

Oponentský posudek na disertační práci Mgr. Martiny Lopotové na téma „**Biomechanické charakteristiky nestacionárních respiračních režimů jako možných identifikátorů únavy při monotónní hypokinetické zátěži**“

Cílem předložené disertační práce byl pokus o nalezení a analýzu respiračních projevů souvisejících s únavou v podmínkách hypokinetického zatížení. Součástí práce byl i design a provedení pilotních experimentů v laboratorním prostředí, simulujících zkoumané únavové stavy. Toto **řešené téma je v současné době aktuální**, doposud neexistují spolehlivé a jednoduché ukazatele mentální únavy, které by bylo možné v terénu přímočaře využít pro automatickou detekci únavy, spánkové derivace atd.; existují dílčí řešení, založená na nepřímých ukazatelích, na analýze fyziologických signálů, např. videookulogramu, EKG, EEG, pohybové aktivity, atd., experimentuje se s agregací více signálů (a např. i kombinací s technickými signály, jako je kvalita akčních zásahů u operátorů technických zařízení, parametry řízení vozidla – např. reakční doby, pohyby volantu apod. u řidičů motor. vozidel atp.) Objevila se první komerční řešení (např. Toyota atd.). Hledání dalších příznaků (například založených na dechové aktivitě jako v předmětné disertační práci) je významné pro tyto výzkumy, **téma je přínosné pro obor**, zejména v oblasti detekce únavových stavů a spánkové deprivace u řidičů motorových vozidel na dálkových trasách a u operátorů složitých technických zařízení.

Rozbor současného stavu v disertaci řešené problematiky je kvalitní a odpovídající rozsahem i obsahově, autorka v této části práce (kap. 3) podává detailní popis současného stavu řešené problematiky, založený na vlastní podrobné rešerši odborných publikací. Pokouší se definovat pojmy jako bdělost, pozornost, senzomotorická únava, hypokinetická zátěž a uvádí používané metody pro jejich analýzu, založené na dotazníkových metodách, na metodách měření akčních parametrů (reakční doba, tracking task atd.) a na monitoringu fyziologických parametrů (EEG, EKG, EOG, videorating, atd.). Dále nastiňuje přehled dostupných metod/přístupů k hodnocení dechu. Na závěr teoretického rozboru autorka formuluje 4 hypotézy, které se dále pokouší experimentální a analytickou prací povrdit/zamítnout.

Postupu řešení problému a použité metody považuji za **vhodně zvolené**. V praktické části práce popisuje autorka design a realizaci pilotních instrumentů, prováděných laboratorně na čilých a spánkově deprivovaných osobách. Při experimentech byl měřen EEG signál, EKG signál, objemové respirační parametry, proband byl vždy snímán pomocí videokamery a v určitých fázích experimentu prováděl jednoduchou tracking-task úlohu. Zde oceňuji náročnost (časovou, metodickou i technickou) provedených experimentů. Následně byla získaná experimentální data analyzována a kriticky diskutovány jednotlivé hypotézy, stanovené v teoretické části práce.

Zde je třeba podotknout, že se místy jedná o subjektivní a spíše vizuální hodnocení signálů, pouze u některých signálů je použita matematická parametrizace. Subjektivita interpretace významu spočítaných parametrů pro diskriminaci čilých vs. spánkově deprivovaných osob mohla být potlačena např. provedením dalšího statistického testu (např. zamítnutí hypotézy o rovnosti středních hodnot parametru příslušným statistickým testem na určité hladině významnosti, ovšem počet vstupních dat by byl na dolní mezi použitelnosti). Na druhé straně je tato subjektivnost při výběru a interpretaci metod do značné míry dána komplexností měřených signálů a dosud neznámými vzájemnými vazbami mezi použitými modalitami a autorka tím naopak na několika místech osvědčila kreativitu při hledání těchto nových vazeb a otevřela pole pro samostatné budoucí navazující práce, což lze považovat za **teoretický přínos disertační práce**.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a původním konkrétnímu přínosu

Autorka ve své práci experimentálně ověřila na 5 probandech stanovené 4 výchozí hypotézy: (a) časový vývoj respiračních parametrů souvisí s potřebou udržet pozornost, (b) časový vývoj respiračních parametrů je výraznější u unavených subjektů, (c) s rostoucí mírou navozené

senzomotorické únavy klesá spolehlivost synchronizace EEG aktivity s dechovou křivkou a (d) hlavní roli pro predikci nastupující senzomotorické únavy hraje výskyt dechových nestacionarit. Rovněž podrobně diskutovala podmínky platnosti těchto hypotéz, z hlediska aplikovatelnosti výsledků lze považovat za podstatné kladné výsledky při ověřování hypotéz (b) a (d).

Stanovené cíle disertační práce byly splněny. Konkrétním přínosem práce je nalezení výskytu charakteristických grafoelementů, které umožňují odhadnout nástup senzomotorické únavy a to i předstihem několika desítek minut.

V této souvislosti uvádím poznámku, že závěry práce mohly být více prezentovány v odborné literatuře (v seznamu literatury je uvedena pouze jedna vlastní publikace - č. 51).

Disertační práce má praktický přínos zejména pro další výzkum příznaků mentální únavy a spánkové deprivace a to jak pro detekci, tak i predikci těchto stavů potenciálně zejména u řidičů motorových vozidel a operátorů složitých tech. zařízení.

Pro budoucí praktické užití navržené metody založené na detekci nestacionarit v respiračních signálech k automatické detekci spánkové deprivace by následně (v navazujících krocích na tuto práci) bylo třeba dopracovat algoritmus výpočtu příznaků (jednoho nebo více), které by s dostatečnou přesností kvantifikovaly zmíněné nestacionarity, tj. provedly automatickou detekci a určení jejich vlastností (počet, velikost...) - základ tohoto postupu uvádí autorka v kap. 6.4.

Dále by bylo pro ověření metody před budoucím praktickým použitím třeba podrobněji statisticky zhodnotit „kvalitu“ navržených příznaků, např. stanovit senzitivitu a specificitu testu senzomotorické únavy, založeného na příslušných parametrech nestacionarity respiračních objemových charakteristik – námět na následnou navazující experimentální práci.

Práce je svým rozsahem 103 stran (89 stran hlavního textu, 6 stran seznamu použité odborné literatury a zbytek přílohy) přiměřená, je **přehledně členěna, obsah je zpracován systematicky**, autorka správně pracuje s citacemi atd., po formální stránce až na několik překlepů je práce vyvedena korektně a **na dobré jazykové úrovni**.

Autorka při zpracování této disertační práce **prokázala odpovídající znalosti v daném oboru** a práce podle mého názoru v předložené podobě splňuje po formální i obsahové stránce nároky kladené na disertační práci, proto **práci doporučuji k obhajobě.**

Dotazy k obhajobě:

Bylo by podle Vás možné použít navrženou metodu k predikci únavového stavu v reálném čase ? Tj. v terénu, kdy potřebná data k výpočtu příznaků teprve přicházejí. Jak a za jakých podmínek by se tato predikce dala případně provést ?

V Praze dne 29.1.2014



Ing. Pavel Smrčka, Ph.D.

Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze,

Společné pracoviště biomedicínského inženýrství FBMI ČVUT a 1.LF UK,

Studničkova 7,

128 00 Praha 2