



Od Biologije do Silicijuma: Kako Neuronske Mreže Imitiraju Mozak da bi Stvorile Inteligenciju

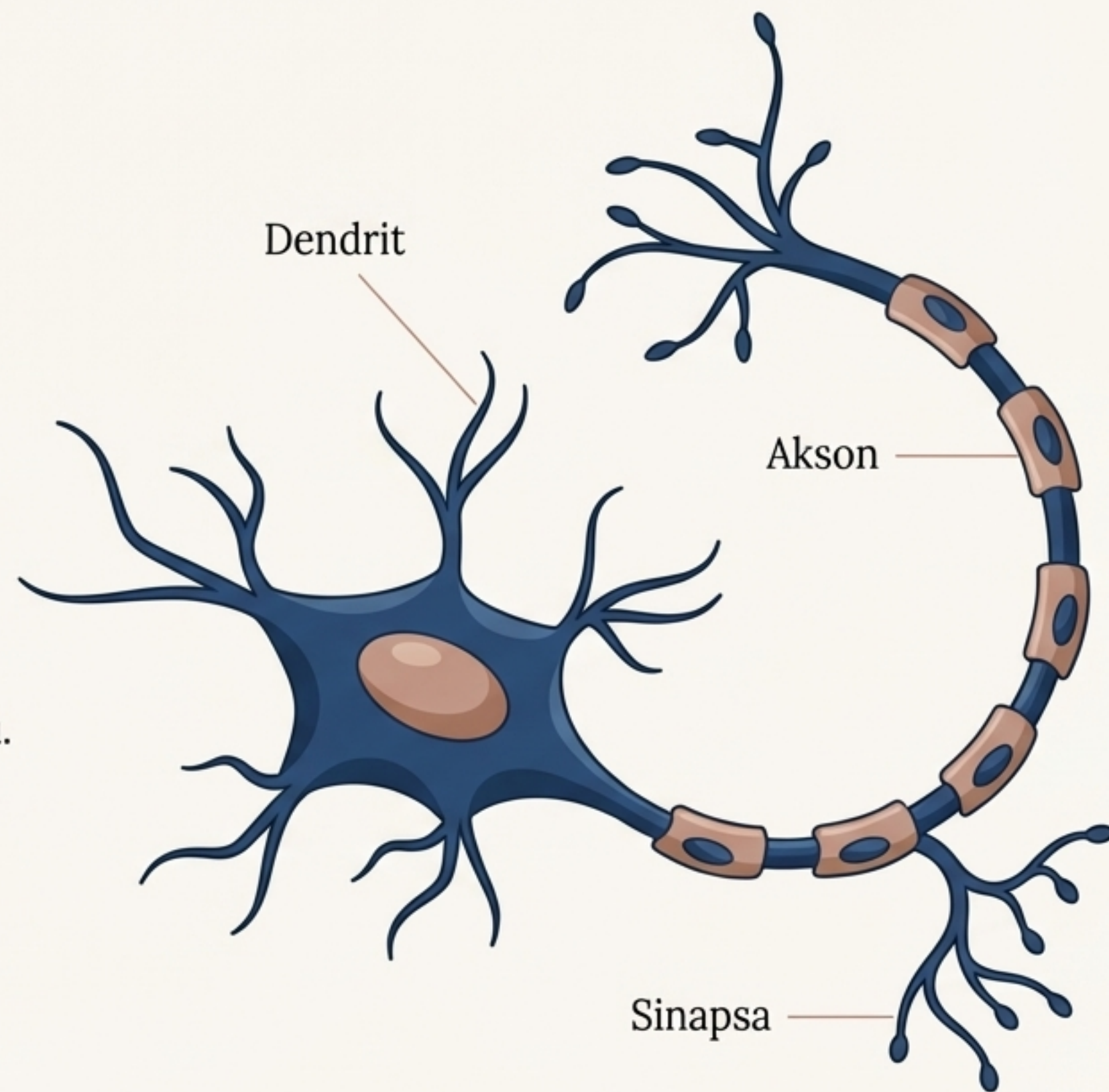
Detaljan pregled strukture, učenja i primene veštačkih neuronskih mreža koje pokreću moderni svet.

Početak Svega: Biološki Nacrt

Priča o veštačkoj inteligenciji počinje u našem mozgu. Osnovna jedinica je neuron, specijalizovana ćelija koja prima, obrađuje i prenosi informacije.

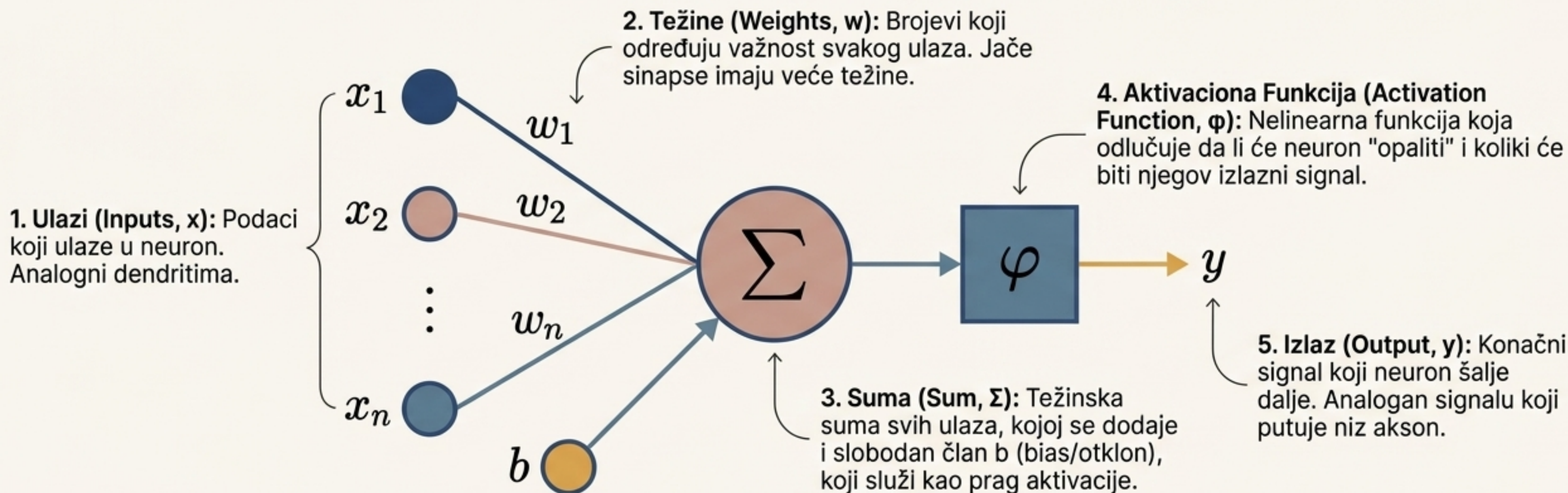
- **Struktura:** Sastoji se od tela (Soma), dendrita (koji primaju signale) i aksona (koji šalje signale).
- **Povezivanje:** Neuroni se povezuju na tačkama koje se nazivaju sinapse. Jedan neuron može biti povezan sa hiljadama drugih, stvarajući neverovatno kompleksnu mrežu.
- **Funkcija:** Kada ukupan signal koji neuron primi pređe određeni prag, on se "aktivira" i šalje električni impuls dalje, omogućavajući kompleksne kalkulacije u deliću sekunde.

Ova efikasna biološka arhitektura je direktna inspiracija za matematičke modele koje danas nazivamo veštačkim neuronskim mrežama.



Digitalni Blizanac: Apstrakcija Neurona u Matematiku

Veštački neuron je matematička funkcija koja oponaša rad biološkog neurona. On takođe prima ulaze, obrađuje ih i generiše izlaz.

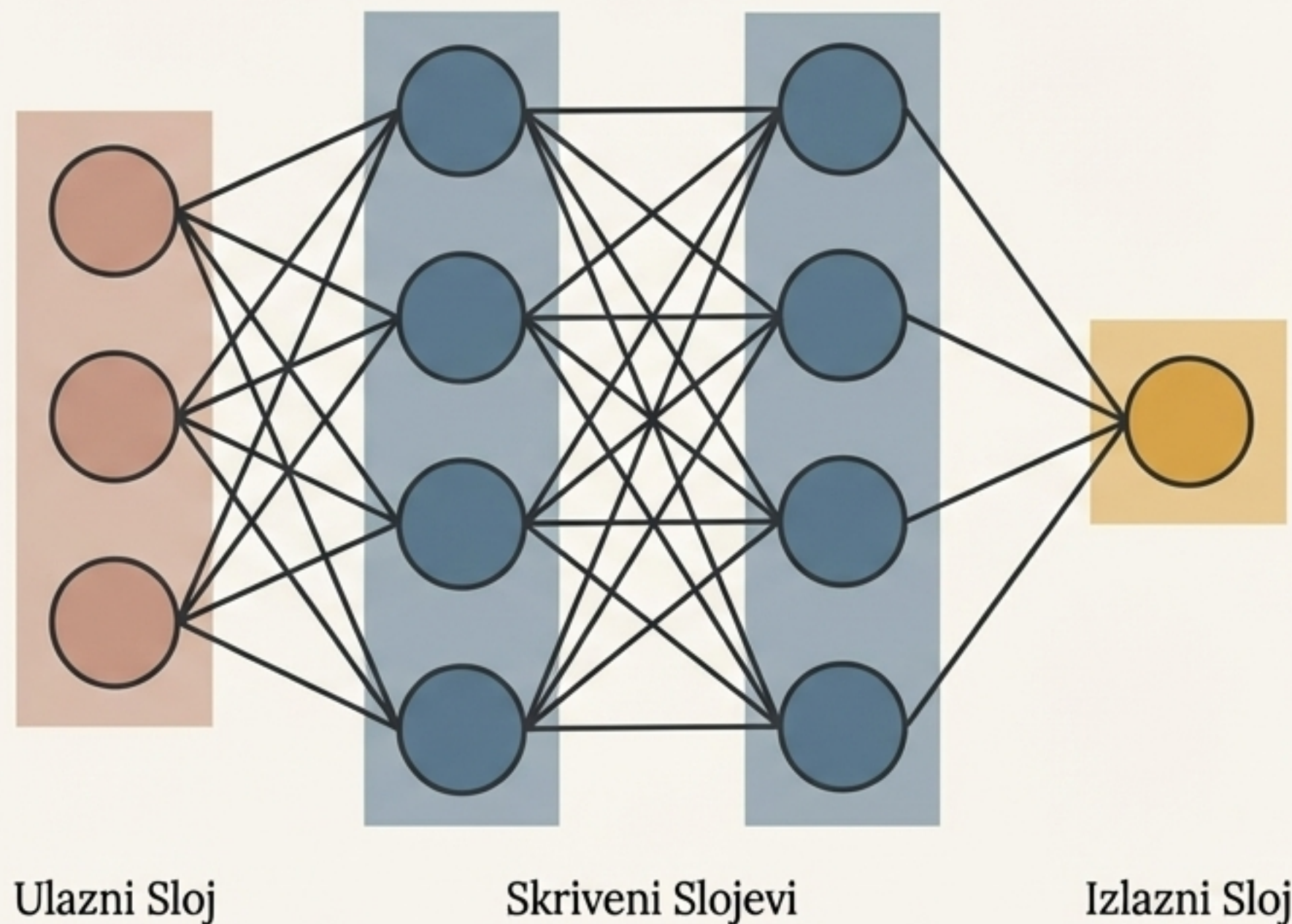


$$\text{Formula: } y = \varphi(w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n + b)$$

Od Jednog do Mreže: Moć Povezanih Slojeva

Kada povežemo veštačke neurone, dobijamo veštačku neuronsku mrežu. Struktura mreže je organizovana u slojeve, od kojih svaki ima specifičnu ulogu.

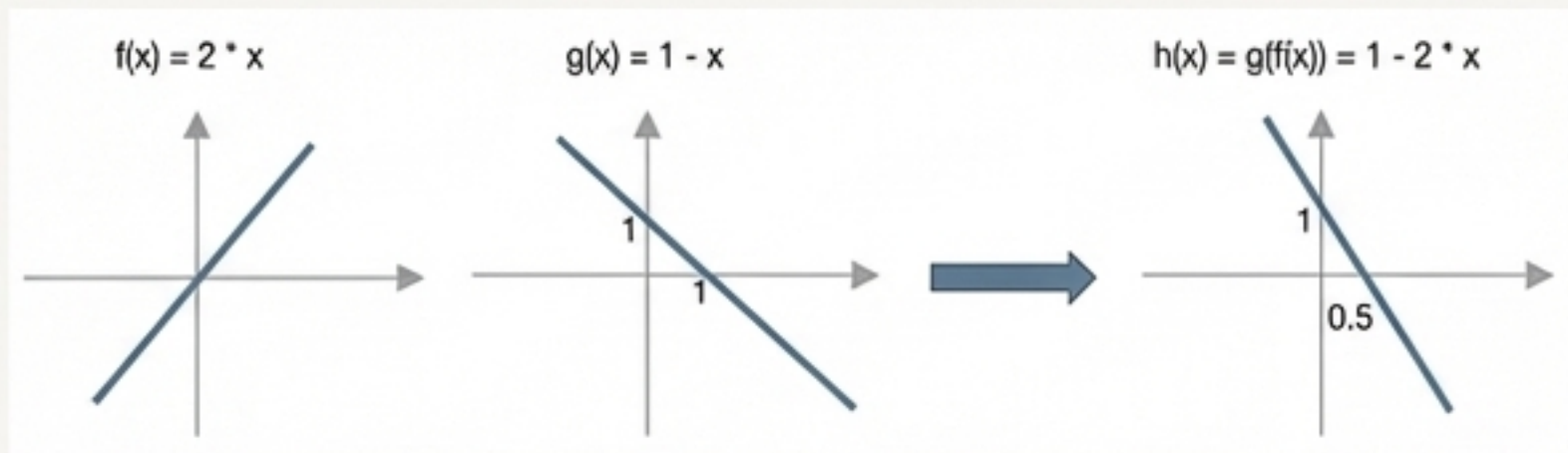
- **Ulazni Sloj (Input Layer):** Prima sirove podatke. Na primer, za analizu slike, svaki neuron u ovom sloju bi odgovarao jednom pikselu.
- **Skriveni Slojevi (Hidden Layers):** 'Mozak' operacije. Ovde se podaci obrađuju i analiziraju. Mreže sa više skrivenih slojeva nazivaju se dubokim neuronskim mrežama, a oblast koja ih proučava duboko učenje (Deep Learning).
- **Izlazni Sloj (Output Layer):** Daje konačan rezultat ili predikciju. Broj neurona u ovom sloju zavisi od zadatka (npr. jedan neuron za regresiju, više neurona za klasifikaciju).



Ključni Sastojak: Zašto je Nelinearnost Presudna?

Problem

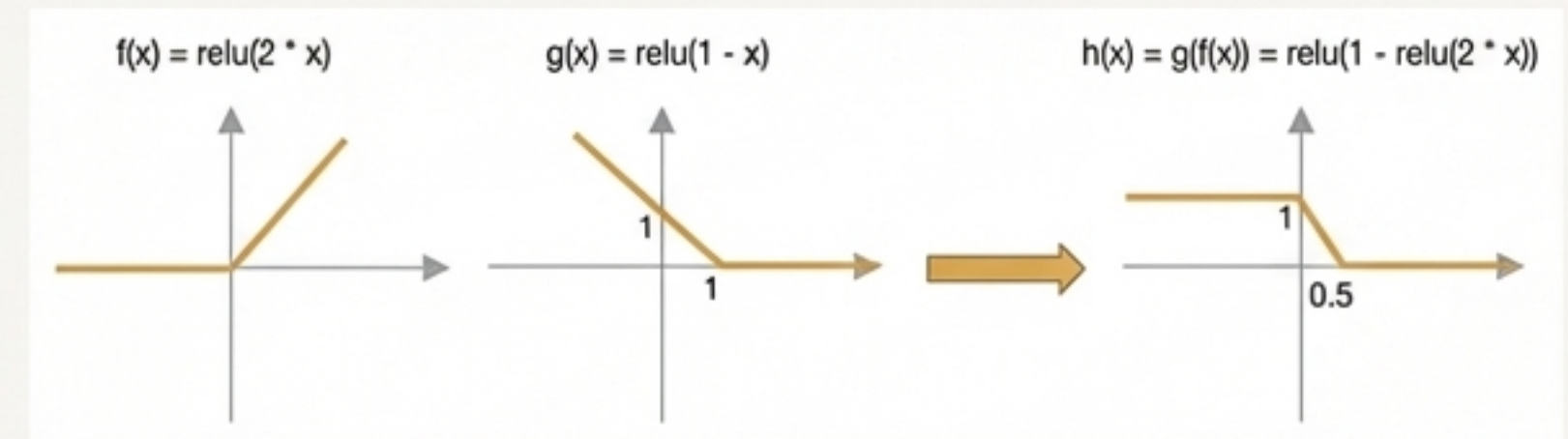
Ako bismo koristili samo linearne funkcije (ili ih ne bismo koristili uopšte), dodavanje stotina skrivenih slojeva ne bi imalo smisla. Kombinacija više linearnih funkcija uvek rezultira samo novom linearnom funkcijom. Mreža bi mogla da modeluje samo jednostavne, linearne zavisnosti.



*Ovo pokazuje kako kombinovanje dve linearne funkcije $f(x)$ i $g(x)$ proizvodi samo još jednu linearnu funkciju $h(x)$.

Rešenje

Uključivanje **nelinearne aktivacione funkcije** (poput ReLU) drastično menja mogućnosti. Sada, svaki sloj transformiše podatke na nelinearan način. Kombinovanjem ovih nelinearnosti kroz više slojeva, mreža može da aproksimira izuzetno kompleksne zavisnosti u podacima.

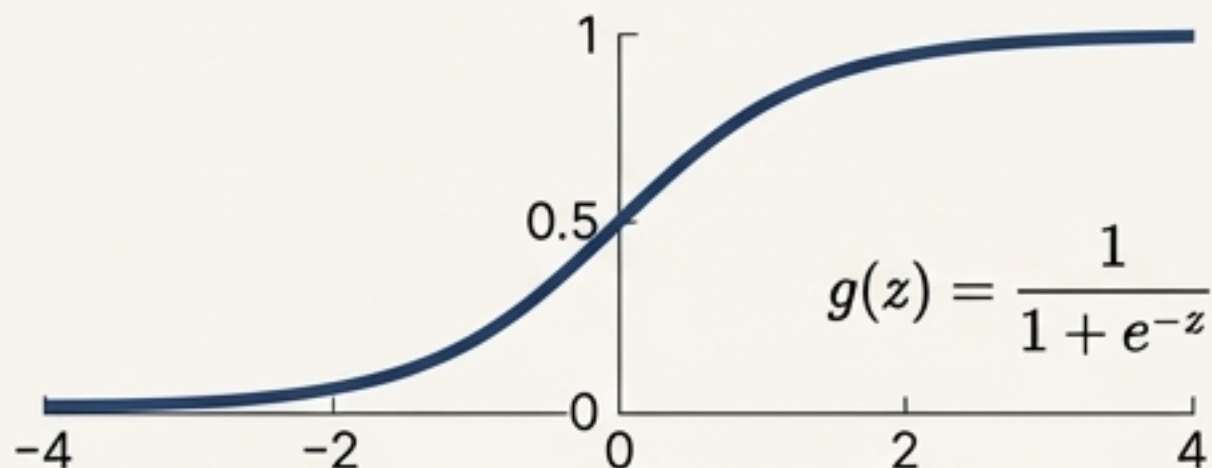


*Ovde, kombinovanje dve nelinearne ReLU funkcije proizvodi složeniju, nelinearnu funkciju $h(x)$, otključavajući novu izražajnu moć.

Alatke za Nelinearnost: Najčešće Aktivacione Funkcije

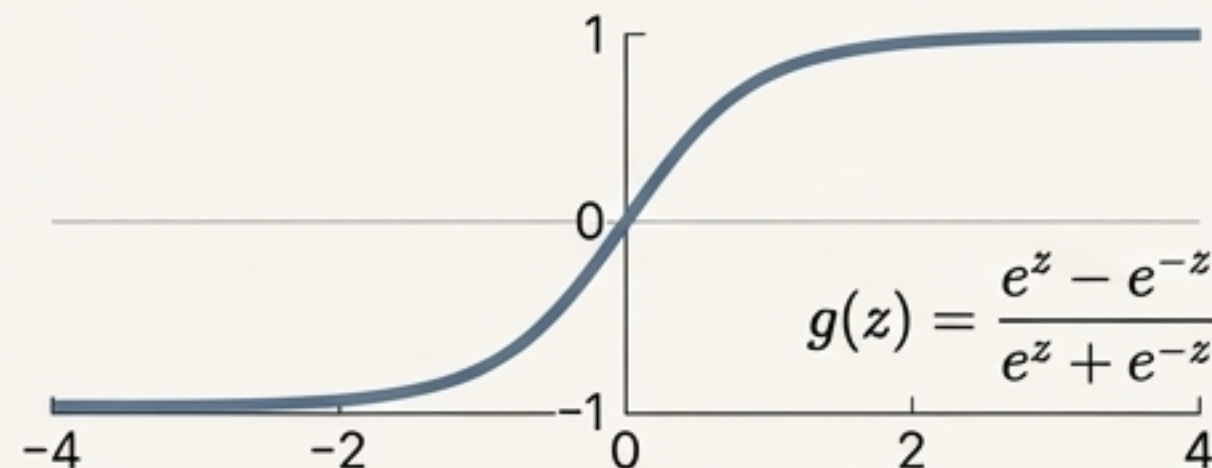
Izbor aktivacione funkcije zavisi od prirode zadatka i željenih svojstava mreže. Sve popularne funkcije su nelinearne — njihovi grafici nisu prave linije.

Sigmoid



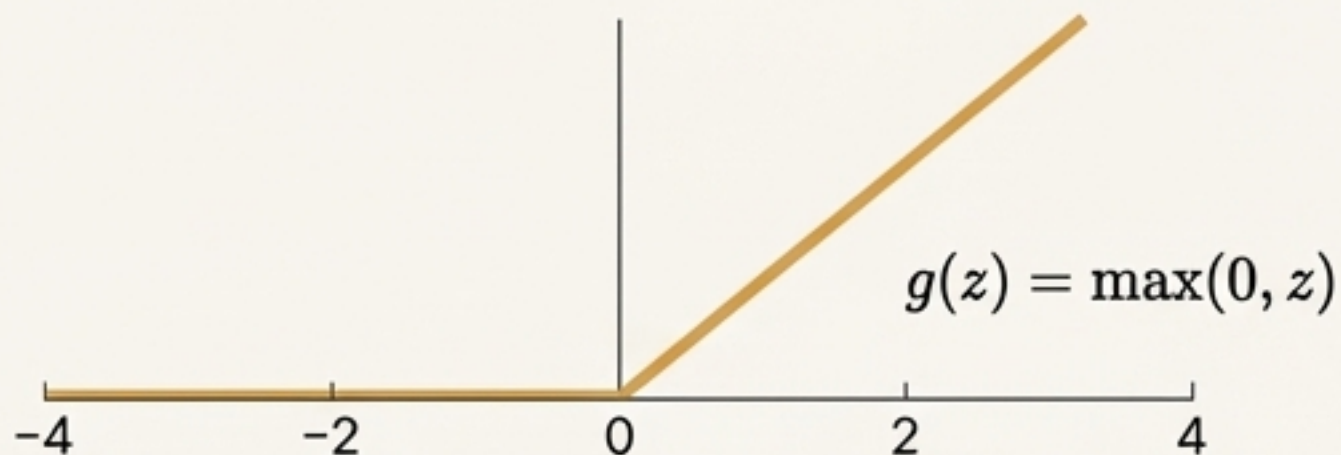
Kompresuje vrednosti u opseg $[0, 1]$, korisno za verovatnoće.

Tanh (Hiperbolički Tangens)



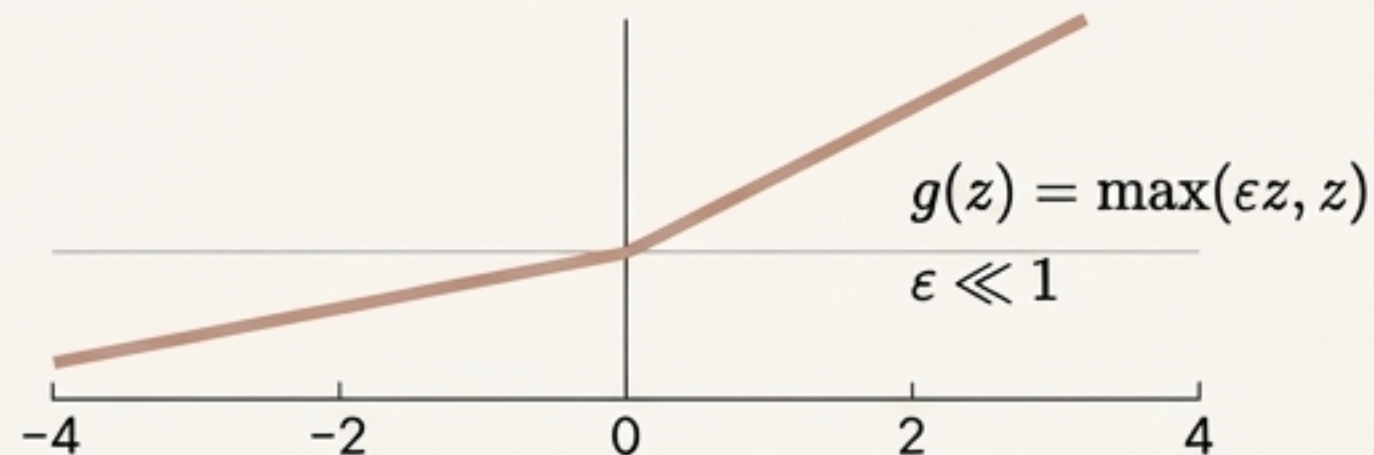
Slično Sigmoid funkciji, ali kompresuje vrednosti u opseg $[-1, 1]$.

ReLU (Rectified Linear Unit)



Izuzetno popularna zbog svoje jednostavnosti i efikasnosti. Jednostavno postavlja sve negativne vrednosti na nulu. $g(z) = \max(0, z)$

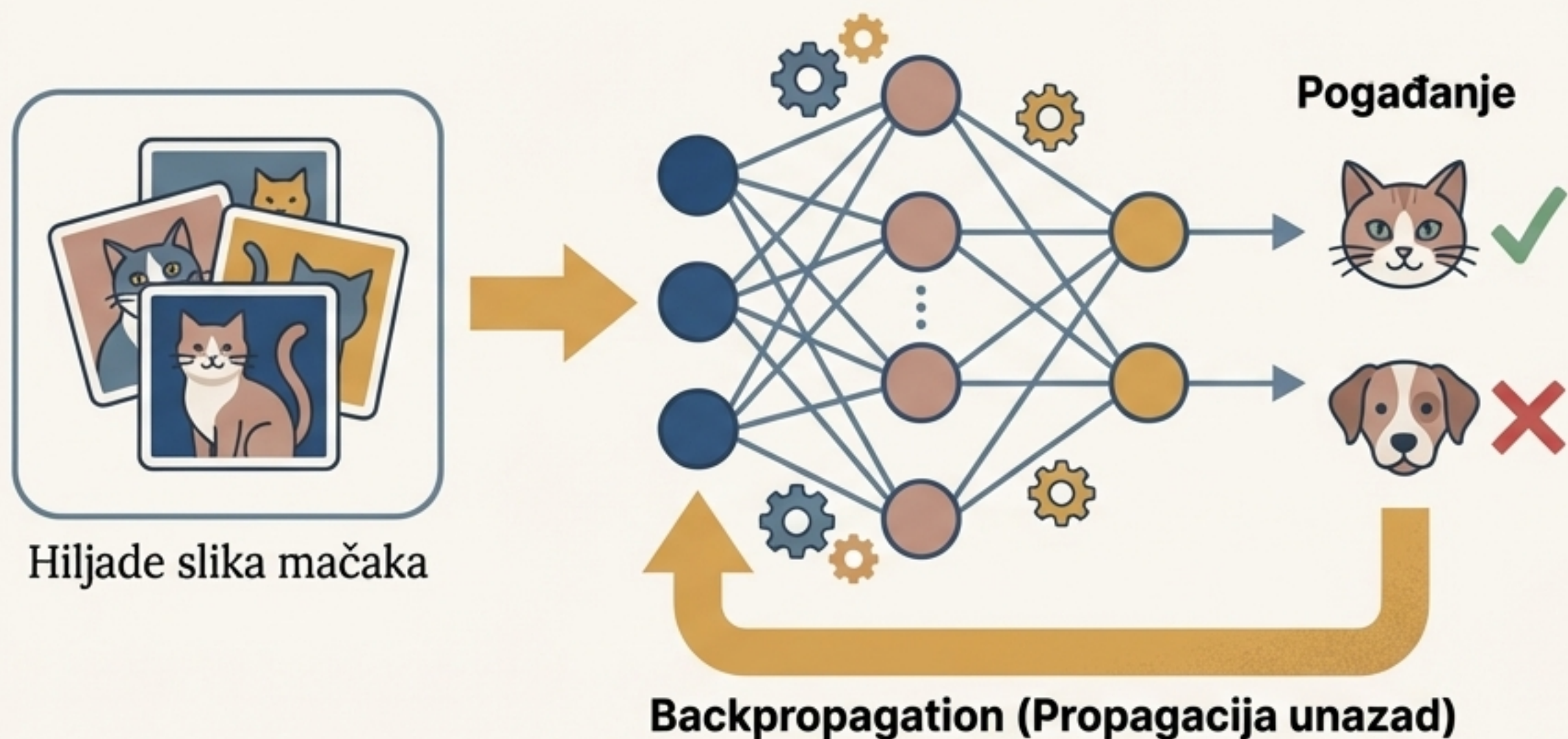
Leaky ReLU



Varijacija ReLU funkcije koja dozvoljava mali, nenulti gradijent za negativne vrednosti, što ponekad pomaže u procesu učenja.

Kako Mreža Uči: Magija Treninga i Propagacije Unazad

Ključna sposobnost neuronskih mreža je učenje iz podataka. Ovaj proces se naziva **treniranje modela**.



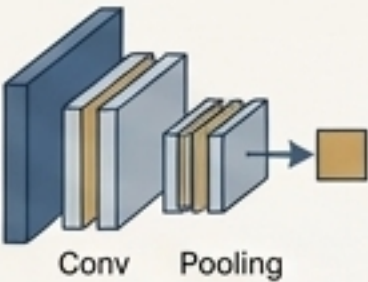
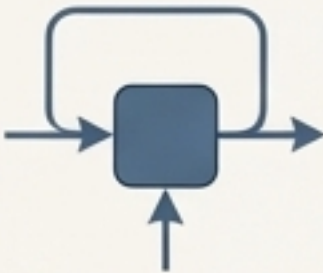
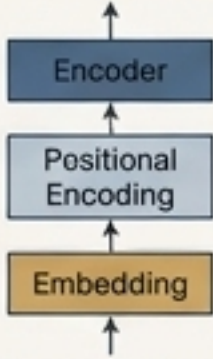
Zamislite da učite mrežu da prepozna mačke. Pokažete joj hiljade slika, a ona za svaku pogađa.

- Kada pogodi, veze (težine) između neurona koje su dovele do tačnog odgovora postaju **jače**.
- Kada pogreši, te veze postaju **slabije**.

Ovaj proces prilagođavanja težina unazad kroz mrežu, od izlaznog do ulaznog sloja, naziva se **backpropagation (propagacija unazad)**. Cilj je iterativno smanjivati ukupnu grešku (razliku između predikcije i stvarne vrednosti) korišćenjem optimizacionih metoda kao što je **gradijentni spust**. Mreža doslovno uči iz svojih grešaka.

ZOO Arhitektura: Prava Mreža za Pravi Posao

Ne postoji jedna univerzalna neuronska mreža. Različite arhitekture su razvijene i optimizovane za specifične tipove podataka i zadataka.

Arhitektura	Tip Podataka	Modeliranje Zavisnosti	Glavne Primene
Konvolucione Mreže (CNN) 	2D/3D podaci (slike, video)	Lokalne, prostorne hijerarhije	Prepoznavanje slika, detekcija objekata, medicinski snimci
Rekurentne Mreže (RNN/LSTM) 	Sekvencijalni podaci (tekst, govor, vreme)	Kratkoročne i dugoročne (LSTM) vremenske zavisnosti	Prevod jezika, prepoznavanje govora, analiza sentimenta
Transformeri (Transformer) 	Bilo koja sekvenca (primarno tekst)	Globalne, kontekstualne zavisnosti putem 'pažnje'	ChatGPT, prevođenje, generisanje teksta i koda

*Podaci adaptirani iz "Comparative Analysis of CNN, RNN,LSTM, and Transformer Architectures".

Neuronske Mreže su Svuda Oko Nas

Iako deluju kao naučna fantastika, neuronske mreže su duboko integrisane u tehnologiju koju svakodnevno koristimo, često bez naše svesti o tome.



U pametnim telefonima:

Prepoznavanje lica (Face ID), glasovni asistenti (Siri, Google Assistant), prevođenje u realnom vremenu.



Generativna VI:

Pokreću alate poput ChatGPT-a za generisanje teksta, kao i Midjourney za stvaranje slika.



Sistemi preporuka:

"Motor" koji stoji iza personalizovanih preporuka na platformama kao što su YouTube, Netflix i Spotify.



U medicini: Analiza medicinskih snimaka (npr. rendgen, CT) za rano otkrivanje bolesti sa visokom preciznošću.



U saobraćaju:

Osnova sistema za autonomna vozila, omogućavajući im da "vide" i razumeju svoje okruženje.



U finansijama:

Detekcija prevara sa kreditnim karticama i predviđanje kretanja na finansijskom tržištu.

Scena u Srbiji: Jak Ekosistem za Razvoj Veštačke Inteligencije

Srbija ima izuzetno jaku inženjersku i akademsku bazu koja aktivno radi na razvoju i primeni neuronskih mreža, pozicionirajući zemlju kao regionalnog lidera u ovoj oblasti.

Istraživanje i Razvoj



Institut za veštačku inteligenciju Srbije:

Centralna državna institucija posvećena istraživanju i primeni VI.



Akadska zajednica: Fakulteti poput ETF-a i Matematičkog fakulteta u Beogradu, FTN-a u Novom Sadu i Elektronskog fakulteta u Nišu obrazuju novu generaciju stručnjaka.

Industrija



Razvojni centri: Globalni giganti poput Microsoft Development Center Serbia (MDCS) imaju timove koji rade na najnaprednijim AI rešenjima.



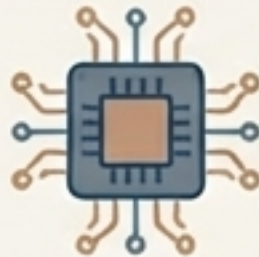
Startup ekosistem: Kompanije poput Seven Bridges (analiza genoma) i Quantox AI (poslovna automatizacija) koriste neuronske mreže za rešavanje kompleksnih problema.



Gaming industrija: Kompanije kao Nordeus i 3Lateral (deo Epic Games) intenzivno koriste AI za kreiranje realističnih i inteligentnih iskustava u igrama.

Priroda protiv Inženjeringa: Realnost i Ograničenja

Iako su inspirisane mozgom, veštačke neuronske mreže (ANN) funkcionišu fundamentalno drugačije od svojih bioloških parnjaka (BNN).

Karakteristika	Biološke Neuronske Mreže (Mozak) 	Veštačke Neuronske Mreže (Računar) 
Poreklo	Oblikovane milionima godina evolucije.	Proizvod ljudskog inženjeringa i matematike.
Učenje	Kroz sinaptičku plastičnost ("neuroni koji se aktiviraju zajedno, povezuju se"). Adaptivno i kontinuirano.	Kroz algoritme kao što su backpropagation i gradient descent . Strukturirano i zahteva ogromne setove podataka.
Brzina	Neuroni su spori (do 200 aktivacija u sekundi), ali snaga leži u masovnom paralelizmu (86 milijardi neurona).	Procesori su ekstremno brzi (milijarde operacija u sekundi), ali obrađuju podatke sekvencijalnije.
Efikasnost	Neverovatno efikasne . Ljudski mozak troši samo oko 20 vati energije.	Izuzetno neefikasne . Treniranje velikih modela može trošiti megavate energije i emitovati više ugljenika nego automobil tokom životnog ciklusa.

Put Pred Nama: Izazovi i Sinergija Tehnologije i Biologije

Uprkos neverovatnom napretku, put ka istinski inteligentnim sistemima je pun izazova koje treba rešiti.

Glavni Izazovi:

- **Problem 'Crne Kutije':** Često ne možemo u potpunosti objasniti zašto je mreža donela određenu odluku, što je problem u kritičnim primenama.
- **Zavisnost od Podataka:** Zahtevaju se ogromne količine kvalitetnih, obeleženih podataka za treniranje.
- **Etika i Pristrasnost:** Mreže mogu naučiti i pojačati ljudske predrasude prisutne u podacima.
- **Potrošnja Resursa:** Trening zahteva ogromnu računarsku snagu i električnu energiju, što postavlja pitanja održivosti.

Budućnost: Rešenje ne leži u pukom kopiranju prirode, već u učenju od nje. Budućnost VI je u sinergiji biologije i tehnologije — razvoju novih arhitektura koje bi mogle kombinovati neuporedivu energetska efikasnost mozga sa brzinom i skalabilnošću silicijuma.

