

Generativní umělá inteligence

Díl třetí: Perceptron

EDUARD BARTL

Přírodovědecká fakulta UP, Olomouc

Velké jazykové modely jsou postavené na hlubokých neuronových sítích, které využívají vícehlavový attention mechanismus. Co tyto komplikovaně znějící pojmy znamenají se postupně dozvíme v jednotlivých dílech série článků věnované generativní umělé inteligenci. Třetí díl seriálu popisuje umělý neuron, kterému říkáme perceptron.

1. McCullochův–Pittsův neuron

Řekli jsme si, že velké jazykové modely, jakými jsou například GPT od OpenAI, Gemini od Googlu nebo rodina velkých jazykových modelů Claude od Anthropicu, patří mezi moderní přístupy v oblasti zpracování přirozeného jazyka. Velké jazykové modely používají ke svému fungování předtrénované hlubkové neuronové sítě tvořené obrovským počtem umělých neuronů.

V minulém dílu jsme se podrobně věnovali takzvanému McCullochovu–Pittsovu umělému neuronu (MCP neuronu), který je schopen reprezentovat jen úzkou třídu booleovských funkcí. Na MCP neuron se můžeme dívat jako na velmi zjednodušený model biologického neuronu. Jako takový však má dvě zásadní nevýhody:

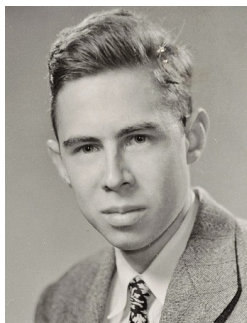
- Vstupy i výstup MCP neuronu jsou pouze binární. MCP neuron tedy umí reprezentovat pouze booleovské funkce.¹⁾
- Fungování MCP neuronu (tedy to, jakou booleovskou funkci reprezentuje) je dáno jeho konstrukcí (kolik má excitačních a inhibičních vstupů, jestli jsou některé vstupy napevno nastavené na jedničku nebo nulu a podobně). Nedokáže tedy přizpůsobit svoje chování – říkáme, že se nedokáže *učit z příkladů*.

Obě tyto nevýhody odstranil americký psycholog Frank Rosenblatt. Učinil tak vylepšeným umělým neuronem, kterému se říká *perceptron*.

¹⁾ Ve skutečnosti neumí reprezentovat zdaleka všechny booleovské funkce. K této problematice se vrátíme v jednom z následujících dílů.

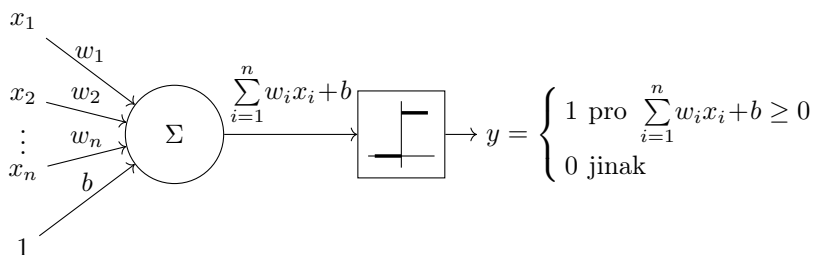
2. Rosenblattův perceptron

Frank Rosenblatt (1928–1971) vystudoval psychologii na Cornellově univerzitě. Po studiích pracoval na Cornell Aeronautical Laboratory v Buffalu ve státě New York, kde se zabýval vnímáním, učením a rozpoznáváním vzorů. Chtěl pochopit, jak může biologický mozek zpracovávat informace, a pokusil se tyto principy převést do matematického modelu – perceptronu [1]. Rosenblatt perceptron nejen teoreticky navrhl, ale se svými kolegy zkonstruoval i jeho fyzickou realizaci, známou jako Mark I Perceptron. Zemřel 11. července 1971, v den svých 43. narozenin, při nehodě na plachtnici v Chesapeake Bay ve státě Maryland.



Obr. 1 Frank Rosenblatt (zdroj: Heinz Nixdorf MuseumsForum)

Podívejme se nyní, jak perceptron vypadá a jak funguje. Jeho schéma je uvedeno na obr. 2.



Obr. 2 Schema Rosenblattova perceptronu

Perceptron je na první pohled složitější než MCP neuron (porovnejme obr. 2 se schématem MCP neuronu uvedeného v předchozím dílu). Dohro-

mady má perceptron $n + 1$ vstupů, poslední vstup je pomocný a je trvale nastaven na hodnotu 1. Významné vylepšení spočívá v tom, že vstupy x_1, \dots, x_n nemusí být pouze logické jedničky nebo nuly, mohou to být libovolná reálná čísla. Každý vstup je navíc vybaven vahou. Tyto váhy mohou být opět reálná čísla. Váha pomocného vstupu se nazývá *bias*²⁾ a budeme ji značit písmenkem b .

Perceptron nejprve provede jednoduchý výpočet – vážený součet vstupů, ke kterému je přičten *bias*:

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i + b. \quad (1)$$

Na výsledek tohoto výpočtu je pak aplikována takzvaná *aktivační funkce* φ . V tomto případě je aktivační funkcí *Heavisidova skoková funkce*³⁾

$$\varphi(x) = \begin{cases} 1 & \text{pro } x \geq 0, \\ 0 & \text{jinak,} \end{cases} \quad (2)$$

jejíž graf je znázorněn ve schématu perceptronu. Výstup perceptronu je tedy 1, pokud je výsledek výpočtu (1) nezáporný; v opačném případě je výstup nastaven na 0.

3. Lineární binární klasifikátor

Dostáváme se tak k podstatnému zjištění: právě popsaný výpočet umožňuje perceptronu pracovat jako *lineární binární klasifikátor*. Co přesně znamená lineární binární klasifikátor, si ukážeme na perceptronu, který má pouze dva vstupy x_1 a x_2 (a samozřejmě pomocný vstup trvale nastavený na jedničku). Takový perceptron nejprve vypočítá hodnotu výrazu

$$w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + b, \quad (3)$$

na kterou je pak aplikována aktivační funkce (2). Jestliže tedy platí, že

$$w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + b \geq 0,$$

pak perceptron vrací 1, jinak vrátí 0. Význam tohoto výpočtu se snadno odhalí, pokud se na vstupy x_1 a x_2 budeme dívat jako na souřadnice bodů

²⁾Česky bychom mohli říct *vychýlení* nebo *posunutí*.

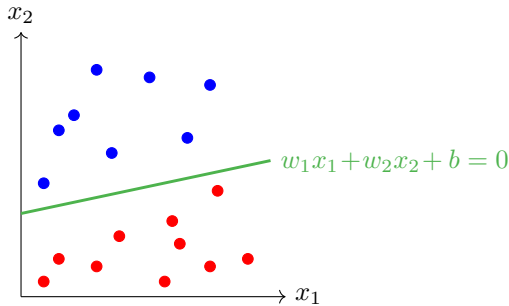
³⁾Problematika volby aktivační funkce je poměrně rozsáhlá a taktéž se k ní vrátíme později.

v rovině. Rovnici

$$w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + b = 0 \tag{4}$$

pak můžeme chápat jako rovnici přímky v rovině. Bod $[x_1, x_2]$ tedy leží v jedné z polorovin určených touto přímkou.

Perceptron s nastavenými vahami w_1 , w_2 a biasem b tak rozlišuje (klasifikuje) body v rovině do dvou tříd pomocí lineární rozhodovací hranice, která je dána přímkou (4), jak ukazuje obr. 3.



Obr. 3 Body rozdělené do dvou tříd podle přímky.

V obecném případě, kdy má perceptron n vstupů x_1, \dots, x_n se vše odehrává v n -rozměrném prostoru; dělící hranicí je nadrovina

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i + b = 0.$$

Problémem však zůstává, jakým způsobem nastavit váhy perceptronu tak, aby příslušná přímka danou množinu bodů správně rozdělila. Otázkou také je, zda je takové nastavení vah možné za všech okolností. Těmto problémům se Frank Rosenblatt a další významní vědci také věnovali a my se jimi budeme zabývat v dalších dílech série.

Literatura

- [1] *Rosenblatt, F.*: The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain. *Psychological Review*, roč. 65 (1958), č. 6, 386–408.