

Posudek disertační práce „Matematické metody pro zpracování obrazu v biologických pozorováních“ předložené Ing. Tomášem Zikmundem na Fakultě strojního inženýrství, VUT v Brně

Předložená disertační práce se zabývá vývojem metod zpracování obrazu v digitální holografické mikroskopii a rentgenové počítačové tomografii s vysokým rozlišením. Díky intenzivnímu technologickému pokroku v oblasti digitálních polohově citlivých detektorů, rozvoji zdrojů optického a rentgenového záření a příslušné optiky došlo v posledním desetiletí k rapidnímu zlepšení zobrazovacího výkonu obou metod. Díky tomuto vývoji je tak možné pozorovat struktury s prostorovým rozlišením hluboko pod jeden mikrometr a dosahovat výborného kontrastu i pro buněčné struktury. Přes poměrně velkou instrumentální náročnost se tyto zobrazovací metody stávají stěžejními nástroji pro nejrůznější biologická pozorování, ve kterých umožňují vizualizovat struktury či děje v kvalitě před několika lety jen těžko představitelné. Další vývoj v oblasti zobrazovacích technik je přirozeně předmětem intenzivního zkoumání na předních světových pracovištích. Téma disertační práce je tedy velmi aktuální.

Předložená disertační práce je sepsána v českém jazyce v rozsahu 69 stran včetně obrázků a doplňujících částí. Z formálního hlediska je práce rozčleněna do osmi kapitol, které dávají práci logickou a přehlednou strukturu. Zpracování obrázků a celková grafická podoba práce je zdařilá. Autor korektně používá reference na literaturu, jejíž seznam je pro studovanou problematiku vhodně zvolený. Z textu práce je dobře definovaný a zřejmý autorův přínos a jeho vztah k současnému stavu problematiky. Autor předložil rovněž krátký autoreferát, který v kondenzované formě obsahuje stěžejní výsledky disertační práce. Zpracování autoreferátu z hlediska formálního i věcného zcela splňuje podmínky kladené na takový typ dokumentu.

Tematicky je předložená disertační práce rozdělena do dvou nezávislých bloků. V první části autor popisuje vývoj metody pro korekci deformace fázového obrazu v digitální holografické mikroskopii. Autorovi se podařilo navrhnout, softwarově implementovat a experimentálně ověřit korekční algoritmus, který umožňuje automaticky zpracovávat záznam živých buněk z holografického optického mikroskopu. Díky schopnosti korigovat každý snímek v reálném čase je možné algoritmus použít kromě výpočtu samotného fázového obrazu zkoumaného objektu i k přesnějšímu řízení samotného snímání (např. pro trasování polohy jednotlivých buněk a automatickou korekci výběru pozorované oblasti). Vyvinutá metoda byla autorem úspěšně implementována pro digitální holografický mikroskop na Fakultě strojní VUT v Brně a Ing. Zikmund jako prvním autor publikoval výsledky této práce v kvalitním zahraničním recenzovaném časopise *Journal of Microscopy*.

V druhé části disertační práce se autor věnuje vývoji metod pro zpracování dat pořízených metodou rentgenové tomografie s vysokým rozlišením. Konkrétně se v práci soustředí na systematické zpracování tomografických dat stehenní kosti krysy. Pro příčné řezy kostí byla v předložené práci navržena a otestována metoda pro separaci kortikální kosti umožňující kvantifikaci jejího vnitřního a vnějšího poloměru. Vyvinutá metodika byla následně aplikována na sadu tomografických dat, u nichž byla testována účinnost aplikace různých léčiv na kosterní aparát.

Předložené práci bych vytknul, že zejména rešeršní části jsou napsány poměrně minimalistickým způsobem. U rentgenové tomografie není např. vůbec zmíněn fyzikální princip vzniku obrazu, některé textové pasáže (např. popisované geometrie CT systémů) postrádají vhodné grafické doplnění. V práci jsem postrádal rovněž jakékoliv fotografie ilustrující např. zkoumané vzorky a experimentální uspořádání aparatury. Výsledný rozsah práce 69 stran včetně všech součástí je na hranici obvyklé pro tento typ kvalifikační práce.

Z předložené disertační práce je níméně zřejmé, že kromě návrhu, implementace a testování jednotlivých algoritmů pro zpracování obrazu, se autor podstatnou měrou podílel i na instrumentální části experimentů vedoucí k získání potřebných dat. Během svého doktorského studia se tak zejména v oblasti rentgenové tomografie stal jedním z nemnoha odborníků pro tuto zobrazovací metodu v ČR. Z přiloženého seznamu publikací je rovněž patrné, že se autor dokázal úspěšně zapojit do několika vědeckých týmů, které diskutované zobrazovací metody využívají pro další aplikace, jež přesahují rámec předložené disertační práce.

K práci mám následující otázky:

- 1) Metoda vyvinutá pro korekci fázových deformací využívá oblasti detektoru, které nejsou překryty vzorkem a které jsou následně fitovány vhodnou polynomiální plochou. Můžete komentovat, jak velký podíl plochy detektoru je třeba, aby algoritmus fungoval? Jak se provádí korekce v případě, že pozorovaný vzorek překrývá celé zorné pole?
- 2) Z korigovaných fázových obrazů a následně segmentovaných buněk jsou počítány jejich hmoty. Můžete komentovat jaká je přesnost těchto hodnot?
- 3) V práci se pracuje s termínem voxelové rozlišení. Můžete definovat, jak tato veličina souvisí s prostorovým rozlišením? Je-li např. voxelové rozlišení 5 μm , znamená to, že je možné rozlišit takto malé struktury?
- 4) V sekci věnované rentgenové tomografii je popsáno několik radiografických systémů s různým zobrazovacím výkonem. Z textu práce není jasné, který systém se používal na jaká měření. Můžete okomentovat nutnost použití tří systémů?
- 5) V práci (kapitola 7.1) je vyjmenováno několik léčiv, jejichž efekty jsou studovány pomocí rentgenové mikrotomografie. Z textu práce není jasné, co je cílem aplikace těchto léčiv. Můžete toto blíže vysvětlit?
- 6) U vyhodnocení účinnosti jednotlivých léčiv na parametry stehenní kosti (obr. 7.11, 7.12, 7.13) není jasné, na jakém statistickém vzorku jsou výsledky realizovány. Některé hodnoty ve zmíněných grafech obsahují chybové úsečky, některé ne. U vyznačených chybových úseček není jasné, jakou chybu udávají.
- 7) Tomografie stehenních kostí byly pořizovány na amputovaných krysích končetinách. Můžete okomentovat, proč nebylo možné provádět experimenty in-vivo, případně jaké by to vyžadovalo změny v experimentálním uspořádání?

Přes výše uvedené připomínky je nesporné, že předložená disertační práce je založena na původní vědecké práci autora, která svou kvalitou přispěje k pokroku obou rozvíjeným zobrazovacích metod. Předložená práce tedy splňuje podmínky kladené na disertační práci, a proto ji doporučuji k obhajobě a po jejím úspěšném absolvování k udělení titulu Ph.D.

V Praze 20. listopadu 2014



Ing. Bc. František Krejčí, Ph.D.

Ústav technické a experimentální fyziky, ČVUT v Praze