

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Intelligentní systémy (SIN) – projekt

Adaptivní řízení křižovatky

7. prosince 2015

František Němec (xnemec61)
Jan Opálka (xopalk01)

1 Zadání

Dopravní telematika. Vytvořte model křižovatky s okolím a realizujte adaptivní řízení křižovatky. Místo řízení křižovatky lze zvolit i jiný podsystém dopravní telematiky. Použijte RENEW, JADE, DEVS nebo jiný simulační framework. Pro základní orientaci prostudujte podklady k souvisejícím přednáškám (i když ještě nebyly odpřednášeny). (Doporučená velikost týmu: 2-3 řešitelé)

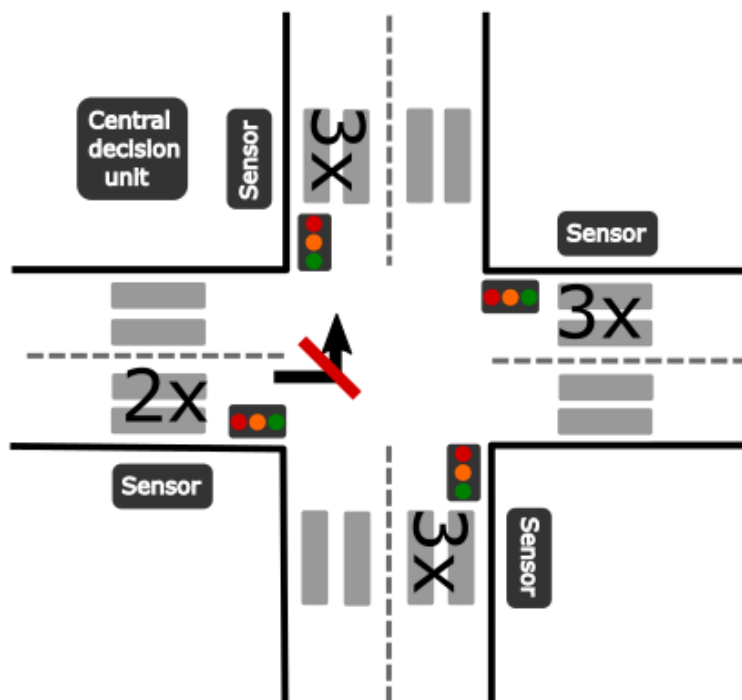
2 Model křižovatky

V dopravní telematice integrujeme informační a komunikační inženýrství s dopravním inženýrstvím, tak aby došlo ke zlepšení stávající infrastruktury z pohledu propustnosti, bezpečnosti a pohodlí cestujících.

Architektura ITS lze zjednodušeně popsat takto:

1. data - detektory, aktory
2. oblastní řízení dopravních procesů
3. řízení velkých dopravních celků
4. národní doprava
5. nadnárodní dopravní politika

V tomto dokumentu je popsán návrh adaptivního řízení pro křižovatku 1.

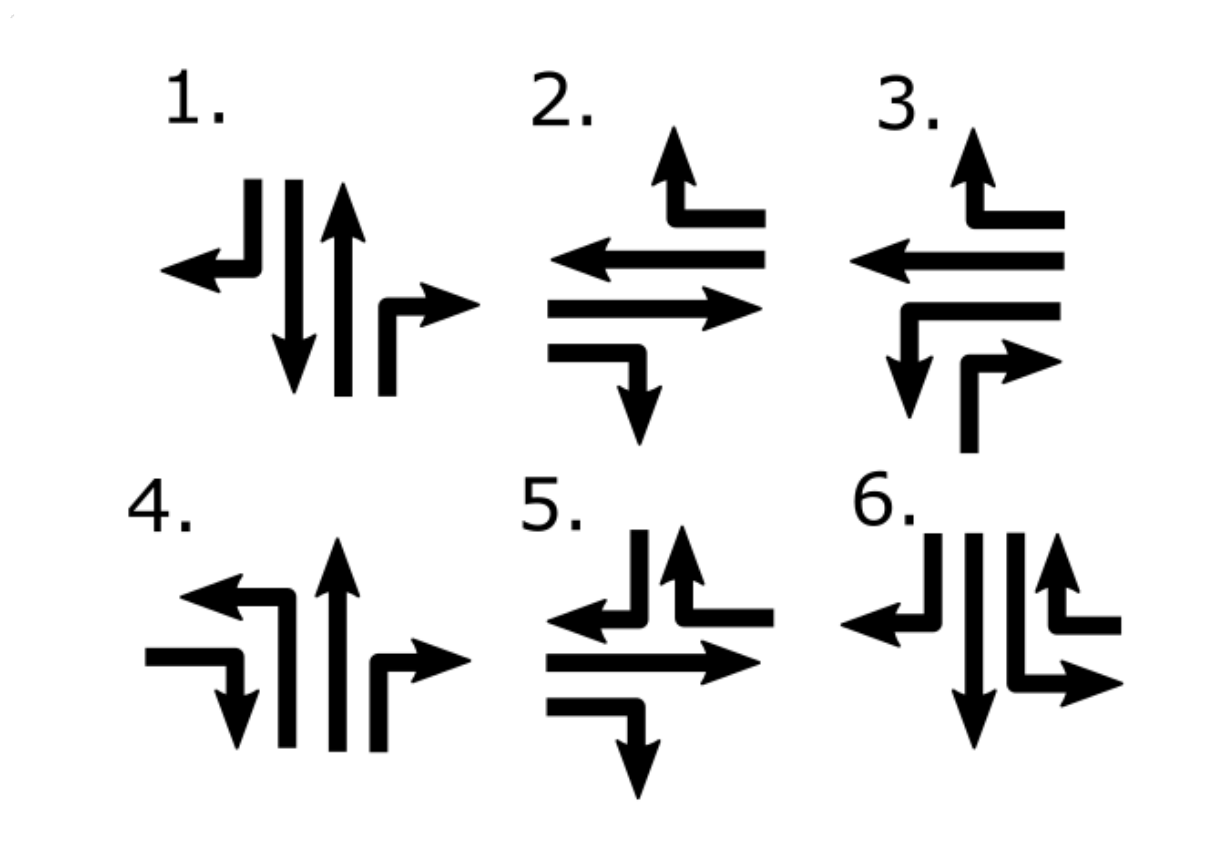


Obrázek 1: Uvažovaná křižovatka pro návrh adaptivního řízení

Celé schéma rozhodování je založeno na datech ze senzorů z první vrstvy architektury ITS. Tedy rozhodování o řízení je vykonáváno pomocí sesbíraných statických a dynamických dat o dopravní situaci na křižovatce. Jedná se o informace o délce front, době čekání na semaforu, počet aut jedoucích do prioritizovaného směru apod.

3 Návrh řízení

Vlastní logika řízení přepínání světel semaforů je založena na fuzzy logice. Pro křižovatku 1 je definováno 6 fází (viz obr. 2) semaforů. Každá fáze určuje jaká světla semaforů budou zelená a tedy směry, ve kterých mohou aktuálně auta projíždět křižovatkou.



Obrázek 2: Definované fáze křižovatky

Fuzzy kontroler se skládá ze tří různých rozhodování, při kterých se určí následující fáze. První uvažuje fuzzifikované vstupní parametry posbírané ze senzorů z jednotlivých pruhů křižovatky a vybírá následující fázi. Při fuzzifikaci se využívá trojúhelníkové funkce příslušnosti (osově symetrické trojúhelníky podle osy y). Pak se provede fuzzy interference, což je vyhodnocení fuzzy pravidel. Pro výběr nejvhodnější fáze se výsledek defuzzifikuje. Výsledek fuzzy interference se ukládá pro další použití.

Pravidla pro první rozhodnutí jsou v tabulce 1. Jednotlivá písmena reprezentují fuzzy množiny Z – nulová, M – malá, S – střední, V – vysoká, VV – velmi vysoká. Množiny jsou pojmenovány podle jejich reprezentace dané vlastnosti. Například pro počet aut: nulová \Rightarrow fuzzy množina reprezentující nulu, vysoká \Rightarrow množina popisující velké množství aut v daném pruhu.

Vstupy			Výstup
počet čekajících aut	auta na hlavní	dobu čekání aut	priorita
Z	-	-	Z
M	M	M	M
M	M	S	M
M	M	V	M
M	M	VV	S
M	S	M	M
M	S	S	M
M	S	V	S
M	S	VV	S
M	V	M	M
M	V	S	S
M	V	V	S
M	V	VV	S
S	M	M	M
S	M	S	S
S	M	V	S
S	M	VV	V
S	S	M	S
S	S	S	S
S	S	V	V
S	S	VV	V
S	V	M	S
S	V	S	V
S	V	V	V
S	V	VV	V
V	M	M	S
V	M	S	S
V	M	V	V
V	M	VV	V
V	S	M	S
V	S	S	V
V	S	V	V
V	S	VV	VV
V	V	M	V
V	V	S	V
V	V	V	VV
V	V	VV	VV

Tabulka 1: Tabulka pravidel pro určení priority červených fází křižovatky

Druhá rozhodování slouží pro určení, zda je výhodné prodloužit aktivní (zelenou) fázi. Vychází z následujících pravidel v tabulce 2. Vstupem jsou data ze senzorů zelených pruhů. Výstupem úrovně příslušnosti pro atribut prodloužení zelené fáze. Výsledek fuzzy interference je použit pro konečné rozhodnutí o řízení.

Vstupy		Výstup
počet aut, které ještě neprojely	počet přijíždějících aut	prodloužení
Z	Z	Z
M	Z	M
S	Z	M
V	Z	S
Z	M	Z
M	M	M
S	M	M
V	M	S
Z	S	M
M	S	M
S	S	S
V	S	V
Z	V	S
M	V	S
S	V	V
V	V	V
Z	VV	V
M	VV	V
S	VV	VV
V	VV	VV

Tabulka 2: Tabulka pravidel pro prodloužení zelené fáze

Posledním částí, kdy dojde k definitivnímu rozhodnutí zda se zvolí nová fáze nebo se prodlouží stávající zelená (aktivní) fáze. Vstupem jsou hodnoty po fuzzy interferencích předchozích dvou rozhodnutí. Fuzzy pravidla jsou v tabulce číslo 3. Výsledek je defuzzifikován a výsledek je zpracován do řízení semaforu.

Vstupy		Výstup
priorita další fáze	prodloužení	konečné rozhodnutí
Z	Z	NE
M	Z	NE
S	Z	NE
V	Z	NE
VV	Z	NE
Z	M	ANO
M	M	NE
S	M	NE
V	M	NE
VV	M	NE
Z	S	ANO
M	S	ANO
S	S	NE
V	S	NE
VV	S	NE
Z	V	ANO
M	V	ANO
S	V	ANO
V	V	NE
VV	V	NE
Z	VV	ANO
M	VV	ANO
S	VV	ANO
V	VV	ANO
VV	VV	NE

Tabulka 3: Tabulka pravidel pro rozhodnutí o prodloužení/změně stavu

4 Implementace

Pro implementaci modelu jsme zvolili simulační framework SIMLIB¹ z čehož zároveň plyne použití programovacího jazyka C++.

Hlavní třídou je `Crossroad`, která zastřešuje všechny proudy, semaforey a jejich řízení. Třída `Lane` dědí od `Facility` a slouží pro řazení vozidel do fronty před křižovatkou. `Lane` také obsahuje generátor vozidel `VehicleGenerator` typu `Event`, který v určitých intervalech daným pravděpodobnostním rozložením generuje vozidla na příslušný proud. Vozidla jsou modelována třídou `Vehicle` (typ `Process`) a obsahují chování ve formě:

1. Zařazení do fronty

¹<http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>

2. Čekání na zelenou barvu semaforu
3. Projetí křižovatkou

Každý proud obsahuje semafor `CrossroadSemaphore`, který řídí provoz na daném proudu a který je nastaven podle aktuální fáze. Pro přepínání semaforů slouží třída `CrossroadPhase`, která obsahuje barvy semaforů na křižovatce pro danou fázi. Seznam všech fází slouží jako vstup Fuzzy kontroleru (implementováno jako třída `FuzzyControl`), který na základě délek front a časů čekání vozidel vybere novou fázi semaforů nebo rozhodne prodloužit aktuální fázi.

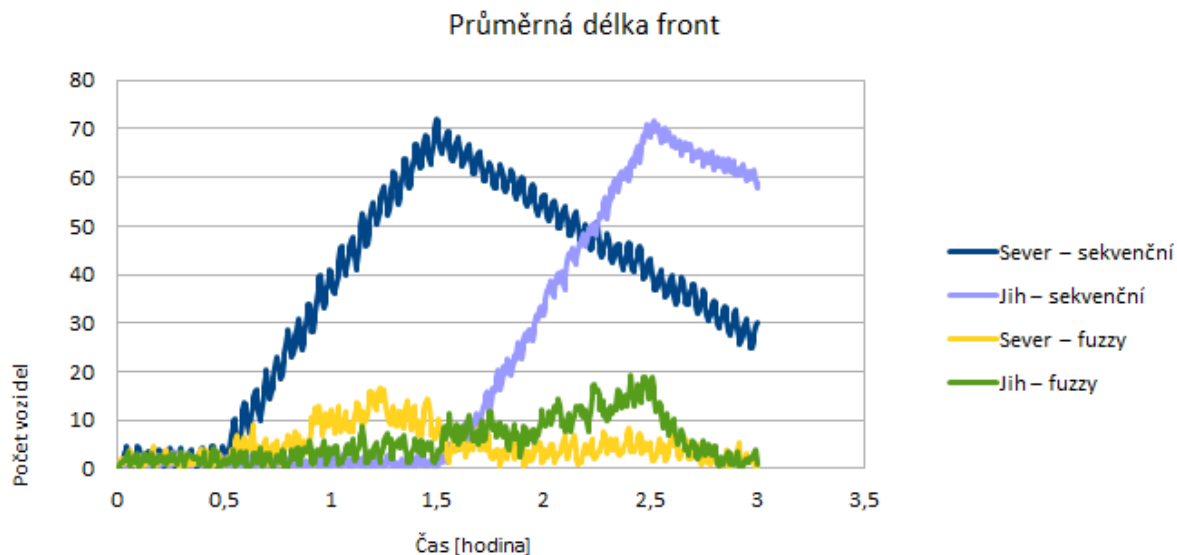
5 Experimenty

Cílem experimentů je dokázat zlepšení dopravní situace při použití fuzzy řízení.

5.1 První experiment

První experiment má za úkol předvést přizpůsobivost řízení křižovatkou pomocí fuzzy logiky. Na všech proudech je z počátku stejný provoz, ale v čase 0,5 až 1,5 hodiny je na severní cestě dvakrát větší provoz a v čase 1,5 až 2,5 hodiny na jižní cestě.

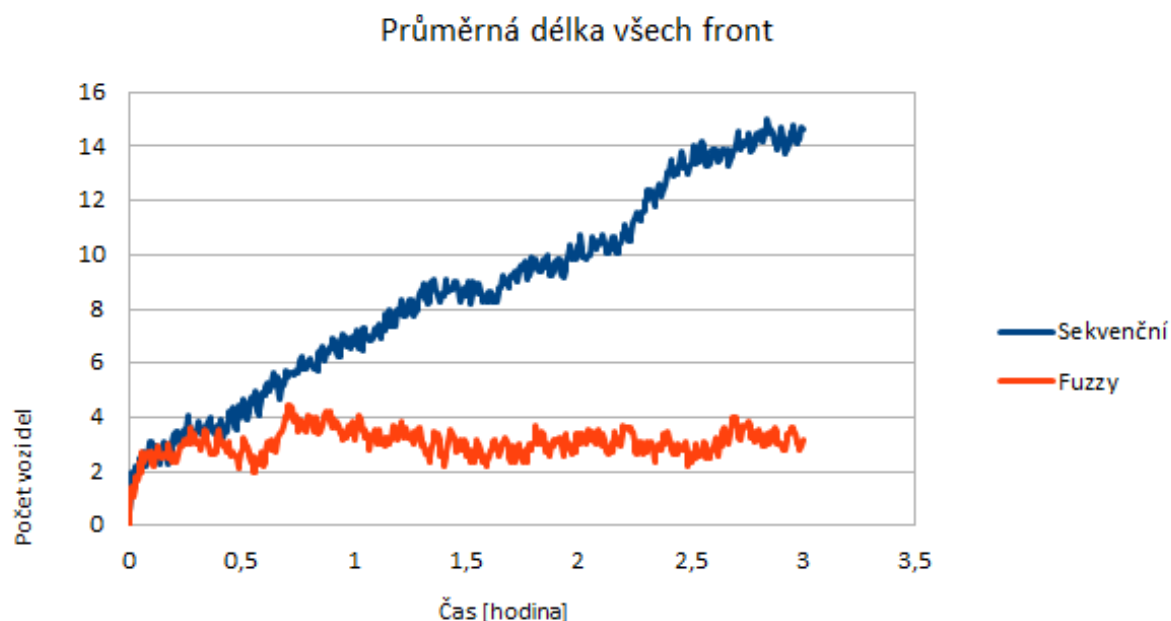
Na grafu 3 lze pozorovat nárůst počtu čekajících vozidel na příslušných cestách při sekvenčním řízení semaforů. Fuzzy řízení situaci zvládá mnohem lépe a délky front jsou podstatně menší než u sekvenčního řízení. Pro popis stavu je použita tato sémantika: sever – cesta nahoře, jih – cesta dole, západ – cesta vlevo, východ – cesta vpravo.



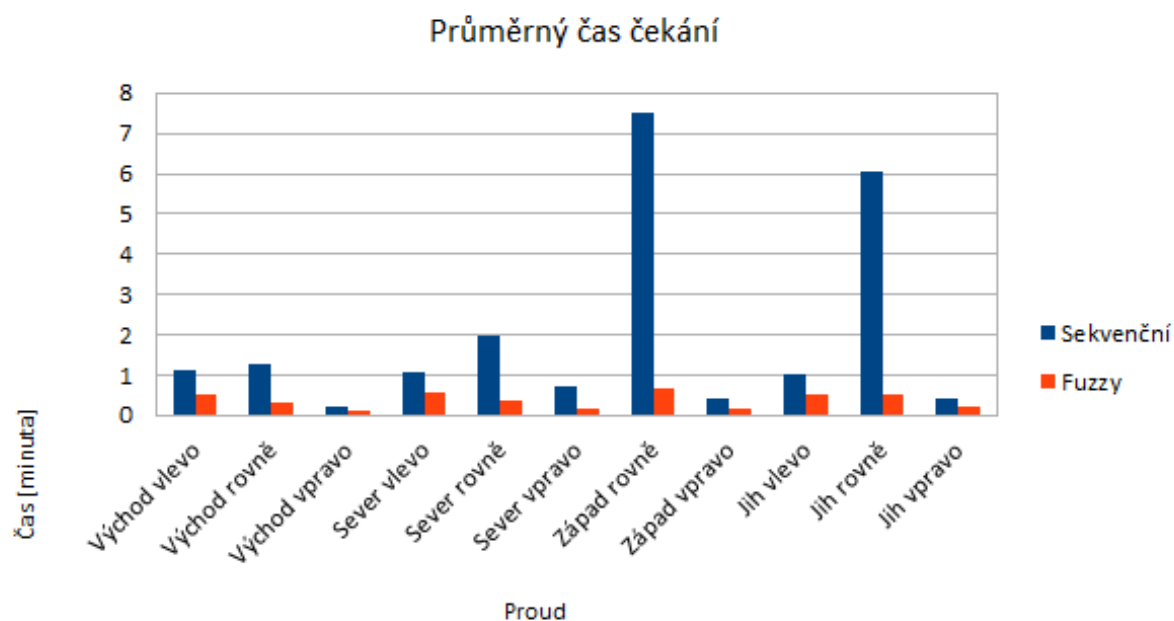
Obrázek 3: Průměrná délka front při prvním experimentu. Východní a západní cesty nejsou pro přehlednost zobrazeny, ale situace se na nich nijak nemění.

5.2 Druhý experiment

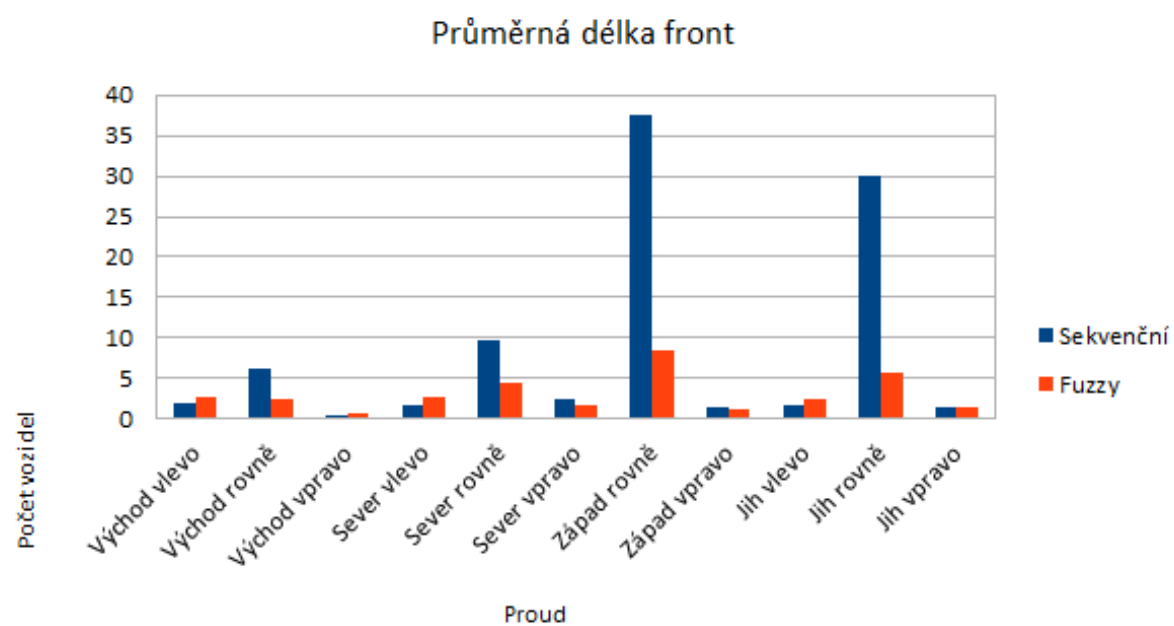
Při sekvenčním přepínání je nutné vhodně seřadit jednotlivé fáze. Následující experiment ukazuje, že fuzzy kontroler sám vybere nejlepší fázi a není třeba řazení řešit. Výsledky experimentu provedených po 3 hodinách jsou vidět v následujících grafech 4, 5, 6. Z výsledků je patrné, že vhodným výběrem fáze dosahujeme lepší propustnosti křižovatky. Jinými slovy při stejném frekvenci příjezdějících aut nedochází při fuzzy řízení ke kumulování aut ve frontě. Sémantika grafů je následující - každá cesta je rozdělena na tři pruhy. Tyto pruhy reprezentují směry, kam příjezdějící auta chtějí pokračovat. Tedy například sever rovně znamená, že auto chce jet ze severní cesty rovně \Rightarrow sever – jih, sever vlevo \Rightarrow auto odbočuje ze severu doleva atd.



Obrázek 4: Průměrná délka všech front



Obrázek 5: Průměrná délka front



Obrázek 6: Průměrný čas čekání

6 Závěr

Model křižovatky reaguje na vstupy podle očekávání. Při řízení dochází k žádanému zlepšení propustnosti křižovatky. Při tomto způsobu řízení jsou stavy voleny tak, aby nedocházelo ke kolizím křížících se směrů, proto je takto řízená křižovatka bezpečnější než při ponechání řešení kolizí na řidičích aut (odbočování vlevo). Tento model řízení by bylo možné jednoduše rozšířit o citlivost na přítomnost vozidel integrovaného záchranného systému, MHD nebo třeba chodců, kteří se snaží o bezpečné překonání komunikace. Taktéž je možné vytvořit kaskádu křižovatek řízených tímto modelem, které by umožňovaly efektivní a rychlý průjezd aut jedoucích skrze celou kaskádu (například průjezd velkými městy).