

Česká akademie věd
Ústav teorie informace a automatizace

Czech Academy of Sciences
Institute of Information Theory and Automation

VÝZKUMNÁ ZPRÁVA

JITKA KRATOCHVÍLOVÁ, IVAN NAGY

**Sestavení obecné metodologie pro zadávání
lineárního modelu dopravní mikrooblasti**

2105

Září 2004

ÚTIA AVČR, P.O.Box 18, 182 08 Prague,
Czech Republic

Fax: (+420)286890378, <http://utia.cas.cz>, E-mail: utia@utia.cas.cz

Interní zpráva projektu RIZDOP (A402) podporovaného MDČR, Národním programem výzkumu 2004 - 2009, 1F43A/003/120.

1 Úvod

Cílem etapy A402 bylo nalezení obecné metodologie pro vkládání dopravních parametrů uvažované dopravní mikrooblasti, která by umožnila automatické generování modelu. Námi uvažovaný model je tvořen stavovou a výstupní rovnicí v maticovém tvaru. Dimenze a struktura těchto matic je přímo určena strukturou křižovatek, které danou dopravní mikrooblast vytvářejí. Prvky matic jsou pak dány právě parametry jednotlivých křižovatek či jejich kombinací.

2 Model

Zavedený model, který budeme používat pro úlohu optimalizace nastavení dob světelných signálů, je složen za dvou částí: ze stavové a výstupní rovnice. Stav křižovatky bude tvořen délkami kolon a obsazenostmi na všech vstupních ramenech (tj. kde dochází ke tvorbě kolon v důsledku SSZ). Pro křižovatku např. se čtyřmi vjezdy bude stav vypadat následovně:

$$x_t = [\xi_{1;t}; O_{1;t}; \xi_{2;t}; O_{2;t}; \xi_{3;t}; O_{3;t}; \xi_{4;t}; O_{4;t}]'. \quad (1)$$

kde

$\xi_{i;t}$	je délka kolony na rameni i ;
$O_{i;t}$	obsazenost detektoru na rameni i ;
t	časový okamžik.

Stavový vektor pro celou mikrooblast je vyskládáván postupně po jednotlivých křižovatkách a jejich vstupních ramenech. Dimenze tohoto vektoru je tedy dána počtem vjezdů v dané oblasti, resp. počtem ramen, na kterých se může vytvářet kolona vozidel. Konečná stavová rovnice pro modelování tohoto stavového vektoru má tvar:

$$x_{t+1} = A_t x_t + B_t z_t + F_t + e_t, \quad (2)$$

kde

x_t	je stavový vektor dimenze r ;
A_t	časově proměnná matice $r \times r$ závislostí na stavu;
B_t	časově proměnná matice $r \times f$ průjezdů;
z_t	vektor relativních zelených rozměru $f \times 1$;
F_t	časově proměnný vektor konstant, dimenze $r \times 1$;
e_t	šum procesu, vektor $r \times 1$;
r	počet všech vstupních ramen oblasti;
f	souhrnný počet fází.

Pro daný model křižovatky uvažujeme použití Kalmanova filtru [1], který by měl provádět korekci odhadnutých stavových veličin. Ve výstupu tedy musíme soustředit všechny veličiny, které je možné měřit a porovnávat s modelovanými hodnotami. Obsazenost je standardním výstupem detektoru, proto do výstupu zahrneme všechny

obsazenosti na vstupních detektorech, které jsou na daných křižovatkách používány. Dále zahrneme ta ramena, kde je také instalován výstupní detektor, takže je možné kontrolovat podle naměřené intenzity množství vyjíždějících vozidel. Modelovaný výstup, např. pro křižovátku se čtyřmi měřitelnými výjezdy tedy je

$$y_t = [y_{1;t}; y_{2;t}; y_{3;t}; y_{4;t}; O_{1;t}; O_{2;t}; O_{3;t}; O_{4;t}]', \quad (3)$$

kde

$y_{i;t}$	je měřený výjezd ramene i ;
$O_{i;t}$	obsazenost vstupního detektoru na rameni i ;
t	časový okamžik.

Výsledná výstupní rovnice modelu je ve tvaru:

$$y_t = C_t x_t + D_t z_t + \epsilon_t, \quad (4)$$

kde

x_t	je stavový vektor dimenze r ;
C_t	časově proměnná matice $s \times r$ závislostí na stavu;
D_t	časově proměnná matice $s \times f$ průjezdů se zohledněním směrových vztahů;
z_t	vektor relativních zelených rozměru $f \times 1$;
ϵ_t	šum měření;
r	počet všech vstupních ramen oblasti;
s	počet všech výstupních ramen s detektorem;
f	souhrnný počet fází.

3 Struktura křižovatky

Struktura stavového a výstupního vektoru dané oblasti je přímo určena stavební konstrukcí křižovatek oblasti. Prvky matic stavových rovnic jsou pak tvořeny dalšími dopravními parametry těchto křižovatek. Model a jeho parametry (prvky matic) jsou časově proměnné a je nutné je znovu konstruovat v každé periodě řízení. Z tohoto hlediska je nutné tvorbu matic automatizovat. Navíc by měla být tato metodologie natolik obecná, aby umožnila jednoduché rozšiřování dopravní oblasti, tedy i modelu o libovolný počet dalších křižovatek.

Pro daný mikroregion proto zavedeme tzv. strukturu křižovatek. Jednotlivé křižovatky do ní mohou být řazeny v libovolném pořadí. Abychom dosáhli co nejúplnějšího popisu, jednotlivé podstruktury křižovatek by měly obsahovat tyto údaje:

K.S: matice saturovaných toků pro jednotlivá ramena (vjezdy) a fáze; po řádcích jsou v této matici řazeny saturované toky pro příslušné rameno (vjezd) vzhledem k uvažovaným fázím. Každý sloupec tedy představuje jednu fázi a jeho nenulové prvky (řádky) naznačují, která ramena (vjezdy) mají v dané fázi signál volno. Matice má rozměry $n \times nf$, kde n je počet ramen křižovatky a nf je počet fází pro tuto křižovátku.

- K.al:** matice směrových koeficientů rozměru $n \times n$. Prvek matice $a_{i,j}$ určuje, jaké procento vozidel odbočuje z ramene (vjezdu) i do ramene j . Logickým důsledkem tedy je to, že diagonální prvky jsou nulové a řádkové součty dávají jedničku.
- K.p:** vektory parametrů lineární závislosti obsazenosti a délky fronty. Parametry jsou závislé na umístění detektorů na jednotlivých ramenech, mohou být zjištěny experimentálně a považovány za konstantní v čase, nebo mohou být průběžně odhadovány. První vektor $K.p.be$ obsahuje lineární členy (po ramenech, má tedy rozměr $n \times 1$) a vektor druhý $K.p.ka$ pak absolutní členy těchto závislostí (taktéž má rozměr $n \times 1$).
- K.n:** počet ramen dané křižovatky.
- K.ni:** počet vjezdů dané křižovatky.
- K.no:** počet výjezdů.
- K.nf:** počet fází základního signálního plánu.
- K.det:** dvousložková struktura indikátorů. První složka $K.det.i$ se týká vjezdů (input) a druhá složka $K.det.o$ výjezdů (output) příslušné křižovatky, délka obou řádkových vektorů je rovna počtu všech ramen. Každý indikátor může nabývat tři hodnot: 0 . . . pokud daný typ jízdního pruhu (tedy vjezd nebo výjezd) není na příslušném rameni, 1 . . . v případě, že na rameni je vstup, resp. výstup, ale není měřitelný, a 2 pokud vstup, resp. výstup na daném rameni je měřitelný (tj. v daném směru je na komunikaci instalován detektor).
- K.join:** vlastní struktura mikroregionu, tedy propojení jednotlivých křižovatek. Každá buňka $K.join\{i\} = [k_j]'$ určuje pro příslušné rameno i , do kterého ramene j následující křižovatky k se napojuje. Např. $K\{1\}.join\{3\} = [52]'$ znamená, že výstup z 3. ramene 1. křižovatky je vstupem do 2. ramene křižovatky č. 5.
- K.sf:** struktura fází. Určuje, která ramena jsou při dané fázi aktivní (fáze jsou řazeny po sloupcích a jedničky na řádcích určují dle jejich pořadí čísla ramen, která v dané fázi mají signál volno).

Jak je z výše uvedeného výčtu patrné, není nutné zadávat všechny složky struktury pro každou křižovatku, neboť některé z nich nesou stejné informace. Počet vstupních parametrů lze proto redukovat na 6: matice saturovaných toků S , matice koeficientů odbočení α , parametry β a κ lineární závislosti mezi obsazeností a délkou kolony, struktura rozložení vstupů, výstupů a detektorů det a struktura propojení $join$ s ostatními křižovatkami mikroregionu. Jak lze z těchto vstupních údajů odvodit ty zbývající, ukazuje následující přepis zdrojového kódu funkce jun , která v softwarovém prostředí Matlab zajišťuje vytvoření křižovatkové struktury.

```

function [K]=jun(S,al,be,ka,det,join)
% *****
% JUN - making up the corresponding junction structure
% *****
% K=jun(S,al,be,ka,det,join)

% K.S - saturation flow matrix
% K.al - matrix of direction ratios
% K.p - parameters of dependence between occupancy and queues
%       K.p.be - time dependence of occupancy (after arms)
%       K.p.ka - ratio of dependence of occupancy on queue length
% K.n - number of arms
% K.ni - number of input lanes
% K.no - number of output lanes
% K.nf - number of stages
% K.det - indicator of arms (value 1) and detector (2) existence (after arms),
%         - K.det.i = input, K.det.o = output,
% K.join- joining with next junction after arms, join{na1}=[nj2 na2]',
%         na = num. of arm, nj2 = number of next junction
% K.sf - structure of phases (rows = arms, columns = phases)
%         1 = has RoW (right of way), 0 = doesn't have RoW

% designed = Jitka Kratochvílová
% updated = 17.8.04
% project = MDCR

K.S=S;
K.al=al;
K.p.be=be;
K.p.ka=ka;
K.det=det;
K.n=size(K.det.i,2);
K.ni=sum(sign(K.det.i));
K.no=sum(sign(K.det.o));
K.nf=size(K.S,2);
K.join=join;
K.sf=sign(K.S);

```

4 Popis mikrooblasti

Vytvořením struktury pro všechny křižovatky, které jsou součástí popisované mikrooblasti, dostaneme úplný popis této oblasti. Celkové parametry mikroregionu, jako je počet všech křižovatek n_j , celkový počet vstupních n_{ia} a výstupních n_{oa} ramen v oblasti, počet detektorů na vstupech n_{id} a výstupech n_{od} či celkový počet fází n_f , lze pak snadno odvodit z jednotlivých struktur (viz následující zdrojový kód):

```

function [nj,nf,nia,noa,nid,nod]=narm(K)
% *****
% narm - counts total number of junctions and their arms and
%       counts total number of input and output detectors
% *****
% [nj,nf,nia,noa,nid,nod]=narm(K)

% K~ = junction structures
% nj  = number of junctions
% nf  = total number of stages (phases)
% nia = total number of input arms
% noa = total number of output arms
% nid = total number of input detectors
% nod = total number of output detectors
%
% designed  = Jitka Kratochvílová
% updated   = 17.8.04
% project   = MDCR

nia=0;noa=0;nid=0;nod=0;nf=0;
nj=length(K);           % number of junctions
for i=1:nj,
    nf=nf+K(i).nf;      % total number of phases (length of z)
    nia=nia+K(i).ni;    % total number of input arms
    noa=noa+K(i).no;    % total number of output arms
    nid=nid+sum(K(i).det.i(:)==2); % total number of input detectors
    nod=nod+sum(K(i).det.o(:)==2); % total number of output detectors
end

```

5 Závěr

Definované struktury jednotlivých křižovatek umožňují automatické generování všech matic stavového modelu. Při správném definování propojení mezi všemi křižovatkami je pořadí struktur vzhledem k pořadí křižovatek v oblasti nezávislé. Z tohoto důvodu pak je umožněno křižovatky libovolně do oblasti přidávat.

Reference

- [1] V. Peterka, “Bayesian approach to system identification”, in *Trends and Progress in System Identification* (P. Eykhoff ed.), pp. 239–304. Pergamon Press, Oxford, 1981.
- [2] Ch. Diakaki, V. Dinopoulou, K. Aboudolas, and M. Papageorgiou, “Deliverable 9: Final system development report, ist-2000-28090”, in *Signal Management in Real Time for urban traffic NETWORKS*. Technical University of Crete, 2002.
- [3] P. Jirava a P. Slabý, *Pozemní komunikace 10 - Dopravní inženýrství*, Vydavatelství ČVUT Praha, 1997.
- [4] P. Příbyl a R. Mach, *Řídící systémy silniční dopravy*, Vydavatelství ČVUT Praha, 2003.
- [5] P. Příbyl a M. Svítek, *Inteligentní dopravní systémy*, BEN - technická literatura, Praha, 2001.
- [6] J. Kratochvílová and I. Nagy, “Local traffic control of microregion”, in *Multiple Participant Decision Making* (J. Andryšek, M. Kárný, J. Kracík eds.), pp. 161–171. Advanced Knowledge International, Adelaide, 2004.