

MULTIMEDIÁLNÍ PODPORA VE VÝUCE BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Vladana Djordjevic, Václav Gerla, Lenka Lhotská, Vladimír Krajča

Anotace

Tento příspěvek popisuje modul pro podporu výuky v oblasti biomedicínského inženýrství. Konkrétním tématem byla elektroencefalografie (EEG). Materiál umožní uživatelům seznámit se s elektroencefalografií, a také s měřením a zpracováním EEG signálu. Takový postup zpřístupní výukový materiál nejenom studentům prezenční, ale i kombinované formy studia. Materiál je v angličtině. Při tvorbě tohoto nástroje a jeho částí byl kladen důraz především na jeho jednoduchost, srozumitelnost a názornost.

Klíčová slova:

Elektroencefalografie, biomedicínské inženýrství, podpora výuky, multimédia

1. Úvod

Vývoj a vznik nových technologií uvádí nové možnosti do různých lidských činností, včetně výuky a vzdělávání. Existuje mnoho důvodů pro používání informačních a komunikačních technologií (ICT) ve všech oblastech vzdělávání. ICT poskytují různé způsoby zavádění vzdělávacích příležitostí pro širší skupinu lidí. Kromě toho rozšiřují dostupnost kvalitních výukových materiálů, čímž se zvyšuje celková účinnost a efektivita.

EEG dnes patří k nejdůležitějším diagnostickým metodám v neurologii. EEG se nepoužívá jenom v medicíně, ale například také v kognitivní vědě. Manuální vyhodnocování je stále základní a velmi rozšířená metoda analýzy EEG záznamu. Je to velmi zdlouhavý a časově náročný proces, především pokud se jedná o dlouhodobé EEG záznamy (spánkové EEG, epileptické EEG nebo EEG u předčasně narozených dětí). Z tohoto důvodu nabývají počítačem podporované metody zpracování biologických signálů stále většího významu. Navrhované automatizované metody mohou jednak ušetřit práci lékařům, dále pak učinit proces klasifikace objektivnějším. V současné době se pro zpracování a rozpoznávání důležitých oblastí v EEG využívají nejčastěji klasické metody zpracování signálu, které umožňují získat základní statistické charakteristiky v časové a frekvenční oblasti.

Modul, který popisujeme v tomto příspěvku, umožní uživatelům bližší seznámení se s elektroencefalografií a způsobem měření, dále pak umožní hlouběji proniknout do problematiky zpracování EEG signálu. Materiál obsahuje části týkající se těchto oblastí: teorie EEG signálu, zpracování EEG signálu v časové a frekvenční oblasti (včetně ukázkových kódů a praktických cvičení v programu Matlab), a instruktážní videozáznam ilustrující způsob měření EEG.

Cílovou skupinou tohoto konkrétního projektu jsou studenti předmětů Úvod do biomedicínského inženýrství, Kognitivní systémy, Biologické signály, Zpracování biologických dat, vyučovaných na Fakultě elektrotechnické ČVUT. Oblast využití realizovaného modulu je ovšem širší. Studenti s medicínským vzděláním jej mohou použít pro seznámení se s technickou částí elektroencefalografie. Také jej lze použít jako informativní materiál pro seznámení se s tématy v této oblasti a jako materiál pro motivaci a vzdělávání studentů. Může být také použit v oblasti celoživotního vzdělávání.

2. Obsah výukového materiálu

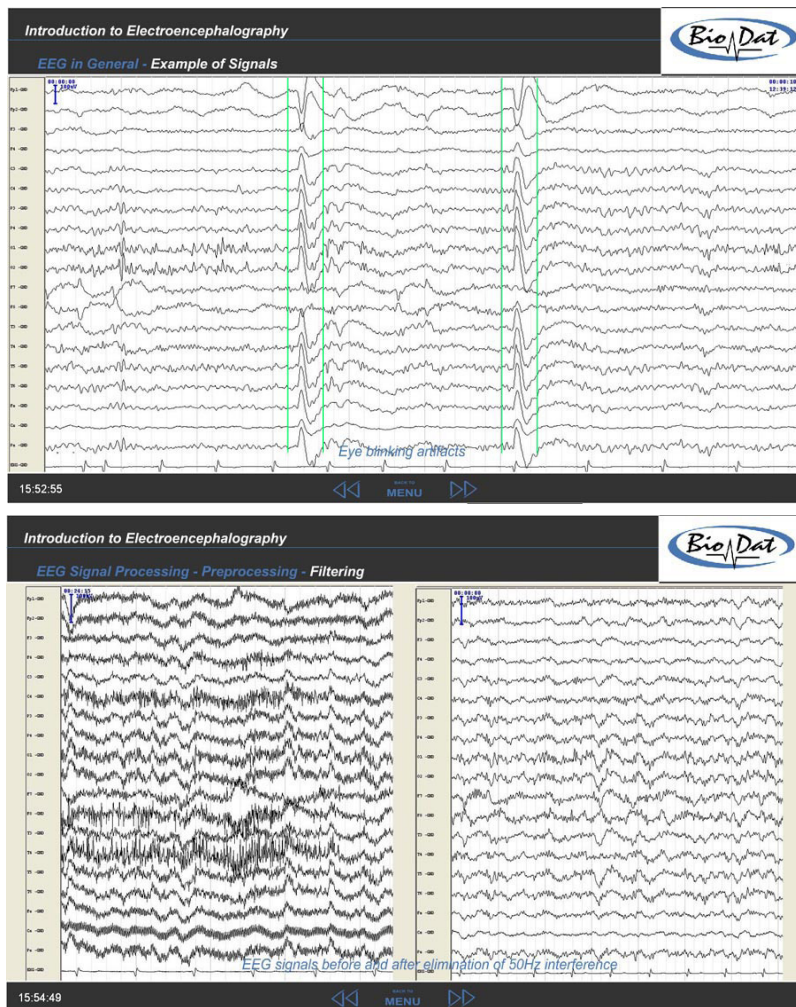
Prezentovaný multimediální materiál obsahuje tři hlavní části: teoretickou část, objasnění základních pojmů a příklady v programu Matlab a demonstraci EEG měření v praxi v neklinickém prostředí.

Teoretická část projektu umožňuje uživatelům bližší seznámení s elektroencefalografií, procesem měření, a také s možnostmi zpracování tohoto složitého signálu. Je rozdělena do dvou hlavních částí: informace o elektroencefalografii a informace o zpracování signálu. Část zabývající se EEG záznamem je rozdělená na další detailnější části: historie EEG, aplikace, postup měření, umístění elektrod, typická frekvenční pásma, polysomnografie (PSG), a artefakty.

Součástí materiálu jsou také ukázky EEG a PSG signálů (spánek dospělých, PSG novorozenců, příklady delta, theta, alfa a beta EEG aktivity a příklady artefaktů), viz *Obrázek 1*.

V části, která popisuje zpracování signálu lze nalézt tato témata: typické fáze zpracování EEG signálu, předzpracování a reprezentace EEG dat pomocí extrahovaných příznaků a klasifikace. V procesu předzpracování je uvedena filtrace a segmentace signálu [1]. Extrakce příznaků je významným krokem v procesu zpracování dat [2]. Extrahované příznaky mohou být různé, například statistické parametry nebo příznaky po použití Fourierovy a wavelet transformace [3]. V další části je uveden program Weka [4], který se používá jak v oblasti vzdělávání, tak i ve výzkumu. Lze jej použít například pro klasifikaci dat na základě vypočtených příznaků.

Tato část také seznámí studenty s dvěma softwarovými nástroji používaných pro zobrazování EEG/PSG záznamu, jejich zpracování a vizualizace. Prvním z nich je WaveFinder [5], který se používá v klinické praxi. Tento program umožňuje pracovat s různými formáty dat, dále mohou lékaři offline hodnotit záznamy, použít implementované metody zpracování EEG signálu, zobrazovat záznam v různých montážích, zobrazovat video záznamy apod. Druhý program je EEGLab [6], používaný pro analýzu EEG záznamů. Skládá se z několika modulů, které umožňují například segmentaci signálu, tvorbu a editaci trénovací množiny, spektrální analýzu, digitální filtraci, 2D a 3D mapování



Obrázek 1: Ukázka EEG signálu

mozkové aktivity a online podporu. Na závěr je představena vizualizace jednotlivých fází procesu zpracování signálu a zobrazení konečných výsledků.

Další část materiálu obsahuje příklady a ukázky v programu Matlab. V příkladech jsou použita reálná data ze spolupracujících lékařských pracovišť nebo data, která byla naměřena ve fakultní EEG laboratoři. Příklady a ukázky odpovídají těmto oblastem: filtrace, konstantní a adaptivní segmentace, extrakce statistických příznaků, a použití Fourierovy a wavelet transformace.

Na **Obrázku 2** je možné vidět některé části realizovaného projektu, které se týkají zpracování biologických signálů v programu Matlab.

Introduction to Electroencephalography

EEG Signal Processing with Matlab - Filtering

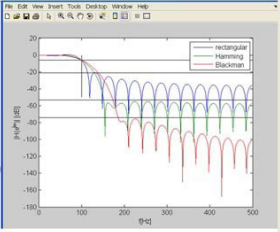
As already mentioned, usual step in biological signal preprocessing is filtering. Selected topics in the design of FIR and IIR filters will be briefly presented.

Matlab code below shows the design of low-pass FIR filters with three different windows: rectangular, Hamming and Blackman. The final part of the code opens a new figure, in which amplitude characteristics of those filters are presented together in order to illustrate their mutual differences.

```

1 = %filter: vfilter coder
2 = n=[0:M]';
3 = Fp=100; % for low-pass filter
4 = Fd=1000; % sampling frequency
5 = w=fp/(F0/2);
6
7 = h1=fir1(N,w,rectwin(N+1));
8 = h2=fir1(N,w,hamming(N+1));
9 = h3=fir1(N,w,blackman(N+1));
10
11 = [H1,w]=freqz(h1,1,1000,F0);
12 = [H2,w]=freqz(h2,1,1000,F0);
13 = [H3,w]=freqz(h3,1,1000,F0);
14
15 = figure;plot(w,20*log10([abs(H1) abs(H2) abs(H3)]),xlabel('f[Hz]',ylabel('|H(e^j\omega)|
16 = line([0 F0/2],[-6 -6],'color',[0 0 0]);
17 = line([Fp F0/2],[-50 0],'color',[0 0 0]);
18 = line([0 F0/2],[-21 -21],'color',[0 0 0]);
19 = line([0 F0/2],[-53 -53],'color',[0 0 0]);
20 = line([0 F0/2],[-74 -74],'color',[0 0 0]);

```

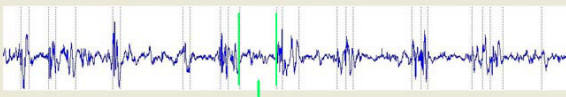


16:06:34

Introduction to Electroencephalography

EEG Signal Processing with Matlab - Data Representation

Feature extraction is an important step in signal processing process. This step is conducted on segments obtained with constant or adaptive segmentation. In this way, each data segment is represented by its feature vector. The aim is to find the most useful features that could be used further for classification.




X_1, X_2, \dots, X_n
features

In EEG signal analysis, many variables are tested for describing subtle changes in psychophysiological state of the brain. Commonly extracted features are statistical parameters of signal segments. In Matlab they can be easily calculated with the use of Matlab functions (e.g. min, max, mean, median, std, kurtosis, skewness).

```

1 % data - matrix of segments
2 for i=1:n % n = number of signal segments
3     feature_matrix(i,1)=min(data(i,:)); feature_matrix(i,2)=min(data(i,:));
4     feature_matrix(i,3)=mean(data(i,:)); feature_matrix(i,4)=median(data(i,:));
5     feature_matrix(i,5)=std(data(i,:));
6     feature_matrix(i,7)=skewness(data(i,:)); feature_matrix(i,8)=kurtosis(data(i,:));
7 end

```



16:28:12

Obrázek 2: Ukázky a příklady v programu Matlab

Konečná část materiálu ilustruje prostřednictvím natočených videí přípravu a měření EEG signálu v neklinické praxi (pro vzdělávací a výzkumné účely). Tímto způsobem se např. studenti mohou seznámit s procesem měření, aby se mohli co nejaktivněji účastnit práce v laboratoři, nebo si mohli navrhnout a implementovat vlastní experimenty.

3. Realizace

Pro vytvoření tohoto multimediálního materiálu bylo použito prostředí Adobe Flash. Jak už bylo zmíněno, příklady kroků zpracování signálu jsou prezentovány v programu Matlab. Pro vizualizace biologických signálů, zpracování signálu a zobrazení mezivýsledků byly použity programy WaveFinder a EEGLab. Použité záznamy byly získány od spolupracujících lékařských pracovišť (Fakultní nemocnice Na Bulovce a Ústav pro péči o matku a dítě), nebo naměřeny v laboratoři skupiny Biodat, části Gerstnerovy laboratoře Katedry kybernetiky.

Ve své práci jsme vycházeli ze svých dosavadních zkušeností ve výuce a tvorbě multimediálních materiálů. Také jsme při řešení spolupracovali s psychologem, který poskytl rady a pokyny o formě multimediálního materiálu. Výsledkem je materiál, který je možné modifikovat a rozšiřovat podle získaných zkušeností a hodnocení uživatelů. Materiál je dostupný na internetové adrese <http://bio.felk.cvut.cz/eegintro>.

Materiál je v angličtině, aby ho mohli používat i zahraniční studenti.

4. Závěr

Realizovaný modul je určen především pro podporu výuky, ale také jako motivační nástroj. Důraz byl kladen na poskytování dostatečného množství informací, aby byli studenti schopni pochopit a samostatně provádět různé části procesu zpracování signálu. Studenti jsou takto motivováni, aby se pokusili samostatně pracovat, namísto pouhého vnímání vizualizovaných výsledků. Další potenciální využití je pro prezentaci středoškolským studentům a nebo pro přípravu kursů v rámci celoživotního vzdělávání.

Celý přístup byl navržen tak, aby mohl být použit nejenom na EEG signál, ale i na další témata v biomedicínském inženýrství, např. elektrokardiografie. Materiál je koncipován a realizován jako otevřený a umožňuje rozšiřitelnost a modifikace podle získaných zkušeností. Navíc se také nabízí možnost přidávat kódy nebo jiný obsah, který studenti vytvoří v rámci bakalářských a diplomových prací. Do budoucna předpokládáme také začleňování nově vyvíjených metod do tohoto materiálu.

Poděkování

Práce je podporována výzkumným záměrem č. MSM 6840770012 "Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství II" a v roce 2009 byla podporována grantem FRVŠ č. 2238/2009.

Reference

- [1.] Paul, K., Krajca, V., Roth, Z., Melichar, J., Petranek, S. Characteristics of quiet and active sleep in newborns. *Sleep Med.*, 2003, vol. 4, no. 6, p. 569 – 571.
- [2.] Gerla, V., Paul, K., Lhotska, L., Krajca, V. Multivariate analysis of full-term neonatal polysomnographic data. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 2009, vol. 13, no. 1, p. 104 – 110.
- [3.] Gerla, V., Djordjevic, V., Lhotska, L., Krajca, V. Systems approach to complex signal processing task. In *Proceedings EUROCAST. Las Palmas (Spain)*, 2009, p. 191 – 192.

- [4.] Witten, I. H., Frank, E. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, 2nd ed. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2005.
- [5.] Krajca, V. Long-term electroencephalogram analysis. *ERCIM news, Online edition*, no. 29, 1997.
- [6.] Rieger, J., Lhotska, L., Matousek, M. Long-term EEG data analysis. In *Proceedings 3rd European Medical and Biomedical Engineering Conference EMBEC '05 [CD ROM]*, 2005.

Kontakt:

Vladana Djordjevic

ČVUT FEL Praha
katedra kybernetiky
Technická 2, 166 27 Praha 6
tel.: 224357609
fax: 224357224
e-mail: djordvla@fel.cvut.cz
<http://cyber.felk.cvut.cz>

Václav Gerla

ČVUT FEL Praha
katedra kybernetiky
Technická 2, 166 27 Praha 6
tel.: 224357609
fax: 224357224
e-mail: gerlav@fel.cvut.cz
<http://cyber.felk.cvut.cz>

Lenka Lhotská

ČVUT FEL Praha
katedra kybernetiky
Technická 2, 166 27 Praha 6
tel.: 224353933
fax: 224311081
e-mail: lhotska@fel.cvut.cz
<http://cyber.felk.cvut.cz>

Vladimír Krajča

Fakultní nemocnice Na Bulovce
Budínova 2, 180 81 Praha 8
e-mail: vladimir.krajca@fnb.cz