

Posudek oponenta dizertační práce

Název práce: Design of Autonomous Vehicles in terms of Inclusivity and Urban Mobility

Autor: Ing. Ondřej Chotovinský

Školitel: Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.

Pracoviště: ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI, FAKULTA STROJNÍ, KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

V Praze 4. 3. 2019.

Předložená disertační práce představuje čtenáři jedno z možných řešení využití prvků autonomní silniční dopravy cílené na individuální mobilitu v urbanizovaných oblastech. Při tom se zaměřuje na skupiny uživatelů s jistými omezeními, zejména pak na oblast stárnoucí populace. Práce je komplexní, podává zevrubný průzkum problematiky specifických požadavků a reálných potřeb cílové skupiny obyvatel (cílových uživatelů). Autor tyto poznatky dává do kontextu obecných požadavků na moderní městskou mobilitu a předpokládaných trendů ve vývoji silničních dopravních prostředků (a jejich systémů) v blízké budoucnosti. Dále se autor zabývá problematikou autonomních a samo řídicích vozidel jako takových a zevrubnému popisu jejich jádrových systémů. Automatická jízda je vlastně jednou ze základních podmínek fungování specifického vozidla, jehož návrh je „vyvrcholením“ celé této studie.

Další část posudku je strukturovaná do bodů dle pokynů pro vypracování oponentního posudku:

a) *Zhodnocení významu pro obor:*

Autonomní a samo říditelná silniční vozidla jsou v posledních letech jedním z nejvíce skloňovaných termínů v oblasti mobility, zejména pak osobní. Aplikace automatického řízení jsou známy již řadu desetiletí u jiných typů dopravních prostředků, ať již se jedná o běžnou dopravu, např. kolejovou, kde je nasazení automatizovaného řízení dobře proveditelné jak z pohledu technologické dostupnosti tak i zajištění dostatečné bezpečnosti a spolehlivosti, nebo v oblastech vojenských či kosmických technologií, kde je naopak nezbytná bezpečnost a spolehlivost zajištěna za značných investic. Tyto požadavky běžná silniční doprava nesplňuje, zejména připustíme-li pohyb autonomních vozidel ve smíšeném provozu, společně s dalšími lidskými účastníky silničního provozu. Vzhledem k popularitě tohoto tématu je dostupná řada různých studií různé kvality, často se však setkáváme s tím, že vycházejí pouze z několika kvalitních zdrojů a přinášejí málo vlastních výsledků. Předložená práce je z tohoto pohledu velmi systematicky a komplexně zpracovanou studií s kvalitně navrženým vlastním výsledkem vytvořeným na základě důkladné studie požadavků. Z pohledu oboru městské mobility ji považuji za přínosnou.

b) *Vyjádření k postupu řešení problému použitým metodám ke splnění stanoveného cíle*

Zvolený postup práce vedoucí k naplnění stanovených cílů považuji za správný, autor jej v textu předkládá velmi systematickým a logickým způsobem. Z koncepce práce je patrné, že má autor zkušenosti i z průmyslové praxe. Autor v první kapitole definuje svůj přístup k naplnění cílů teoreticky, projektovým přístupem, a stanovuje zde obecné podmínky, předpoklady, aktéry a jejich role a obecný systém požadavků (včetně zhodnocení jejich důležitosti pro úspěšnost celého projektu). Dále postupuje od globálního problému, tedy

stárnoucí populace (kapitola 2), definice potřeb a problémů vzhledem k navrhovanému dopravnímu prostředku. Stejným způsobem přistupuje k oblasti městské mobility v blízké budoucnosti (kapitola 3). Problematika jadrových systémů autonomního vozidla a její vymezení v rámci legislativy, včetně několika příkladů obdobných realizací, podává kapitola 4. Kapitola 5 se zabývá přímo návrhem celého vozidla a tvoří pak popis celé praktické části disertační práce. Tato kapitola přímo navazuje na požadavky a výsledky analýz, které jsou provedeny v předchozích kapitolách a jejíž některé detaily a výsledky nalezneme v přílohách.

c) *Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu předkladatele disertační práce:*

Práci jako celek považuji za povedenou zejména díky velmi komplexnímu, systematickému a preciznímu přístupu. Předkládaný výsledek, dle mého názoru, leží nejen v návrhu specifického silničního vozidla, ale i v důkladné analýze potřeb dané specifické skupiny a nalezení odpovídajícího kontextu v oblasti budoucí městské mobility.

d) *Další vyjádření, například vyjádření k systematickosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce:*

Formální stránka předkládané práce je velmi dobrá, členění kapitol a jejich sled vede čtenáře logickým způsobem k pochopení smyslu, požadavků, užitých principů až k realizaci návrhu vozidla. Text je doprovázen odpovídajícím počtem grafů a obrázků v nezbytné velikosti, celkově zabírá 125 stran bez příloh. Celá práce je napsána v anglickém jazyce, přičemž jazykovou stránku považuji za velmi dobrou. Počet 135 referencí je, vzhledem k rozsahu práce, odpovídající.

V textu jsem našel jen minimum drobných chyb a překlepů (např. „war and tear“ na str. 142, některé výčty končí tečkou a jiné ne - např. kap. 5.17.2), některé reference nebyly uvedeny úplně či jsou kvůli svému formátu velmi obtížně dohledatelné (např. [11], [40], [56], [67], [103]), což ale nijak nesnižuje kvalitu práce.

Další vyjádření - body k diskuzi k obhajobě:

- Volant a sloupek řízení – v závěrech kapitoly 4 (4.9.10) se zmiňují ovládací prvky včetně volantu, stejně tak v kapitole 5.7, nicméně samotný návrh s nimi nepočítá, v kapitole 5.12 je pro mne matoucí vysvětlení (odst. „CONTROLS, ...“).
- V kapitolách o městské mobilitě je jako důležitý prvek zmíněn „car sharing“. Z hlediska studie jeho vlastností považuji za nejzajímavější zdroj poznatků pařížský Autolib (jednak svou mohutností, ale i technologiemi na míru vč. elektrických vozidel).
- Kapitola 4 jsou mj. rozebírány senzory typu LiDAR – proč nebyly uvažovány výrobky fy. Valeo, které jsou ozkoušené v současných vozidlech (Valeo má navíc v ČR vývojová pracoviště)?
- Řešení pasivní bezpečnosti vozidla - přestože si toto autor nedal za cíl a je obsažena v různých kapitolách/částech návrhu, měla by být systémově řešena. Stejně tak by měla být řešena aerodynamika vozidla (zejména v případě, kdy autor akcentuje optimalizaci provozu vozidla).
- V posledních několika letech existuje iniciativa OpenSource Vehicle – je možné této při další práci využít?
- Při analýze požadavků na navrhované vozidlo vychází autor z převzatých (byť kvalitních a mohutných) zdrojů dat. Bylo by zajímavé a pro projekt přínosné toto konfrontovat s obdobným (byť daleko menším) vzorkem populace cílových uživatelů

v ČR, už jen z důvodu sociodemografických rozdílů a zejména pak pro validaci vytvořeného řešení.

e) *Vyjádření k publikacím disertanta:*

Na základě dostupných zdrojů lze konstatovat, že autorova publikační činnost čítá 5 článků ve sbornících mezinárodních konferencí, které jsou tematicky úzce spjaty s předmětem jeho dizertační práce.

f) *Doporučení práce k obhajobě:*

Z práce je patrné, že se autor tématem moderní městské mobility a problematikou nasazení autonomních silničních vozidel zabývá s velkým zaujetím. Projevil schopnost samostatné vědecké práce, stejně jako schopnost „přetavení“ takto získaných poznatků do praktického výsledku.

Práci hodnotím jako kvalitní a přínosnou a **doporučuji** ji k obhajobě pro řízení za účelem získání titulu Ph.D. dle zákona č. 111/198 Sb. § 47.



doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.

Fakulta dopravní ČVUT v Praze

Oponentní posudek k obhajobě disertační práce

Západočeská univerzita v Plzni

Jméno: Ing. Ondřej Chotovinský

Název: Design of autonomous vehicles in terms of inclusivity and urban mobility

Fakulta: Fakulta Strojní

Studijní program: P2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: Stavba strojů a zařízení

Školitel: Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.

Oponent: Ing. Vít Janík PhD
Institute of Future Transport and Cities, Coventry University Coventry, UK

Obsahová stránka

Práce se zbyývá vývojem konceptu autonomního vozidla pro primárně městskou a příměstskou mobilitu, jeho parametrickým designem a návrhem jeho konstrukce za účelem minimálních konstrukčních i výrobních nákladů. V první části autor zdůvodňuje potřebu daného dopravního konceptu s ohledem na potřeby populace a argumentuje převážně demografickou potřebou pro uvedený koncept. Zavádí pojem inkluzivní design kde hlavním požadavkem je ergonomie designu pro maximalizaci mobility fyziologicky znevýhodněných členů populace.

V další části následuje zohlednění geografických aspektů autonomní mobility v rámci tří světových metropolí, autor začleňuje projekt do postupu elektrifikace městské dopravy a naznačuje hlavní ekonomické požadavky a bariéry. V části věnované vlastnímu designu autonomního vozidla je shrnuto autonomní řízení a všechny požadavky na plně autonomní kontrolu pohybu. Hlavním přínosem práce je navržení a ověření postupu zrychleného designu pomocí metody Design of

Experiment, která umožňuje rasantní úsporu nákladů na vývoj nového konceptu parametrického designu pomocí utilizace optimálního designu pomocí několika automatických iterací.

Aktuálnost tématu

Zvolené téma je aktuální, a to na globálním měřítku napříč všech světových ekonomik. Autonomní mobilita umožněná pomocí jak konvenčních pozemních vozidel, kolejových vozidel nebo vozidel s vertikálním startem pohybujících se ve vzduchu je jednou z hlavních témat v oblasti dopravy v rámci EU. V UK je několik iniciativ včetně dopravce Uber, které investují značné množství finančních prostředků se záměrem vyvinutí právě takového autonomního prostředku.

Postup řešení problému

Způsob řešení problému je rovněž aktuální a je takto praktikována při konceptuálním designu a ověřování v před-prototypové fázi projektování za účelem snížení Time-To-Market a Zero-to-Prototype-Timing. Metoda Design of Experiment, je velmi populární postup jak v základním tak v aplikovaném, výzkumu a postupně se prosazuje i v konstrukci. Matematické modelování, umělá inteligence a machine learning mohou značným způsobem rozšířit obálku možného designu a zároveň zkrátit čas před-prototypové fáze konstrukce a výroby.

V práci do určité míry bohužel chybí aplikace uvedeného do konkrétního technologického postupu a praktická demonstrace řešitelnosti zkoumaného a navrženého postu při výrobě funkčního prototypu. Je pochopitelně finančně velmi nákladné aplikovat uvedené na akademické půdě bez existující grantové podpory nebo bez sponzorského zajištění externího průmyslového partnera.

Význam rozvoj vědního oboru a pro praxi

Tato práce přispívá ke zvýšení finanční a technické dostupnosti autonomních vozidel pomocí levného a zrychleného konstrukčního řešení problému. Tento nový přístup je velmi snadné aplikovat v praxi pomocí propojení DoM, CAD, CAE a umělé inteligence. Bylo by velmi zajímavé do budoucna implementovat tento přístup v automobilové nebo hromadné dopravě a získat externí grant.

Formální a jazyková úroveň

Práce je napsána v anglickém jazyce a má odpovídající úroveň odborného jazyka. Po formální stránce je rozčleněna do logických celků s jasným věcným zaměřením každé kapitoly.

Publikační činnost

Práce bude prezentována ve Sborníku 44. mezinárodní vědecké konference kateder dopravních, manipulačních, stavebních a zemědělských strojů.

Poznámky, připomínky

Doplňující otázky jsou uvedeny na konci dokumentu.

Po zodpovězení položených otázek a na základě předložené disertační práce ji **doporučuji** k obhajobě.

Doporučuji po úspěšné obhajobě udělit akademickou hodnost „philosophiae doctor“ - Ph.D.”

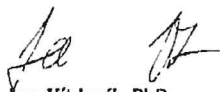
Předloženou disertační práci na základě předchozího hodnocení přijmout k obhajobě po jejím úspěšném obhájení navrhuji udělit akademický titul

„philosophiae doctor (Ph.D.)“

Doplňující otázky:

1. Jakým způsobem by bylo možné využít matematického modelování, umělé inteligence a případně machine learning ve všech fázích konstrukčního procesu?
2. V rámci demonstrace aplikovatelnosti designu by bylo žádoucí vytvořit skutečný prototyp nebo praktický testovací model. Jaké jsou náklady na vytvoření modelu případně funkčního prototypu? Odhadněte celkovou cenu vozidla včetně všech nezbytných prvků zajišťující pohon a plnou autonomii?
3. Je možné v případě změn v legislativě či dostupnosti pohonných systémů implementovat místo navrhovaného elektromotoru a baterie například palivové články nebo solární panely či konvenční pohonnou jednotku? Jak by se tato změna projevila do celkové ceny designu?
4. Autor uvádí, že jeho cílem je vyvinout autonomní vozidlo pro hromadnou výrobu, o kolik kusů se jedná konkrétně? Pokud by výroba šla do milionů kusů existují daleko levnější technologie pro masovou produkci než je zvolená metoda, zvláště pro externí panely BIW kde autor navrhuje použití kompozitů. Je možné implementovat změnu architektury případně materiálů a výrobní technologie? Zde se opět nabízí možnost machine leasing a umělé inteligence ke zjednodušení a urychlení jednotlivých iterací.

V Coventry, 26.1.2019


Ing. Vít Janík, PhD
oponent