

Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

redakce nakladatelství BEN – technická literatura
redakce@ben.cz



Optimalizace času zelené

Během optimalizace ofsetu jsou všechny fázové změny světelných signálů uzlu zařazeny současně, což má za důsledek, že doba zelené každé signální skupiny je konstantní. Při následné optimalizaci parametru PI je individuálně optimalizována délka zelené pro všechny signální skupiny, přičemž není dovoleno, aby délka zelené byla kratší, než je povolená minimální hodnota.

Redukce délky front

Jako součást výpočtů dopravního chování v linii počítá TRANSYT odhady maximálních délek front, které je možno očekávat pro dané nastavení světelných signálů. U některých krátkých linií může fronta dosáhnout z jedné křižovatky na druhou a tím jí blokovat. Tento nebezpečný efekt není zatím v metodě TRANSYT modelován, a předpokládá se, že k blokování předchodí křižovatky nedochází. TRANSYT/8 již obsahuje programový modul, kde uživatel může nastavit limitní hodnoty délek front pro vybrané linie. Modul optimalizace se pak pokusí nalézt takové parametry řízení, kdy se vytvoří fronta menší než je zadaná hodnota. Do výpočtu PI jsou pak zahrnuty dodatečné penalizace, jestliže nastavení způsobí převýšení limitní hodnoty délky fronty.

Optimalizace doby cyklu

Optimalizace doby cyklu pro každý uzel v síti je složitá optimalizační úloha. Jeho volba působí spolu s jinými rozhodnutími na to, zda rozdělit SSZ v oblasti do dvou nebo více suboblastí, ve kterých bude použita různá doba cyklu. Větší počet suboblastí přináší užitek v tom, že lze použít kratší doby cyklů, než by bylo možné v celé oblasti se společnou dobou cyklu. Toto řešení připouštějící použití více dob cyklu vyžaduje složitější optimalizaci. Typickým příkladem může být stav, že všechny dopravní uzly v oblasti mají optimalizovanou dobu cyklu na 70 s, ale menší Performance Index by byl dosažen po rozdělení oblasti, kdy bude většina řadičů pracovat s 90sekundovou dobou cyklu a na několika vybraných křižovatkách bude použita poloviční doba cyklu.

Při návrhu dob cyklu, může dopravní inženýr využít svých zkušeností při výběru kombinace suboblastí, doby cyklu, polovičního cyklu, opakované zelené a také sledu fází. Použitím programu TRANSYT k testování různých možností navržených heuristicky a na základě zkušeností je možno dosáhnout zlepšení, v porovnání s jednotnou dobou cyklu – udává se, že může být dosaženo až 10 % zlepšení v počtu zastavení a ve zdržení.

2.4.8 Závěr k metodě TRANSYT

Metoda vychází z implicitního matematického modelu, který je uživatelsky přístupný, srozumitelný a modifikovatelný. TRANSYT lze využít pro návrh sestav signálních plánů s pevnými časy v úrovni centrálního řízení dopravní oblasti. Samozřejmým předpokladem je citlivý návrh oblastí a volba preferovaných směrů.

TRANSYT se používá v desítkách aplikací na celém světě pro výpočet a optimalizaci dopravních sítí v režimech pevných časů. Lze ho však použít i pro výpočet limitních hodnot regulovaných veličin (maximální délky signálu Volno) v případě dynamického řízení.

Značným přínosem je, že je dostupný i na PC, takže umožňuje velmi operativní práci. Program TRANSYT však u nás není součástí klasických dopravně-inženýrských pracovišť a není známo, že někde v České republice pracuje efektivně úplná a poslední verze programu.

V této kapitole je uvedena poměrně detailní analýza, neboť metoda může být i prostředkem pro výpočet sítě s modifikovanými vstupními parametry a umožňuje tak vypočítat základní bázi regulovaných veličin i pro adaptivní řízení sítě. Bližší popis této metody je v lit. [33].

2.5 CENTRALIZOVANÁ INTELIGENCE

Nejrozšířenějšími představiteli řízení v reálném čase s centralizovanou inteligencí jsou programy SCOOT a SCATS. Oba tyto programy inkrementálně, v reálném čase, optimalizují délku cyklu, fázové sekvence a ofset.

SCOOT (Split, Cycle and Offset Optimization Technique) je typickým a nejrozšířenějším představitelem on-line síťově působících dopravních programů. Metoda byla vyvinuta v Anglii laboratoří TRL ve spolupráci s dalšími anglickými firmami. Program on-line optimalizuje performance index pro síť (PI), přičemž základní vstupní veličinou jsou měřená dopravní data. Programové vybavení SCOOT používá simulační makroskopický model jízdy vozidel, založený na „Cyclic Flow Profile“ (dále CFP) podobně, jak jej používá metoda TRANSYT. Pomocí modelu se určí kolik vozidel přijede na červenou. Program predikuje délku front pro různé hypotetické změny dopravních parametrů. Vždy několik sekund před předpokládanou změnou fáze SCOOT pomocí modelu jízdy vozidel určuje, zda je lepší fázi prodloužit nebo naopak přejít ihned na další. Podobně je optimalizována doba cyklu a ofset. Parametry pro řízení jsou nastavovány, pokud je to nutné, v každém následujícím cyklu, ale vždy po pevně daných inkrementálních přírůstcích. Při optimalizaci se stává, že se program pohybuje v oblasti lokálního minima indexu PI a ne globálního minima.

Program může zlepšovat řízení pevnými časy tím, že monitoruje tok vozidel a obsazenosti detektorů v oblasti a upravuje parametry řízení v reálném čase, dle okamžitých hodnot. Tím je schopen reagovat na okamžité excesy v dopravě. Na základě těchto hodnot a na základě výzev, např. od vozidel MHD, nastavuje v daných časových intervalech (2–4 s) délky jednotlivých fází řízení. Model jízdy vozidel je tedy založen na CFP, přičemž CFP jsou reálně změřené hodnoty na příslušných vjezdech.

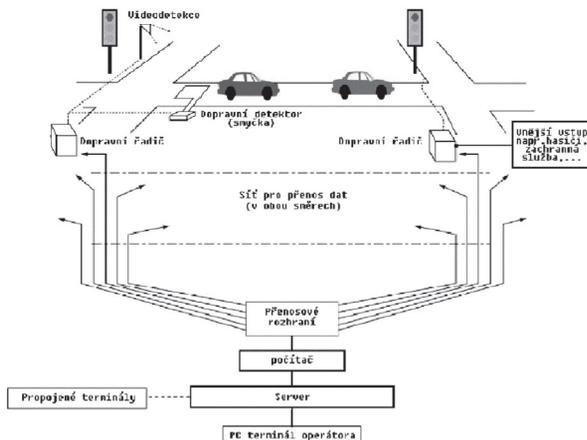
Program **SCATS** byl publikován v sedmdesátých letech v Austrálii laboratoří Roads and Traffic Authority v Novém Jižním Walesu. Vstupními parametry

jsou intenzity a obsazenosti (rychlosti) na příslušném vjezdu křižovatky během doby zelené. Tyto hodnoty jsou přenášeny na centrální počítač, kde jsou vypočítány stupně saturace. Množina parametrů saturace je potom vstupem pro výpočetní algoritmus optimalizující doby zelené a offset.

V další kapitole je podrobněji analyzován program SCOOT, jako typický představitel této kategorie programů.

2.5.1 Metoda SCOOT

Základní konfigurace systému při řízení dopravy dle SCOOT je popsána v *obr. 2.13*. Stejně jako program TRANSYT používá dopravní model, který predikuje celkové zdržení a počet zastavení pro jednotlivá nastavení signálních plánů řadičů. V případě metody TRANSYT je model „off-line“, to znamená, že predikce průměrných zpoždění vychází ze zadaných průměrných intenzit vypočtených z historických dat. U metody SCOOT je model „on-line“, to znamená, že predikce zpoždění a zastavení jsou přepočítávány během každých několika vteřin z nejnovějších měření dopravního proudu. Optimalizační procedury u SCOOT a TRANSYT si jsou podobné v tom, že oba programy automaticky a soustavně mění stávající signální plány a provedou pouze ty změny, u kterých dopravní model předpoví že budou prospěšné. Na rozdíl od TRANSYT však optimalizace u SCOOT pracuje v reálném čase a změny jsou provedeny okamžitě.



Obr. 2.13
Základní konfigurace systému při řízení dle SCOOT

Dopravní model SCOOT

Dopravní model užívá data měřená v reálném čase (aktuální délky zeleného signálu, doby červených a měření přítomnosti vozidel z detektorů) a data, která jsou předem nastavena pro řízenou oblast (umístění detektorů na komunikaci a stupeň preference). Všechny tyto parametry jsou použity k predikci front vozidel, jejich zpoždění a zastavení pro optimalizační výpočty.

Detekce vozidel

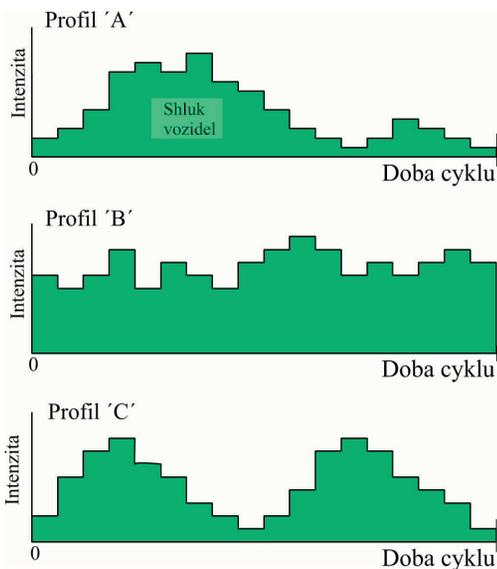
Informace o chování dopravy jsou získávány z dopravních detektorů (indukčních smyček), které jsou umístěny na přístupech ke všem signalizovaným křižovatkám řízeným programem SCOOT. Je možné použít i jiné detektory, které podají stejnou informaci o přítomnosti vozidla (videodetekce, infra detektory, atd.). Detektory jsou umístěny nejenom standardně před Stop-čarou, ale i co nejdále proti směru pohybu vozidel (ideálně, ihned za předchozí křižovatkou) tak, aby bylo možné detailně sledovat pohyb vozidel směrem ke Stop-čáře. Detailní pravidla pro umístování dopravních detektorů vyplývají z konkrétního návrhu systému SCOOT pro konkrétní konfiguraci křižovatek.

Intenzitní profil cyklu

Data z detektorů udávající intenzitu vozidel a obsazenost detektorů jsou používána v modelu SCOOT ve formě intenzitních profilů cyklu (CFP) a program pracuje pouze s těmito profily. Dopravní data jsou současně měřena on-line v každém jízdním pruhu SSZ a vytváří tak typický obraz současného stavu dopravy. *Obr. 2.14* ukazuje tři příklady intenzitních profilů cyklu; každý profil je tvořen histogramem intenzit vozidel pro zvolený časový rastr.

Obr. 2.14 zobrazuje tři rozdílné typy intenzitních profilů. Takovéto průběhy intenzit by se mohly vyskytnout na třech různých komunikacích v oblasti řízené programem SCOOT nebo se mohou vyskytnout na příjezdu k jedné křižovatce v různých obdobích dne. Profil *A* znázorňuje, že detektor vykazuje vysokou intenzitu vozidel během první poloviny doby cyklu. Jestliže nejsou žádné jiné důvody, může být docíleno minimalizace zpoždění tím, že zelený signál je navržen tak, aby propustil shluk vozidel právě v první polovině cyklu. Absolutní hodnoty intenzit v profilech *A* a *B* jsou shodné, neboť profil *B* je střední hodnotou celkové intenzity dopravy profilu *A*. Podstatným rozdílem je, že je různé časové rozložení intenzit v době cyklu: intenzity dopravy v profilu *B* jsou rozloženy rovnoměrně a nevykazují žádné podstatnější změny během doby cyklu. Je zřejmé, že tam, kde jsou intenzitní profily tohoto tvaru a netvoří se shluky vozidel, nemůže koordinace světelných signálů příliš zlepšit řízení. Tento efekt lze pozorovat, jestliže jsou průměrné intenzity v řízené dopravní síti velké a dopravní síť je na mezi saturace. Intenzitní profil může být plochý i pokud je předchozí křižovatka značně vzdálená (více než jeden kilometr) a vozidla pak nepřijíždějí ve shlucích, ale náhodně v době cyklu a rozložení závisí na vzdálenosti a skladbě dopravního proudu. Profil *C* popisuje stav dopravy, kde se během cyklu vytváří dva shluky vozidel. V této situaci může koordinace SSZ přinést prospěch buď prvnímu nebo druhému shluku, ale ne oběma současně, protože by bylo nutné mít na následující křižovatce dvě zelené fáze z jednoho směru v jednom cyklu, což není prakticky možné.

Výše uvedené popisy profilů *A*, *B* a *C* ukazují, že intenzitní profil cyklu obsahuje informace potřebné ke koordinaci SSZ. Úkolem modulu optimalizace je



Obr. 2.14
Intenzitní profily cyklu

aktuální hodnoty délek front. Obr. 2.15 znázorňuje použité principy této predikce. Dopravní detektor umístěný proti směru jízdy na konci linie zaznamenává údaje o průjezdu vozidel směrem k následující SSZ. Typický tvar intenzitního profilu cyklu je znázorněn v obrázku vedle detektoru. Řídicí počítač využívá informace o intenzitě dopravy za celou dobu cyklu. Na jeho konci je údaj nulován a proces aktualizace profilu pokračuje s počátkem dalšího cyklu.

Průměrný čas jízdy získaný z detektorů je jedním z údajů, které jsou požadovány pro zpřesnění optimalizace. Doba jízdy je použita k předpovědi, kdy shluky vozidel, které jsou zaznamenány detektorem na konci linie dosáhnou ke Stop-čarám následující SSZ. Počítač SCOOT přímo ovládá spínání červených a zelených signálů, a proto zná jejich současné hodnoty. Tím je možné určit délku fronty, která vznikne příjezdem vozidel na Stop-čáru během červeného signálu. Tyto fronty narůstají až do dalšího sepnutí zeleného signálu, kdy se fronty vyklízí. Rychlost vyklížení je dána saturačním tokem zeleného signálu, který specifikuje dopravní inženýr na základě konkrétní situace daného vjezdu.

Je zřejmé, že tyto predikce délky front nemohou být zcela přesné z několika důvodů. Například některá vozidla, která projíždí přes vzdálený detektor mohou před následující Stop-čarou zaparkovat nebo odbočit. Dále mohou vozidla ze Stop-čáry odjíždět dle jiného dopravního modelu, respektive v jiném satura-

pak využívat informace vyvozené z těchto profilů k optimálnímu nastavení načasování signálů pro celou řízenou dopravní síť. Samozřejmě se jedná o nejlepší možný kompromis pro koordinaci všech dopravních proudů v oblasti řízené SCOOT metodou.

V programu SCOOT může dopravní inženýr rozhodnout o seskupení SSZ do jedné nebo více suboblastí. Doba cyklu může být různá v každé suboblasti, ale musí být zásadně shodná pro všechny dopravní řadiče v této suboblasti nebo může být i poloviční.

Predikce front

V každé části vozovky, na které je měřen intenzitní profil cyklu, predikuje dopravní model SCOOT