

Oponentský posudok dizertačnej práce

Metodika skenování a zpracování bodových mračen pro vývoj pěnových dílů v automobilovém průmyslu

Autor: Ing. Michal Gregor
Študijný odbor: Průmyslové inženýrství a management
Školitel: doc. Ing. Pavel Kopeček, CSc.
Oponent: prof. Ing. Martin Krajčovič, PhD.
Katedra priemyselného inžinierstva
Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 1, 010 26 Žilina

Oponentský posudok bol vypracovaný v súlade so zákonom č. 111/1998 Sb. o vysokých školách.

1. Význam práce pre študijný odbor

Dizertačná práca sa zaoberá problematikou 3D laserového skenovania a jeho aplikácie v podmienkach vývoja penových dielov pre oblasť automobilového priemyslu.

Technológia 3D laserového skenovania reprezentuje jeden z významných nástrojov aplikovaných v súvislosti s nasadzovaním konceptu digitálneho podniku a využívaním technológií virtuálnej a rozšírenej reality v priemyselnej praxi. Jej aplikácia v podniku umožňuje zvýšiť rýchlosť, flexibilitu a kvalitu predvýrobných (návrh produktov, projektovanie systémov, ergonomický návrh pracovísk) ako aj výrobných a podporných činností (kontrola kvality, riadenie procesov, tréning pracovníkov) výrobného procesu, čo sú základné predpoklady fungovania podnikov budúcnosti.

Z uvedených dôvodov považujem tému dizertačnej práce za vysoko aktuálnu. Svojim zameraním práca zodpovedá obsahovej náplni odboru Priemyselné inžinierstvo a management.

2. Postup riešenia problému, použité metódy

Dizertačná práca je rozdelená do 6 kapitol. V kapitolách 1 a 2 doktorand spracoval prehľad súčasného stavu teoretických a praktických poznatkov v predmetnej oblasti. Uvedená časť práce zahŕňa popis dvoch kľúčových oblastí: oblasť virtuálnej reality a jej aplikácie v priemysle a oblasť technológií 3D laserového skenovania a jeho využitia v priemysle.

Rozsah literatúry použitej pri rozbere súčasného stavu považujem za dostatočný a štruktúru z pohľadu zastúpenia domácich a zahraničných zdrojov za vyváženú. Za pozitívny fakt považujem aj to, že doktorand čerpal z najnovších zdrojov, väčšina publikácií nie je staršia ako 5 rokov.

Za nedostatok tejto časti považujem určitú nekonceptnosť pri zostavovaní štruktúry a obsahovej náplne tejto kapitoly. Niektoré časti sú spracované len povrhu, naopak niektoré až zbytočne detailne. V kapitole 2.5, ktorá by mala byť venovaná popisu aplikácií technológií 3D laserového skenovania v praxi, doktorand častokrát odbieha od témy skenovania k príkladom aplikácie technológií virtuálnej a rozšírenej reality vo všeobecnosti. Popis aplikácií je pomerne obsiahly, tvorí takmer tretinu obsahu. S ohľadom na zameranie práce by som skôr privítal podrobnejšie informácie súvisiace s metodikou 3D laserového skenovania, popis hardvérových a softvérových prostriedkov a postupov spracovania 3D skenov, používaných v súčasnosti.

V kapitolách 3 a 4 definuje doktorand hlavný a čiastkové ciele práce, hypotézy a špecifikuje metódy výskumu použité v rámci riešenia dizertačnej práce. K týmto častiam nemám pripomienky, ciele, hypotézy i metódy riešenia sú špecifikované správne a dostatočne zrozumiteľne.

V kapitole 5 predstavuje doktorand vlastný výskum predmetnej problematiky. V kapitolách 5.1 až 5.4 postupne popisuje predchádzajúci vlastný výskum, dotazníkový prieskum aktuálneho stavu využívania technológií virtuálnej reality a 3D laserového skenovania v podmienkach výroby autosedačiek, sekundárne výskumy v oblasti skenovania automobilových dielov. Podľa môjho názoru mala byť časť týchto informácií (hlavne kapitoly 5.1 a 5.4) zaradená do rozboru aktuálneho stavu poznatkov. Informácie spracované v týchto kapitolách tvoria v podstate hlavné jadro znalostí doktoranda, od ktorých odvíja vlastný výskum a návrh metodiky.

V kapitole 5.5 predstavuje vlastný výskum k riešenej problematike, ktorý bol realizovaný na skenovaní zadných autosedačiek s rôznymi variantmi poťahov. Rozsah vlastného výskumu považujem za dostačujúci. Výsledky výskumu sú v závere zhrnuté do slovného popisu, privítal by som podloženie záverov konkrétnymi výsledkami doktorandových analýz.

Na základe výsledkov vlastného výskumu doktorand v kapitole 6 navrhuje vlastnú metodiku skenovania a spracovania bodových mračien. Metodika je popísaná veľmi stručne a obecne. Pre jej praktickú aplikáciu by som navrhoval spracovanie podrobnejšieho postupu. Rovnako by som privítal grafickú prezentáciu navrhovanej metodiky s využitím vývojových diagramov. Navrhnutá metodika je v kapitole 7 overená v praktických podmienkach na rovnakom prípade na ako bol realizovaný vlastný výskum. Tento spôsob verifikácie považujem za optimálny z hľadiska možnosti komparácie stavu pred a po nasadení navrhovanej metodiky.

V závere práce (kapitola 8) doktorand vyhodnotil splnenie cieľov a hypotéz stanovených na začiatku riešenia dizertačnej práce a odporučil možnosti ďalšieho výskumu v predmetnej oblasti.

3. Splnenie cieľov dizertačnej práce

Hlavným cieľom práce je vytvorenie metodiky pre vývoj a kontrolu zadných autosedačiek osobných automobilov s využitím virtuálnej reality a 3D skenovania bodových mračien. Čiastkové ciele následne zodpovedajú stanovenému hlavnému cieľu. Ciele (hlavný, aj čiastkové) dizertačnej práce zodpovedajú požiadavkám na spracovanie dizertačnej práce. Podľa môjho názoru doktorand v dizertačnej práci preukázal splnenie stanoveného hlavného ako aj čiastkových cieľov.

4. Výsledky dizertačnej práce, vlastný prínos doktoranda

Za hlavný výsledok dizertačnej práce je možné považovať návrh metodiky 3D skenovania a spracovania bodových mračien pre vývoj dielov v automobilovom priemysle. Uvedená metodika je popísaná v kapitole 6 a odvíja sa od výsledkov vlastného výskumu v procese vývoja zadných autosedačiek, ktorý je popísaný v kapitole 5.5. Vlastná metodika je logicky rozdelená do troch fáz: prípravnej, výskumnej a hodnotiacej.

S ohľadom na jej význam, by som privítal podrobnejšie rozpracovanie hlavne výskumnej a hodnotiacej fázy.

Navrhovaná metodika umožní znížiť prácnosť a náklady na spojené s kontrolou presnosti a dodržania tvarových tolerancií vo fáze vývoja automobilových dielov.

Výsledky dizertačnej práce sú prínosom pre ďalší rozvoj študijného odboru Průmyslové inženýrství a management.

5. Formálne pripomienky

Formálna úprava práce je na dobrej úrovni. Práca má drobné formálne nedostatky, ako sú napr. preklepy, kvalita niektorých použitých obrázkov (napr. obrázok 11), či nejednotný systém označovania obrázkov v texte (číslo obrázku raz vyjadrené textom, raz číslicou). Tieto nedostatky však nijako výrazne neovplyvňujú celkovú úroveň dizertačnej práce.

6. Publikačná činnosť doktoranda

Doktorand uvádza celkovo 6 evidovaných publikácií. Na základe prieskumu publikácií registrovaných v medzinárodných databázach, som zistil, že doktorand má registrované 3 publikácie v databáze Web of Science a 6 publikácií v databáze Scopus. Rozsah a kvalitu publikačnej činnosti považujem za dostatočný. Za pozitívum považujem predovšetkým registráciu publikácií doktoranda v medzinárodne uznávaných databázach.

7. Záverečné hodnotenie

Na záver konštatujem, že dizertačná práca spĺňa predpísané požiadavky. Preto odporúčam dizertačnú prácu Ing. Michala Gregora k obhajobe a po jej úspešnom absolvovaní navrhujem udeliť uchádzačovi akademický titul PhD.

8. Otázky do diskusie:

1. V kapitole 5.5 realizuje doktorand vlastný výskum na vzorke 525 kusov zadných autosedačiek. Výskum bol realizovaný na viacerých verziách líšiacich sa typom poťahu použitého na autosedačke. Aká bola početnosť skúmaných vzoriek v jednotlivých skúmaných verziách? Boli v rámci jednotlivých verzií pri meraní zistené systematické odchýlky tvaru opakujúce sa na všetkých skúmaných vzorkách?
2. V závere vlastného výskumu doktorand konštatuje, že hlavnou príčinou tvarových odchýlok zistených 3D skenovaním je výroba penových komponentov na hraniciach povolených tolerancií hustoty a tvrdosti peny. Akým spôsobom (metódou) bola skúmaná závislosť tvarových odchýlok od tvrdosti a hustoty peny?
3. Aké sú hlavné rozdiely navrhovanej metodiky oproti existujúcim prístupom a v čom vidí doktorand svoj hlavný prínos?
4. Metodika 3D laserového skenovania popísaná v dizertačnej práci je navrhovaná pre aplikáciu pri vývoji nových automobilových dielov? Vie si doktorand predstaviť využitie technológie 3D laserového skenovania pri inšpekcii priamo vo výrobných a montážnych procesoch?

Žilina, 16.7.2020


prof. Ing. Martin Krajčovič, PhD.

Oponentský posudek disertační práce

Název disertační práce: **Metodika skenování a zpracování bodových mračen pro vývoj pěnových dílů v automobilovém průmyslu**

Doktorand: **Ing. Michal GREGOR**

Pracoviště: Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Fakulta strojní
Západočeská univerzita v Plzni

Studijní program: P2301 Strojní inženýrství

Oponent: **doc. Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.**

Pracoviště: Katedra obrábění a montáže
Fakulta strojní
Technická univerzita v Liberci

Cílem disertační práce bylo prostřednictvím virtuální reality a 3D skenování bodových mračen vytvořit metodiku pro vývoj a kontrolu zadních autosedaček osobních automobilů. Výsledkem měla být metodika vedoucí k úspoře časových i finančních nákladů.

Disertační práce obsahuje 112 stran, z toho 92 stran je věnováno samotné řešení problematice. Práce je rozdělena do základních 10ti kapitol – Úvod, 8 číslovaných kapitol obsahující stať práce a Závěr. Nedílnou součástí práce je také seznam literární zdrojů (odkaz na 103 použitých pramenů).

Zhodnocení významu pro obor

Výsledkem práce je inženýrské dílo na dobré úrovni. **Význam práce z pohledu oboru 3D skenování vidím pouze částečně a to ve způsobu řešení problému.**

Vyjádření k postupu řešeného problému, k použitým metodám, ke splnění stanoveného cíle

Současnému stavu poznání dané problematiky se autor věnuje v rámci kapitoly *1 Teoretická východiska a stav poznání v českých a zahraničních souvislostech*. Autor však v této kapitole, pouze cituje obecně známá fakta z dostupných literárních zdrojů (spíše populárně, než vědecky), které nemají žádný ucelený charakter (často vytažené z kontextu – autor přeskakuje z jedné myšlenky na druhou). Chybí provázanost, logická struktura. Stejně tomu je i u kapitoly *2 s názvem 3D technologie*.

Následuje kapitola *3 Cíle disertační práce, teze a hypotézy*. Zde autor rozepisuje své cíle disertační práce, teze a vlastní hypotézy.

Autor zde poměrně hojně používá složitá souvětí, která nedávají smysl a mají spíše zavádějící charakter, např. „T₄: Pro nalezení vhodné metodiky vývoje a kontroly pěn autosedaček lze využít 3D laserového skenování bodových mračen, protože lze provádět skenování autosedaček a vyhodnocovat jejich vlastnosti s využitím bodových mračen, tedy lze hledat rozdíly.“

Kapitola 4 *Vědecké metody zkoumání* udává informace o postupu zpracování práce. Uvádí, co bylo vše realizováno, aby byl naplněn cíl práce. Autor se odkazuje na literární rešerši, skenování a testování, analýzy, syntézy, primární sběr údajů (dotazníkovému šetření) a vyhodnocení veškerých výsledků (strana 49 – 51).

Kapitola 5 *Vlastní výzkum problematiky virtuální reality bodových mračen*. Celá kapitola je rozdělaná do 5ti podkapitol s označením 5.1 – 5.5. Podkapitoly 5.1 *Předchozí výzkum*, 5.2 *Dotazníkové šetření – primární sběr dat*, 5.3 *Shrnutí výsledků dotazníkového šetření* a 5.4 *Sekundární výzkumy a metodiky skenování autodílů* obsahují informace k realizovanému výzkumu (některé informace z výše uvedených kapitol by se hodily spíše do přílohy práce, v kapitolách by měly být uvedené jen významné/důležité informace pro daný výzkum). Podkapitola 5.5 *Výzkum v rámci zpracování práce* obsahuje nejdůležitější informace výzkumu předložené práce. Autor pracuje v rámci celé podkapitoly 5.5 s daty plynoucí z měření – 3D laserového skenování zadních automobilových sedaček, ale nikde neuvádí informace o podmínkách měření, statistickém zpracování dat, zda sám autor prováděl 3D laserové skenování, nebo byl jen součástí skenovacího týmu, atd... Základní a důležité informace chybí (autor uvádí pouze, že samotný sběr dat byl realizován u 525-ti vzorků automobilových sedaček). V práci není také jednoznačně popsáno, jaké vyrovnání souřadného systému měřeného dílu (zadní automobilová sedačka) bylo využito. Přitom to je jedna z nejdůležitějších informací, pokud se dělá vyhodnocení formou barevné mapy odchylek. V práci autor uvádí výsledky (barevnou mapu) vždy pro určitý typ potahu, ale kolikrát byl díl s daným potahem skenován, či další statistické údaje se čitatel nikde v celé práci nedozví. Dále v práci chybí dost podstatná informace o nejistotě měření 3D laserového skenovacího zařízení, se kterou autor zřejmě nepracoval. Samotná nejistota měření je významná a má vliv na naměřené hodnoty, se kterými autor pracuje a vyvozuje z nich závěry. Výsledkem této stěžejní podkapitoly jsou autorem stanovené závěry, které bohužel nejsou nijak kvalitně vědecky podloženy (podstatné informace pro vědu a výzkum se ztrácejí nebo zcela chybí).

Kapitola 6 *Metodika skenování a zpracování bodových mračen pro vývoj dílů v automobilovém průmyslu*. Jak sám autor píše (strana 47) „Ambicí této práce je proto navrhnout metodiku pro využití 3D skenování bodových mračen v rámci vývoje komponentů v automobilovém průmyslu. Metodika by měla být prospěšná pro jakoukoliv společnost vyvíjející díly pro automobily, která bude provádět vývoj za pomoci skenování bodových mračen.“ Bohužel, autor práce pouze aplikuje postup, který je obecně znám (z provedené literární rešerše) a již využíván.

Návaznost na kapitolu 6 má kapitola 7 *Ověření metodiky na skenování automobilové sedačky*. Tato kapitola se zabývá ověřením autorem navržené metodiky na konkrétním příkladu 3D laserového skenování bodových mračen druhé řady automobilové sedačky. Pokud jde o ověření navržené metodiky, „která by měla být prospěšná pro jakoukoliv společnost vyvíjející díly pro automobily, atd.. „ (strana 47), neměla by být ověřena na více kusech (minimálně desítkách kusů)? Z autorova textu plyne, že danou metodiku ověřil pouze na 2 ks automobilové sedačky.

Kapitola 8 *Naplnění cílů disertační práce a další řešení*. Autor uvádí „Klíčovým přínosem disertační práce je vytvořená metodika, ověřená na příkladu skenování autosedaček.“ (strana 97). Bohužel dle uvedených informací v práci, byla ověřena pouze na jednom vzorku automobilové sedačka. Dále autor uvádí „Přínosem bádání je nalezení řešení pro budoucí skenování autosedaček, kdy není nutné provádět 50 skenování a jejich zkoumání, ale pouze vyrobit 2 vzorky pěn s limitními hodnotami tvrdosti – na mezi tolerancí – sedačkové pěny s limitně nejnižší přípustnou tvrdostí a naopak vzorky pěn s nejvyšší přípustnou tvrdostí.“ (strana 97). Prosím, kde jsou v textu práce nějaké výsledné tabulky příp. grafy, kde jsou shrnutá data, ze kterých autor dělá výše uvedené závěry.
Atd.

Po kapitole 8 následuje hned *Závěr*, ve kterém autor stručně shrnuje výsledky práce.
Chybí Diskuze výsledků.

V *Závěru* práce (strana 103) autor uvádí „Disertační práce tedy pro praxi ve využití 3D laserového skenování bodových mračen vygenerovala čtyři základní přínosy. Za prvé, jednoznačně potvrdila význam a využitelnost virtuální reality a 3D skenování bodových mračen v automobilovém průmyslu, čímž potvrdila aktuálnost a relevantnost řešené problematiky.“ Dané tvrzení je již dlouhodobě známý fakt.

„Za druhé, prostřednictvím shrnutí dobrých příkladů z praxe identifikovala disertační práce základní oblasti, ve kterých lze zkoumané technologie aktivně využívat, tedy vytvořila základní povědomí o tom, kterými směry může být vlastní výzkum směřován. Za třetí, došlo k návrhu vlastní metodiky skenování bodových mračen autodílů, a následným ověřením metodiky na příkladu skenování zadní autosedačky byl vytvořen postup, který se efektivně uplatní v praxi automobilového průmyslu, přinese úspory a vyšší efektivitu.“ Ověřit metodiku na 2 ks automobilové sedačky a tvrdit, že přinese úspory a vyšší efektivitu – to je hodně odvážné tvrzení!

Dále prezentovaná metodika v práci nebyla autorem doposud ani publikována na národních či mezinárodních fórech či vědecky uznávaných časopisech.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu disertanta

V předložené disertační práci chybí, popř. jsou zcela nedostatečně zpracovány podstatné části práce, ze kterých autor vyvozuje závěry. Zcela **chybí diskuze výsledků**.

Naopak některé části/podkapitoly práce jsou zbytečně rozpracované avšak bez přínosu pro práci samotnou (zbytečné). Novost pro obor v práci nenalézám.

Další vyjádření

1. Práce je psaná v ČESKÉM JAZYCE, názvy kapitol 5.4.1, 5.4.2, 5.4.3, 5.4.4 a 5.4.5 jsou v anglickém jazyce.
2. Práce obsahuje množství gramatických chyb a překlepů.
3. **Autor používá dlouhá souvětí, ve kterých se nezaujatý čtenář ztrácí už v polovině.** Např. *„Přínosem výzkumu je nalezení řešení pro budoucí skenování, kdy není nutné realizovat 525 skenování a zkoumat je, ale pouze vyrobit 2 vzorky pěny s limitními hodnotami tvrdosti – na mezi tolerancí – sedačkové pěny s limitně nejnižší a nejvyšší přípustnou tvrdostí a komparovat s modelem a upravit toleranční pásmo hodnoty hustoty a tvrdosti (korelovat) do stavu, kde je sedačka v přípustné odchylce od modelu a tyto hodnoty tolerančního pásma hustoty a tvrdosti zpětně definovat výrobcí pěny jako limitní výrobní parametry.“*
4. **Některé věty a souvětí nedávají smysl.**
5. Některé znaky, označení parametrů, atd.. splývají s textem.

Vyjádření k publikacím disertanta

Autor dokládá pouze 6 publikací k tématu disertace. Bohužel ověření navržené metodiky v praxi nedokládá ani jedna z nich. Předpokládám však, že autor jen neměl dostatečný časový prostor k publikování na odborném národním a mezinárodním fóru či časopise. **Výsledky svědčí o autorově snaze zapojit se do vědecké komunity.**

Vyjádření oponenta

Přestože mám k disertační práci řadu vážných výhrad, domnívám se, že autor práce pan Ing. Michal GREGOR osvědčil schopnost za pomoci vědeckých metod a vlastních zkušeností odborně řešit stanovený problém.

Disertační práci pana Ing. Michala GREGORA doporučuji k obhajobě, ale žádám o doplnění nedostatečně zpracovaných či chybějících částí práce a zodpovězení níže uvedených mnou vybraných otázek.

Vybrané otázky:

1. Jak autor řešil kompletní statistické zpracování naměřených dat (podkapitola 5.5).
Prosím, zdali by se autor mohl k tomu vyjádřit a vše vysvětlit a doložit.
2. Jaké jsou jednoznačné a doložitelné vědecko-výzkumné výsledky práce.
Prosím o předložení a obhajobu jasných výsledků práce.

3. Z některých barevných map (např. strana 77) je zřejmé, že odchylky „utíkají“ pro celý sedák v jednom směru (je to celé zbarvené do modra), z toho se zdá, že byl spíše problém v ustavení.

Prosím, zdali by se autor mohl k tomu vyjádřit.

V Liberci dne 15. 07. 2020



.....
doc. Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.
Technická univerzita v Liberci