

Oponentský posudek k disertační práci

Autor práce: Ing. František Kolovský

Disertační práce: Algoritmy v dopravě

Oponentský posudek k disertační práci na téma „Algoritmy v dopravě“ pana Ing. Františka Kolovského byl vypracován na základě jmenovacího dopisu pana děkana doc. Ing. Miloše Železného, Ph.D. Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni vedené pod zn. ZCU 004592/2022/FAV-Ton ze dne 23.2.2022. Níže uvedená osnova posudku reflektuje požadavky a zasláné pokyny v žádosti pro zpracování posudku.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor a aktuálnost zvoleného tématu

Disertační práce souhrnně popisuje problematiku využití algoritmů při řešení vybraných dopravních úloh, především při odhadech parametrů dopravních modelů a analytických přístupech pro optimalizaci dopravní situace nejen pro určitou lokalitu nebo vybrané části několika dopravních uzlů, ale také pro celé město. Vybrané téma je velmi aktuálním tématem, kterým se zabývá mnoho pracovišť u nás a v zahraničí. Téma je často řešeno pomocí komerčních nebo i nekomerčních SW nástrojů.

Práce je rozdělená do základních šesti kapitol, z toho čtyř samostatných kapitol, jež se zabývají řešeními úloh dopravního modelování a teorie dopravy. Práce pouze uvádí dílčí porovnání se simulačními moduly, kde příkladem je SW Eclipse SUMO, ostatní části práce jsou navrhované jako samostatné bez konkrétního dalšího porovnání se známými přístupy nebo konkrétními ukázkami ověření. Z hlediska popisů a postupů v rámci zmíněných samostatných čtyř kapitol (kapitoly 2-5) se z dopravně-inženýrského hlediska jedná o obecně známé postupy, pro obor Geomatiku s ohledem na některé konkrétní příklady mohou být ovšem potřebné a rozšiřující. Lze ale silně doporučit některé části konzultovat s dopravním inženýrem, aby výsledkem práce byl nejen teoreticky erudovaný matematický popis řešení demonstrováný na jednoduchých příkladech využití, ale aby návrhy byly využitelné i pro následné reálné uplatnění. V práci mohly být uvedeny další příklady použití nebo konkrétní porovnání a uplatnění na dopravní síti. Z uvedených příkladů a uvedených grafů není zřejmé, zda nebo jak byly výstupy do disertační práce zakomponovány a autor se mohl lépe a přesněji vymezit v textu práce.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Práce má uvedeny samostatné kapitoly (2-5) jako je časová závislost a problematika nejkratší cesty (kap. 2); dynamické řešení rovnováhy (kap. 3); model uzlu založeného na kapacitě pro dynamické zatížení dopravy (kap. 4); a odhad matice zdrojů a cílů pro dynamické zatížení dopravy (kap. 5). Všechny uváděné čtyři části jsou metodicky velmi dobře zpracované mají definovaný úvod, základní popis, matematický přístup a ukázkou využití včetně závěru. Z práce je zřejmý základní cíl zaměření na analytické dopravní modely, a to jak statické, tak dynamické a snahou hledání vhodných a rychlejších algoritmů. Nicméně se tyto kapitoly práce (2-5) zdají být samostatnými a dílčími částmi bez podrobnějších návazností a postrádám mezi nimi vazby, které by definovaly předloženou disertační práci jako jeden celek.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Cíl disertační práce vychází z objektivní potřeby a aktuálnosti dané problematiky týkající se kvalitní simulace a přesnosti vytváření dopravního obrazu o stavu dopravy. Možnost následné přesnější predikce a uplatnění nejen pro aktuální řízení dopravy v přetížených lokalitách, ale i kvalitnějšího plánování je důležitým výsledkem pro tvorbu modelů v dopravě. Na druhé straně název práce „Algoritmy v dopravě“ je velmi obecný až zavádějící. Důvodem je, že práce se omezuje na konkrétní výběr dílčích přístupů a čtyř skupin algoritmů, a žádným způsobem neuvádí další přístupy nebo porovnání s dalšími algoritmy apod. Uváděné výsledky také nejsou porovnávány nebo ověřovány dalšími potenciálními algoritmy využívanými v dopravní praxi, ani s běžnými simulačními SW, jako např. VISUM, VISSIM, AIMSUN, OMNITRANS apod. Výsledky jsou hodnoceny na různých vybraných datech, a není zajištěn testovací standard na konkrétní definované oblasti, s rozdělením dat na testovací data pro určení parametrů modelu a ověřovací data pro model samotný. Uváděná metoda „dynamické uživatelské rovnováhy“ je důležitým výstupem z práce a také uváděná problematika „využívání a zpřesňování matice zdrojů a cílů“ je vhodným výstupem z disertační práce a vědeckého zkoumání. Části na sebe ale datově a popisně přímo nenasazují a kapitoly jsou řešeny jako samostatně stojící celky, ačkoliv metody, přístup a popis odpovídají požadovaným standardům disertační práce.

Vyjádření k systematice, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce,

Disertační práce je rozdělena do šesti kapitol, z toho do základních čtyř samostatných kapitol popisujících čtyři konkrétní metody, které se bohužel příliš nedoplňují, i když v úvodu je čtenář s problematikou rámcově seznámen. Práce je napsána v anglickém jazyce, ke kterému nemám zásadní připomínky. Vlastní vybrané algoritmy jsou dokládány matematickým popisem a jsou ověřovány definovaným postupem. Pojmosloví a některé nepřesnosti z dopravního inženýrství částečně překrývá anglický jazyk. Vlastní struktura práce není příliš pro čtenáře příznivá: není zřejmá jasná struktura práce, chybí jednoznačné cíle a zadání a práci zcela chybí shrnující závěr. Některé části a zejména výsledky by mohly být upřesněny formou přílohy. Práce se ve své formě skládá ze samostatných částí, které jsou sice zpracovány dobře, ale nevytváří jasný celek. Na druhé straně vybrané konkrétní téma (výběr z kapitol 2-5) mohlo být podrobněji a výrazně kvalitněji zpracováno ve svém detailu. Lze upozornit na název práce, jež vede k jistému očekávání, ale v principu text vybírá konkrétní dílčí metodu a algoritmus bez dalšího podrobnějšího zkoumání, resp. porovnání s jinými přístupy nebo algoritmy. Jistá fokusace na konkrétní téma, které by bylo zpracováno by k přehlednosti a vyšší kvalitě disertační práce výrazněji přispělo. Práce mohla mít také kapitolu, která by jednotlivá témata a výstupy na závěr provazovala. Mohl by být doplněn i seznam zkratk.

Vyjádření k publikacím disertační práce

Všechny kapitoly jsou okomentovány včetně zpracovaných odkazů na literaturu či upřesňujících vysvětlivek. Literatura doložená v disertační práci ukazuje rozhled doktoranda v dané problematice a je dostatečná pro vhléd do problematiky vybraných algoritmů včetně uvedení vlastních publikovaných prací týkajících se daného tématu. Ve zhodnocení konkrétní kapitoly jsou uvedena rámcová doporučení pro další vývoj a směr možného výzkumu.

Připomínky a otázky k disertační práci

- Abstrakt by bylo vhodné lépe formulovat, neboť čtenář by měl získat stručný přehled o obsahu práce, což je v principu splněno pouze v posledním odstavci abstraktu. Také

je zřejmá chybějící odbornost v dopravních částech, které jsou v práci řešeny. Toto je následně částečně skryto v anglickém textu.

- Disertační práce obsahuje poměrně velké množství zkratk a symbolů, většina zkratk je v textu vysvětlena, ale přesto by bylo vhodné, aby v tomto typu dokumentu byl uveden seznam zkratk i symbolů pro přehlednost a rychlou orientaci.
- Disertační práce sice obsahuje budoucí rozvoj dané problematiky týkající se algoritmizace v dopravě, ale neobsahuje žádné shrnutí ani závěr. Toto je velmi nestandardní přístup v rámci zpracování disertační práce.
- Název práce „**Algoritmy v dopravě**“ je velmi široký a evokuje očekávání, které nejsou v principu naplněna, neboť se řeší jen čtyři části, a to z pohledu matematického bez porovnání s dalšími běžnými nebo jinými algoritmy apod.
- Makroskopické modely nejsou často ty nejvhodnější pro řešení dynamického řízení na světelných křižovatkách, výrazně efektivnější (a v dopravní praxi běžně používané) jsou často mikroskopické modely. Některé přístupy jako využití Dijkstrova algoritmu by měla být vysvětleny. Například není volen jiný algoritmus, nebo uvedeno porovnání s jiným algoritmem a s uvedením vhodnosti/nevhodnosti potřebných data apod.
- Práce by měla také zohledňovat reálná data, která často nemají dostatečnou kvalitu a je nutné s tím počítat. V praxi jsme často nuceni volit takové algoritmy nebo ošetření vstupů, aby bylo možno získat alespoň částečně použitelné výsledky, například nastavení filtrace dat, dopočet dat apod.
- Obrázek 2.4 ukazuje závislost rychlosti na čase, ale mělo by být uvedeno na jakých konkrétních datech, nebo oblasti bylo uplatňováno ověření metod. Uváděné rychlosti mají velký rozptyl na to, aby se jednalo o město nebo dálnici.
- Str. 66 – jedná se o velmi nepřesný popis SSZ, fáze signálního programu a délka cyklu jsou něco jiného.
- Tabulka 4.3 a 4.4 nevhodně rozděluje text, jež se stává nepřehledným
- Str. 71 – není mi zřejmé, co autor myslí 10 s žlutým signálem (v praxi jde o zcela nesmyslně dlouhou dobu odporující vyhlášce), dále proč délka fáze je zvolena zrovna 45 s apod. Bylo by vhodné dopravní části konzultovat s odborníkem přes dopravu nebo zohledňovat požadavky uváděné v zákonech, vyhláškách a normách nebo technických předpisech.
- Str. 72 – byl použit simulační SW SUMO, z textu není ale zřejmé, jaké byly výsledky, jak to bylo porovnáno apod. Něco je sice uvedeno v tabulce, z uvedeného popisu mi není jasné, proč autor usuzuje na relativně dobrou shodu svého algoritmu s mikrosimulací.
- Odhad OD matice, tedy zdroje a cíle, je často v praxi velmi náročný, ale velmi důležitý pro další využití a výpočty při plánování a organizaci dopravy. Jenom tato část by si zasloužila podrobný rozbor a samostatnou disertační práci.
- Vliv řidičů je velmi důležitý a často v některých simulačních modelech využívá parametrického nastavení. V dynamických modelech by se s vlivem chování řidičů mělo uvažovat, neboť to výrazně zpřesňuje daný model. Nicméně v návrzích se tento parametry neuplatnil a není ani jinak dále komentován.

K předložené disertační práci má oponent následující otázky:

1. Jaké znáte další algoritmy používané v dopravě a jaké byste využil pro optimalizaci řízení na křižovatkách v centru města, abyste zkrátil doby jízdy?
2. Je možné využít pro predikci v dopravě neuronové sítě nebo fuzzy logiku jako perspektivní algoritmy pro dopravu?
3. Domníváte se, že vždy je na dopravní síti nejdůležitější ta nejkratší cesta a platí to za všech dopravních podmínek ve městě?
4. Za jakých podmínek je vhodné nebo nevhodné volit makroskopické přístupy na řešení pro potřeby lokálního řízení dopravy?
5. Doprava je velmi stochastická, jak se tento jev promítá do navrhované dynamiky ve stávajících modelech dopravy?

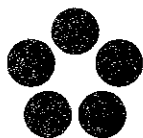
Závěr

Předložená disertační práce je zpracována pro vybrané „algoritmy dopravy“ jež se promítají do čtyř detailních kapitol, které mají jasnou logickou strukturu a vědecký přístup. Autor mohl ke své práci přestoupit více systematicky s definovanými cíli a jasným závěrem a shrnutím včetně využití potřebných dat na ověření konkrétního přístupu. Autor nicméně tvůrčím způsobem rozpracoval a využil teoretické poznatky, které umožňují do budoucna navazovat na další rozvoj uváděných témat (kapitol).

Na základě prostudovaných skutečností lze konstatovat, že doktorand prokázal dostatečnou úroveň znalostí a schopnosti samostatně vědecky pracovat a disertační práce splňuje všechny základní formální i obsahové podmínky vědecké práce. Práci doporučuji k obhajobě před příslušnou komisí pro obhajobu disertační práce a po jejím úspěšném průběhu udělit doktorandovi vědecko-akademický titul „**Ph.D.**“

V Praze dne 17.3.2022

doc. Ing. Bc. Tomáš Tichý, Ph.D., MBA
Ústav dopravní telematiky
ČVUT v Praze, Fakulta dopravní



Oponentský posudek disertační práce

Název práce: Algorithms in Transportation

Autor práce: Ing. František Kolovský

Školitel: prof. Dr. Ing. Ivana Kolingerová

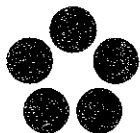
Disertační práce Ing. Františka Kolovského s názvem „Algorithms in Transportation“ byla předložena v doktorském studijním programu Geomatika na FAV ZČU. Osobně tuto skutečnost oceňuji, neboť práce do tohoto oboru nepochybně zcela zapadá. Těžištěm samotné práce jsou analytické dopravní modely a jejich využití v praxi. Autor se v práci zabývá možnostmi upgradu stávajících dopravních modelů pomocí řady sofistikovaných návrhů, což lze považovat za hlavní přidanou hodnotu disertační práce. Práci lze označit jako tematicky velmi specifickou, v našich podmínkách prakticky neřešenou. Rovněž lze práci považovat za mimořádně aktuální, neboť rozvoj ITS v posledních letech způsobil, že se výzkumníkům v oblasti dopravy dostává do rukou enormní množství dat o dopravě a dopravních procesech, navíc v podstatě v reálném čase. Obecně práci hodnotím pozitivně, vykazuje řadu kvalit, ale bohužel i řadu nedostatků, které celkovou úroveň práce snižují. Na úvod ještě upozorňuji, že jsem až doposud měl možnost oponovat disertační práci z jiných oborů (z oblasti přírodních a společenských věd), zatímco práce spíše technického rázu nikoliv. I tato skutečnost se projevuje v charakteru mého posudku. Ten strukturuji do následujících bodů.

Cíle práce a definování výzkumného problému

Stanovením cílů práce se věnuje první kapitola. Na jednu stranu jsem přesvědčen, že se autor v dané problematice nepochybně velmi dobře orientuje a že ví, čemu se v práci věnuje. Na druhou stranu považuji samotnou formulaci cílů práce a zejména výzkumného problému celé disertace za ně zcela zdařilou. Už samotný název „Algoritmy v dopravě“ je poměrně vágní, bez jakékoli specifikace toho, čemu se práce věnuje. V úvodu práce bych uvítal důslednou diskusi, jaký význam má samotná disertace a téma v kontextu oboru geomatiky, na které práce a koncepty disertace navazuje, a jaký je širší konceptuální rámec celé problematiky. Zarážející je i skutečnost, že v úvodní pasáži, která čitatele uvádí do problému, autor vůbec necituje žádnou studii či dokument odkazující na vnější rámec celého tématu disertace. Zahnutí výše uvedených bodů by autor prokázal své konceptuální myšlení, což se mu ovšem nepodařilo.

Postup řešení problému, použité metody a splnění cíle práce

Disertační práci autor strukturoval do 4 hlavních kapitol (*Time-dependent shortest path problem, The piecewise constant/linear solution for dynamic user equilibrium, Capacity based first-order node model for dynamic traffic loading, Origin-destination matrix estimation using bush-based user equilibrium algorithms*). Každá kapitola pak obsahuje dílčí vstup do



problematiky, návržení a testování nového algoritmu a dílčí závěry. Nutno uznat, že se jedná o velmi zdařilou část práce, kde autor prokazuje jednoznačný přínos oboru. Oceňuji i skutečnost, že je každá část testována na reálných datech (dopravní data z Plzně a Paříže). Právě tím prokazuje, že se jedná o prakticky orientovaný výzkum. Na druhou stranu bych však ocenil, pokud by byly jednotlivé kapitoly více doplněny o názorné mapové výstupy (například reálná data O-D matice přepravních vztahů v Plzni apod.). Druhá má výtka pak směřuje k tomu, že dílčí kapitoly podávající informace o současném stavu řešené problematiky mají spíše charakter rešerše než v disertaci obvyklé kritické diskuze hlavních prací v dané oblasti.

Výsledky disertační práce a přínos předkladatele disertační práce

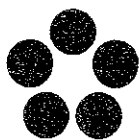
Na kolik je úvodní kapitola s definováním cíle práce nedokonalá, lze ovšem jednoznačně prohlásit, že výsledky práce mají pro daný obor velký význam. Práce rozvíjí stávající metody dopravního modelování. Za hlavní přínos lze považovat návrhy nových řešení dopravních modelů, jejichž výsledným efektem jsou v praxi přesnější, rychlejší a reálnější dopravní modely. Konkrétní přínos předkladatele disertační práce spatřuji zejména v tom, že se autor velmi dobře vyrovnal s dílčími aspekty řešených problematik a zejména v tom, že otestoval a navrhnul možná zlepšení stávajících dopravních modelů. Tento typ výsledků lze bezpochyby považovat za hlavní přínos disertanta.

Systematika, přehlednost, formální úprava a jazyková úroveň disertační práce

Disertační práce je psána v angličtině. Práce je čtivá, logicky uspořádaná a z hlediska formální úpravy v pořádku. Velkým zklamáním je pro mě absence závěrečné kapitoly. Práce tak působí poněkud nedokončeně. Sice se dílčí závěry objevují samozřejmě v rámci jednotlivých subkapitol, nicméně syntetizující kapitola shrnující hlavní výsledky práce a zasazující je do širšího kontextu by práci zcela nepochybně prospěla. Právě závěrečnou syntézou by autor mohl naprosto jednoznačně poukázat na význam své práce a jejích výsledků v kontextu aktuálního vývoje oboru. Stejně jako v případě úvodní kapitoly, považuji tuto část za nedokonalou.

Publikační činnost autora

Během svého doktorského studia autor publikoval dvě časopisecké studie, čtyři příspěvky na světových konferencích a další publikace nyní procházejí recenzním řízením. V databázi Web of Science jsem našel 2 záznamy z článků publikovaných v časopisech. Jeden v Q4, druhý v Q2 vydávaný pod MDPI. Celkový počet WoS citací je 4. Z tohoto hlediska bych označil publikační činnost autora disertace spíše jako uspokojivou, neboť se domnívám, že dané téma i výsledky práce jsou nyní velmi poptávány. Je proto s podivem, že autor během svého studia nepublikoval více svých výsledků v předních světových časopisech. Na druhou stranu velmi oceňuji zapojení autora do řady vědeckých projektů (5x H2020, 1x TAČR).



Otázky a podněty do diskuse

1. Jaká negativa jsou obecně spojována s využíváním dopravních modelů v praxi? Uveďte prosím několik příkladů.
2. Jakým způsobem jdou do Vámi vyvinutých návrhů modelů aplikovat potenciální změny v dopravní nabídce či změny v dopravním chování populace?

Jak již bylo uvedeno, práci jako takovou hodnotím pozitivně. Autor v ní prokázal schopnost samostatné vědecké práce. Dosažené výsledky jsou kvalitní a v praxi velmi dobře využitelné. I přes řadu výše uvedených výtek konstatuji, že **práce splňuje podmínky kladené na disertační práce v oboru Geomatika**. Práci doporučuji k obhajobě a po její úspěšné obhajobě navrhuji Ing. Františku Kolovskému udělit titul Ph.D.

V Českých Budějovicích, 24. března 2022

doc. RNDr. Stanislav Kraft, Ph.D.

