

Došlo: 28-07-2020

Č. záz.:: 100A/4974/2020 Pril.:
Č. spisu: Vyb:

Posudek habilitační práce Ing. Štefana Borika, Ph.D.

Progressívne elektromagnetické metódy pre monitorovanie a modelovanie kardiovaskulárnej činnosti

Obsah

Uchazeč předložil habilitační práci představující soubor v posledních šesti letech uveřejněných článků ve vědeckých a odborných časopisech, na nichž se podílel jako autor či spoluautor. Tento soubor je doplněn sjednocujícím komentářem.

Ústředním tématem díla je využití účinků elektromagnetického pole pro monitorování a modelování kardiovaskulárního systému (KVS) se zaměřením na metody, jež jsou ze své podstaty neinvazivní. Hlavní motivací je výzkum a vývoj postupů, jež lze úspěšně využít při prevenci a diagnostice onemocnění uvedeného systému, jež jsou charakterizována hrozbou relativně vysoké mortality.

Choroby KVS patří mezi choroby civilizační. Téma je proto vysoce aktuální a v současné době je středem pozornosti mnoha vědeckých týmů ve všech vyspělých zemích. Z širokého spektra neinvazivních metod se autor podrobněji zabývá fotopletyzografií (PPG), snímáním elektrických projevů (KVS) a modelováním KVS s využitím elektromechanických analogií.

Fotopletyzografie představuje aplikaci elektromagnetického záření v optické oblasti do podkoží. Interakce tohoto záření s příslušnými podkožními strukturami poskytuje informaci o podkožním prokrvení, z níž lze poté určovat například srdeční kmitočet. V první části komentáře nejprve autor odvozuje vlnové rovnice elektromagnetického pole, a poté seznamuje čtenáře s důsledky interakce světla a podkožní tkáň, zvláště s jeho absorpcí, dále vznikem fotopletyzografické křivky a možnostmi jejího využití. Následují čtyři články v anglickém jazyce věnující se jednotlivým aspektům této problematiky. První se zabývá bezdrátovým přenosem dat ve fotopletyzografiích a při měření tlakových vln. Podobný námět se objevuje i v případě druhého článku, kde autoři navrhuji čtyřkanálové zařízení pro fotopletyzografické měření včetně procedur pro zpracovávání získaných dat. Třetí článek je zaměřen na algoritmizaci odhadu rychlosti pulzní vlny pomocí specifických algoritmů EKG a PPG. Čtvrtý článek má spíše přehledový charakter a autoři v něm analyzují možnosti využití různých biologických zpětných vazeb pro kontrolu vybraných funkcí lidského organismu spojených s krevním oběhem.

Elektrické projevy KVS lze snímat aktivně i pasivně. Pasivní metody jsou ovšem preferovány, neboť nemají zpětný účinek na uvedený systém. Autor v této druhé části nejprve popisuje vodivý systém srdce od řízení generátoru impulzů v buňkách sinoatriálního uzlu, šíření vygenerovaných vzruchů z předsíní do komor a jejich kontrakci a relaxaci. Z těchto vzruchů charakterizovaných elektrickými potenciály se pak získá periodická křivka, která je známá jako EKG křivka. Invazivně lze buněčné projevy sledovat pomocí implantovaných mikroelektrod, zatímco neinvazivní způsob je realizován měřením iontových proudů na povrchu těla. Autor podrobně vysvětluje, jak lze snímat tyto povrchové biosignály a jak převádět iontový proud na proud elektronový prostřednictvím vhodných elektrochemických oxidačně-redukčních reakcí. Pro modelování jsou velmi důležité i náhradní obvody těchto elektrod a kmitočtové závislosti její impedance. Stejně tak je důležitý model rozhraní elektroda-kůže. Vybrané problémy z této oblasti jsou diskutovány ve dvou následujících článcích (opět v anglickém jazyce). První se zabývá konstrukcí čtyřkanálového biozesilovače pro měření neurofyzilogické elektrické aktivity s potřebným programovým vybavením, které je schopné on-line zobrazovat různé biosignály. Druhý článek přechází na snímání biosignálů pomocí inteligentních

textilií. Cílem je zvyšování citlivosti příslušných senzorů v kmitočtových pásmech těchto biosignálů. Senzor je vyrobený buď z mědi, nebo textilií vyrobených z vodivých vláken Shieldex a Elitex.

Velmi potřebný se ukazuje být i spolehlivý model KVS vybudovaný na elektromechanických analogiích. Ukazuje se, že KVS lze simulovat systémem diskrétních obvodových prvků (rezistorů, cívek a kondenzátorů). Na základě studia chování takových obvodů lze potom určovat průtoky krve v krevním řečišti a velikost lokálního tlaku. Autor uvádí metodiku určování těchto prvků a to až do vlásečnic nahrazovaných speciálním obvodem. Tímto způsobem je možné predikovat stav krevního oběhu v těle, a to i v nestandardních situacích. K tématice se váže pět článků, opět v angličtině. První se věnuje nedestruktivnímu odhadu arteriální pulzní vlny v systému na základě elektromechanické analogie. Ve druhé práci se provádí odhad vlivu srdečního rytmu a elastického modulu arterií na rychlost pulzní vlny. Třetí je zaměřen na posouzení jednoho segmentu arteriálního systému pomocí teorie dvojbranů. Ve čtvrtém článku autoři zkoumají vliv rezonančních kmitočtů malých arteriálních segmentů na koncové arteriální segmenty. V pátém článku se implementují proměnné segmenty do modelu arteriálního systému.

Výsledky prezentované v práci představují další pokrok v neinvazivní lékařské diagnostice krevního oběhu v lidském těle a mohou tak přispět jak ke kvalitě, tak i k délce života.

Práce je středního rozsahu a obsahuje dohromady 106 stránek.

Hodnocení a připomínky

1. Zodpovídá téma práce oboru habilitace?

Tématika práce jednoznačně spadá do oboru teoretická elektrotechnika. Všechny uváděné metody, které autor ve své práci rozvíjí a analyzuje, vycházejí ze zákonů a principů teorie elektromagnetického pole a jsou aplikovány na výzkum jeho projevů v živém organismu.

2. Je práce aktuální z hlediska současného stavu vědeckého oboru?

Tématiku pokládám za vysoce aktuální a potřebnou pro další rozvoj neinvazivních lékařských metod. Tento názor potvrzuje i velké množství publikací ve vědeckých časopisech zaměřených jak na elektrotechniku, tak i na pokročilé medicínské diagnostické techniky. V každé vyspělé zemi existuje v současné době několik pracovišť, jež se touto problematikou intenzivně zabývají. Většina článků autora je zde zaměřena na experimentální výzkum, zejména na snímání a spolehlivé vyhodnocování vybraných biosignálů, které umožní korektní posouzení stavu kardiovaskulárního systému.

3. Bylo jádro habilitační práce publikováno na potřebné úrovni?

Habilitační práce je sestavena z jedenácti článků publikovaných většinou časopisecky (některé z nich však byly zveřejněny i v konferenčních sbornících) v anglickém jazyce. Tyto práce prošly recenzním řízením a lze tedy říci, že vědecká komunita výsledky předloženého výzkumu přijala. Některé z těchto článků jsem i prostudoval, a mohu zodpovědně říci, že jejich kvalita se s časem viditelně zvyšuje, zejména s ohledem na jejich formální stránku (například v nejstarším článku z roku 2014 chybí odkazy na několik obrázků apod., což se však u článků novějších již neopakuje). Odpovídám na tuto otázku proto kladně, jádro práce bylo publikováno ve zcela dostatečném rozsahu a na potřebné úrovni. Navíc je třeba konstatovat, že uvedené publikace přinášejí řadu nových a původních vědeckých poznatků, jež bezesporu budou dále vědeckou komunitou využívány.

4. Prokazuje habilitační práce svou formou dobré didaktické schopnosti uchazeče?

Snad jen v tomto bodě jsem názoru, že ve sjednocujícím komentáři mohly být některé aspekty vysvětleny podrobněji a více ilustrativně. Samotné články jsou totiž psány strohým vědeckým jazykem pro čtenáře, kteří již pronikli hluboko do příslušné problematiky, a četba jim proto nečiní potíže. Myslím si, že autor mohl v každé části komentáře přidat odstavec, v němž by bylo uvedeno, co bylo v návazných článcích publikováno, jaká byla motivace předmětného výzkumu a k jakým výsledkům se dospělo. Na druhé straně znám uchazeče již dosti dlouho na to, abych neměl žádné pochyby o jeho didaktických a pedagogických schopnostech.

5. Vyplývá ze seznamu prací, že jde o pracovníka s výraznou vědeckou erudicí?

Autor do současnosti vykazuje následující publikace (vše v anglickém jazyce):

- Dva články v zahraničních karentovaných časopisech.
- Tři články v zahraničních časopisech registrovaných v databázích WoS a Scopus.
- Tři články v domácích časopisech registrovaných v databázích WoS a Scopus.
- Tři vědecké práce zveřejněné v zahraničních vědeckých sbornících či monografiích.
- Osmnáct publikovaných příspěvků na zahraničních vědeckých konferencích.
- Patnáct publikovaných příspěvků na domácích vědeckých konferencích
- K tomu jeden užitný vzor.

Je zřejmé, že se jedná o již vyzrálého vědeckého pracovníka, jenž je schopen samostatně provádět vědecký výzkum a dále vědecky růst. Proto i na tuto otázku odpovídám kladně.

6. Osobní dojem a připomínky k práci

Předložená habilitační práce představuje kvalitní dílo. Autor velmi dobře pracuje s textem a pro jeho způsob psaní je již zřejmý i určitý nadhled. Kromě velmi dobré orientace v matematice a fyzice prokazuje široké znalosti z oblasti medicíny a je také experimentálně velmi zručný. O jeho dalším osobním růstu nemůže být pochyb a po obhájení této práce se stane výraznou posilou nejen svého mateřského pracoviště, ale i celé elektrotechnické fakulty ŽU.

Nicméně, po prostudování textu mám k práci následující připomínky a dotazy:

Připomínky

- Rovnice (1.1) na str. 6 obsahuje vůči hledné překlepy.
- V rovnicích (1.12) a (1.13) autor používá pro reálnou a imaginární část parametru šíření k písmena a a b , zatímco v seznamu symbolů na str. 2 je uvedeno α a β .
- Str. 41: na obr. 2.1 Tawarove ramienka, v následném textu Tawarovo ramienka.
- Vztah (2.2) na str. 44 je pravděpodobně nekorektní.
- Na str. 44, 14. řádka zdola ... daný Nernstovou rovnicou. Tato rovnice by zde mohla být uvedena nebo alespoň ocitována.
- V závěru mohl autor uvést, jakým směrem se bude ubírat jeho další výzkum v této oblasti a jakým způsobem bude předávat získané poznatky studentům a zejména doktorandům.

Dotazy

- Modely kardiovaskulárního systému se často nahrazují elektrickými obvody. Jaké přesnosti parametrů zde lze dosáhnout a jak jsou tyto modely spolehlivé?
- Jakých přesností se dosahuje při snímání biosignálů, jimiž se autor zabývá a jakým způsobem se ověřuje kvalita jejich vyhodnocení?
- Při vyhodnocování experimentů z oblasti fotopletyzografie (konkrétně při zpracování signálu PPG) se pracuje s druhou derivací změřené křivky. Jakou numerickou technikou se tato druhá derivace určuje?

Závěr

Předložená habilitační práce splňuje i přes zmíněné připomínky podle mého názoru všechny požadavky, které jsou na práce tohoto druhu kladeny. Proto jednoznačně doporučuji, aby byla přijata k obhajobě a aby po jejím úspěšném zakončení byl Ing. Štefanovi Borikovi, Ph.D. udělen podle zákona 131/2002 Sb. vědeckopedagogický titul doc.

V Plzni dne 18. července 2020

Prof. Ing. Ivo Doležel, CSc.
Elektrotechnická fakulta ZČU Plzeň