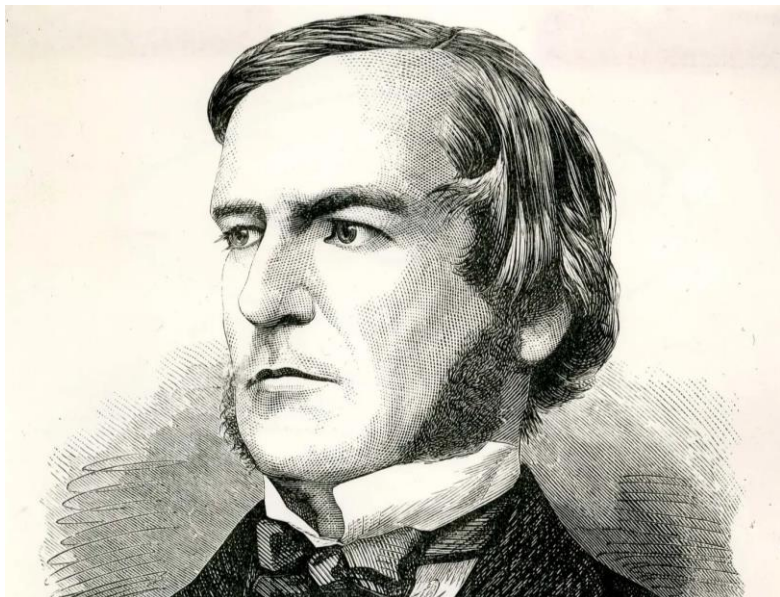
- Tomas Hobs (1588-1679) uporedio je čoveka sa mašinom.
- Rezonovanje je predstavio kao numeričko izračunavanje: „dodajemo i oduzimamo u našim tihim mislima.“
- U svojoj knjizi *Levijatan* (1651) opisuje ideju „veštačke životinje“: „šta je srce, do opruga? Šta su nervi, do strune? Šta su zglobovi, do točkovi?“

Filozofski koreni

- Strukturu uma i poreklom znanja bavili su se mnogi filozofi i davali različite odgovore na ova pitanja:
 - Rene Dekart (1596-1650) smatrao je da postoji deo uma koji je izuzet od zakona prirode i koji dozvoljava postojanje slobodne volje (životinje nemaju ovo svojstvo i mogu se smatrati mašinama).
 - Empiristi (Džon Lok, Dejvid Hjum) su smatrali da su čula jedini izvor saznanja.
 - Dejvid Hjum je predložio princip *indukcije* kao objašnjenje za sticanje opštih pravila.
- U 20. veku logički pozitivisti zastupali su ideju da celokupno znanje može biti opisano logičkim teorijama koje su u vezi sa opservacionim iskazima.

Matematički koreni

- Da bi se od filozofskih razmatranja prešlo na formalnu nauku bilo je potrebno dosta matematičke formalizacije u oblastima logike, izračunavanja i verovatnoće.
- Neka od pitanja kojima se matematika bavi a čiji su odgovori doprineli razvoju veštačke inteligencije su:
 - Koja su formalna pravila za izvlačenje validnih zaključaka?
 - Šta je izračunljivo?
 - Kako vršiti rezonovanje sa nesigurnim informacijama?



MATEMATIČKI KORENI – LOGIKA

- Matematički razvoj formalne logike počinje sa Džordžom Bulom (1815-1864)
 - Bul je predložio da se logički iskazi tretiraju kao aritmetički izrazi:
 - Tipično 0 predstavlja „netačno“, 1 „tačno“, + disjunkciju, * konjunkciju (tada važe neznatno različita pravila u odnosu na „obično“ sabiranje. Na primer: $1 + 1 = 1$)
- Gotlob Frege (1848-1925) proširio je Bulovu logiku na objekte i relacije i kreirao logiku prvog reda koja se i danas koristi.



MATEMATIČKI KORENI - IZRAČUNLJIVOST

- Osim alata za formalno zaključivanje, bilo je potrebno i razviti teoriju o tome šta je uopšte moguće zaključiti/izračunati.
- Kurt Gödel (1906-1978) dokazao je 1930. da postoji procedura da se svaki tačni iskaz logike prvog reda dokaže kao tačan.
- Godinu dana kasnije dokazao je teoremu *nekompletnosti* kojom se tvrdi da u bilo formalnoj teoriji prirodnih brojeva ne može postojati *algoritam* kojim bi se dokazali svi tačni iskazi o prirodnim brojevima.





MATEMATIČKI KORENI – IZRAČUNLJIVOST

- Godelov rezultat može se tumačiti na način da postoje funkcije nad celim brojevima koje se ne mogu predstaviti algoritmom.
- Alan Tjuring (1912-1954) razvio je matematički model mašine kojom se (u teoriji) mogu izračunati sve izračunljive funkcije (Tjuringova mašina).
- Tjuring je pokazao da postoje funkcije koje se ne mogu izračunati Tjuringovom mašinom.

Matematički koreni – izračunljivost

- Osim informacije da li je neku funkciju moguće izračunati, u praksi je veoma bitno i to koliko brzo je moguće izračunati je.
- Tokom šezdesetih godina 20. veka naglašena je razlika između problema polinomijalne računске složenosti i one koji imaju eksponencijalnu složenost.
- Eksponencijalna složenost (eksponencijalni rast broja računskih operacija u odnosu na veličinu problema) algoritma znači da su problemi osrednje veličine nerešivi u praksi datim algoritmom.
- Treba težiti tome da probleme rešavamo algoritmima koji nisu eksponencijalne složenosti.
- Stiven Kuk i Ričard Karp razvili su teoriju NP-kompletnosti i pokazali da veliki broj problema kombinatorike i rezonovanja spada u ovu klasu problema (problemi za koje se u polinomijalnoj složenosti može dati aproksimativni odgovor, ali za koje nije dokazano da je njihova složenost eksponencijalna).

Matematički koreni – verovatnoća

- Pored logike i teorije izračunavanja, treći veliki doprinos matematike veštačkoj inteligenciji je teorija verovatnoće.
- Italijanski matematičar Đirolamo Kardano (1501-1576) prvi je definisao verovatnoću u terminima ishoda kockarskih igara.
- Daljem razvoju verovatnoće u velikoj meri doprineli su:

Blez Paskal (1623-1662), Jakob Bernuli (1654-1705), Tomas Bajes (1702-1761), Pijer Laplas (1749-1827), Karl Fridrih Gaus (1824-1908), Andrej Markov (1856-1922), Ronald Fišer (1890-1962) i drugi.



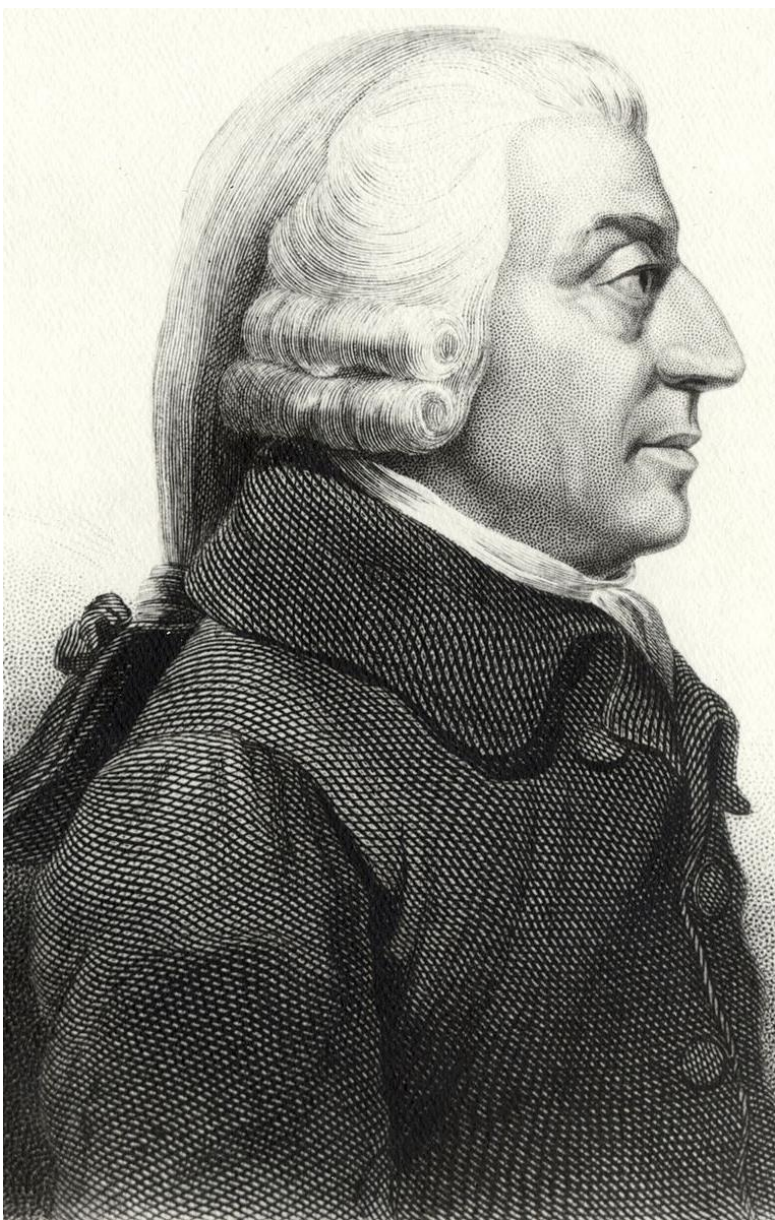


MATEMATIČKI KORENI - VEROVATNOĆA

- Tomas Bajes (1702-1761) dao je pravilo za ažuriranje verovatnoće pri pojavi novih dokaza.
 - Kako od apriorne procene verovatnoće dobiti aposteriornu procenu nakon što saznanja o nekom relevantnom događaju.
 - Opštije, kako nova saznanja utiču na našu procenu verovatnoće.
- Takozvano Bajesovsko zaključivanje je u pozadini većine današnjih pristupa rezonovanju u veštačkoj inteligenciji.

Ekonomski koreni

- Neka od pitanja koja su postavljali ekonomisti, a koja imaju uticaja na veštačku inteligenciju su:
 - Koje odluke donositi da bismo maksimizirali zaradu?
 - Kako delati u situaciji kada se nadmećemo sa drugima?
 - Kako donosite ove odluke onda kada je isplata daleko u budućnosti?



EKONOMSKI KORENI

- Početkom ekonomije kao nauke smatra se 1776. godina kada je škotski filozof Adam Smit (1723-1790) objavio knjigu *Bogatstvo naroda*.
- Smit je prvi ekonomiju predstavio kao nauku.
- Ekonomiju sačinjava veliki broj individualnih agenata koji za cilj imaju maksimiziranje sopstvenog blagostanja.

Ekonomski koreni – teorije korisnosti i odlučivanja

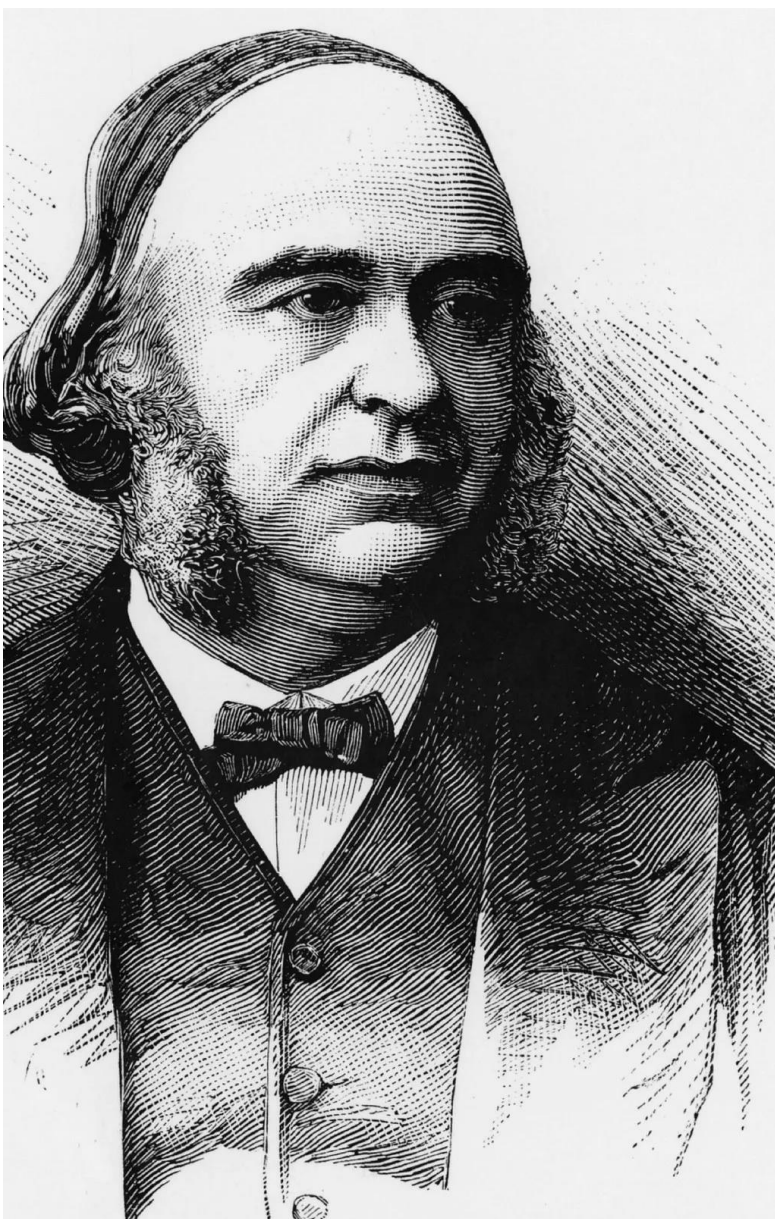
- Željeni ishodi dalje su formalizovani teorijom *korisnosti* (Leon Valras (1834-1910), Frenk Remzi (1903-1930), Džon fon Nojman (1903-1957) i Oskar Morgensern (1902-1977)).
- Teorija odlučivanja kombinuje teoriju verovatnoće i teoriju korisnosti i pruža alate za donošenje odluka u uslovima neizvesnosti.
 - Ova teorija pogodna je za „velike“ ekonomije u kojima možemo da smatramo da svaki agent deluje nezavisno (ne uzimamo u obzir akcije drugih agenata).

Ekonomski koreni – teorija igara

- Kod „malih“ ekonomija, agent prilikom donošenja odluka mora uzeti u obzir odluke koje će doneti ostali agenti.
- Situacija više nalikuje „igri“ u kojoj treba da nadmudrimo protivnike.
- Fon Nojman i Morgenstern razvili su *teoriju igara* (knjiga *Teorija igara i ekonomskog ponašanja* (1944))
 - Iznenadjuć rezultat je da kod nekih igara racionalni agent mora koristiti strategije koje su u nekoj meri nasumične.

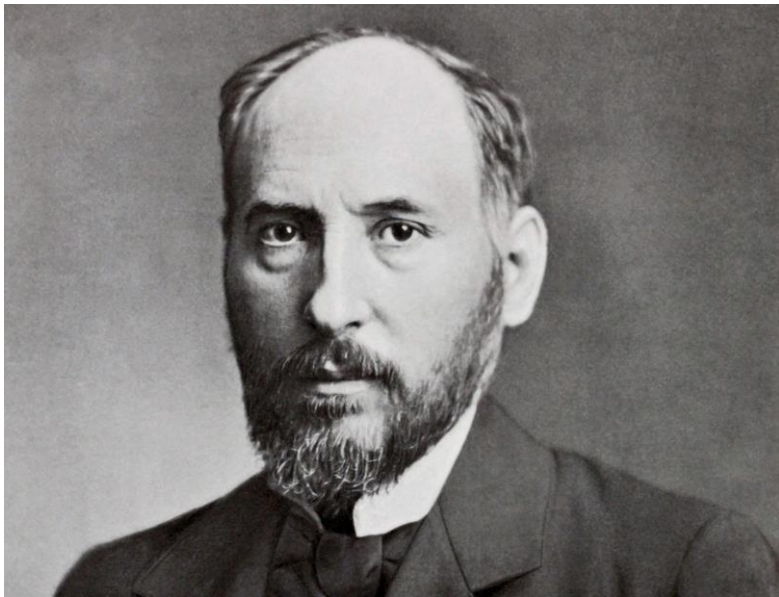
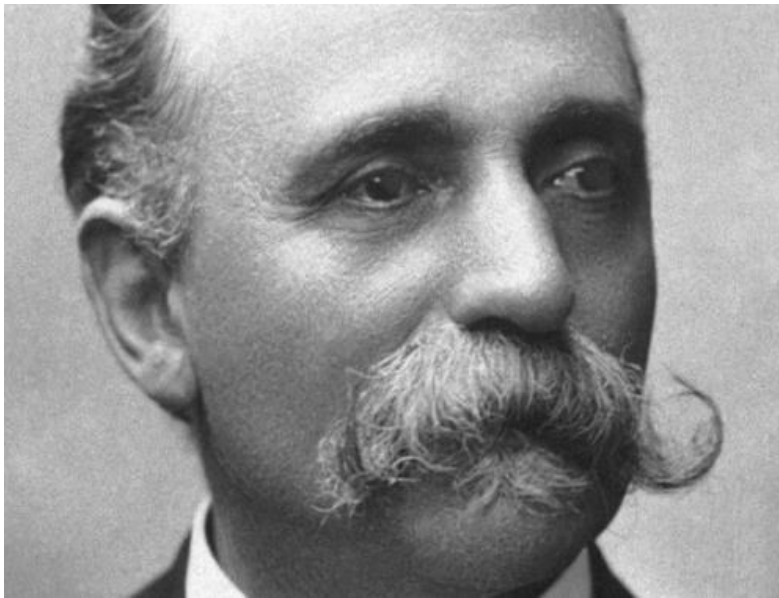
Ekonomski koreni

- Ekonomisti se najvećim delom nisu bavili trećim pitanjem:
 - Kako donositi odluke kada je isplata daleko u budućnosti?
 - Drugim rečima, mnoge akcije koje agent donosi neće imati direktne posledice. Agent preduzima niz koraka i možda će se tek na kraju odluke koje je činio isplatiti.
- Ovim pitanjem u nekoj meri bavi se oblast *operacionih istraživanja*, ali najveći doprinos odgovoru na ovo pitanje došao je iz drugih oblasti (o čemu će biti reči kasnije).



NEURONAUKA – KAKO MOZAK OBRAĐUJE INFORMACIJE?

- Neuronauka se bavi nervim sistemom, a posebno mozgom.
- Tačan odgovor na pitanje kako mozak omogućuje razmišljanje i dalje je jedna od najvećih misterija.
- Pol Broka (1824-1880) prvi je pokazao da su određene regije u mozgu specijalizovane za određene funkcije:
 - otkrio je da je za govor zadužen deo leve hemisfere koji se sada zove po njemu – Brokino područje.



NEURONAUKA – KAKO MOZAK OBRAĐUJE INFORMACIJE?

- U vreme Brokinog otkrića bilo je poznato da je mozak sastavljen iz velikog broja nervnih ćelija ili neurona, ali su neuroni i dalje bili neistraženi.
- Podobnije ispitivanje neurona počinje tek sa razvojem tehnike bojenja Kamila Goldžija (1843-1926) koji je 1873. omogućio posmatranje pojedinačnih ćelija.
- Santijago Ramon i Kahal (1852-1934) koristio je Goldžijeve tehnike i prvi se bavio neuralnim strukturama u mozgu.
- Kahal i Goldži podelili su Nobelovu nagradu 1906. za medicinu.



Neuronauka – kako mozak obrađuje informacije?

- Nikolas Raševski (1899-1972) prvi je primenio matematičke modele za izučavanje nervnog sistema (1936.).
- Hans Berger (1873-1941) izumeo je 1929. godine elektroencefalograf (EEG) i omogućio očitavanja moždane aktivnosti.
- Noviji izum funkcionalne magnetne rezonance (fMRI) omogućio je neurolozima mnogo detaljniji uvid u moždanu aktivnost.
- Individualni neuroni danas se mogu stimulisati električno, hemijski ili optički omogućujući naučnicima da mapiraju ulazno-izlazne relacije.

Neuronauka – kako mozak obrađuje informacije?

- Danas je u velikoj meri poznata mapa mozga – koji deo ima koju funkciju.
- Mapiranja su podložna radikalnim promenama i to u samo par nedelja. U slučaju oštećenja, druga oblast mozga može preuzeti funkcije oštećenog dela.
- Još uvek ne razumemo kako tačno dolazi do promene ovih mapiranja.
- Još bitnije, uz sva moderna saznanja i dalje nije poznato kako tačno skup relativno jednostavnih ćelija prouzrokuje razmišljanje, akcije ili svest.
- Ipak, modeli neuronauke često su bili inspiracija za modele veštačke inteligencije.



PSIHOLOGIJA – KAKO LJUDI I ŽIVOTINJE RAZMIŠLJAJU I DELAJU?

- Herman Helmholtz (1821-1894) najčešće se smatra osnivačem psihometrije (oblast psihologije koja se bavi teorijom i tehnikama merenja) i eksperimentalne psihologije.
- Merio je brzinu ekscitacije neurona, a njegova knjiga *Fiziološka optika* i danas se smatra „najznačajnijom raspravom o fizici i psihologiji ljudskog vida“.

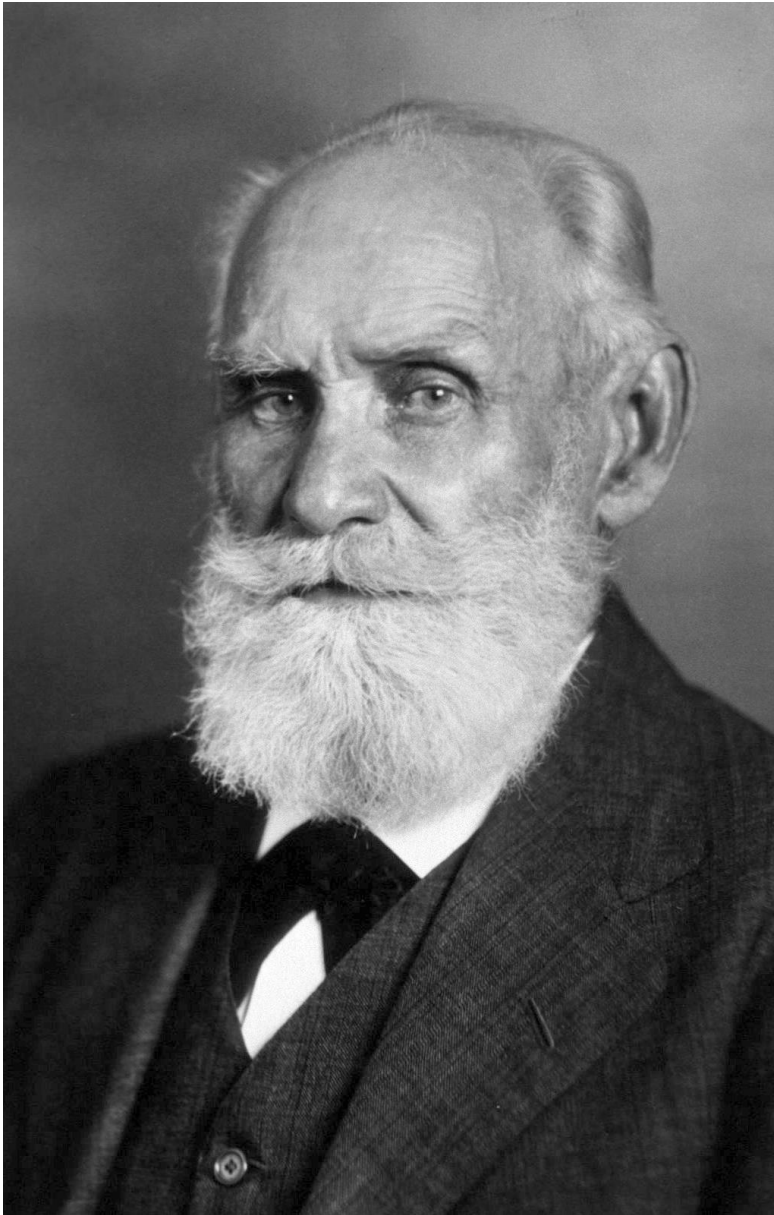


PSIHOLOGIJA – KAKO LJUDI I ŽIVOTINJE RAZMIŠLJAJU I DELAJU?

- Helmholtcov student, Vilhelm Vunt (1832-1920) na Univerzitetu u Lajpcigu otvorio je 1879. prvu laboratoriju eksperimentalne psihologije.
- Vunt je insistirao na pažljivo kontrolisanim eksperimentima pri čemu je od ispitanika tražio da tokom obavljanja asocijativnih ili perceptivnih zadataka vrše introspekciju misaonih procesa.
- Zbog subjektivne prirode podataka bilo je teško uspostaviti teorije (tj. opovrgnuti zamisao koju je naučnik imao pre eksperimenta).
- Biolozi prilikom bavljenja životinjama nisu imali introspektivne podatke i morali su da razviju objektivniju metodologiju.

PSIHOLOGIJA – KAKO LJUDI I ŽIVOTINJE RAZMIŠLJAJU I DELAJU?

- Bihejviorizam u psihologiji je teorija učenja po kojoj je celokupno ponašanje stečeno iz okoline.
- Bihejvioristi su proučavali samo objektivne mere stimulusa datog životinjama i njihove rezultujuće akcije, tj. odgovore.
- Ivan Pavlov (1849-1936) doprineo je mnogim oblastima psihologije.
- Najznačajniji je njegovo otkriće *klasičnog uslovljavanja* (eksperiment sa psima čije je rezultate objavio 1897.)
- Pavlov je 1904. dobio Nobelovu nagradu.



PSIHOLOGIJA – KAKO LJUDI I ŽIVOTINJE RAZMIŠLJAJU I DELAJU?

- Edvard Torndajk (1874-1949) još jedan je od pionira bihejviorizma i teorije učenja.
- Bavio se učenjem putem slučajnih pokušaja i grešaka i začetnik je teorije instrumentalnog uslovljavanja.
- Na osnovu eksperimenta sa mačkama 1898. formulisao je Zakon efekta:
„odgovori koji u određenoj situaciji proizvode zadovoljavajući efekat postaju verovatniji da će se ponovo pojaviti u toj situaciji i odgovori koji daju nelagodan efekat postaju manje verovatni da će se ponovo pojaviti u toj situaciji.“



PSIHOLOGIJA – KAKO LJUDI I ŽIVOTINJE RAZMIŠLJAJU I DELAJU?

- Terminologijom računarskih nauka, Zakon efekta podrazumeva kombinaciju memorije i pretrage.
 - pretraga u smislu isprobavanja i odabira jedne od mnogih akcija u određenoj situaciji.
 - memorija za pamćenje toga koje akcije su u kojoj situaciji donele kakve rezultate.
- Bihejviorizam je dao odlične rezultate u objašnjenju ponašanja životinja, ali ne i ljudi.





PSIHOLOGIJA – KAKO LJUDI I ŽIVOTINJE RAZMIŠLJAJU I DELAJU?

- Kognitivna psihologija bavi se mentalnim procesima na nivou individue poput obrade informacija, pažnje, upotrebe jezika, pamćenja, percepcije, rešavanja problema, donošenja odluka i razmišljanja.
- Kenet Krejk (1914-1945) je termine poput verovanja i ciljeva smatrao podjednako naučnim kao i pritisak ili temperatura.
- Krejk je dao 3 koraka u delovanju agenta zasnovanog na znanju:
 - stimulusi se prevode u internu reprezentaciju („jezik koji mozak razume“),
 - mentalnim procesima se na osnovu nje izvodi nova interna reprezentacija,
 - taj mentalni odgovor se prevodi nazad u akciju.

Psihologija – kako ljudi i životinje razmišljaju i delaju?

- Otprilike u isto vreme, u SAD-u je razvoj računarskog modelovanja doveo do stvaranja oblasti **kognitivne nauke** koja predstavlja spoj psihologije i računarskih nauka.
- Kao začetak kognitivne nauke uzima se konferencija na MIT-u 1956 na kojoj su prezentovali radove:
 - Džorž Miler (1920-2012) – *Magični broj 7*
 - Noam Čomski (1928-) – *Tri modela jezika*
 - Alen Njuvel (1927-1992) i Herbert Sajmon (1916-2001) – *Mašina teorije logike*
- Tri navedena rada pokazala su kako računarski modeli mogu da se iskoriste u oblastima memorije, jezika i logičkog razmišljanja, redom.





RAČUNARSKO INŽENJERSTVO – KAKO NAPRAVITI EFIKASAN RAČUNAR?

- Da bi veštačka inteligencija postojala, potrebne su dve stvari: inteligencija i artefakt (veštački stvoren objekat).
- Računar je artefakt u kome je „sadržana“ veštačka inteligencija.
- Žozef Mari Žakar (1752-1834) bio je francuski tkač i trgovac, a izumeo je 1801. prvu programabilnu mašinu (*Žakarov razboj*)

RAČUNARSKO INŽENJERSTVO – KAKO NAPRAVITI EFIKASAN RAČUNAR?

- Čarls Bebidž (1792-1871) projektovao je dve mašine (nijednu nije završio).
- Diferencijalna mašina za izračunavanje trigonometrijskih i logaritamskih funkcija.
- Analitička mašina je bila ambicioznija zamisao. Sadržala je adresabilnu memoriju, programe i uslovne skokove. Smatra se prvom mašinom za univerzalno izračunavanje.



RAČUNARSKO INŽENJERSTVO – KAKO NAPRAVITI EFIKASAN RAČUNAR?

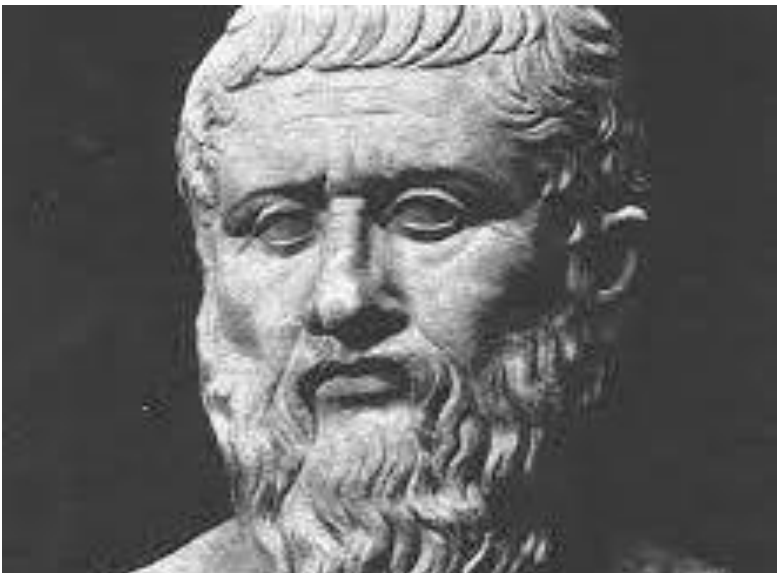
- Bebidžu je prilikom projektovanja analitičke mašine pomagala Ada Lavlejs (1815-1852).
- Smatrala je da će analitička mašina moći čak i da komponuje muziku, ali i da se koristi u naučne svrhe.
- Planirala je da analitičkom mašinom izračunava tzv. Bernulijeve brojeve i osmislila detaljni plan kako bi to moglo biti implementirano na analitičkoj mašini.
- Smatra se prvim programerom.

Računarsko inženjerstvo – kako napraviti efikasan računar?

- Prvi računari koji su zaista radili nastali su za vreme II svetskog rata.
- 1940. tim Alana Tjuringa (1912-1954) konstruisao je prvi elektromehanički računar sa ciljem dešifrovanja nemačkih poruka.
- Isti tim je 1943. konstruisao Kolosa, mašinu opšte namene zasnovanu na vakuumskim cevima.
- Konrad Zuse (1910-1995) konstruisao je Z-3, prvi programabilan računar (koji je zaista radio). Računar je koristio, između ostalog, brojeve predstavljene pokretnim zarezmom (engl. floating point numbers).
 - Zuse je razvio i prvi viši programski jezik – Plankalkul.

Računarsko inženjerstvo – kako napraviti efikasan računar?

- Prvi elektronski računar ABC konstruisali su Džon Atanasov (1903-1995) i njegov student Kliford Beri (1918-1963) u periodu između 1940. i 1942.
- Njihov rad ostao je u velikoj meri nezapažen i najčešće se prvim elektronskim računarom smatra ENIAC.
- Nakon II svetskog rata, računari su se brzo razvijali.
 - Do 2005. brzina se duplirala na svakih 18 meseci (tzv. Murov zakon).
 - Trenutni trend razvoja je povećanje paralelizma.
- Razvijeni su operativni sistemi, programski jezici itd.



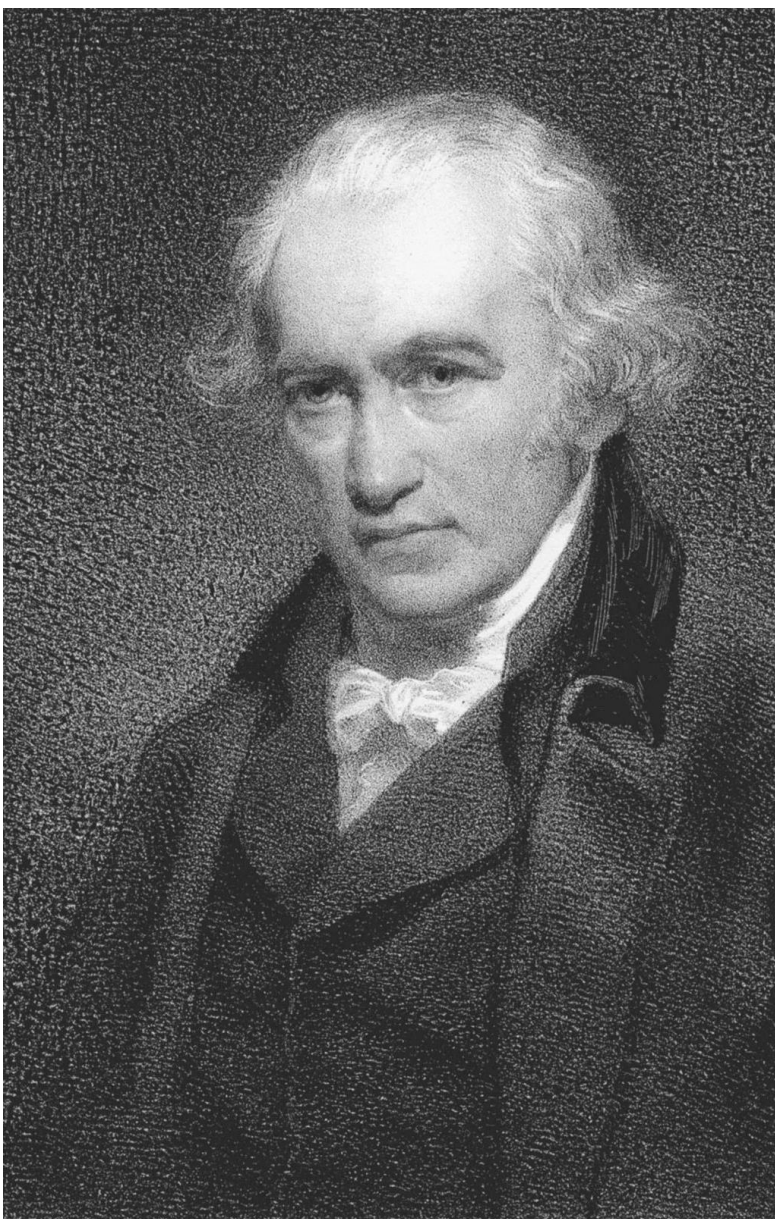
TEORIJA KONTROLE I KIBERNETIKA – KAKO OMOGUĆITI AUTOMATSKI RAD SISTEMA?

- Ktesibije iz Aleksandrije (285-222. p.n.e) je najverovatnije bio prvi upravnik Museiona u Aleksandriji.
- Napisao je prvu raspravu o kompresovanom vazduhu i njegovoj upotrebi kod pumpi (smatra se „ocem pneumatike“).
- Konstruisao je prvi mehanički časovnik (pre toga su u Grčkoj i Egiptu korišćeni najčešće vodeni časovnici (tajmer je precizniji opis) – *klepsidre*).

TEORIJA KONTROLE I KIBERNETIKA – KAKO OMOGUĆITI AUTOMATSKI RAD SISTEMA?

- Problem sa klepsidrom je to što voda u zavisnosti od ispunjenosti posude otiče različitim brzinama. Zadatak je bio omogućiti oticanje vode konstantnom brzinom.
- Ktesibije je rešio problem održavajući posudu konstantno punom.
- Voda koja je oticala punila je novu posudu i pomerala naviše strelicu koja je plutala i pokazivala vreme.
- Kasnije je usavršio mehanizam i proširio ga na kalendar.
- Ktesibijev časovnik smatran je najtačnijim časovnikom sve dok Kristijen Hajgens nije izumeo časovnik sa klatnom 1656.

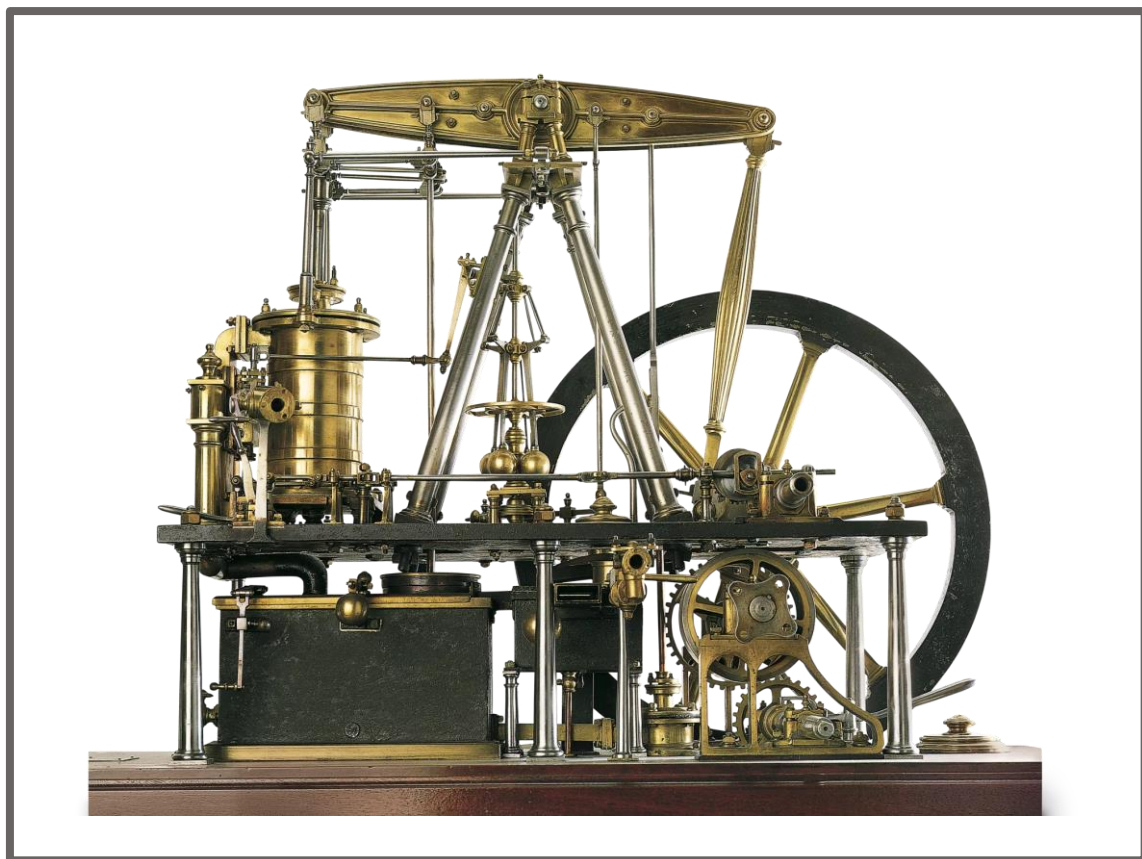




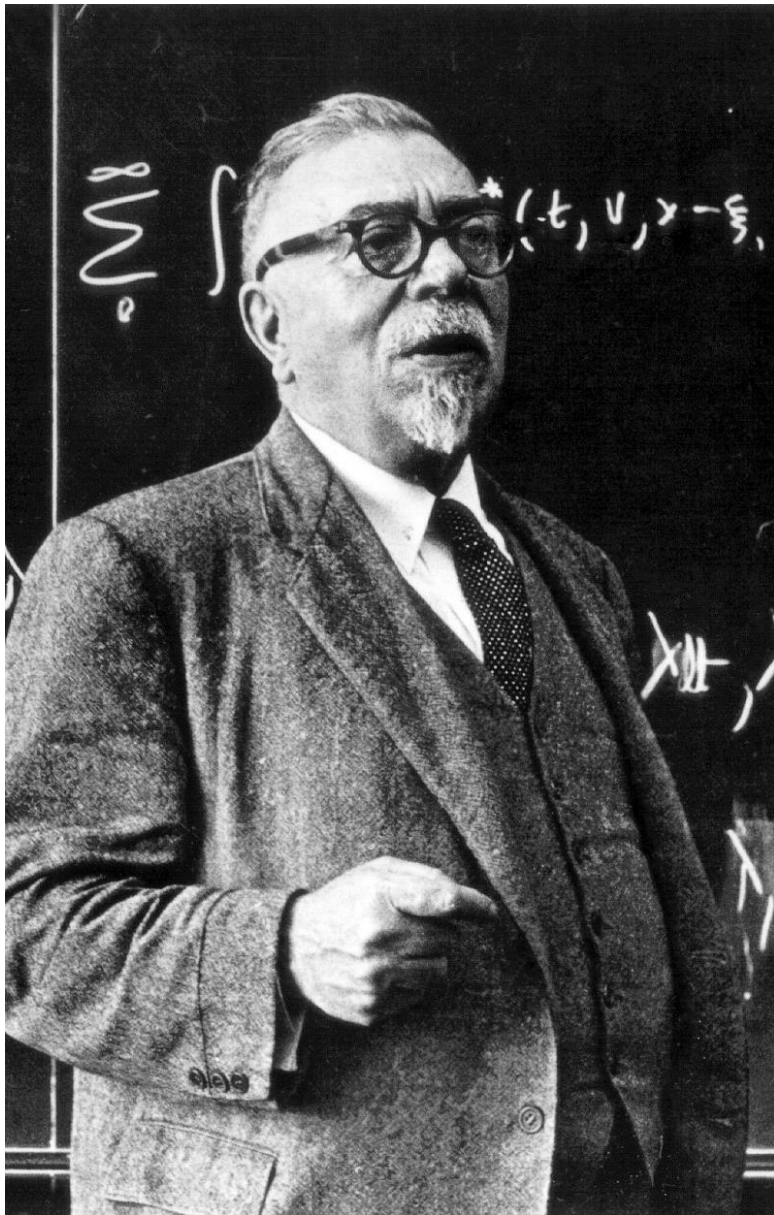
TEORIJA KONTROLE I KIBERNETIKA – KAKO OMOGUĆITI AUTOMATSKI RAD SISTEMA?

- Džejms Vat (1736-1819) usavršio je parnu mašinu.
 - Prvu parnu mašinu konstruisao je 1712. Tomas Njukomen (1664-1729), a preteču parne mašine (*eolipila*) Heron iz Aleksandrije (10-70).
- Vat je efikasnije koristio toplotnu energiju tako da para pokreće klip unutar cilindra u oba smera (1776).
- Linijsko kretanje cilindra preveo je u rotaciono (1781).
 - Do tada se parna mašina koristila samo kao pumpa.

TEORIJA KONTROLE I KIBERNETIKA – KAKO OMOGUĆITI AUTOMATSKI RAD SISTEMA?

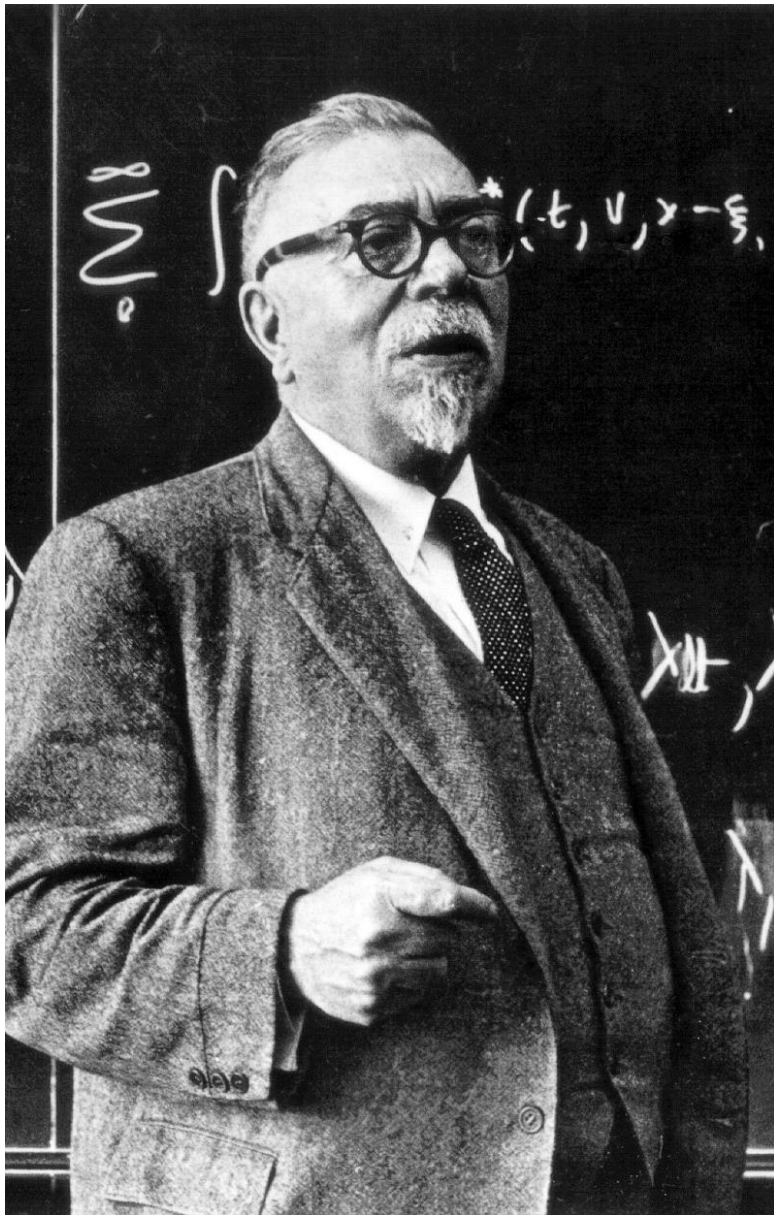


- Jedna parna mašina mogla je da pokreće više mašina odjednom, ali da bi se kretanje cilindra obavljalo konstantnom brzinom bilo je potrebno menjati količinu vodene pare u zavisnosti od broja mašina koje se u tom trenutku pokreću.
- Vat je omogućio automatsko regulisanje količine pare koristeći uređaj na bazi centrifugalne sile (uređaj je dobio naziv *Vatov upravljač*).
- Parna mašina je prvi automatski upravljani sistem na osnovu povratnih informacija.



TEORIJA KONTROLE I KIBERNETIKA – KAKO OMOGUĆITI AUTOMATSKI RAD SISTEMA?

- Norbert Viner (1894-1964) smatra se osnivačem kibernetike kao nauke.
 - Diplomirao je matematiku 1909. sa 14 godina.
 - Potom započinje studije zoologije na Harvardu, ali ih ne završava već 1910. upisuje studije filozofije na Univerzitetu Kornel. Diplomirao je 1911.
 - Naredne godine vraća se na Harvard i bavi matematičkom logikom. 1913. Harvard dodeljuje Vineru titulu doktora nauka (kada je Viner imao samo 19 godina) za njegovu disertaciju iz oblasti matematičke logike.



TEORIJA KONTROLE I KIBERNETIKA – KAKO OMOGUĆITI AUTOMATSKI RAD SISTEMA?

- Nakon matematičke logike bavio se i drugim problemima. Proučavao je *Braunovo kretanje*, obradu signala, a bavio se i kontrolom bioloških i mehaničkih sistema i njihovom vezom sa kongnicijom.
- Nasuprot bihejviorističkom pristupu, smatrao je da je namerno ponašanje potiče od regulatornog mehanizma koji ima za cilj da minimizuje grešku između trenutnog i željenog stanja.
- Sa Fon Nojmanom i kolegama održao je niz konferencija na kojima je dalje razvijao novi matematički i računski model kognicije.
- Njegova knjiga *Kibernetika* iz 1948. bila je bestseler.



TEORIJA KONTROLE I KIBERNETIKA – KAKO OMOGUĆITI AUTOMATSKI RAD SISTEMA?

- Ričard Belman (1920-1984) bio je Američki matematičar koji je objavio 619 radova i 39 knjiga. Poznat je po radu na rešavanju problema optimalne kontrole.
- Termin „optimalna kontrola“ uvodi se kasnijih 50-ih da opiše problem projektovanja kontrolera koji će minimizovati ili maksimizovati meru ponašanja dinamičkog sistema tokom vremena.
 - Na primer, kako poslati raketu na Mesec uz minimalnu potrošnju goriva.
 - Koje upravljačke signale slati i u kojim tačno *situacijama* da ukupan utrošak goriva bude minimalan.



TEORIJA KONTROLE I KIBERNETIKA – KAKO OMOGUĆITI AUTOMATSKI RAD SISTEMA?

- Belman je dao rešenje u vidu jednačine (*Belmanova jednačina*) koja daje procenu optimalne vrednosti funkcije dobitka (zvaćemo je i funkcija vrednosti) stanja dinamičkog sistema koristeći procene vrednosti funkcije dobitka ostalih stanja.
- Takvo nalaženje rešenja optimalne kontrole dinamičkog sistema Belman je nazvao *dinamičkim programiranjem* (1957).
- Kasnije je uočeno da dinamičko programiranje (kod koga tipično računamo vrednosti unazad kroz vreme) može da se iskoristi za probleme učenja (kod kojih je potrebno računati unapred kroz vreme).



LINGVISTIKA – KOJA JE VEZA JEZIKA I MISLI?

- Noam Čomski (1928-) je američki lingvista, filozof, kognitivni naučnik, kritičar društva i politički aktivista.
- Smatra se ocem moderne lingvistike i jedan je od najcitiranijih autora ikada. Autor je više od 100 knjiga i 200 članaka.
- Doktorirao je lingvistiku na Univerzitetu u Pensilvaniji 1955. godine, a počasni je doktor nauka na oko 50 univerziteta!
- Dobitnik je brojnih međunarodnih nagrada i priznanja. Počasni je član mnogih naučnih i društvenih organizacija. Između ostalog, dobitnik je i Sretenjskog ordena II reda, član je i Srpske akademije nauke i umetnosti i član saveta časopisa Novi plamen.



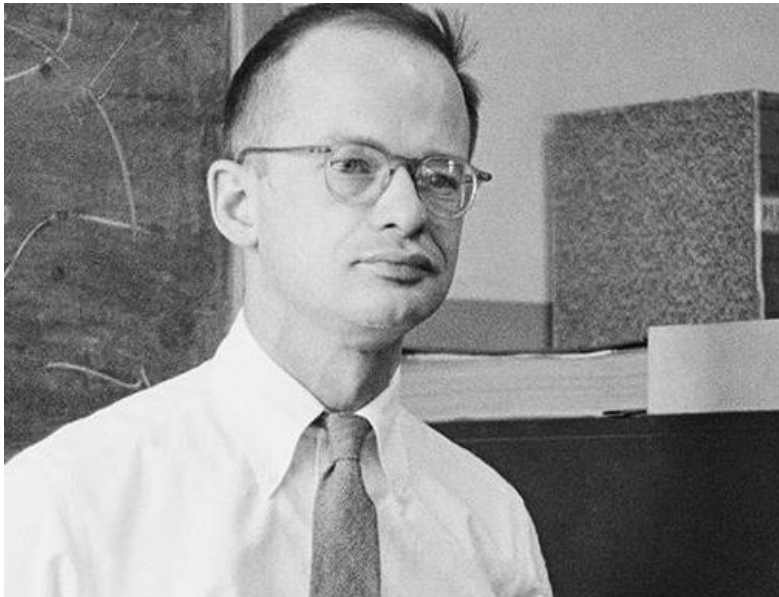
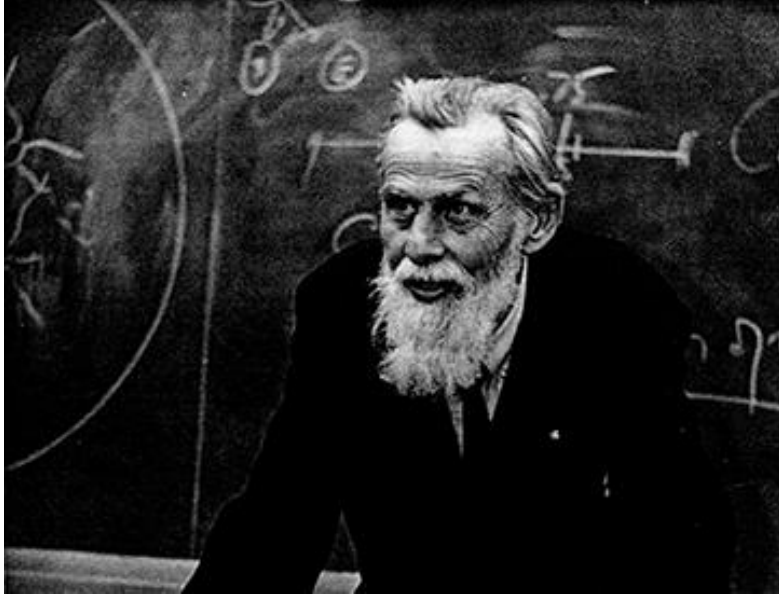
LINGVISTIKA – KOJA JE VEZA JEZIKA I MISLI?

- Pre Čomskog, dominantna teorija učenja jezika bila je bihevioristička koju je zastupao psiholog B. F. Skinner (njegova uticajna knjiga *Verbalno ponašanje* (1957)).
- Čomski je iste godine objavio knjigu *Sintaksičke strukture* u kojoj je dao odgovor na biheviorističko gledište i ukazao na nedostatak biheviorističke teorije u objašnjenju kreativnosti u jeziku – osobine da dete formira i razume rečenice kakve nikada u životu nije čulo.
- Čomski je uveo sintaksne modele jezika, formalne gramatike i hijerarhiju jezika.
- Njegovi radovi čine začetak oblasti računarske lingvistike, obrade prirodnih jezika, a početni radovi na temu reprezentacije znanja inspirisani su lingvistikom.

ISTORIJA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

11/25/2023

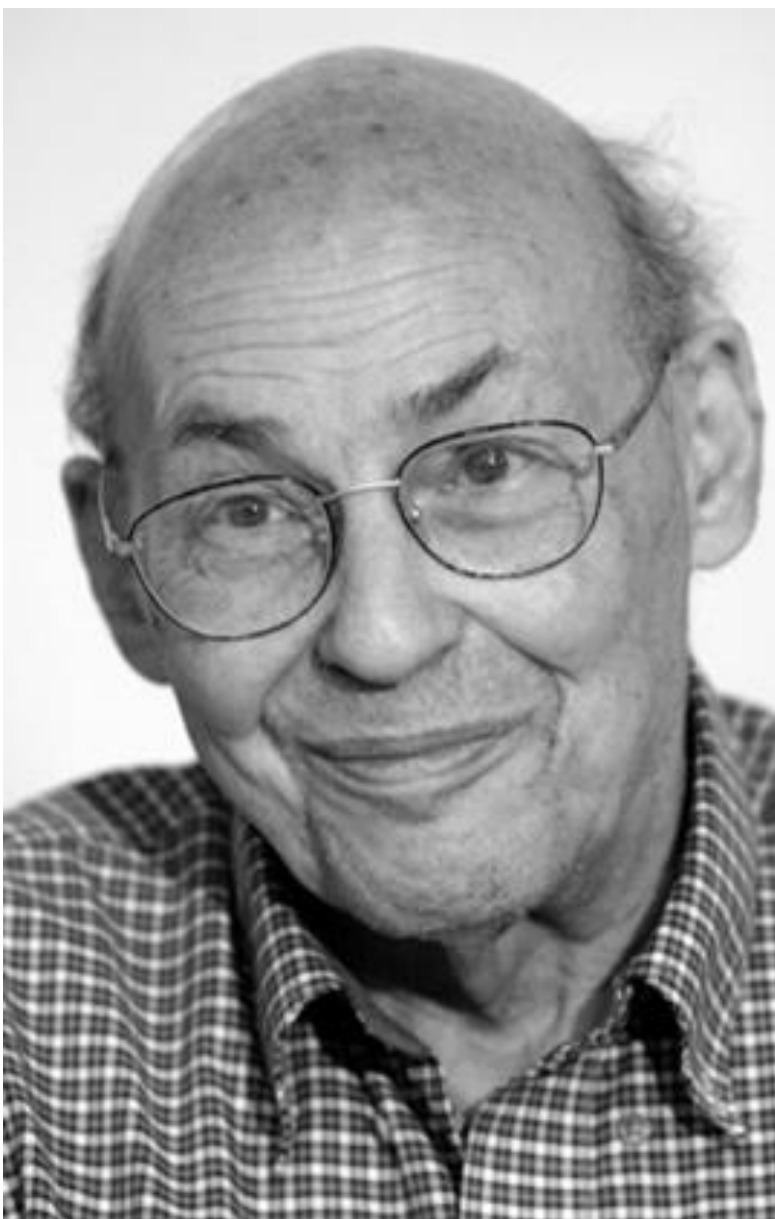




NAZNACI VEŠTAČKE INTELIGENCIJE (1943-1955)

- Prvim radom iz oblasti veštačke inteligencije smatra se rad neurofiziologa Vorena MekKulok-a (1898-1969) i logičara Voltera Pitsa (1923-1969).
- Njihov rad oslanjao se na znanja iz 3 oblasti: osnovne fiziologija i funkcije neurona, formalne analize iskazne logike i Tjuringove analize izračunljivosti.
- 1943. predložili su model veštačkih neurona po kome je svaki neuron *aktivan* ili *neaktivan* kao odgovor na stimuluse susednih neurona.
- Pokazali su da svaka izračunljiva funkcija može biti izračunata neuronskim strukturama. Sugerisali su da bi pogodno definisane neuronske mreže mogle da uče.
- Donald Heb (1904-1985) dao je jednostavno pravilo za ažuriranje jačine veze između neurona.



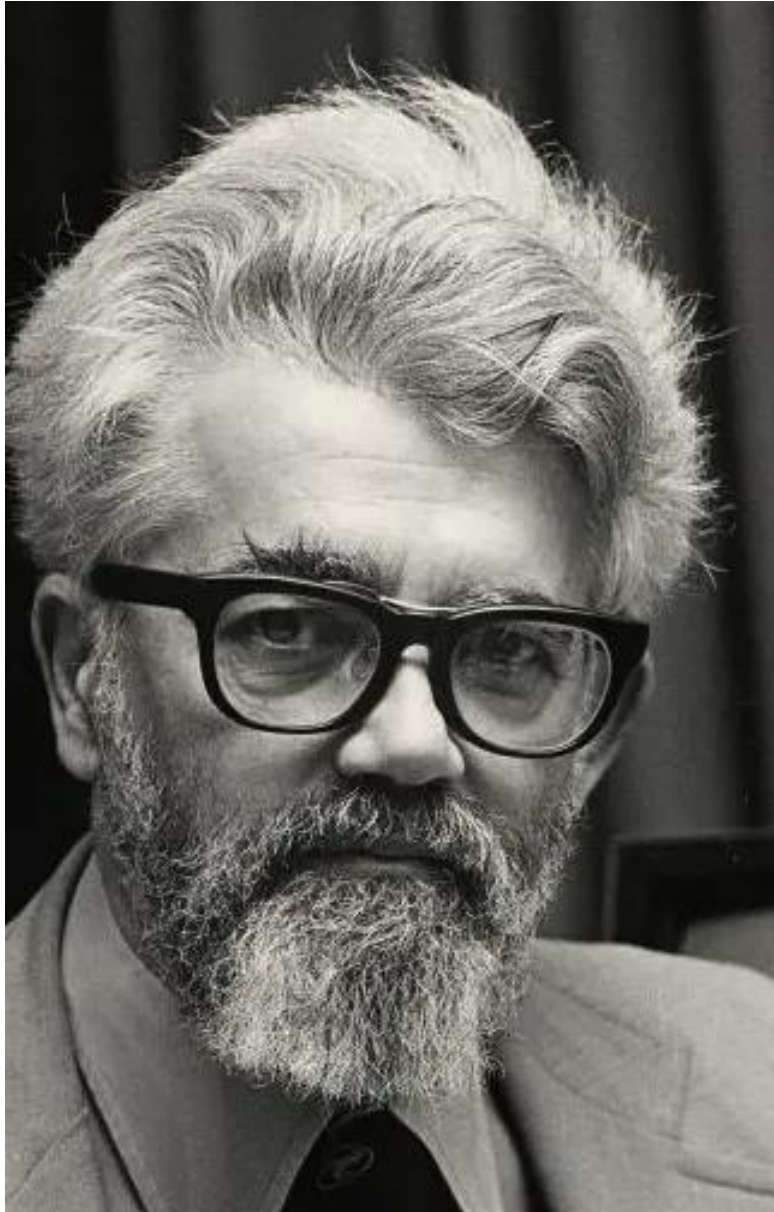


NAZNACIVEŠTAČKE INTELIGENCIJE (1943-1955)

- Marvin Minski (1927-2016) i Din Edmonds su kao studenti 1950. konstruisali su prvi „neuronski računar“ SNARC koji je simulirao rad neuronske mreže od 40 neurona.
- U doktorskoj disertaciji na Princetonu Minski se bavio univerzalnom izračunljivosti neuronskih mreža.
 - Komisija je bila skeptična u pogledu toga da li je njegov rad uopšte matematika, ali je Fon Nojman, koji je bio u komisiji, odgovorio: „ako trenutno nije, jednog dana će biti“.

Naznaci veštačke inteligencije (1943-1955)

- Najuticajniji u tom periodu bio je Alan Tjuring koji je već 1947. držao predavanja na temu veštačke inteligencije, a 1950. objavio je rad „Mašina za izračunavanje i inteligencija“
- 1948. opisao „sistem zasnovan na zadovoljstvu i bolu“:
“Kada se dostigne konfiguracija za koju je nepoznata akcija, preduzima se nasumična akcija i pamti u privremenu memoriju. Pri pojavi stimulusa bola, sadržaj privremene memorije se briše, a pri pojavi stimulusa zadovoljstva, privremena memorija postaje stalna memorija.”
- Predložio je ideju Programa deteta: „umesto što pokušavamo da napravimo program koji će simulirati mozak odrasle osobe, zašto ne bismo probali da napravimo program koji simulira mozak deteta?“
- Uveo je pojmove mašinskog učenja, genetskih algoritama, učenja signala pojačanjem i Tjuringovog testa.



ZAČETAK VEŠTAČKE INTELIGENCIJE (1956)

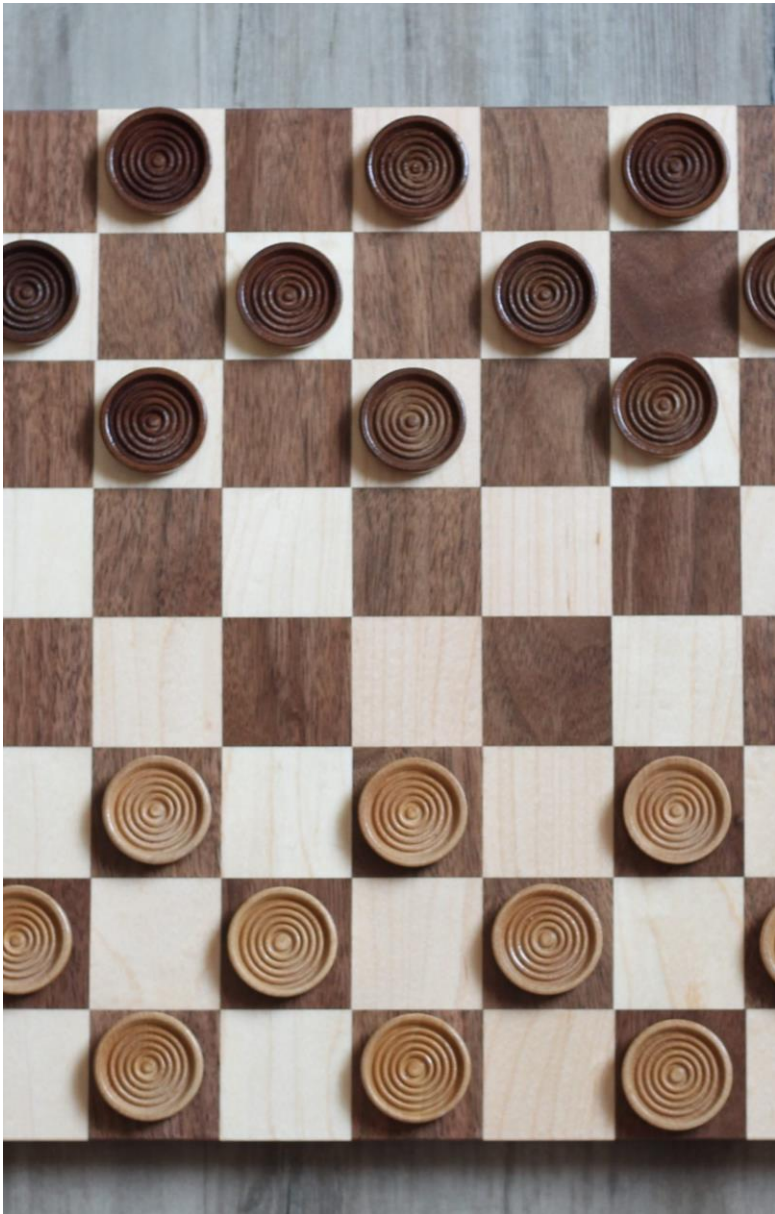
- Na Princetonu, Minski je upoznao Džona MekKartija (1927-2011), koji se smatra „ocem veštačke inteligencije“.
- MekKarti je ubedio Minskija, Kloda Šenona (1916-2001), „oca teorije informacija“ i Nataniijela Ročestera (1919-2001) da mu pomognu da okupi istraživače iz oblasti teorije automata, neuronskih mreža i izučavanja inteligencije.
- 1956. na Koledžu Dartmut organizovali su dvomesečni seminar sa 10 učesnika, a u pozivu MekKarti je prvi put upotrebio pojam „veštačka inteligencija“.
- Među učesnicima su bili i Alen Njuvel (1927-1992) i Herbert Sajmon (1916-2001) koji su predstavili svoj program *Logički teoretičar* koji je mogao da dokazuje teoreme iz oblasti logike.

Začetak veštačke inteligencije (1956)

- Na seminaru nije bilo značajnih otkrića, ali su se učesnici upoznali, a tokom narednih 20 godina oni su, zajedno sa svojim studentima, bili najznačajniji u oblasti veštačke inteligencije.
- Najznačajniji rezultat seminara bio je profilisanje veštačke inteligencije kao zasebne oblasti.
- Naime, za razliku od teorije kontrole, operacionih istraživanja ili teorije odlučivanja, veštačka inteligencija imala je za cilj replikovanje ljudskih aktivnosti kao što su kreativnost, usavršavanje i korišćenje jezika, što nije bio cilj drugih oblasti.
- Drugi razlog je metodološki. Veštačka inteligencija je očigledno deo računarskih nauka (iako operaciona istraživanja takođe koriste računarske simulacije). Veštačka inteligencija je jedina kao cilj imala konstruisanje mašina koje će autonomno delovati u kompleksnom, promenljivom svetu.

RANI ENTUZIJAZAM, VELIKA OČEKIVANJA (1952-1969)

- Počeci veštačke inteligencije bili su doživljavani kao veliki uspeh – delom zbog toga što je u to vreme bilo zadržavajuće da računar radi bilo šta drugo osim aritmetičkih zadataka.
- Njuvel i Sajmon napravili su 1959. program *Opšti rešavač problema* koji je trebalo da imitira ljudski način rešavanja problema na primerima jednostavnih mozgalica.
- Iste godine (1959.) u IBM-u je napravljen program koji je mogao da dokazuje teoreme iz oblasti geometrije.
- Artur Semjuel (sa IBM-a) počevši od 1952. napravio je nekoliko programa koji su mogli da igraju igru dame. Program je igrao na nivou jačeg amatera (bolje od Semjuela), a program je demonstriran na televiziji 1956. ostavivši jak utisak na publiku.



Rani entuzijazam, velika očekivanja (1952-1969)

- Džon MekKarti je 1958. dao tri velika doprinosa računarskim naukama:
 - razvio je programski jezik Lisp, koji je u narednih 30 godina bio dominantan za programiranje veštačke inteligencije,
 - da bi ubrzao eksperimente, razvio je sa kolegama sa MIT-ja deljenje procesorskog vremena,
 - objavio je rad *Programi sa zdravim razumom* u kome je opisao hipotetički program koji bi mogao da koristi znanje da nađe rešenja problema, čak i u oblastima za koje nije programiran. Uveo je centralne principe reprezentacije znanja i rezonovanja.

Rani entuzijazam, velika očekivanja (1952-1969)

- Minski je bio mentor više studenata koji su razvili programe koji su rešavali probleme za čija rešenja se smatra da je potrebna inteligencija:
 - računanje jednostavnih integrala,
 - rešavanje geometrijskih analogija (poput onih na IQ testovima)
 - rešavanje tekstualnih algebarskih zadataka.
- Nadovezujući se na rad Vorena MekKuloka i Voltera Pitsa, Frenk Rozenblat (1928-1971) 1958. osmišljuje perceptron - algoritam za binarnu klasifikaciju koji predstavlja preteču modernih veštačkih neuronskih mreža.

Doza stvarnosti (1966-1973)

- Istraživači iz oblasti veštačke inteligencije davali su veoma optimistična predviđanja. Na primer, Herbert Sajmon je 1957. izjavio:

„Nemam nameru da vas iznenadim ili šokiram, ali najkraći opis stanja je da danas imamo mašine koje misle, uče i stvaraju. Štaviše, ove njihove sposobnosti će se ubrzano povećavati, sve dok se, u dogledno vreme, opseg problema koje mogu da reše mašine ne bude poklopio sa onim u kojima se primenjuje ljudski um.“

- Sajmon je dao i konkretnija predviđanja: da će u narednih 10 godina kompjuter biti šampion u šahu i da će dokazati neku značajnu matematičku teoremu. Predviđanje se, u nekoj meri, ostvarilo tek za 40 godina.

Doza stvarnosti (1966-1973)

- Rani programi veštačke inteligencije davali su dobre rezultate za jednostavne, male, probleme, ali skoro svi su davali veoma loše rezultate na težim problemima.
- Uglavnom su se programi zasnivali na sintaksnim pravilima i manipulacijama, bez znanja o temi.
- Primer ovoga su rani pokušaji mašinskog prevođenja. Ideja je bila da ukoliko znamo gramatiku dva jezika i imamo rečnik, možemo da vršimo prevođenje. Tako je rečenica „*the spirit is willing but the flesh is weak*“ kada je prevedena na ruski i nazad na engleski postala „*the vodka is good but the meat is rotten*“.

Doza stvarnosti (1966-1973)

- Drugi problem bio je ogromna računska složenost problema koje je veštačka inteligencija pokušavala da reši. Teorija računske kompleksnosti počinje da se razvija tek šezdesetih godina.
- Većina ranih programa je rešavala probleme isprobavajući sve moguće opcije, što je davalo dobre rezultate na „malim“ problemima na kojima su vršeni testovi. Mislilo se da je prelazak na „veće probleme“ prosto pitanje brzine hardvera i veće memorije.
- Tzv. „kombinatorna eksplozija“ bila je jedna od glavnih kritika veštačke inteligencije.

Doza stvarnosti (1966-1973)

- Rani eksperimenti u *mašinskoj evoluciji* (danas poznatom kao *genetski algoritmi*) zasnivali su se na ideji da će male promene mašinskog koda programa proizvesti program koji je dobar u rešavanju nekog zadatka. Ideja je bila generisati slučajne mutacije i nekim algoritmom selekcije odabrati one koje deluju korisno. Pristup je podrazumevao pristup neograničenoj računskoj moći, a nakon hiljade sati izračunavanja skoro nikakvih napretka nije bilo.
- Iako je 1962. godine dokazano da perceptron može naučiti sve što se može predstaviti pomoću njega, 1969. dokazano je se perceptronom ne može predstaviti mnogo toga, što je dovelo do opadanja interesovanja za veštačke neuronske mreže.

Trenutne tendencije

- Počevši od 1980. veštačka inteligencija postaje deo industrije. Mnoge firme već osamdesetih godina ostvaruju velike uštede i dobitke koristeći algoritme veštačke inteligencije.
 - Procena je da će do 2030. ukupan ekonomski dobitak od veštačke inteligencije biti 15.7 biliona dolara.
- Korišćenje neronskih mreža (počevši od 1986.):
 - Osamdesetih godina najmanje 4 različitih grupa je došlo do algoritma propagacije greške unazad (engl. back-propagation) koji je od tada postao dominantan algoritam za računanje parametara potrebnih za *treniranje* neuronskih mreža.

Trenutne tendencije

- Sa razvojem hardvera i omogućavanjem korišćenja GPU-a za opšte namene (uključujući i matrična množenja potrebna za treniranje neruonskih mreža) neuronske mreže doživele su ekspanziju i danas je tzv. *duboko učenje* jedan od dominantnih pristupa u mašinskom učenju i veštačkoj inteligenciji.
- Korišćenje naučnog metoda (počevši od 1987.):
 - Danas je moguće nezavisno testirati svaki algoritam i objavljeno rešenje.
 - Razvijena je matematička teorija u pozadini algoritama i kao rezultat dala nove načine rešavanja problema i objasnila mnoge postojeće.
- Ponovno interesovanje za inteligentne agente (počevši od 1995.):
 - inteligentni agenti danas su deo mnogih programa (i veb sajtova)

Trenutne tendencije

- smatra se da agent ne može znati sa sigurnošću svoje okruženje i rezonovanje i planiranje mora da uključuje nesigurnost.
- bavljenje inteligentnim agentima približilo je veštačku inteligenciju ekonomiji i teoriji kontrole.
- javlja se ideja da se veštačka inteligencija vrati „svojim korenima“ i omogući stvaranje opšte veštačke inteligencije (veštačke inteligencije na nivou čoveka)
- Dostupnost velikih skupova podataka (počevši od 2001.):
 - tokom prvih 60 godina bavljenja veštačkom inteligencijom, naglasak je bio na algoritmima, ali danas je poznato da uz veliku količinu podataka mnogi problemi mogu biti rešeni.

Trenutne tendencije

- na primer, danas je na internetu moguće naći bilione reči engleskog jezika, slika, genetskih sekvenci itd.
- današnji modeli za procesiranje prirodnog jezika i zadatke iz oblasti računarskog vida postižu zadivljujuće rezultate, a njihovo treniranje vrši se na osnovu više miliona hiljada uzoraka.

Mašinsko učenje

Mašinsko učenje je studija računarskih algoritama koji se automatski poboljšavaju kroz iskustvo.

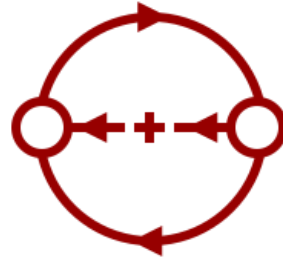


Mašinsko učenje



Nadgledano učenje

Za date ulazne podatke i željene izlaze (koje je najčešće dao čovek), algoritam „uči“ da generiše tražene izlaze.



Pojačano učenje

Problem se razmatra kao niz koraka u kojima agent interaguje sa okolinom, a cilj je preduzimati takve korake koji maksimiziraju signal nagrade.



Nenadgledano učenje

Za dat skup uzoraka algoritam „uči“ strukturu tih podataka.

Nadgledano učenje

- Na osnovu datog skupa uzoraka za treniranje $D = \{(x_n, y_n)\}_{n=1}^N$ treba naći parametre θ takve da optimizuju odgovarajuću kriterijumsku funkciju $J(\theta)$ koja bi trebalo da “meri” koliko su izlazi koje naša funkcija daje dobri u odnosu na željene izlaze.
- Učenje je optimizacioni problem, tj. nalaženje zadovoljavajućeg rešenja jednačine!
- „Razmišljanje“ i „odlučivanje“ su prosto evaluacija funkcije za date ulazne podatke i parametre koje smo dobili kao rešenja jednačine!

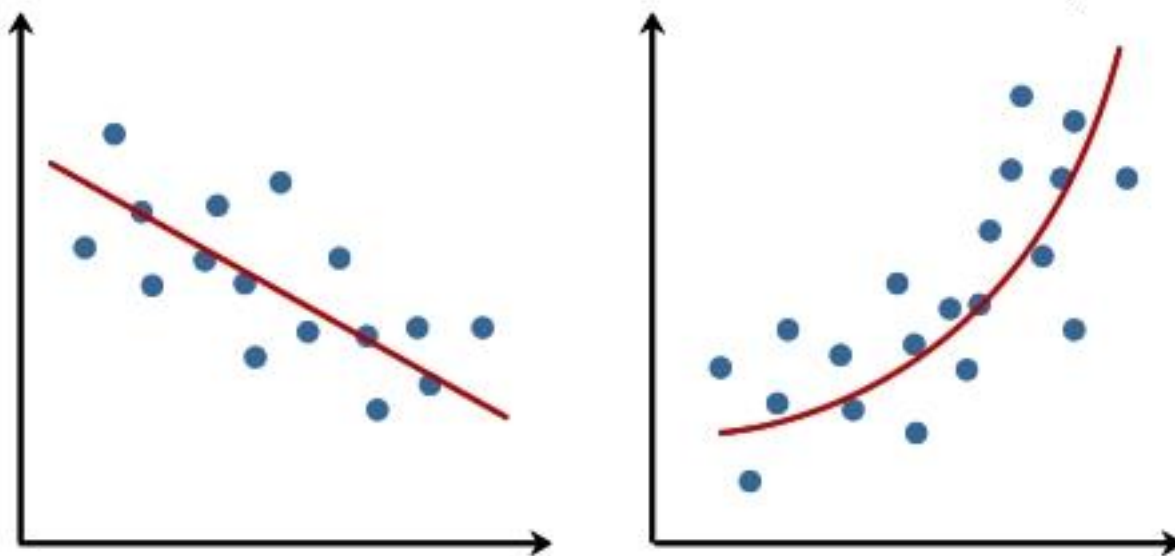
Nadgledano učenje

Na primer, zamislimo da imamo date parove $\{(x_n, y_n)\}_{n=1}^N$.

Cilj nadgledanog učenja je pronalaženje funkcije koja može da na osnovu vrednosti x , predvidi y .

Kada „naučimo“ funkciju, za novu tačku x , vrednost y određujemo kao $f(x)$.

Primeri regresije:



Veštačke neuronske mreže – biološka inspiracija

Biološki neuroni:

- povezani su sinapsama;
- komuniciraju elektrohemijskim signalima;
- neuron se aktivira ako sedostigne određeni električni prag.



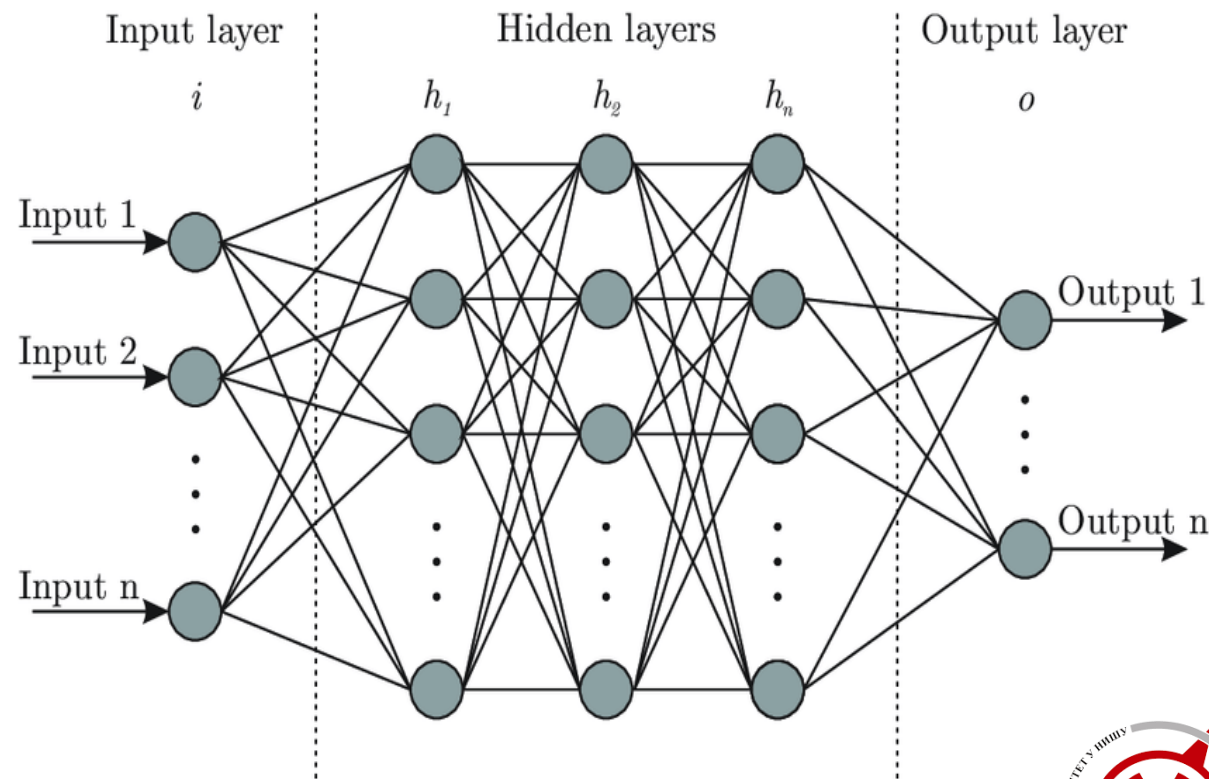
Veštačke neuronske mreže

Veštački neuroni:

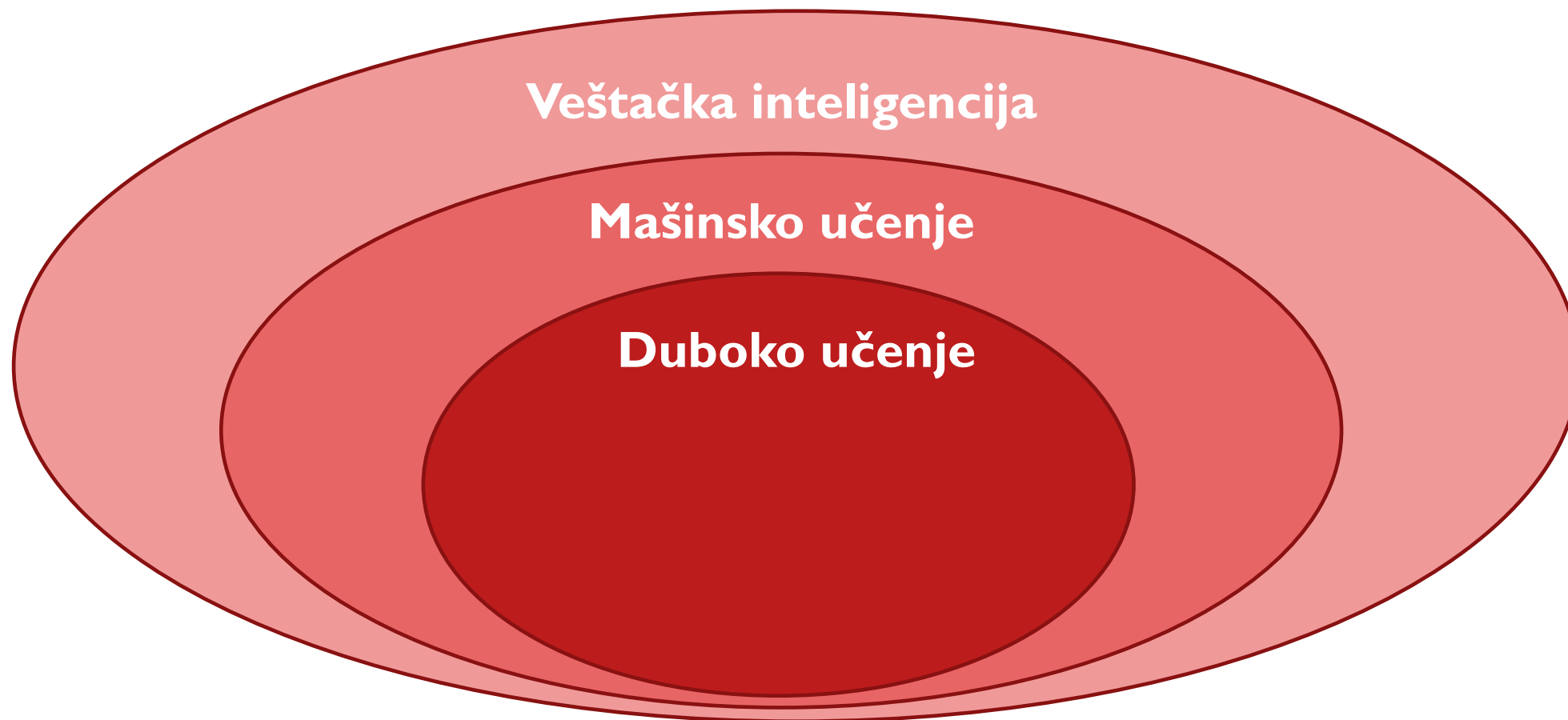
- grupisani su u slojeve;
- neuroni sloja l povezani su sa svim neuronima sloja $l + 1$;
- konekcije (sinapse) su težinske;

- signal koji neuron propagira dalje računa se kao:

$$x_i^l = f(\sum_{j=0}^{n^{l-1}} w_{ij}^l x_j^{l-1} + b_i^l).$$



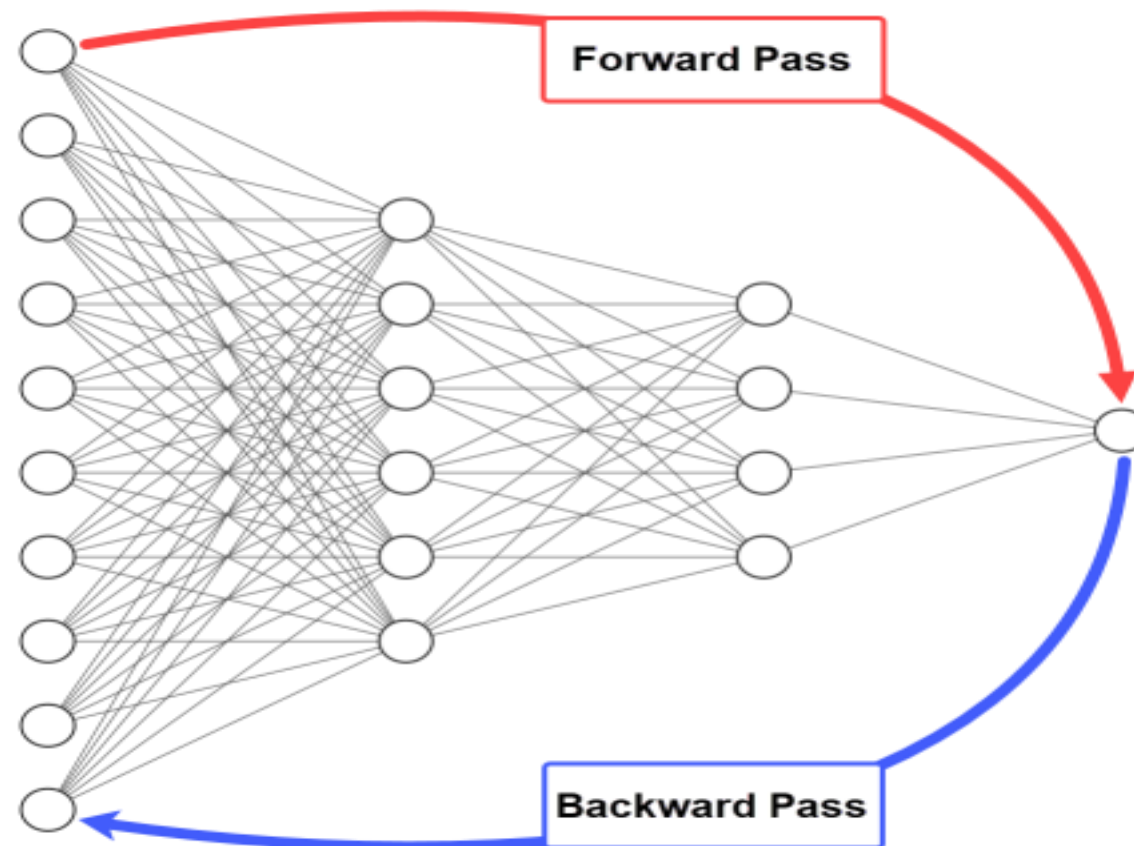
Duboko učenje



Duboko učenje – kako „utrenirati“ model?

- Definišemo funkciju greške $L(X, t, w)$ koja meri koliko je naš model „loš“, pri čemu su sa X , t i w označeni podaci, ciljne vrednosti i parametri modela, redom.
- Cilj učenja je naći parametre w koji minimizuju funkciju L .
- Tipično optimizujemo funkciju L iterativno gradijentnim spustom.
- Gradijente ($\sim$ parcijalni izvodi) izračunavamo algoritmom propagacije greške unazad ($\sim$ pravilo ulančavanja).
- Parametre našeg modela ažuriramo sa: $w = w - \alpha \nabla L(x)$
- Jedan prolaz kroz ceo skup za treniranje naziva se epoha i tipično nam je potrebno više epoha da istreniramo model.

Duboko učenje – kako utrenirati model?



Duboko učenje – funkcije greške

- Srednja kvadratna greška (obično se koristi kod nelinearne regresije)

$$L(X, t, w) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (t_n - y_n)^2$$

- Binarna kros entropija (obično se koristi kod binarne klasifikacije)

$$L(X, t, w) = -\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N t_n * \log y_n + (1 - t_n) * \log(1 - y_n)$$

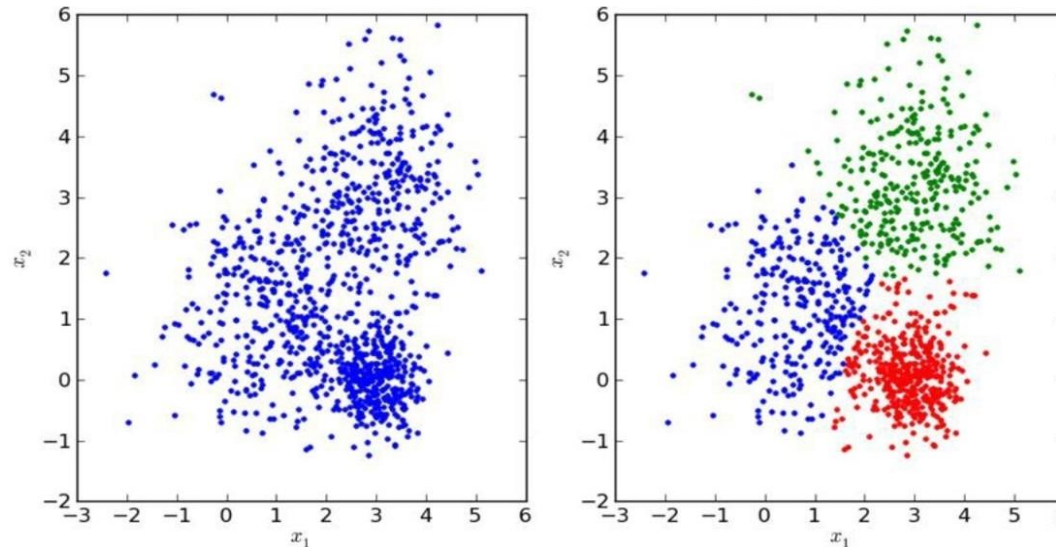
- Kros entropija (obično se koristi kod višeklasne klasifikacije)

$$L(X, t, w) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \sum_{c=1}^C t_{nc} \log y_{nc}$$

Nenadgledano učenje

Sada skup uzoraka za treniranje ne sadrži ciljne vrednosti (labele) y .
Takođe se svodi na optimizaciju određene kriterijumske funkcije.

Primer klasterovanja:

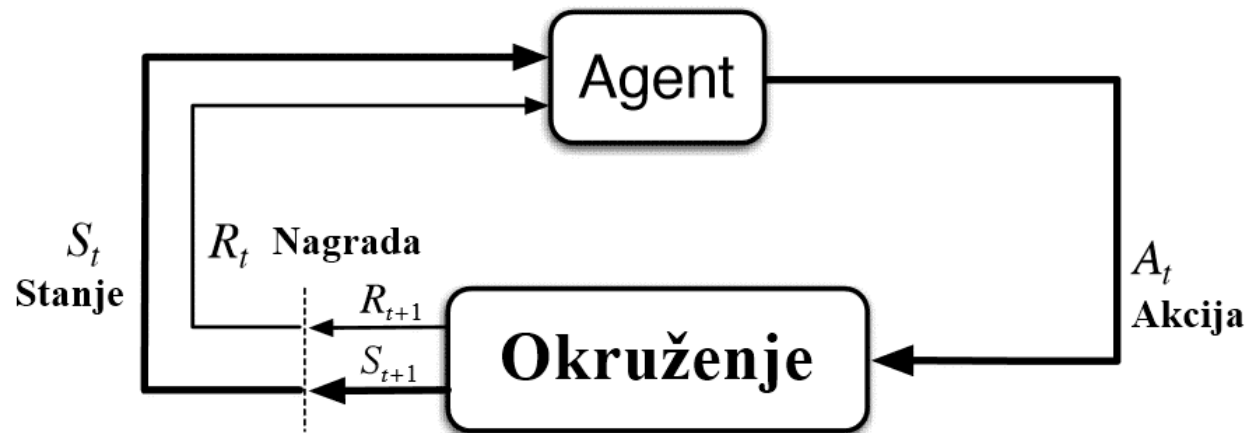


Pojačano učenje (učenje signalom pojačanja)

U svakom koraku agent bira jednu od mogućih akcija pomoću kojih komunicira sa okruženjem.

Nakon preduzimanja akcije dobija odgovor od okruženja u vidu numeričkog signala nagrade i nove opservacije ($\sim$ stanja).

Cilj učenja je maksimizacija ukupne nagrade.



Pojačano učenje (učenje signalom pojačanja)

Formalnije, ukupnu nagradu počevši od nekog koraka t predstavljamo funkcijom *dobitka*:

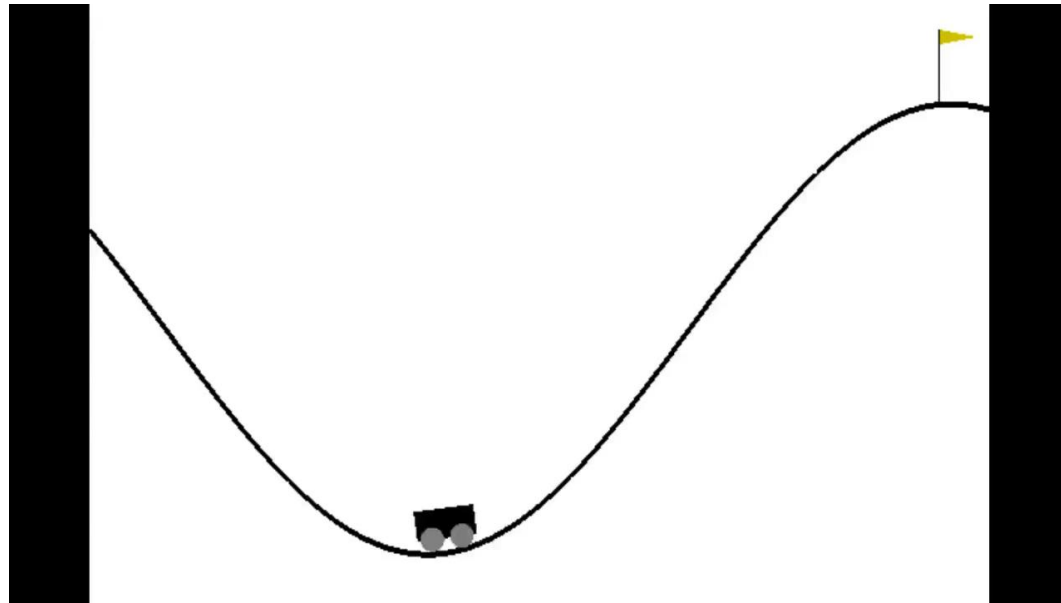
$$G_t = \sum_{k=0}^{k=\infty} \gamma^k R_{t+k+1}$$

Cilj učenja je nalaženje optimalne *strategije* koja u svakom koraku t maksimizira G_t bez obzira na trenutno stanje.

Najčešće do rešenja dolazimo tako što učimo da procenimo koja akcija u kom stanju dovodi do najveće dugoročne nagrade.

Pojačano učenje (učenje signalom pojačanja)

Primer problema planinskog auta. Auto nema dovoljnu snagu da se popne uzbrdo, pa mora da hvata zalet sa jednog brda na drugo dok uz pomoć inercije ne uspe da dođe do cilja.



GDE DANAS KORISTIMO VEŠTAČKU INTELIGENCIJU?

- *Samovozeći automobili*
- *Raspoznavanje govora*
- *Autonomno planiranje*
- *Igranje igara*
- *Filtriranje spam poruka*
- *Planiranje vojne logistike*
- *Robotika*
- *Mašinsko prevođenje*
- *Preporuka sadržaja*
- *Postavljanje dijagnoza*
- *Prepoznavanje lica*



Gde danas koristimo veštačku inteligenciju?



11/25/2023



Opasnost veštačke inteligencije



➡ **Vuk**

➡ **Haski**

Opasnost veštačke inteligencije



➡ Haski

Opasnost veštačke inteligencije



Opasnost od jake veštačke inteligencije

Vodeći naučnici iz oblasti veštačke inteligencije procenjuju da jaka veštačka inteligencija neće biti razvijena još najmanje 30 godina.

„Plašiti se uspona robota ubica je isto kao i brinuti za prenaseljenost na Marsu.“

Čak i ukoliko se (ili kada se) jaka veštačka inteligencija bude razvila, jedina moguća opasnost biće u neslaganju u vezi načina na koji neki problem treba rešiti.

OPASNOST OD JAKE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE



2001: Odiseja u svemiru (1968)

Kompjuter HAL 9000 koji upravlja svemirskom brodom odlučuje da pobije posadu broda, *da bi osigurao izvršenje misije.*



Kolos: Forbinov projekat (1970)

Veštačka inteligencija Kolos zavladava svetom i uspostavlja diktaturu, *da bi uspostavio poredak blagostanja, bez ratova i konflikta.*



Terminator (1984)

Veštačka inteligencija firme Skajnet koja ja zadužena za odbrambene sisteme razvija svest i okreće se protiv ljudi, jer je programirana da uništi svaku pretnju po ljude, *a čovečanstvo je pretilo da uništi sebe.*



Ja, robot (2004)

Glavni sistem V.I.K.I koji upravlja svim robotima i veštačkom inteligencijom odlučuje da uspostavi diktaturu nad čovečanstvom, *jer je to izračunato kao najsigurnije po ljude.*

Dodatna motivacija za razvoj i bavljenje veštačkom inteligencijom?

- Tokom istorije, naučnici, umetnici i intelektualci polagali su velike nade u tehnološki razvoj.
- Malo je intelektualaca koji se neće složiti da tehnologija *može* stvoriti svet u kome bi nemaština, glad i beda bili iskorenjeni.
 - Jedino je neslaganje oko toga koji su dodatni uslovi i koliko je „može“ verovatno.
- Veštačka inteligencija omogućiće tehnologiji da zameni (neki bi rekli oslobodi) ljude u mnogim opasnim, napornim i monotonim poslovima.



DODATNA MOTIVACIJA ZA RAZVOJ I BAVLJENJE VEŠTAČKOM INTELIGENCIJOM?

„Dostojanstvo uopšte nije nužno svojstvo fizičkog rada, i većma je u potpunosti unižavajuće. Umno je i moralno štetno za čoveka da obavlja posao bez uživanja, i mnogi oblici rada predstavljaju sasvim neprijatne delatnosti, i takvim ih i treba smatrati. Čistiti blatnjavo raskršće osam sati dnevno dok duva istočni vetar ogavno je zanimanje. Čistiti ga sa umnim, moralnim ili fizičkim dostojanstvom izgleda mi nemoguće. Čistiti ga s radošću bilo bi tek zastrašujuće. Čovek je stvoren za nešto bolje od okretanja i prevrtanja blata. Sve takve poslove treba da obavljaju mašine.“

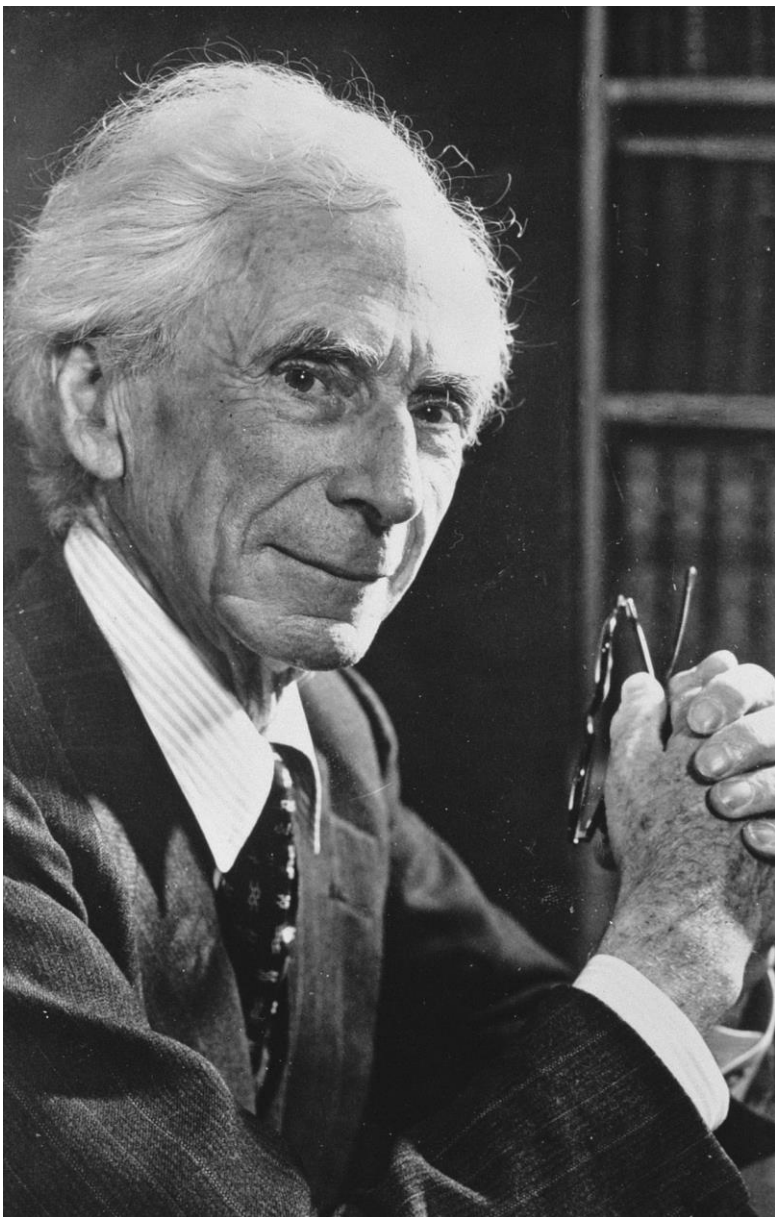
- Oskar Vajld (1854-1900), pisac.



DODATNA MOTIVACIJA ZA RAZVOJ I BAVLJENJE VEŠTAČKOM INTELIGENCIJOM?

„Mašine moraju da rade u rudnicima uglja umesto nas, obavljaju sve sanitarne usluge, budu ložači na parobrodima, čiste ulice, raznose poruke kada su dani kišni, i rade sve što je dosadno ili mučno. Danas su mašine u suparništvu sa čovekom. Pod pravim okolnostima one će služiti čoveku. Nema sumnje da je to budućnost mašina, i kao što drveće raste dok seoski posednik spava, mašine će raditi sav neophodan i neprijatan posao, dok se čovečanstvo zabavlja ili uživa u kulturnoj razonodi, što je cilj čovekov; ili pravi lepe stvari, čita lepe knjige ili jednostavno razmišlja o svetu sa divljenjem i uživanjem. S tim u vezi, Grci su bili u pravu. Kultura i misao postaju gotovo nemogući ukoliko nema robova da rade ružne, odvratne i nezanimljive poslove. Ljudsko ropstvo je pogrešno, nepouzđano i moralno kvvari. Budućnost sveta zavisi od mašinskog ropstva, od robovanja mašina.“

- Oskar Vajld (1854-1900), pisac.



DODATNA MOTIVACIJA ZA RAZVOJ I BAVLJENJE VEŠTAČKOM INTELIGENCIJOM?

„Po prvi put u istoriji sada je moguće, zahvaljujući industrijskoj revoluciji i njenim sporednim produktima, stvoriti svet u kome svako treba da ima šansu na primerenu sreću. Fizičko zlo, ako mi odlučimo, možemo svesti na vrlo malu meru. Uz organizaciju i uz pomoć nauke bilo bi moguće ishraniti i smestiti celokupno stanovništvo ovoga sveta, ne luksuzno, ali dovoljno da se spreče velike patnje. Bilo bi moguće sprečiti bolesti i učiniti da hronične bolesti postanu retke. Bilo bi moguće obezbediti da poboljšanje u snabdevanju hranom ide uporedo s porastom stanovništva. Velika nasilja koja su potamnili podsvest ljudskog roda, noseći sobom svirepost, ugnjetavanje i rat, mogla bi se smanjiti do beznačajnosti.“

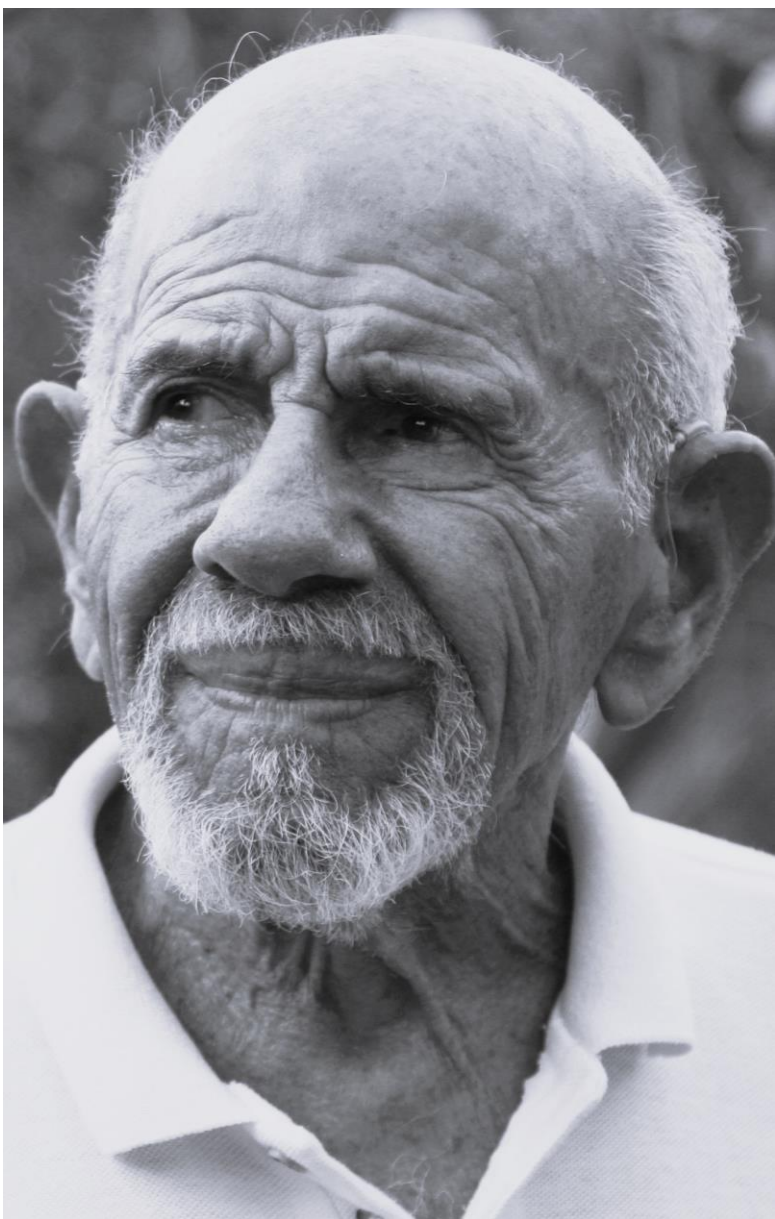
- Bertrand Rasel (1872-1970), matematičar, filozof i logičar.



DODATNA MOTIVACIJA ZA RAZVOJ I BAVLJENJE VEŠTAČKOM INTELIGENCIJOM?

„Tehničke utopije - na primer, letenje - postignute su novom naukom o prirodi. Ljudska utopija mesijanskog doba - ujedinjeno čovečanstvo koje živi u slozi i miru, oslobođeno ekonomske determinacije, rata i klasne borbe - može se postići, ako upotrebimo istu energiju, inteligenciju i oduševljenje za ostvarivanje ljudske utopije kao što smo upotrebili za postizanje tehničkih utopija. Ne može se izgraditi podmornica čitajući Žila Verna; ne može se izgraditi humano društvo čitajući dela proroka.“

- Erich From (1900-1980), socijalni psiholog i filozof.



DODATNA MOTIVACIJA ZA RAZVOJ I BAVLJENJE VEŠTAČKOM INTELIGENCIJOM?

„Imamo tehnologiju da proizvedemo globalni raj, ali istovremeno i moć da okončamo život kakav danas znamo. Ja sam futurista. Ne mogu da predvidim šta će se sigurno desiti, već samo ono što je moguće ukoliko upravljamo Zemljom i njenim resursima inteligentno.

„Danas imamo pristup naprednim tehnologijama. Ali naš društveni i ekonomski sistem ne idu u korak sa našim tehnološkim mogućnostima pomoću kojih lako možemo stvoriti svet obilja u kome nema potčinjenosti i dugova.“

„Zanimanja političara, advokata, biznismena, biće tehnološki prevaziđena.“

„Po meni su, u suštini, sva čudesa nauke i tehnologije, svi elektronski i mehanički uređaji, samo milioni tona otpada, ukoliko ne unapređuju živote ljudi“

- Žak Fresko (1916-2017), arhitekta, izumitelj i futurista.



DODATNA MOTIVACIJA ZA RAZVOJ I BAVLJENJE VEŠTAČKOM INTELIGENCIJOM?

„Moderna nauka i tehnologija mogu da oslobode čoveka neophodnosti specijalizovanog, ponižavajućeg rada. Mogle bi da, u principu, pruže osnovu za racionalni društveni poredak zasnovan na slobodnom udruživanju i demokratskom kontrolom, ako bismo imali volje da takav poredak stvorimo...“

- Noam Čomski (1928-), lingvista, filozof, kognitivni naučnik, kritičar društva i politički aktivista.



DODATNA MOTIVACIJA ZA RAZVOJ I BAVLJENJE VEŠTAČKOM INTELIGENCIJOM?

„Naša je sudbina da do 2100. postanemo poput bogova koje smo nekada obožavali i kojih smo se plašili. Ali naša oruđa neće biti čarobni štapići i napici, već nauka o kompjuterima, nanotehnologiji, veštačkoj inteligenciji, biotehnologiji i, pre svega, kvantnoj teoriji.“

- Mičio Kaku (1947-), teorijski fizičar i futurista

HVALA VAM NA PAŽNJI!

Vukašin Stanojević

vukasin.stanojevic@pmf.edu.rs

