

ZPRACOVÁNÍ BIOSIGNÁLŮ V PROSTŘEDÍ MATLAB PŘI VÝUCE BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ NA ELEKTROTECHNICKÉ FAKULTĚ ČVUT V PRAZE

Karel Roubík, Petr Páta

Když byla v roce 1976 zavedena na Elektrotechnické fakultě ČVUT výuka předmětu biokybernetika, asi nikdo netušil, že byl položen základ specializace dnes nazývané biomedicínské inženýrství. Tento název, oficiálně na fakultě používaný až od roku 1998, v sobě zahrnuje nejrůznější oblasti techniky, informatiky, umělé inteligence a mnoha přírodních věd, které mají vztah ke zdravotnictví a biologii. V současné době zajišťují výuku většiny předmětů biomedicínské inženýrství čtyři katedry elektrofakulty a některé katedry či kliniky 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy. Řada dalších kateder se podílí na výuce menším množstvím předmětů.

Stejně tak, jako se s rozvojem přírodních věd a techniky vyvíjejí ostatní předměty biomedicínské inženýrství, vyvíjí se obsah i forma předmětu nazvaného biologické signály, vyučovaného na katedře radioelektroniky.

Náplní předmětu jsou nativní a evokované biosignály používané v různých klinických oborech současné medicíny a metody jejich zpracování a vyhodnocování. Jedná se zejména o elektroneurogram, biosignály kosterních svalů, elektromyografii (EMG), magnetomyografii (MMG), reflexy šlach, popis křivky elektrokardiografu (EKG) v časové a kmitočtové oblasti, vektorkardiografii, fonokardiografii, sfygmografii, apexkardiografii, magnetokardiografii, polygrafické metody v kardiologii, genezi signálů mozku, elektrody a svodový systém pro elektroencefalografii (EEG), charakteristiky EEG, rytmy, analýzu EEG v časové a kmitočtové oblasti, evokované EEG, magnetoencefalografii (MEG), genezi signálů v oku, elektoretinogram, elektrookulogram, genezi signálů sluchového ústrojí, audiometrii, impedanční audiometrii, signály rovnovážného ústrojí, nystagmogram, biosignály v porodnictví a další. U významných biosignálů jsou studenti seznámeni s jejich genezí, případně s fyzikálními a matematickými modely. Část přednášek je také věnována teorii zpracování signálů a matematickým metodám jejich analýzy, kompresi, přenosu, kódování a záznamu biosignálů.

Obsahem cvičení jsou praktická řešení konkrétních úkolů předzpracování, zpracování, vyhodnocení a diagnostiky biosignálů pomocí počítače v prostředí MATLAB. Při jednotlivých hodinách jsou v MATLABu zpracovávány reálné biosignály zaznamenané v klinické praxi. Protože cílem cvičení není tvorba nějakého finálního programu pro praxi, ale zvládnutí operací se signálem, poznání metod předzpracování, zpracování a vyhodnocování biosignálů, jeví se volba prostředí MATLABu jako ideální řešení pro tuto činnost. Jednotlivá témata cvičení a konkrétních zadání úloh pro řešení v prostředí MATLABu jsou:

- Programování v MATLABU. Základní operace se signálem.
- Filtrace v časové a kmitočtové oblasti. Základní operace se signálem. Detekce RR intervalu v EKG.
- Předzpracování biosignálů. Postupné průměrování evokovaného EEG signálu.
- Hilbertova transformace (HT). Zpracování EMG signálů pomocí HT.
- Digitální filtrace. Návrh filtrů na odstranění kolísání nulové isolinie a síťového rušení z EKG.
- Adaptivní filtrace. Odstranění síťového rušení z EKG pomocí adaptivních filtrů.
- Cepstrální analýza. Autokorelace a korelace. Detekce odrazů a periodicit v signálech.
- Ortogonální transformace. Komprese biosignálů. Komprese EKG pomocí ortogonálních transformací.
- Modelování biosignálů. Elektrické analogie. Optimalizace parametrů. Tvorba matematického modelu plic z proximálních průběhů tlaku a průtoku při vysokofrekvenční ventilaci, výpočet průběhu alveolárního tlaku.

Vlastní výuka při cvičeních probíhá v počítačové u čebně vybavené 12 počítači PC s procesory Intel Pentium a operačním sytemém Linux, využívající síťovou verzi programu MATLAB běžící na serveru DELL PowerEdge 6300 procesor 2x PIII Xeon 500MHz -1MB. Operační systém Linux RedHat 6.0.

Hodina je zpravidla organizována tak, že je nejprve podán teoretický výklad právě probírané látky i s praktickou ukázkou jeho aplikace, tj. ukázkou zpracování reálného biosignálu touto metodou. Studentům je následně dán datový soubor se zaznamenaným biosignálem a sděleno zadání, jak tento biosignál zpracovat. Zadání i s

příkladem výstupu, tj. požadované grafické prezentace a přesné specifikace výstupů, je po celou dobu studentům k dispozici buď v papírové formě, nebo je promítáno na zpětném projektoru.

K výhodám využívání programového prostředí MATLAB patří zejména:

- Snadný import dat bez nutnosti programování vstupních procedur. Většina medicínských přístrojů poskytuje data v podobě strukturovaného ASCII souboru vhodného k načítání do MATLABu.
- Velmi snadná a přehledná vizualizace výsledných dat pomocí existujících procedur na kreslení grafů a práci s nimi.
- Jednoduché programování, výhodná je zejména maticová orientace programu, čímž odpadá například programování cyklů.
- Bezproblémové využívání komplexní aritmetiky a mnohdy i předdefinovaných složitých komplexního funkcí.

Výše uvedené výhody využívání prostředí MATLAB při výuce umožňuje studentům maximum času věnovat vlastní práci se signály, narozdíl od případů, kdy studenti musí vše programovat v jazyce PASCAL, C a podobně. Další výhodou je značná volnost studentů při programování jednotlivých úloh a možnost rychle experimentovat. Toto odlišuje MATLAB od jiných forem výuky založených na výukových programech, které buď slouží jenom jako demonstrace postupů, nebo student může do postupu zpracování dat zasahovat jen výjimečně a možnost experimentování a návrhu vlastního postupu řešení je tak zpravidla vyloučena.

Zmíněné výhody jsou výhodami pro pedagogický proces a rozvoj myšlení studentů. Oproti tomu pedagog musí počítat se skutečností, že každý student vymyslí a naprogramuje jiný postup řešení. Pedagog při dotazech studentů, jejich žádostech o pomoc při odstraňování chyb v programech a při závěrečném hodnocení výsledku musí analyzovat zpravidla tolik programů, kolik má v pracovních studentů. Tato práce by odpadla při používání specializovaných, zpravidla jednoúčelových, výukových programů.

Poděkování

Práce byla vytvořena na katedře radioelektroniky FEL ČVUT v Praze a byla podporována MŠMT ČR v rámci VZ: J04/98:21000012.

Literatura

Roubík K., "*Biomedicínské inženýrství na katedře radioelektroniky Elektrotechnické fakulty ČVUT*", 2. seminář **O výuce biomedicínského inženýrství a lékařské informatiky na vysokých školách v Slovenskej republice a v Českej republice**, 4, FEI STU, Bratislava, 2000.

Autoři:

Karel Roubík,

České vysoké učení technické, Elektrotechnická fakulta, katedra radioelektroniky,
Technická 2, 166 27 Praha 6
e-mail: roubik@fel.cvut.cz, tel.: +420.2.24352248, fax: +420.2.3119801

Petr Páta

České vysoké učení technické, Elektrotechnická fakulta, katedra radioelektroniky
Technická 2, 166 27 Praha 6
e-mail: pata@fel.cvut.cz, tel.: +420.2.24352141, fax: +420.2.3119801