



# 1. UMJETNA INTELIgENCIJA



## 1.1. Osnove umjetne inteligencije

### 1.1.1. Definicija, osnovne sastavnice i nastanak pojma umjetna inteligencija

Postoje različite definicije, pristupi i kriteriji definiranja pojma umjetna inteligencija gdje se umjetna inteligencija definira kao grana računalne znanosti, kao strojni sustav ili čak kao posebno područje znanosti.

Najčešće prisutna definicija pojma **umjetna inteligencija** (engl. *artificial intelligence* – AI, dalje u tekstu rabi se pokrata **UI**) umjetnu inteligenciju svrstava u **granu računalne znanosti** gdje strojevi, odnosno tehnološki sustavi bez ljudske intervencije (računala, roboti, digitalni sustavi, programi i sl.) imaju sposobnost obavljanja zadataka i rješavanja problema koje inače rješavaju ljudi i ljudska inteligencija, [63].

Ovdje govorimo o sposobnostima strojeva, računala, robota ili digitalnih sustava da oponašaju djelovanje čovjeka tako što prvo primaju podatke, obrađuju podatke i daju odgovore. Sustavi umjetne inteligencije mogu učiti, percipirati okruženje, obavljati zadatke, planirati, rješavati probleme, predviđati ishode događaja i donositi zaključke na osnovi određenih podataka da se postigne neki cilj. Glavni razlog primjene umjetne inteligencije trebao bi biti obavljanje određenih aktivnosti, što bi ljudima olakšalo svakodnevni život, na način da umjetna inteligencija oponaša djelovanje ljudske inteligencije, [96].

Zakon o umjetnoj inteligenciji Europske unije pod nazivom *Uredba (EU) 2024/1689 Europskog parlamenta i Vijeća o utvrđivanju usklađenih pravila o umjetnoj inteligenciji...* (engl. *EU AI Act*) na pravnoj je snazi od 1. kolovoza 2024. godine (vidjeti više u poglavlju

# 1. UMJETNA INTELIGENCIJA

1.5.1. ovog udžbenika) kao prvi sveobuhvatni zakon u svijetu koji uređuje složena područja umjetne inteligencije, definira umjetnu inteligenciju kao **strojni sustav**, točnije kao:

*UI sustav znači strojni sustav dizajniran za rad s promjenjivim razinama autonomije i koji nakon uvođenja može pokazati prilagodljivost te koji, za eksplicitne ili implicitne ciljeve, iz ulaznih vrijednosti koje prima, zaključuje kako generirati izlazne vrijednosti kao što su predviđanja, sadržaj, preporuke ili odluke koji mogu utjecati na fizička ili virtualna okruženja.*

Jednostavnu definiciju pojma umjetne inteligencije kao **posebnog područja znanosti** dao je i **Marvin Minsky**, jedan od „očeva umjetne inteligencije“, američki znanstvenik koji je osnovao laboratorij za umjetnu inteligenciju na uvaženom američkom istraživačkom sveučilištu Massachusetts Institute of Technology (engl. pokrata MIT):

*Znanost o tome kako postići da strojevi izvode zadatke koji bi, kada bi ih radio čovjek, iziskivali inteligenciju.*

Zanimljivu definiciju pojma umjetne inteligencije kao **grane računalne znanosti** spominje i američki znanstvenik **Dan W. Patterson**, autor stručnih radova iz područja umjetne inteligencije:

*Umjetna inteligencija grana je računalne znanosti koja se bavi proučavanjem i oblikovanjem računalnih sustava koji pokazuju neki oblik inteligencije. Takvi sustavi mogu učiti, mogu donositi zaključke o svijetu koji ih okružuje, oni razumiju prirodni jezik te mogu spoznati i tumačiti složene vizualne scene te obavljati druge vrste vještina za koje se zahtijeva čovjekov tip inteligencije.*

Definicije pojma umjetne inteligencije su brojne, no radi lakšeg shvaćanja tog pojma ili koncepta, treba sagledati praktični aspekt primjene umjetne inteligencije. Navodim samo jedan primjer: zamislite robotskog asistenta koji obavlja razne rutinske obiteljske svakodnevne obveze od pripremanja personaliziranih obroka, čišćenja kućanstva, vožnje djece na slobodne aktivnosti, potpuno automatiziranih procesa proizvodnje i autonomnih vozila koje pokreće isključivo sustav umjetne inteligencije... Mogućnosti su neograničene.

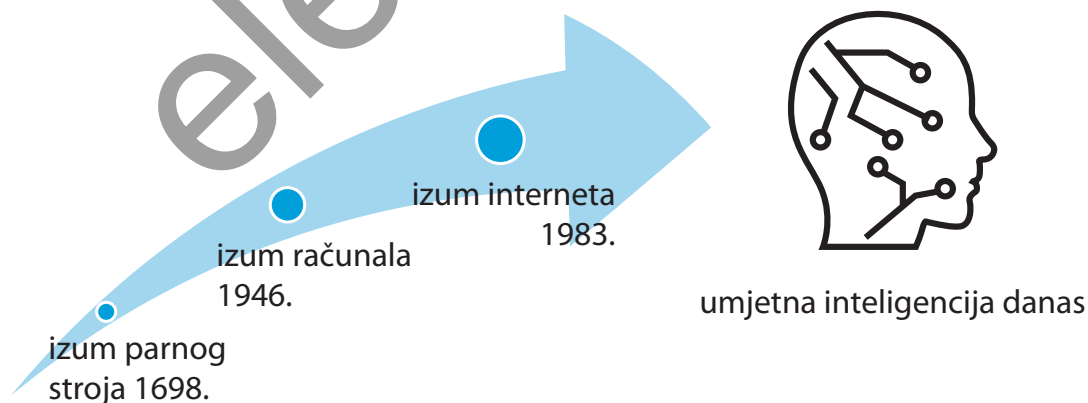
Povijesno gledajući kroz prizmu tehnoloških revolucija čovječanstva, umjetna inteligencija je danas percipirana kao **tehnologija opće namjene** (engl. *general purpose technology*, pokrata GPT), jednako kao što je to nekad bio primjerice parni stroj, električna energija, čip, osobno računalo ili izum interneta. Riječ je o tehnologiji koja ima široku i duboku primjenu u brojnim aspektima funkcioniranja društva i različitim industrijama te u velikoj mjeri doprinosi razvoju gospodarstva u svakoj epohi razvoja ljudske civilizacije.

Živimo u vremenu kada tzv. **roboti/dronovi** pokretani umjetnom inteligencijom rade u skladištima, pakiraju, odvoze i dovoze robu, odlaze na nepristupačne terene u misije spašavanja ljudi i imovine te se njima koristimo i u vojne svrhe. U sebi sadrže niz složenih „pametnih sustava“ povezanih sensorima, hidraulikom, naprednom navigacijom itd. Strojni sustavi pokretani umjetnom inteligencijom danas obavljaju niz automatiziranih poslova poput strojnog prevođenja ili edukacije učenika. Sveprisutni su i **chatbot** agenti korisničke podrške koji komuniciraju s ljudima kao krajnjim korisnicima i pomažu im u obavljanju niza dnevnih zadataka i rješavanja problema. *Chatboti* su zapravo računalni programi s kojima ljudi komuniciraju putem sučelja, tekstualnim ili zvukovnim naredbama.

Ključnu promjenu i na neki način masovnije korištenje pojma umjetne inteligencije na globalnoj razini donosi upravo *chatbot* **ChatGPT** (engl. *Chat Generative Pre-Trained Transformer*) koji je lansirala američka tvrtka OpenAI krajem 2022. godine. Sustavi i pojmovi vezani za složeno područje umjetne inteligencije koji su do tada bili poznati uglavnom stručnoj, užoj znanstvenoj i profesionalnoj zajednici, sada ulaze u područje šire ljudske svakodnevne komunikacije. Činjenica je da se danas sve više u svakodnevnoj ljudskoj komunikaciji koristimo stručnim pojmovima iz tog područja na engleskom jeziku poput *inputa*, *outputa*, *prompta*, *providera*, *deployera*, *deepfakea* ili pak pojmova poput biometrijskih podataka, sustava za prepoznavanje emocija, profiliranja, sustavnih rizika itd.

Zakon o umjetnoj inteligenciji Europske unije sadrži gotovo 70 pojmova u poglavlju članka 3. gdje se navode definicije u tom zakonu.

Za potrebe ovog udžbenika takvi stručni osnovni pojmovi iz područja umjetne inteligencije navedeni su u svom izvornom nazivu na engleskom jeziku, uz pokušaj da se određeni pojmovi prevedu i na neki način prikažu i polako uvode i kao dio hrvatskog vokabulara i standarda.



**Slika 1.1.** Umjetna inteligencija kao tehnologija opće namjene

Izvor: Prilagođeno prema <https://community.nasscom.in/communities/emerging-tech/ai/conceptualizing-ai-as-a-general-purpose-technology.html>

## 1. UMJETNA INTELIGENCIJA

Intenzivniji razvoj, istraživanje i stvaranje sustava umjetne inteligencije kao interdisciplinarnog područja započeo je nakon 1950-ih godina, od kada se i prvi puta spominje taj pojam. No činjenica je da se unazad nekoliko godina ulažu velika financijska sredstva u razvoj kompanija tehnološkog sektora koje stvaraju sve razvijeniju, snažniju i bržu **infrastrukturu, strojeve, računala, algoritme i sustave umjetne inteligencije** zbog čega dolazi do povijesne tehnološke transformacije društva u tzv. **4. industrijskoj revoluciji** (*Big Data, Internet of Things, AI...*).

Današnje doba obilježava i sve raširenija tržišna pojava superračunala velikih mogućnosti koja će s vremenom zamijeniti klasična računala. Riječ je o revoluciji u računarstvu i pojavi nove računalne tehnologije tzv. **kvantnih računala**. Kvantna računala rade na načelima kvantne mehanike i sve više ulaze u područje opće komercijalne upotrebe iz usko znanstvene upotrebe. Dok se tradicionalna računala koriste bitovima, kvantna se računala koriste kvantnim bitovima koje odlikuje velika brzina i računalna snaga djelovanja i rješavanja složenih zadataka, [163].

IBM, Microsoft, Intel i neke druge tehnološke kompanije ubrzano rade na razvoju takvih nadmoćnih računala. Kvantna računala imat će veliku ulogu u primjerice kemijskoj i farmaceutskoj industriji pri istraživanju i razvoju lijekova, kao i u području meteorologije, zrakoplovne industrije, vojne industrije itd. Trenutno postoji nekoliko ključnih izazova vezanih za razvoj kvantnih računala, a to su visoka cijena takvih računala, fizička veličina, buka, potrošnja velikih količina energije za rad tih nadmoćnih računala te nedostatak specijaliziranih IT stručnjaka za programiranje na ovim računalima nove generacije, [203].



Slika 1.2. Industrijska revolucija 4.0.

*Napredak u računalnoj snazi, dostupnost goleme količine podataka i novi algoritmi posljednjih su godina doveli do velikih otkrića u području umjetne inteligencije, [186].*

Danas umjetna inteligencija predvodi novu **tehnološku revoluciju** 21. stoljeća gdje uz klimatske promjene, umjetna inteligencija vjerojatno predstavlja jedan od najvećih izazova u povijesti čovječanstva.

Ljudi su na primjeru razvoja umjetne inteligencije pokušali shvatiti kako funkcionira ljudski mozak. Umjetna inteligencija temelji se na ideji da se ljudska inteligencija može simulirati na računalu. To zahtijeva integraciju različitih disciplina kao što su **računalstvo, psihologija, filozofija, neuroznanost, pravo, lingvistika** itd.

Sustavi umjetne inteligencije imaju sljedeće sposobnosti koje ujedno čine i ključne sastavnice tih sustava:

- sposobnost **prepoznavanja govora i pisma** (obrada prirodnog jezika)
- **stvaranje znanja i pohrana informacija**
- **računalni vid**
- sposobnost **rješavanja problema** (algoritmi)
- sposobnost **učenja** (strojno učenje).



**Slika 1.3.** Tehnologije umjetne inteligencije

Izvor: Prilagođeno prema <https://www.bird-academy.com/blog/umjetna-inteligencija/umjetna-inteligencija-sadasnjost-ili-buducnost/>

Temeljno područje tehnologija umjetne inteligencije je **strojno učenje**. Ovdje je riječ o stvaranju računalnih modela koji mogu automatski učiti iz podataka i na osnovi njih donositi zaključke, [73].



# 1. UMJETNA INTELIGENCIJA

Umjetna inteligencija svoju primjenu nalazi u različitim područjima svakodnevice poput obrazovanja, medicine i zdravstvenog sustava, sustavima nabave, prijevoza, pravosuđu, državnoj administraciji, energetici, financijskim tržištima, poljoprivredi, praćenju klimatskih promjena i zaštiti okoliša, vojno-obrambenim sustavima, istraživanju svemira, energetskom sektoru, kreativnim industrijama itd. Više o pojedinim područjima primjene umjetne inteligencije objašnjeno je u posebnim poglavljima ovog udžbenika.

Brojni su znanstvenici doprinijeli razvoju sustava umjetne inteligencije, a kao ključne osobe zaslužne za veliki zamah u razvoju umjetne inteligencije trebalo bi istaknuti Alana Turinga, Johna McCarthyja i Marvinina Minskog.

**Alan Turing** bio je britanski matematičar, kriptograf i teoretičar računalstva. Smatra se ocem teorijske računalne znanosti i umjetne inteligencije. 1942. godine sastavio je važan tzv. Turingov stroj **The Bombe** koji je u Drugom svjetskom ratu dešifrirao poruke njemačke vojske koja se koristila vlastitim kriptografskim strojem poznatim pod nazivom **Enigma**. Zbog ovog je doprinosa Saveznicima bio otvoren put za iskrcavanje na Normandiju i oslobađanje Europe. Na taj je način jedan čovjek i jedan revolucionarni stroj (koji je bio koncipiran na postulatima umjetne inteligencije), spasio na stotine tisuća ljudskih života, skrativši Drugi svjetski rat prema nekim procjenama za oko dvije godine. Turingovi doprinosi postavili su temelje modernog računalstva i omogućili daljnji razvoj umjetne inteligencije. 1950. godine Turing je osmislio koncept testa kojim se ispituje je li stroj postigao ljudsku razinu inteligencije. Navodno je tek 2014. godine jedno računalo (*chatbot*) po prvi puta prošlo Turingov test.

Druga važna osoba u ranim danima razvoja umjetne inteligencije bio je **John McCarthy**, američki računalni znanstvenik. McCarthy je prvi upotrijebio pojam **umjetna inteligencija** 1956. godine i organizirao poznatu konferenciju u Dartmouthu koja se smatra kolijevkom nastanka umjetne inteligencije. Ova konferencija okupila je skupinu istraživača koji su imali zajednički cilj stvaranja strojeva koji mogu imitirati ljudsku inteligenciju.

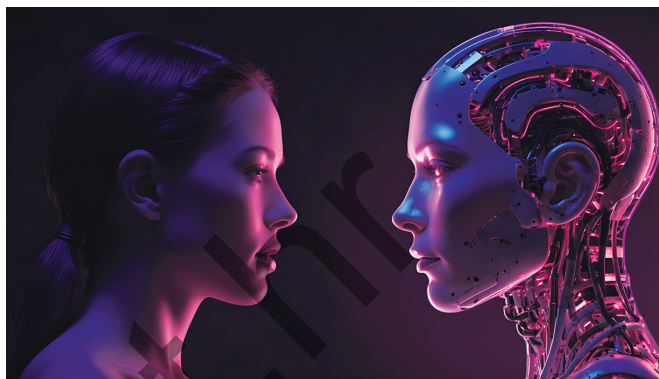
Treća osoba je **Marvin Minsky**, često nazivan **ocem UI-ja** jer je ostvario značajan napredak u razvoju **neuronskih mreža** i simboličke umjetne inteligencije. Njegov rad otvorio je put za buduće izazove u strojnom učenju i obradi prirodnog jezika. Više o povijesnom razvoju umjetne inteligencije pročitajte u potpoglavlju 1.1.4 ovog udžbenika.

## 1.1.2. Ljudska inteligencija, umjetna inteligencija, umjetna superinteligencija i UI singularnost

**Umjetnu inteligenciju** treba razlikovati od ljudske inteligencije.

Umjetna inteligencija definirana je u poglavlju 1.1.1. ovog udžbenika.

**Ljudska inteligencija** ukratko se može objasniti kao obilježje i sposobnost ljudskih bića da razmišljaju i uče iz iskustava, da rješavaju različite probleme, da se prilagođavaju i snalaze u novoj i nepoznatoj sredini i da donose odluke, koristeći se pamćenjem, jezikom, svjesnosti, kreativnosti i moći zaključivanja. Ovdje nije samo riječ o mjerenju klasične ljudske inteligencije uobičajenim logičkim testovima inteligencije gdje se određuje **kvocijent ljudske inteligencije (IQ)**, već i o široj manifestaciji dimenzija emocionalne, verbalne, pa i društvene inteligencije ljudskih bića.



Slika 1.4. Umjetna i ljudska inteligencija

Ljudska inteligencija veže se uz ljude, a umjetna inteligencija veže se uz strojne sustave. Za razliku od ljudi i ljudske inteligencije sustavi umjetne inteligencije mogu funkcionirati dugo vremena uz velike brzine i preciznost jer ne postoji problem umaranja strojeva ili ljudskog faktora, kao kod ljudi, [197].

Umjetna inteligencija nastoji imitirati ljudsku inteligenciju. Ljudi su ti koji su stvorili i nastavljaju stvarati i razvijati umjetnu inteligenciju nizom algoritama i računalnim programiranjem. Ljudski je mozak vrlo složen i neistražen. Pitanje svih pitanja koje zanima čovječanstvo danas glasi: Mogu li strojevi pokretani umjetnom inteligencijom početi razmišljati kao ljudi, pa i nadići granice ljudske inteligencije?

**Umjetna superinteligencija** (engl. *artificial super intelligence* – ASI) vrsta je umjetne inteligencije koja nadmašuje ili bi mogla nadmašiti ljudsku inteligenciju u brojnim karakteristikama i kompetencijama. Takvi složeni strojni sustavi mogli bi postati samosvjesni te bi mogli tumačiti i ljudske emocije i prijašnja iskustva. S jedne strane, pojedini izvori govore da je trenutačno umjetna superinteligencija samo teorijski koncept, dok s druge strane postoje indikacije da su takvi napredni modeli već u funkciji. Sustavi umjetne superinteligencije mogli bi se samostalno razvijati i poboljšavati, no ujedno bi mogli autonomno razvijati i neke jednostavnije sustave umjetne inteligencije i neke nove tehnologije, [97].

# 1. UMJETNA INTELIGENCIJA

Nesporno je da bi ovaj hipotetsko-idejni koncept umjetne superinteligencije ili već stvarno postojeći tehnološki koncept mogao dovesti do velikih izazova u budućnosti razvoja čovječanstva (etički, regulatorni, sigurnosni itd.), ili kao tehnologija velikog napretka za dobrobit razvoja i transformacije čovječanstva ili kao ozbiljna prijetnja za opstanak ljudske vrste, o čemu se danas vode brojne stručne i znanstvene rasprave, uz podijeljena mišljenja.



Slika 1.5. UI singularnost

U tom se smislu danas uz pojam umjetne superinteligencije upravo veže i pojam **UI singularnosti** (engl. *AI singularity*) čiji je koncept popularizirao američki računalni znanstvenik **Vernor Steffen Vinge** još 1993. godine predviđajući da bi se UI singularnost mogla dogoditi 2030. godine, [121].

UI singularnost je zapravo vremenski trenutak i prijelomna točka u povijesti razvoja čovječanstva u kojoj umjetna superinteligencija, kao nova i nadmoćna tehnologija, nadilazi mogućnosti ljudske inteligencije i ljudskog djelovanja i gdje će ljudi živjeti u suživotu sa strojevima.

**Ray Kurzweil**, vodeći futurolog Googlea i jedan od velikih pobornika UI singularnosti tvrdi da će UI singularnost nastupiti 2045. godine kada će se ljudi i tehnologije umjetne inteligencije spojiti u jedno i gdje će tzv. **nanoračunala** preuzeti ljudski imunostani sustav i stvoriti pohranu podataka ljudske svijesti na digitalnim zapisima.

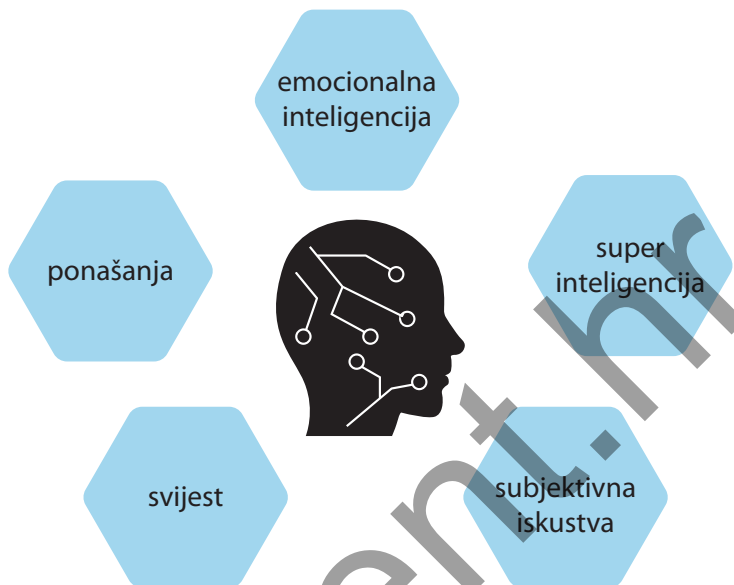
*Nebiološka inteligencija koja će biti stvorena te godine dosegnut će razinu koja će biti milijardu puta snažnija od sve ljudske inteligencije danas.*

*Ray Kurzweil, [33]*

Treba na kraju istaknuti da će u narednim godinama biti zanimljivo pratiti što će se događati s razvojem umjetne superinteligencije. Hoćemo li postati manje inteligentni kao čovječanstvo? Hoće li umjetna inteligencija po svojim sposobnostima i kapacitetima nadmašiti ljudsku inteligenciju i osamostaliti se? Vrijeme će pokazati. Stvari se na ovom području razvijaju i mijenjaju velikim brzinama, puno većim nego prije par desetljeća i teško je dati pouzdana predviđanja. Ovdje je riječ o jednom multidisciplinarnom pristupu

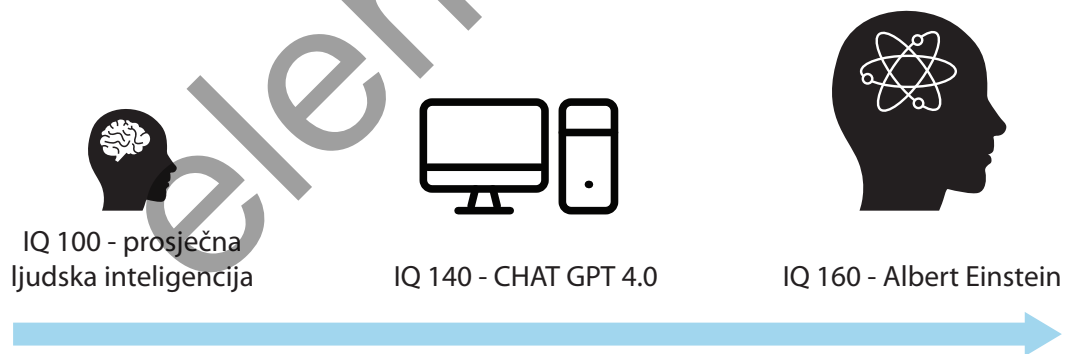


i možda najsloženijem problemu u razvoju tehnologije u povijesti čovječanstva, gdje bilo kakva predviđanja futurologa uvijek treba uzimati s oprezom i rezervom.



**Slika 1.6.** Sposobnosti umjetne superinteligencije

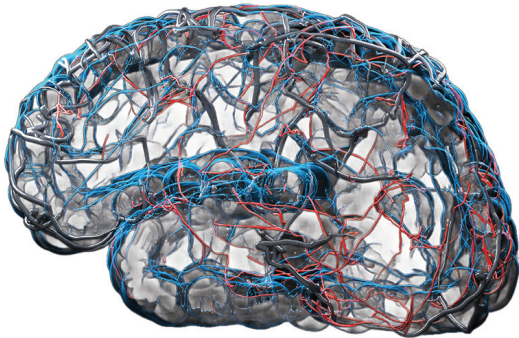
Izvor: Prilagođeno prema <https://www.spiceworks.com/tech/artificial-intelligence/articles/super-artificial-intelligence/#lg=1&slide=0>



**Slika 1.7.** Prikaz izmjerenih vrijednosti IQ-a ljudske i umjetne inteligencije

Izvor: Prilagođeno prema [https://www.linkedin.com/posts/ahmad-obaidat-92665265\\_the-evolution-of-artificial-intelligence-activity-7111989694686466049-2QmW/](https://www.linkedin.com/posts/ahmad-obaidat-92665265_the-evolution-of-artificial-intelligence-activity-7111989694686466049-2QmW/)

## 1.1.3. Neuronske mreže, inteligentni sustavi i sustavi nejasne logike



Slika 1.8. Neuronske mreže

**Neuronske mreže** sastoje se od velikog broja **neurona**, jednostavnih jedinica koje međusobno komuniciraju. Takvi neuroni zapravo su pojedinačni prijenosnici informacija i signala. Neuronska mreža može biti ona prirodna/biološka koja se nalazi u ljudskom mozgu ili može biti umjetna – simulirana na računalu. Proučavanjem i mapiranjem složenih neuronskih mreža u ljudskom mozgu nastoji se objasniti način na koji funkcionira ljudski mozak, posebice kognitivne funkcije kao što su pamćenje i učenje, [142].

U računalu takve umjetne jedinice/stanice **računalnih neurona** prenose informacije kako bismo obavili određene zadatke ili donijeli određene odluke. Neuroni međusobno komuniciraju i sadrže više slojeva te imaju različite aktivacijske funkcije i različite razine težine i pristranosti. Neuronske računalne mreže imaju sposobnost učenja iz podataka putem strojnog učenja i dubokog učenja te su posebno učinkovite u zadacima kao što su prepoznavanje uzoraka, obrada slika, obrada prirodnog jezika, prepoznavanje glasa i sl. Stoga čine temelj razvoja nadmoćnih sustava umjetne inteligencije.

**Inteligentni sustavi** su složeni računalni sustavi koji prikupljaju i obrađuju različite podatke i obavljaju određene zadatke. Kao sustavi umjetne inteligencije imaju sposobnost učenja, donošenja odluka, rješavanja problema, prilagođavanja, interakcije s ljudima i okolinom i drugim računalnim sustavima. Jedan od prvih primjera inteligentnih sustava bio je upravo robotski usisavač **Roomba** koji se pojavio još 2002. godine. To mogu biti i potpuno **autonomna vozila** koja se danas sve više testiraju ili dijelovi sustava postojećih komercijalnih vozila na tržištu (npr. sigurnosni sustavi poluautomatskog upravljanja vozilom, održavanja razmaka vozila i prilagodbe brzine vozila itd.) te **virtualni asistenti** poput **Siri**, **Alexe** itd., [169].

Inteligentni sustavi mogu uključivati različite komponente umjetne inteligencije, kao što su **strojno učenje**, **duboko učenje**, **obrađa prirodnog jezika**, **prepoznavanje uzoraka** i mnoge druge tehnike. Inteligentni sustavi sve više pronalaze primjenu u različitim industrijama, uključujući zdravstvo, financije, transport, proizvodnju, obrazovanje i mnoge druge. Njihova je svrha poboljšati efikasnost, donositi bolje odluke i automatizirati složene zadatke, [198].