

OPONENTSKÝ POSUDOK dizertačnej práce

Autorka dizertačnej práce: **Ing. Lucie Pivničková**

Názov dizertačnej práce: **Expertní systém pro diagnostiku poruch rovnovážného ústrojí člověka**

Posudok som vypracoval na základe vymenúvacieho dekrétu dekana FAI UTB ve Zlíně doc. Mgr. Milana Adámka, Ph.D. zo dňa 5.11.2015 podľa príslušných vnútorných predpisov Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a zásad, ktoré všeobecne platia pre hodnotenie dizertačných prác. Na úvod konštatujem, že práca spĺňa formálne požiadavky kladené na dizertačnú prácu a je spracovaná na 91 stranách v 7 kapitolách plus kapitola záveru práce a dve prílohy. V zozname použitej literatúry je uvedených 23 položiek. Zoznam publikačných aktivít autorky dizertačnej práce obsahuje 22 položiek, pričom z toho 13 položiek sú publikačné výstupy a 9 položiek sú softvéry a funkčné vzorky.

1. AKTUÁLNOSŤ ZVOLENEJ TÉMY DIZERTAČNEJ PRÁCE :

Téma dizertačnej práce je vysoko aktuálna, pretože využitie moderných diagnostických techník v medicíne umožňuje urýchliť a spresniť stanovenie diagnózy pacienta, čo prispieva k zlepšovaniu zdravotného stavu obyvateľstva v dnešnej modernej spoločnosti s vysokými nárokmi na psychické aj fyzické zaťaženie jej výkonných jednotlivcov.

2. DOSIAHNUTIE CIEĽOV DIZERTAČNEJ PRÁCE

Hlavný cieľ práce uvedený v kapitole 2. Cieľ práce, a to uplatnenie nových dostupných zariadení pre hodnotenie porúch rovnováhy človeka s možnosťou nasadenia i do ordinácii ambulantných lekárov považujem za splnený. Je to podporené splnením konkrétnych čiastkových cieľov práce, a to najmä:

- úpravou softvéru štandardných zariadení používaných v hernom priemysle za účelom možnosti praktického použitia týchto technológií na ORL pracoviskách,
- vývojom expertného podporného systému pre stanovenie diagnózy pacienta,
- testovaním navrhnutého systému v spolupráci s odbornými lekármi a príslušným vyhodnotením výsledkov experimentov.

3. PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE

Za teoretický prínos práce doktorandky je možné považovať aplikáciu moderných prístupov do systému hodnotenia výsledkov vyšetrenia porúch rovnováhy a návrh príslušných algoritmov slúžiacich ako podporný nástroj diagnostiky.

Za praktický prínos dizertačnej práce považujem vytvorenie softvérovej podpory pre „low cost“ zariadenia z oblasti herného priemyslu s možnosťou uplatnenia pre meranie posturálnej stability v ambulantných ORL ordináciách.

Prínosom práce je aj vykonanie testov navrhnutého a realizovaného diagnostického systému na dvoch rôznych lekárskejších pracoviskách.

4. VHODNOSŤ POUŽITÝCH METÓD RIEŠENIA, SPÔSOB ICH APLIKÁCIE A ÚROVEŇ ZNALOSTÍ V DANOM ODBORE

Vhodnou aplikáciou zvolených metód spracovania dizertačnej práce, a to najmä vykonanou analýzou súčasného stavu problematiky vyšetřovania porúch rovnováhy pacientov, syntézou získaných poznatkov do návrhu a realizácie embedded systému vybaveného softvérovou aplikáciou na meranie parametrov porúch rovnováhy a orientačné stanovovanie diagnózy pacienta, jeho experimentálnym testovaním v reálnej praxi na lekárskejších pracoviskách a vyhodnotením dosiahnutých výsledkov doktorandka preukázala veľmi dobré znalosti a orientáciu vo vedeckých aj experimentálnych metódach spracovania adekvátnych cieľu práce a predmetu skúmania v odbore Inženýrská informatika.

5. FORMÁLNA ÚROVEŇ PRÁCE, PRIPOMIENKY A POZNÁMKY K DIZERTAČNEJ PRÁCI

Po formálnej stránke je práca členená prehľadne s dobrou logickou štruktúrou a nadväznosťou jednotlivých kapitol. V práci však podľa môjho názoru chýba zoznam použitých symbolov a taktiež v texte práce chýbajú odkazy na vlastné publikácie. Grafické prevedenie práce je kvalitné, z hľadiska formátovania textu mám pripomienku k nejednotnému používaniu odrážok, autorka mohla venovať väčšiu pozornosť aj zvislému zarovnávaniu textu na niektorých stranách práce. Ďalšie pripomienky a poznámky k dizertačnej práci (ktoré však podstatne neznižujú kvalitu práce):

- Str. 20: chýbajúca úvodná veta do rozdelenia typu porúch rovnováhy a akoby neukončená veta pri type A, citujem: „typ A: normální typ – laterální úchylky a angulární deviace jsou“.
- Str. 32 a 33: pri niektorých veličinách sú uvedené jednotky (napr. u času t) a pri niektorých nie (napr. v niektorých prípadoch súradníc ťažiska x a y).
- Kap. 3.2: označenie veličín v texte má byť kurzívou.
- Str. 39: vo vzťahoch 4.10 bolo vhodné použiť dolný index tak ako v texte odrážky c).
- Nesprávne číslovanie posledných dvoch vzťahov na str. 43.
- Str. 54: pri 40 pacientoch a vykonaných 98 meraniach nemôže byť vo väčšine prípadov každý pacient meraný trikrát.
- Rôzny spôsob citovania použitej literatúry na str. 83 a 84 a vlastných publikácií na str. 85 a 86.

6. DOPLŇUJÚCE OTÁZKY K RIEŠENEJ PROBLEMATIKE :

- a) Je obdobná problematika riešená aj na niektorých iných univerzitách resp. výskumných pracoviskách?
- b) Na str. 37 uvádzate, že pre rozlíšenie porúch rovnováhy je použitá metóda využívajúca fuzzy logiku v kombinácii so zlatým rezom. Ako konkrétne je využitá fuzzy logika, napr. boli použité nejaké konkrétne funkcie príslušnosti?
- c) Prečo bol na vyhladenie získaných hodnôt použitý práve 5-bodový trojuholníkový kľzavý priemer? (str. 42)
- d) Súbor otázok v aplikácii VAnamneza pozostáva iba zo 4 otázok? (str. 47)
- e) V akých jednotkách sú odchýlky na Obr. 6.1 na str. 50?


7. CELKOVÉ ZHODNOTENIE DIZERTAČNEJ PRÁCE A ZÁVER:

Výsledky dosiahnuté pri riešení problematiky dizertačnej práce sú vhodným príspevkom pre potenciálne vytvorenie komplexného systému vyšetrenia rovnováhy človeka cieleného na podporu ambulantným lekárom pri diagnostike pacientov s vestibulárnymi problémami a sú v súlade s trendmi využívania moderných informačných technológií a pokročilých algoritmov v medicínskej diagnostike.

Predloženou dizertačnou prácou doktorandka Ing. Lucie Pivníčková preukázala schopnosť riešiť vedecko-technické problémy aj s následným praktickým využitím a preto

dizertačnú prácu **doporučujem** k obhajobe.

Prešov, 8.12.2015


doc. Ing. Jan Píteř, PhD.
oponent

doc MUDr Mojmír Lejska, CSc., MBA

AUDIO-Fon centr sro

Obilní trh 4, 602 00 Brno

Tel. 541 24 65 98

mail: audio.fon@volny.cz

www.audiofon.cz

Oponentský posudek

-disertační práce

Téma práce: **Expertní systém pro diagnostiku poruch rovnovážného ústrojí člověka**
Doktorand: **Ing. Lucie Pivníčková**
Školitel: **Prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.**
Obor: **Inženýrská informatika**
Pracoviště: **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky**

Oponentský posudek byl vypracován na základě jmenování děkanem Fakulty aplikované informatiky UTB ve Zlíně ze dne 5.11.2015

Předložená disertační práce obsahuje 82 stran textu a 2 přílohy. V seznamu literatury je uvedeno 23 položek, odborný životopis a seznam publikační činnosti autorky.

Vybrané téma disertační práce „**Expertní systém pro diagnostiku poruch rovnovážného ústrojí člověka**“ je dostatečně aktuální. Oblasti lidských vjemů a pocitů, kam patří i pocity nestability, nejistoty či závratí, jsou všechny nové přístupy potřebné a očekávané. Každý posun v poznání této oblasti lidského života je tedy přijímán pozitivně s možností na zlepšení diagnostiky či léčby závrativých stavů člověka. Z tohoto pohledu je vybrané téma, kterému se doktorandka věnuje již několik let, velmi aktuální a dobře vybrané.

Postura člověka, tedy schopnost udržovat vzpřímené postavení je u člověka ve všech okamžicích řízena třemi periferními systémy a centrálními sjednocujícími jádry mozkového kmene. Pouze vzájemné působení všech čtyř výše jmenovaných systémů dokáže udržet člověka ve vzpřímeném postoji. Vzájemné působení, tedy jakási harmonie všech jmenovaných systémů se dá posoudit v současnosti nejlépe na posturografické plošině. Zde se na základě spontánním výkyvů stojícího člověka počítačově posuzuje řada parametrů, které posturu člověka ovlivňují. Obvykle se jedná o dráhu a plochu opsanou na plošině v klidu stojícího vyšetřovaného, pak poměry předo/zadní, pravo/levý jejich poměr a porovnání hodnot při stání s otevřenýma a zavřenýma očima.

Přestože se zdá, že každý nemocný člověk se „kymácí“ jinak, existuje řada potvrzených hodnot měření, které lze s větší či menší jistotou přiřadit k jednotlivým typům poruchy postury. Čím přesnější je taková metoda zpracování posturografických dat, tím se více můžeme o schopnosti udržet rovnováhu dovědět a případně i cíleně medicínsky zasáhnout.

Práce je dělena do 7 kapitol. Budu se více věnovat těm kapitolám, které mají původ či dopad v poznacích o funkci a činnosti lidského těla. Metody výpočtů moje recenze bude posuzovat pouze okrajově.

Kapitola 1: Současný stav řešené problematiky

Odpovídá zadání celé práce. Popisuje základní fyziologické mechanismy v udržení postury člověka a současně je provedeno shrnutí vyšetřovacích metod, které jsou založeny na hodnocení penetrace pocitů nestability do vlastního postoje.

Nelze však souhlasit se zde uvedeným tvrzením (str. 12), že cit.:“ Tato práce se zabývá návrhem a přípravou metod objektivního hodnocení poruch rovnovážného systému.“ konec citace.

cit.:“Základním příznakem poruchy rovnováhy vestibulárního původu je závrať, spojená vegetativními a psychickými doprovodnými reakcemi.“, konec citace.

Kapitola 2.: Cíl práce

Cíl práce, který je avizován i v názvu celé práce je tvorba Expertního systému pro diagnostiku poruch rovnovážného ústrojí člověka. Podle autorky bude postupováno v bodech 1-7

1. Seznámení s problematikou vyšetření poruch rovnováhy
2. Sběr a analýza relevantních dat
3. Uplatnění herních zařízení na pracovištích ORL
4. Vývoj expertního podpůrného systému pro určení diagnózy
5. Testování navrženého systému
6. Vyhodnocení výsledků praktických experimentů
7. Úprava systému na základě výsledků vyhodnocení

Zde uvedeno, cit.: „Výsledkem disertační práce by měl být komplexní systém vyšetření rovnováhy u člověka,“ konec citace (str 29)

Kapitola 3: Teoretický základ

Dobře osvětlen základní matematický model zpracování výsledků na posturografické plošině a je správně poukázáno na nejednost při hodnocení, přestože se jedná o hodnocení matematické a automatické – viz tabulky.

V odstavci Základy fuzzy logiky je i pro matematického laika jasně a jednoduše vysvětlen základ zde použité matematické metody, tak aby i z nestejných nejednotných či pouze předpokládaných dat, bylo možno vytvořit jasné závěry.

Kapitola 4: Příprava expertního systému

Autorka vychází z dat, která byla získána na dvou klinických pracovištích, podrobným vyšetřením skupiny pacientů. Cílem je nalézt takové matematické vzorce výsledků, které v rámci fuzzy logiky lze přiřadit k jednotlivým předem stanoveným a ohraničeným klinickým diagnózám.

Matematické vysvětlení jak hodnoty mediánu, tak i zlatého řezu jsou jasně a věcně vyloženy, a to především pomocí praktického příkladu, že jsou i pro laika pochopitelné.

Kapitola 5: Návrh a implementace komplexního systému vyšetření

Podrobně vysvětlena funkce expertního systému, který byl vložen do Wii plošiny. Dále je zde i program VAnamnéza, který ač zpracovává anamnestická data umožňuje na základě pouhé

procentuální pravděpodobnosti stanovit míru pravděpodobnosti otogenní závratí. Množství otázek je zde redukováno, podle původního návrhu, na 4 oblasti. Je dostačující.

Kapitola 6: Vyhodnocení praktických experimentů

Nejprve provedeno hodnocení vzájemné validity naměřených hodnot na ST -02 plošině a Wii plošině. Porovnání bylo provedeno čistě statisticky, podle metod porovnání meridiánů směrodatných odchylek. Obecně potvrzeny vysoká shoda obou plošin.

V další části této kapitoly bylo provedeno porovnání výsledků změřených na plošině ST-02 a na plošině Wii v závislosti na anamnestických datech, která byla získána při rozhovoru s pacientem. Nápadná je vysoká neshoda všech typů výsledků. Neshoda je o to vyšší, oč detailněji se lékař k příznaku závratí má vyjádřit.

Je třeba připomenout, že posturografická plošina ST-02 nemá za cíl stanovit jakýkoliv zavšeobecnující závěr ohledně diagnózy. Takový závěr je vždy konstrukcí vyšetřujícího na základě řady údajů, a ne pouze posturografického měření. Kromě toho platí, že metoda hodnocení VAnamnéza je screeningová a slouží pouze k všeobecnému posouzení závrativých stavů. Zde uvedené výsledky nejsou všeobecně platné, ale pouze vztažené k tomu kterému vyšetřujícímu. Proto velmi správně hodnoceno v závěru kapitoly, cit:“ Výstup metody nebude nejpravděpodobnější diagnóza, jak právě ukazovala předchozí porovnání, ale procentuální příslušnost ke skupině potenciálních diagnóz.“, konec citace.

Kapitola 7: Rozbor parametrů z praktických experimentů

V poslední kapitole je provedena korekce počítaných hodnot metodou vynesení rozptylu hodnot. Bylo při tom konstatováno, že pocit závratí, jakéhokoliv druhu je vlastní součástí většiny onemocnění s poruchou postury. Lékař přidává na základě širší palety vyšetření, komplexní anamnézy, ale především vlastních zkušeností diferenciacní parametry mezi jednotlivé podobné typy závrativých stavů. Podobný parametr nemůže být nikdy očekáván od měřící soupravy.

Posuzování pomocí fuzzy logiky se proto zdá jako nejbližší vlastnímu subjektivnímu rozhodování lékaře.

Splnění cíle a přínos autora

Cíle práce stanovená v kapitole 2 byly naplněny se znalostí problematiky. Tak jak jsou prezentovány v předložené práci je možno konstatovat, že byly splněny. Považuji za významné, že z práce lze konstatovat teoretickou průpravu autorky v dané problematice. Všechny výsledky byly následně prakticky ověřeny. Jako nejlépe lze hodnotit část, která koriguje předběžné výstupy podle hodnot z praktického ověření.

Významná je metoda zpracování nestejných hodnot do široké pravděpodobnosti fuzzy logiky.

Zvolené metody zpracování

Metody zpracování práce a naplňování dílčích cílů vyplývají ze současného stavu poznání. V práci byly skloubeny poznatky o diagnostice závrativých stavů s metodami matematickými.

I pro laika je zřejmé, že nelze použít metod korektní aplikace jistých číselných hodnot, ale že je nutností nalézt metodu, která by hodnotila pravděpodobnost příslušnosti obecných příznaků k předem stanoveným diagnózám.

Význam práce pro praxi

Jedná se o disertační práci, která je kompletně soustředěna na praktické využití zjištěných poznatků a vytvořených systémů. Obsah práce je otevřením dveří k zlepšení posuzování vysoce individuálních lidských vjemů a pocitů. Je zde nepochybná snaha vytvořit prakticky využitelný měřicí systém včetně jeho hardwareového i softwareového vybavení pro zlepšení, zjednodušení a zpřesnění diagnostiky poruch lidské postury.

Publikační aktivita disertanta

Publikační aktivita autorky je uvedena na str 85 – 87. Obsahuje 13 publikací, z nichž většina jsou publikované příspěvky z odborných konferencí. Doktorandka je první autorkou v 7 pracích. Další 9 uvedených publikačních položek bylo uvedeno ve formě Softwareové a funkční vzorky, kde je 3x první autorkou.

Formální a jazyková úroveň

Celá práce je po formální a jazykové stránce velmi dobře provedena. Kapitoly jsou logicky řazeny a základní informace je postupně podrobně vysvětlována. Kvalita celé práce včetně grafů, obrázků a tabulek je vysoká.

Dotazy

- Je si autorka vědoma skutečnosti, že se snaží subjektivní projevy matematicky objektivizovat?
- Jak si lze vysvětlit tak významný rozpor mezi závěry provedenými lékaři a mezi závěry stanovenými expertním systémem ?
- Proč (obrázek 6,1) je nápadné zvětšení neshody mezi výsledky ST-02 a Wii pro dráhu při zavřených očích a pravolevý vektor při zavřených očích ?
- Považuje autorka zde řešený problém za uzavřený nebo spíše vhodný k dalšímu zkoumání ?

Závěrečné hodnocení

Ing Lucie Pivníčková zpracovala stanovené téma v možnostech současného poznání. Hlavním komplikujícím faktorem je lidská rozmanitost jak ve vlastních prožitcích, tak i v jejich interpretaci. Jako prioritní vidím využití fuzzy logiky do čistě biologických systémů.

Dle mého názoru předložená disertační práce splňuje podmínky pro disertační práce a podle
Zákona o vysokých školách ji

d o p o r u č u j i k o b h a j o b ě

V Brně dne 16.11.2015

doc MUDr Mojmír Lejska, CSc., MBA





Oponentský posudek dizertační práce

Ing. Lucie Pivničková: Expertní systém pro diagnostiku poruch rovnovážného ústrojí člověka

Cílem práce je návrhem podpůrného expertního systému pro vyhodnocení výsledků vyšetření prováděné na statické posturografické plošině.

Předložená disertační práce respektuje obvyklé metody návrhu a realizace vědeckého experimentu včetně následné analýzy měřených výsledků. Autorka práce kvalitně shrnula a popsala stávající stav výzkumu řazení pacienta do dané klasifikační třídy pro podporu diagnostiky.

Předložená dizertační práce ke státní doktorské zkoušce popisuje v úvodu současné obvyklé metody vyšetření rovnovážného ústrojí a poruch vestibulárního aparátu společně s detailním rozбором vyšetřovacích zkoušek a přístrojové techniky.

Součástí řešení práce byl návrh a realizace metodiky měření, využití měřícího řetězce pro záznam fyziologických parametrů včetně sestavení algoritmického zpracování metodiky měření a vyhodnocení. Následné předzpracování získaných dat ve spolupráci s ORL pracovišti, na velkém množství vzorků umožnilo získání potřebného statisticky významného souboru dat k dalšímu zpracování.

Hlavní částí práce pak tvoří návrh a implementace komplexního systému vyšetření a návrh expertního podpůrného systému pro určení diagnózy, které umožnilo vyhodnotit výsledky mezi Wii Nintendo a ST-02 a STP-03 ze dvou nezávislých pracovišť.

Autorka práce velmi dobře rozvedla klasické metodiky vyšetření včetně různých režimů, jak jsou v praxi realizována. V práci je rozveden návrh a optimalizace softwarových aplikací pro měření na herních zařízeních v závislosti na praktickém používání a potřebách daného pracoviště. Výsledkem je vyvinutý expertní podpůrný systém pro určení diagnózy zaměřeného na přípravu expertního systému pro diagnostiku závrativých stavů s využitím moderních metod umělé inteligence a fuzzy logiky. Na základě získaných naměřených dat byly připraveny dva experimentální expertní systémy využívající moderních metod umělé inteligence a fuzzy logiky. Systém byl úzce konzultován s lékaři a testován v praxi.

V předložené práci je citováno celkem 23 původní prací, majících vztah ke zpracovávané tématice. Jsou zde obsaženy práce se zaměřením medicínským i technickým. Autorka čerpala z domácích i zahraničních pramenů. Převážná většina prací je aktuálních, tj. publikovaných v posledním desetiletí. Během doktorandského studia, publikovala autorka celkem třináct prací, kde je hlavním autorem a realizovala devět původních funkčních vzorků a softwarů.

Zpracování textu je velmi přehledné a pečlivé. Věty jsou formulovány srozumitelně a na dobré jazykové úrovni. Po formální stránce je předložená disertační práce v pořádku.

Vysoce hodnotím komplexní multidisciplinární přístup studentky k řešení problematiky disertační práce. Autorka se metodicky správně zhostila návrhu a realizace modelu a jeho ověřování.

Připomínky k práci:

- Nemohl by být specifikován blíže postup a realizace návrhu expertního systému pro podporu diagnostiky s využitím fuzzy logiky a umělé inteligence?
- Neměly by být výsledky a popisy tabulky 6.7 a tab. 6.8 porovnání diagnóz Wii vztahovány spíše k měření na plošině STP -03?
- V kap. 7. první odstavec, je vysvětlení vyhodnocení algoritmem VAanalýza , ale implementace algoritmu není nikde v práci popsána.



Oponentský posudek dizertační práce

- Na straně 78 až 80 jsou obrázky 7.15 a 7.16b, a z 17c, kde jsou obrázky 7.16 na který se odkazuje text v závěrečném zhodnocení 7.2.1? a kde jsou obrázky 7.16a, a 7.17a a 7.17b?
- Současně s předchozím dotazem na odkaz na neexistující obrázky není možno dohledat parametr BPVV s 18.3% s Centrální diagnózou, kde je možné tyto informace ověřit?
- V kapitole 7.2.1 je text „Z tohoto je patrné, že se od diagnózy stanovené vyšetřujícím lékařem výrazně neliší. „, a stejně tak konstatování dále na stejné straně „ následující diagnózy .. se procentuálně výrazně neliší“ - toto konstatování není technicky správné a mělo by být podpořeno číselnými hodnotami!
- Nejsou uvedeny jednotky na vertikálních osách grafů 6.1 a 7.1 – 7.12. Jaké jednotky by zde měly být uvedeny. Jedná se snad o bezrozměrné veličiny?
- Proč nejsou měřítka u grafů 7.1 – 7.12 ve stejných rozsazích znesnadňuje to porovnání jednotlivých rozmezí parametrů?
- Citace literatury není podle normy. Citace jsou neúplné, chybí např. ISBN, a zpřesňující identifikační údaje.

Dotazy k práci:

1. Z jakého důvodu docházelo k odchylkám měření mezi Wii a ST-02 při W zavřené a Lat zavřené výrazně větší než u jiných měření viz. Obr. 6.1 strana 50?
2. Proč myslíte, že se lišily porovnání diagnóz lékaře s diagnózou navrženou expertním systémem v dílčích částech srovnání „s“ a „bez“ poruchy na obou měřicích systémech ST,02 a Wii viz. výsledky strana 51 – 57?
3. Byly zkoumány možnosti zpřesnění diagnózy expertním systémem o doplnění zmíněných vstupů jako audiologické vyšetření, anamnéza aj.. v kap 7.2.1 poslední odstavec?

Kladně lze hodnotit i fakt, že práce vznikla ve spolupráci se dvěma klinickými pracovišti a že její realizace byla podpořena několika granty, což svědčí o tom, že práce nevznikla samoúčelně a může najít uplatnění při dalším výzkumu studované problematiky.

Po vyhodnocení takto získaných zkušeností mohu konstatovat, že autorka se dobře zhostila úkolu a plánovaného cíle bylo v plném rozsahu dosaženo.

Vzhledem k výše uvedenému **doporučuji disertační práci k obhajobě.**

V Ostravě dne 4. 12. 2015


Ing. Marek Penhaker, Ph.D.
VŠB – Technická univerzita Ostrava, FEI