



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Praha, 15. - 17. 9. 2020

**Workshop lékařské
elektroniky a bioinformatiky
2020**

SBORNÍK

Editoři:

Ing. Jan Havlík, Ph.D.

Ing. Zdeněk Horčík

Katedra teorie obvodů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Technická 2
166 27 Praha 6

Vydalo: České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala: Fakulta elektrotechnická

Kontaktní adresa: Ing. Jan Havlík, Ph.D., Katedra teorie obvodů, FEL ČVUT v Praze,
Technická 2, 166 27 Praha 6

První vydání elektronicky

ISBN 978-80-01-06750-5

Počet stran: 37

ORGANIZAČNÍ VÝBOR

Ing. Jan Havlík, Ph.D.

Ing. Zdeněk Horčík

Bc. Natálie Brožová

Bc. Michaela Barnová

Bc. Iveta Kropáčková

Konference byla financována z grantu SVK 22/20/F3 uděleného ČVUT v Praze.

PŘEDMLUVA

Vážené kolegyně a kolegové,

držíte v ruce sborník prezentací z osmého ročníku workshopu studentů nastupujících do prvního ročníku studia na Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze, studijního programu Lékařská elektronika a bioinformatika, pořádaného společně pro nastupující bakalářské i magisterské studenty. Příspěvky, které jsou v tomto sborníku prezentovány, představují výsledky bakalářských prací studentů. Jejich prezentace před kolegy studentům magisterského i bakalářského studia umožňují seznámit se navzájem hned zkraje studia s prací svých nových kolegyně a kolegů, studentům bakalářského studia pak především získat prvotní představu o tom, jak by měl po třech letech studia vypadat výsledek jejich práce. Získané poznatky a zkušenosti studenti mohou sdílet a tvůrčím způsobem je využít v dalším studiu. Minulé ročníky konference jasně ukázaly, že takovýto způsob společného sdílení informací hned zkraje studia je pro jeho pokračování velkým přínosem. Studentům napomáhá v rychlejší orientaci ve studovaném oboru, který svojí šíří, rychlým rozvojem a multidisciplinárním pojetím patří k jednému z obtížnějších.

Jan Havlík

Zdeněk Horčík

OBSAH

<i>PŘEDMLUVA</i>	4
<i>OBSAH</i>	5
 <i>PREZENTACE PŘÍSPĚVKŮ NA ZÁKLADĚ BAKALÁŘSKÝCH PRACÍ</i>	
Barnová Julie	
<i>POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ</i>	6
Daněk Lukáš	
<i>VYUŽITÍ PLATFORMY MBOT PRO NÁVRH ROBOTICKÉHO PODVOZKU</i>	14
Šlapal Filip	
<i>NÁVRH A REALIZACE ZAŘÍZENÍ PRO SNÍMÁNÍ SUPRASYSTOLICKÝCH OSCILACÍ</i>	20
Zázvorková Jana	
<i>AKUSTICKÉ CHARAKTERISTIKY HLASU V ZÁVILOSTI NA VĚKU</i>	29

POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ

Julie Barnová

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Iritační zóna je součástí konceptu epileptické sítě. Skládá se z podsítí, klastrů, které jsou schopny generovat nezávislé populace interiktálních výbojů (IED). Cílem práce bylo vytvořit a optimalizovat algoritmus, který dokáže v intrakraniálním EEG (iEEG) identifikovat nezávislé zdroje IED, a dále prokázat vztah mezi jejich chirurgickým odstraněním a bezzáchvatovým pooperačním výsledkem. Byly analyzovány mnohahodinové záznamy iEEG 36 pacientů trpících epilepsií na podkladě fokální kortikální dysplazie s různým pooperačním výsledkem. K identifikaci populací IED byl využit dříve publikovaný algoritmus, který byl nově vylepšen o slučování klastrů se stejným zdrojem IED v 3D prostoru. Z poměru resekovaných klastrů byl stanoven resekční index, který byl statisticky testován jako prediktor pooperačního výsledku. Optimalizací a křížovou validací byla stanovena epileptogenicita jednotlivých klastrů, jež statisticky ovlivňují pooperační výsledek. Výsledkem optimalizační úlohy bylo slučování klastrů, jejichž těžiště (zdroje) byly ve vzdálenosti menší než 12.8 mm. To vedlo k redukci průměrného počtu klastrů pacienta o 63 %. Resekční index IED klastrů pacientů pooperačně bez záchvatů byl signifikantně vyšší než u pacientů se záchvaty ($p < 0.0496$). Pozitivní efekt léčby byl prokázán, pokud byly klastry generující více než 24 % IED zahrnuty do resekce ($p < 0.0083$), v průměru 1.4 klastru na pacienta. Byla prokázána sub-regionální organizace iritační zóny, jejíž podsítě byly konsolidovány pomocí vylepšeného klastrovacího algoritmu využívajícího prostorové informace o distribuci IED. Navíc byl definován práh epileptogenicity jednotlivých klastrů, jež průkazně ovlivňují pooperační výsledek. Vyvinutý postup lze využít pro prospektivní hodnocení pacientů a plánování epileptochirurgického výkonu.

Klíčová slova

iritační zóna; iEEG; shlukování; epileptogenicita; fokální kortikální dysplazie



FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE

Popis epileptické sítě pomocí distribuce interiktálních výbojů

Bakalářská práce

Vedoucí

Oponent

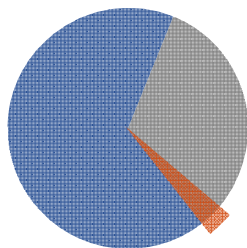
Julie Barnová

Ing. Radek Janča Ph.D.

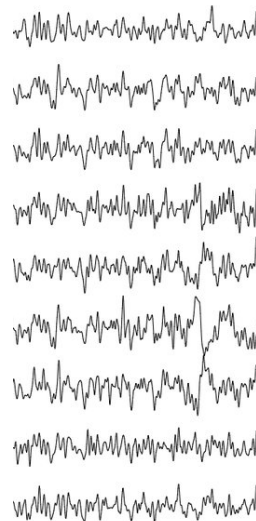
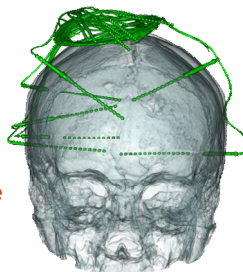
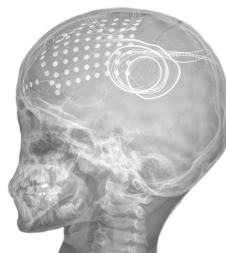
MUDr. Bc. Matyáš Ebel

EPILEPSIE

LÉČBA



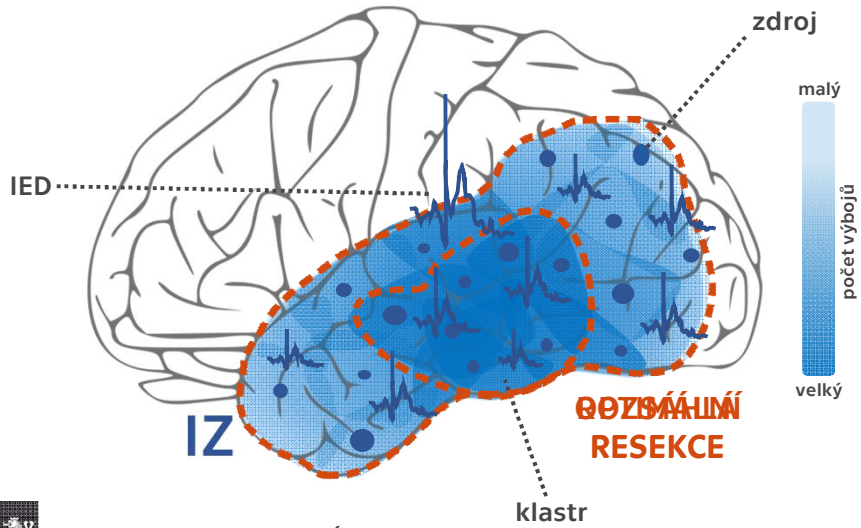
- farmakoterapie
- farmakorezistence
- epileptochirurgie



FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE

JULIE BARNOVÁ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ

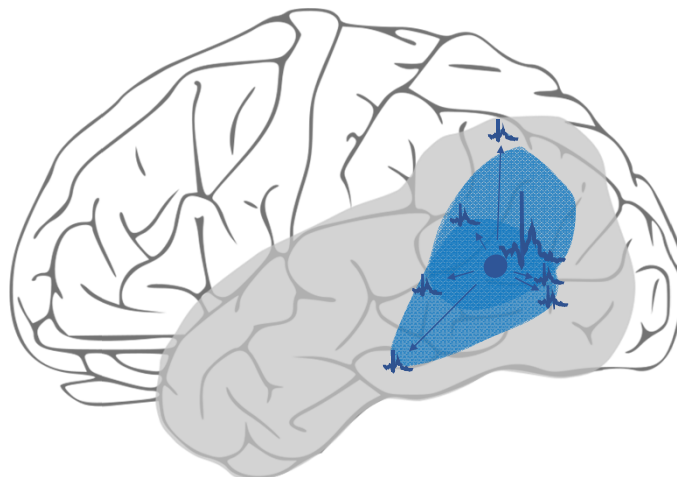
IRITAČNÍ ZÓNA SUBREGIONÁLNÍ ORGANIZACE



FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE

JULIE BARNOVÁ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ

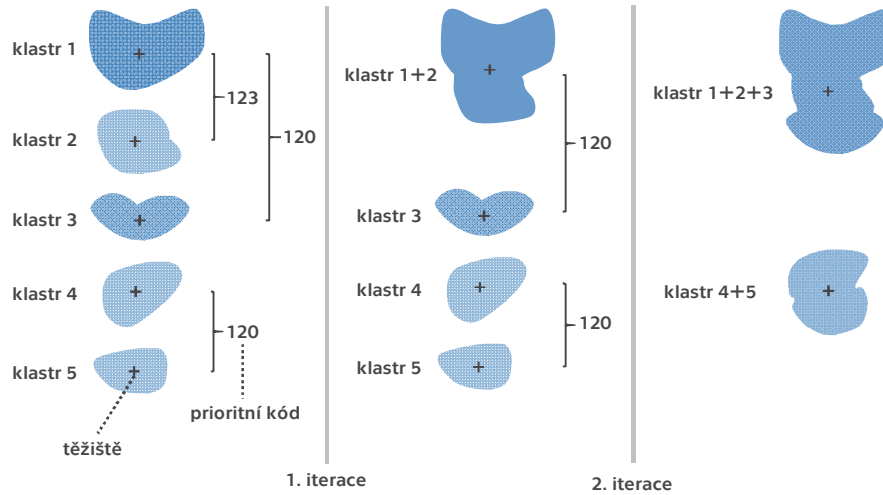
KLASTROVACÍ a SHLUKOVACÍ ALGORITMUS



FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE

JULIE BARNOVÁ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ

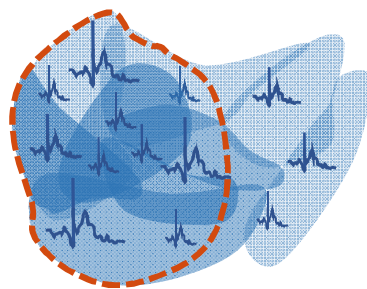
SHLUKOVACÍ ALGORITMUS



FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE

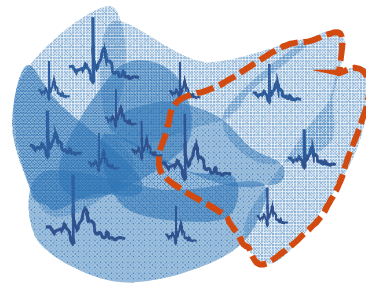
JULIE BARNOVÁ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ

RESEKČNÍ INDEX



$RI \approx 77\%$

dobrý pooperační výsledek
=
bez záchvatů



$RI \approx 30\%$

špatný pooperační výsledek
=
přetrvávající záchvaty

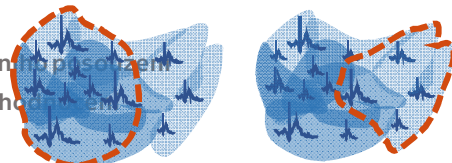


FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE

JULIE BARNOVÁ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ

SHRNUTÍ

- rozšíření, validace a optimalizace algoritmu
- ověření
spolehlivosti algoritmu
citlivosti na vstupní patientská data
- prokázání
sub-regionální organizace IZ
signifikantního rozdílu mezi pooperačním výsledkem a odstraněním
oblastí generujících většinu výbojů
- dosažení
lehčího vizuálního pooperativního
objektivizace hodnocení



dobrý pooperační výsledek *špatný pooperační výsledek*



FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE

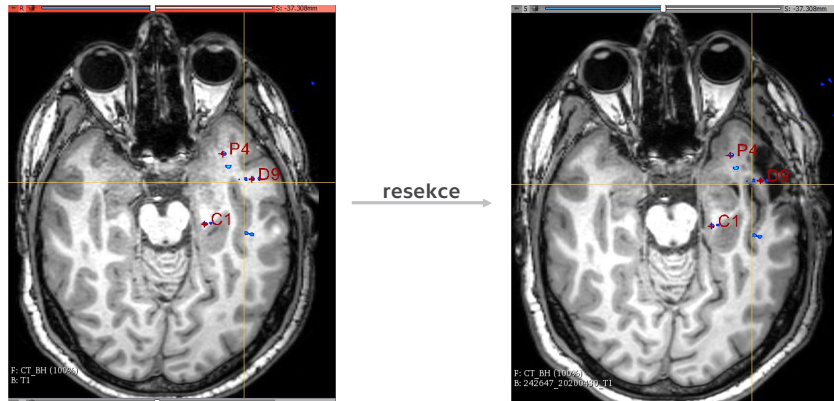
JULIE BARNOVÁ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ



DĚKUJI ZA POZORNOST

OTÁZKA 1

Jakou metodou byly zjištěny rozsahy resekcí?

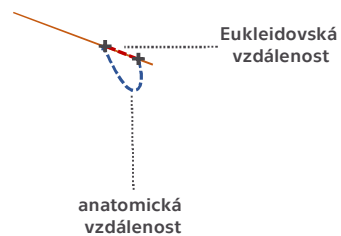
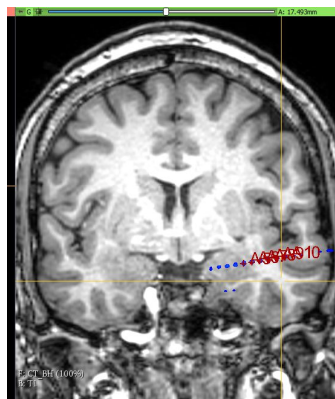


FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE

JULIE BARNOVÁ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ

OTÁZKA 2

Jaká je největší limitace použití Eukleidovské metriky při optimalizaci hodnoty R ?

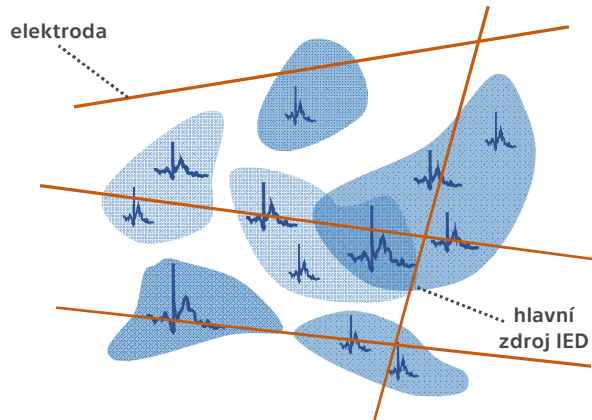


FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE

JULIE BARNOVÁ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ

OTÁZKA 3

Jak může různě velký rozsah implantace ovlivnit resekční index?



FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE

JULIE BARNOVÁ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ

OTÁZKA 4

Hodnotila jste resekční indexy pro různé druhy patologií (zejména mezi FCD I a FCD IIb)? V případě, že ano, vyvozujete z tohoto rozdílu nějaké závěry?

Resekční index	bez shlukování TH = 7 %	shlukování R = 12.8 mm TH = 24 %	100% shlukování
FCD I	44.7 ± 16.5 (45.9)	46.9 ± 15.1 (49.9)	57.5 ± 14.8 (60.7)
FCD IIb	41.8 ± 18.2 (43.0)	45.7 ± 20.7 (46.5)	50.1 ± 21.2 (49.4)
<i>p</i> -hodnota	0.48	0.75	0.58
Cohenovo <i>d</i>	0.17	0.07	0.41



FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE

JULIE BARNOVÁ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
POPIS EPILEPTICKÉ SÍTĚ POMOCÍ DISTRIBUCE INTERIKTÁLNÍCH VÝBOJŮ

VYUŽITÍ PLATFORMY MBOT PRO NÁVRH ROBOTICKÉHO PODVOZKU

Lukáš Daněk

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Cílem této práce bylo navrhnout a realizovat úpravy jednoduché robotické stavebnice mBot, které umožní přesný a rychlý pohyb na souřadnice na hladkém zpevněném povrchu. Bylo nutné vybrat vhodnou metodu určování pozice robotu a vhodný způsob komunikace mezi senzory a řídicí deskou mBotu. Důležitými požadavky na výsledné řešení byly jak dobrá dostupnost a nízká cena použitých senzorů, tak i nízká výpočetní náročnost určení polohy. Klíčové bylo, aby vznikl modul, který bude možné snadno připojit k robotu mBot pomocí standardních součástí a používat ho pro výukové a prezentační účely na fakultě.

Z uvažovaných metod určování polohy byla vybrána odometrie s využitím optických senzorů z počítačových myší. Modul je realizován na samostatné desce plošných spojů a pro montáž jsou využity otvory se závity, které jsou přítomné na šasi robotu mBot. Pro výpočty spojené s určováním polohy a regulací pohybu je použit mikrokontrolér řady STM32. Připojení k řídicí desce mCore je realizováno pomocí standardního rozhraní a dodávaných kabelů s konektory. Toto řešení nevyžaduje žádné úpravy stavebnice. Komunikace mikrokontroléru s řídicí deskou mCore je velmi jednoduchá, probíhá na I2C sběrnici, jejíž obsluha je součástí knihoven Arduino.

Pro regulaci pohybu byl použit jednoduchý PSD regulátor. Regulační odchylkou je rozdíl směru pohybu robotu a směru k cílovému bodu. Akčními zásahy jsou vypočítané hodnoty výkonu na jednotlivých motorech, které pak může řídicí deska mBotu pomocí definovaných příkazů číst a přímo je aplikovat na motory. Vytvořený software také umožňuje číst pouze souřadnice robotu a použít jiný regulátor nebo zadávat hodnoty regulačních konstant, příp. počáteční polohu robotu a další parametry.

Pro otestování přesnosti a spolehlivosti výsledného modulu bylo provedeno několik měření. V první fázi bylo testováno určení polohy robotu bez aktivního řízení pohybu. V druhé fázi byla měřena přesnost pohybu na zadané souřadnice, a to jak při pohybu v přímce, tak i při pohybu s otočením robotu o 180°, při kterém se více projevil použitý regulátor. Bylo ověřeno, že regulátor využívá maximální dostupný výkon motorů a že výsledný pohyb je plynulý. Relativní chyby vztažené vůči ujeté vzdálenosti byly v řádu malých jednotek procent během obou fází měření, což je pro plánované použití modulu naprosto dostačující.

Klíčová slova

pohyb, souřadnice, robot, odometrie, optický senzor, Arduino, mBot

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta Elektrotechnická

Využití platformy mBot pro návrh robotického podvozku

Bakalářská práce

Praha 2020

Lukáš Daněk

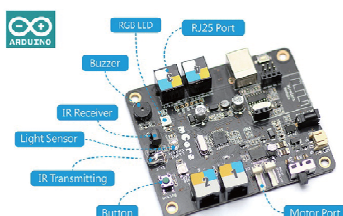
Cíl práce

Navrhnout a realizovat úpravy platformy mBot umožňující rychlý a přesný pohyb na souřadnice.

Respektovat jednoduchost a dostupnost platformy.



Obr. 1: Platforma mBot



Obr. 2: Řídicí deska mCore

Výběr vhodné metody určení polohy

ODOMETRIE

enkodéry
optické senzory



Obr. 3: Počítačová myš

TRIANGULACE

aktivní majáky
pasivní majáky

SKENOVÁNÍ

kamery
LIDAR



Obr. 4: LIDAR senzor

3

Výpočet souřadnic polohy

Použití pouze jednoho optického senzoru.

Přepočet na polární souřadnice.

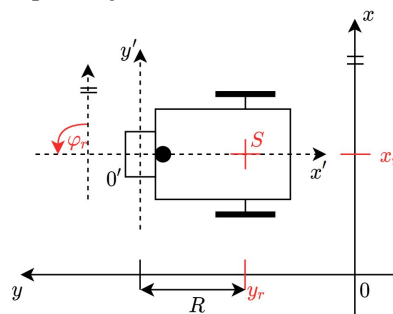
Sumace dosavadních změn polohy.

$$\Delta r = \frac{-\Delta x'}{res_x}$$

$$\Delta \varphi_r = \frac{-\Delta y'}{res_y \cdot R}$$

$$\Delta x_r = \Delta r \cdot \cos \varphi_r$$

$$\Delta y_r = \Delta r \cdot \sin \varphi_r$$



Obr. 5: Souřadnicový systém

4

Jednoduchý PSD regulátor

Regulace na směr pohybu.

Určení odchylky

$$\alpha = \operatorname{atan2}(y_c - y_r, x_c - x_r)$$
$$e = \alpha - \varphi_r$$

Určení rozdílu výkonů

$$\Delta P_i = K_p \cdot e_i + K_{p2} \cdot e_i \cdot |e_i| + K_s \cdot \sum_{j=1}^i e_j + K_d (e_i - e_{i-1})$$

Omezení výkonu P_0 podle vzdálenosti k cílovému bodu.

Zpomalení jednoho z motorů o ΔP_i .

Tolerance vzdálenosti k cílovému bodu.

5

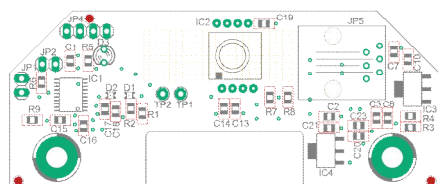
Realizace modulu

Ověřovací vzorek – komunikace přes SPI.

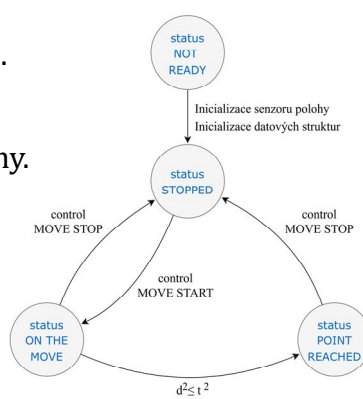
Procesor – STM32F070F6P6.

Program – C, Keil μ Vision 5, HAL knihovny.

Komunikační protokol na I2C sběrnici.



Obr. 6: Osazovací schéma DPS



Obr. 7: Stavový diagram

6

Měření přesnosti – experimenty

Určení ujeté vzdálenosti – pohyb v přímce po pevnou dobu.

Určení změny úhlu φ_r – otáčení na místě po pevnou dobu.

Dosažení cílového bodu:

- 1) cílový bod ve shodném směru s výchozím natočením robotu,
- 2) cílový bod v opačném směru vůči výchozímu natočení robotu,
- 3) pohyb na body umístěné ve vrcholech čtverce o straně 1 m.

7

Měření přesnosti – výsledky

Relativní chyba určení ujeté vzdálenosti – malé jednotky %.

Relativní chyba určení úhlu – desetiny %.

Pohyb v přímce – absolutní chyba jednotky mm.

Pohyb s otočením – absolutní chyba jednotky mm.

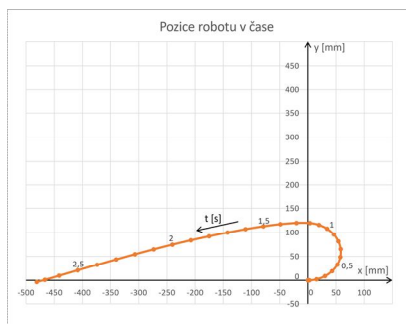
Pohyb ve čtverci – absolutní chyba malé desítky mm.

8

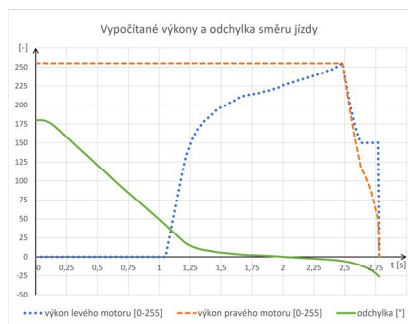
Testovací pohyb

Výchozí bod (0, 0) [mm]

Cílový bod (-500, 0) [mm]



Obr. 8: Graf pozice robotu



Obr. 9: Graf výkonů a odchylky

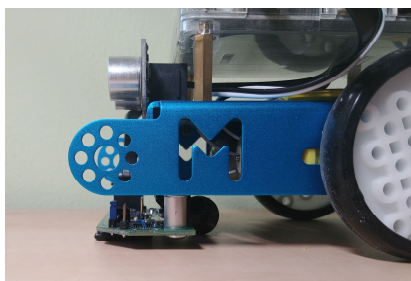
9

Výsledky práce

Realizace snadno připojitelného modulu s optickým senzorem, který umožňuje robotu mBot pohyb na souřadnice.

Dosažena dostatečná přesnost i rychlost.

Zachována jednoduchost a nízká cena.



Obr. 10 a 11: Fotografie výsledného modulu

10

NÁVRH A REALIZACE ZAŘÍZENÍ PRO SNÍMÁNÍ SUPRASYSTOLICKÝCH OSCILACÍ

Filip Šlapal

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací zařízení pro snímání suprasystolických pulsací za účelem získání rychlosti šíření pulzní vlny. Ta je považována za významný neinvazivně měřitelný parametr odrážející stav kardiovaskulárního systému a usnadňující prevenci kardiovaskulárních onemocnění. V klinické praxi se pro vyhodnocení stavu cév používají experimentálně získané referenční hodnoty specifické pro věk a pohlaví, se kterými lze naměřenou hodnotu porovnat. Práce navazuje na diplomovou práci Ing. Jany Ortové obhájenou v roce 2019, v rámci které bylo realizováno obdobné zařízení. To je dále rozšířeno o novou funkcionalitu a jsou odstraněny některé jeho dílčí nedostatky. Základním principem činnosti zařízení je natlakování pažní manžety na suprasystolický tlak a následné snímání superponovaných tlakových oscilací. Zařízení využívá dvě větve, které jsou po nafouknutí odděleny ventilem.

V jedné větvi je v rezervoáru udržován stabilní suprasystolický tlak z počátku měření. Do druhé větve se přes manžetu přenášejí tlakové vlny z cévního systému. Zařízení je vybaveno diferenciálním senzorem, který umožňuje přesné snímání oscilací. Signály jsou zaznamenávány mikroprocesorem Arduino Nano s integrovanými AD převodníky. V rámci této práce došlo k vylepšení systému napájení původního zařízení. Místo původního DC zdroje a 9V baterie je nyní zařízení napájeno pouze z jednoho DC zdroje. Je také méně náchylné k přehřívání ztrátovým výkonem napájecích obvodu díky přidaným spínaným zdrojům a aktivnímu chlazení. Zařízení dostalo kryt na míru vytvořený metodou 3D tisku. Původní stavový automat byl zcela přepracován a byly do něj přidány další funkce jako kontrola těsnosti okruhu nebo regulátor rychlosti nafukování manžety. Dále je k dispozici ovládací aplikace v jazyce Processing, kterou je možno spustit z PC nebo z Raspberry Pi. V prostředí MATLAB byl naprogramován skript, který z dat umožňuje vypočítat rychlost šíření pulzní vlny a srdeční tep.

Klíčová slova

stav kardiovaskulárního systému, suprasystolické pulzace, rychlost šíření pulzní vlny, 3D tisk

Návrh a realizace zařízení pro snímání suprasystolických oscilací

Bakalářská práce

Filip Šlapal

Katedra teorie obvodů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

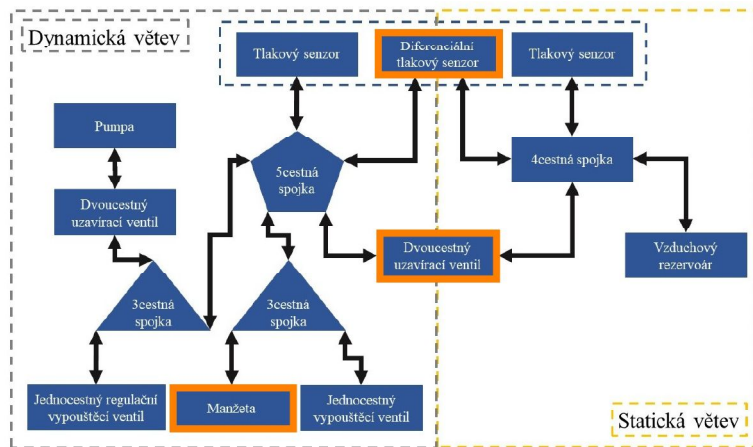
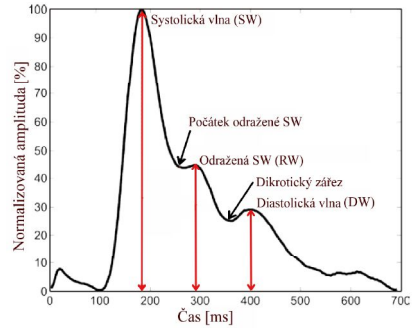
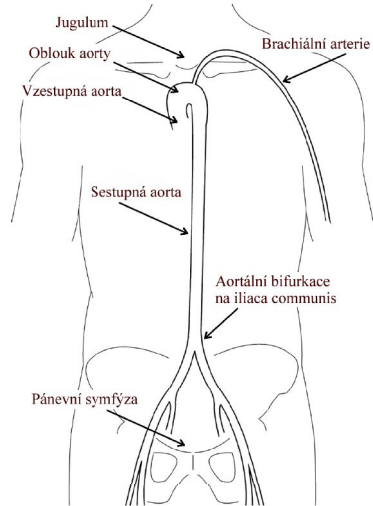
12. září 2020



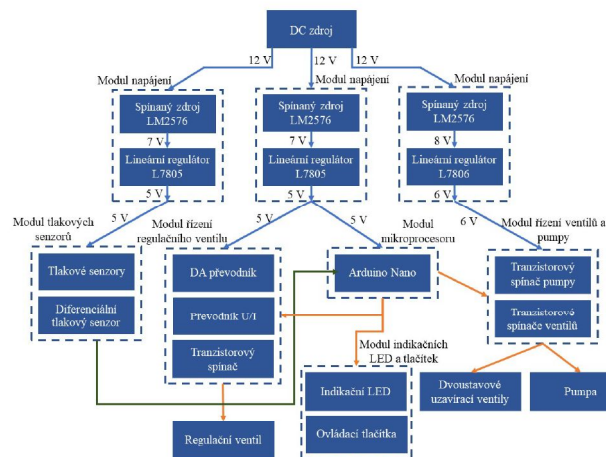
Zadání práce

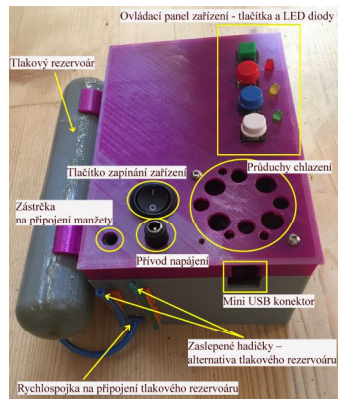
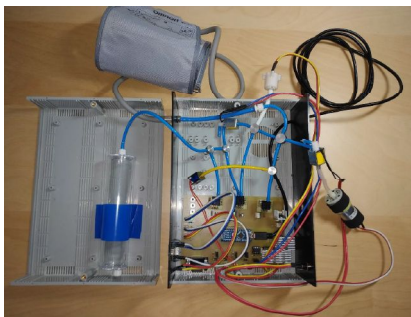
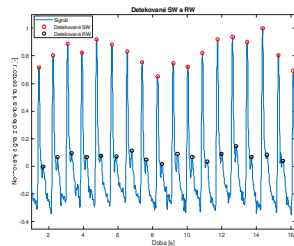
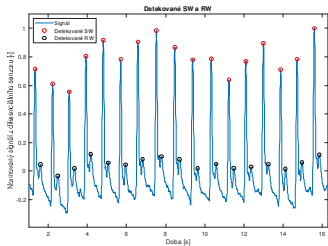
- 1 Seznámení se s problematikou oscilometrických pulzací.
- 2 Návrh zařízení pro snímání oscilometrických pulzací vycházející z předcházející diplomové práce. Optimalizace HW a SW části.
- 3 Konstrukce zařízení a ověření použitelnosti v reálných podmínkách.





- Modulární přístup
- Jeden napájecí zdroj
- Přidání spínaných zdrojů (SZ) před lineární regulátory (LR)
- Aktivní chlazení
- Stavový automat s přidanými funkcemi
- Krabička na míru, rezervoár, úchyty modulů
- Ovládací aplikace v jazyce Processing
- Vyhodnocovací skript v prostředí MATLAB





Oblast	Původní zařízení	Upravené zařízení
Firmware	redundantní činnosti	vylepšen, nové funkce
Počet zdrojů	DC zdroj, 9V baterie	DC zdroj
Snížení napětí	LR	SZ a LR
Chlazení	pasivní	aktivní – větrák
Mobilita	větší krabička	krabička na míru
Zašumění signálu	velmi malé	větší

- Lepší filtrace napájecího signálu senzorů
- Samostatné zpracování dat
- Informační displej, hlasová nápověda

Děkuji Vám za pozornost!

Filip Šlapal
slapafil@fel.cvut.cz

Poděkování: Děkuji vedoucímu práce Ing. Janu Havlíkovi, Ph.D. za nesmírnou vstřícnost po celou dobu vytváření práce. Děkuji také rodině za podporu při studiu.



- návrh a konstrukce upraveného zařízení
- automatické určení parametrů kardiovaskulárního systému
- srovnání původního a upraveného zařízení:

Oblast	Původní zařízení	Upravené zařízení
Firmware	redundantní činnosti	vylepšen, nové funkce
Počet zdrojů	DC zdroj, 9V baterie	DC zdroj
Snížení napětí	LR	SZ a LR
Chlazení	pasivní	aktivní – větrák
Mobilita	větší krabíčka	krabíčka na míru
Zašumění signálu	velmi malé	větší



Otázka I

Jaký je povolený rozsah napájecího napětí, kterým lze zařízení bezpečně napájet?

Komentář

Spínané zdroje jsou navrženy až pro maximální vstupní napětí několik desítek voltů (LM2576 – 40 V). Minimální vstupní napětí je vzhledem k dropout napětí u spínaného zdroje 10 V. Při volbě vyššího vstupního napětí by byly větší tepelné ztráty, ale jednotlivé napájecí větve by měly být zásobeny správným napětím.



Otázka II

Jaká je frekvence PWM výstupu, která je použita pro regulaci výkonu pumpy? Je pro daný charakter zátěže její volba důležitá?

Komentář

Nastavena výchozí frekvence Arduino PWM (D5 – 980 Hz). Je třeba, aby PWM měla frekvenci větší než jednotky Hz, aby nedocházelo k přerušovanému vypínání a zapínání pumpy. Výkon pumpy je při řízeném nafukování regulován v závislosti na požadovaném tlaku a posledních naměřených hodnotách. PWM modulací je přímo řízen spínací tranzistor – nastavován bázový proud. Při rychlém nafukování využít digitální výstup. Průběh tlaku v manžetě při stálém výkonu pumpy zhruba exponenciální.



Otázka III

Může použitý filtr typu dolní propust (realizovaná RC členem nebo matematicky při postprocessingu) negativně ovlivnit tvar signálu pulzní vlny?

Komentář

Dochází ke zkreslení tvaru pulzní vlny. Byl by třeba filtr s lineární fází. K vyhodnocení rychlosti však není reálný tvar tolik podstatný. Důležité je přesně detekovat špičky přímé a odražené vlny. Ty se dolnopropustní filtrací nezmění.



AKUSTICKÉ CHARAKTERISTIKY HLASU V ZÁVILOSTI NA VĚKU

Jana Zázvorková

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou akustických charakteristik hlasu v závislosti na věku u zdravých českých rodilých mluvčích. Vlivem stárnutí dochází k rozsáhlým fyziologickým změnám organismu a změnám v akustických charakteristikách hlasu. V práci jsou zkoumány závislosti jednotlivých parametrů na objektivním a subjektivním věku mluvčích. Součástí práce je zhodnocení jednotlivých analýz parametrů a porovnání, které charakteristiky jsou použitelné pro účely plně automatické analýzy nahrávek a které vyžadují kroky manuálního zpracování. Jednotlivé parametry vhodné pro zkoumání v závislosti na věku se liší u mužů a žen. V případě mužů se jedná např. o tempo řeči, CSI vypočítané z pultónů a spektrální sklon. U žen patří mezi významné parametry základní frekvence f_0 tempo řeči a CSI vypočítané z intenzity.

Klíčová slova

hlas, akustické charakteristiky hlasu, základní frekvence, tempo řeči, formanty, CSI, subjektivní věk, objektivní věk

Akustické charakteristiky hlasu v závislosti na věku

Jana Zázvorková
Vedoucí práce: Ing. Tomáš Bořil, Ph.D.

Fakulta elektrotechnická
katedra řídicí techniky

10. 6. 2020

Zadání práce

Pokyny pro vypracování práce:

- seznámit se s problematikou akustických charakteristik hlasu
- zpracovat dříve pořízené nahrávky řeči zdravých osob
- vybrat a změřit vhodné akustické charakteristiky v závislosti na věku
- vyhodnotit zda jsou jednotlivé parametry použitelné pro účely plně automatické analýzy nahrávek

poskytnutá data obsahovala:

- nahrávky pořízené v rámci grantu *Věkově závislé změny akustických charakteristik řeči dospělých mluvčích*, GAČR 16-19975S
- 240 mluvčích ve věku 18 – 90 let
 - 135 žen
 - 105 mužů
- čtený úryvek od Karla Čapka
- nahrávky rozděleny na 12 úseků označenými A-L
- předzpracováno pomocí programu Praat¹
- jednotlivé odhady subjektivního věku mluvčích od respondentů

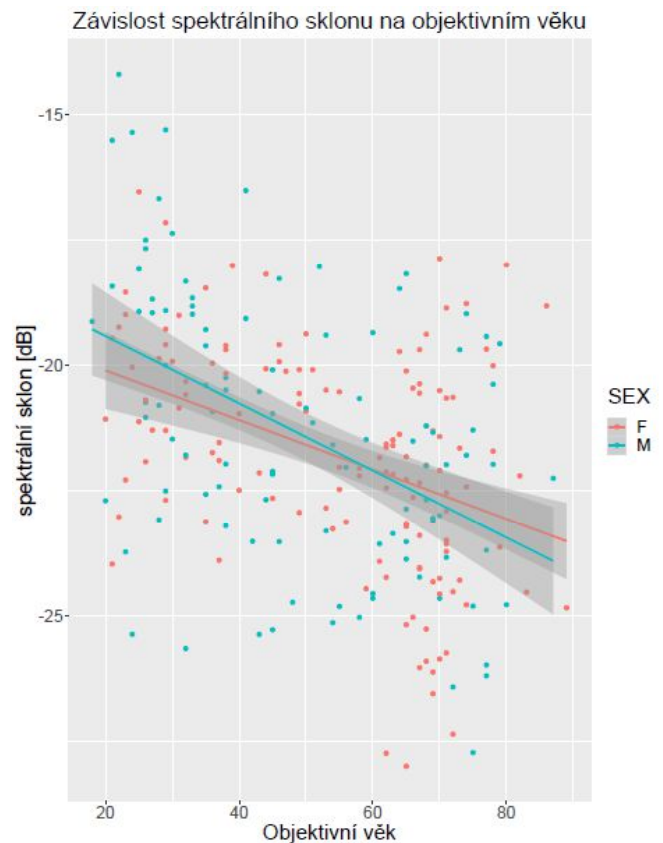
nutná změna v datech:

- manuální kontrola dat – vyřazení přeréků apod.
- vyhotovení průměrného subjektivního věku mluvčích

¹<https://praat.org>

- základní frekvence
- tempo řeči
- kumulativní index strmosti (CSI)
- průměrné trvání samohlásky
- spektrální sklon
- dynamika intonace
- dynamika intenzity
- frekvence formantů F1 a F2

- Matlab pomocí toolboxu mPraat²
- Praat
- statistické vyhodnocení a grafické zpracování výsledků analýz v R pomocí knihovny *ggplot2*



²<https://fu.ff.cuni.cz/praat/>

5/10

Výsledky

- vyhodnocení lineární závislosti dle hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu $r \in \langle -1, 1 \rangle$
- rozdílné parametry pro muže a ženy
- lepší výsledky pro subjektivní věk
- model za pomoci mnohonásobné lineární regrese

	OV muži	SV muži
interval odchylek výsledků článku ³	$\langle -12.154, 10.543 \rangle$	$\langle -7.789, 8.712 \rangle$
interval odchylek výsledků práce	$\langle -7.971, 9.707 \rangle$	$\langle -6.130, 6.215 \rangle$

	OV ženy	SV ženy
interval odchylek výsledků článku ³	$\langle -11.811, 10.681 \rangle$	$\langle -8.703, 8.780 \rangle$
interval odchylek výsledků práce	$\langle -10.448, 10.267 \rangle$	$\langle -6.025, 5.923 \rangle$

³Volín, J., Tykalová, T., Bořil, T. (2017). Stability of prosodic characteristics across age and gender groups.

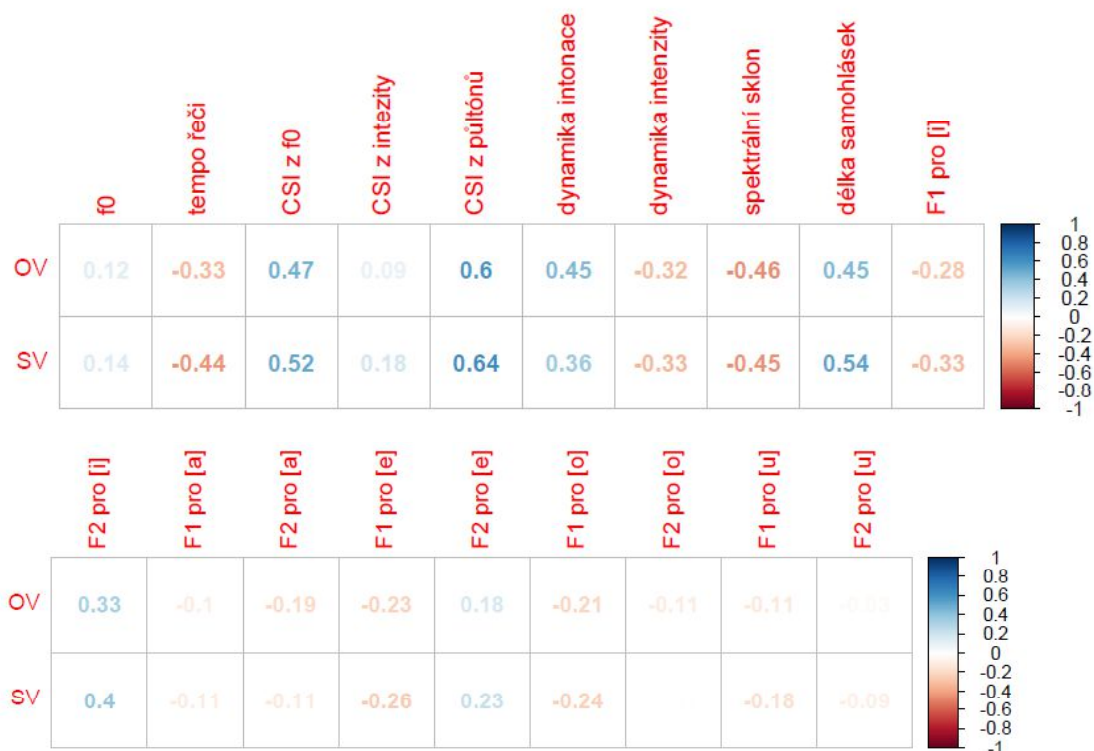
6/10

Korelační matice jednotlivých parametrů pro ženy



7/10

Korelační matice jednotlivých parametrů pro muže



8/10

- na základě hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu byly zvolené vhodné parametry
- zlepšení intervalů odchylek s přidáním vybraných parametrů v modelu s mnohonásobnou regresí
- výsledné hodnoty mohou sloužit jako referenční hodnota pro algoritmy vyhodnocující neurodegenerativní onemocnění – např. Parkinsonova choroba
- analýza závislosti parametrů na subjektivním věku nad rámec zadání

Děkuji za pozornost



Proces zjišťování subjektivního věku

- vyhotovené studentkou FF UK
- percepční test
- 40 respondentů (15 mužů a 25 žen) (19 – 58 let)
- mluvčí rovnoměrně rozděleni do 4 skupin pro přiměřenou délku poslechového testu
- každou skupinu hodnotilo 10 respondentů
- 12 nahrávek mluvčích rozděleno do 4 skupin
- zastoupení skupiny segmentů v rámci skupiny mluvčích bylo rovnoměrné
- zajištěno, aby mluvčí nebyl zastoupen pouze 1 skupinou segmentů
- úroveň všech segmentů na jednotnou efektivní amplitudu
- po 20 testovacích položkách respondent vyzván k pauze
- testovací položky odděleny desenzitizačním zvukem
- respondentům bylo doporučeno nezaokrouhlování odhadu

Jednotky CSI

- kumulativní index strmosti (CSI) je definován:

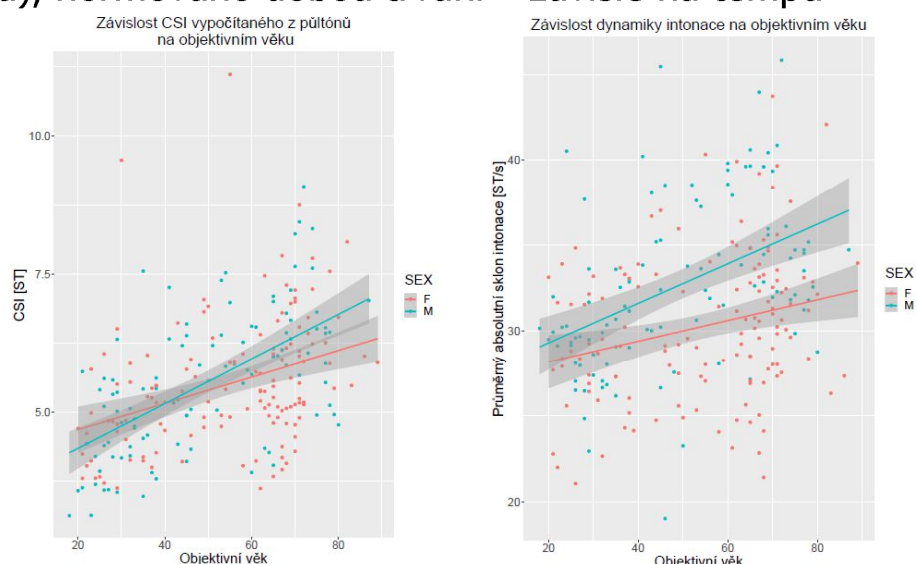
$$CSI = \frac{1}{N_{syll}} \sum_{n=2}^N |x(n) - x(n-1)|$$

- kde N_{syll} je počet slabik v segmentu, N je počet diskrétních bodů v analyzovaném segmentu a $x(n)$ je hodnota n -tého bodu
- pro výpočet z intenzity $x(n)$ [dB] a výsledné CSI [dB]
- pro výpočet ze základní frekvence $x(n)$ [Hz] nebo [ST] a výsledné CSI [Hz] nebo [ST]
- převzatý parametr, autoři uvádí takto jednotky místo [dB/syll] apod.
- v práci je parametr použit v souladu s konvencí originální studie³

³Volín, J., Tykalová, T., Bořil, T. (2017). Stability of prosodic characteristics across age and gender groups

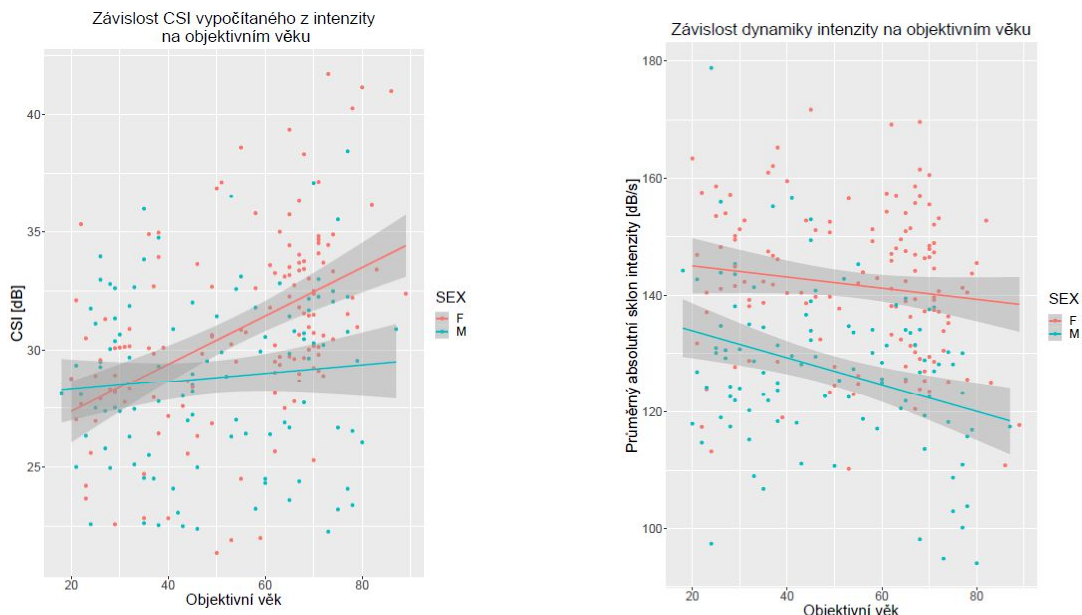
Vztah mezi dynamikou intonace a CSI

- dynamika intonace – *Get slope without octave jumps* (Praat)
- ošetření oktákových skoků – vždy maximálně o 6 půltónů pomocí odčítání / přičítání oktáv
- oproti CSI není normovaná počtem slabik (tzn. dá se určit pouze z .wav souboru), normováno dobou trvání – závislé na tempu řeči



Vztah mezi dynamikou intenzity a CSI

- dynamika intenzity – *Get mean absolute slope* (Praat)
- oproti CSI není normovaná počtem slabik (tzn. dá se určit pouze z .wav souboru), normováno dobou trvání – závislé na tempu řeči



WORKSHOP LÉKAŘSKÉ ELEKTRONIKY A BIOINFORMATIKY 2020

© České vysoké učení technické v Praze
ISBN 978-80-01-06750-5