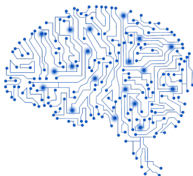


Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
Prírodovedecká fakulta, Ústav informatiky



Umelé neurónové siete
– prehľad vylepšovaných modelov

G. Andrejková



Výučba umelých neurónových sietí na PF UPJŠ sa začala v polovici 90-tých rokov a postupne vznikli samostatné predmety

- ▶ **Úvod do neurónových sietí** na bakalárskom štúdiu a
- ▶ **Neurónové siete** na magisterskom štúdiu.
Pokračovať je možné aj na doktorandskom štúdiu v predmete
- ▶ **Teoretické otázky neurónových sietí.**

V prednáške uvediem výsledky študentov, ktorých bakalárska/ diplomová/ dizertačná práca bola zameraná na túto oblasť, spolu s novými prvkami objavujúcimi sa v neurónových sieťach. Uvediem tiež najnovšie trendy v smerovaní neurónových sietí.

- ▶ Paralelné a systolické systémy
- ▶ Vrstvové neurónové siete a backpropagation algoritmus učenia
- ▶ Rekurentné neurónové siete
- ▶ Aproximácia spojitých funkcií
- ▶ Fuzzy neurónové siete
- ▶ Použitie genetických operácií pri tréňovaní sietí
- ▶ Konvolučné neurónové siete
- ▶ Najnovšie modely neurónových sietí

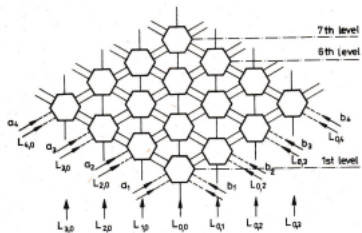
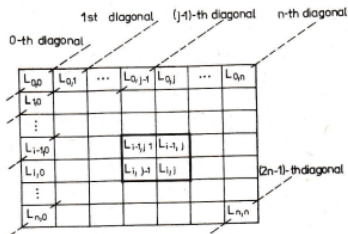
└ Paralelné algoritmy, paralelné systémy

Problém najdlhšej spoločnej podpostupnosti

$A = a \ b \ c \ d \ b \ b$

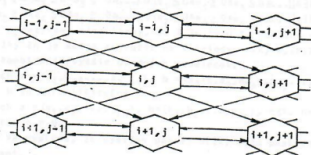
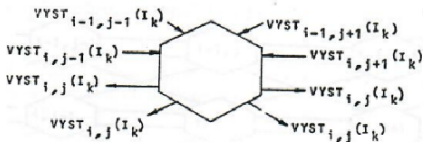
$B = c \ b \ a \ c \ b \ a \ a \ b \ b$

Spoločná podpostupnosť: $a \ c \ b$ a najdlhšia: $a \ b \ b \ b$



Obr.: Dynamické programovanie, systolický systém

Použitie adaptívnych paralelných počítačových štruktúr na rozpoznávanie jednoduchých obrázcov



Obr.: Tvar a funkcia procesora (v i -tom riadku a j -tom stĺpci) pre rozpoznávanie obrázkov. Systolický systém procesorov.

Tvar prechodovej funkcie uvedeného procesora

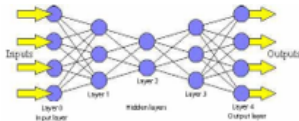
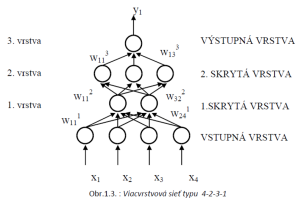
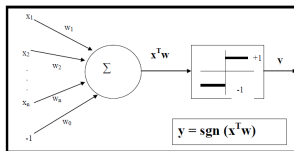
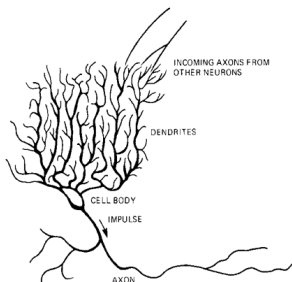
$$VYST_{i,j}(I_k) = \max\{S_{min}, \min\{S_{max}, M_{i,j}(I_{k-1}) \cdot [VYST_{i-1,j-1}(I_k) - VYST_{i-1,j+1}(I_k)]\}\}$$

- ▶ na MU i VUT v Brně přednášel o **neuropočítačoch**
- ▶ bol to on, kto túto disciplínu do Československa uviedol [1]
- ▶ v roku 1990 sa stal zakladateľom mezinárodnej konferencie NEURONET



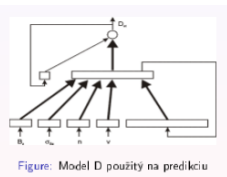
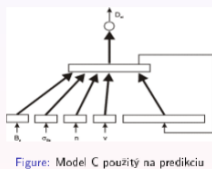
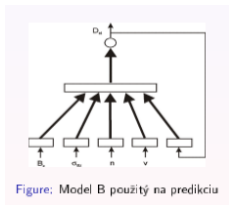
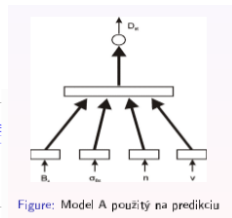
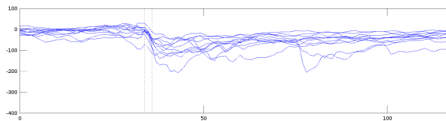
R. Ochránová, M. Bartošek: K nedožitým sedmdesátinám docenta Jiřího Hořejše. Zpravodaj ÚVT MU. ISSN 1212-0901, 2003, roč. XIV, č. 1, s. 1-3.

└ Neurónové siete (NS)



Obr.: Biologický neurón, jeho matematický model, modely NS

Reprezentácia a učenie v neurónových sieťach



Obr.: Predikcia geomagnetických búrok. Dáta a konzultácie z fyziky nám poskytol prof. Ing. Karel Kudela, DrSc.

Vlastnosti rekurentných neurónových sietí

Theorem (Kolmogorov, Doklady akademii nauk SSSR, 1957)

Pre ľubovoľné $n, n \geq 2$, existujú spojité reálne funkcie $\psi^{p,q}, \chi^q$ definované na $I^1 = \langle 0, 1 \rangle$ také, že ľubovoľnú spojitú reálnu funkciu n -premených na intervale I^n je možné vyjadriť v tvare:

$$f(x_1, \dots, x_n) = \sum_{q=1}^{2n+1} \chi^q \left[\sum_{p=1}^n \psi^{pq}(x_p) \right], \quad (1)$$

kde $\chi^q(y), q = 1, 2, \dots, 2n + 1$ sú spojité funkcie jednej premennej.

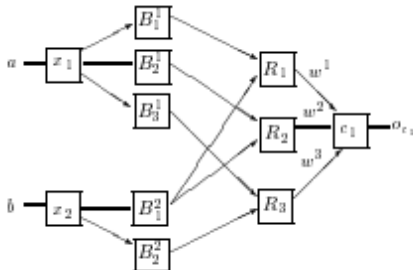
Theorem (Kůrková, Neural Computation, No. 3, 1991)

Nech $n \geq 2$ je prirodzené číslo, $\sigma : R^1 \rightarrow [0, 1]^1$ je sigmoidálna funkcia, $f : [0, 1]^n \rightarrow R^1$ je spojitá reálna funkcia a ϵ je kladné reálne číslo.

Potom existuje prirodzené číslo k a schodovité funkcie typu σ $\psi^{p_i}, \phi^i, i = 1 \dots, k, p = 1, \dots, n$ také, že pre každé $(x_1, \dots, x_n) \in [0, 1]^n$ platí

$$\left| f(x_1, \dots, x_n) - \sum_{i=1}^k \phi^i \left[\sum_{p=1}^n \psi^{p_i}(x_p) \right] \right| < \epsilon$$

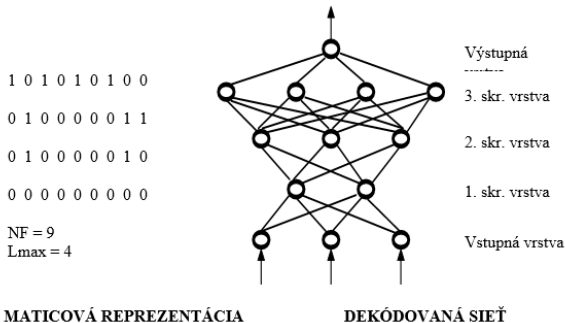
Fuzzy neuronové siete



Obr.: Kombinácia fuzzy pravidiel a vrstvovej neurónovej siete. Aplikované na geomagnetické búrky

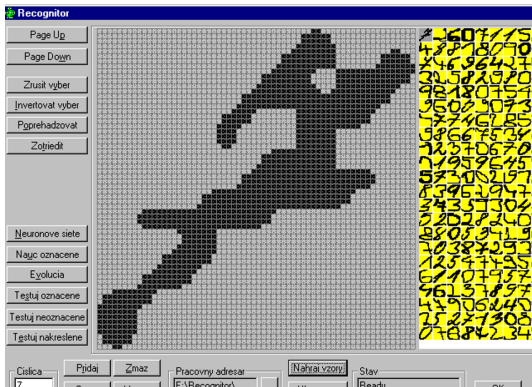
AK nastala nejaká situácia, **POTOM** sa niečo dá očakávať, alebo je potrebné niečo vykonať

Modely neurónových sietí a ich vlastnosti - aplikácia genetických operátorov



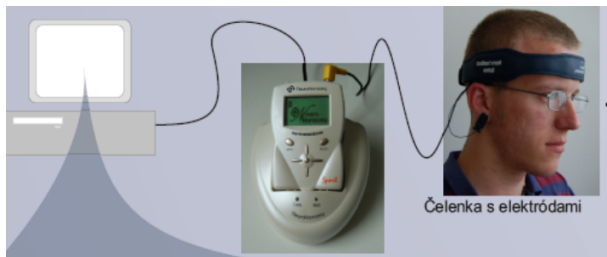
Obr.: Vrstvová neurónová sieť zakódovaná pomocou matice. Operácie kríženia a mutácie robené na maticiach.
Aplikované na predikciu geomagnetických búrok.

Neurónové siete s adaptívnou topológiou, 2001



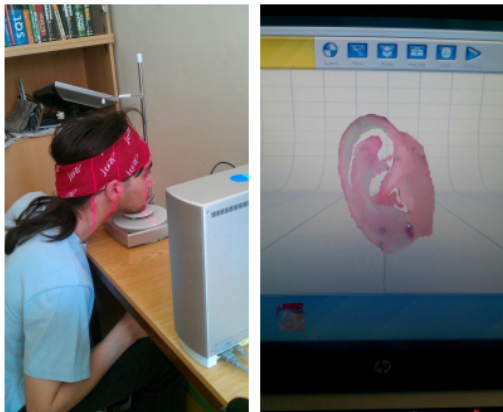
Obr.: Rozpoznávanie rukou písaných čísiel. Najlepšie výsledky pre sieť s 225 neurónmi v 2 skrytých vrstvách: 93,65 %

Použitie neurónových sietí pri rozpoznávaní mozgových elektrických potenciálov



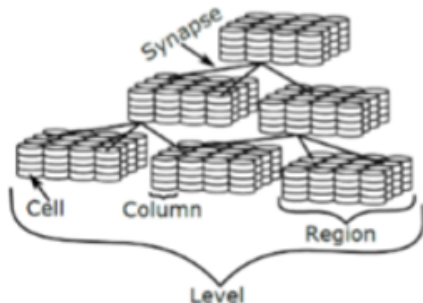
Obr.: Čelenka s elektródami. Klasifikácia signálov pri pozitívnom a negatívnom myslení.

Rozpoznávanie biometrických údajov pomocou neurónových sietí



Obr.: 3D skener, klasifikácia podľa zvolených bodov na ušiach pomocou konvolučných NS

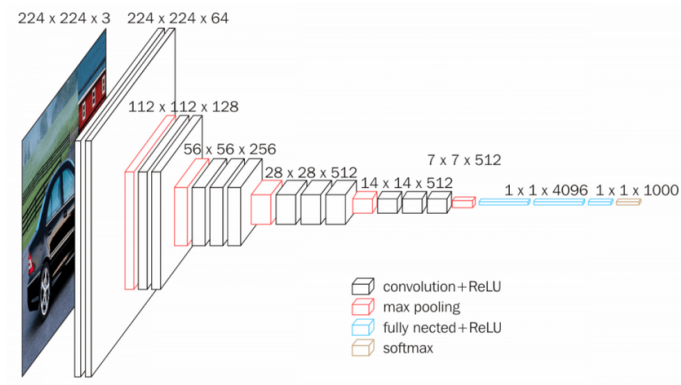
Using neural networks in text document analysis



Obr.: Hierarchical Temporal Memory (HTM) sieť. Použitá pri hľadanií anomálií v textoch.

└ Najnovšie modely NS

VGG 16, Simonyan, 2014

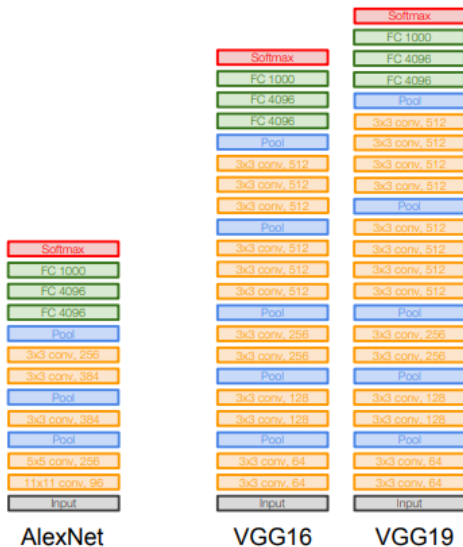


Obr.: 16 konvolučných vrstiev. Celková pam. $24M \cdot 4\text{byty} = 96M$. Celkový počet parametrov: 138M

└ Najnovšie modely NS

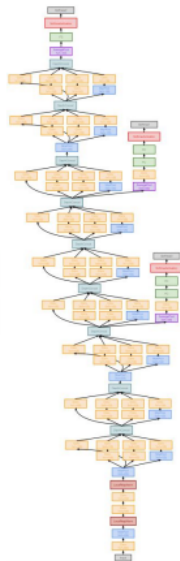
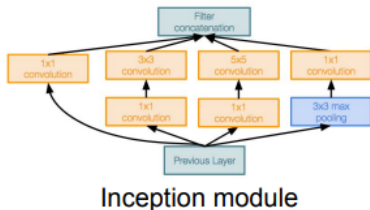
Krizhevsky et al, 2012

AlexNet



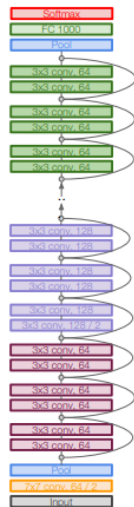
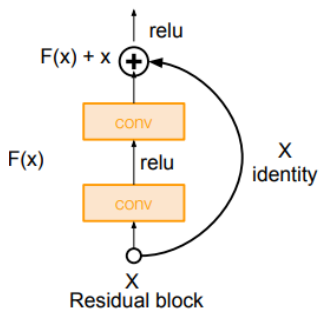
└ Najnovšie modely NS - GoogleNet

Szegedy et al., 2014

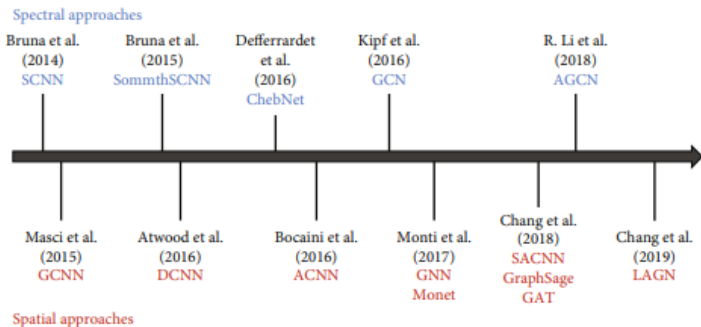


└ Najnovšie modely NS - Resnet

He et al. 2015



└ Najnovšie modely NS - Grafové neurónové siete



Fan Liang et al.: Survey of Graph Neural Networks and Applications. Wireless Communications and Mobile Computing, Volume 2022

└ Zoznam študentov, ktorých záverečné práce sa týkali NS

Bc. Zoltán Szoplák; Bc. Martin Glova; Bc. Peter Sedmák; Bc. Pavol Kozák;
Bc. Ján Šimal; Bc. Asma Mahmoud Salem; Bc. Abdulwahed Almarimi; Bc.
Martin Fedorko; Bc. Tomáš Bolčo; Bc. Milan Vereščák; Miroslava Marašniková;
Petra Furdaničová; Bc. Tomáš Pilát; Bc. Anton Koterec; Bc. Rastislav Gábriš;
Bc. Martin Rázus; Bc. Matúš Tomašík; Bc. Helena Lengeňová; Bc. Marta
Novotná; Bc. Žofia Mačáková; Bc. Ivan Koško; Bc. Peter Skirka; Bc. Štefan
Toma; Ľudovít Hvizdoš; Miroslav Levický; Miroslav Štencel; Ján Uhrín ; Kornel
Csach; Ľubor Bodná; r Romana Blážová; Martina Mikulová; Henrich Tóth;
Katarína Marčišinová; Radoslav Jenčuš; Jana Azorová; Marianna Niczová;
Dávid Alexa; Roman Cisár; Andrej Livora; Tibor Hegedüs; Jaroslav Brdjar;
Ondrej Gecelovský

Viktória Mária Štedlová; Petronela Staňová; Jakub Baník; Jakub Mycio;
Barbora Dvořáková; Rastislav Vočko; Šimon Javorský; Peter Sedmák; Martin
Petruňa; Ján Host

RNDr. Milan Hudec, PhD.; Mgr. Abdulwahed Almarimi; Mgr. Asmaa Mostafa
Mahmoud Salem

1. K. Simonyan, A. Zisserman: Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. Cornell University, arXiv:1409.1556 [cs.CV]
2. K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun: Deep Residual Learning for Image Recognition. Cornell University, arXiv:1512.03385 [cs.CV]
3. Ch. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, A. Rabinovich: Going Deeper with Convolutions. Cornell University, arXiv:1409.4842 [cs.CV]

Ďakujem za pozornosť