

Úvod do neurovied

Vyučujúci: Norbert Kopčo (kopco@tuke.sk)

Vysokoškolská 4, č. dv. 151

Zastupuje: Beata Tomoriová (beata.tomoriova@tuke.sk)

Vysokoškolská 4, č. dv. 147

Email k výuke: kogneuro@gmail.com

Dnes

Štruktúra predmetu a požiadavky

Čo sú neurovedy

Metódy štúdia v neurovedách

Čo je výpočtová neuroveda

a neurálne modelovanie

Príklady neurálnych modelov

na rôznych úrovniach

Ciele predmetu a kontext

Základné znalosti z kognitívnej neurovedy:

- fyziologický a anatomický popis nervovej sústavy
- popis kognitívnych funkcií a ich neurálnej bázy

Výpočtové aspekty štúdia NS:

- metódy analýzy dát
- matematický popis/modelovanie (dôležité rovnice, numerické simulácie a modely)

Ciele:

- získať prehľad o výpočtových metódach používaných v neurovedách
- naučiť sa základné matematické techniky, dôležité aj v iných vedeckých a technických disciplínach
- rozvinúť cit pre rôzne metódy používané pri štúdiu mozgu a mysle

Kontext:

- Výpočtová a kognitívna neuroveda, Biokybernetika

Štruktúra predmetu

Časti:

Prehľad anatómie a fyziológie CNS (od membrány po mozog)

Komunikácia medzi neurónmi

Učenie a synaptická plasticita

Vnemové systémy (sluch, zrak)

Kognitívne procesy (jazyk, pozornosť, emócie, motivácia)

Organizácia predmetu

Web: <http://pcl.tuke.sk/kopco/kui342>

Primárne prednášky (prezenčka)

**Niektoré prednášky matematické, niektoré prehľadové
(anatómia, fyziológia, popis kogn.funkcií)**

**V rámci cvičení vypracovať samostatné zadania, projekt
(odovzdať v stanovený čas) + účasť na exp.**

Cvičenia podľa potreby a dohody

Komunikácia cez e-mail/hypernews

Príprava na prednášky:

- texty (články, kapitoly) väčšinou v angličtine
- doplnkový text v češtine a slovenčine
- podľa možností prečítať pred prednáškou
- niektoré materiály sú chránené, prístupové heslo zverejnené na prednáške

Hodnotenie

Podiel jednotlivých úloh na výslednej známke:

- aktívna účasť na prednáškach 7%
- zadania 8% (4 zadania po 2%)
- projekt 15%
- semestrálna písomka 35%
- zápočtová písomka 35%
- prémie: 5 až 10% účasť na experimentoch

Počet bodov získaný za zadania a projekty sa znižuje o 20% s každým načatým týždňom omeškania.

Etika: za kopírovanie strata až 20% z celkovej známky (aj pre toho, kto zdroj poskytol)

Rozvrh cvičení (predbežný)

- Týždeň 1: Úvod do Matlabu**
- Týždeň 2: zadanie 1 – (na jeho vypracovanie máte 2 týždne)**
- Týždeň 3: diskusia k projektom – popis elektronických zdrojov**
- Týždeň 4: zadanie 2, odovzdať zadanie 1**
- Týždeň 5: odovzdať návrh projektu**
- Týždeň 6: zadanie 3, odovzdať zadanie 2**
- Týždeň 7: semestrálna písomka**
- Týždeň 8: zadanie 4, odovzdať zadanie 3**
- Týždeň 9: práca na projekte**
- Týždeň 10: odovzdať zadanie 4**
- Týždeň 11: odovzdať projekt**
- Týždeň 12: zápočtová písomka**

Literatúra

niektoré texty sú k dispozícii elektronicky – snažte sa prečítať pred prednáškou

Primárny zdroj informácií sú PDF súbory prednášok.

Doplnkové zdroje:

- Gazzaniga M. (ed.): *The New Cognitive Neurosciences*. 2nd ed. MIT Press, 1999 (dostupná elektronicky tu - na požiadanie sprístupníť. Resp. za \$15 môžete získať prístup na 5 dní a stiahnuť si ktorúkoľvek z vyše 400 kníh dostupných na CogNete. Výtlačok knihy je aj u mňa.)
- Purves et al.: *Neuroscience*. 2nd ed., Sinauer Associates, 1991 (dostupná vo fulltexte elektronicky. V knihe sa nedá orientovať cez obsah, je ale možné obsah si pozrieť a potom hľadať názov kapitoly.)
- Dayan P and LF Abbott: *Theoretical Neuroscience - Computational and Mathematical Modeling of Neural Systems*. MIT Press, 2001 (ďalej označovaná skratkou TN, dostupná elektronicky)
- Stillings et al.: *Cognitive Science: An Introduction*, 2nd ed., MIT Press, 1995 (označovaná CSAI, dostupná elektronicky)
- Wilson RA a FC Keil: *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*. MIT Press, 1999 (MITECS dostupná elektronicky)
- Rybár J, Beňušková Ľ a Kvasnička V: *Kognitívne vedy*. Kalligram, 2002 (označovaná RKV, kópia u mňa)
- Posner, M: *Foundations of Cognitive Science*. MIT Press, 1989 (kópia u mňa)
- Kandel ER, Schwartz JH a TM Jessell: *Principles of Neural Science*. McGraw-Hill, 2000 (kópia u mňa)
- Novák M, Faber J a O Kufudaki: *Neuronové siete a informační systémy živých organizmů*. Grada, 1993 (označovaná NS, dostupná elektronicky)
- Marek Dobeš: *Neuropsychológia*.(dostupná elektronicky)
- Levine DS: *Introduction to neural and cognitive modeling*. Lawrence Erlbaum 1991 (kópia u mňa)
- Hertz J, Krogh A and Palmer RG: *Introduction to the theory of neural computation*. Addison-Wesley 1991 (HKP, kópia u mňa)

Zvyšok prednášky:

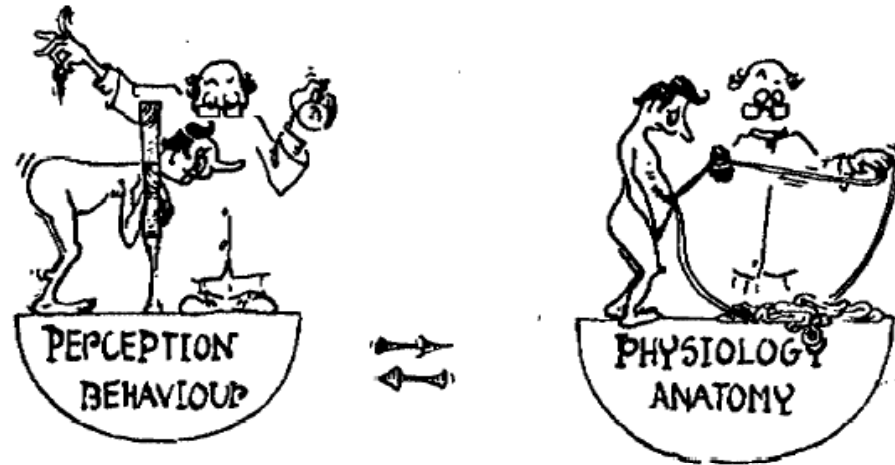
Čo je to kognitívna neuroveda

Čo je výpočtová neuroveda
a neurálne modelovanie

Čo je neuroveda

Vedecká disciplína, ktorej cieľom je:

- pochopiť ako funguje mozog a myseľ, t.j.,
- porozumieť mozgovým procesom podieľajúcim sa na vnímaní, poznávaní, učení sa, myslení...

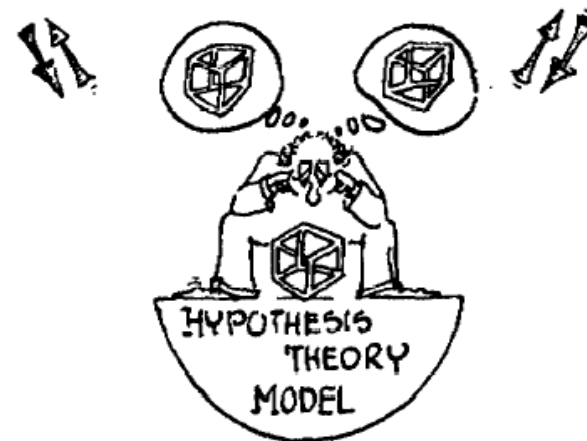


Prístupy (metódy):

- behaviorálny (psychológia, psychofyzika)
- anatomický/fyziologický (medicína)
- teoretický/výpočtový (matematika, počítačové modelovanie)

Náš prístup (vo výuke aj labáku):

- behaviorálne a výpočtové štúdie



(J.F. Schouten)

Čo sú neurovedy

Delenie neurovied:

- systémová: zmyslová (zrak, sluch), motorická
- kognitívna: jazyk, pamäť
- výpočtová
- ostatné (my sa nimi nebudeme zaoberať):
development, genetics, biochemistry, pharmacology,
and pathology

Súvisiace odbory a uplatnenie

Súvisiace odbory:

- neurálne modelovanie/neurónové siete, umelá inteligencia

Uplatnenie:

- v každej oblasti kde sa vyžaduje chápanie toho, ako človek vníma, poznáva, učí sa, koncentruje sa, rozhoduje sa, rieši problémy (human factors, ergonómika)
- medicína (prostetika, napr. kochleárne implantáty)
- nové technológie pre interakciu s človekom (virtuálne prostredia, teleoperátori, MP3)
- umelá inteligencia (návrh systémov, ktoré spracúvajú informácie podobne ako mozog)

Prehľad metód v neurovedách

Neuroanatomické techniky

Neurofyziologické metódy
(invazívne a neinvazívne)

Behaviorálne

Kvantitatívne

Kognitívne procesy,
kognitívna psychológia,
kognitívna veda
a **kognitívna neuroveda**

Definície

Kognícia

- proces (roz)poznávania, myslenia, spracovania informácií

Kognitívny

- súvisiaci so spôsobom prijímania, spracovania, ukladania a používania informácií – t.j., s našimi rozumovými činnosťami

Psychológia

- veda duši/mysli

Kognitívna psychológia

- študuje kognitívne procesy v ľudskom mozgu:
zmysly, vnímanie, pamäť, myslenie, pozornosť a vedomie

Kognitívna veda

- širší pojem, zahŕňajúci antropologické, neurovedné, filozofické, evolučné, lingvistické ale aj technické aspekty štúdia kognície v živých a umelých systémoch

Kognitívna neuroveda

- kognitívne procesy v ľudskom mozgu s dôrazom na neurálnu bázu

Témy štúdia

Zmysly

Vnímanie a rozpoznávanie

Pamäť

Učenie

Myslenie, rozhodovanie sa

Vedomie

Emócie a motivácia

Zmysly

Vstupná brána mysle (všetky nevrodené informácie prijímame zmyslami)

Transformujú fyzikálne a chemické podnety na neurálny kód (sériu impulzov)

Ich citlivosť je prispôsobená evolučným/behaviorálnym potrebám

Študuje ich psychofyzika

Základné pravidlo Weber-Fechnerov zákon:

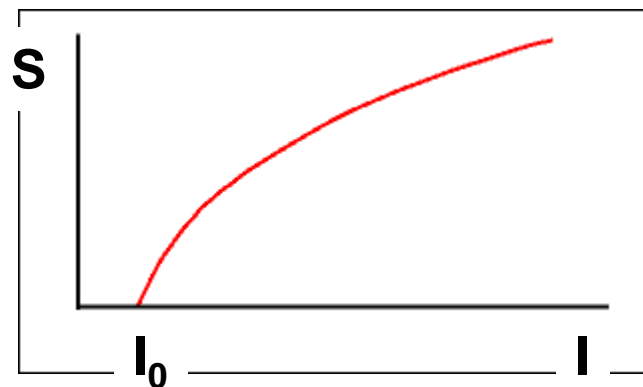
- má niekoľko ekvivalentných foriem:

1. $\Delta S = k \Delta I / I$

2. $S = k \log (I/I_0)$

3. $\Delta I/I = k$

kde I je fyzikálna intenzita podnetu, S je sila vnemu, a ΔI je JND (just noticeable difference)



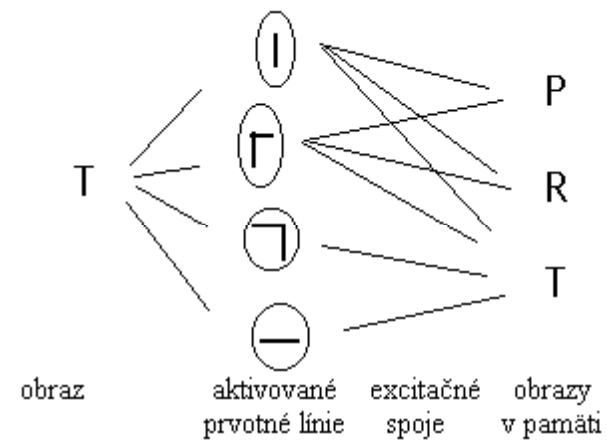
Hlavný problém: zmysly „bombardujú“ myseľ, ale čo je dôležité?
Zmysel sa nazýva aj modalitou.

Vnímanie a rozpoznávanie

Priradzovanie významu a interpretovanie zmyslových vnemov

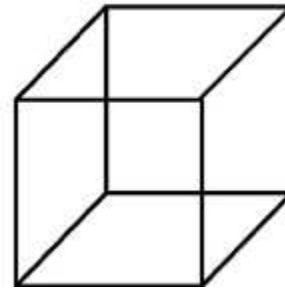


Hierarchická štruktúra rozpoznávania (bottom-up a top down)



Perceptuálna organizácia

Rozpoznanie objektov a ich
oddelenie od pozadia
(nejednoznačnosť
a multistabilita)



Vytváranie perceptuálnych
objektov/prúdov
Gestalt princípy
(Wertheimer): blízkosť,
uzavretosť, dobrá
kontinuita, spoločný osud



(súbor blízkost-cas.wav)

Krosmodálna integrácia:
príklad ako zrak
ovplyvňuje sluchové
vnímanie reči

(video McGurkov efekt súbor
McGurkcompressB1.mov)

Pamäť a učenie

Pamäť

- explicitná a implicitná
- krátkodobá a dlhodobá

Učenie

- Habitácia a senzácia
- Podmieňovanie
 - Klasické (Pavlov)
 - Operačné (Skinner)
- Imitačné

Myslenie

Integrálna časť kognície (súvis s pamäťou, vnímaním)
Tu dôraz na zložitejšie procesy (riešenie problémov),
numerické operácie

Etapy vývinu

- Od narodenia do 2 rokov senzomotorické štádium.
- Do približne 6 rokov predoperačné štádium.
- Do 10 rokov štádium konkrétnych operácií.
- Od 10-11 rokov štádium formálnych operácií.

Myšlienkové operácie

- Kategorizácia
- Analýza a syntéza
- Porovnávanie nových objektov s mentálnymi vzormi.
- Abstrahovanie
- Tvorba asociácií
- Princípy, ktoré sme spomínali v súvislosti s vnímaním

Reč a myslenie

Vedomie

Rôzne definície

Niektoré vedecké definície:

Vedomie ako schopnosť organizmu reagovať na podnety.

Vedomie ako schopnosť kognitívneho systému spracovávať zložitejšie podnety.

Vedomie ako pociťovanie stavov. Fenomenálne vedomie.

Vedomie ako identita, vedomie seba.

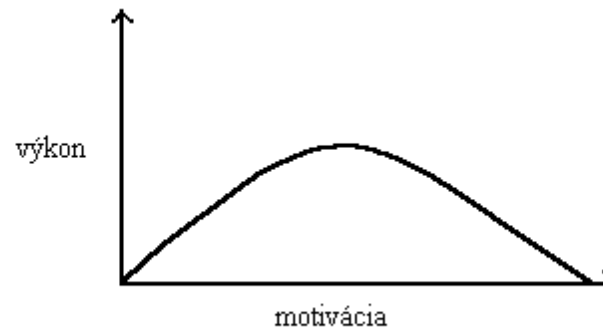
Emócie a motivácia

Emócie

- ovplyvňujú kognitívne procesy (schopnosť učiť sa, schopnosť reagovať atď.)
- poháňajú nás k činnostiam

Motivácia

- čím nám viac niečo chýba, tým viac sa snažíme to dosiahnuť
- vzťah motivácie a výkonu je nelineárny (Yerkes-Dodds)



Výpočtová neuroveda a neurálne modelovanie

Čo je výpočtová neuroveda

1. použitie počítača v neurovedách

- neurofyziologické a psychologické experimenty generujú obrovské množstvo dát
- počítač nutný na ich analýzu
- počítač používaný pri modelovaní/simuláciách motivovaných dátami

2. mozog ako počítač/výpočtový systém

- mozog aj počítač používajú interné reprezentácie
- aj guľička v nádobe, ktorá vypočíta kde je „minimum“, je v tomto zmysle počítač
- oba majú schopnosť dynamicky meniť svoj stav
výpočet = reprezentácia + dynamika

Dve základné otázky výpočtovej neurovedy:

- čo je neurálny kód: ako sú výpočtové premenné zakódované v neurálnej aktivite?
- ako vlastnosti jednotlivých neurónov určujú mozgovú dynamiku?

Modelovanie – výpočtová neuroveda

Účelom modelu v neurovedách je popísať určitý mozgový proces alebo kognitívnu funkciu

Z pohľadu cieľa modelovania môžeme modely rozdeliť (Daylan a Abbott) na:

1. Deskriptívne

- kompaktné a presne popisujú veľké množstvo experimentálnych dát
- Ich cieľom je popísať určité fenomény, nie vysvetliť ich

2. Mechanistické

- vysvetľujú fenomény na základe známej anatómie, fyziológie

3. Interpretatívne

- používajú výpočtové a informačno-teoretické metódy na hodnotenie behaviorálneho významu rôznych aspektov fungovania nervovej sústavy
- snažia sa vysvetliť, prečo určitý nervový proces funguje tak ako funguje (príklad: sluchová selektivita)

Modelovanie – výpočtová neuroveda

Formy modelov:

- verbálny, bloková schéma, jednoduchý kvantitatívny, detailný kvantitatívny

Stratégie pri štúdiu mozgu:

bottom-up (zdola hore):

- na pochopenie vyšších funkcií je nevyhnutné plné poznanie fungovania mozgu na nižších úrovniach
- zvyčajný prístup neurobiológa

top-down (zhora dole):

- štruktúra nervového systému nie je dôležitá pre poznanie perceptuálnych a kognitívnych procesov
- stačí, keď popis spĺňa psychologické a výpočtové ohraničenia
- zvyčajný prístup informatika

Kontrolná otázka: Aké sú problémy oboch stratégií?

Modelovanie – výpočtová neuroveda

Úrovne výpočtových teórií podľa Davida Marra (pohľad informatika):

1. Výpočtová úroveň:

- abstraktná analýza problému, ktorej výsledkom je stanovenie nevyhnutných výpočtových úkonov, ktoré musí mozog (alebo iný systém) vykonávať pri jeho riešení

2. Algoritmická úroveň:

- špecifikácia formálnej procedúry, na základe ktorej sa dá pre daný vstup predikovať správny výstup

3. Implementačná úroveň:

- analýza fyzickej implementácie výpočtov

Modelovanie – výpočtová neuroveda

Doktrína nezávislosti: Marr veril, že vyššie úrovne sú viacmenej nezávislé na nižších úrovniach (výpočtová nezávislá na algoritmickej a algoritmická na implementačnej). T.j., Marr obhajuje TOP-DOWN prístup.

Dve základné otázky súvisiace s doktrínou nezávislosti:

1. Je možné implementovať algoritmus, o ktorom už vieme, že je implementovaný v určitom stroji (špecificky, v mozgu), aj v inom stroji s odlišnou architektúrou?

Odpoveď výpočtového neurovedca: áno

2. Je možné analyzovať algoritmus určitej mozgovej funkcie bez toho, aby sme brali do úvahy aj znalosti o tom, ako je daný algoritmus v mozgu implementovaný?

Odpoveď výpočtového neurovedca: asi nie

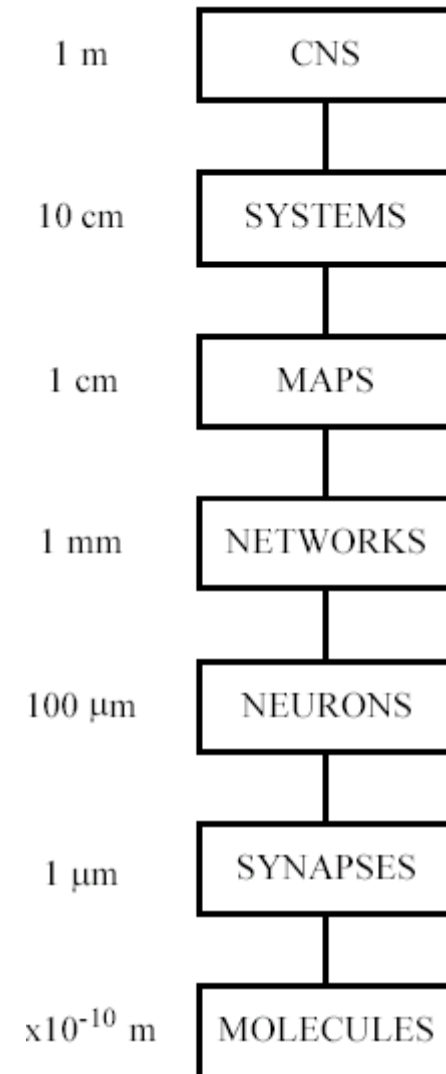
Organizácia a modelovanie na rôznych úrovniach

Úrovne organizácie nervovej sústavy (z hľadiska veľkosti)

Podobne je možné definovať aj temporálne úrovne: od 10 us (otvorenie iónového kanálu) až po dni/týždne (zmeny v pamäti, napr. dlhodobá potenciácia synapsie)

Príklady modelov (podľa úrovne organizácie):

- Hodgkin-Huxley – membránový potenciál
- kompartmentálny model neurónu
- modely nervových obvodov bezstavovcov
- Jeffersov model štruktúry MSO
- konekcionistické modely jazyka (napr. McClelland & Rumelhart, 1982)



Zhrnutie

Kognitívna neuroveda

- popisuje kognitívne procesy v ľudskom mozgu s dôrazom na ich neurálnu bázu

Výpočtová neuroveda

- zahŕňa matematické metódy analýzy neuroanatomických, neurofyziologických a behaviorálnych dát
- vytvára teórie, ktoré zjednocujú poznatky z ostatných pododborov neurovedy

Ciele tohoto predmetu

- získať prehľad o súčasných poznatkoch v kognitívnej neurovede
- získať matematické a počítačové poznatky/zručnosti potrebné pre úspešný výskum v neurovedách
- rozvinúť schopnosť kriticky hodnotiť výsledky výskumu v neurovedách

Nasledujúca prednáška

Prehľad anatómie a funkcií CNS

Úvod do matematických metód modelovania
neurofyziologických dát