

Posudek

na dizertační práci Vladislava Janáka, studenta doktorského oboru Aplikovaná fyzika, vypracované na téma:

Aplikace digitálního zpracování obrazu ve fyzikálních experimentech

Předložená práce se zabývá vybranými aspekty konstrukce nové verze měřicí lavice určené pro měření biomechanických parametrů kadaverózních vzorků bederní části lidské páteře. Konkrétně šlo o navržení řídicí elektroniky a obslužného softwaru na bázi vývojového prostředí LabView firmy National Instruments.

Při realizaci si student osvojil práci s vybranými elektronickými prvky a čidly fyzikálních veličin, konkrétně se jednalo o CCD nebo CMOS kamery, DAQ jednotky, krokové motory, tenzometry a koncové spínače. Z hlediska zpracování dat a fyzikálních aspektů pronikl do oblasti zpracování obrazu, Fourierovy analýzy, a speckle interferometrie. Cílem jeho práce bylo zprovoznit novou verzi měřicí lavice tak, aby bylo možné ji plně ovládat z počítače a umožnit tak automatická měření.

Vlastní zpracování

Práce je rozdělena do pěti kapitol, počínaje úvodem a závěrem konče. V první úvodní kapitole představuje autor cíle své práce a současný stav řešení problematiky měření na měřicí lavici. Druhá kapitola se věnuje vybraným metodám biomechanických měření, konkrétně práci s tenzometry a zpracování obrazu. Ve třetí stěžejní kapitole autor představil novou verzi biomechanické měřicí lavice. Popsal zde její konstrukci, softwarové a hardwarové vybavení, popsal různé rutiny ovládacího programu, a způsoby zpracování dat. V této kapitole je dostatečně uveden přínos studenta pro vývoj celého zařízení. Ve čtvrté kapitole autor krátce seznamuje čtenáře s použitím zařízení na měření vlivu umělého meziobratlového implantátu, který byl vyvinut na olomoucké neurochirurgii prof. Lumírem Hrabálkem. Poslední pátá kapitola velmi krátce shrnuje možnosti nové měřicí sestavy a možnými perspektivami do budoucna, konkrétně měření na trojrozměrných modelech vzniklých ze snímání počítačovou tomografií a magnetickou rezonancí. Poté následují 4 přílohy ve formě článků, které autor napsal.

Odborné zpracování

Student se zabýval velmi zajímavým a žádaným tématem v oblasti měření pro lékařské aplikace. Během studia prokázal čínorodost a významně se podílel na konstrukci měřícího zařízení. Vlastní zpracování práce však považují za odbyté. Text je v mnoha případech rozkouskován do velmi stručných kapitol, často na sebe nenavazujících. Text je takto vnořen do kapitol až čtvrté úrovně. Blokové diagramy G-kódu prostředí LabView jsou často zcela nečitelné. Bylo by spíš žádoucí je uvést v příloze ve zvětšení na celou stranu, případně je zveřejnit na doprovodném CD (které nejspíš není součástí práce). Obsah odkazuje na strany, kde jsou uvedeny přílohy, avšak stránkování v přílohách není a čtenář musí zdlouhavě jednotlivé přílohy hledat. V textu nejsou veličiny v kurzívách a zhoršují čitelnost textu.

V úvodu bych uvítal rozsáhlejší rešerši problematiky měření páteře. V kapitole 2.1.1. se autor zbytečně věnuje podrobnému a všeobecně známému popisu metody nejmenších čtverců, kterou autor použil pro kalibraci tenzometrů. Avšak v kapitole 3.8. (Kalibrace tenzometrů) se vůbec nezmiňuje o výsledcích této kalibrace. Navíc v kapitole 3.9.2.3. (Simulace vzoru koherenční zrnitosti) přikládá závislost periody prostorového spektra na velikosti posunutí obrazu, kterou nahradil hyperbolou, aniž by použil metodu nejmenších čtverců pro výpočet parametrů hyperboly. V textu je navíc uvedeno, že se jedná o náhradu „hyperbolou 2.“ (hyperbola 2. řádu?). Navíc, doprovodný Obrázek 57 obsahuje špatné značení veličin jednotlivých os (v hranatých závorkách se uvádí jednotky, a ne označení veličin, jednotky zde navíc chybí). Dále není zřejmé, zda uvedená aproximace platí pro obě osy nebo ne. Na Obrázku 56 je chybně uvedeno, že je zde znázorněna závislost změny periody na vzdálenosti posunutí, přitom se jedná o závislost periody (nikoliv změny periody).

V kapitole 3.6. (Měření mechanických rozsahů os) by bylo žádoucí uvést dorazy i v milimetrech a ne jen v počtu kroků krokových motorků. Navíc jsem nikde na mapování kroků motorků na jednotky délky nenarazil. V kapitole 3.9. (Metody obrazové analýzy použité v práci) autor zmiňuje použití definovaných skvrnitých vzorů (pseudospeckle) vytvořených počítačem. Autor ovšem nezmiňuje, jak byly vzory vyrobeny a naneseny na terčiky. Tento důležitý aspekt by zasloužil mnohem větší pozornost, neboť je základem měření deformací páteře pomocí terčiků. V kapitole 3.9.1.1. je zmíněna Sobelova maska. Uvítal bych citaci na nějaký zdroj informací pro upřesňující informace.

Kapitolu 3.9.2.1. (Speckle metoda dvojího záznamu) tvoří pouze tři věty. Přitom se jedná o jednu z nejdůležitějších metod používaných na sestavě (ne-li nejdůležitější), a kterou autor zapracoval do systému.

V kapitole 3.9.2.2. (Rychlá Fourierova transformace) se autor opět velmi krátce zmiňuje o spektrálním obrazu součtu dvou polí koherenční zrnitosti. Součet obrazů však není vůbec teoreticky popsán. Autor se pouze omezuje na všeobecně známý vztah Fourierovy transformace. Dále autor uvádí, že výsledné pole filtroval dolní propustí. Není zde ale žádná zmínka o tomto filtru, o jeho nastavení a už vůbec nic o matematickém popisu této filtrace (či implementace v softwaru).

Kapitola 3.9.2.3. (Simulace vzoru koherentní zrnitosti) obsahuje odbytý text „Odchylka S^2 – odchylka vzorku (změna odhad $D \approx$ odchylka) lze vypočítat vztahem:“. Slovo standardní, obsahuje písmeno ,d' a ne ,t' (standarta = vlajka). Ve vzorci (51) mi neseď jednotky (index i se odečítá od frekvence h), prosím o vysvětlení.

Kapitola 4 pojednává o aplikaci zařízení na vyhodnocení vlivu umělého implantátu na kadaverózním lidském vzorku páteře. Jedná se o velmi zajímavou kapitolu, která je ovšem nedostatečně rozvedena. Není zde žádná diskuse nad získanými daty, která by ožejmila možnosti měřící sestavy, citlivost, a celkové zhodnocení tohoto systému na příkladu použití.

V práci bylo citováno pouze 28 zdrojů, z velké části se jedná o odkazy na hardwarové prvky výrobců, což je na doktorskou práci nedostačující. Navíc často obsahují odkazy na internetové stránky, které za několik let budou jistě neplatné. Prof. Hrabálek jistě zveřejnil svůj nový implantát odborné veřejnosti i jinde než jen na stránkách Fakultní nemocnice Olomouc či Žurnálu UP.

Otázky

1. V kapitole 3.3.7. zmiňuje autor řádkový snímač Hamamatsu S10077, které je podrobněji také popsán v článku zveřejněném v příloze 3. Z textu jsem získal dojem, že se nakonec v měřící sestavě nepoužil. Je tomu tak?
2. V kapitole 3.4. (Mechanická konstrukce stroje) autor uvádí, že pohyby v osách x a y jsou na vzorek přenášeny pomocí horní misky. Proč neslouží k posunutí spodní miska, která by na první (laický) pohled byla z hlediska polohy vhodnější?
3. Jaký je rozsah měření v osách x a y v jednotkách délky?
4. Jaké jsou kalibrační hodnoty vzešlé z kalibrace tenzometrů?
5. Popište realizaci počítačem vytvořených skvrnitých vzorů (pseudospeckle) na terčích.
6. Popište konkrétněji speckle metodu dvojího záznamu.
7. Uveďte konkrétně dolnofrekvenční propust' pro filtraci výsledného součtového spektrálního obrazu polí koherenční zrnitosti (viz kapitola 3.9.2.2.).

8. V kapitole 4 autor uvádí, že v případě měření posunutí popojížděli v jednotlivých osách o 400 kroků, v případě měření torze o 350 kroků, a při měření tlaku o 40 kroků. Jaké byly pohyby v jednotkách délky?
9. Ve vzorci (51) mi nesedí jednotky (index i se odečítá od frekvence h), prosím o vysvětlení.

Závěrečné zhodnocení

Předloženou dizertační práci přesto hodnotím celkově kladně, neboť v ní autor projevil samostatnou činnost a dosáhl kýženého výsledku. Práci doporučuji k obhajobě. Výsledné hodnocení je bohužel významně sníženo odbytou formou zpracování.

Práci hodnotím: D

V Olomouci dne 20. listopadu 2010

Mgr. Libor Nožka, Ph.D.

oponent