

Inteligentní systémy

# Dopravní telematika

12. prosince 2016

Autoři: Filip Denk,  
Tomáš Juřica,

[xdenk00@stud.fit.vutbr.cz](mailto:xdenk00@stud.fit.vutbr.cz)  
[xjuric22@stud.fit.vutbr.cz](mailto:xjuric22@stud.fit.vutbr.cz)

Fakulta Informačních Technologií  
Vysoké Učení Technické v Brně

# Obsah

<b>Abstrakt</b>	<b>2</b>
<b>Úvod do situace</b>	<b>3</b>
<b>Vytvořené modely křižovatek</b>	<b>4</b>
Model aktuálního stavu . . . . .	4
Stav po plánované rekonstrukci . . . . .	5
Neinteligentní křižovatka . . . . .	6
Inteligentní světelná křižovatka, verze 1 . . . . .	6
Inteligentní světelná křižovatka, verze 2 . . . . .	6
<b>Souhrn výsledků</b>	<b>8</b>
<b>Spuštění a ovládání</b>	<b>9</b>
Spuštění . . . . .	9
Ovládání . . . . .	9
Struktura adresáře s projektem . . . . .	9
<b>Závěr</b>	<b>11</b>
<b>Literatura</b>	<b>12</b>

# Abstrakt

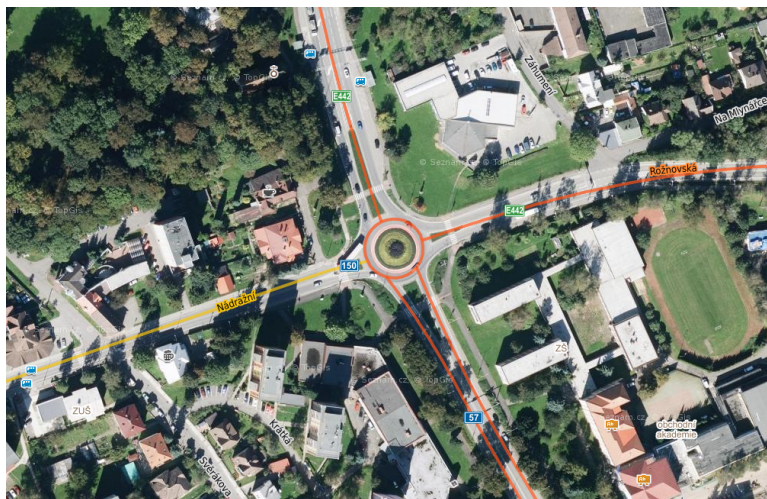
Tématem této práce je dopravní telematika - vytvoření modelu křižovatky. Cílem je analýza dopravy hlavního tahu ve městě Valašském Meziříčí, konkrétně kruhového objezdu mezi ulicemi Masarykova, Nádražní a Rožnovská. Kapacita této křižovatky se v poslední době ukazuje jako nedostatečná a je častým zdrojem zpoždění při průjezdu městem. V nedávné době byla schválena úprava tohoto uzlu, která byla následována množstvím debat. V naší práci bychom chtěli vytvořit simulaci tohoto tahu a pokusit se vyhodnotit přínosy plánované rekonstrukce a potvrdit/vyvrátit obavy o nedostatečnosti rozšíření kapacity, jež plynuly z debat provázející návrh rekonstrukce.

# Úvod do situace

Město Valašské Meziříčí již dlouhodobě čelí problémům s kapacitou hlavní dopravní tepny vedoucí napříč městem. Nejkritičtější místem je kruhový objezd mezi ulicemi Rožnovská, Nádražní a Masarykova. Kapacita této křižovatky se v poslední době ukazuje jako velice nedostatečná a tvoří se zde pravidelně kolony. Všechny vjezdy i výjezdy do kruhového objezdu jsou jednopruhové. Ulice Masarykova se za objezdem následně větví a stává se čtyřproudovou (součet v obou směrech). Satelitní snímek je na obrázku 1. Toto místo se stává kritické i z pohledu nehodovosti viz. tabulka 1. Proto bylo přistoupeno k rekonstrukci této křižovatky. V této práci vytvoříme model aktuálního stavu, stavu po plánované přestavbě a přidáme i naše řešení s inteligentními světelnými semaforey. Všechny modely následně otestujeme na shodných vstupech a vzájemně porovnáme.

Pro simulaci křižovatky jsme zvolili opensource řešení Simulation of Urban MObility, také známé pod skratkou SUMO [1]. Mapové podklady jsme získali z Open Street Map [2] a následně upravovali do příslušných variant pomocí JOSM.

Data, která byla použita k simulování, pochází ze studie Ředitelství silnic a dálnic ČR [3] poskytnuté úřadem města. Konkrétně se jednalo o četnosti průjezdů naší vybranou křižovatkou mezi jednotlivými směry za hodinu ve špičce.



Obrázek 1: Satelitní snímek křižovatky.

Tabulka 1: Statistika nehod na kruhovém objezdu, zdroj dat [3].

Období	2006 (01-12)	2007 (01-12)	2008 (jen 01-02)	2008 (předpoklad 01-12)
Počet nehod	13	29	8	40-50

# Vytvořené modely křižovatek

Existuje mnoho variant, kterými lze řídit dopravu na místech, kde se cesty kříží. My jsme zvolili pro účely simulace celkem 5 modelů křižovatek:

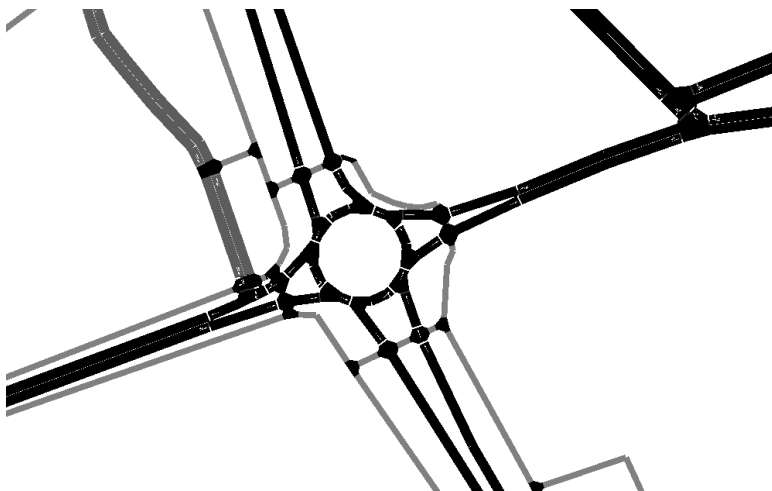
- aktuální stav kruhového objezdu
- stav po rekonstrukci kruhového objezdu
- neinteligentní křižovatka
- inteligentní křižovatka, verze 1
- inteligentní křižovatka, verze 2

Tyto modely jsou rozebrány v následujících podkapitolách.

## Model aktuálního stavu

Model zahrnuje aktuální stav, jedná se o jednopruhový kruhový objezd, nevyskytují se zde žádné bypassy, nájezdy a výjezdy jsou pouze jednopruhové.

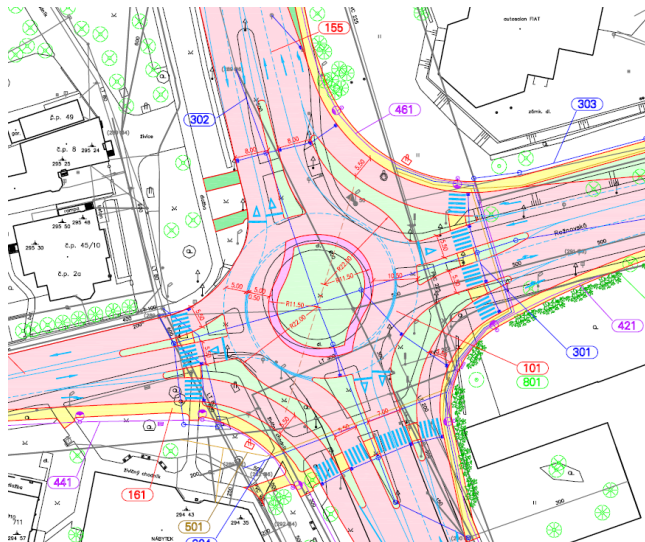
Tato varianta výrazně nestíhá odbavovat všechna přijíždějící vozidla a to hlavně ze směru ulice Rožnovská a Masarykova (od Hranic).



Obrázek 2: Model aktuálního stavu v programu SUMO.

## Stav po plánované rekonstrukci

V této variantě se již počítá s dvoupruhovým kruhovým objezdem. Plánují se taky dvoupruhové vjezdy a výjezdy na ulici Masarykova a bypassy mezi třemi směry ze čtyř. Tato varianta je k nahlédnutí na obrázku 3 a 4 z aplikace SUMO.



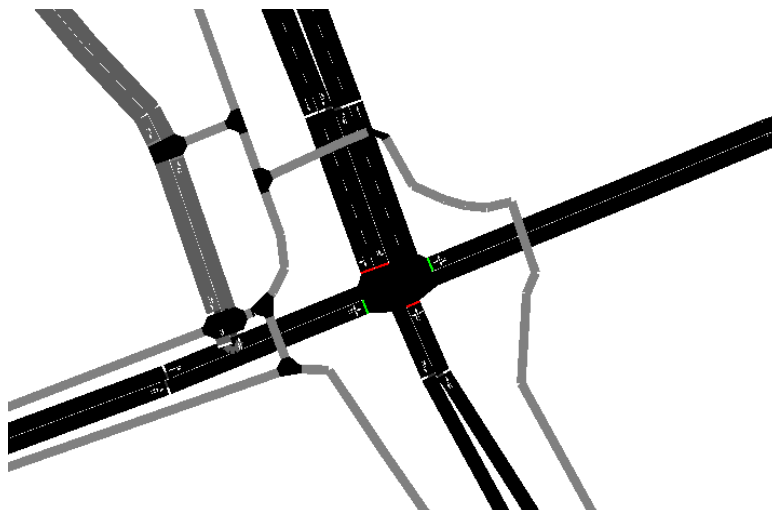
Obrázek 3: Technický výkres z dokumentu poskytnutý úřadem města Valašské Meziříčí [3]. Zobrazuje vzhled křižovtaky po plánované rekonstrukci.



Obrázek 4: Model kruhového objezdu po rekonstrukci.

## Neinteligentní křižovatka

V případě světelně řízené křižovatky jsme začali řízením, které má časy všech fází nastavené staticky. To znamená, že čas nastavený pro určitou fázi je neměnný bez ohledu na to, zda má pruh, který je prázdný zelenou a nebo naopak. U tohoto modelu je čas rozdělen následovně: 20 vteřin dva směry proti sobě a dalších 20 vteřin zbylé dva směry.



Obrázek 5: Model světelné křižovatky.

## Inteligentní světelná křižovatka, verze 1

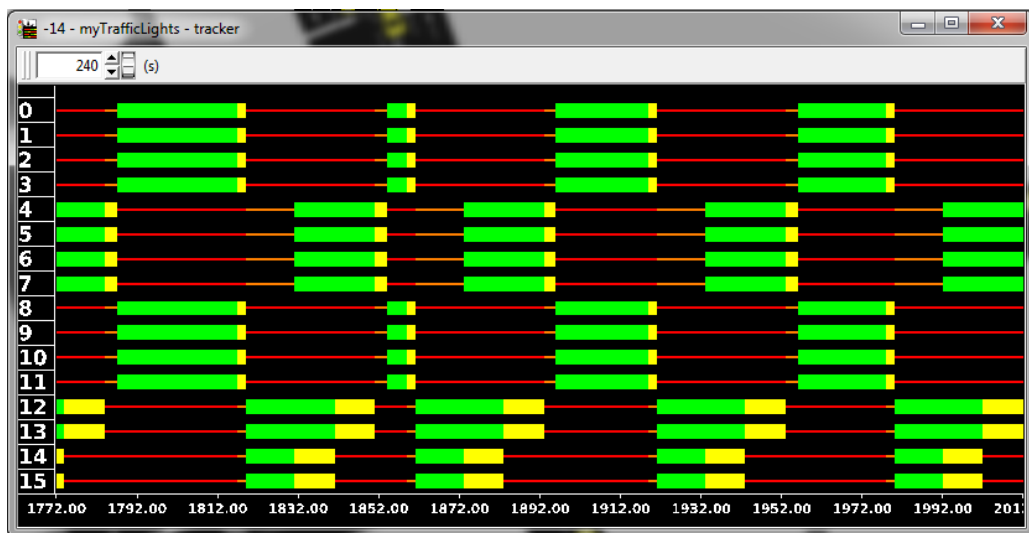
Fyzický model inteligentní světelné křižovatky je shodný s modelem neinteligentní světelné křižovatky - liší se pouze v logice řízení.

Logika řízení obsahuje fáze, které mají nastavený fixní čas a také fáze, které s časem proměnným. Na obrázku 6 jde vidět, že fáze nemají stejný průběh. Je to způsobeno tím, že fáze s proměnným časem mají nastavený *minDur* a *maxDur*, což jsou konstanty, které určují, jak dlouho minimálně a maximálně může daná fáze trvat. V praxi to znamená, že když v určitém pruhu na červené stojí fronta aut, tak při přepnutí na zelenou se auta rozjedou a tvoří frontu jedoucích aut. Zde se projeví inteligentní řízení - nepřepne po staticky nastavené době ze zelené na červenou, ale podrží zelenou o něco déle (až do hodnoty *maxDur*).

Konkrétně v této verzi inteligentní křižovatky je kladen důraz na to, aby ze směru, ze kterého přijíždí nejvíce aut, byl čas na vyprázdnění pruhů největší. Také proto má tato inteligentní křižovatka lepší výsledky než druhá verze, ve které toto není bráno v potaz.

## Inteligentní světelná křižovatka, verze 2

Jak bylo řečeno, tento model neklade důraz na pruhy, ze kterých jezdí nejvíce aut, ale pouze má nastaveny parametry *minDur* a *maxDur* stejně, pro všechny směry.



Obrázek 6: Graf přechodů jednotlivých fází v simulaci inteligentní světelné křižovatky, verze 1. V čase cca 1852 vteřin lze vidět zkrácení intervalu.



# Souhrn výsledků

Jako výstup testů pro porovnání jednotlivých modelů byly zvoleny následující metriky:

- Průměrná doba čekání: průměrná doba, kterou vozidlo (auto, kamion nebo autobus) stráví ve frontě
- Průměrná doba zpoždění: průměr rozdílů časů průjezdů křižovatkou s dopravou a bez dopravy
- Průměrná délka fronty

V námi provedených testech se potvrdila správnost rozhodnutí města a varianta po rekonstrukci projevila nejlepší vlastnosti. Níže v tabulce 7 lze vidět všechny návrhy, které jsou v této dokumentaci popsány. Čím více má varianta zelených polí, tím lepší má výsledky a naopak je tomu u červených polí.

Typ simulace	Průměrná doba čekání	Průměrné zpoždění	Průměrná délka fronty
Současný kruhový objezd	44,71	146,17	237,75
Nový kruhový objezd	7,57	29,49	12,5
Inteligentní křižovatka 1	27,49	47,18	15,75
Inteligentní křižovatka 2	36,69	67,43	50,5
Hloupá křižovatka	108,36	158,79	137,75

Obrázek 7: Srovnání jednotlivých typů křižovatek. Čas je uveden v sekundách, průměrná délka fronty v metrech.

# Spuštění a ovládání

## Spuštění

1. Prvně je potřeba nainstalovat simulátor SUMO <http://sumo.dlr.de/wiki/Downloads>.
2. Simulaci spustíme pomocí dávkového souboru RUN.bat (Windows). Skript je umístěn v kořenovém adresáři odevzdaného archivu a přijímá jediný argument - typ křižovatky, který bude simulován (*aktualni*, *nova*, *chytra1*, *chytra2*, *hloupa*, *help*).

Není potřeba kompilovat žádný kód, a proto jsme příkaz COMPILE vynechali.

## Ovládání

Po spuštění skriptu se objeví SUMO-GUI s dopravní sítí. Podstatné jsou ovládací prvky vlevo-nahoře. Jde zejména o:

- zelené tlačítko *Start*, které spustí simulaci
- červené tlačítko *Stop*, které pozastaví simulaci
- žluté tlačítko *Reload*, které znovu načte celou simulaci
- pole *Delay*, pomocí něhož se dá simulace urychlit/zpomalit

## Struktura adresáře s projektem

- \Dokumentace: Obsahuje dokumentaci ve formátu .pdf.
- \Simulace aktualni stav: Obsahuje mapové podklady aktuálního stavu, SUMO network soubor, SUMO simulaci, soubor definující počet a typ automobilů.
- \Simulace po rekonstrukci: Obsahuje mapové podklady aktuálního stavu, SUMO network soubor, SUMO simulaci, soubor definující počet a typ automobilů.
- \Simulace hloupé světelné křižovatky: Obsahuje mapové podklady v úpravě pro světelnou křižovatku, SUMO network soubor, SUMO simulaci, soubor definující počet a typ automobilů.
- \Simulace chytré světelné křižovatky: Obsahuje mapové podklady v úpravě pro světelnou křižovatku, SUMO network soubor, SUMO simulaci, soubor pro nastavení křižovatky, soubor definující počet a typ automobilů.

- \Simulace chytré světelné křižovatky 2: Obsahuje mapové podklady v úpravě pro světelnou křižovatku, SUMO network soubor, SUMO simulaci, soubor pro nastavení křižovatky, soubor definující počet a typ automobilů.
- RUN: Skript pro spuštění jednotlivých simulací.

# Závěr

Tento projek výrazně přispěl k rozšíření obzorů v oblasti modelování a simulace dopravních systémů. Bylo vytvořeno pět různých modelů a s reálnými daty byl každý model vyhodnocen.

Jednoznačným vítězem se stal model kruhového objezdu s více pruhy a bypassy. Zajímavé je také srovnání s inteligentní světelnou křižovatkou, která se neprojevila jako nejvhodnější volba, což může být pro mnohé překvapení.

Dalším velice zajímavým zjištěním je naprosto zásadní rozdíl mezi křižovatkou s inteligentní logikou a křižovatkou obyčejnou.

# Literatura

- [1] Daniel Krajzewicz, Jakob Erdmann, Michael Behrisch, and Laura Bieker. Recent development and applications of SUMO - Simulation of Urban MObility. *International Journal On Advances in Systems and Measurements*, 5(3&4):128–138, December 2012.
- [2] Holger Schöner. OpenStreetMap, January 2011. Invited Talk, FLLL, Hagenberg, Austria.
- [3] Ředitelství silnic a dálnic ČR. Investiční záměr na projekt I/35 Valašské Meziříčí, okružní křižovatka na silnici I/57 a II/150.