

EVOLUCIJA KONCEPTA UMJETNE INTELIGENCIJE

Antonija Pantar

Srpanj 2021

Na osnovnoj razini umjetna inteligencija pokušava filozofske koncepte i ideje pretvoriti u strojeve i algoritme. UI ima tendenciju vraćanja na stare probleme i po tome je slična filozofiji, ali zahtijeva mjerljiv napredak te je po tome bliska inženjerstvu. Počeci umjetne inteligencije dvije su filozofske ideje Gottfrieda Leibniza

- ▶ *characteristica universalis* i
- ▶ *calculus ratiocinator*.

Ljude je oduvijek fascinirao pojam inteligencije: kako ona nastaje te možemo li izgraditi umjetni sustav koji je inteligentan. Tako kroz povijest nastaju dva pristupa umjetnoj inteligenciji:

- ▶ *konektivistički* i
- ▶ *simbolički*.

Norbert Wiener i Arturo Rosenblueth, zaslužni su za početak sustavnog proučavanja umjetne inteligencije.

Rosenblueth je vodio mjesečne sastanke u dvorani Vanderbilt, sve do 1944. godine kada je pozvan u Mexico (ulaskom SAD-a u rat dolazi do prestanka financiranja pa sastanci prestaju).

U ljetu 1940. godine Wiener se okrenuo razvoju računala (strojeva za računanje) u svrhu rješavanja parcijalnih deferencijalnih jednadžbi (u to vrijeme postojao je tzv. differential analyzer Vannevara Busha koji je lako rješavao obične diferencijalne jednadžbe, ali s parcijalnimima je imao poteškoća).

Wiener također proučava pojam pod nazivom *feedback* (sustav povratnih informacija) u sklopu projekta na kojemu je radio s Julianom H. Bigelowom (poboljšanje protuavionske artiljerije).

Wiener je tada (1940.) predložio sljedeće zahtjeve:

1. Središnja jedinica za zbrajanje i množenje bi trebala biti digitalna, za razliku od Bushevog differential analyzera koji je radio na temelju mjerenja (odnosno analogno).
2. Mehanizmi, koji su zapravo sklopni uređaji, trebali bi biti izgrađeni od električnih cijevi, umjesto od zupčanika i ostalih mehaničkih sklopova
3. Središnja jedinica za zbrajanje i množenje trebala bi koristiti binarni sustav umjesto dekadskog.
4. Cijeli niz operacija trebao bi se odvijati na računalu bez ljudske intervencije, odnosno računalu bi trebalo samostalno raditi od trenutka kada se unesu podatci do ispisa finalnog rezultata.
5. Računalu bi trebalo imati i jedinicu za pohranu podataka i to takvu da podatke brzo sprema, čuva ih do brisanja, brzo ih čita, brzo ih briše te je nakon brisanja odmah spremno za pohranu novih podataka.

Kibernetika

Zajedničkim proučavanjem pojma feedbacka Wiener i Julian Bigelow zaključuju da su problemi kontrole i komunikacije nerazdvojni te su centrirani oko pojma poruke. Definiraju poruku kao konačan i kontinuiran niz mjerljivih događaja u vremenu.

Kako bi riješili problem prenošenja poruka, morali su razviti statističku teoriju količine podataka.

Definirali su jediničnu količinu podataka kao jednu odluku između dviju jednako vjerojatnih alternativa.

Problem: nema zajedničke literature ni terminologije.

Wiener i Rosenblueth odlučuju dati ime polju kontrole i komunikacijske teorije i na taj način ujediniti terminologiju i znanstvenike koji su radili u tom polju.

Ime koje su tom polju odlučili dati (1947. godine) je *kibernetika* (od grčke riječi za kormilara).

Automati

Grana komunikacijskog inženjerstva u dvadesetom se stoljeću bavila automatima; kako mehaničkim tako i prirodnim.

Naime, neki su znanstvenici životinje smatrali automatima, kako se ne bi narušila kršćanska dogma da životinje nemaju dušu.

U takvoj teoriji postoje automati koji su uključeni u vanjski svijet, ne samo svojim metabolizmom ili protokom enerije već i razmjenom informacija s vanjskim svijetom.

Razlikujemo dvije vrste “organa”:

- ▶ *receptore* — “organe” za primanje informacija; i
- ▶ *efektore* — “organe” za davanje informacija (ili poduzimanje akcija).

Između receptora i efekora nalazi se srednji sloj elemenata.

Automat dobivene informacije ne mora iskoristiti odmah, već ih može spremiti kako bi ih koristio kasnije. Ovo je analogon *pamćenja*.

Dok god automat radi, njegov način rada podložen je promjeni s obzirom na podatke koje je tijekom tog vremena promio. Ovaj proces mogli bismo nazvati *učenjem*.

Količina informacija

Jedan od najosnovnijih oblika informacije sastoji se u zapisanom izboru između dvije jednako vjerojatne jednostavne opcije od kojih se bar jedna mora dogoditi. Jedan ovakav izbor zvat ćemo *odluka*.

Ako sada tražimo količinu informacija, na primjer koliko informacija sadrži realan broj između 0 i 1 te ako zapišemo taj broj u binarnom zapisu u kojem svaka decimala predstavlja jednu odluku tada taj broj sadrži beskonačno odluka pa samim time i informacija.

Naravno, u stvarnom svijetu odredit ćemo dopuštenu pogrešku (pri mjerenju ili slično), a tada je značajno samo prvih konačno izbora decimale pa imamo i konačnu količinu podataka.

Računala

U ovom vremenskom periodu postoje dva tipa računskih strojeva.

- ▶ Prvog tipa je Bushev differential analyzer (Journal of the Franklin Institute, razni članci, od 1930. na dalje) i slični strojevi — *analogni strojevi* — u kojima su podaci prikazani mjerama na neprekidnoj skali, te je točnost stroja predodređena njegovom izradom.
- ▶ Drugog tipa su stolni strojevi za računanje — *digitalni strojevi* — u kojima su podaci prikazani skupom odabira između nekoliko slučajeva, a točnost im je određena brojem slučajeva i njihovom međusobnom razlikom te danim brojem odabira.

Ljudsko djelovanje bit će potrebno samo na početku i na samom kraju izračunavanja. Pošto je čovjeku prirodno koristiti dekadski sustav, a u računalu želimo binarni, nakon što čovjek unese željene podatke u računalu (u dekadskom sustavu), ti podaci bit će prevedeni u binarni sustav te će se svi međukoraci odvijati u binarnom sustavu, a krajnji rezultat opet će biti preveden u dekadski sustav.

Zašto baš baza 2

Veliki dio cijene računala sastoji se u jasnom i točnom prikazu brojeva.

Kao najjednostavniji način čini se prikaz na uniformnoj skali, s pokazivačem koji se po toj skali pomiče.

Ako sada želimo zapisati broj uz preciznost $\frac{1}{n}$ podijelit ćemo skalu na n područja.

Ovu količinu informacija možemo podijeliti na više skala sa smanjenom točnošću. Što više skala uzmemo cijena će biti manja. Ako informacije podijelimo na N skala želimo da N bude što veći, a $2^{1/N}$ mora biti cijeli broj (osim 1).

Dakle, najbolje vrijednost za $2^{1/N}$ je 2 te ćemo broj zapisati na nekoliko nezavisnih skala od kojih se svaka sastoji od dva jednaka dijela.

Povijest

1954. godine vojska SAD-a željela je program koji bi automatski prevodio ruske dokumente i znanstvene radove. Znanstvenici su potcijenili složenost jezika, odnosno lingvistike i značenja riječi. Rezultati nisu bili najbolji — poznat je prijevod s engleskog na ruski pa natrag na engleski rečenice "the spirit was willing but the flesh was weak" koja se time pretvorila u "the vodka was good but the meat was rotten". Zbog loših rezultata došlo je do povlačenja financiranja (National Research Council formira Automatic Language Processing Advisory Committee, ALPAC, te od 1966. povlače sve financije za projekte strojnog prevođenja).

31. kolovoza 1955. godine John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester i Claude Shannon daju prijedlog za održavanje Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence — jednog od najvažnijih događaja u ranoj povijesti umjetne inteligencije.

Dartmouth Summer Research Project

U njemu su sudjelovali John McCarthy, Marvin Minsky, Julian Bigelow, Donald MacKay, Ray Solomonoff, John Holland, Claude Shannon, Nathaniel Rochester, Oliver Selfridge, Allen Newell i Herbert Simon, a održao se 1956. godine.

Prijedlog je bio:

Proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it.

Time klasična UI postaje *logička (simbolička)* UI

Turingov test

Kako definirati inteligenciju?

Alan Turing 1950. godine objavljuje rad u kojem predstavlja Turingov test kojim se određuje može li se računalo smatrati inteligentnim.

Cilj mu nije izmjeriti inteligenciju, kao u standardnim testovima inteligencije, već utvrditi postoji li ona uopće.

Formalne igre

Formalni sustav je poput igre u kojoj se manipulira simbolima prema pravilima, kako bismo vidjeli kakve konfiguracije možemo dobiti.

Neki primjeri: šah, dama, go, i križić-kružić

Tri bitne značajke:

- ▶ igraju se manipulacijom simbolima
- ▶ digitalne su
- ▶ skup pravila im je konačan

Manipuliranje tokenima može značiti:

1. njihovo premještanje (npr. pomicanje po nekoj ploči ili polju za igru)
2. mijenjanje svojstava tokena (ili zamjena drugim tokenima)
3. dodavanje novih tokena na određenu poziciju
4. micanje nekih tokena iz igre

Često se koristi izraz *potez* za bilo kakvu ograničenu manipulaciju simbolima.

Kako bismo u potpunosti definirali bilo koju igru u kojoj se manipulira tokenima — bilo koji formalni sustav — moramo navesti:

1. što su tokeni,
2. koja je početna konfiguracija (ili koje su moguće početne konfiuracije) tokena, te
3. koji bi potezi (manipulacije) bili dopušteni u bilo kojoj konfiguraciji tokena (ili uz određenu povijest konfiguracija) — odnosno kakva su pravila.

Digitalni sustavi

Abeceda je digitalna, kao i svaka valuta (novac) i igraće karte dok, na primjer, slika na platnu nije digitalna.

Digitalni sustav skup je pozitivnih i pouzdanih tehnika (metoda, uređaja) za stvaranje i kasnije prepoznavanje tokena, iz nekog unaprijed određenog skupa tipova tokena.

Drugim riječima, digitalni sustav je skup pozitivnih tehnika pisanja i čitanja.

Prema definiciji, svaki formalni sustav je digitalni sustav

Neovisnost o mediju i ekvivalencija

Ono što je važno je da svaki token bude moguće pozitivno identificirati.

U skladu s tim ograničenjem, međutim, nebitno je u kojem su mediju tokeni ostvareni ili kako su prikazani.

Ovo svojstvo nazivamo *neovisnost o mediju*.

Dva formalna sustava su ekvivalentna ako i samo ako postoji relacija između njihovih konfiguracija takva da vrijedi:

- ▶ za svaku konfiguraciju u jednom sustavu postoji točno jedna odgovarajuća konfiguracija u drugom sustavu;
- ▶ ako je potez dopušten u jednom sustavu, tada je odgovarajući potez (iz odgovarajuće konfiguracije u odgovarajuću konfiguraciju) dopušten u drugom sustavu;
- ▶ (sve) početne konfiguracije su međusobno odgovarajuće.

Automatski sustavi

Automatski formalni sustav je formalni sustav koji „djeluje” (ili „igra”) sam od sebe. Točnije, riječ je o fizičkom uređaju (stroju), sa sljedećim karakteristikama:

- ▶ neki od njegovih dijelova ili stanja identificirani su kao simboli (tokeni), u konfiguraciji nekog formalnog sustava;
- ▶ u svom normalnom radu sustav automatski manipulira tim simbolima prema pravilima tog sustava.

Stvarno igranje igre uključuje više od samih konfiguracija i poteza: također mora postojati jedan ili više igrača i sudac.

Svaku primitivnu operaciju u formalnim igrama možemo rasčlaniti na tako jednostavne operacije da bi ih čak i stroj mogao izvesti. To je princip automatizacije: kad god su dopušteni potezi formalnog sustava u potpunosti određeni algoritmom, taj sustav može biti automatiziran

Interpretacija

Interpretirati znači nečemu naći smisao. Da bi se simbolički sustav oznaka ili tokena protumačio, svakoj oznaci moramo odrediti značenje. Specifikacija obično ima dva dijela:

- ▶ što znače jednostavni simboli, i
- ▶ kako su značenja složenih simbola određena njihovim sastavom (komponente plus struktura).

Formalni aksiomatski sustavi

Aksiomatski sustav sastoji se od posebnog skupa iskaza (nazvanih aksiomima i/ili definicijama), te niza zaključaka i pravila za izvođenje daljnjih tvrdnji, nazvanih teoremima.

Osnovni uvjeti koje taj sustav treba zadovoljiti su:

- ▶ *neproturječnost* (konzistentnost) — od dva bilo koja proturječna iskaza barem za jedan od njih mora biti isključena mogućnost dokazivanja u okviru sustava;
- ▶ *potpunost* — od dva proturječna iskaza, na koja se aksiomatski sustav odnosi, barem za jedan mora postojati mogućnost dokazivanja u okviru sustava;
- ▶ *neovisnost* — kako bi broj aksioma bio što manji, treba ukloniti aksiome koji ovise o drugim aksiomima u smislu da se iz njih mogu izvesti.

Računalo

Računalo je interpretirani automatski formalni sustav — stroj za manipulaciju simbolima. Ova definicija ima dvije osnovne klauzule:

- ▶ sudac i (barem neki) igrači tog formalnog sustava su automatizirani — to su „crne kutije” koje automatski manipuliraju tokenima u skladu s pravilima;
- ▶ . ti tokeni su zapravo simboli — oni su interpretirani na način da legalni potezi „imaju smisla” u kontekstu u kojem su napravljeni.

1985. godine John Haugeland u svojoj knjizi Artificial Intelligence — The very idea simboličkoj umjetnoj inteligenciji daje ime Good Old-Fashioned Artificial Intelligence, skraćeno GOFAI. Haugeland odvaja simboličku UI kao važnu temu rasprave i daljnjeg razvoja u području umjetne inteligencije.

Arhitektura računala

- ▶ Prvo značajno računalo dizajnirao je Charles Babbage (1792.–1871.), engleski matematičar i filozof (diferencijski stroj, analitički stroj).
- ▶ Prije no što je osmislio Turingov test, Alan Turing je stvorio prvu matematički preciznu teoriju izračunljivosti, uključujući i neke nevjerojatne napretke u teorijskom zasnivanju računala. Ključan je bio izum Turingovog stroja, nove arhitekture računala.
- ▶ Nakon drugog svjetskog rata dolazi do procvata računarstva u SAD-u te se razvija prvo praktično računalo generalne namjene. U ovom projektu sudjelovao je i John von Neumann. Tako je razvijena arhitekutra koju danas nazivamo von Neumannova arhitektura.

LISP

1956. godine John McCarthy predstavlja pojam „umjetne inteligencije” (u GOFAI-smislu) i organizira prvu znanstvenu konferenciju ovog novog polja — Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, a 1958. McCarthy i Marvin Minsky su osnovali prvi laboratorij umjetne inteligencije na MIT-u i 1963.

McCarthy osniva još jedan laboratorij na Stanfordu. Oba laboratorija smatrali su se svjetskim centrima umjetne inteligencije. Osim toga, McCarthy razvija prvi operativni sustav s mogućnošću time-sharinga (jedno centralno računalo podržava više istovremenih neovisnih korisnika) te 1959. godine osmišlja potpuno novu vrstu računala zvanih LISP (LISt Processing).

LISP

McCarthy je inspiriran starijim sustavima nazvanim IPLs (Information Processing Languages) koje su dizajnirali Allen Newell, Cliff Shaw i Herbert Simon.

LISP-ovi, odnosno McCarthyjevi strojevi, kako ih neki zovu, imaju jednostavnu i elegantnu strukturu koja je izrazito fleksibilna, a u isto vrijeme potpuno drugačija od strukture Turingovog ili von Neumannovog stroja. U usporedbi sa svojim prethodnicima LISP se ističe u dva smisla: organizaciji memorije i strukturi kontrole.

Povijest

Jedan od prvih modela umjetne neuronske mreže razvio je Frank Rosenblatt. U svom radu koristio je teoriju neuroznanstvenika Donalda Hebba i stariji model umjetnog neurona (McCulloch i Pitts, A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity, 1943.).

Rosenblatt 1958. godine prvi predstavlja tzv. pravilo perceptrona (perceptron learning rule) — pravilo po kojem se ažuriraju težine (brojevi koji predstavljaju važnost pojedinog neurona) u neuronskim mrežama.

Paul Werbos 1975. godine otkriva propagaciju unatrag (backpropagation) — način da prenese informacije kroz srednji, skriveni sloj — ali javnost ovo ne zamjećuje. Tek 1981. godine David Parker ponovo otkriva i 1985. objavljuje ovaj rezultat. Yann LeCun također otkriva backpropagation i objavljuje to u radu 1985.

Zadnji puta, backpropagation otkrivaju D. E. Rumelhart, G. E. Hinton i R. J. Williams u San Diegu, te 1986. godine objavljuju članak Learning internal representations by error propagation, čime počinje kognitivno razdoblje dubokog učenja.