# Pracovní postup tvorby dopravní mikrosimulace

Publikováno: 28. 11. 2017
CDV

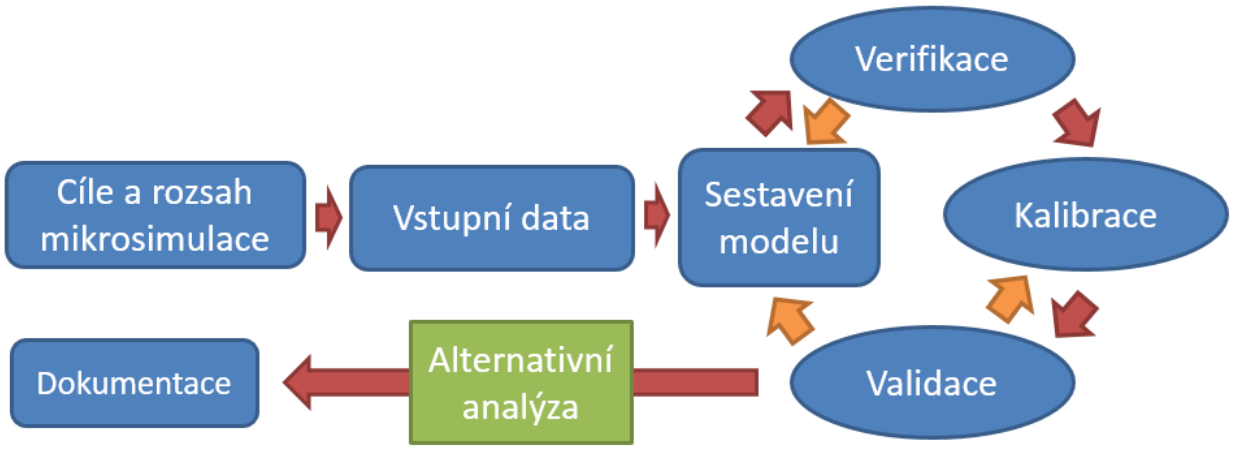
# Úvod

Modelování dopravního proudu je běžnou praxí dopravního inženýrství. Modely (funkce kapacity) uvedené v technických podmínkách (TP) využíváme pro řešení jednoduchých dopravních úloh, např.: stanovení kapacity křižovatek, jízdních pruhů, aj. V ČR však dosud neexistuje závazný technický předpis, který by definoval minimální požadavky na tvorbu, obsah a výstup simulace nebo modelu mimo specifika v technických podmínkách (TP). Četnost případů užití těchto nástrojů však na tuzemském trhu roste. Při ověření kapacity navrhované úpravy na pozemní komunikaci pak mohou vznikat konflikty mezi standardním postupem uvedeným v TP a alternativním přístupem pomocí simulace. Nutné je podotknout, že TP užití simulace nebo modelování sami doporučují. Srovnání postupu stanovení kapacity dle TP a mikrosimulace se věnuje článek Novák a spol. z roku 2017 [12].

# Pracovní postup

V zahraničí již před několika lety vznikly první uživatelské příručky s definovanými podmínkami tvorby simulace: USA (Dowling, Skabardonis and Alexiadis, 2004) [03], Německo (Forschungsgesellschaft für strassen- und verkehrswesen, 2006) [04], Velká Británie (Highways Agency, 2007) [05], Dánsko (Vejdirektoratet, 2010) [06] a Švédsko (Archer and Cunningham, 2005; Archer, Lord and Persliden, 2008) [08].

Jeden z vhodných postupů simulace naznačil Law (2007) [02]. Tvorbu simulace rozdělil do následujících osmi úkolů (viz obrázek 01.): cíle a rozsah mikrosimulace, vstupní data, sestavení mikrosimulačního modelu, verifikace, kalibrace, validace, alternativní analýza, dokumentace.




*Pracovní postup mikrosimulace*

# Cíle a rozsah mikrosimulace

Prvním krokem plánované simulace je definování jejich cílů. Cíle musí zodpovědět otázky: *Proč je simulace prováděna? Jaké parametry dopravního proudu sleduje?* Otázky vycházejí z prvního setkání zadavatele a zhotovitele simulace. Jejich jednoznačná formulace vede k naplnění cílů simulace a

efektivnímu využití výsledků. Důležitost vymezení cílů simulace uvádí i anglický předpis Highways Agency (2007) [05]. Nezbytné je vymezení rozsahu modelovaného území a jeho podrobnost. Toto je spjato s cíli studie. Obecně by mělo jít o definování hranice modelovaného území a všech objektů v tomto území, které by mohly mít vliv na simulaci. Pokud jsou nějaké objekty ze simulace vyjmuty (vybrané zdroje a cíle dopravy, okolní křižovatky atd.) je nutné uvést zdůvodnění v přiložené dokumentaci. Další součástí dohody je časový interval simulace a výčet typů simulovaných účastníků dopravy. Definování cílů a výsledků simulace je doporučeno realizovat i v případě, že se jedná o přípravu zadávací dokumentace veřejné zakázky. Přípravu může provést nezávislý subjekt, který se výběrového řízení nebude účastnit.

# Vstupní data

Vstupní data představují klíčový krok simulace, který má přímý vliv na kvalitu výsledků. Pro simulaci je nezbytné shromáždit vstupní data o dopravní infrastruktuře (geometrie), o řízení dopravy (SSZ), o dopravní poptávce a data pro kalibraci a validaci modelu. Základ představují data o geometrii pozemních komunikací obsažených ve vymezeném území simulace. K tomu postačí buď podklady získané z veřejně přístupných map (nutné je však ověřit jejich aktuálnost) nebo zaměření území. Data o řízení dopravy obsahují signální plán SSZ, nastavení přednosti, délku jednotlivých signálů, aj. Data o dopravní poptávce se skládají z matice přepravních vztahů a procentuálního vyjádření směrových pohybů na křižovatkách. Informace o skladbě dopravy jsou také velmi důležité. Znalost tras linek hromadné dopravy je výhodou. Lze pak odhadnout cestovní čas těchto vozidel a optimalizovat jejich jízdní řád. Dalšími důležitými údaji jsou data nezbytná pro kalibraci a validaci modelu, která pocházejí z dopravních průzkumů: profilová intenzita a okamžitá rychlost vozidel, délka čekacích front, cestovní čas, doba zdržení. Tato data jsou však k dispozici pouze u stávajících křižovatek či úseků.

Ze znalosti vstupních dat vychází pochopení přepravních vztahů a chování účastníků provozu, což vede k tomu, že by simulaci měly provádět osoby, které se účastnily jak prvního jednání, tak sami navštívily předmětnou lokalitu (viz doporučení Highways Agency (2007) [05]). Vhodný seznam pro případy užití vstupních dat uvádí Archer and Cunningham (2005) [07].

# Sestavení modelu

**Verifikace** je proces přezkoumání modelované simulace a ujištění se, že její nastavení funguje dle očekávání. Tento proces je popsán v Vejdirektoratet (2010) [06] a Forschungsgesellschaft für strassen und verkehrswessen (2006) [04] a je považován za jeden z kroků sestavení simulačního modelu. Zahrnuje: kontrolu softwarových chyb, kontrolu vstupních dat, vizuální kontrolu simulace. Verifikace je nezbytná pro eliminaci problémů vycházejících z kalibrace modelu.

**Kalibrace** vyžaduje největší pozornost při práci na simulaci. Dowling a spol. (2004) [03] doporučují, zaměřit se na kalibraci kapacity komunikace, volbu trasy vozidel a zatížení sítě. Úkolem kalibrace je nastavení kapacity modelované sítě dle skutečného pozorování, tedy dle pozorovaných kalibračních dat. Dle používaného softwaru lze u každého modelovaného úseku nastavit charakteristiky definující jeho kapacitu např.: kategorie komunikace, počet jízdních pruhů, chování řidičů, rychlostní omezení, aj. Přičemž lze rozlišit kalibraci modelu z globálního a lokálního pohledu. S tímto je nejvíce spjaté nastavení parametrů chování jednotlivých pohybujících se objektů v modelu. V předchozím článku *Principy Wiedemannova modelu v mikrosimulaci v kontrastu s metodikou dle technických podmínek* (Novák a spol. 2017 [12]) jsme prezentovali jeden z psycho-fyzikálních modelů s popisem jeho nastavení. Obdobné modely (s modifikacemi) jsou vestavěny ve většině dostupných softwarů. Jejich parametry mají přímý vliv na výsledky simulace. Je nezbytné provádět i jejich kontrolu a v případě jejich modifikace tuto skutečnost uvést v dokumentaci. Dalším nezbytným nastavením je počet provedených simulací s náhodným generováním dopravního zatížení. Obecně se doporučuje provést deset simulací (viz jmenované zahraniční publikace) a výsledek průměrovat. Kalibraci však postačí provádět pouze na první simulaci.

**Validace** se často zaměňuje s kalibrací modelu. Srovnání výsledků simulace a měřených dat je totiž náplní obou. Hlavním úkolem validace je potvrdit, že simulace je skutečným reprezentativním popisem modelovaného dopravního systému a ne pouze reprodukcí provozu dle kalibračních dat. Proto musejí být data pro validaci a kalibraci nezávislá (viz Německo 2006 [04]). Validace je proces, který se provádí dvěma způsoby. Zaměřuje se na použitelnost softwaru pro předmětnou studii a zvlášť na modelovanou situaci (viz článek srovnávající několik softwarů [13]). Pokud je používáno již ověřené nastavení softwarů, tak je možné tuto část validace vynechat. To souvisí např. s individuálními změnami dopravního chování objektů v modelu. Validaci předmětné lokality je však nutné provádět vždy. Současně se také metodologie validace doporučuje uvést do cílů a rozsahu plánované simulace.

# Alternativní analýza

Další postupy analýzy výstupů ze simulace jsou na dohodě. Nutné je si však ujasnit jejich metodologii na počátku v cílech a rozsahu práce. Nezbytné je uvažovat technické možnosti a dostupnost potřebných údajů užívaného softwarem. Dowling a spol. (2004) [03] doporučují, aby alternativní analýza byla konzistentní s původními cíli simulace a vedla ke zvýšení důvěryhodnosti modelu, např.: kontrola záporných výsledků, fronty vozidel na okrajích simulace a přenášení chyb mezi generovanými simulacemi.

# Dokumentace

Souhrnná zpráva simulace musí obsahovat popis výše specifikovaného postupu práce. Navíc musí obsahovat smluvní zadání, specifikaci použitého softwaru a samozřejmě závěr. Ten by měl být v souladu se stanovenými cíli studie a měl by být aplikovatelný pro další část procesu realizace studie (stavby).

# Diskuze a závěr

Simulace slouží k analýze lokalit, které nejsme schopni hodnotit pomocí běžných nástrojů uvedených v TP. Jejich výsledky jsou však často provázeny nepochopením nebo i nedůvěrou. S ohledem na vzrůstající nároky dopravní poptávky a efektivní využití životního prostředí je však nezbytné tyto předsudky překonat.

Kupříkladu výzkumný projekt *Aplikace mikroskopických simulačních nástrojů k evaluaci a optimalizaci dopravně-inženýrských řešení silniční infrastruktury: Validace nástrojů a stanovené standardů* (TA01031193) se zabýval jejich využitím v praxi. Výsledkem byla certifikovaná metodika s názvem *Příručka pro tvorbu a hodnocení mikroskopických simulací dopravy* [09]. Tato publikace zevrubně popisuje postup práce a vyhodnocení mikrosimulace. Velkým přínosem jsou kontrolní listy, které jsou určeny jak pro tvůrce simulace, tak pro nezávislou kontrolu simulace. Obdobné otázky byly nalezeny u výše zmíněných zahraničních studií. Tyto listy mohou být využity i zadavatelem simulace pro vlastní kontrolu. Nevýhodou této publikace však je, že i když se jedná o metodiku certifikovanou Ministerstvem dopravy ČR, tak její efektivní využití skomírá na nedostatečné opoře v chybějících technických podmínkách a dalších předpisech, což je velké negativum.

Oproti tomu sousední státy aktivně zavádějí simulace do legislativního procesu úprav dopravní infrastruktury. Swedisch traffic simulation guidelines [06] je švédská příručka, která se zaměřuje na rozdíly mezi softwary a specifickými problémy simulací (viz Vejdirektoratet, 2010 [06]). Německá zpráva Forchungsgesellschaft für strassen und verkehrswessen (2006) [04] a předpis HBS-konforme, Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen (2017) [10] uvádějí požadavky na simulace v obdobném rozsahu (jako v tomto článku). Srovnávají dosaženou úroveň kvality dopravy (UKD) na případové studii pomocí různých simulačních softwarů PTV VISSIM, Aimsun, Paramics, BABSIM a SUMO. Výstupem bylo zjištění, že až na software SUMO jsou ostatní schopny reprodukovat stejný

výsledek UKD jako v německém předpisu HBS [11]. Jelikož jsou postupy stanovení UKD v ČR částečně převzaty z německého HBS, tak lze očekávat, že používáním simulačních nástrojů dojdeme také k přijatelným výsledkům. Nutné je však do souhrnných zpráv uvádět podrobnou specifikaci simulace a nezapomínat na další využitelnost výsledků simulace v procesu realizace stavby.

Pro budoucí diskuzi by bylo vhodné zvážit, aby kapacitní posudky a stanovení UKD podléhalo kontrole autorizovaného inženýra. K tomu by však bylo zapotřebí stanovit legislativní postup, který by toto umožňoval v rámci procesu plánování a realizace pozemních komunikací.

# Poděkování

Tento článek byl vytvořen za finanční podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci programu Národní program udržitelnosti I, projektu Dopravní VaV centrum (LO1610) a na výzkumné infrastruktuře pořízené z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).

# Literatura, reference

1. Olstam J., Tapani A., A Review of Guidelines for Applying Traffic Simulation to level-of-service Analysis, 6th International Symposium on Hyghway capacity and Quality of Service Stockholm, Sweden 2011, Published by Elsevier Ltd. Open access under CC BY-NC-ND license, DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.04.496
2. Law A. M., (2007) Guidelines for the use of Microsimulation Software, Highways Agency
3. Dowling, Skabardonis and Alexiadis, 2004, Traffic analysis toolbox: volume III: Guidelines for applying traffic microsimulation modeling software. FHWA-HRT-04-040. McLean, VA: Federal Highway Administration.
4. Forschungsgesellschaft für strassen- und verkehrswesen, 2006, Hinweise zur mikroskopischen Verkehrsflusssimulation – Grundlagen und Anwendung. Köln: FGSV Verlag GmbH.
5. Highways Agency, 2007, Guidelines for the use of Microsimulation Software. Highways Agency.
6. Vejdirektoratet, 2010, Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller – udkast – Vejregelforslag. Vejdirektoratet – Vejregelrådet.
7. Archer and Cunningham, 2005, Handledning för nöjda beställare och utförare av mikrosimuleringsuppdrag. Trafikkontoret, Stockholms Stad.
8. Archer, Lord and Persliden, 2008, Parametersättning, en manual för inställning av mikrosimuleringsmodeller. Vägverket.
9. Súkenník P., Apletauer T. a spol., Příručka pro tvorbu a hodnocení mikroskopických simulací dopravy, výsledek projektu TA01031193, prosinec 2013, AF-CITYPLAN s.r.o., VUT v Brně, Fakulta stavební
10. HBS-konforme, Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen
11. Handbuch für die Bemessung von StraSenverkehrsanlagen, FGSV Verlag BmbH, ISBN 978-3-86446-103-3
12. Novák J., Neuwirth P., Vyskočilová L., Principy Wiedemannova modelu v mikrosimulaci v kontrastu s metodikou dle technických podmínek, Silniční obzor 2017, ISSN 0322-7154 47 320
13. Geistefeldt J., Giuliani S., a spol. Assessment of Level of Service on Freeways by Microscopic Traffic Simulation, TRB 2014 Annual Meeting,