

Posudek školitele na disertační práci Ing. Jana Tesaříka

Název disertační práce:	Microwave imaging for selected medical diagnostic and monitoring applications
Disertant:	Ing. Jan Tesařík
Doktorský studijní obor:	Biomedicínská a klinická technika
Školící pracoviště:	Katedra biomedicínské techniky, FBMI ČVUT v Praze
Školitel:	prof. Dr.-Ing. Jan Vrba, M.Sc., katedra biomedicínské techniky, FBMI ČVUT v Praze
Školitel specialista:	prof. Ing. David Vrba, Ph.D., katedra biomedicínské techniky, FBMI ČVUT v Praze

Mikrovlnná technika se za poslední tři dekády, a to zejména díky rozvoji mobilní telekomunikace, stala spolehlivou a cenově dostupnou technologií. Schopnost mikrovlnného neionizujícího záření pronikat a interagovat s biologickými tkáněmi a fakt, že tkáně zdravé a patologické se liší hodnotami dielektrických parametrů, zapříčinily, že odborná komunita prověřuje možnosti využití mikrovlnné techniky v lékařské diagnostice a monitorování. Lékařské zobrazovací systémy na bázi mikrovlnné techniky mají potenciál být levné, kompaktní a bez zdravotního rizika pro pacienty. I přes nižší rozlišovací schopnost tak do budoucna mohou doplnit stávající zobrazovací systémy a pomoci dále zvýšit kvalitu zdravotní péče.

Nejčastěji uvažovanou mikrovlnnou diagnostickou metodou je raná detekce nádorů prsu a detekce, klasifikace a monitoring cévních mozkových příhod (CMP). Teplotní závislost dielektrických parametrů se zase zdá být využitelná pro budoucí monitorování teploty během hypertermie.

Předložená disertační práce odpovídá na vybrané otázky využití mikrovlnného zobrazování v oblasti lidské hlavy pro účely detekce a klasifikace CMP a pro monitorování teploty během hypertermie.

V rámci své disertační práce Ing. Jan Tesařík nejprve pomocí numerických simulací studoval úrovně přenosů mikrovlnných signálů při průchodu lidskou hlavou. Ukázal, jak se zvyšuje útlum signálů, pokud uvažujeme problematiku jako čistě 2D nebo 3D a to jak pro geometricky zjednodušené tak i realistické modely zobrazované oblasti. Pro oblasti velikosti lidské hlavy jsou hodnoty přenosů ve studovaném frekvenčním pásmu 0,5 do 1,5 GHz i pro realistické modely měřitelné, nicméně pro horní okraj tohoto frekvenčního pásma jsou již úrovně hraniční. Obecně lze konstatovat, že mikrovlnné zobrazovací systémy budou využívat většinu svého extrémního dynamického rozsahu.

Ing. Tesařík se dále věnoval hodnocení vhodnosti anténních elementů pro zobrazování lidského těla, kdy anténní elementy jsou v přímém kontaktu s biologickými tkáněmi nebo přizpůsobovacím médiem jejichž dielektrické vlastnosti se významně liší od volného prostoru. Navrhl a aplikoval tak metodiku hodnocení a porovnal vlastnosti v této oblasti využívaných anténních elementů. Vybral nejvhodnější z nich, zásadně upravil jeho geometrii a rozměry tak, aby jej bylo možné integrovat v dostatečném počtu do laboratorního zobrazovacího systému v podobě diagnostické helmy.

Nové anténní elementy realizoval a umístil do zmíněného systému a studoval kvalitu zobrazování pro homogenní fantomy lidské hlavy s modely cévních mozkových příhod.

V druhé části práce se Ing. Tesařík systematicky věnuje studii proveditelnosti mikrovlnné termometrie během hypertermie. Tato část práce byla zejména výsledkem jeho odborné zahraniční stáže, kde většinu experimentů sám plánoval, prováděl a vyhodnocoval. V první fázi se věnoval měření a modelování teplotních závislostí dielektrických vlastností kapalných fantomů a deionizované vody. Dále pomocí numerických simulací a experimentů ověřoval koncept neinvazivní mikrovlnné termometrie na „2,5D“ zobrazovacím systému s monopólovými anténními elementy umístěnými v jedné rovině a s relativně malou zobrazovanou oblastí, odpovídající ale rozměrům lidského krku, a tedy mající relevanci pro hypertermie v této oblasti.

Následovala velmi unikátní část práce, kdy pro měření teploty využil již existující vícekanálový hypertermický systém navržený pro oblast hlavy a krku a jak numericky, tak i experimentálně prověřoval proveditelnost mikrovlnné termometrie. Jako kritický pro tuto oblast se ukázal vodní bolus, který je v případě hypertermických systémů vždy součástí a který je tvořen deionizovanou vodou. Ta vykazuje velmi nízké ztráty a vodní bolus značnou část signálu dopadajícího na zobrazovanou oblast vede svým objemem okolo zobrazované oblasti k sousedním anténám. Díky tomu je v naměřených signálech užitečná informace pod úrovní signálů mezi anténními elementy skrze vodní bolus. V numerických simulacích se podařilo výsledky rekonstrukce dosáhnout zvýšením vodivosti vodního bolu. V reálném hypertermickém systému bude muset být zabráněno nechtěné vazbě anténních elementů mimo zobrazovanou oblast jinými způsoby: dělením vodního bolu, využitím absorbérů, apod.

Hlavní cíle této disertační práce byly

- (i) návrh a experimentální ověření vhodného anténního prvku pro systémy MWI (kapitola 5),
- (ii) vývoj a laboratorní ověření vícekanálového 3D MWI systému pro detekci a monitoring mozkové mrtvice (kapitola 5),
- (iii) studie proveditelnosti mikrovlnné termometrie s využitím metody diferenciální mikrovlnné tomografie (kapitola 6).

Některá témata související s touto prací, jako je numerická analýza šíření EM vln skrze modely lidské hlavy, jsou popsána v kapitole 4.

Jako školitel považuji všechny cíle disertační práce za splněné.

Ing. Tesařík vypracoval svoji bakalářskou i magisterskou práci v roce 2014 resp. 2016 v týmu Bio-elektromagnetismus FBMI ČVUT.

Jako člen týmu se aktivně účastnil řešení celé řady projektů 2x GAČR, 1x MŠMT Inter-COST Inter-Excellence a celkem 5 projektů SGS ČVUT, z čehož u jednoho z nich působil v roli hlavního řešitele.

V roce 2020 se Ing. Tesařík se v období leden až červen a v rámci Short Term Scientific Mission, projektu „CA17115 - European Network for Advancing Electromagnetic Hyperthermic Medical Technologies“ zúčastnil zahraniční odborné stáže, v týmu prof. Mikaela Perssona (jedné z hlavních světových osobností mikrovlnného zobrazování a spoluzakladatele firmy Medfield Diagnostics) na Chalmers University of Technology ve švédském Göteborgu. Během

svého doktorského studia tak aktivně pomáhal rozvíjet spolupráci týmu BioEM s kolegy z Chalmers. Výsledkem této spolupráce je zatím jeden konferenční příspěvek na prestižní odborné mezinárodní konferenci.

Zmíněné výzkumné aktivity Ing. Tesaříka jsou dobře dokumentovány celkem 3 publikacemi v časopisech s IF a to 1x v IEEE Transactions on Antennas and Propagation (Q1 a 25 heterocitací v databázích WoS a Scopus), 1x International Journal of Microwave and Wireless Technologies (Q4 a 1 heterocitací v databázích WoS a Scopus) a 1x International Journal of Antennas and Propagation (Q4 a 10 heterocitací v databázích WoS a Scopus).

Dále je Ing. Tesařík autorem/spoluautorem 14 konferenčních příspěvků na různých prestižních mezinárodních konferencích. Např. na European Conference on Antennas and Propagation 2020, 2021, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018, European Microwave Conference in Central Europe 2019, Progress in EM Research Symposium 2017, 2018 a 2019.

Přestože publikované práce (ze kterých se skládá i část předložené disertační práce) navazují na aktivity celého týmu a jsou většinou výsledkem týmové práce, zásluhy disertanta k dosažení výsledků jsou zcela zásadní. A o tom, že publikace (jichž je disertant autorem nebo spoluautorem) vědeckou komunitu zaujaly, svědčí i to, že mají celkem 28 heterocitací. Aktuální H-faktor disertanta je bez auto-citací roven dvěma.

Závěrem bych chtěl konstatovat, že Jan Tesařík prokázal schopnost samostatné vědecké práce. Písemná práce sama je podle mého názoru na odpovídající odborné i grafické úrovni. Jsem přesvědčen, že disertant splnil požadavky doktorského studia a i požadavky na disertační práci samu, a proto doporučuji předloženou práci k obhajobě a disertantovi udělení titulu Ph.D.

V Praze dne 16. 8. 2024

.....
prof. Dr.-Ing. Jan Vrba, M.Sc.

S textem posudku souhlasí i školitel specialista

.....
prof. Ing. David Vrba, Ph.D.