

# BCI systémy a VR - první kroky ke klinické praxi

*využití signálů vzniklých změnou elektrického potenciálu  
způsobených cílenou mozkovou aktivitou v neurorehabilitaci*

prof. Mgr. Roman JAŠEK, Ph.D. / MUDr. Irina CHMELOVÁ, Ph.D., MBA / doc. MUDr. Michal FILIP, Ph.D./  
Mgr. Jana Trdá Ph.D/ Doc. ing. Petr Čermák Ph.D

Ústav informatiky a umělé inteligence UTB / Klinika léčebné rehabilitace FNO / Ústav rehabilitace LF  
OU, Reh. Sanatoria Darkov/VR Life, Ústav fyziky, Slezská univerzita

*Rehabilitation with Brain - Computer Interface Systems*

# Projekt spolupráce odborných fakult a klinických pracovišť

**Vize projektu:** návrh a realizace aplikace BCI systému, který vědomou aktivizací mozkových center podpoří proces rehabilitace pacientů při poúrazových stavech, po CMP, u neurodegenerativních onemocněních apod s eventuelní podporou VR a robotiky.

**Mise projektu:** posláním je synergické - multioborové propojení teoretických znalostí odborníků z více oblastí informatiky, medicíny a systémového inženýrství

# BCI - Brain Computer Interface

- Představuje problematiku systémové integrace možností řízení “inteligentních” systémů na základě aktivizace mozkových center.
- BCI také umožňuje **podpořit výzkum** v oblasti objektivizace léčebných metod s potenciálem v oblasti *možného generování další informace* o fyzickém a emočním stavu.
- Umožňuje osobám (např. i handicapovaným) po úspěšném vstupu do systému ovládat reálné i virtuální okolí pomocí **rozpoznatelných aktivit mozkových center** (s možností dalšího sofistikovaného využití **vybraných algoritmů umělé inteligence**).
- Pro neurorehabilitaci je *významný i výzkum fyzicky neprovedené aktivity, která vzniká v “představě” zkoumané osoby.*



# Exoskeleton paraparesa Moskva 2019

## Euroasijský kongres ortopedie a traumatologie



# Aplikační nasazení – BCI- SMART technologie



Multioborové propojení - zpracování signálů EEG (čepice) do výstupu aktivní robotické paže - ruky

# Možnosti BCI pro “locked-in patients”

Could this headset transform the lives of 'locked-in' patients? Scientists are dismissive of the hype surrounding the Epoc device, yet advocates claim it can enable completely paralysed people to communicate with their loved ones.

Mohla by zařízení BCI změnit život 'locked-in' patients? Zastánci tvrdí, že může umožnit zcela paralyzovaným lidem komunikovat se svými blízkými.

<https://www.theguardian.com/technology/2014/jul/11/kickstarter-headset-locked-in-syndrome-communication>

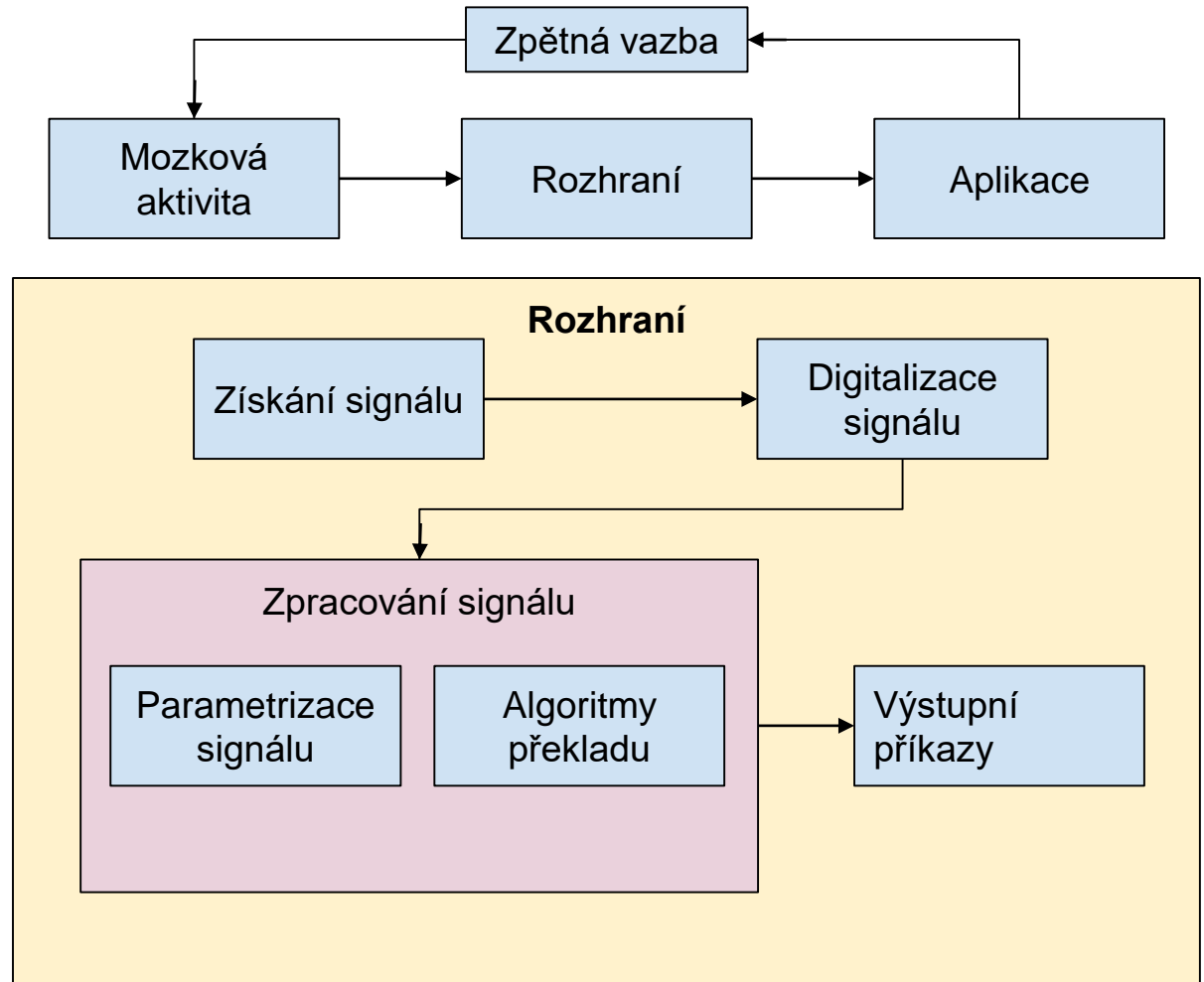


# Schéma pro řízení systémů

## Brain Computer Interface

Navrženo a ověřeno  
v r. 2014/15

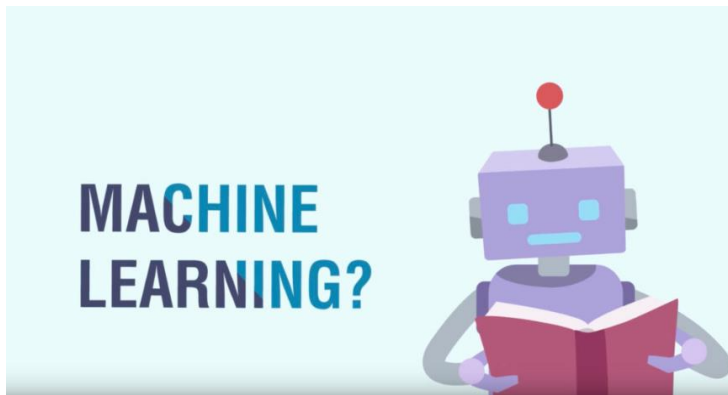
Vlastní unikátní  
systém vyvinut na FAI  
UTB v r. 2016/17



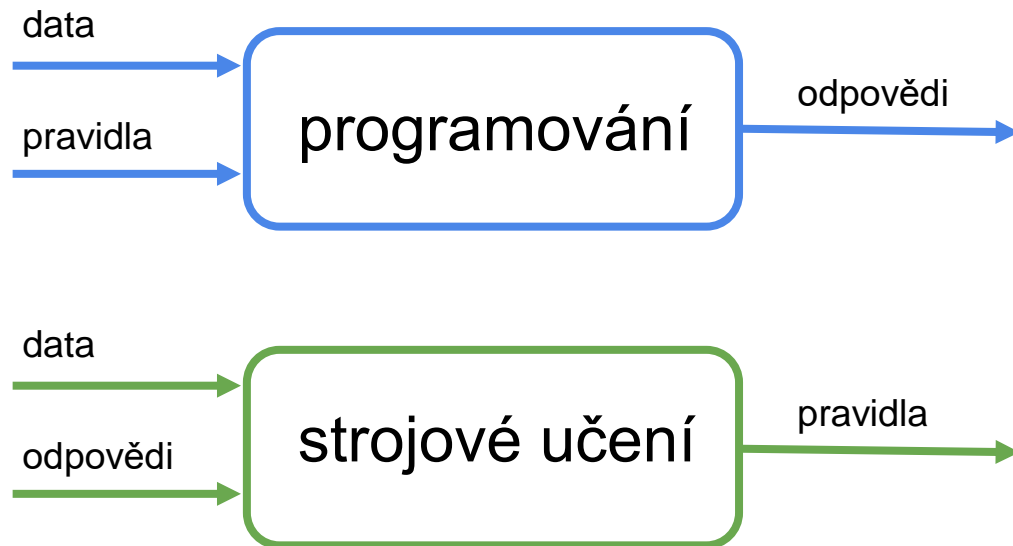


# Strojové učení (machine learning)

Strojové učení je oblast umělé inteligence, která využívá kombinaci statistiky, pravděpodobnosti a optimalizačních technik a která umožňuje počítačům učit se z dat a identifikovat obtížně odhalitelné vzory ve velkých a nestructurovaných datech.

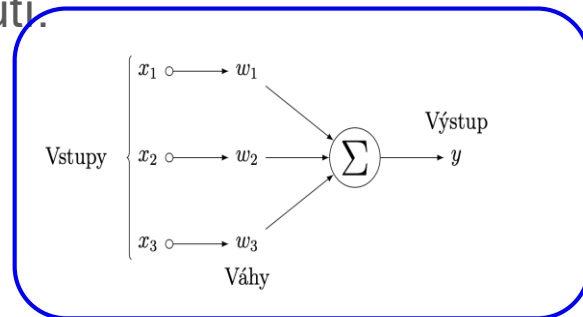
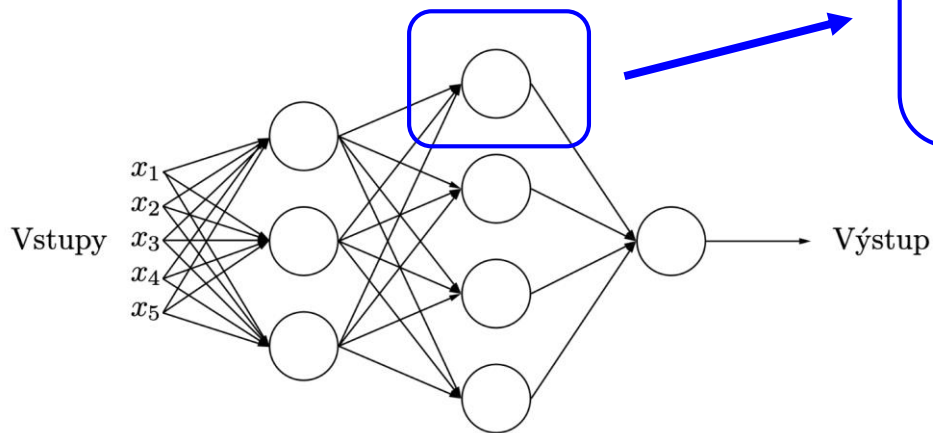


# Rozdíl mezi strojovým učením a programováním

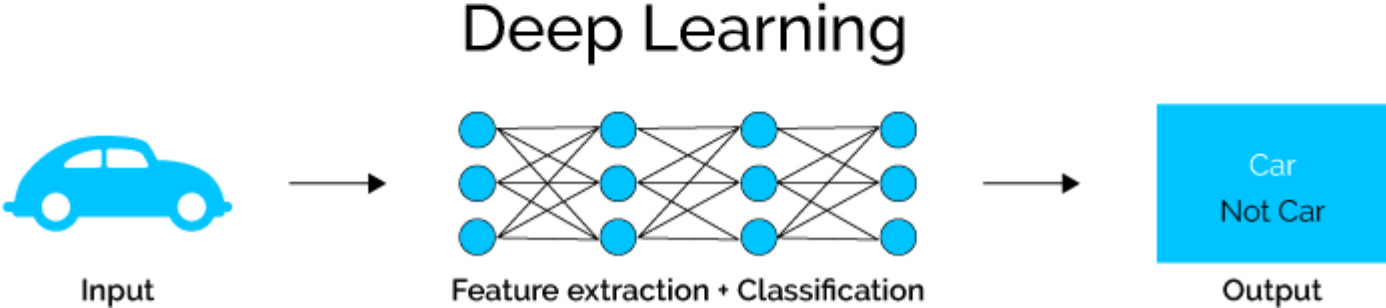
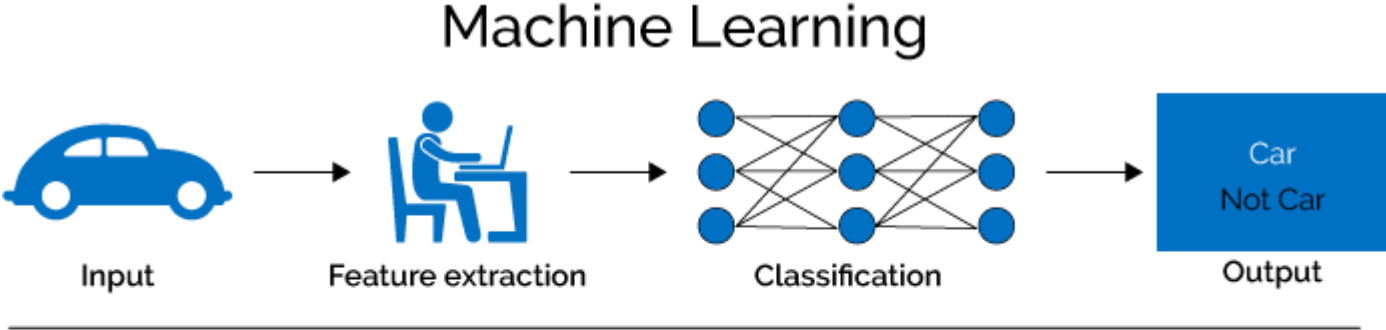


# Hluboké učení (deep learning)

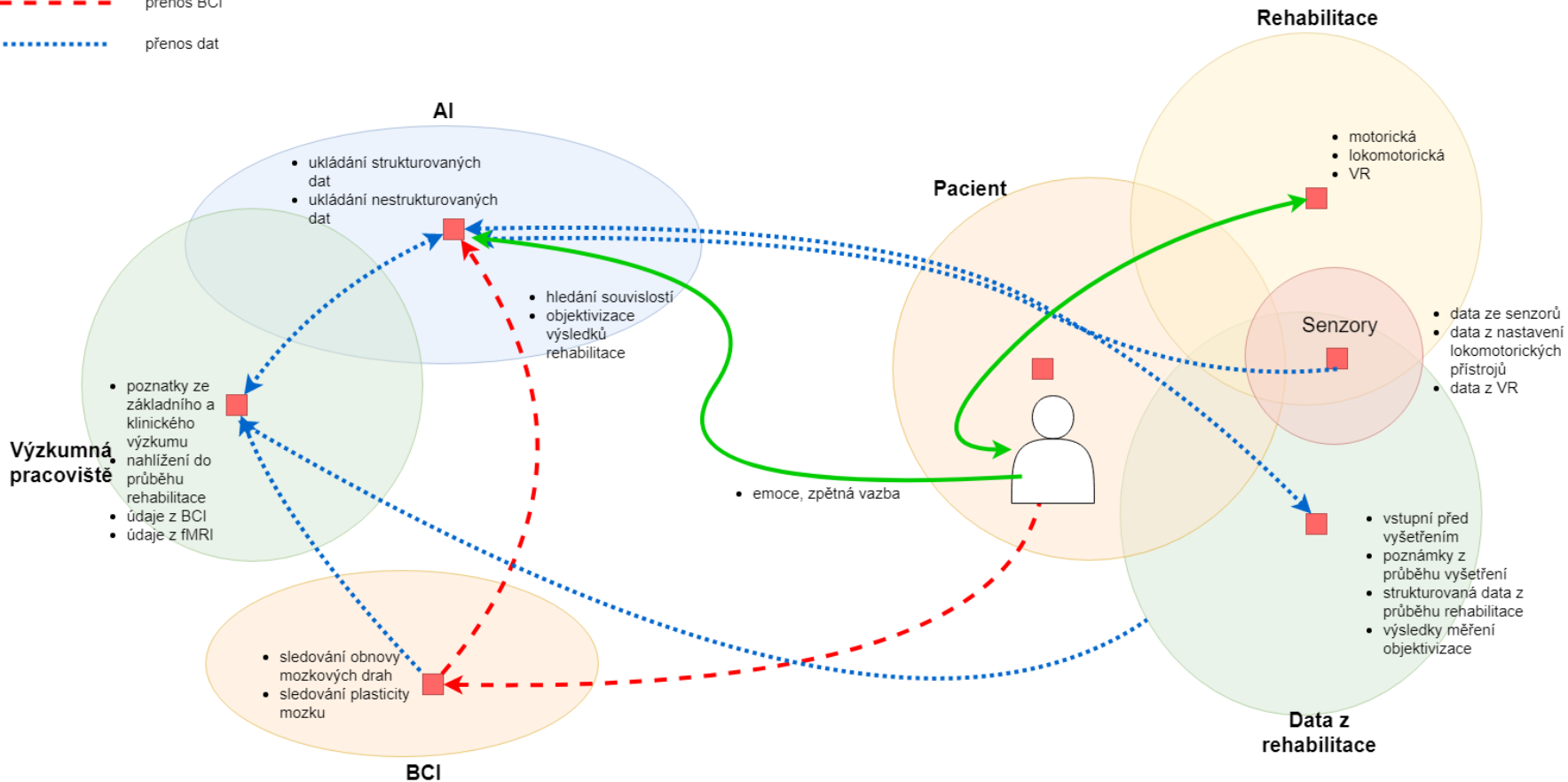
Algoritmy strukturované do vrstev, do **neuronových sítí** které se dokáží učit “samy” a následně dělat inteligentní rozhodnutí.



# Strojové učení x hluboké učení



# Rámec pro objektivizaci rehabilitačních metod



“Brainwear” - EEG snímače s elegantním, lehkým a uživatelsky přívětivým designem pro výzkum i praxi.



14-kanálový mobilní EEG s vysokým rozlišením používaný pro kontextualizované výsledky vědeckého výzkumu.

# Popis získání signálu pro potřeby BCI

Aktivita EEG signálu je obvykle snímána ve čtyřech základních kanálech: **Alpha (8 -13 Hz)**, **Beta (14 - 30 Hz)**, Theta (4 - 7,5 Hz), Delta (0,5 - 4 Hz)

Signál získaný elektrodami je před začátkem zpracování **zesílen a filtrován** pomocí číslicových filtrů. Výsledky jsou zaznamenávány do grafů. Aktivity mozku se liší **frekvencí a amplitudou** signálu.

**Použitý filtr musí být z výpočetního hlediska rychlý a přesný, Cílem je zpracování signálů výpočetními metodami v reálném čase a přiřazení těmto signálům odpovídající význam.**

# Zaznamenateľné signály a jejich artefakty

Artefakty vyvolané **pohybem očí** – oko generuje při svém pohybu elektrický dipól, což má za následek značně vysoké amplitudy v měřeném signálu.

Artefakty **srdeční aktivity** – na záznamu se projevuje i signál s kmitočtem srdečních stahů. Dotyčná amplituda signálu však je velice nízká, tvar signálu připomíná hrot, který je jedním z faktorů naznačujících často např. epilepsii.

Artefakty vyvolané **svalovou aktivitou** – příčinou je elektrické pole generované při kontrakci svalů. Nejběžnější vyskytující se jev v EEG záznamech.



# Představa prvních kroků výzkumu v projektu



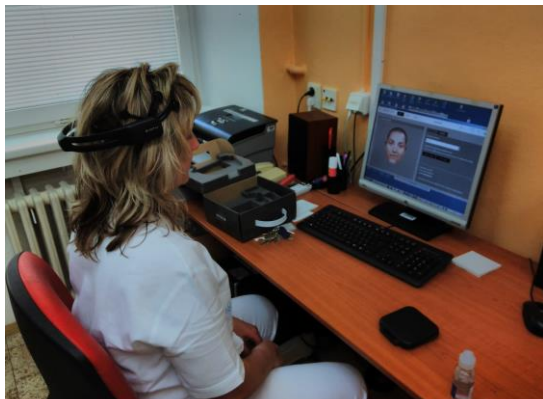
Pacient po iktu rehabilituje roboticky (systém MIRO, nestabilní plocha atd.)  
(klinika rehabilitace FNO, UR LFOU)

Snímání měření a vyhodnocování EEG změn v čase pomocí technologií a software UTB FAI

Tým tvořen:  
lékaři, fyzioterapeuti, IT technici, studenti LF a FAI,

# První testy našeho týmu s BCI pomocí Brainwear a shareware”

## Sledování emočních projevů



## Sledování změn při pohybu




EMOTIV EPOC Insight kitta Training Profile A 382.212

> MENTAL COMMANDS

Power

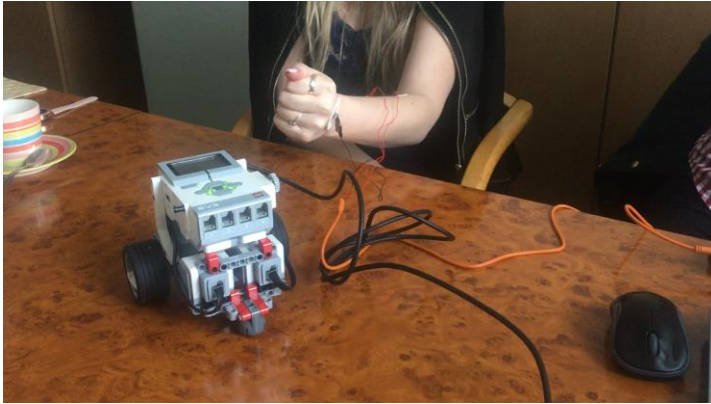
Score: Time Remain



Action	Training	Advanced	Settings
Action Control: You are now ready to control the model with your mind! Each action skill reflects how well you can do the action. More training could improve...			
Current Action:	Neutral		
Detection Status:	Active		
Difficulty Level:	Easy		
Overall Skill Rating:			
Trained?	Action	Skill Rating	
✓	Push	0%	

Add Remove Edit

# BCI + EMG - hybridní systémy – myšlenka – čin kvalitnější modelace poškození hybnosti



# Cíle výzkumu ke klinické praxi

- Sledování dynamiky kortikální aktivity během rehabilitace na Armeo Spring pomocí neuroheadsetu Emotiv EPOC+
- Aplikace headsetu umožňuje pozorování EEG aktivity v pásmech alfa, beta, theta a delta v reálném čase
- Statistické vyhodnocení podílu jednotlivých pásem - detekce změn mozkové činnosti

# Metodika

- Subjekt provádí cvičení na exoskeletu Armeo Spring
- Experimentální využití - prozatím není schválen headset Emotiv Epoc k použití na pacientech
- Export prvotních EEG dat získaných cestou profesionální licence softwaru Emotiv Epoc+ ve formátu edf/csv do prostředí EEG



Objective Assessments

Augmented Performance Feedback

Hand Function Training

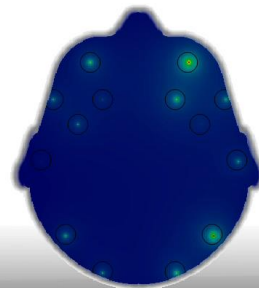
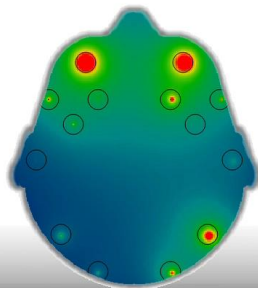
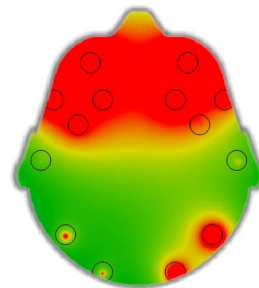
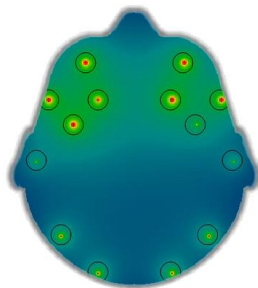
Arm Weight Support in an Extensive 3D Workspace

Ergonomic Exoskeleton

# Dynamické mapování pohybu - video

File Contact Quality Contours Tools Help

EMOTIV



epoc 3D brain activity map



3D VIEWER

CHART

ADVANCED

VIEW HEADSET

MARKER



EXIT

delta  
1-4 Hz



theta  
4-7 Hz



alpha  
7-13 Hz



beta  
13-30 Hz



Save Record

Load Record

active

- ALPHA
- BETA
- DELTA
- THETA
- 3DEPOC VIEW

mouse

- ORBIT: DRAG WITH LEFT MOUSE BUTTON
- ZOOM: ROLL MIDDLE MOUSE WHEEL

hot keys

- T — TOP
- L — LEFT
- R — RIGHT
- F — FRONT
- B — BACK
- P — PERSPECTIVE
- W — FOCUS



## Analýza dat

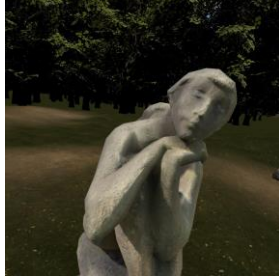
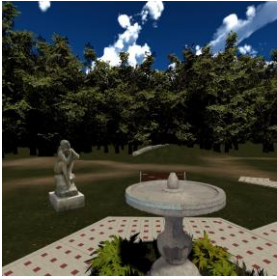
1. Extrakce charakteristických rysů - tzv. výkonové spektrum signálu (power spectral density, zkr. PSD).
2. Import dat - formátem by měla být matice
3. Rychlá Fourierova transformace (FFT), je základním nástrojem pro zpracování signálů, smyslem je převod signálu z časové domény na frekvenční doménu  **$Y = \text{fft}(\text{název importovaných dat})$**
4. Výkonové spektrum signálu: jaká část výkonu je nesena jakými frekvenčními složkami. [W/Hz]  **$PS = \text{abs}(Y).^2$**
5. Průměrná hodnota výkonového spektra: Z důvodu nutnosti vytvoření matice musí být z výkonového spektra vypočítána jeho průměrná hodnota.  **$M = \text{mean}(PS)$**

# Virtuální realita – neurorehabilitace – simulace přístrojů, výukové programy, operativa,

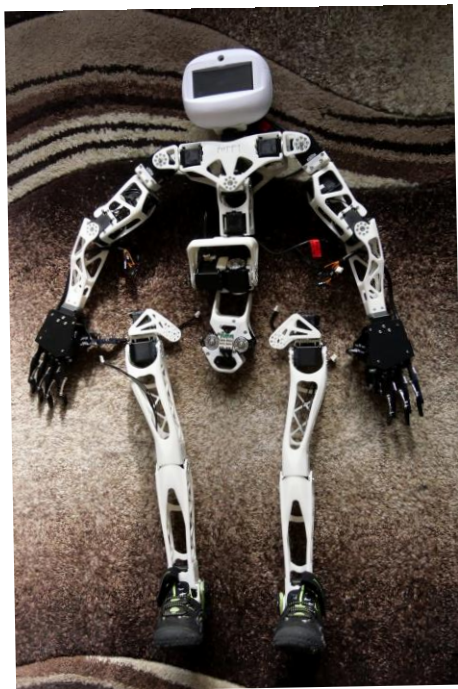


# VR simulace a rehabilitace(propojení pohybu a kognice)

- Simulace chůze u paraplegika



# Humoidní robot – repetice cvičení -tým Doc.ing.Čermáka Ph.D



# Konsorcium řešitelů od roku 2018

- **Ústav informatiky a umělé inteligence**, Fakulta aplikované informatiky, Univerzita Tomáše Bati, Zlín, garant prof. Mgr. Roman JAŠEK, Ph.D. - ředitel ústavu
- **VR Life s.r.o.** garant Mgr. Jana Trdá Ph.D- vedoucí týmu
- **Klinika léčebné rehabilitace**, Fakultní nemocnice, Ostrava, garant MUDr. Irina CHMELOVÁ, Ph.D. - přednostka kliniky
- **Ústav rehabilitace**, Lékařská fakulta, Ostravská univerzita, Ostrava, garant doc. MUDr. Michal FILIP, Ph.D. - vedoucí ústavu
- **Rehabilitační sanatoria a Lázně Darkov** garant doc. MUDr. Michal FILIP, Ph.D. – lékařský ředitel do 3/2021
- **Ústav fyziky, Slezská univerzita Opava** garant doc ing.Petr Čermák Ph.D – vedoucí ústavu

Kl.název: Trlobit ISSN: 1804-1795

Jazyky statí: český, slovenský, anglický

Periodicita: 2x za rok

El. umístění: <http://trilobit.fai.utb.cz>

Zaměření časopisu: Teorie, Regulace, Informatika, Logika,

Obvody, Bezpečnost, Inteligence, Technika.

## PERSPEKTIVY VYUŽITÍ TECHNOLOGIE BCI (BRAIN-COMPUTER INTERFACE) VE FYZIOTERAPII

PROSPECTS FOR THE USE OF TECHNOLOGY BCI (BRAIN-COMPUTER  
INTERFACE) IN PHYSIOTHERAPY

Zuzana Koudelková<sup>1,5</sup>, Martina Žabčíková<sup>1</sup>, Michal Filip<sup>3,4</sup>, Roman Jašek<sup>1</sup>, Martin Strmiska<sup>1</sup>,  
Bronislav Chramec<sup>1</sup>, Peter Janků<sup>1</sup>, Vít Štěpánek<sup>1</sup>, Pavel Vařacha<sup>1</sup>, Šárka Daňuková<sup>2</sup>, Irena  
Chmelová<sup>2</sup>, Marcela Dabrovská<sup>3</sup>, Petr Linzer<sup>4</sup>

*1 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně*

*2 Fakultní nemocnice Ostrava*

*3 Ostravská univerzita*

*4 Krajská nemocnice Tomáše Bati ve Zlíně*

*5 Odpovídající autor: koudelkova@utb.cz*

### ABSTRAKT

Brain-Computer Interface (BCI) je rozhraní, které propojuje mozek a počítač. V tomto článku jsou vysvětleny základní principy ovládání periferních systémů, jako jsou např. protéza, invalidní vozík, domácí pomůcky apod. Ovládání systémů probíhá pomocí snížení mozkové aktivity čtrnácti svodových EEG systémů přes technologické rozhraní BCI jednoduchého autorského typu vyvíjeného Ústavem informatiky a umělé inteligence Fakulty aplikované informatiky UTB ve Zlíně. Výsledky těchto návrhů ovládání periférií pak mohou být v blízké budoucnosti, díky znalostnímu synergickému efektu multioborové spolupráce, zaváděny v různých formách do klinické praxe (např. ve fyzioterapii).

**Klíčová slova:** Brain-Computer Interface, EEG, fyzioterapie

### ABSTRACT

Brain-Computer Interface (BCI) is an interface interconnecting the brain and computer. This article explains the basic principles of controlling peripheral systems such as prostheses, wheelchairs, home aids, etc. The systems are controlled by brain draining by fourteen leakage EEG systems via the BCI technology interface of a simple author type developed by the Institute of Computer Science and Artificial Intelligence of the Faculty Applied Informatics of TBU in Zlin. The results of these peripheral control suggestions can be introduced into clinical practice (e.g. in physiotherapy) in the near future, thanks to the knowledge-based synergistic effect of multidisciplinary collaboration.

**Keywords:** Brain-Computer Interface, EEG, physiotherapy

# Děkujeme Vám za pozornost

prof. Mgr. Roman JAŠEK, Ph.D.

[jasek@utb.cz](mailto:jasek@utb.cz)



doc. MUDr. Michal FILIP, Ph.D.

[filip@bnzlin.cz](mailto:filip@bnzlin.cz), [michal.filip@osu.cz](mailto:michal.filip@osu.cz)