

INTERAKTIVNÍ GRAFICKÉ UŽIVATELSKÉ ROZHŘANÍ URČENÉ PRO ANALÝZU POVRCHOVÉHO EMG SIGNÁLU

J. Sedlák, R. Čmejla

Katedra teorie obvodů, Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

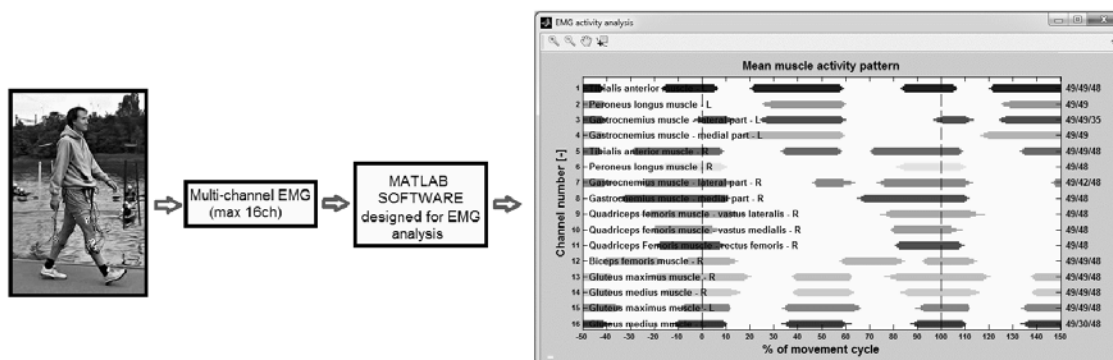
Abstrakt

Analýza vícekanálového povrchového EMG signálu nachází využití při aplikacích v kinesiologii, protetice a neurologii. Mezi nejčastější úkoly signálového zpracování patří detekce počátku EMG aktivity. Tento text popisuje grafické uživatelské prostředí (GUI) navržené pro účely labelování počátků svalové aktivity. Všechny kroky signálového zpracování potřebné k analýze jsou usnadněny automatickými algoritmy, které poskytují odhady výsledků. Uživatel tedy může buď pouze schválit automaticky určené výsledky nebo provést vizuální detekci. Celá aplikace je navržena jako soubor GUI, které intuitivně usnadňují analýzu EMG signálů. Aplikace je zkompileována jako „Windows Standalone Application“ a je tedy použitelná i bez plné instalace vývojového prostředí MATLAB. Získané reference jsou využity při analýze svalové koordinace a testování výkonnosti detekčních algoritmů na reálných datech.

1 Úvod

Tato práce popisuje software s GUI navrženým pro snazší analýzu svalové aktivity na základě vhodně snímaného povrchového EMG signálu. Návrh a testování automatických detekčních metod vyžaduje získání referencí srovnávaných s vypočtenými odhady. Tento software umožňuje kombinovat automatický odhad a vizuální detekci za účelem získání referenčních dat. K automatické detekci byly použity základní algoritmy popsané v [1-3]. Tato aplikace je primárně určena pro analýzu EMG signálů pořízených během cyklické pohybové činnosti, protože periodičita signálu je využívána pro dosažení stabilních výsledů automatické detekce. Výsledkům testů detektorů na základě syntetických dat nelze často přikládat velkou váhu, protože data jsou generována na základě modelu, který nemusí dostatečně vystihovat reálný signál, avšak reference počátků jsou přesně známy. Většina prací věnovaných návrhu a testování detektorů počátku svalové aktivity využívá kombinaci vizuálně labelovaných nebo synteticky generovaných dat. Nevýhodou vizuální detekce je ale problém se shodou hodnotitelů tzv. „inter-rater“ variabilitou. Ani jeden z postupů není tedy výrazně lepší a je potřeba zvolit vhodný kompromis.

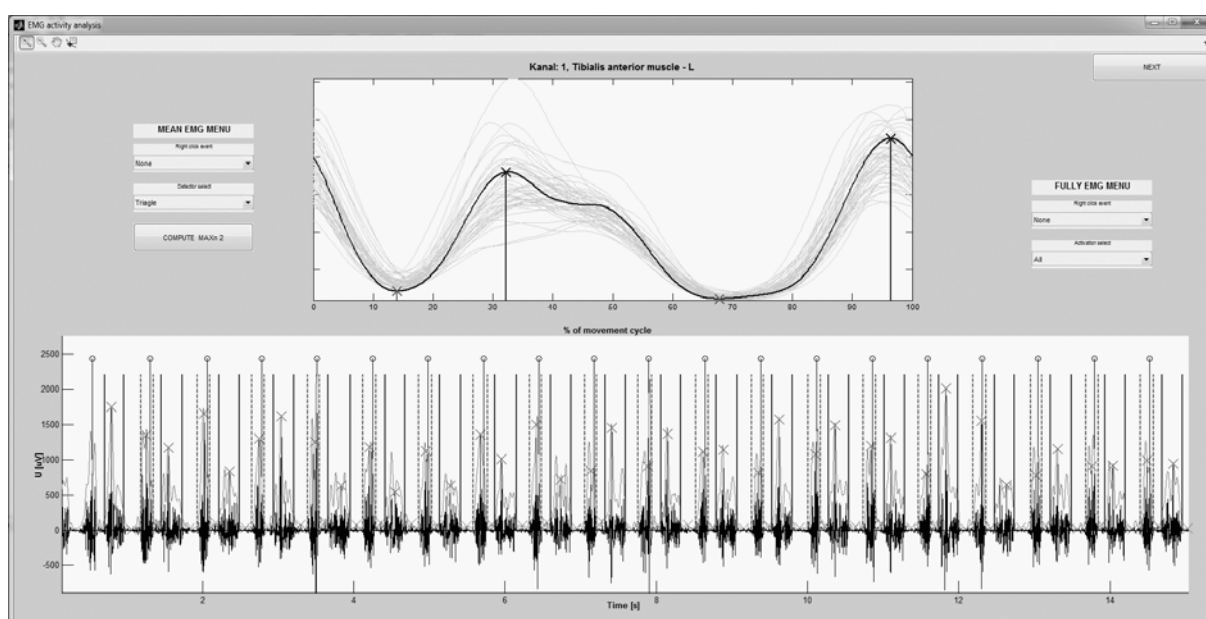
Výsledky detekce svalové aktivity získané pomocí navrženého software je možné dále využít při objektivizaci svalové koordinace v kinesiologii a diagnostiku onemocnění pohybového aparátu v neurologii. Na Obr. 1 je uvedeno konceptuální schéma analýzy EMG signálu s ukázkou výsledků svalové koordinace určené během chůze. Analýza svalové koordinace chůze a běhu s ohledem na různé působící faktory je předmětem mnoha výzkumných prací [4]. Výstupem popisovaného softwaru je také *mat* soubor, který obsahuje veškeré informace a data z průběhu analýzy.



Obr 1: Konceptuální schéma analýzy svalové koordinace

2 Detekce počátku svalové aktivity

Navržený software je primárně určen k analýze a studiu svalové koordinace, ale výsledky jsou velice dobře použitelné při testování automatických detekčních metod. Analyzované vícekanálové EMG data jsou pořízeny během výkonu cyklických pohybových aktivit, to usnadňuje jak vizuální tak automatickou detekci počátků a konců svalové aktivity. První krok aplikace umožňuje výběr relevantní části signálu, která bude použita pro další zpracování. Další krok slouží ke stanovení hranic pohybových cyklů, na jejichž základě je vypočtena průměrná signálová obálka. Na základě vyhodnocení lokálních extrémů průměrné signálové obálky je dále řízena detekce aktivity neprůměrovaném signále na základě zvoleného detektoru. Vyhodnocení průměrné obálky a detekce aktivity je provedena pro každý kanál EMG signálu zvlášť. Vzhled GUI umožňující zásah do výběru lokálních extrémů v průměrovaném signálu a nastavení rozsahů svalové aktivity v neprůměrovaném signálu je znázorněn na Obr. 2. Výsledky jsou získány na základě zpracování EMG signálu ze svalu *tibialis anterior* při chůzi, a jak je zřejmé tento sval má při této úloze „dvou-vrcholový“ režim. Na základě statistického vyhodnocení výsledků svalových aktivit je poté stanovena svalová koordinace pro danou pohybovou aktivitu, viz příklad na Obr. 1.



Obr. 2: Grafického uživatelské prostředí navržené pro detekci počátků a konců EMG aktivity

Obsluha prvků GUI je zprostředkována pomocí kurzoru a tlačítek myši jejichž funkce je nastavena pomocí příslušného „popup“ menu. Obsluha jednotlivých grafických objektů na úrovni kódu je zajištěna pomocí parametru „*ButtonDownFcn*“ spouštějící požadovanou událost, což zajišťuje přehlednost kódu. V grafech na Obr. 1 jsou jako posuvné značky použity instance objektu „*Stem*“. Plynulý posun značek je zajištěn použitím funkce „*WindowButtonMotionFcn*“, čímž je umožněno intuitivní ovládání pozice značek. Časové průběh EMG signálu je vykreslen pomocí funkce `plot` a jsou zachovány funkce změny měřítka pomocí standardní nabídky. Sousednost jednotlivých kroků signálového zpracování jednotlivých GUI je zajištěna pomocí funkce „*uiwait*“.

Pomocí tlačítka „*COMPUTE*“ lze snadno přepočítat odhady počátků a konců aktivity v neprůměrovaném signálu, na základě změny lokálních extrémů a volbě detektoru. Tento postup umožňuje snadno pozorovat vlivy nastavení detektorů na výsledky automatické detekce svalové aktivity při zachování bezchybnosti výsledků analýzy díky vizuální inspekci a případné korekci chyb. Takto získané výsledky analýz je možné dále využít při odladění navržených detektorů. Získané závěry ovlivňující úspěšnost detektoru je možné využít i pro detekci neperiodické svalové aktivity.

Výsledky získané analýzou vícekanálového EMG signálu a statistickým vyhodnocením časování svalové aktivity v neprůměrovaném EMG signálu poskytují více informací než hodnocení svalové koordinace založené pouze na základě průměrných obálek [5,6]. Nevýhodou tohoto postupu je výpočetní složitost a nutnost vizuální inspekce z důvodu náchylnosti výsledků na chyby v detekci.

3 Závěr

Pomocí vývojového prostředí MATLAB bylo vytvořeno plnohodnotné interaktivní GUI umožňující zásah do signálového zpracování pomocí kurzoru myši. Návrh aplikace ve vývojovém prostředí MATLAB umožňuje využít funkcionalitu GUI srovnatelnou s použitím ve standardních prostředích, určených přímo pro tyto účely, při zachování všech výhod umožňujících snadný vývoj a ladění algoritmů signálového zpracování. Pomocí toolboxu umožňujícího vytvoření aplikace ve formě „Windows Standalone Application“ je zpřístupněna obsluha nástrojů matematické analýzy EMG signálu, přímo odborníkům v oblasti kinesiologie bez nutnosti instalace vývojového prostředí MATLAB. Výsledky analýz zahrnující vizuální inspekci, naopak poskytují cenná data, která umožní zlepšování detekčních algoritmů. Navržený software splňuje požadavky objektivní analýzy cyklického vícekanálového EMG signálu za účelem stanovení svalové koordinace a byl otestován na reálných datech s uspokojivými výsledky.

Budoucí práce bude zaměřena na implementaci pokročilých detektorů do navrženého softwaru a tvorbu rozsáhlé databáze výsledků analýz vhodné pro testování parametrizačních technik. Nadále bude probíhat zlepšování algoritmů usnadňujících analýzu EMG signálů. Další úsilí bude také věnováno analýzám svalové koordinace při studiu různých faktorů působících na lidskou lokomoci při chůzi a běhu.

Použitá literatura:

- [1] F. Hug, Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography?, J.Electromyogr. Kinesiol. 21, 2011, 1-12.
- [2] D. Špulák, R. Čmejla, P. Mikulíková, J. B. Paulů, B.Kračmar, Muscle activity detection using EMG envelope thresholding: comparison of various approaches, in: Proceedings of the 20th Annual Conference Proceedings Technical Computing, 2012.
- [3] S. Dorel, A. Couturier, F. Hug, Intra-session repeat ability of lower limb muscles activation pattern during pedaling, J.Electromyogr. Kinesiol.18, 2008, 857-865.
- [4] M.G.J. Gazendam, A.L. Hof, Averaged EMG profiles in jogging and running at different speeds, Gait Posture 25(4), 2007, 604-614.
- [5] S. Heintz, E.M. Gutierrez-Farewik, Static optimization of muscle forces during gait in comparison to EMG-to-force processing approach, Gait & Posture 26, 2007, 279-288.
- [6] C. Disselhorst-Klug, T. Schmitz-Rode, G. Rau, Surface electromyography and muscle force: Limits in sEMG-force relationship and new approaches for applications, Clinical Biomechanics 24, 2009, 225-235.

Ing. Jan Sedlák
sedlaj15@fel.cvut.cz

doc. Ing. Roman Čmejla, CSc.
cmejla@fel.cvut.cz