

Neuronové sítě

Ladislav Horký

Karel Břinda

Obsah

- Úvod, historie
- Modely neuronu, aktivační funkce
- Topologie sítí
- Principy učení
- Konkrétní typy sítí s ukázkami v prostředí Wolfram Mathematica
- Praktické aplikace nejen ve fyzice

Úvod, motivace

- Snaha napodobit rozhodování člověka
- Rozvíjející se obor, velký potenciál využití
- Biologický předobraz – nervový systém
- Snaha o získání silného nástroje pro řešení problémů všedního (vědeckého) života

Historie

- 50.-60. léta - první matematický model neuronu
- Donald Hebb publikuje zákon učení
- Rozvoj a příliš velké naděje (umělý mozek)
- Konec 60. let - matematický důkaz, že současný model není schopen řešit funkci XOR, útlum až do 80. let, cílená diskreditace oboru
- Algoritmy pro vícevrstvé sítě
- Autoasociativní a samoučící se modely

Využití

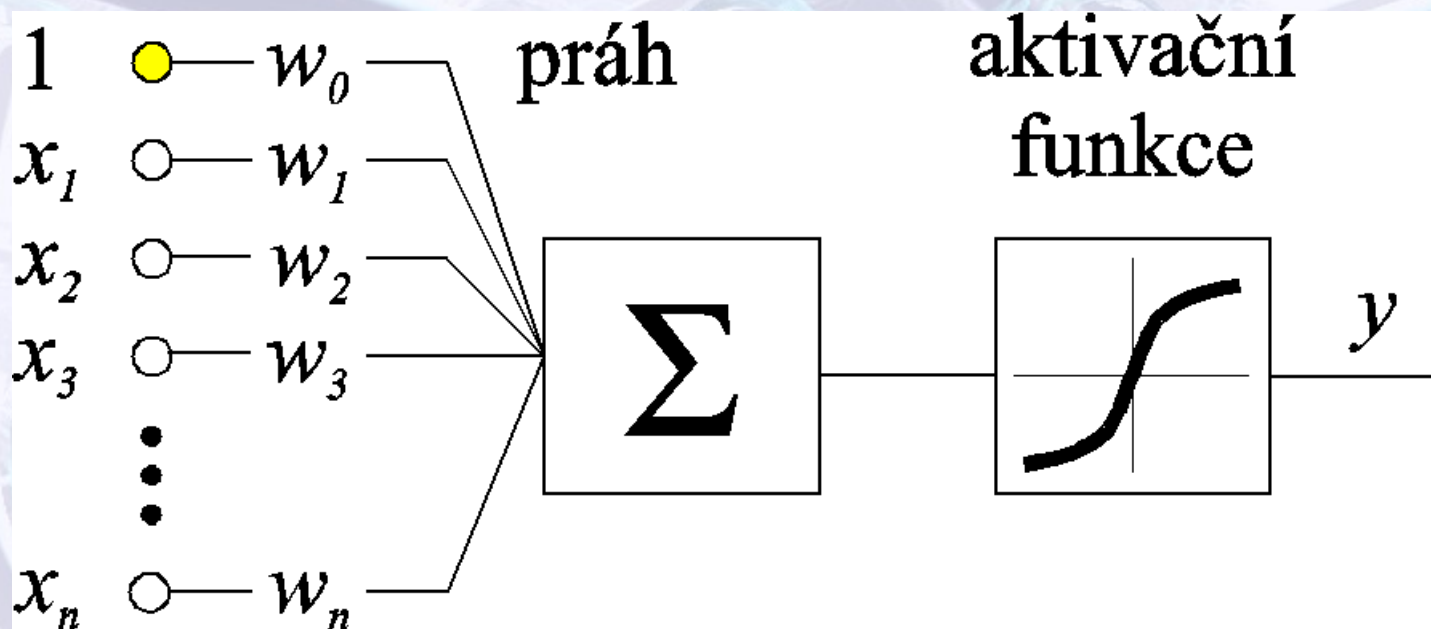
- Klasifikace
- Komprese dat
- Rozpoznávání vzorů
- Predikce chování modelů
- Aproximace funkcí
- Obecně u problémů s neúplnými daty, kde není přesně známa podstata řešení
- Problémy s mnoha parametry

Srovnání člověk - počítač

	Počítač	Lidský mozek
Výpočetní jednotka	1 CPU	10^{11} buněk
Paměť	10^9 bitů RAM, 10^{11} bitů na disku	10^{11} neuronů, 10^{14} synapsí
Délka cyklu	10^{-8} sekundy	10^{-3} sekundy
Šířka pásma	10^9 bitů za sekundu	10^{14} bitů za sekundu
Rychlost obnovy	10^9 výpočetních elementů	10^{14} neuronů za sekundu

Model neuronu

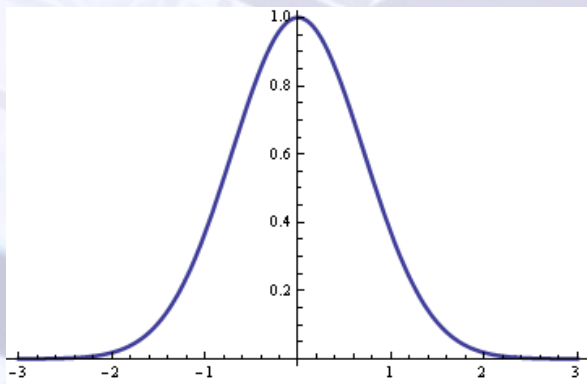
- McCulloch-Pittsův perceptron - nejrozšířenější
- Podle typu aktivační funkce se dělí na spojité, binární
- Vstupy spojité/binární
- Σ spolu s vahami dává vážený průměr



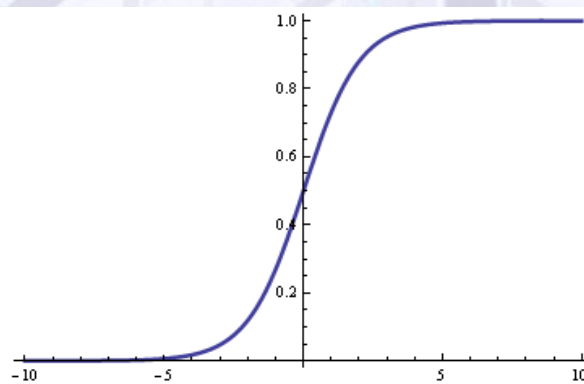
Model neuronu - RBF

- Radial Basis Function
- Výhodně použitelný při klasifikaci a aproximaci
- Vektor vah se porovnává s vektorem vstupu (není to váha v pravém slova smyslu)
- Σ je pak kvadrát euklidovské vzdálenosti
- Aktivační funkce pak bývá gaussovská

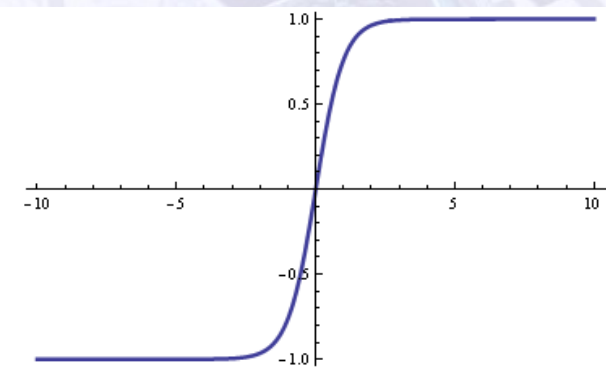
Příklady aktivačních funkcí



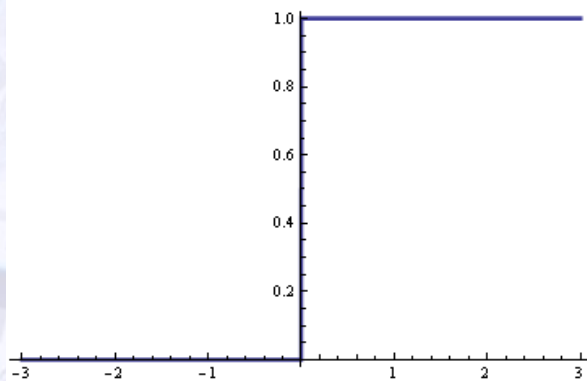
Gausovská



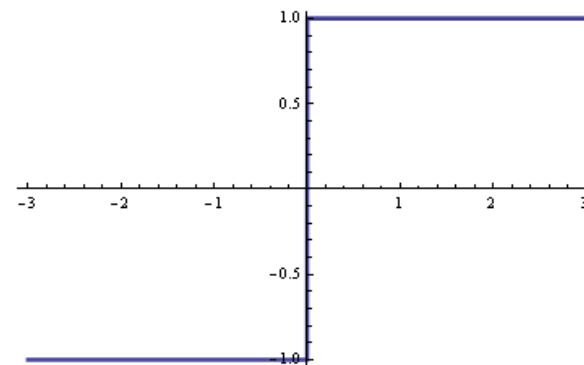
Sigmoidální



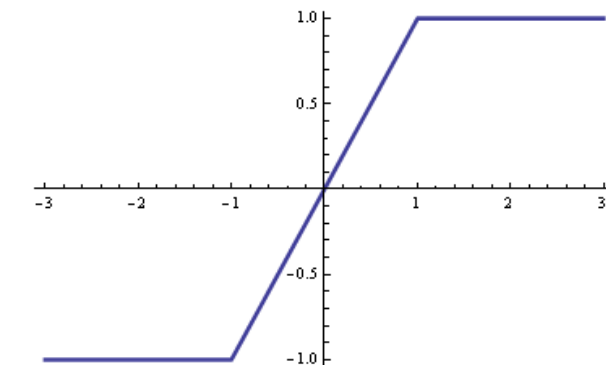
Hyperbolický tangens



Heavisideova



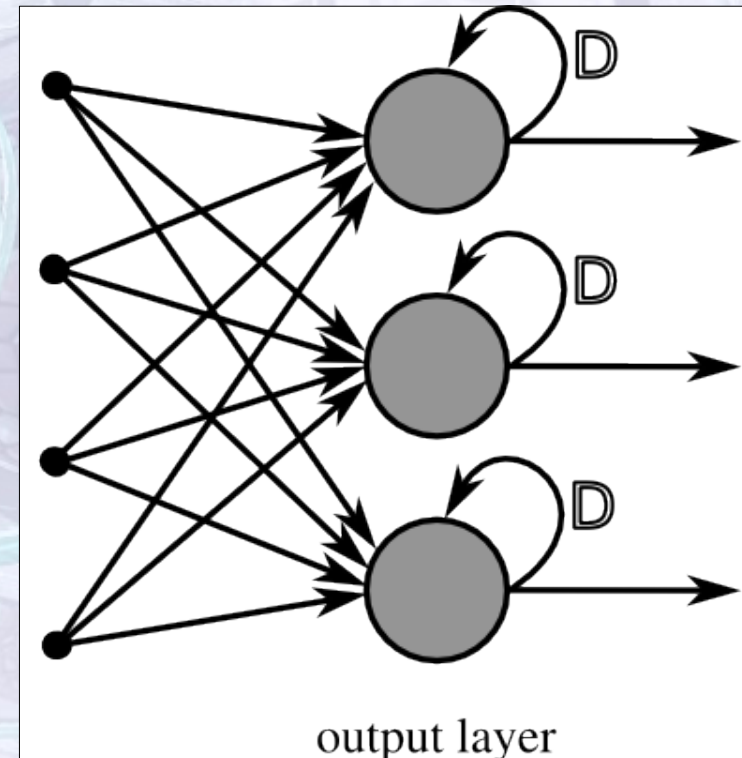
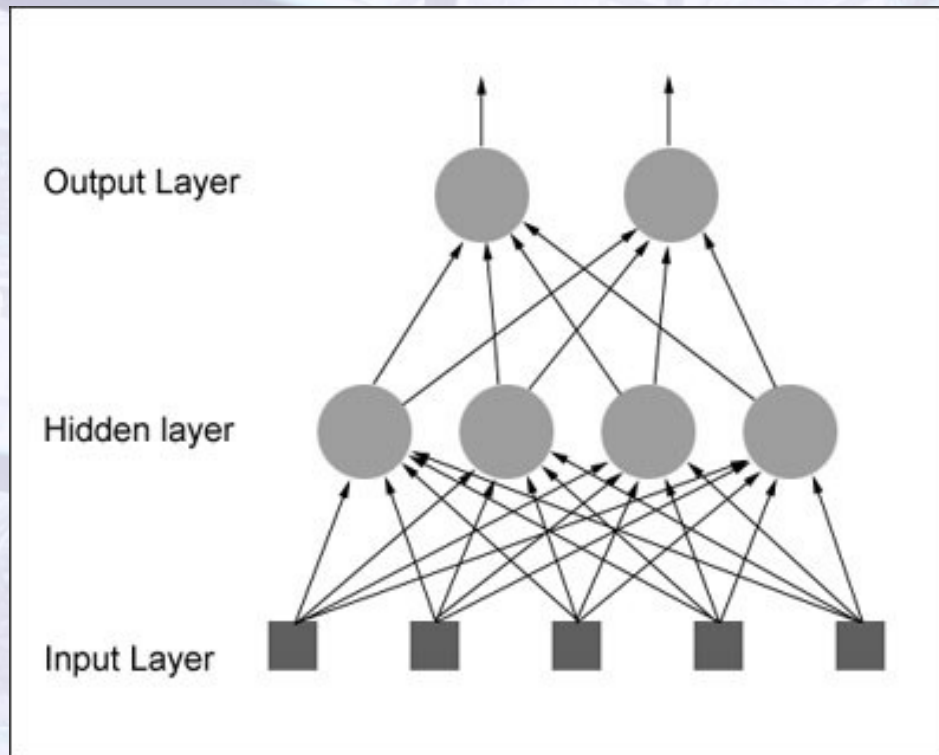
Skoková



Lineární saturovaná

Topologie sítí

- Sítě obsahují vstupní a výstupní vrstvu, případně skryté vrstvy, mohou být i jednovrstvé
- Základní rozdělení na přímé (dopředné, obousměrné) a rekurentní



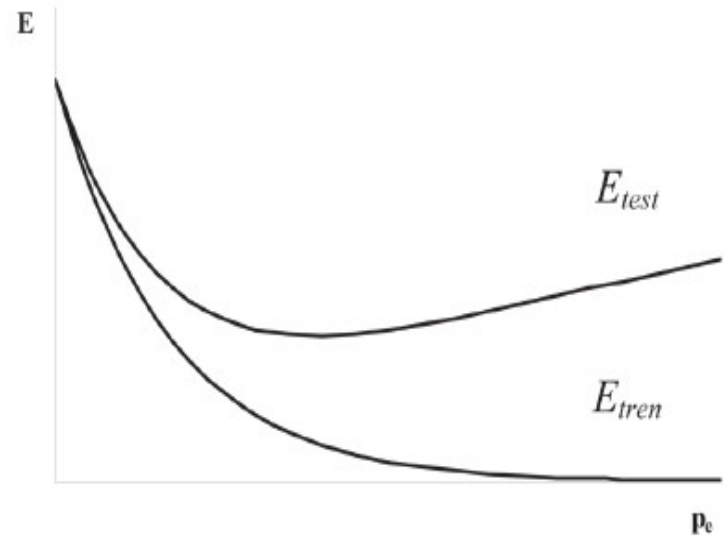
Učení

- Hebbův zákon – *pokud jsou dva spojené neurony v jednom okamžiku aktivní (jeden vybudil druhý), zesílí jejich vazbu, v opačném případě ji zeslabí*
- Tento zákon v obměnách implementuje většina učících algoritmů
- Obdobně se učí i mozek
- Učení s učitelem – je k dispozici množina párů vstupní vektor-výsledek
- Bez učitele – jen vstupní data (shluková analýza)
- Fáze učení: učení, vybavování

Chybová funkce

- Také nazývaná energická, nebo kritériální
- Charakterizuje naučenost sítě
- Vrací chybu skutečného výstupu oproti očekávanému
- Cílem učení je minimalizovat ji
- Různě definována pro různé modely
- Její derivace udává rychlost učení

Obr. 5.3 – Průběhy kritériální funkce

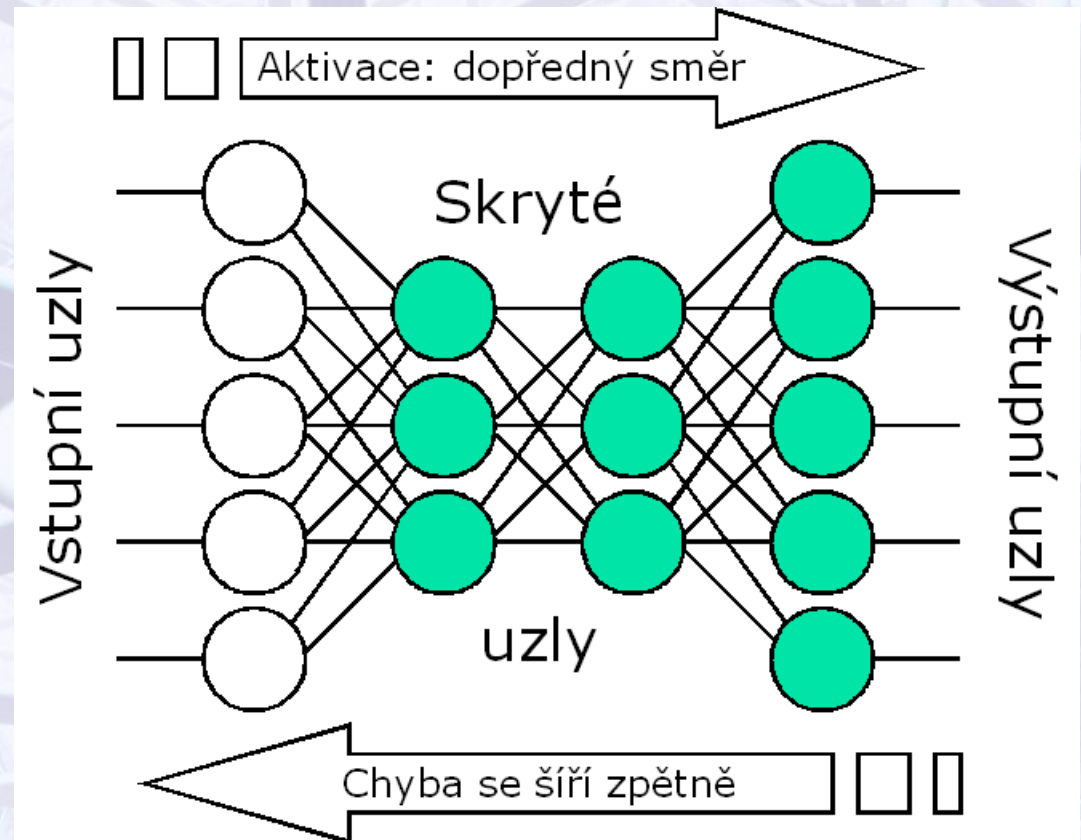


Problémy neuronových sítí

- Neprůhlednost („černá skříňka“) - problém zvláště u expertních systémů
- Obtížná volba správné velikosti sítě
- Nebezpečí přeučení a následná neschopnost generalizovat
- Výpočetní náročnost

Dopředná síť (feedforward)

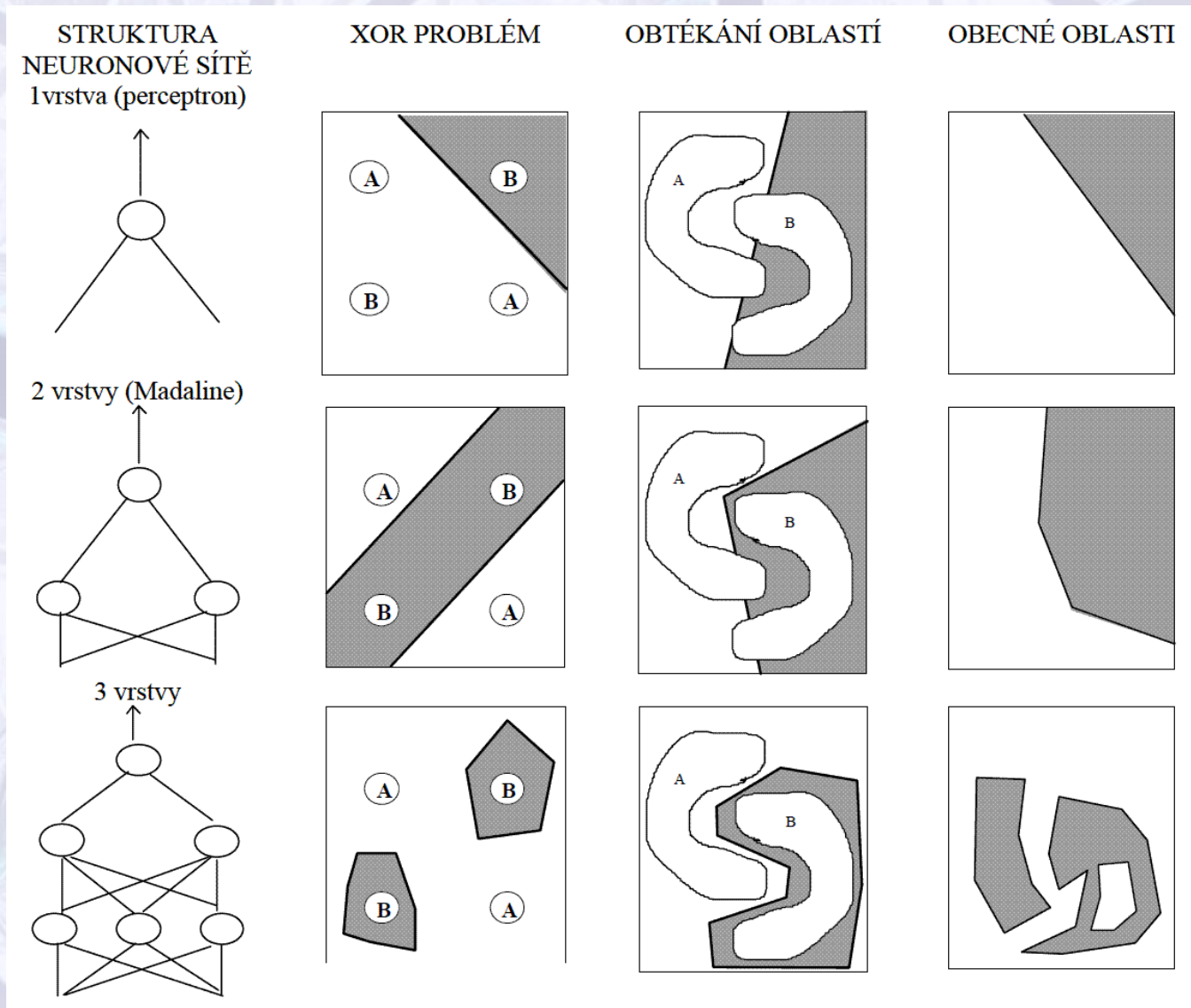
- Složená z perceptronů
- Minimálně jedna skrytá vrstva
- Aktivační funkce:
sigmoida



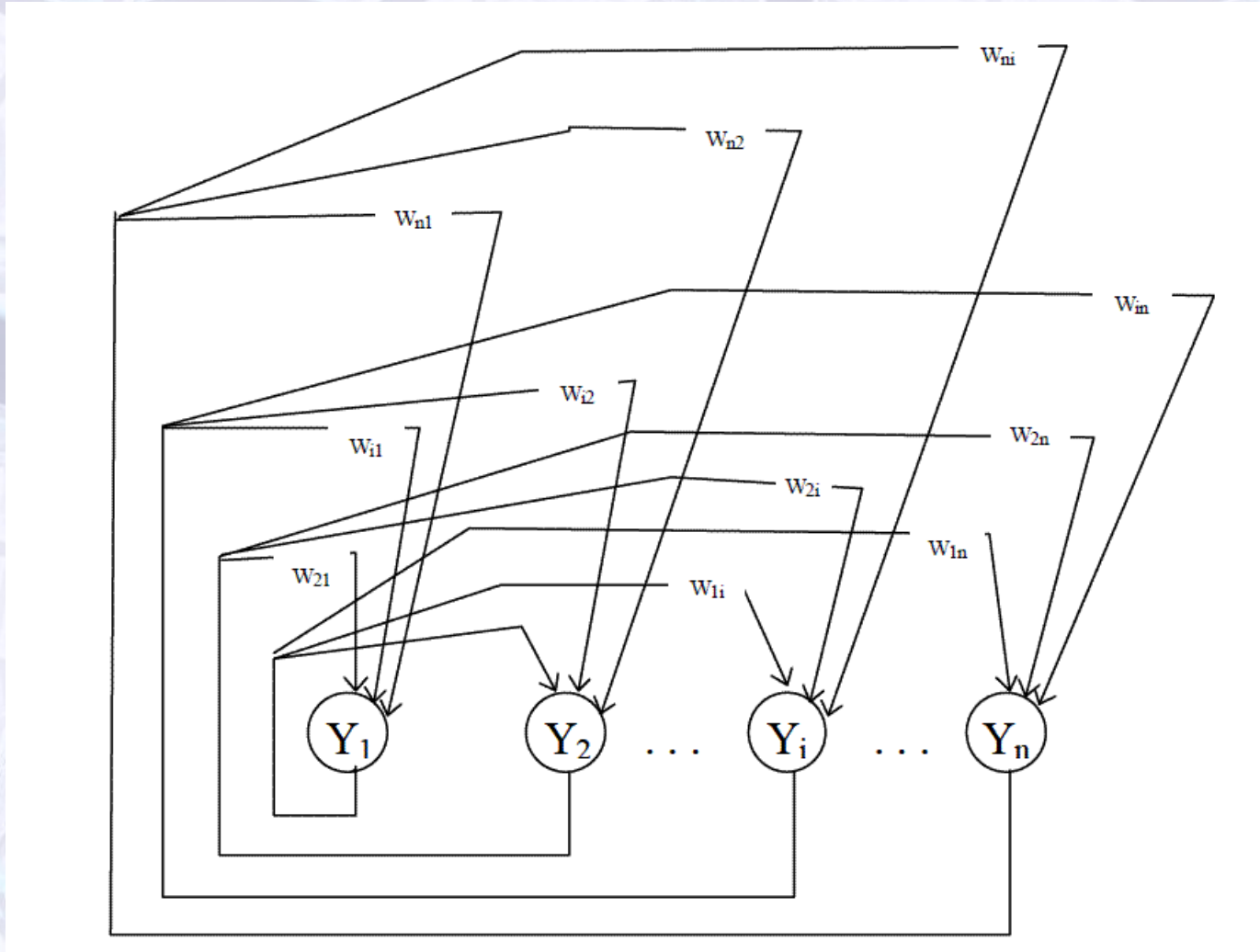
Dopředná síť

- Algoritmus zpětného šíření chyby (backpropagation)
 - Signál projde sítí, porovná se s očekáváním, váhy se začínají upravovat od výstupu
 - Použití gradientních metod
- Využití sítě: aproximace funkce (+viz příklad)

XOR a geometrická interpretace



Hopfieldova síť



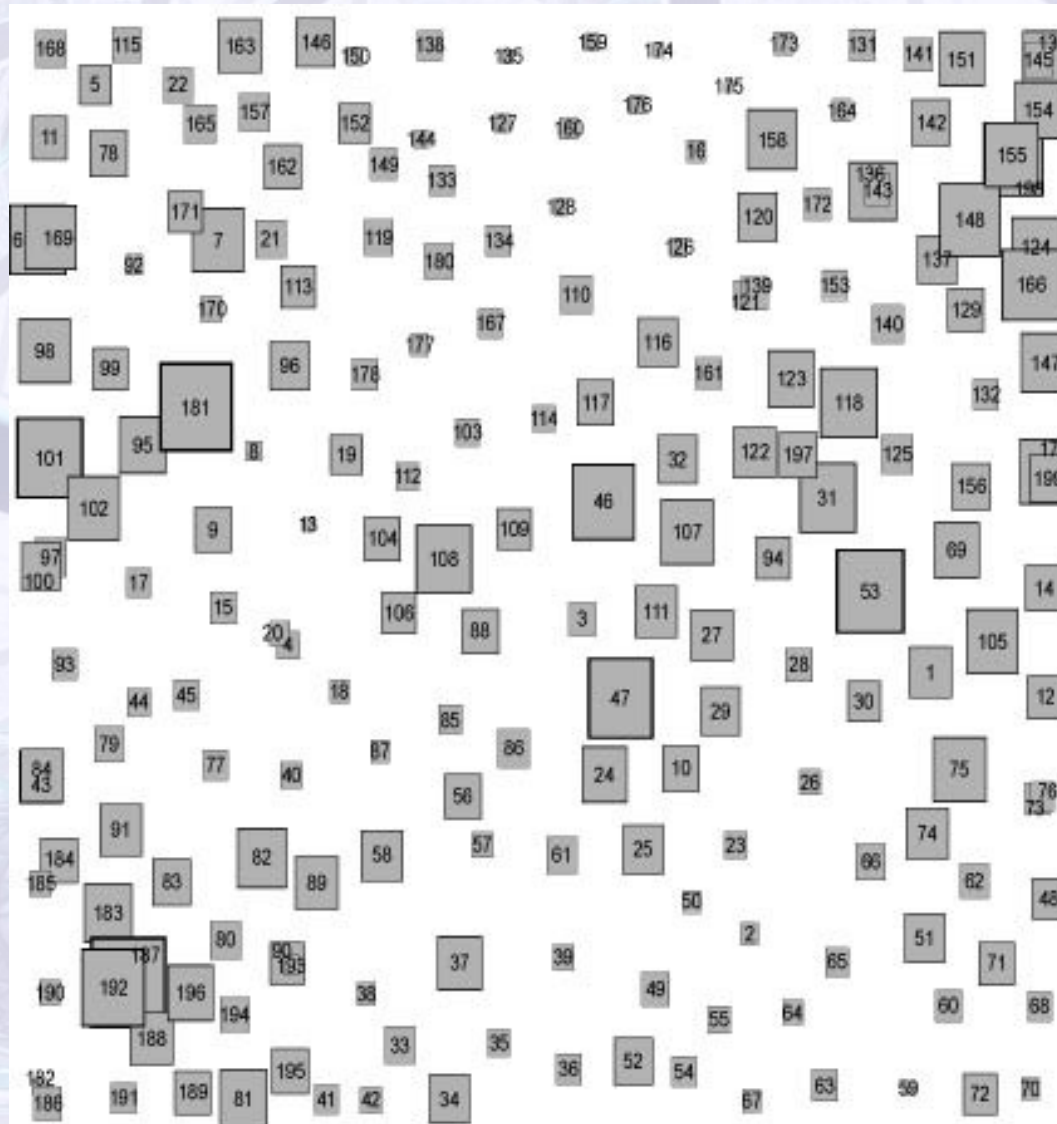
Hopfieldova síť

- Autoasociativní paměť
- Jednovrstvá – vstupní vrstva je zároveň výstupní
- Každému vzoru odpovídá matice vah, naučená síť obsahuje jejich součet
- Vybavování opakovaným vybuzováním (rekurzivní topologie)
- Kapacita (naučitelné vzory): $\sim 0,15 \cdot N$
- Využití – filtrace signálu od šumu, rekonstrukce

Kohonenovy samoorg. mapy

- Dvouvrstvá síť, úplné propojení neuronů mezi vrstvami, výstupní neurony uspořádány do mřížky
- Učení bez učitele (!)
- Váhy – souřadnice vektorů v prostoru, během učení se posouvají tak, aby odpovídaly rozložení pravděpodobnosti výskytu dat
- Využití – hledání reprezentace složitých datových struktur, rozpoznávání řeči, bankovní sféra

Kohonenovy samoorg. mapy

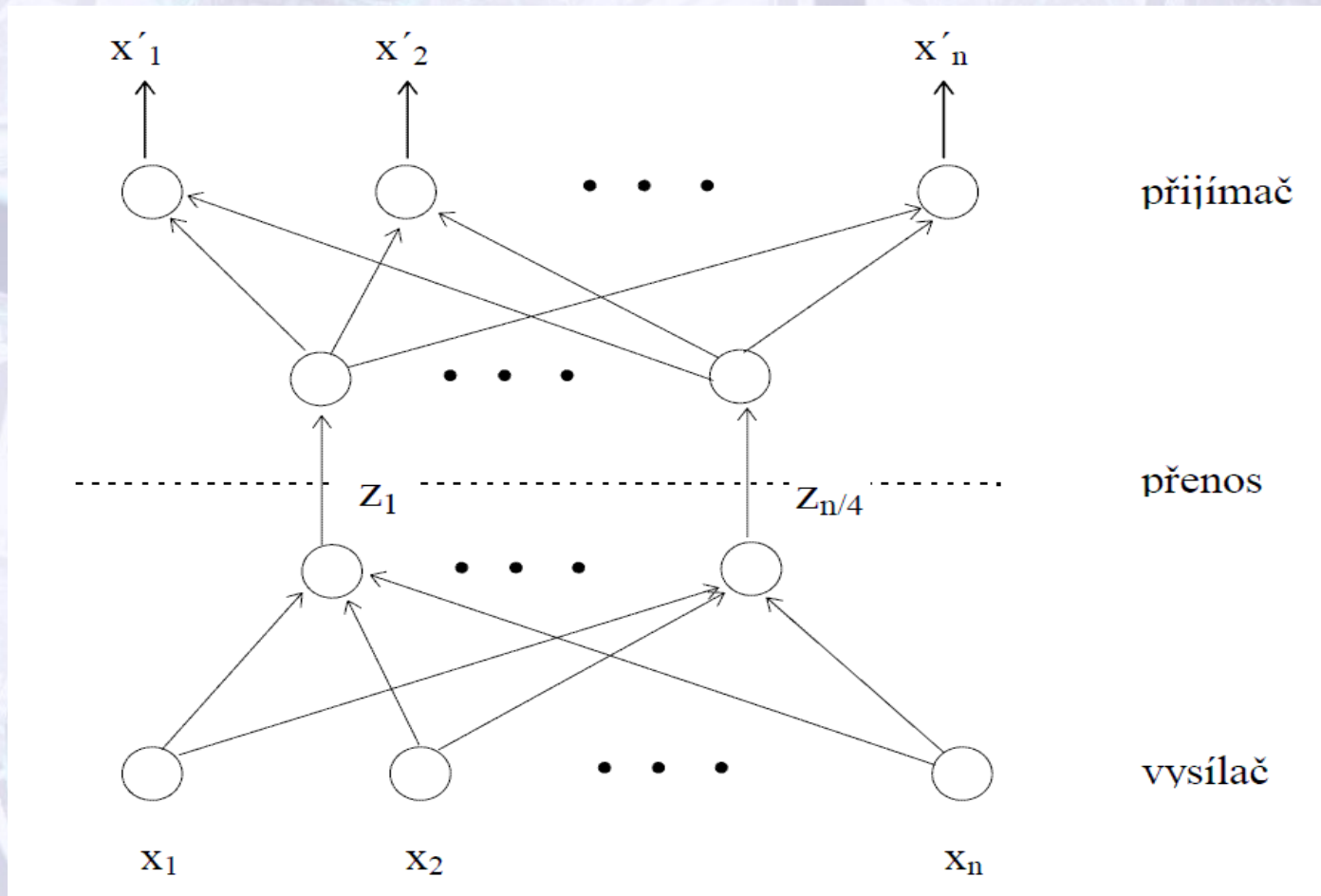


LVQ (Learning Vector Quantization)

- Modifikace Kohonenovy mapy
- Síť s učitelem
- Klasifikace – na začátku se určí počet skupin, do kterých se bude klasifikovat, každé se přidělí výstupní neuron

Využití sítí

- Kompresí signálu – televizní přenosy

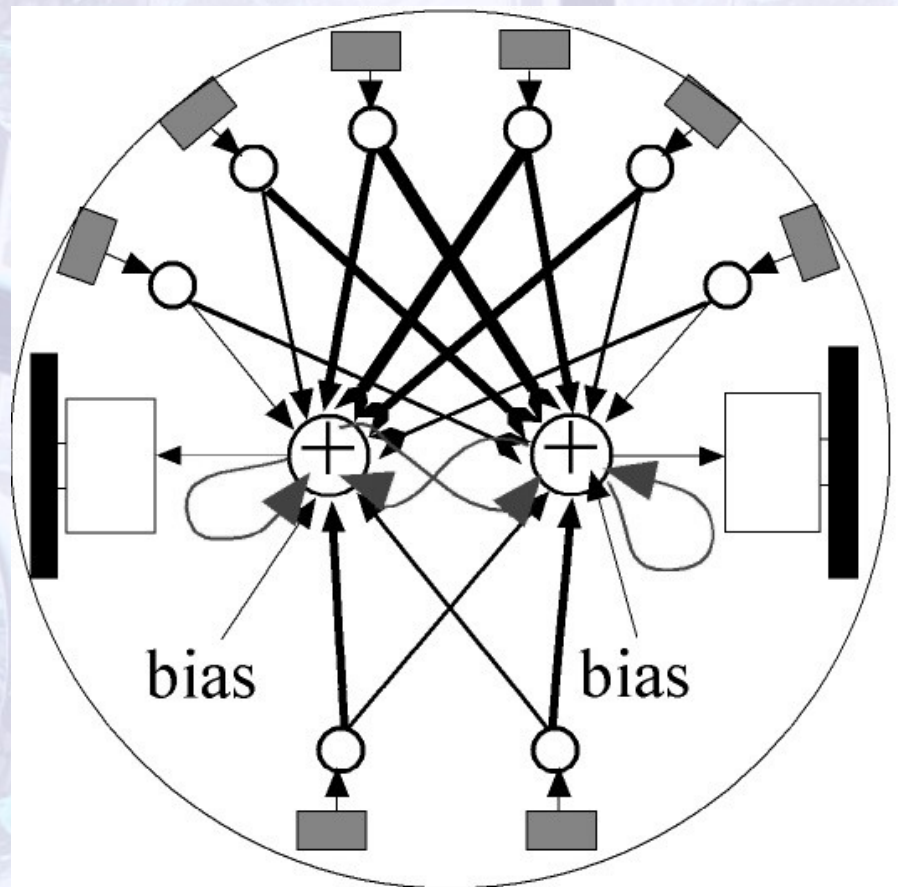


Robotika

- Jeden z největších potenciálů
- Jako trénovací množina může sloužit chování, nebo akce člověka
- Síť je pak schopna aplikovat poznatky i za ztížených podmínek (např. při větší rychlosti)
- Neurohardware – optimalizované čipy obsahující nezřídka přes 1000 neuronů – snadná implementace do jednotlivých zařízení (OCR u scanneru)

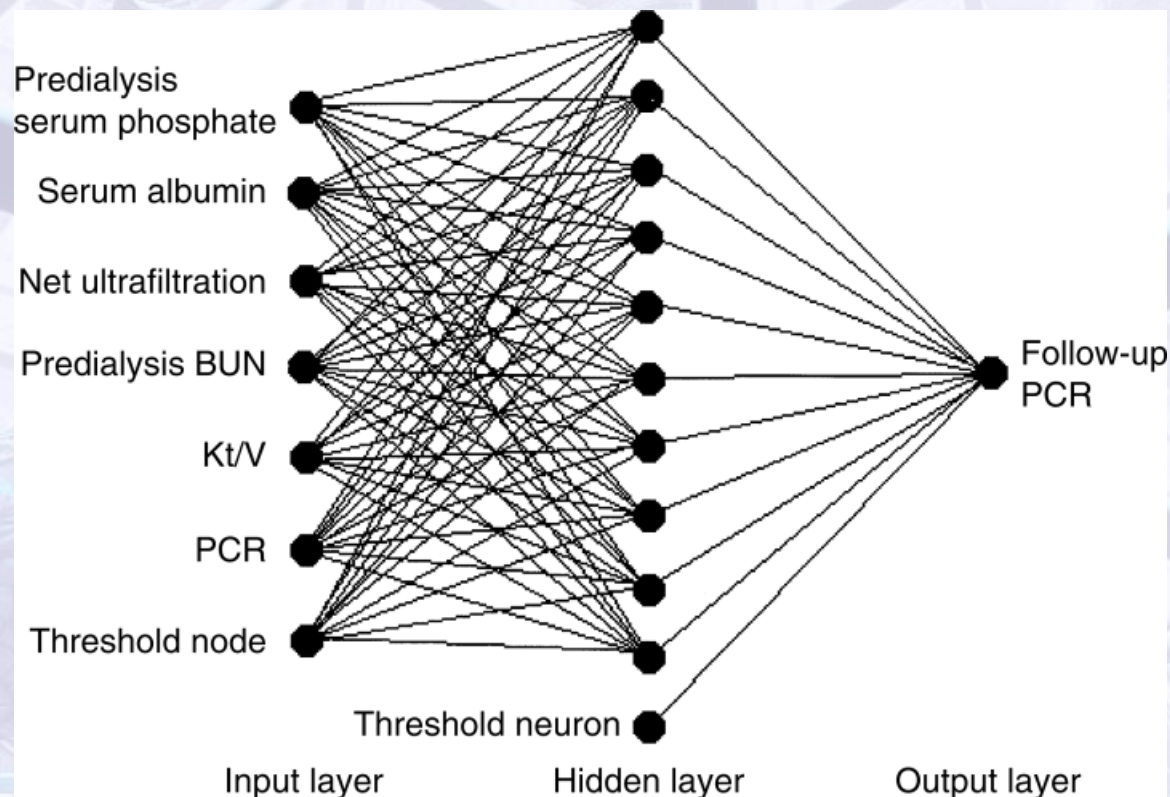
Robotika

- Příklad intuitivní konstrukce



Chemické provozy

- Automatizace činností, na které by standardně museli být najmutí drazí odborníci (tito namísto toho pouze naučí neuronovou síť a přijdou o práci (-:))



Fyzika částic vysokých energií

- CERN
- Snaha o využití neuronových sítí při hledání Higgsova bosonu (UI AVČR)
- Klasifikace srážek

Expertní systémy

- Programy poskytující expertní rady, rozhodnutí nebo doporučení pro řešení konkrétních situací (např. v lékařství)

Závěrné zhrnutí :-)

- Uživatelské proniknutí do problematiky
- Inspirace pro další projekty
- Seznámení se možnostmi programu Mathematica

Poděkování

Ing. Zdeněk Buk

výzkumná skupina
Výpočetní inteligence

katedra počítačů

FEL ČVUT v Praze



Použitá literatura

- P. Chlumský: Demonstrační aplikace pro podporu kurzu neuronových sítí, DP, vedoucí práce: Zdeněk Buk, FEL ČVUT v Praze, 2008)
- J. Šíma, R. Neruda: Teoretické otázky neuronových sítí
- J. Sjöberg: Mathematica, Neural Networks, 2005
- O. Drábek, P. Seidl, I. Taufer: Umělé neuronové sítě – základy teorie a aplikace (/8\), CHEMagazín, 2006
- E. Volná: Neuronové sítě 1, 2002
- F. Hakl, M. Holeňa: Úvod do teorie neuronových sítí, 1998
- V. Hlaváč: Umělé neuronové sítě z pohledu rozpoznávání, prezentace
- Z. Buk, J. Koutník: Modelování dat neuronovými sítěmi, prezentace
- www.cognimem.com