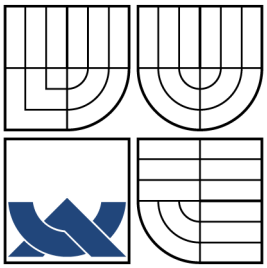
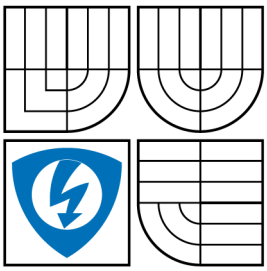


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

ANALÝZA ŘEČOVÝCH PROMLUV PRO IT DIAGNOSTIKU NEUROLOGICKÝCH ONEMOCNĚNÍ

ANALYSIS OF SPEECH SIGNALS FOR THE PURPOSE OF NEUROLOGICAL DISORDERS IT DIAGNOSIS

DIZERTAČNI PRÁCE
DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE — Ing. JIŘÍ MEKYSKA
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — prof. Ing. ZDENĚK SMÉKAL, CSc.
SUPERVISOR

BRNO 2014

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem systému analýzy hypokinetické dysartrie, jakožto poruchy motorické realizace řeči, která se vyskytuje u přibližně 90 % pacientů s Parkinsonovou nemocí. Pozornost je zde věnována především parametrizačním technikám, pomocí kterých je možné toto onemocnění diagnostikovat, monitorovat a odhadnout jeho progresi. Dále jsou v práci nalezeny řečové parametry, které nejvíce korelují se subjektivními testy, a pomocí kterých je možné odhadnout hodnoty různých hodnotících škál, jako např. unifikované škály pro hodnocení Parkinsonovy nemoci (UPDRS), či testu kognitivních funkcí (MMSE). V práci je rovněž navržen protokol akvizice dysartrické řeči, který lze v kombinaci s akustickou analýzou použít k odhadu zatížení hypokinetickou dysartrií v oblasti faciokineze, fonorespirace a fonetiky (korelace s 3F testem). Z hlediska parametrizace jsou pak v práci uvedeny zcela nové parametry založené na modulačním spektru, sluchové struktuře, bikepstru, aproximační a vzorkové entropii, empirické modální dekompozici a singulárních bodech. Všechny navržené techniky jsou integrovány do uceleného konceptu systému tak, že je možné jej implementovat v nemocnici a používat k výzkumu či hodnocení tohoto onemocnění.

KLÍČOVÁ SLOVA

Hypokinetická dysartrie, Parkinsonova nemoc, parametrizace řeči, zpracování řečových signálů, objektivní analýza, diagnóza, monitorování, odhad progrese, bikepstrum, modulační spektrum, nelineární dynamické parametry.

ABSTRACT

This work deals with a design of hypokinetic dysarthria analysis system. Hypokinetic dysarthria is a speech motor dysfunction that is present in approx. 90 % of patients with Parkinson's disease. The work is mainly focused on parameterization techniques that can be used to diagnose or monitor this disease as well as estimate its progress. Next, features that significantly correlate with subjective tests are found. These features can be used to estimate scores of different scales like Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) or Mini–Mental State Examination (MMSE). A protocol of dysarthric speech acquisition is introduced in this work too. In combination with acoustic analysis it can be used to estimate a grade of hypokinetic dysarthria in fields of faciokinesis, phonorespiration and phonetics (correlation with 3F test). Regarding the parameterization, features based on modulation spectrum, inferior colliculus coefficients, bicepstrum, approximate and sample entropy, empirical mode decomposition and singular points are originally introduced in this work. All the designed techniques are integrated into the system concept in way that it can be implemented in a hospital and used for a research on Parkinson's disease or its evaluation.

KEYWORDS

Hypokinetic dysarthria, Parkinson's disease, speech parameterization, speech signal processing, objective analysis, diagnosis, monitoring, progress estimation, bicepstrum, modulation spectrum, non-linear dynamic features.

MEKYSKA, Jiří *Analýza řečových promluv pro IT diagnostiku neurologických onemocnění*: dizertačni práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2014. 161 s. Vedoucí práce byl prof. Ing. Zdeněk Smékal, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou doktorskou práci na téma „Analýza řečových promluv pro IT diagnostiku neurologických onemocnění“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího doktorské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené doktorské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této doktorské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno ....

(podpis autora)

VEDOUCÍ PRÁCE prof. Ing. Zdeněk Smékal, CSc.
SUPERVISOR

ŠKOLITEL SPECIALISTA prof. Marcos Faundez-Zanuy, Ph.D.
CO-SUPERVISOR Escola Universitària Politècnica de Mataró (UPC), Spain

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval své rodině a blízkým přátelům za obrovskou podporu během mé vědecké práce.

Dále bych rád poděkoval prof. Ing. Zdeňku Smékalovi, CSc. nejen za vedení této dizertace, ale zejména za to, že mi v životě umožnil vstoupit do této vědní disciplíny, že mě zasvětil do teorie zpracování signálů a pomohl mi směřovat mou výzkumnou činnost až na mezinárodní úroveň.

Dále bych rád poděkoval prof. MUDr. Ireně Rektorové, Ph.D., která mi umožnila transferovat mou vědeckou práci do reálného prostředí a integrovat ji do výzkumu Parkinsonovy nemoci prováděného neurology. Toto v mém životě považuji za velkou satisfakci a jsem rád, že můj výzkum nezůstal jen na papíře.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank my family and close friends for great support during my scientific work.

Next, I would like to thank prof. Ing. Zdeněk Smékal, CSc., not only for supervision of this work, but for making it possible for me to enter this field of science, for his effort when introducing me signal processing theory and for guidance of my research up to the international level.

Also, I would like to thank prof. MUDr. Irena Rektorová, Ph.D., who made it possible to transfer my research into real environment and integrate it into research on Parkinson's disease made by neurologists. I am taking that as a big satisfaction in my life and I am happy that my research wasn't kept only on paper.

Brno ....

(podpis autora)

Faculty of Electrical Engineering
and Communication
Brno University of Technology
Purkynova 118, CZ-61200 Brno
Czech Republic

http://www.six.feec.vutbr.cz

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum popsaný v této doktorské práci byl realizován v laboratořích podpořených z projektu SIX; registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operační program Výzkum a vývoj pro inovace.

Brno . . . . . .

. . . . . .

(podpis autora)

EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

OP Výzkum a vývoj
pro inovace

OBSAH

Úvod **14**

1 Hypokinetická dysartrie a Parkinsonova nemoc **18**
1.1 Patologická řeč 18
1.2 Hypokinetická dysartrie 21
1.2.1 Fonace 21
1.2.2 Artikulace 22
1.2.3 Prozodie 23
1.2.4 Plynulost řeči 23
1.2.5 Léčba hypokinetické dysartrie 23

2 Metody analýzy patologické řeči **26**
2.1 Databáze 26
2.1.1 MEEI Disordered Voice Database 26
2.1.2 PdA Database 27
2.1.3 IDeTIC Multiquality Database 28
2.1.4 Pravidlo třiceti 28
2.2 Řečové parametry 29
2.2.1 Parametry popisující fonaci 29
2.2.2 Parametry popisující tempo řeči 30
2.2.3 Parametry popisující pauzování 31
2.2.4 Parametry popisující hybnost jazyka 31
2.2.5 Parametry popisující diadochokinetické úlohy 32
2.2.6 Parametry popisující kvalitu řeči 33
2.2.7 Segmentální parametry 34
2.2.8 Parametry založené na bispektru 35
2.2.9 Parametry založené na vlnkové dekompozici 35
2.2.10 Parametry založené na empirické modální dekompozici 35

2.2.11 Nelineární dynamické parametry . . . 36
2.2.12 Vysokoúrovňové parametry . . . 37
2.3 Zpracování řečových parametrů . . . 37
2.4 Úspěšnost identifikace Parkinsonovy nemoci . . . 38

3 Nové přístupy analýzy hypokinetické dysartrie 40
3.1 Protokol akvizice dysartrické řeči . . . 40
3.1.1 Test 3F: Dysartrický profil . . . 41
3.1.2 Protokol řečových cvičení . . . 42
3.1.3 PARCZ databáze . . . 46
3.2 Koncept analýzy hypokinetické dysartrie . . . 47
3.3 Nové parametrizační metody . . . 51
3.3.1 Parametry založené na modulačním spektru . . . 52
3.3.2 Parametry založené na sluchové struktuře . . . 54
3.3.3 Parametry založené na bikepstru . . . 55
3.3.4 Aproximační a vzorková entropie založené na různých funkcích jádra . . . 58
3.3.5 Parametry založené na empirické modální dekompozici . . . 60
3.3.6 Parametry popisující diadochokinetické úlohy . . . 61
3.3.7 Vysokoúrovňové parametry . . . 65

4 Ukázky použití navrženého systému 67
4.1 Identifikace patologické řeči . . . 67
4.1.1 Pacienti a metody . . . 67
4.1.2 Výsledky a diskuse . . . 68
4.2 Identifikace Parkinsonovy nemoci z diadochokinetických úloh . . . 77
4.2.1 Pacienti a metody . . . 77
4.2.2 Výsledky a diskuse . . . 78
4.3 Vliv rTMS na řeč pacientů s Parkinsonovou nemocí . . . 83
4.3.1 Pacienti a metody . . . 83
4.3.2 Výsledky a diskuse . . . 85
4.4 Korelační analýza mezi klinickými a paraklinickými daty . . . 88
4.4.1 Pacienti a metody . . . 88
4.4.2 Výsledky a diskuse . . . 90

5 Diskuse 97
5.1 Výhody a nevýhody navrženého konceptu . . . 97
5.2 Možné aplikace nově navrženého konceptu . . . 99
5.3 Fúze paraklinických dat s dalšími modalitami . . . 100
5.4 Integrace navrženého konceptu do oblasti telemedicíny . . . 100

6 Závěr **103**

Literatura **107**

Seznam zkratek **128**

Seznam příloh **139**

A Přehled parametrů používaných v této práci **140**

B Plné znění textu čteného při vyšetření v položkách 9.4 a 9.4-l používaného protokolu **149**

C Významné parametry vybrané Mann-Whitneyho testem při identifikaci patologického hlasu **150**

Publikace autora **154**

Curriculum Vitæ **158**

SEZNAM OBRÁZKŮ

3.1 Koncept analýzy hypokinetické dysartrie. 49
3.2 Funkce $\psi[l]$ vypočítaná pro zdravou a patologickou samohlásku [a] z databáze PdA. 53
3.3 Funkce $\xi[p]$ vypočítaná pro zdravou a patologickou samohlásku [a] z databáze PdA. 55
3.4 Srovnání průběhů funkcí jednorozměrného bikesptrálního indexu $\rho[n]$ a reálného kepstra $c[n]$ vypočítaných pro prodloužený vokál [a] vyslovený zdravým řečníkem. V grafu je zobrazeno pouze prvních 101 vzorků. 57
3.5 Diadochokinetická úloha „pa-ta-ka“ vyslovená zdravým řečníkem z databáze PARCZ. 63
3.6 Diadochokinetická úloha „pa-ta-ka“ vyslovená pacientem s Parkinsonovou nemocí z databáze PARCZ. 64
4.1 Odhady rozdělení pravděpodobnosti (založeny na Gaussových funkcích jádra) nejvýznamnějších parametrů ve scénářích M1 – 3, P1 – 3 a C1 – 3. 72
4.2 Odhady rozdělení pravděpodobnosti (založeny na Gaussových funkcích jádra) nejvýznamnějších parametrů ve scénářích D1 – 3. 80
4.3 Rozdělení hodnot vybraných parametrů: a) rozsah TKEO pro samohlásku [a]; b) jitter pro samohlásku [e] (A udává rozdělení hodnot parametru ve skupině pacientů před rTMS stimulací, B udává toto rozdělení po rTMS stimulaci SM1 a K udává rozdělení hodnot parametru ve skupině kontrolních řečníků). 87
5.1 Integrace navrženého konceptu do oblasti telemedicíny. 101

SEZNAM TABULEK

2.1 Statistické charakteristiky MEEI databáze. 27
2.2 Úspěšnost identifikace patologické řeči u databáze MEEI. 27
2.3 Statistické charakteristiky PdA databáze. 28
2.4 Úspěšnost identifikace patologické řeči u databáze PdA. 28
2.5 Úspěšnost identifikace patologické řeči u databáze IDeTIC. 28
2.6 Hellwagův trojúhelník (klasifikace vokálů z hlediska polohy jazyka) [186]. 32
2.7 Úspěšnost identifikace PN dle vybraných publikací. 39
3.1 Protokol řečových cvičení. 43
3.2 Statistické charakteristiky PARCZ databáze. 47
3.3 Charakteristiky pacientů v PARCZ databázi. 48
4.1 Přehled výsledků identifikace patologické řeči vyjádřený jako stř. h. ± std [%]. 70
4.2 Nejlepší hladiny významnosti (vypočítané pomocí Mann-Whitneyho U testu) pro 36 nových prametrů navržených v této práci. 74
4.3 Statistická analýza a klasifikace diadochokinetických úloh. 79
4.4 Výsledky klasifikace Parkinsonovy nemoci při použití metody selekce řečových příznaků SFFS. 82
4.5 Demografické a klinické charakteristiky pacientů s PN. 84
4.6 Statistická analýza u předříkávaných vět 9.2-1 až 9.2-5 (viz protokol v kap. 3.1.2). 85
4.7 Statistická analýza u čtených vět 8.2-1 až 8.2-3 (viz protokol v kap. 3.1.2). 86
4.8 Statistická analýza samohlásek vyslovených dlouze a s maximální intenzitou (viz protokol v kap. 3.1.2). 86
4.9 Korelační analýza klinických a paraklinických dat u ženské části pacientů. 91
4.10 Korelační analýza klinických a paraklinických dat u mužské části pacientů. 92

A.1 Parametry popisující fonaci. 140
A.1 Parametry popisující fonaci. 141
A.2 Parametry popisující tempo řeči. 141
A.3 Parametry popisující pauzování. 141
A.4 Parametry popisující hybnost jazyka. 141
A.4 Parametry popisující hybnost jazyka. 142
A.5 Parametry popisující diadochokinetické úlohy. 142
A.5 Parametry popisující diadochokinetické úlohy. 143
A.6 Parametry popisující kvalitu řeči. 144
A.7 Segmentální parametry. 144
A.7 Segmentální parametry. 145
A.8 Parametry založené na bispektru. 145
A.9 Parametry založené na bikepstru. 145
A.10 Parametry založené na vlnkové dekompozici. 146
A.11 Parametry založené na empirické modální dekompozici. 146
A.11 Parametry založené na empirické modální dekompozici. 147
A.12 Nelineární dynamické parametry. 147
A.12 Nelineární dynamické parametry. 148
A.13 Parametry založené na modulačním spektru. 148
A.14 Parametry založené na modelu sluchové struktury. 148
C.1 10 nejvýznamnějších parametrů vybraných Mann-Whitneyho U testem ve scénáři M1: MEEI, ženy. 150
C.2 10 nejvýznamnějších parametrů vybraných Mann-Whitneyho U testem ve scénáři M2: MEEI, muži. 150
C.3 10 nejvýznamnějších parametrů vybraných Mann-Whitneyho U testem ve scénáři M3: MEEI, obě pohlaví. 151
C.4 10 nejvýznamnějších parametrů vybraných Mann-Whitneyho U testem ve scénáři P1: PdA, ženy. 151
C.5 10 nejvýznamnějších parametrů vybraných Mann-Whitneyho U testem ve scénáři P2: PdA, muži. 151
C.6 10 nejvýznamnějších parametrů vybraných Mann-Whitneyho U testem ve scénáři P3: PdA, obě pohlaví. 152
C.7 10 nejvýznamnějších parametrů vybraných Mann-Whitneyho U testem ve scénáři C1: PARCZ, ženy. 152
C.8 10 nejvýznamnějších parametrů vybraných Mann-Whitneyho U testem ve scénáři C2: PARCZ, muži. 152
C.9 10 nejvýznamnějších parametrů vybraných Mann-Whitneyho U testem ve scénáři C3: PARCZ, obě pohlaví. 153

ÚVOD

Počet lidí s neurodegenerativními onemocněními rapidně roste. Např. u Alzheimerovy choroby mezinárodní organizace ADI (Alzheimer Disease International) ve své výroční zprávě World Alzheimer Report 2013 uvádí, že v roce 2010 bylo na světě 350 mil. lidí, u nichž byla tato choroba diagnostikována (prevalence činí 5,1 %) [199]. Dále je odhadováno, že tento počet do roku 2030 vzroste na 488 mil. (5,9 %) a do roku 2050 na 614 mil. (6,6 %), což by byl oproti roku 2000 nárůst o 110 %. To bude mít samozřejmě obrovský sociální a ekonomický dopad na společnost. Náklady spojené s léčbou této choroby, sociálním začleňováním a nepřímé náklady byly v roce 2010 dohromady vyčísleny na $ 604 mld. Je předpokládáno, že do roku 2030 tyto náklady vzrostou o 85 % na $ 1,117 bn. [199, 272]. Kromě Alzheimerovy choroby existují i další neurodegenerativní onemocnění, jako např. Parkinsonova nemoc, mnohotná systémová atrofie, Huntingtonova choroba, amyotrofická laterální skleróza, atd. Obecně je možné neurodegenerativní onemocnění diagnostikovat pomocí klinických, paraklinických a genetických vyšetření. Nicméně s největší přesností je možné onemocnění diagnostikovat až při autopsii [92, 136, 224].

S rozvojem informačních technologií došlo během posledních dvou dekád i k velkému výzkumu paraklinických diagnostických metod, které jsou neivazivní. Mezi ně mj. patří i analýza řečových signálů. Kromě toho, že není tento druh diagnózy pacientovi nepříjemný, je velkou výhodou tohoto přístupu rychlá, objektivní a zpravidla ne tolik nákladná diagnóza. Nicméně nevýhodou je to, že přesnost diagnózy závisí na vhodném návrhu a implementaci parametrizačních algoritmů. V případě, že je pak diagnóza zcela automatizovaná, je přesnost rovněž ovlivněna klasifikačním algoritmem a databází, pomocí které byl diagnostický systém natrénován. Díky těmto nevýhodám není zatím tento druh diagnózy samostatně používán, avšak dokáže neurologům usnadnit, zefektivnit a urychlit práci, a do budoucna má vysoký potenciál.

V této práci bude pozornost věnována druhému nejčastěji se vyskytujícímu neurodegenerativnímu onemocnění, a sice Parkinsonově nemoci (PN). *Cílem práce je*

návrh nového, komplexního a robustního konceptu systému analýzy Parkinsonovy nemoci, který bude založen na moderních technikách zpracování řečových signálů. Konkrétně by měly být v práci splněny tyto požadavky:

1. Návrh protokolu, pomocí kterého by probíhala akvizice dysartrické řeči tak, aby bylo možné následně dle akustické analýzy odhadnout hodnoty jednotlivých položek 3F testu, který hodnotí oblast faciokineze, fonorespirace a fonetiky. (*akvizice*)
2. Návrh nových parametrizačních metod, pomocí kterých bude možné Parkinsonovu nemoc identifikovat. (*diagnóza*)
3. Analýza řečových příznaků, které lze využít ke sledování změny řeči pacientů po medikaci či stimulaci mozku. (*monitoring*)
4. Nalezení řečových příznaků, které signifikantně korelují se subjektivními testy prováděnými neurology, neurologickými logopedy a psychology. (*určení progrese a tíhy onemocnění*)
5. Integrace všech navržených postupů a metod do jednotného konceptu analýzy hypokinetické dysartrie. (*systém*)

Hned na začátku je nutné zdůraznit, že účelem tohoto systému není nahrazení neurologa při diagnóze tohoto onemocnění, ale zefektivnění jeho práce, zpřesnění diagnózy a možnost hlubšího výzkumu tohoto onemocnění s pozitivním impaktem na zdraví léčených pacientů. Díky možnosti objektivní analýzy je možné systém využít např. k těmto účelům: diagnóza PN [25, 26, 116, 217]; odhad progrese onemocnění [17, 148, 149, 235, 238]; sledování vývoje pacientova stavu (monitoring) [236]; sledování vlivu medikace pomocí Levodopa (L-DOPA[1]) a rychlé přizpůsobení dávek [96, 97, 233]; sledování vlivu různých léčebných metod (např. LSVT LOUD®, repetitivní transkraniální magnetické stimulace rTMS) [32, 51, 61, 221]; sledování vlivu zařízení jako duodopové pumpy či hluboké mozkové stimulace DBS (Deep Brain Stimulation) [142, 181, 232, 273]; nastavení úrovně a frekvence DBS pulzů [39]; atd.

Tato práce je členěna následovně. V kap. 1 je obecně popsána problematika analýzy patologické řeči založené na zpracování signálů. Dále je pozornost věnována již konkrétně hypokinetické dysatrii (HD), jakožto poruše motorické realizace řeči u pacientů s PN. Jsou uvedeny oblasti, ve kterých se HD projevuje, metody kvantifikace příznaků HD pomocí parametrizace řečových signálů, způsoby léčby PN a HD, atd.

Kap. 2 se věnuje přehledu nejmodernějších metod analýzy patologické řeči. Je zde uveden přehled nejrozšířenějších databází, používaných k trénování a testování navržených systémů, přičemž jsou diskutovány i jejich výhody, nevýhody a relevantnost při testování různých parametrů. Dále je uveden přehled řečových příznaků, které

[1] Jedná se o prekurzor dopaminu v bazálních gangliích.

se nejčastěji používají k parametrizaci patologické řeči, a rovněž příznaků, které se doposud používaly v jiných oblastech zpracování řečových signálů (kódování řeči, rozpoznávání řečníků, rozpoznávání spojité řeči, atd.), ale které mají v oblasti analýzy patologické řeči vysoký potenciál. Nakonec je v této kapitole uveden přehled nejčastěji používaných klasifikačních metod a metod selekce příznaků. Pro zmíněné databáze jsou rovněž uvedeny nejvyšší dosažené klasifikační přesnosti.

Kap. 3 je pak již zaměřena na vlastní návrh systému analýzy hypokinetické dysartrie. Je zde popsán 3F test, který se v České republice používá k subjektivnímu hodnocení síly a rozsahu řečové poruchy u pacienta postiženého dysartrií, a následně je uveden nový protokol, který byl navržen tak, aby pomocí akustické analýzy vybraných cvičení bylo možné objektivně a automatizovaně jednotlivé položky 3F testu kvantifikovat. Dále je popsána struktura navrženého systému parametrizace řeči. Jsou popsány zcela nové parametrizační techniky, vyvinuté v rámci této práce. Jedná se o příznaky založené na modulačním spektru, sluchové struktuře, bikepstru, aproximační a vzorkové entropii, empirické modální dekompozici a singulárních bodech. Nakonec jsou popsány statistické funkce používané k převodu vektoru či matice příznaků na skalární hodnotu.

Kap. 4 uvádí výsledky několika výzkumů, během kterých byl nově navržený systém nasazen. Účelem této kapitoly je ukázka toho, kde všude může být systém použit a jak může být pro vědeckou sféru užitečný. Jedná se např. o automatizovanou detekci patologické řeči, identifikaci PN z řeči, analýzu vlivu rTMS různých částí mozku na řeč parkinsoniků, korelaci objektivního hodnocení HD se subjektivním a následnou možnost automatizovaného odhadu hodnot různých hodnotících škál, jako např. unifikované škály pro hodnocení Parkinsonovy nemoci UPDRS (Unified Parkinson's Disease Rating Scale).

V kap. 5 je pak možné nalézt diskusi zaměřenou na další možnosti nasazení systému. Je navržena fúze řečové analýzy s dalšími modalitami, jako např. s písmem, funkční magnetickou rezonancí fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging), elektroencefalogramem EEG (Electroencephalography), pohybem těla, atd. Dále je diskutována integrace navrženého systému do zařízení založených na technikách eHealth a telemedicíny. Jedná se např. o chytré hodinky, telefony, tablety, televize, atd. Nakonec jsou uvedeny cíle výzkumu v horizontu dalších 5 let.

Poznatky v této práci jsou výsledkem výzkumu, který probíhá ve spolupráci s *I. Neurologickou klinikou Lékařské fakulty Masarykovy univerzity a Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně* (vedoucí týmu: prof. MUDr. Irena Rektorová, Ph.D.). Výzkum některých parametrizačních metod byl proveden ve spolupráci s *Escola Universitària Politècnica de Mataró* (vedoucí týmu: prof. Marcos Faundez-Zanuy, Ph.D.), *Institute for Technological Development and Innovation in Communications (IDeTIC), University of Las Palmas de Gran Canaria* (vedoucí týmu: prof. Jesús B. Alonso-Hernández, Ph.D.), *Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid* (vedoucí týmu: prof. Pedro Gómez-Vilda, Ph.D.) a *Department of Systems Engineering and Automation, University of the Basque Country* (vedoucí týmu: prof. Karmele López-de-Ipiña, Ph.D.).

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že má doktorská práce na téma „Analýza řečových promluv pro IT diagnostiku neurologických onemocnění“ obsahuje inovativní části u nově navržených metod a algoritmů analýzy hypokinetické dysartrie, u kterých se předpokládá, že budou předmětem práv průmyslového vlastnictví s následnou právní ochranou formou patentu. Uveřejnění těchto částí by vedlo k předzveřejnění předmětu práv průmyslového vlastnictví a nesplnění podmínek pro úspěšné podání přihlášky patentu. Z tohoto důvodu požaduji utajení výše uvedených částí textů mé doktorské práce.

Brno 13. 8. 2014 .....

(podpis autora)

PUBLIKACE AUTORA

Publikace v časopisech s impaktním faktorem

1. ([168]) Masarova, L.; Drotar, P.; Mekyska, J.; Smekal, Z.; Rektorova, I.: Evaluation of handwriting in patients with Parkinson's disease. *Cesk Slov Neurol N*, ročník 77/110, č. 4, 2014: s. 456–462. (IF: 0,372)
2. ([76]) Faundez-Zanuy, M.; Mekyska, J.; Font-Aragones, X.: A New Hand Image Database Simultaneously Acquired in Visible, Near-Infrared and Thermal Spectrums. *Cognitive Computation*, ročník 6, č. 2, 2014: s. 230–240. (IF: 0,867)
3. ([58]) Drotar, P.; Mekyska, J.; Rektorova, I.; Masarova, L.; Smekal, Z.; aj.: Handwriting Database for Assessment of Parkinson's Disease. *Radioengineering*, 2014, (v tisku). (IF: 0,687)
4. ([74]) Faundez-Zanuy, M.; Hussain, A.; Mekyska, J.; Sesa-Nogueras, E.; Monte-Moreno, E.; aj.: Biometric Applications Related to Human Beings: There Is Life beyond Security. *Cogn Comput*, ročník 5, č. 1, 2013: s. 136–151. (IF: 0,867)
5. ([278]) Zukal, M.; Mekyska, J.; Cika, P.; Smekal, Z.: Interest Points as a Focus Measure in Multi-Spectral Imaging. *Radioengineering*, ročník 2013, č. 1, 2013: s. 68–81. (IF: 0,687)
6. ([84]) Font-Aragones, X.; Faundez-Zanuy, M.; Mekyska, J.: Thermal hand image segmentation for biometric recognition. *IEEE Aero El Sys Mag*, ročník 28, č. 6, 2013: s. 4–14. (IF: 0,343)
7. ([27]) Benes, R.; Dvorak, P.; Faundez-Zanuy, M.; Espinosa-Duró, V.; Mekyska, J.: Multi-focus thermal image fusion. *Pattern Recogn Lett*, ročník 34, č. 5, 2013: s. 536–544. (IF: 1,266)
8. ([61]) Eliasova, I.; Mekyska, J.; Kostalova, M.; Marecek, R.; Smekal, Z.; aj.: Acoustic evaluation of short-term effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on motor aspects of speech in Parkinson's disease. *J Neural Transm*, ročník 120, č. 4, 2013: s. 597–605. (IF: 3,052)
9. ([64]) Espinosa-Duró, V.; Faundez-Zanuy, M.; Mekyska, J.: A New Face Database Simultaneously Acquired in Vidible, Near Infrared and Thermal Spectrum. *Cogn Comput*, ročník 5, č. 1, 2013: s. 119–135. (IF: 0,867)
10. ([206]) Rektorova, I.; Eliasova, I.; Mrackova, M.; Kostalova, M.; Mekyska, J.; aj.: Evaluation of hypokinetic dysarthria in Parkinson's disease and effects of repetitive transcranial magnetic stimulation and dopaminergic treatment by means of voice signal analysis and fMRI. *J Neurol*, ročník 259, 2012: str. S4. (IF: 3,578)
11. ([227]) Sesa-Nogueras, E.; Faundez-Zanuy, M.; Mekyska, J.: An Information Analysis of In-

Air and On-Surface Trajectories in Online Handwriting. *Cogn Comput*, ročník 4, č. 2, 2012: s. 1–11. (IF: 0,867)

12. ([205]) Rektorova, I.; Eliasova, I.; Mekyska, J.; Smekal, Z.: Evaluation of short-term effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on paraclinical aspects of speech in Parkinson's disease. *Movement Disord*, ročník 27, 2013: str. S211. (IF: 4,558)
13. ([75]) Faundez-Zanuy, M.; Mekyska, J.; Espinosa-Duro, V.: On the Focusing of Thermal Images. *Pattern Recogn Lett*, ročník 32, č. 11, 2011: s. 1548–1557. (IF: 1,266)
14. ([179]) Mekyska, J.; Smekal, Z.; Kostalova, M.; Mrackova, M.; Skutilova, S.; aj.: Motor Aspects of Speech Imparment in Parkinson's Disease and their Assessment. *Cesk Slov Neurol N*, ročník 74, č. 6, 2011: s. 662–668. (IF: 0,372)

Publikace v časopisech bez impaktního faktoru

1. ([78]) Faundez-Zanuy, M.; Sesa-Nogueras, E.; Roure-Alcobe, J.; Garre-Olmo, J.; Mekyska, J.; aj.: A Preliminary Study of Online Drawings and Dementia Diagnose. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, ročník 19, 2013: s. 367–374.
2. ([66]) Esposito, A.; Capuano, V.; Mekyska, J.; Faundez-Zanuy, M.: A Naturalistic Database of Thermal Emotional Facial Expressions and Effects of Induced Emotions on Memory. In *Cognitive Behavioural Systems*, *Lecture Notes in Computer Science*, ročník 7403, editace A. Esposito; A. Esposito; A. Vinciarelli; R. Hoffmann; V. Müller, Springer Berlin Heidelberg, 2012, s. 158–173.
3. ([244]) Smirg, O.; Mikulka, J.; Faundez-Zanuy, M.; Grassi, M.; Mekyska, J.: Gender Recognition Using PCA and DCT of Face Images. In *Advances in Computational Intelligence*, *Lecture Notes in Computer Science*, ročník 6692, editace J. Cabestany; I. Rojas; G. Joya, Springer Berlin / Heidelberg, 2011, s. 220–227.
4. ([175]) Mekyska, J.; Faundez-Zanuy, M.; Smekal, Z.; Fabregas, J.: Score Fusion in Text-Dependent Speaker Recognition Systems. In *Analysis of Verbal and Nonverbal Communication and Enactment. The Processing Issues*, *Lecture Notes in Computer Science*, ročník 6800, editace A. Esposito; A. Vinciarelli; K. Vicsi; C. Pelachaud; A. Nijholt, Springer Berlin / Heidelberg, 2011, s. 120–132.
5. ([174]) Mekyska, J.; Faundez-Zanuy, M.; Fabregas, J.; Smekal, Z.: Fast and Efficient Approaches in Text-dependent Speaker Recognition Systems. *Elektrorevue*, ročník 2, č. 1, 2011: s. 1–6.
6. ([65]) Espinosa-Duró, V.; Faundez-Zanuy, M.; Mekyska, J.; Monte-Moreno, E.: A Criterion for Analysis of Different Sensor Combinations with an Application to Face Biometrics. *Cogn Comput*, ročník 2, č. 3, 2010: s. 135–141.
7. ([62]) Espinosa-Duró, V.; Faundez-Zanuy, M.; Mekyska, J.: Beyond Cognitive Signals. *Cogn Comput*, ročník 2, č. 3, 2011: s. 374–381.
8. ([242]) Smekal, Z.; Atassi, H.; Stejskal, V.; Mekyska, J.: Soubor programů pro práci se skrytými Markovovými modely (HTK). *Elektrorevue*, ročník 11, 2009: s. 1–42.

Publikace v monografiích

1. ([36]) Capuano, V.; Riviello, M. T.; Mekyska, J.; Faundez-Zanuy, M.; Esposito, A.: *Systemtheorie Signalverarbeitung Sprachtechnologie*, kapitola Assessing Natural Emotional Facial Expressions: An evaluation of the I.Vi.T.E. Tudpress Verlag Der Wissenschaften Gmbh, 2013, s. 249–255.

2. ([43]) Cséfalvay, Z.; Mekyska, J.; Košťálová, M.: *Diagnostika narušené komunikační schopnosti u dospělých*, kapitola Diagnostika dyzartrie. Portál, 2013, s. 117–143.

Publikace v konferenčních sbornících

1. ([57]) Drotar, P.; Mekyska, J.; Rektorova, I.; Masarova, L.; Smekal, Z.; aj.: A new modality for quantitative evaluation of Parkinson's disease: In-air movement. In *Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), 2013 IEEE 13th International Conference on*, 2013, s. 1–4.
2. ([59]) Drotar, P.; Mekyska, J.; Smekal, Z.; Rektorova, I.; Masarova, L.; aj.: Prediction potential of different handwriting tasks for diagnosis of Parkinson's. In *E-Health and Bioengineering Conference (EHB), 2013*, 2013, s. 1–4.
3. ([73]) Faundez-Zanuy, M.; Espinosa-Duro, V.; Mekyska, J.: CARL: Base de datos de caras multiespectral adquirida en el Tecnocampus. In *Zamora acoge las VII Jornadas de Reconocimiento Biométrico de Personas*, 2013, s. 118–121.
4. ([243]) Smekal, Z.; Mekyska, J.; Rektorova, I.; Faundez-Zanuy, M.: Analysis of neurological disorders based on digital processing of speech and handwritten text. In *Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 2013 International Symposium on*, 2013, s. 1–6.
5. ([77]) Faundez-Zanuy, M.; Sesa-Nogueras, E.; Roure, J.; Monte-Moreno, E.; Garre-Olmo, J.; aj.: Aplicaciones Biométricas más allá de la Seguridad. In *VI Jornadas de Reconocimiento Biométrico de Personas (JRBP12)*, 2012, s. 25–43.
6. ([180]) Mekyska, J.; Zukal, M.; Cika, P.; Smekal, Z.: Interest points as a focus measure. In *Telecommunications and Signal Processing (TSP), 2012 35th International Conference on*, 2012, s. 774–778.
7. ([63]) Espinosa-Duró, V.; Faundez-Zanuy, M.; Mekyska, J.: Contribution of the Temperature of the Objects to the Problem of Thermal Imaging Focusing. In *Proceedings of 46th IEEE International Carnahan Conference on Security Technology ICCST 2012*, 2012, s. 363–366.
8. ([177]) Mekyska, J.; Font-Aragones, X.; Faundez-Zanuy, M.; Hernandez-Mingorance, R.; Morales, A.; aj.: Thermal Hand Image Segmentation for Biometric Recogniton. In *Security Technology (ICCST), 2011 IEEE International Carnahan Conference on*, 2011, s. 1–5.
9. ([178]) Mekyska, J.; Rektorova, I.; Smekal, Z.: Selection of Optimal Parameters for Automatic Analysis of Speech Disorders in Parkinson's Disease. In *Telecommunications and Signal Processing (TSP), 2011 34th International Conference on*, 2011, s. 408–412.
10. ([176]) Mekyska, J.; Faundez-Zanuy, M.; Smekal, Z.; Fàbregas, J.: Text-dependent Speaker Recognition in Low-cost Systems. In *6th International Conference on Teleinformatics*, 2011, ISBN 978-80-214-4231-3, s. 154–158.
11. ([172]) Mekyska, J.; Espinosa-Duró and, V.; Faundez-Zanuy, M.: Face Segmentation: A Comparison Between Visible and Thermal Images. In *Security Technology (ICCST), 2010 IEEE International Carnahan Conference on*, 2010, s. 185–189.
12. ([173]) Mekyska, J.; Espinosa-Duró and, V.; Faundez-Zanuy, M.: Face Segmentation in the Framework of MCINN Databases. In *BIOMET Las Palmas de Gran Canaria*, 2010, s. 1–4.

Software

1. Mekyska, J.; Smekal, Z.: Real-time Fundamental Frequency Analysis. 2013. URL: `http://splab.cz/en/download/software/analyza-zakladniho-tonu-reci-v-realnem-case`.
2. Mekyska, J.; Smekal, Z.: Data Analysis and Classification Tool (DCAT). 2013. URL: `http://splab.cz/en/download/software/software-analyzy-a-klasifikace-dat-dcat`.

3. Mekyska, J.; Smekal, Z.: Digits Recognition. 2012. URL: http://splab.cz/en/download/software/rozpoznavani-cislovek.
4. Petrasek, D.; Mekyska, J.; Smekal, Z.: Image Fusion in Thermal Spectrum. 2012. URL: http://splab.cz/en/download/software/fuze-obrazu-v-termalnim-spektru.
5. Mekyska, J.; Smekal, Z.: Real-time Spectral Analysis of Speech Signals. 2012. URL: http://splab.cz/en/download/software/spektralni-analyza-reci-v-realnem-case.
6. Mekyska, J.; Smekal, Z.: Blur Measurement in Thermal Spectrum. 2011. URL: http://splab.cz/en/download/software/software-mereni-ostrosti-v-termalnim-spektru.
7. Mekyska, J.; Smekal, Z.: Hand Segmentation in Thermal Spectrum. 2011. URL: http://splab.cz/en/download/software/software-segmentace-ruky-v-termalnim-spektru.

Curriculum Vitæ

Jiří Mekyska

Osobní informace

Datum narození:	11. května, 1985
Místo narození:	Přílepy
Adresa:	Hřbitovní 328, 768 11 Chropyně
Telefon:	+420 607 700 329
E-mail:	j.mekyska@gmail.com

Vzdělání

2010–2014	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Technická 3058/10, 616 00 Brno, titul: Ph.D. (předpokládaná doba ukončení: 2014)
2008–2010	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Technická 3058/10, 616 00 Brno, titul: Ing.
2005–2008	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Technická 3058/10, 616 00 Brno, titul: Bc.
1997–2005	Gymnázium Kojetín, Svatopluka Čecha 68, 752 01 Kojetín

Dodatečné informace ke vzdělání

2009–2010	Escola Universitària Politècnica de Mataró, Avda. Puig i Cadafalch 101-111, 083 03 Mataró (Barcelona), Španělsko
1999	Brighton International Summer School, PO Box 2831, East Sussex, Brighton, Spojené království

Stáže

2014	Centre de recherches INRIA Bordeaux Sud-Ouest, 200 rue de la Vieille Tour, 334 05 Talence Cedex, Francie

2011	Escola Universitària Politècnica de Mataró, Avda. Puig i Cadafalch 101-111, 083 03 Mataró (Barcelona), Španělsko

Ocenění

2013	Cena Josepha Fouriera za vědeckou práci v oblasti neinvazivní analýzy neurologických onemocnění
2010	Cena rektora VUT v Brně za diplomovou práci „Identifikace osob pomocí otisku hlasu“
2010	Cena děkana FEKT, VUT v Brně za diplomovou práci „Identifikace osob pomocí otisku hlasu“
2010	Magisterský titul s vyznamenáním
2008	Bakalářský titul s vyznamenáním

Předchozí zaměstnání

2010–2014	*vědecký pracovník*: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, Technická 12, 616 00 Brno
2007–2009	*software developer*: Honeywell, spol. s. r. o. – Global Design Center o. z., Tuřanka 100, 627 00 Brno

Participace na projektech

2014–2017	TA04031666, *Inteligentní telematický informační systém veřejné dopravy II*
2013–2016	COST IC1206, *De-Identification for Privacy Protection in Multimedia Content*
2012–2015	NT13499, *Řeč, její poruchy a kognitivní funkce u Parkinsonovy nemoci*
2012–2014	GAP102/12/1104, *Studium metabolizmu a lokalizace primárního mozkového tumoru MR zobrazovacími technikami*
2011–2014	OPVK CZ.1.07/2.3.00/20.0094, *Podpora zapojení vědeckovýzkumných týmů do mezinárodní spolupráce v oblasti zpracování obrazových a zvukových signálů*
2010–2012	KONTAKT ME10123, *Výzkum algoritmů pro zpracování digitálních obrazů a obrazových sekvencí*

2010–2013	MSM ED2.1.00/03.0072, *Centrum senzorických, informačních a komunikačních systémů (SIX)*
2010–2014	MV VG20102014033, *Zvyšování účinnosti zabezpečení rizikových prostor kombinovanými metodami biometrické identifikace osob*
2008–2010	COST OC08057, *Analýza a zvýraznění řečových a obrazových signálů ze šumu pro vzájemnou analýzu verbální a neverbální komunikace*

Vyžádané přednášky

- *Neurological Disorders Analysis Using the Speech Signal Processing*, Faculty of Computer Science and Media Technology, Gjøvik University College, Teknologiveien 22, 2815 Gjøvik, Norsko
- *Advanced Digital Handwriting Processing*, Faculty of Social Welfare and Health Sciences, University of Haifa, Mt. Carmel Haifa 31905, Izrael
- *Neurological Disorders Analysis Using the Speech Signals*, Signal Analysis and Interpretation Laboratory (SAIL), Electrical Engineering Department, Viterbi School of Engineering, University of Southern California, California, USA
- *Selection of Optimal Parameters for the Parkinsonian Speech Analysis*, Department of Automation, USTB, No. 30 Xuyuan Road, Beijing 100083, Čínská lidová republika

Vyžádané recenze

- Cognitive Computation, ISSN: 1866-9956
- Elektrorevue, ISSN: 1213-1539
- International Journal of Advances in Telecommunications, Electrotechnics, Signals and Systems, ISSN: 1805-5443
- Information Fusion, ISSN: 1566-2535
- Lecture Notes in Computer Science, ISSN: 0302-9743
- Neurocomputing, ISSN: 0925-2312
- Radioengineering, ISSN: 1210-2512
- International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP 2014)
- Electrical Engineering, Information and Communication Technologies (EEICT 2012)
- Non-Linear Speech Processing (NOLISP 2013)
- International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP

2011 – 2014)

Publikační aktivita

- Publikace v časopisech s impaktním faktorem: 14
- Publikace v časopisech bez impaktního faktoru: 8
- Monografie: 2
- Publikace v konferenčních sbornících: 12
- Software: 7
- Příspěvky indexované databází WoS: 22
- Příspěvky indexované databází Scopus: 24
- H-index dle databáze WoS: 4
- H-index dle databáze Scopus: 5