

# **Algoritmy a struktury neuropočítačů**

## **ASN - P1**

<http://amber.feld.cvut.cz/ssc>  
[www.janatučkova.cz](http://www.janatučkova.cz)

**Prof .Ing. Jana Tučková,CSc.**

**Katedra teorie obvodů K331**

**kancelář: 614, B3**

**tel.: 224 352 098**

**e-mail: tuckova@fel.cvut.cz**

---

- **Úvod**
- **Neuronové sítě - historie**
  - **odlišnosti**
  - **výhody a nevýhody**
- **Oblasti aplikací biologických a umělých neuronových sítí**
- **Současné světové trendy**
- **Využití umělých neuronových sítí pro zpracování signálu**
- **Modely neuronu**
- **Aktivační funkce**

# ÚVOD

Co jsou neuronové sítě ?

- Biologické
- Matematické modely

ANN



UNS

Umělé neuronové sítě

Artificial Neural Network

Není jednotná definice

Neuronové sítě tvoří několik nebo mnoho jednoduchých procesorů (*unit*), z nichž každý tvoří dílčí paměť. Jsou propojeny informačními kanály.

Trénování NN - nastavování váhových spojení (*synaptic weights*)



paměť

- iterativní proces
- požadované cílové hodnoty (*target values*)

Paralelismus - propojení

Velký rozvoj struktur (architektur) a algoritmů učení



paradigmata

# HISTORIE

- **1943** Warren S. McCulloch, Walter Pitts  
*matematický model neuronu*
- **1949** Donald Hebb  
*zákon učení*
- **1958** Frank Rosenblatt  
*učící algoritmus vrstevnaté sítě s dopředným šířením signálu - perceptron*
- **1959** Bernard Widrow  
*perceptronové struktury ADALINE, MADALINE, Widrowův-Hoffův zákon*
- **1969** Minski & Papert  
*kritika → útlum výzkumu*  
*teoretické meze možností, jednoduché neuronové sítě, odklon k umělé inteligenci*
- **1983** DARPA ( USA )  
*nová investice do výzkumu*
- **1986** David Rumelhart, LeCun  
*algoritmus BPG*

Renesance výzkumu, důraz na aplikace

**80-tá léta:** Teuvo Kohonen  
John Hopfield  
Stefen Grossberg  
Terrence Sejnowski

# VÝHODY A NEVÝHODY



- Schopnost učit se (adaptace )
- Schopnost generalizovat

- Velikost a složitost
- Doba potřebná k natrénování



- **NE** jako univerzální prostředek
- **ANO** pro určité oblasti :

*samostatně*

*v kombinaci s klasickými metodami  
při neznalosti algoritmu řešení*

*při složitém matematickém popisu*

*při informacích*

- *nepřesných*
- *neurčitých*
- *neúplných*
- *rozporuplných*

# FYZIOLOGICKÁ INSPIRACE

**Informační systém** - základní podmínka existence,  
přežití a rozvoje všech systémů

**Člověk** - nervový systém a mozek  
jedna z nejsložitějších soustav vůbec

*40 - 100 miliard neuronů  
vzájemné propojení, interakce,  
proměnlivost v čase,  
vývoj v struktury i vztahů  
1 neuron - 10 000 vstupů  
spojení pomocí synapsí*

**Umělé neuronové sítě (UNS, ANN)**

↳ napodobení některých jednodušších  
funkcí mozku

**Biologické neuronové sítě a jejich model**



**Umělé neuronové sítě**



**Formální neuron a jeho funkce**

# BIOLOGICKÝ NEURON

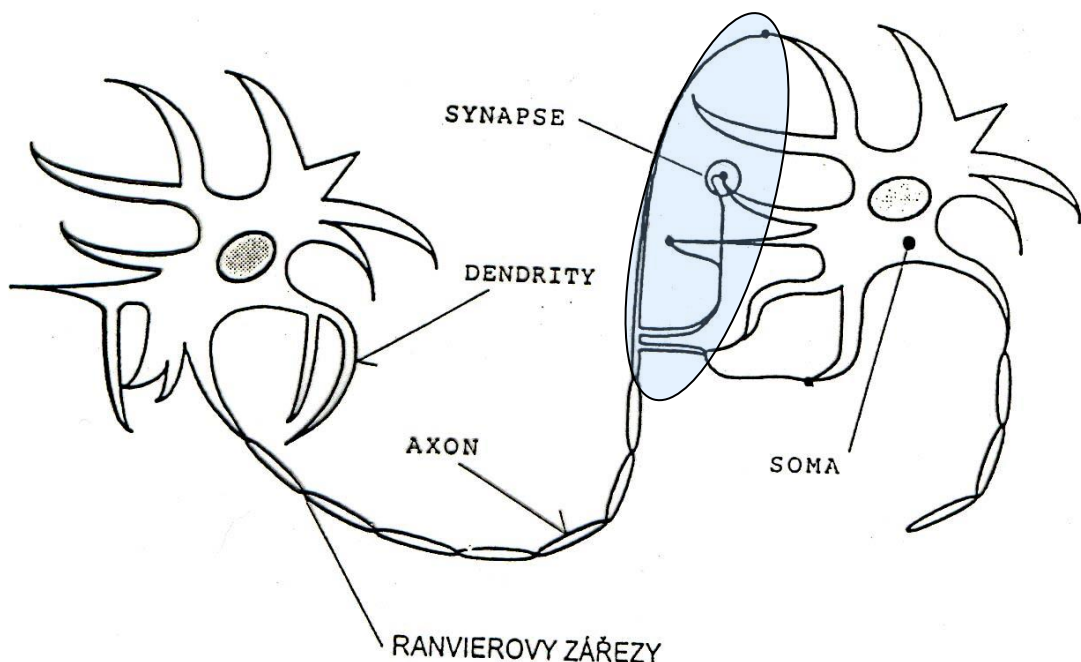
**Soma - tělo neuronu - s buněčným jádrem**

**Dendrity - výběžky vedoucí vzruchy směrem k buňce -  $10^4$  vstupů**

**Axon - 1 výstup z neuronu (několik mikrometrů až 60 cm)**

**Ranvierovy zářezy → ”opakovače na vedeních”**

**Synapse - zprostředkují informační styk mezi navzájem spolupracujícími neurony**



## Vlastnosti dané od počátku vzniku neuronů:

- diferenciace buněk
- obecnost vzniku a přenosu nervových signálů
- organizace sítě do vrstev a sloupců
- existence dílčích architektur

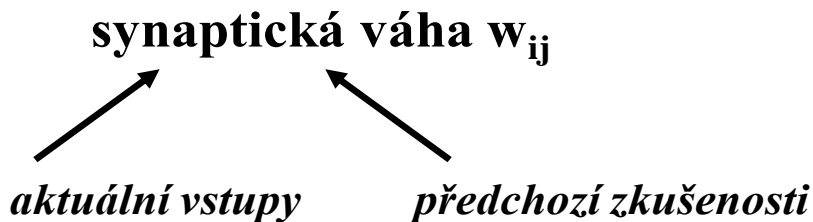
## Vlastnosti spjaté s plasticitou synapsí:

- učení
- paměť

## Analogie mezi biologickými neurony a jejich matematickými modely:

dendrit	↔	vstupní vedení
axon	↔	výstupní vedení
synapse	↔	paměťové elementy

*učí se pomocí informací z okolí*



# Možné přístupy k realizaci UNS

- simulační - nejčastější způsob realizace, význam stále roste
- využití neurokoprocesorů - strmý růst do r.1990, nyní pokles

*příčina poklesu je zvýšení výkonu PC a pracovních stanic*

- realizace a využití neuropočítačů - nárůst (pomalý)
- optické a optoelektronické neuronové sítě - mírný růst do r.1990, pak pokles
- uplatnění molekulárně-elektronických technologií - ze začátku stagnace, nyní mírný růst

*volnější rozvoj těchto technologií*

## Výhoda neuročipů oproti neuropočítačům

možnost přizpůsobení specifickým potřebám jednotlivých aplikací



# Oblasti aplikací biologických a umělých neuronových sítí

- energetika, medicína, telekomunikace,
- průmysl, finančnictví a bankovníctví, obchod
- meteorologie, obrana a bezpečnost, doprava
- geologie, astronautika

## Úlohy řešené pomocí UNS

- predikce časových řad, klasifikace
- analýza a klasifikace složitých signálů – *neperiodických, kvaziperiodických i vícerozměrných*
- rozpoznání a syntéza řeči – *identifikace řečníka*
- rozpoznání obrazů a scén - *rozpoznání písma a značek*
- komprese, expanze, kódování signálů
- adaptivní filtrace signálu ze šumu
- adaptivní řízení složitých systémů a systémů - *v nepřístupných nebo nebezpečných oblastech*
- systémy pro podporu rozhodování, expertní systémy
- optimalizace
- aplikace v robotice
- aplikace v lékařských vědách

# Současné světové trendy

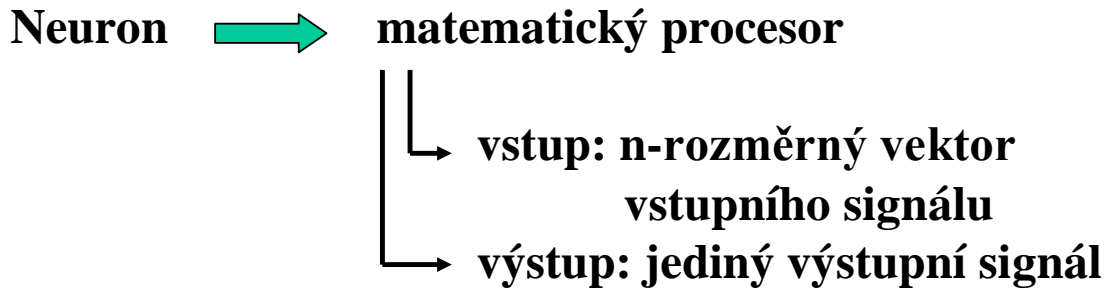
- **Návrat k jednodušším architektuám**
- **Nejčastější typ – UNS s učením BPG a SOM**
- **Při technických aplikacích nejčastěji používán NN – Toolbox Matlab**
- **Důraz kladen na zpracování vstupních dat**
- **Zlepšování algoritmů učení, rychlejší modifikace, snižování náročnosti na kapacitu paměti**
- **Rozvoj oblastí zabývajících se neuronovými sítěmi a jejich aplikacemi se neomezuje pouze na vyspělé země (USA, VB, Japonsko), ale jsou používány např. na ostrově Mauricius, v Jižní Africe, Bolívii, Mexiku, Korei, ...**
- **International Joint Conference on Neural Network**



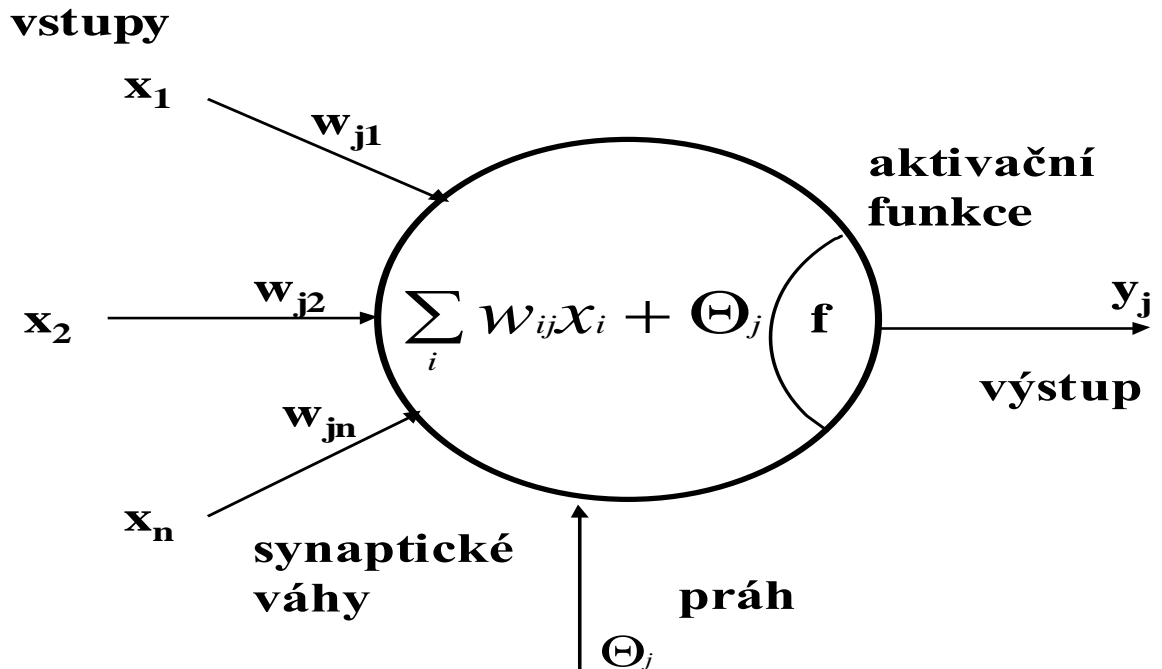
*Široké spektrum problémů týkajících se teorie a především aplikací neuronových sítí (největší konference v této oblasti na světě)*

- **Další konference: ICANN, ICANNGA a další**

# FORMÁLNÍ NEURON



## Matematický model McCulloch-Pittsova neuronu



$$Y_j = f \left( \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i + \Theta_j \right)$$

## Dělení neuronů podle povahy vstupních dat:

- binární → s nespojitými přenosovými funkcemi (modely 1. generace)
- spojité → se spojitými přenosovými funkcemi (modely 2. generace)



Vektor synaptických vah – **synaptic weights**



Vyjadřuje uložení zkušeností do neuronu.

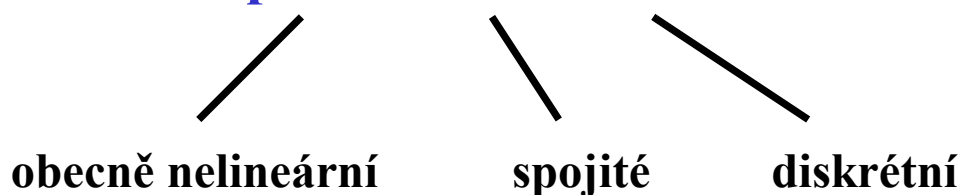
Je schopen se adaptovat na nově získané zkušenosti během učení.

Kombinace vstupního vektoru  $x(t)$  a vektoru synaptických vah  $w(t)$  se přiřazuje jednotlivým složkám vektoru  $x(t)$  jako určitá váha odpovídající uložení zkušeností.

## Rozdělení matematických modelů neuronových sítí

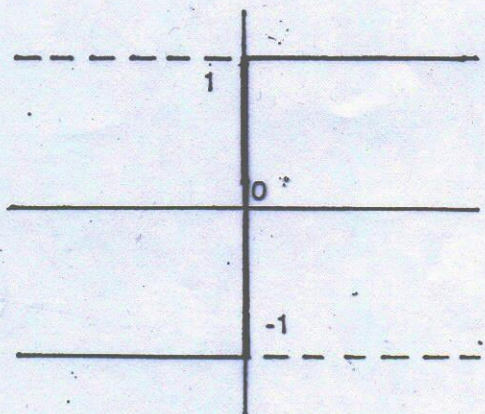
model	příklad UNS
lineární	jednovrstvé UNS
nelineární	vícevrstvé UNS
statické	vícevrstvé UNS s BPG algoritmem
dynamické	rekurentní vícevrstvé UNS s BPG
deterministické	vícevrstvé UNS s BPG algoritmem
stochastické	Boltzmannovy stroje

### **Aktivační funkce (activation function) přenosové funkce**

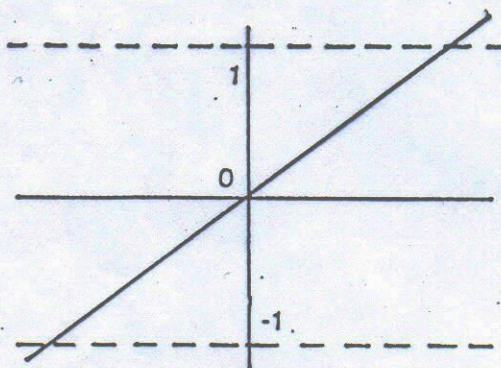


- skoková funkce (hardlimit)
- lineární funkce
- sigmoida
- hyperbolická tangenta

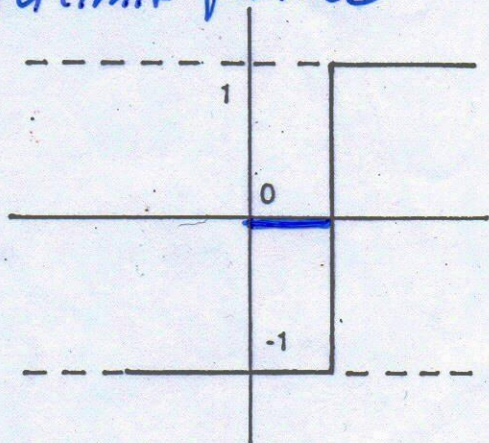
# spojitá i diskrétní



hard limit funkce

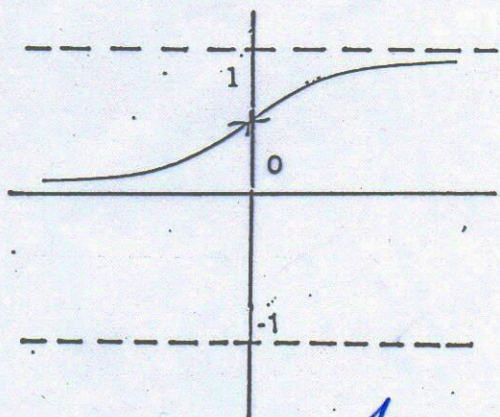


$$\mathbb{H} = \emptyset$$

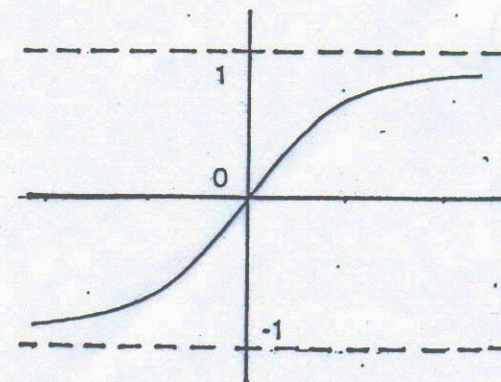


lineární funkce

$$\mathbb{H} \neq \emptyset$$

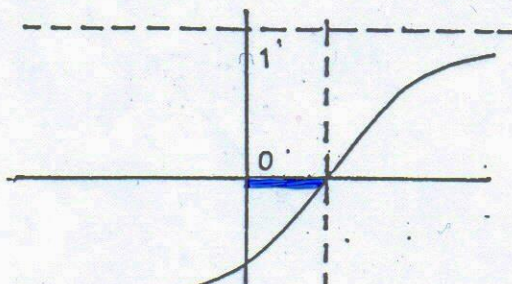
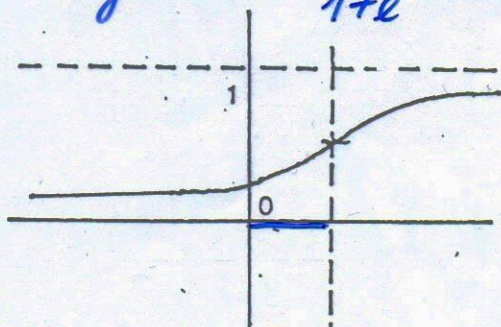


sigmoida  $\frac{1}{1+e^{-x(t)}}$



$$\mathbb{H} = \emptyset$$

lgk



$$\mathbb{H} \neq \emptyset$$