PREDIKCE DÉLKY KOLONY V KŘIŽOVATCE

PREDICTION OF THE LENGTH OF THE COLUMN IN THE INTERSECTION

Lucie Váňová[1]

Anotace: Článek pojednává o předpovídání délky kolony v křižovatce. Tato úloha je řešena v programu Matlab. Data pro řešení úlohy byly použity z pozemní komunikace v Ostravě.

Klíčová slova: křižovatka, intenzita dopravy, kolona, automobil.

Summary: The article deals with predicting the length of the column in the intersection. This task is solved in Matlab. Data for solving the task were used on roads in Ostrava.

Key words: intersection, traffic intensity, column, automobile.

ÚVOD

Článek je věnován problematice předpovídání délky kolony v křižovatce, kdy cílem této dopravní úlohy je predikovat intenzitu dopravy – počet automobilů přijíždějících do křižovatky a následně z této intenzity odhadovat délku kolony. Tato úloha je řešena za pomocí programu Matlab.

1. ÚLOHA PŘEDPOVÍDÁNÍ DÉLKY KOLONY V KŘIŽOVATCE

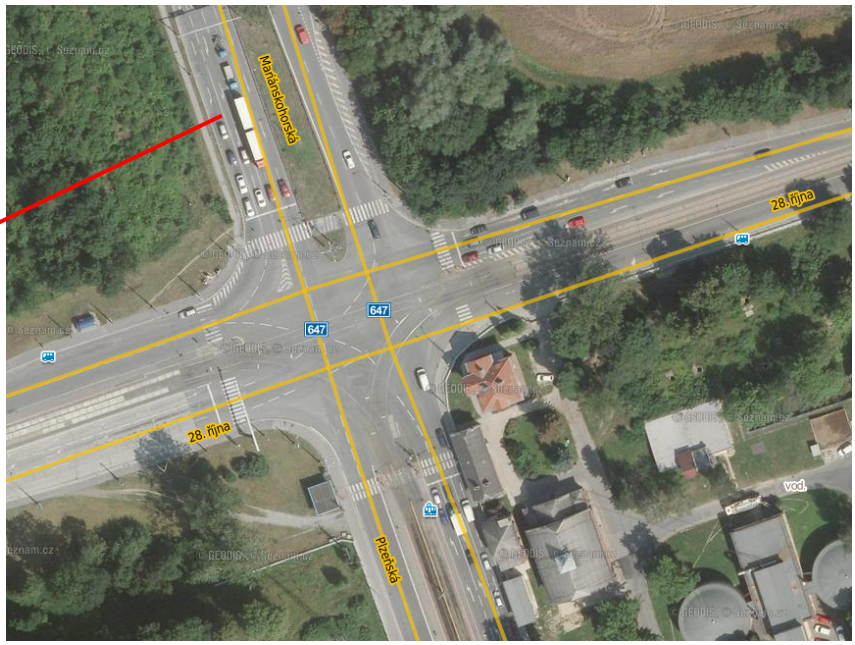
Dopravní úloha se odehrává na světelné křižovatce, a to konkrétně na jednom z jízdních pruhů pozemní komunikace Mariánskohorské ulice ve městě Ostrava, kde je umístěn detektor pro snímání počtu přijíždějících automobilů.

Vstupní data neboli počty přijíždějících automobilů ke křižovatce jsou měřeny v časovém intervalu 6 minut.

Budu předpokládat, že světelná křižovatka je pevně nastavena a propustí vždy stejný počet automobilů, v mém případě je to 15 automobilů. Když počet automobilů v koloně dosáhne hodnoty 80, bude celá kolona automobilů propuštěna přes křižovatku.

V rámci této dopravní úlohy se provádí predikce intenzity dopravy v časovém intervalu 6 minut, z které se následně předpovídá délka kolony v křižovatce.

[1] Ing. Lucie Váňová, České vysoké učení technické, Fakulta dopravní, Katedra logistiky a managementu dopravy, Horská 3, 128 03 Praha 2, tel.: +420 608 151 313, e-mail: lucie.vanova@outlook.com



Zdroj:(1)

Obr. 1 – Křižovatka 28. Října / Mariánskohorská

1.1 Vstupní data

V této kapitole jsou uvedena vstupní data, které budou dále využívána při předpovídání délky kolony v křižovatce. V tabulce 1 jsou data intenzity dopravy na jednom z jízdních pruhů pozemní komunikace Mariánskohorské ve směru centrum Ostrava (viz obr. 1).

Zdroj: (2)

Obr. 2 – Křižovatka 28. Října / Mariánskohorská

Data jsou zobrazena v časovém intervalu 6 minut, kde každá hodina je zobrazena v samostatném řádku. Jedná se konkrétně o data z pracovního dne (průměr úterý + středa + čtvrtek).

Tab. 1 – Vstupní data intenzity dopravy

Hodiny	I_d	I_d	I_d	I_d	I_d	I_d	I_d	I_d	I_d	I_d
0:00 – 1:00	2	3	0	1	0	0	1	1	2	0
1:00 – 2:00	0	1	0	3	2	1	0	2	0	1
2:00 – 3:00	3	2	1	0	1	1	0	0	0	2
3:00 – 4:00	1	0	0	0	1	2	0	1	1	2
4:00 – 5:00	3	0	2	4	1	3	4	3	4	4
5:00 – 6:00	5	4	6	7	8	8	9	10	9	8
6:00 – 7:00	6	6	7	5	9	13	14	14	13	12
7:00 – 8:00	13	11	15	12	17	15	16	16	16	18
8:00 – 9:00	16	15	17	16	18	19	18	17	19	18
9:00 – 10:00	17	18	19	18	20	19	18	19	20	19
10:00 – 11:00	20	19	21	20	19	20	21	22	21	20
11:00 – 12:00	21	22	21	20	21	22	23	22	23	22
12:00 – 13:00	21	22	23	24	25	24	25	26	25	25
13:00 – 14:00	24	23	24	22	23	25	24	25	26	25
14:00 – 15:00	26	28	29	30	31	32	33	33	32	31
15:00 – 16:00	31	32	33	32	31	30	33	32	31	33
16:00 – 17:00	28	27	26	27	28	27	26	29	28	27
17:00 – 18:00	26	24	23	24	23	22	21	20	21	20
18:00 – 19:00	18	17	16	17	15	16	15	16	17	15
19:00 – 20:00	14	12	10	11	12	11	10	9	10	11
20:00 – 21:00	10	9	8	9	10	9	8	9	10	11
21:00 – 22:00	10	9	8	9	8	9	8	7	8	9
22:00 – 23:00	7	5	4	5	3	4	3	2	1	2
23:00 – 24:00	3	2	1	2	2	1	3	1	2	3

Zdroj: (3)

1.2 Vymezení systému a odhadu jeho struktury

Vymezení systému:

- spojitý systém,
- měřené hodnoty.

Odhad struktury systému:

- regresní, první řád.

1.3 Výběr vhodného modelu

Výběr vhodného modelu, který bude popisovat průběh intenzity dopravního proudu – **normální regresní model prvního řádu:**

$$d_t - a\, d_{t-1} + k + e_t$$

t…čas měření

$\mathbf{d_t}$…data v čase t

a, **k**… parametry modelu

$\mathbf{e_t}$…šum modelu

1.4 Odhad modelu

Inicializace odhadu na základě apriorních dat a expertní znalosti:

- je to odhad na základě zkušeností a měřených dat.

Vlastní odhad z měřených dat:

- na základě změřených dat „intenzity dopravy“ předpokládám, že výsledný graf bude mít průběh křivky, která bude dosahovat svého maxima v ranních a odpoledních hodinách.

Validace odhadnutého modelu:

- validace odhadnutého modelu bude následně ověřena v programu Matlab.

1.5 Matematický algoritmus (4)

Nyní budeme navazovat na model uvedený v předcházející kapitole, kde matematicky vyjádříme $\mathbf{e_t}$.

$$f(e_t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{\frac{1}{2\sigma^2} e_t^2\right\}$$

Hustota pravděpodobnosti:

$$f(d_t|\varphi_{t-1}, \Theta) = f(d_t|d_{t-1}, a, k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{\frac{1}{2\sigma^2}(d_t - [a\, d_{t-1} + k])^2\right\}$$

Počáteční popis parametrů:

- vyjádřený pomocí apriorní hustoty pravděpodobnosti.

$$f(\Theta|d(0)) = f(a, k|d(0)) \alpha \exp\left\{\left[-1, a, k\right] V_0 \begin{bmatrix} -1 \\ a \\ k \end{bmatrix}\right\}$$

Bayesův vzorec:

- dosazením modelu do Bayesova vzorce – vyjádření maticově.

$$(d_t - [a\, d_{t-1} + k])^2 = \left([-1, a, k] \begin{bmatrix} d_t \\ d_{t-1} \\ 1 \end{bmatrix}\right)\left([d_t, d_{t-1}, 1] \begin{bmatrix} -1 \\ a \\ k \end{bmatrix}\right)$$

$$V_t = V_{t-1} + \begin{bmatrix} d_t \\ d_{t-1} \\ 1 \end{bmatrix} [d_t, d_{t-1}, 1]$$

Odhad parametrů:

- pomocí rozdělení matice statistik.

$$V_t = \begin{bmatrix} V_{d|t} & V'_{d\varphi|t} \\ V_{d\varphi|t} & V_{\varphi|t} \end{bmatrix}$$

$V_{d|t}$ ... skalár

$V_{d\varphi|t}$ ... sloupcový vektor

$V_{\varphi|t}$ ... matice 2x2

Výsledek:

$$\hat{\Theta}_t = \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{k} \end{bmatrix} = V_{\varphi|t}^{-1} V_{d\varphi|t}$$

Předpověď dat:

$$f(d_t|d(t-1)) = \int_{\Theta*} f(d_t|\varphi_{t-1}, \Theta)\, f(\Theta|d(t-1))\, d\Theta$$

Bodová předpověď:

= střední hodnota hustoty předpovědi dat.

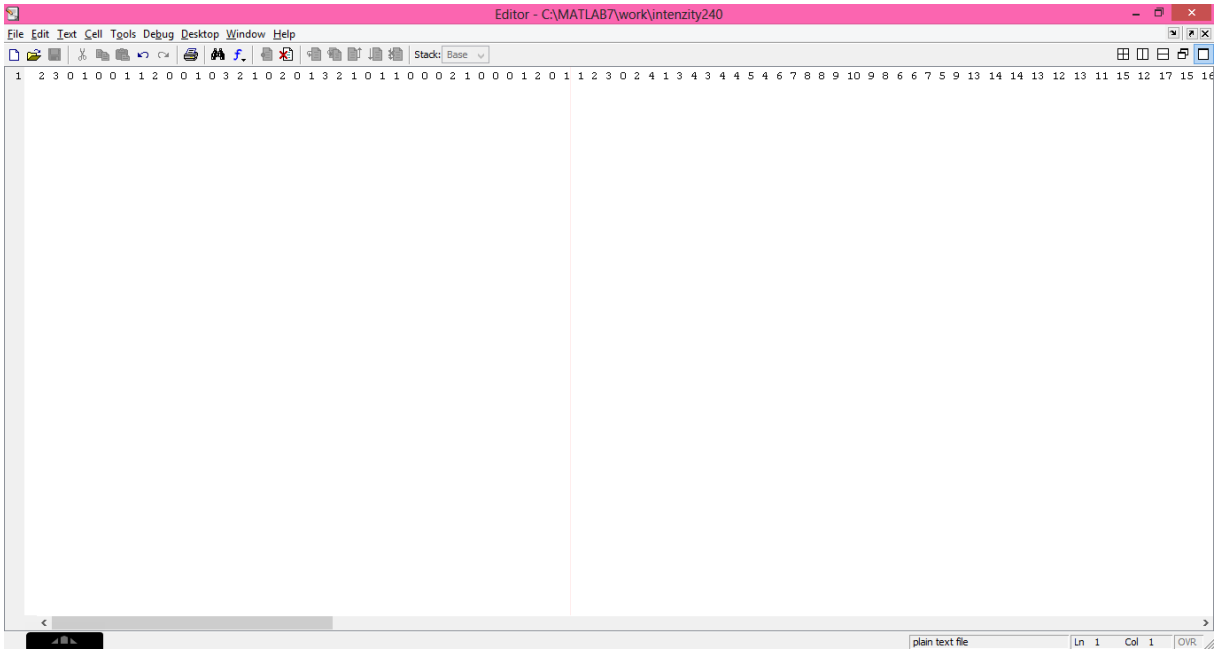
$$\hat{d}_t = E\,[\,d_t|d(t-1)] = \int_{d*} d_t f(d_t|d(t-1))\, dd_t$$

$$\hat{d}_t = \int_{\Theta*} [\int_{d*} d_t\, f(d_t|\varphi_{t-1}, \Theta) d\, d_t]\, f(\Theta|d(t-1))\, d\Theta$$

$$\hat{d}_t = \text{§}\, d_{t\ 1} + \hat{k}$$

1.6 Struktura datového souboru v programu Matlab

V této části je ukázána struktura datového souboru *intenzity240* (viz obr 3), ze kterého jsou následně data načtena a je s nimi počítáno v programu Matlab.

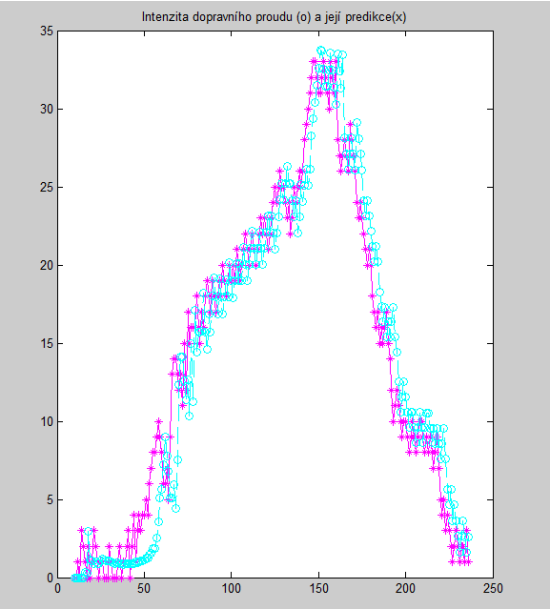


Zdroj: Autor

Obr. 3 – Struktura datového souboru *intenzity240*

1.7 Výsledky simulace z programu Matlab

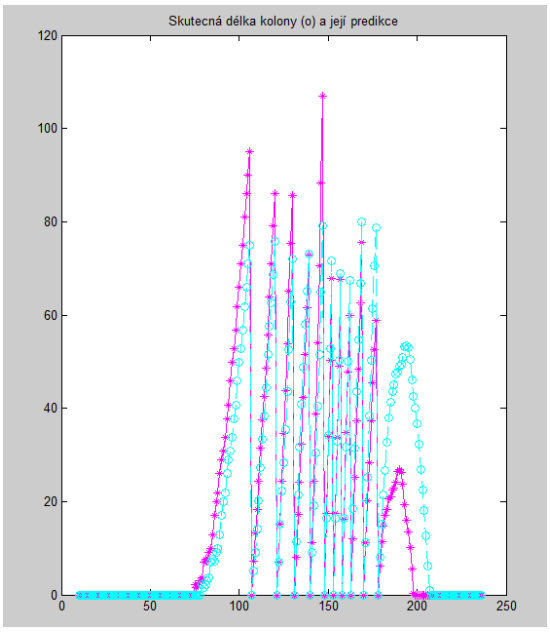
V této kapitole jsou zobrazeny výsledky simulace z programu Matlab. Na grafu 1 je zobrazen průběh intenzity dopravního proudu a její predikce. Intenzita počtu vjíždějících automobilů do křižovatky je v grafu znázorněna hvězdičkami fialové barvy, kdy časový interval je 6 minut. Kolečka světle modré barvy znázorňují odhad počtu automobilů vjíždějících do křižovatky. Z grafu je viditelné, že skutečná intenzita dopravy (fialové hvězdičky) a predikovaná intenzita dopravy (světle modrá kolečka) jsou blízko sebe, což potvrzuje, že odhad je hodně přesný.



Zdroj: Autor

Graf 1 – Intenzita dopravního proudu a její predikce

V grafu 2 je zobrazena skutečná délka kolony a její předpověď. Skutečná délka kolony je v grafu vyjádřena hvězdičkami fialové barvy a predikce kolony je světle modré barvy ve tvaru koleček. Z grafu 2 vyplývá, že skutečná délka kolony je téměř shodná s předpovědí délky kolony. Z grafu je vidět, že při vjezdu 80 automobilů do křižovatky, dochází k dosažení maximální hodnoty, při které dochází k propuštění automobilů přes křižovatku.



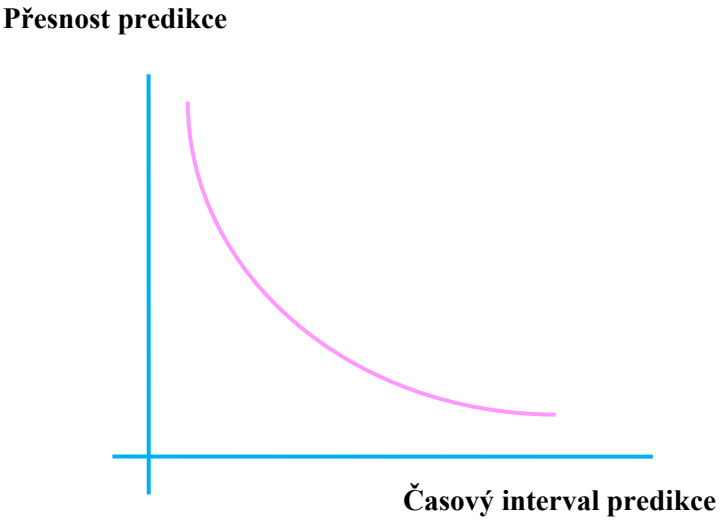
Zdroj: Autor

Graf 2 – Skutečná délka kolony a její predikce

ZÁVĚR

Cílem této dopravní úlohy bylo předpovídat délku kolony v křižovatce. Pro tuto úlohu byla zvolena pozemní komunikace v Ostravě.

Z výsledné simulace vyplynulo, že předpověď intenzity dopravy v 6 minutovém intervalu je dobrá. Skutečná intenzita dopravy byla velmi podobná předpovídané intenzitě dopravy. Z toho vyplývá, že pokud se předpovídá intenzita dopravy na krátký časový interval, blíží se predikce intenzity dopravy skutečnému stavu intenzity dopravy. Kdyby se prováděla predikce na delší časový úsek než 6 minut, předpověď by byla méně přesná než ve výše uvedené dopravní úloze (viz graf 3).



Zdroj: Autor

Graf 3 – Závislost časového intervalu a přesnosti predikce

Predikce délky kolony v křižovatce je ve výsledném grafu 2 také velmi podobná skutečné délce kolony v křižovatce.

Vědecký přínos práce spočívá v tom, že následně může být řízena světelná signalizace dynamicky v reálném čase z predikovaných délek kolon nebo dojde k situaci, že bude vhodnější vypnout světelnou signalizaci.

POUŽITÁ LITERATURA

(1) *Mapy.cz* [online]. [cit. 2014-05-20] Dostupné z: < http://www.mapy.cz/>.
(2) *Mapa křižovatek ova.net* [online]. c2014 [cit. 2014-01-20] Dostupné z: <http://mapy.ovanet.cz/krizovatky/>.
(3) HOHN, P. a NAVRÁTILOVÁ, M. *Sběr, přenosy, zpracování, využití a archivace dopravních dat a informací v dopravě* [online]. [cit. 2014-01-20] Dostupné z: <http://okas.cz/userfiles/DIK/tema_4_Ostrava.pdf>.
(4) NAGY, I. *Předpovídání délky kolony v křižovatce* [online]. [cit. 2014-01-28]. Dostupné z <http://www.fd.cvut.cz/personal/nagyivan/Projekty/TraffCont/prikSp.pdf>.
(5) NAGY, I. *Pokročilé statistické metody a jejich aplikace.* Praha: České vysoké učení technické Praha. Fakulta dopravní. Katedra aplikované matematiky [online]. [cit. 2014-

01-28]. Dostupné z:
<http://www.fd.cvut.cz/personal/nagyivan/PhDLoad/LecturesPhD.pdf>.

(6) NAGY, I. *Stochastické systémy.* Praha: České vysoké učení technické Praha. Fakulta dopravní. Katedra aplikované matematiky [online]. [cit. 2014-01-28]. Dostupné z: <http://www.fd.cvut.cz/personal/nagyivan/STS/StSysTexty.pdf>.