



MOŽNÉ VYUŽITIE MODELOVANIA DOPRAVY AKO PREVENTÍVNEHO NÁSTROJA NA ZVÝŠENIE BEZPEČNOSTI NA CESTÁCH

Dagmar VIDRIKOVÁ¹

SUMMARY:

Increasing the safety on the road network is very important. This article describes the transport modeling, and its use as a one of preventive tool to increase road safety. These tools are able to define simulation scenarios, make experiments with the model.

ÚVOD

Na Slovensku pribúdajú mestá, ktoré majú problémy s dopravnou situáciou. Vysoká intenzita dopravy, nedostatočná kapacita komunikácií, parkovísk a dopravné nehody majú za následok vznik mimoriadnych udalostí a krízových situácií. Tie svojou neočakávanosťou i negatívnymi účinkami spôsobujú narušenie funkčnosti dopravných systémov, prípadne ich úplný kolaps. Je preto nutné s krízovými situáciami počítať a nepodceňovať ich. S krízovými situáciami úzko súvisí i bezpečnosť dopravy, ktorá sa na kritických nehodových lokalitách stáva ohrozenou. Prevencia a pripravenosť systému na rôzne krízové situácie môže zmierniť ich negatívne účinky. Aktuálne zložitý dopravný problém je v súčasnosti potrebné riešiť. Jednou z výhodných možností je využitie moderných softvérových produktov modelovania prepravného a dopravného procesu na cestách.

PROBLÉMY V CESTNEJ DOPRAVE A VPLYV NA BEZPEČNOSŤ

Cestná doprava je v našich podmienkach hlavným druhom dopravy. Jej narušenie by mohlo ochromiť chod spoločnosti. Zaistenie základných funkcií dopravy je považované za jeden zo základov úspešného zvládnutia takmer každej krízovej situácie. Rozvoj motorizmu je sprevádzaný celou škálou negatívnych javov, z nich najzávažnejšie sú dopravné nehody a najmä ich následky. Problematika nehodovosti v cestnej premávke a následky dopravných nehôd sú závažným

celospoločenským problémom premietajúcim sa vo všetkých sférach ľudskej činnosti. Kritické nehodové lokality na cestnej sieti indikujú zvýšenú kumuláciu dopravných nehôd a nebezpečnosť premávkových pomerov na cestnej sieti. Je nevyhnutné, aby pre zvýšenie bezpečnosti došlo k dokonalému zladeniu technických parametrov ciest s premávkovým procesom ako východiskový predpoklad prevencie dopravných nehôd [5].

Podľa štatistického vyhodnotenia dopravnej nehodovosti za rok 2010 sa na Slovensku stalo 21595 dopravných nehôd, pričom 345 účastníkov bolo usmrtených, 1204 bolo ťažko zranených a 6936 ľahko zranených. Porovnanie s minulými obdobiami, vzhľadom k opatreniam spojených s bezpečnosťou cestnej premávky, ktoré boli deklarované Bielou knihou pre prepravu vydanou Európskou komisiou v r. 2001 a cieľom znížiť počet usmrtených na cestách, sa nepodarilo celkom naplniť [6].

Z tohto hľadiska má mimoriadny význam zvyšovanie bezpečnosti cestnej siete s osobitným zreteľom na kritické nehodové lokality. Počet dopravných nehôd je závislý, okrem dobrej organizácie cestnej dopravy aj od kapacity ciest, ako i kvality cestnej infraštruktúry. Kvalitnejšia infraštruktúra cestnej dopravy výraznou mierou prispieva k znížovaniu počtu dopravných nehôd, najmä tých, ktoré majú smrteľné následky [6].

Bezpečná cestná infraštruktúra je bezpochyby faktor, ktorý môže počet úmrtí na cestách zredukovať. I preto je žiaduce, aby sa

¹ Dagmar Vidriková, Ing., PhD., Fakulta špeciálneho inžinierstva, Katedra technických vied a informatiky, Žilinská univerzita v Žiline, ul. 1. Mája 32, 010 26 Žilina, e-mail: Dagmar.Vidrikova@fsi.uniza.sk

intenzívnejšie venovalo výstavbe nových ciest, ako aj problematike bezpečnosti už existujúcej cestnej siete.

Bezpečnosť dopravy je možné zvýšiť i vhodnou zmenou organizácie a regulácie dopravy. Túto zmenu je možné realizovať napr. využitím simulačného nástroja na modelovanie dopravy, a to i ako možného preventívneho nástroja na zvyšovanie bezpečnosti na cestách.



Obr. 1 **Nepriaznivá dopravná situácia – ilustračný obrázok**
Zdroj: internet

MODELOVANIE DOPRAVY

Pri výstavbe cestnej infraštruktúry je veľmi dôležité precízne plánovanie s výhľadom na budúci rast dopravného zaťaženia. Následné úpravy komunikácií sú veľmi finančne náročné a v mnohých prípadoch i ťažko realizovateľné. Nástroj, ktorý veľmi pomáha pri výstavbe nových komunikácií a zjednodušuje plánovanie úprav stávajúcich komunikácií je počítačová simulácia cestnej dopravy. Matematickou simuláciou sa dá zistiť kvalita navrhovaného riešenia, jeho nedostatky a chyby teoretickou cestou. Dáva možnosť už počas prípravy činnosti systémov overiť si navrhovaný spôsob riešenia.

Dopravný model je snaha o napodobnenie skutočného dopravného procesu na základe známych zákonitostí. Podstata matematického modelovania spočíva v zostavení modelu, ktorý pomocou počítača popisuje správanie prvkov systému a ich vzájomnú interakciu pri rešpektovaní náhodných faktorov, ktoré majú na systém vplyv. Medzi prednosti tejto metódy patrí riešenie i zložitých systémov, možnosť reagovania na mnohé rôzne špecifiká a náhodné vplyvy. Poskytuje veľké množstvo informácií o správaní jednotlivých častí systému vo zvolenom okamihu s pomerne spoľahlivým popisom dejov. Dáva možnosť už v dobe prípravy činnosti systému overiť si navrhovaný spôsob riešenia a tým pripraviť optimálnu stratégiu činností.

Dopravné modelovanie pomáha napr. pri:

- výstavbe a plánovaní dopravnej infraštruktúry,
- rozhodovaní medzi rôznymi variantmi výstavby,
- optimalizácii a organizácii dopravy,
- upokojovaní dopravných potrieb,
- kapacitnom posúdení cestnej siete vrátane križovatkových pohybov, zaťažení konkrétnych komunikácií,
- získavaní dotácií z národných či európskych zdrojov,
- posudzovaní vplyvu dopravy na životné prostredie.

Využívanie modelovania prepravného a dopravného procesu je veľmi aktuálne, pričom zároveň umožní dôkladné porovnanie a zhodnotenie do úvahy prichádzajúcich variantov riešenia, vrátane návrhu umiestnenia križovatiek, ich tvaru, pružné riešenie dopravných obmedzení - v prípade obchádzok a uzatvorení úsekov na cestnej sieti a simulácie rozličných opatrení s optimálnym prerozdelením dopravy. Takéto modelové spracovanie umožňuje vybrať najvhodnejší variant riešenia. Obdobne modelovanie prispieva aj k vhodnému a ekonomicky výhodnejšiemu riešeniu regionálnej hromadnej dopravy. Navyše je modelom možná napr. aj koordinácia cestovných poriadkov, čo by pre cestujúcu verejnosť bolo veľmi vítaným výsledkom [1].

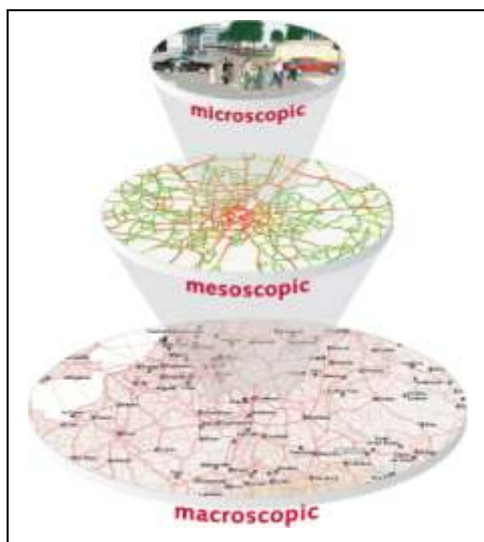
Rozdelenie simulačného prostredia

Základné všeobecné rozdelenie simulačného prostredia je na simulačné nástroje makroskopické, mikroskopické a mezoskopické (obr. 2).

Makroskopické simulačné nástroje vychádzajú z modelovania celých dopravných prúdov na základe štandardných makroskopických veličín ako napr. intenzity, hustoty, rýchlosti dopravného prúdu a vzťahov medzi nimi.

Podstatou *mikroskopickej* simulácie je modelovanie jazdy jednotlivých vozidiel po danej komunikačnej sieti, pričom sa zohľadňujú všetky parametre infraštruktúry i dopravných prostriedkov, a to vrátane správania sa vodiča. Tradičné výpočtové metódy dosadzujú agregované údaje ako celkové intenzity, podiely nákladných vozidiel v dopravnom prúde a ďalšie údaje do matematických vzorcov, ktoré sú výrazne zovšeobecnené pre možnosť bežného nasadenia.

Prienikom makroskopických a mikroskopických simulačných nástrojov sú *mezoskopické* nástroje s nižším detailom priblíženia v oboch krajných rovinách, ktorých využitie je s ohľadom na ostatné kategórie minimálne [8].



Obr. 2 Rozdelenie simulačného prostredia
Zdroj: [9]

Modelovanie dopravy možno rozdeliť do nasledujúcich etáp:

- *analýza skúmaných činností v retrospektíve*, Je to štatistické zisťovanie, alebo zber materiálu. Získať tieto údaje je v niektorých prípadoch náročné, ale pre presnosť výsledkov rozhodujúce.
- *analýza súčasného stavu* – vykonanie a vyhodnotenie potrebných prieskumov, To predstavuje i štatistické triedenie materiálu a výpočet charakteristik. Dále štatistická analýza (korelační a regresní počet). Potom prijímaní hypotéz a odhadů a jejich testování.
- *prognóza výhľadových prepravných vzťahov* – empiricky zistené zákonitosti z analýzy dávajú pravdepodobnostnú výpoveď o budúcich potrebách,
- *návrh riešenia dopravných systémov* – preukázanie zabezpečenia všetkých budúcich prepravných potrieb [3].

Modely

Analytické modely

Prvé modely vychádzali z podobnosti s prúdením vody. Akým množstvom sa rúrka na jednej strane naplní, toľko z nej musí na druhej strane vyjsť. Prvé takéto modely pochádzajú z 50. rokov 20. storočia. Analógia však nie je úplne dokonalá, ale je určite užitočná. Ľudia zoberajúci sa prúdením kvapaliny vedia, že pri určitej konfigurácii potrubia môžu vzniknúť

problémy, podobne ako pri konfigurácii na cestách. Tieto modely patria medzi makroskopické modely dopravy, neberú do úvahy jednotlivé autá, ale počíta sa masa áut. Z konštrukcie modelu vyplýva, že sa dá aplikovať len v prípade, že jedno auto je zanedbateľné voči celkovému množstvu áut [7].

Počítačové modely

Na rozdiel od prvých makroskopických modelov umožnili počítače modelovať dopravu i na mikroskopickú úroveň, kde sa uvažuje s jednotlivými vozidlami. Na modelovanie je nevyhnutné mať na interakciu áut definované pravidlá, ktoré aspoň približne popisujú správanie sa subjektov pôsobiacich v doprave. S postupom času umožnili výkonnejšie počítače použiť kvalitnejší programový produkt a tým vytvoriť výpočtovo náročnejší, podrobnejší model.

Diskrétné modely

Prvé počítačové modely dopravy pochádzajú z 90. rokov 20. storočia, kedy na nich začali pracovať i dopravní inžinieri. Motiváciou pre tieto modely bolo skúmanie prechodu medzi rôznymi režimami dopravy - od plynulého (laminárneho) toku k tzv. "stop and go traffic" (dopravná zápcha). Diskrétné modely boli v priebehu času značne vylepšené (viac pruhov, predbiehanie, predbiehanie na obojsmernej ceste a pod.) a vzhľadom na výpočtovú jednoduchosť poskytujú dobré výsledky.

Spojité modely

Od čias prvých strojových modelov dopravy, sú počítače výkonnejšie a vznikli podrobnejšie modely, ktoré uvažujú veľa možností Procesy sú spojené a berú do úvahy viacej veličín. Býva to aktuálna rýchlosť vozidla, rýchlosť predchádzajúceho vozidla, vzdialenosť predchádzajúceho vozidla a v niektorých modeloch aj vzdialenosť medzi vozidlami, dĺžka vozidla a iné. Tieto modely sa nazývajú spojené, hoci technicky sú tiež diskrétné, ale s jemnejším rozlíšením, ako diskrétné. Pokročilé simulačné softvéry tohto druhu ponúka na trhu niekoľko firiem [7].

Medzi najznámejšie programy patria napr.:

- **GETRAM** - softvérové prostredie, ktoré má základné časti AIMSUN (mikroskopický simulátor dopravných situácií), AIMSUN 3D (vizualizačný modul pre 3D zobrazenie) a TEDI (editor na vytvorenie dopravného modelu),
- **PTV Vision** produkty (VISEM, VISUM, VISSIM, CROSSING) – softvérový systém na dopravné plánovanie, strategické

plánovanie, dopravné inžinierstvo a riadenie dopravy, bol od roku 1979 neustále vyvíjaný tímom v Nemecku,

- **OmniTRANS** – bol vyvinutý holandskou spoločnosťou Goudappel Coffeng a po prvý raz bol predstavený v roku 1998. Ide o makrosimulačný nástroj na modelovanie a plánovanie dopravy. Je využívaný na modelovanie dopravných problémov v malých mestách, veľkomestách a i na národnej úrovni. Je to multimodálny analytický nástroj, ktorý obsahuje dopravné módy ako sú osobné automobily, nákladné vozidlá, autobusy, vlaky, cyklistov a chodcov.
- **PARAMICS** – **PARA**lel **MIC**roscopic je simulačný nástroj určený na mikroskopické a mesoskopické simulácie. Modeluje pohyb a správanie sa jednotlivých vozidiel na mestskej a diaľničnej dopravnej sieti. Bol vyvinutý spoločnosťou Quadstone Limited a SIAS Limited. V roku 1998 sa tieto spoločnosti nedohodli na ďalšom smere pôsobenia a došlo k rozpadu. Spoločnosť Quadstone Limited distribuuje softvér pod názvom *Quadstone Paramics* a spoločnosť SIAS Limited distribuuje softvér pod názvom *S – Paramics*.
- **CONTRAM** – **CON**tinuous **TR**affic **A**ssignment **M**odel umožňuje modelovať premenný požadovaný dopravný tok, kongescie nastávajúce v priebehu dňa ako i dopravné zaťaženie mimo dopravnej špičky. Poskytuje možnosti pre dynamické dopravné modelovanie.
- **DRACULA** - **D**ynamic **R**oute **A**ssignment **C**ombining **U**ser **L**earning and **M**icrosimul**A**tion – je program pre mikroskopický sieťový dopravný model koncipovaný a vyvinutý inštitútom na dopravné štúdie, University of Leeds. DRACULA je kompatibilný s makrosimulačným programom SATURN. Reprezentuje vzájomné ovplyvňovanie medzi jednotlivými vozidlami pri modelovaní prejazdu naprieč dopravnou sieťou. DRACULA je v prvom rade zameraný na operačné a časovo premenné problémy, ktoré v podstate staticky modeluje ako SATURN.
- **SATURN** – **S**imulation and **A**ssignment of **T**raffic in **U**rban **R**oad **N**etwork je program sieťovej analýzy. Softvér bol vyvinutý v roku 1976 na univerzite v Leedsu (Anglicko) a od roku 1981 je distribuovaný spoločnosťou Atkins. Saturn je určený na makroskopickú simuláciu stredných a veľkých dopravných sieťach.
- **AUTO** – súbor programov je používaný v oblasti prognózy dopravy a zaťažovania

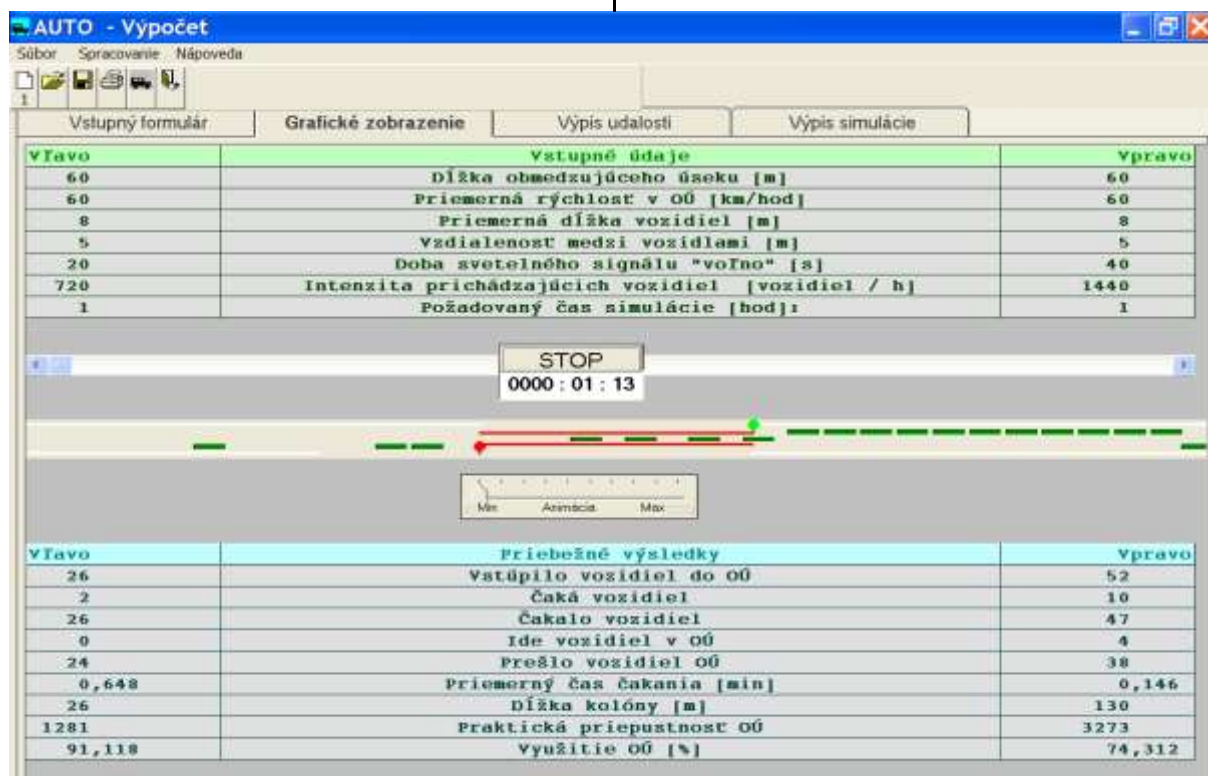
siete automobilovou dopravou. Siete sú popísané uzlovým referenčným systémom založeným na číslovaní uzlov. Charakteristika jednotlivých liniek je ich dĺžka a priemerná rýchlosť vozidiel. Zaťažovane dopravnej siete prebieha na základe algoritmu výpočtu optimálnych trás medzi zdrojom a cieľom.

- **EMME/2** – **É**quilibre **M**ultimodal – **M**ultimodal **E**quilibrium je makroskopický simulačný nástroj určený na modelovanie dopravy a emisií. Je vhodný predovšetkým na modelovanie zložitých a rozsiahlych dopravných systémov vo veľkých aglomeráciách s komplikovanými socioekonomickými väzbami.
- **QUESTOR** – je určený na multimodálne modelovanie dopravnej prognózy. Bol vyvinutý spoločnosťou DHV. Program vytvorí matice prepravných vzťahov a pomocou zaťažovacieho modelu vypočíta intenzitu zaťaženia dopravnej siete. Vstupné údaje pre simulačný nástroj zahŕňajú socioekonomické dáta a dáta získané sčítaním. Vstupné dáta sú definované relačnou databázou.
- **DYNA SMART** - **DY**namic **N**etwork **A**ssignment **S**imulation **M**odel for **A**dvanced **R**oad **T**elematics bol vyvinutý v Spojených štátoch na univerzite v Texase a Marylande. Poskytuje schopnosť modelovať vývoj dopravy vo vnútri dopravnej siete vyplývajúci z rozhodnutia jednotlivých cestujúcich, ktorí hľadajú najlepšiu cestu cez stanovený plánovací horizont [4].

Všetky tieto programy umožňujú vytvárať obrazy (modely) vo veľkom rozlíšení, takže nie je problém modelovať naozaj každý detail cesty - v podstate všetko, čo je vidieť na vizualizáciách plánovaných stavieb (vrátane obrázkov okolia). Je možné nastaviť mnoho parametrov pohybujúcich sa vozidiel (rôzne druhy vozidiel, charakteristiky zrýchlenia a brzdenia atď.).

VLASTNÝ PRÍNOS MODELOVANIA DOPRAVY

Na obrázku 3 je znázornená časť simulácie na vybranom úseku so zameraním sa na problém obmedzenia časti komunikácie a jeho vplyv na ďalší vývoj dopravnej situácie.



Obr. 3 Príklad modelovania na obmedzenom úseku cesty s využitím počítačového programu **AUTO**
Zdroj: [2]

Z vlastných výstupov modelovania je možné získať údaje ako napr.:

- celkový čas simulácie (v hod.),
- počet prichádzajúcich vozidiel z oboch smerov,
- celkový počet prichádzajúcich vozidiel,
- počet vozidiel, ktoré čakali v jednotlivých smeroch (v hod.),
- stratený čas pri čakaní vo fronte (súvisí napr. i s ekonomickými stratami),
- celkový počet čakajúcich vozidiel,
- počet vozidiel, ktoré prešli obmedzujúcim úsekom v jednotlivých smeroch,
- celkový počet vozidiel, ktoré prešli obmedzujúcim úsekom,
- priemerný čas čakania v jednotlivých smeroch (v min.),
- celkový priemerný čas čakania (v min.),
- teoretická priepustnosť obmedzujúceho úseku (vozidiel/hod.) v jednotlivých smeroch,
- priemerný interval vstupu vozidiel z jednotlivých smerov (v min.),
- optimálny interval vstupu vozidiel z jednotlivých smerov,
- praktická priepustnosť obmedzujúcim úsekom (vozidiel/hod.) v jednotlivých smeroch,

- doba, za ktorú skončí fronta v jednotlivých smeroch (v min.),
- pravdepodobnosť čakania prijatých vozidiel z jednotlivých smerov,
- priemerná rýchlosť vozidiel.

Na základe výstupu simulácie je možné meniť vo vstupnom formulári jednotlivé vstupné údaje potrebné na simuláciu. Tak môžeme získať niekoľko variantov možného riešenia daného problému a následne vybrať ten optimálny.

Výstupy z dopravných modelov sú veľmi prehľadné a dokážu dať jasnú odpoveď na otázky spojené s analýzou súčasného stavu i stavu prognózovaného.

ZÁVER

Cieľom rozvoja a modernizácie dopravnej infraštruktúry SR je reagovať na problémy vzniknuté súčasným stavom dopravnej siete. Východiskom je používanie moderných technológií pričom sa vytvoria podmienky pre intenzifikáciu kapacity existujúcej cestnej siete, zvýši sa bezpečnosť a plynulosť cestnej premávky a zmiernia sa kongescie predovšetkým v najzaťaženejších úsekoch a v kritických nehodových lokalitách či už

na extravilánových úsekoch ako aj v intraviláne miest a obcí.

Riešenie uvedených problémov v zastavanom území je možné len na základe dôkladnej analýzy súčasného stavu dopravy, s využitím najmodernejších prognostických metód, modelovaním celého prepravného a dopravného procesu. V súčasnosti môžeme konštatovať, že špecializované programy na dopravné modelovanie vnášajú do procesu tvorby územných plánov nový rozmer. Ich primárnou úlohou je detailnejšie definovať modelované územie a zahrnúť tak do výpočtu čo najväčší rozsah uvažovaných vplyvov. Veľkou výhodou nástrojov na modelovanie dopravy je možnosť definovania simulačných scenárov, vytváranie viacerých variantov možného riešenia a vykonanie experimentov s modelom vo virtuálnom prostredí, čo v reálnych podmienkach nie je možné.

Algoritmy založené na využití stochastických metód operačného výskumu vytvárajú priestor na analýzu a možné zovšeobecnenie poznatkov o správaní skúmaných dopravných systémov. To umožní prijať patričné závery a (vopred) pripraviť opatrenia, ktoré budú minimalizovať negatívne dopady krízových javov na dopravnú premávku.

Na rozdiel od iných vyspelých krajín však nemožno označiť využitie dopravného modelovania v územnom plánovaní na Slovensku za bežné. Rôznorodé problémy, ktoré dopravní urbanisti riešia v územných plánoch, sú väčšinou spracované klasickými postupmi, s vysokým podielom intuitívnych a empirických postupov, ktoré neumožňujú obsiahnuť podstatnú hĺbku, rozsah a územný dosah návrhov riešení.

LITERATÚRA

- [1] HOLEŠČÁKOVÁ, E., SÚKENÍK, P.: *Modelovanie dopravných vzťahov v Žilinskom kraji*, dostupné na: <http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2003texty/pdf/2-3/np/holescakova.pdf>
- [2] MILATA, I., KAŠPAR, V., ROŠTEKOVÁ, L., NUTIL, M.: *Simulace silniční dopravy v omezujícím úseku*, In.: Zborník z 8. vedecko – odbornej konferencie s medzinárodnou účasťou LOGVD 2005, Žilina, 2005, ISBN 80-8070-471-6
- [3] Technické podmienky 10/2010, dostupné na: http://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/tp2010/tp_10_2010.pdf
- [4] Výzkum vstupních parametrů pro efektivní modelování a simulaci ITS služeb na bázi proměnného dopravního značení v podmínkách České republiky, dostupné na: <http://www.mdcr-vyzkum.cz/>
- [5] Operačný program doprava 2007 – 2013
- [6] Štatistické vyhodnotenie dopravnej nehodovosti za rok 2010 s porovnaním niektorých údajov.
- [7] <http://www.dfens-cz.com/view.php?cislocianku=2010101707>
- [8] <http://sim.eltodo.cz/teorie.html>
- [9] <http://www.ptvag.com>