

Oponentský posudek na disertační práci
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Školitel: prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.
Autor doktorské disertační práce: Ing. Roman Žák
Studijní obor: Inženýrská informatika

Téma: Řízení systémů pomocí aktivizace mozkových center

Aktuálnost tématu disertační práce

Předkládaná práce je z pohledu aktuálnosti zpracovaného tématu velmi správně vymezena v uvedeném hierarchickém členění kapitol práce a obsahu na 61 stranách textu. Aktuálnost práce je především dána současným výzkumem jedinečnosti biologických charakteristik a tedy využitím moderního procesu řízení systémů pomocí aktivizace mozkových center využívajících výsledky vědeckých výzkumů v oblasti neuro-technologií. Aktuálnost řešené problematiky zvyrazňuje také moderní zařazení řídicího procesu do této oblasti a vymezení odpovídajících vazeb mezi definovanými podsystémy a nutnost řešení potřebného komunikačního rozhraní mezi mozkem a počítačem, což je primárním a aktuálním těžištěm této předkládané práce.

Splnění stanovených cílů v disertační práci

Cílem předložené práce byl cílený výzkum BCI systémů a návrh odpovídajícího modelu v procesu modelování následné otestování navrženého modelu včetně provedení analýzy dalších možností využití technického vybavení zakoupeného v rámci projektů, zejména náhlavního zařízení Emotiv EPOC neuroheadset a robotického systému Mindstorms EV3 jako dostupného integrovaného řešení. Cílem výzkumu bylo prokázat využitelnost BCI ve vývoji nových aplikací i při interakci s reálnými modely. Z toho vyplynulo navrhnout vhodnou architekturu uvažovaného BCI modelu, který bude využitelný především v realtime aplikacích. To znamenalo zohlednit synchronizaci komunikace mezi vstupem (EEG snímač) a výstupem (robot) tak, aby k odezvě robota na zvolenou aktivitu docházelo v definovaném a nejlépe reálném čase. Dílčím cílem je z navržené architektury identifikovat funkční vlastnosti a testy ověřit vydefinované mozkové podněty (pohyby úst, očí, obočí apod.) a také dále identifikovat reálné parametry a jeho funkce v reálném čase.

Metody použité při vypracování disertační práce

V řešené oblasti tvorby racionálního modelu a modelování a funkčním modelem jsou zde uvedeny některé možné metody zpracování výsledků, ze kterých vychází uvedené systémové řešení zadané problematiky. Autor zde správně také provedl dílčí komparace klasických metod a na tomto základě přistoupil k systémovému a reálnému návrhu nového řešení s ohledem na využití již používaných technologií v obou významných oborech. Použité metody jsou adekvátní pro získání modelu a modelování a také možnou praktickou realizací modelu,

Postup řešení problému a výsledky disertační práce, přínos autora disertační práce

Postup řešení zadaného problému autor práce řeší výzkumem řízení systémů pomocí mozkové aktivity. Lidský mozek popisuje jako nejsložitější systém s fungujícími prostředky k interakci s okolním světem s technologiemi BCI. Proto správně autor práce nejprve shrnul stávající výzkumy a poznatky o BCI a uvedl postup řešení úkolů. Orientoval se na návrh

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

Autor velmi dobře využil svých teoretických znalostí a námětů především z citovaných informačních zdrojů světa i dobrého chápání takto pojatého tématu zadané práce.

Význam předkládané práce pro rozvoj vědního oboru vidím především v systémově vyjádřeném modelu a možném modelování velmi složitého dynamického systému a uvedení možnosti identifikace pomocí EEG záznamu a popisu nekonvenčního algoritmu, který může být součástí perspektivního adaptabilního systému. Uvedený rozvoj vědního oboru, jak uvádí správně autor práce, může směřovat přes aplikace Hopfieldovy sítě a tím i k vyšší úspěšnosti, než v případě klasického přístupu za použití jedné neuronové sítě. Správně je uvedeno, že architektura vzájemného propojení více neuronových sítí může být dále rozvíjena s ohledem na různé typy spojovacích architektur a může přispět k očekávané efektivní grafické reprezentaci EEG signálu a tím možnosti povýšit výzkum na novou úroveň řešení aktuálního problému moderního vymezení poměrů signál-šum. Přínosy uvedené práce vidím také především v systémovém chápání celého procesu řízení a podle mne směřující ke kybernetickému pojetí tohoto budoucího znalostního prostředí

Modelování uvedeného prostředí je velmi náročné a pod vedením zkušeného školitele a uvedených konzultantů a správného zaměření výzkumu na katedře a fakultě přivedlo autora práce správně vytvářet model a modelováním dospět k dílčím závěrům a celkovým poznatkům uvedeným v závěrečné kapitole předkládané práce.

Formální úprava disertační práce

Práce je napsána přehledně, systémově dobře a i odborná úroveň splňuje nároky na současné doktorské disertační práce v uvedeném vědním oboru. V uspořádanosti kapitol práce spatřuji systematičnost autora zejména při vědecky zdůvodněné tvorbě modelu a získávání nových vlastností struktury a chování modelu pro definovaný reálný systém.

Vyjádření k publikacím

Uvedená publikační činnost autora je dobrá a vedoucí ke kvalitnímu zpracování předkládané práce a předpokládané náročné vědeckovýzkumné činnosti v této oblasti a k budoucím a předpokládaným dalším vědeckým publikacím autora.

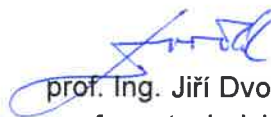
Otázka do rozpravy:

Jak může uvedený směr výzkumu přispět k rozvoji současné informační bezpečnosti oboru?

Závěr

Předkládanou práci doporučuji k obhajobě před příslušnou komisí a po úspěšném jejím obhájení udělit jmenovanému titul Ph.D. v uvedeném oboru.

V Brně 17. srpna 2017



prof. Ing. Jiří Dvořák, DrSc.
profesor technické kybernetiky,

Oponentní posudek disertační práce Ing. Romana Žáka „Řízení systémů pomocí aktivizace mozkových center“

Disertační práce Ing. Romana Žáka je zaměřena na oblast snímání podnětů z mozku a jejich praktického využití, např. v životě osob s různými stupni fyzického nebo mentálního omezení. Autor však na rozdíl od řady jiných prací se nesoustřeďuje na ovládání protéz, které je náplní biomechaniky, ale především mu jde o možnost bezdrátové komunikace, která by mohla usnadnit ovládání domácnosti (např. rozsvěcování světel).

Zkoumaná problematika je velmi náročná a mezioborová, zahrnuje jak technickou oblast zpracování signálů a vývoje softwaru pro jejich zpracování, tak i znalosti lékařského charakteru, které souží k pochopení reakcí mozku a projevů zkoumaných osob.

Téma práce je **aktuální** a při splnění vymezených cílů je práce **disertabilní**. Ty jsou shrnuty na str. 28. Vedle měření a analýzy dat, jejich archivace a dalších dílčích úkolů hlavním cílem je návrh vlastního modelu BCI (Brain Computer Interface).

V teoretických kapitolách autor rozebírá neinvazivní, částečně invazivní a invazivní přístupy získávání signálů z mozku, porovnává je, rozebírá nevýhody i případná rizika poškození mozku při invazivním přístupu.

Zabývá se psychickými stránkami, které ovlivňují „kvalitu“ dat, vliv emocí (tj. afektivní signály), ale i expresivními signály (např. mrknutí) a kognitivními signály, které souvisí s poznávacími funkcemi mozku.

V experimentální části autor popisuje architekturu BCI modelu, specifikuje použité zařízení a jejich parametry a uvádí podstatné ukázky zdrojového kódu robotického modelu a podpory pro flexibilní přidávání funkcionalit.

Nedílnou součástí experimentů je testování v reálných podmínkách, autor si volí skupinu dětí s handicapem ze specializované ZŠ na ul. Středová ve Zlíně. Navržená architektura byla dále využita i v diplomové práci Řízení externích malých robotických systémů pomocí EEG signálů Ing. Romany Nehodové.

Ve zhodnocení výsledků autor nepomíjí ani nevýhody a problémy, např. složitou kalibraci zařízení (hledání umístění senzorů apod.).

Práce má velmi dobrou jazykovou úroveň, drobné chyby či překlepy jsou nepodstatné.

- Na úvodním listu ve spojení „Zlín, Červenec 2017“ není důvod psát název měsíce s velkým písmenem na začátku (nejde o angličtinu).
- V anglickém abstraktu na str. (iv) místo „reults“ má být „results“. Podobně na str. 2 vypadlo první písmeno „r“ ve slově „Elektroencefalografie“.
- Str. 1: Před „jako je dýchání“ má být čárka.
- Str. 3: „softwarů“ – používat slovo „software“ v množném čísle není vhodné, lze využít opis „softwarových prostředků“.
- „Ač se to zdá jako rušivý element, tak pro potřeby“ – slovo „tak“ je nadbytečné.
- Str. 31: „ovládání externích systému“ – ...“systémů“
- Str. 33: Před „jako jsou nosníky“ má být čárka.
- Str. 35: Před „např. jaký má účel“ má být čárka.
- Str. 35: Před „a tudíž“ se píše čárka.
- Str. 41: „nedokážou si tudíž představit jak výraznou pomoc“ – před „jak“ má být čárka.
- Str. 41: „pro každé světlo zvlášť viz Zdrojový kód“ – před „viz“ má být čárka.

Grafická úroveň práce je rovněž velmi dobrá a i při přebírání obrázků z literatury jejich začlenění do textu je přirozené.

Formální připomínky:

- Autor v klíčových slovech uvádí zkratku BCI (Brain Computer Interface), v textu je však poprvé její slovní vyjádření použito až str. 21, mnohokrát předtím je přítom použita, což čtenář, který rovnou přistoupí k textu práce, může jen dedukovat ze zaměření disertace, resp. musí hledat v seznamu zkratek na konci textu.
- „3 - 6s“ na str. 8 – jednotky se od hodnot oddělují mezerou, pokud nemají význam přídatného jména, mělo by tedy být „3-6 s“. Podobně 10 % a 20 % na str. 9.

Dotazy na disertanta:

1. Na str. 35 uvádíte „Další nevýhodou BCI systému je dlouhá a uživatelsky relativně náročná inicializační instalace.“ Můžete tvrzení přiblížit? Kolik času instalace zabere? (Na str. 45 uvádíte čas kalibrace až několik desítek minut.)
2. Protože uživatel nemá senzory na hlavě trvale, je nutné při každé další aplikaci BCI systém znovu složitě kalibrovat?
3. Na str. 40 zmiňujete, že „Pořízené signály byly také zkoumány v matematickém programu Wolfram Mathematica.“ Jak v tomto prostředí byly signály vyhodnocovány?

Závěr:

Disertační práce Ing. Romana Žáka prokázala schopnost autora samostatně řešit netriviální problémy, kde i ve světovém měřítku jsou všechny dosažené výsledky jen dílčí a univerzální řešení je vizí budoucnosti. Doktorand vedle orientace v teorii prezentuje i praktické výsledky z jím navržené a implementované aplikace, diskutuje případná omezení a naznačuje i směr budoucího výzkumu. Jeho disertační práce splňuje podmínky § 47 Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb., doktorand v seznamu svých publikačních aktivit uvádí 13 článků, z nichž mnohé (např. z nakladatelství Springer a konference ECMS) jsou evidovány v prestižních databázích vědeckých děl. Práce je přínosná pro rozvoj oboru, proto ji

doporučuji k obhajobě

před komisí doktorského studijního oboru Inženýrská informatika

V Brně dne 19. srpna 2017



Prof. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D.
Ústav automatizace a informatiky
Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně

Oponentní posudek dizertační práce

Ing. Romana Žáka

Řízení systémů pomocí aktivizace mozkových center

Předložená dizertační práce se zřejmě zabývá návrhem na využití zakoupeného náhlavního zařízení Emotiv EPOC neuroheadset systému pro možnost ovládání některého reálného zařízení. Používám slovo zřejmě, protože abstrakt je napsán dosti nepřesně a stanovení cílů práce je také uvedeno dosti nepřesně. Pokud platí to, co jsem si z obsahu odvodil, tak hlavním cílem bylo najít možnost jak využít signály snímané zařízením pro elektroencefalografii (EEG) pro ovládání reálného zařízení tak jak se povely pro ovládání vytvářejí v mozku. Takové zařízení se v dizertaci zřejmě označuje jako BCI, tedy Brain Computer Interface.

Z takového pohledu je zaměření předložené dizertace velmi aktuální, přesto, že se řeší na mnoha místech světa. Já vidím velký význam v tom, že by se tímto mohlo školící pracoviště doktoranda takto začlenit mezi pracoviště, které budou dlouhodobě v této oblasti pracovat přesto, že se tímto oborem zabývá velká skupina vědců na celém světě. Že to tak již je, je patrné z přehledu současného stavu ve světě, které dizertant ve své práci uvádí.

Celá práce je psána poněkud zvláštním způsobem a mnohé věty nedávají správný a jednoznačný smysl. Z tohoto důvodu jsem se blíže informoval o doktorandovi, kterého jsem dosud osobě neznal a dozvěděl jsem se, že měl velmi nepříjemné zdravotní problémy, které mu prakticky znemožňují se písemně správně vyjadřovat. Z toho důvodu v posudku zanedbávám nepřesnost vět, kterých je v práci dostatek, ale zajímám se hlavně jejich informačním obsahem a jednotlivých částí textu.

Přes toto rozhodnutí musím poznamenat, že kapitola uvádějící cíle práce je dost nesrozumitelná a velmi těžce se v ní hledá správný cíl práce. Já jsem z toho vytušil, že cílem práce je využít signály mozku s využitím vhodného BCI a případně je vhodně upravit, pro ovládání externích reálných zařízení a že dílčí výsledky budou řádně testovány a odladěny.

Kap. 4 je velmi zajímavá část práce a obsahuje dobře zpracovaný přehled o současném stavu snímání a využívání signálů z mozku k ovládání externích zařízení. Protože takových aplikací je již hodně, tak je dostatečně dlouhý přehled stručný a zcela přehledný. Formálně pro neinformovaného pracovníka je to výborný materiál. Je to také důkaz, že dizertant věnoval zpracovávání této práce skutečně hodně práce, a získal o problematice dobrý přehled. Vypracoval si tak základnu, ze které mohl přistoupit k řešení hlavního cíle této dizertace.

V kap. 4 o současném stavu řešené problematiky je uveden obr. 1. na kterém je nesprávně znázorněná funkce digitalizace. Protože zařízení pro digitalizaci je část hardwaru, tak musí mít samostatný obdélník. Právě na této činnosti závisí kvalita přenosu a digitalizace bude určité na počátku přenosu a ne na přenosové cestě. Výstupní příkazy jsou také nesprávně nakreslené, protože aktivita vyvolaná mozkiem je téměř vždy směřovaná do některé části těla a ovládací signály nejsou přenášeny vnějším prostředím, ale nervovým systémem. I když je to převzatý obrázek, tak jej měl dizertant upravit podle svých znalostí.

V kap. 4 je použit pojem *Artefakt* a to zcela zvláštním způsobem, zvláště když to i podle slovníku znamená výrobek, nebo nějaký vyrobený produkt. Pohyb ruky, mrknutí oka a pod tedy nejsou výrobky, ale odezvy na povel z mozku. Také mrknutí oka např. není rušení, ale reakce na el.mg. signál povelu mozku pro mrknutí oka.

Dosud zkoušené aplikace uvedené na str. 23 jsou velice emotivní a z hlediska této dizertace to je asi oblast, která by mohla být stále vylepšována a vyvíjena. Pracoviště, které se bude touto problematikou dále zabývat, může v budoucnu sehrát v oblasti, která studuje činnost mozku významnou roli.

Kap. 5 s názvem „zvolené metody zpracování“, popisuje extrémně stručně postup práce při zpracování dizertace a na str. 25 je zakončena větou: *Návrh vlastního modelu BCI, jehož charakteristika bude podrobněji popsána níže. Funkčnost navrženého modelu BCI byla otestována na zvoleném příkladu s robotickou soustavou a vlastních prostředcích. Z dřívějšího textu lze usoudit, že byl zakoupen jeden systém BCI, nebo byla zakoupena jenom jedna část a zbývající část byla dizertantem dodělána. Jak to ve skutečnosti je.*

Na obr. 6 je podle názvu obrázku „návrh modelu BCI“ a následně jsou uvedeny signály, které zřejmě je možné na vstupu získávat. Afektivní signály lze zřejmě získávat prostřednictvím zařízení pro EEG tedy z mozku. Expresivní signály, tj. mimika obličeje a pohyb očí se zřejmě získávají jinak a to asi externí kamerou? Jak se ale získávají kognitivní signály, mi z textu jasné není. Nepoznal jsem tedy, jak a které signály byly pro ověřování návrhu BCI pro ovládání v této práci používány.

Popis systému – reálné architektury v kap. 6.2 vyznačuje jednoznačně záměr dizertační práce a jeho koncepce je z toho teď zcela jednoznačná a dává celé dizertaci jasný smysl. Doposud to bylo ukryto do obecných popisů současného stavu.

Obrázek 6 na str. 27 dává přehled o celém systému plánovaného řízení pomocí signálů z mozku a tím také i o celém systému BCI. Je tam čárkovaně vyznačená poslední uzavírající vazba označená „řízení real time“, což je správné a tato vazba je zřejmě realizována zrakem nebo jinými senzory řídicí osoby. Je to obrázek, který hodně vysvětluje a podle něj mohl být stanoven cíl práce, který by již v úvodu jasněji prezentoval i práci dizertanta.

Na str. 32 je odstavec o mozkové aktivitě a jeho obsah jednoznačně vyznačuje význam celého projektu. Je velmi dobré, že se pracoviště do takového projektu takto zapojilo. Na toto navazuje významná kapitola 6.1 s názvem „Testování BCI v reálných podmínkách“. V podkap. 6.1.1 je spíše naznačeno, než popsáno „Testování robota dětmi“ a k tomu patří obr. 9 a to je prakticky záznam z EEG, ve kterém ale není nic vyhodnoceno a tedy není jasné, jestli se diagram vyhodnocoval tak, aby se z něj odvodily signály pro ovládání reálného zařízení, a to je naznačeno jako jeden z cílů dizertace. Podle popisu pod obr. 7 a je to zkoušení navrženého systému, ale chybí popis jak mohly děti ovládat robota, když měly zavřené oči. Pak neměly potřebnou zpětnou vazbu. V kap. 6.1.3 „Ovládání světel“ je zase příklad ovládání světel a také není popsáno, jestli děti skutečně světla zapínaly a vypínaly.

Pro celkové hodnocení této dizertační práce mohu uvést, že téma je velmi aktuální, ale k vynikajícím výsledkům v této oblasti je ještě daleko, i když na podobném tématu pracuje v řadě významných institucí ve světě. Proto je velmi dobré, že se do tohoto souboru chce Ústav informatiky a umělé inteligence zapojit. Z tohoto pohledu je předložená dizertace velmi aktuální. Podstata problému, jak je v práci uvedeno, je pomoci zvláště tělesně hendikepovaným lidem

k tomu, aby mohli naplno využívat ve svém životě výsledky stále se vyvíjející informační techniky a to je skutečně velmi hodnotné.

Ve vlastní práci je velmi dobře proveden průzkum současného stavu této problematiky a tedy je zřejmé, že autor věnoval zpracování této dizertace hodně úsilí. Odzkoušení návrhu na využití jednoho ze zakoupených zařízení BCI na ovládání reálného zařízení není v práci dobře popsáno a snad ani nebylo provedeno a to celou práci značně znehodnocuje.

K celkovému závěru přistupuji podle poděkování v úvodu, kdy autor děkuje svým nejbližším a přátelům za pomoc při psaní teoretické části diktováním a za pomoc spojenou s testováním a laděním navrženého modelu.

Z tohoto důvodu jsem se blíže informoval o hendikepu, který dizertant má a proto v hodnocení této práce nemohu nepřihlédnout k této skutečnosti.

Práce je svým obsahem v závěrečné části, týkající se zkoušení navrženého systému a jeho testování, poněkud nestandardní a není možné jednoznačně posoudit splnění cílů dizertace a tak doporučit její jednoznačné přijetí.

Vzhledem ke všem skutečnostem uvedeným v tomto posudku, doporučuji, aby dizertant měl možnost tuto dizertační práci obhajovat a v případě úspěšné obhajoby a dobrého hodnocení komise pro obhajoby této dizertační práce, bylo děkanovi navrženo udělit v oboru Inženýrská informatika

Ing. Romanu Žákovi vědecký titul Ph.D.



Přerov 18.8.2017