

IDENTIFIKÁCIA DYNAMICKÉHO SYSTÉMU PRI PÔSOBNÍ STOCHASTICKÝCH SIGNÁLOV S POUŽITÍM MATLABU

Ing. Jozef Hrbček

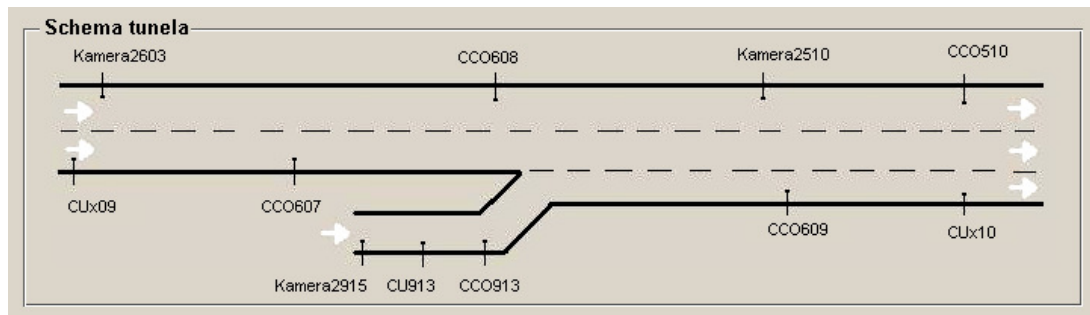
Žilinská univerzita v Žiline, Elektrotechnická fakulta, Katedra riadiacich a informačných systémov

1. Úvod

Článok sa zaoberá analýzou a identifikáciou pohybu škodlivín vo východnej tunelovej trúbe cestného tunelu Mrázovka, ktorý sa nachádza v Prahe. Na báze modelovania v softvérovom prostredí Matlab možno vytvoriť stochastické modely a realizovať simulácie a predikcie koncentrácií škodlivín v tuneli. K dispozícii sú zdroje dát o intenzite dopravy osobných a nákladných áut, o ich rýchlosti, o koncentráciách CO, NO_x a viditeľnosti. Sú to koncentrácie namerané senzormi priamo vo vnútri tunelu. Vytvorený model je možné uložiť pre ďalšiu prácu v Matlabe a v Simulinku. Hľadaný proces je opísaný reláciami medzi vstupmi a výstupmi procesu. Zvolený postup odhadu modelu dynamického systému zahŕňa viacero krokov: Určenie štruktúry modelu, odhad parametrov a verifikácia modelu.

2. Zbierané dáta z tunelu Mrázovka

K dispozícii sú zdroje dát o intenzite dopravy osobných a nákladných áut, o ich rýchlosti, o koncentráciách škodlivín CO, NO_x, hodnoty viditeľnosti a mnoho iných parametrov. CO, NO_x a hodnoty viditeľnosti sú koncentrácie namerané senzormi priamo vo vnútri tunelovej trúby.



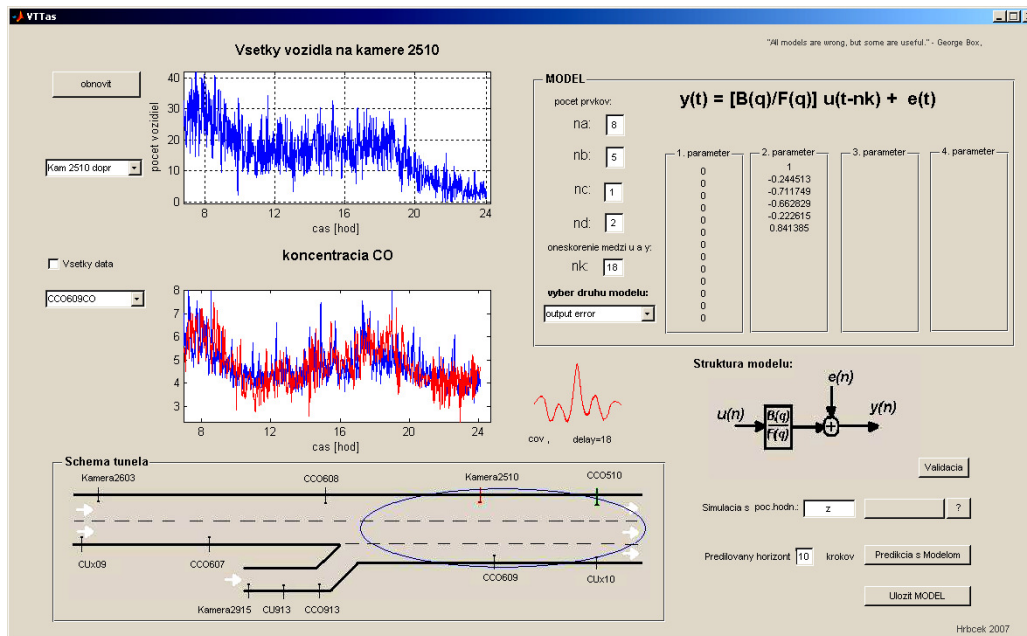
Obr. 1 umiestnenie senzorov vo vnútri východnej tunelovej trúby

Vysvetlenie skratiek zaznamenaných dát

CCOxxCOnameraná koncentrácia CO [ppm] na senzore CCOxx;
CCOxxOPnameraná opacita [m^{-1}] na senzore CCOxx;
CCOxxNXnameraná koncentrácia NO _x [ppm] na senzore CCOxx;
CUxxxxQprietok vzduchu v VTT [m^3/s] na senzore CUx;
CUxxxxVLrýchlosť vzduchu vo VTT [m/s] na senzore CUx;
KxxxxNNVpočet nákladných vozidiel na kamere Kameraxxxx;
KxxxxNOSpočet osobných vozidiel na kamere Kameraxxxx;
KxxxxNVrýchlosť vozidiel na kamere Kameraxxxx;
KxxxxDOPcelkový počet vozidiel na kamere Kameraxxxx.

3. Programová realizácia tvorby modelov

V grafickom prostredí MATLABu som vytvoril program s názvom VTTas, ktorý slúži na tvorbu stochastických modelov s možnosťou simulácií, predikcií a s možnosťou overenia správnosti modelu. Identifikovaná sústava je východná tunelová trúba tunelu Mrázovka. Tento program je zobrazený na obr.1.



Obr. 1 Programová realizácia (program VTTas)

Program využíva databázu dát, ktorá bola vytvorená z nameraných hodnôt intenzity dopravy, rýchlosti vozidiel, rýchlosti vzduchu v tuneli, koncentrácií škodlivín a hodnôt viditeľnosti v tuneli. Spracovávané dáta boli zaznamenávané v priebehu jedného dňa v tuneli Mrázovka. Jednodňová databáza obsahuje 2880 vzoriek pre každú veličinu. Merania sú realizované 2x za minútu.



V ľavej časti programu sa nachádza tlačidlo **Nacitaj data**, ktorým sa načíta požadovaná databáza. Po načítaní databázy sa názov tlačidla **Nacitaj data** zmení na **Obnovit**. V prvom výberovom poličku vyberáme jednotlivé vstupné hodnoty intenzity dopravy a rýchlosti vozidiel podľa kategórií, v druhom výberovom poličku vyberáme prislúchajúce výstupné hodnoty, ktorými sú koncentrácie škodlivín rýchlosť vzduchu a prietok vzduchu.

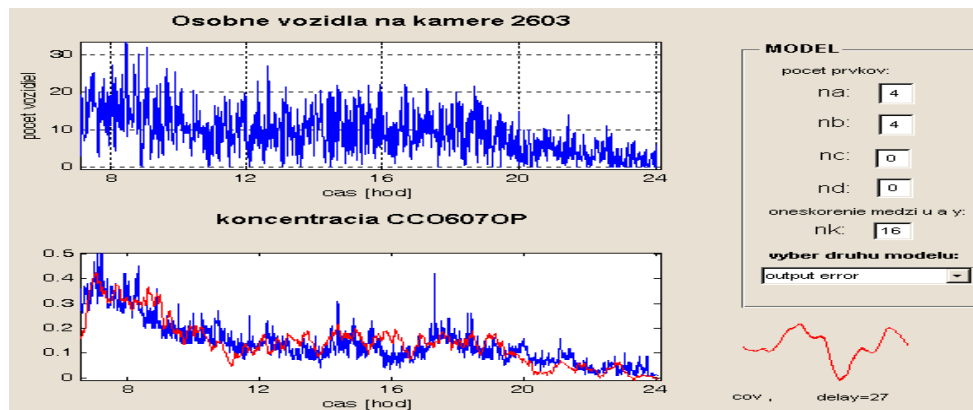
Obr. 2 Výber vstupných a výstupných veličín

3.1 Použité stochastické modely

Simulácia môže byť realizovaná pre päť rôznych štruktúr modelov: ARX, ARMAX, OE, BJ a state space. Parametre môžeme nastaviť pre najlepšie výsledky, vrátane oneskorenia. Oneskorenie môžeme vypočítať z rýchlosti vzduchu v tuneli alebo môžeme použiť vypočítanú hodnotu priamo z programu, ktorá sa určuje zo vstupno-výstupných dát. Vytvorený model vo svojich koeficientoch zahŕňa všetky vplyvy na dynamickú sústavu ako sú napríklad rozmery tunela, pôsobenie atmosférických podmienok, a iné.

3.2 Simulacia

Tlačidlo *Simulacia* umožňuje zrealizovať simuláciu pre výstupné hodnoty koncentrácií škodlivín len na základe vstupnej veličiny, ktorou je intenzita dopravy. Táto funkcia umožňuje testovať chybu modelu grafickým spôsobom. Program umožňuje zadefinovať počiatočné hodnoty výstupných veličín. Výsledkom je graf výstupu sústavy s použitím modelu a meraného výstupu sústavy. Vytvorený model vo svojich koeficientoch zahŕňa všetky vplyvy na dynamickú sústavu ako sú napríklad rozmery tunela, pôsobenie atmosférických podmienok, a iné.

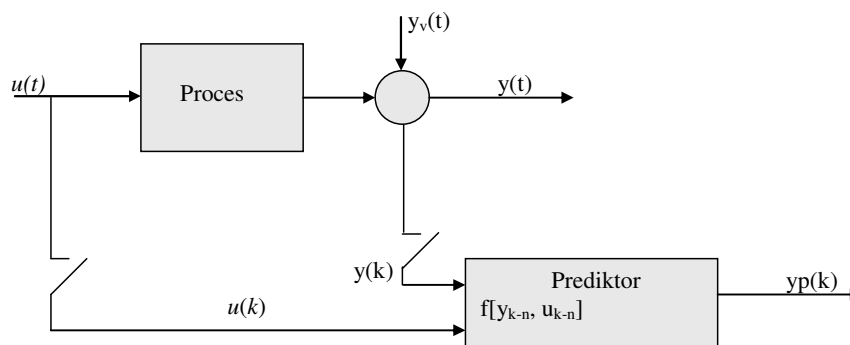


Obr. 2 Tvorba modelu v programe VTTas

Na obr.2 Simulácie sú realizované len na základe vstupných dát, ktorými je intenzita dopravy.

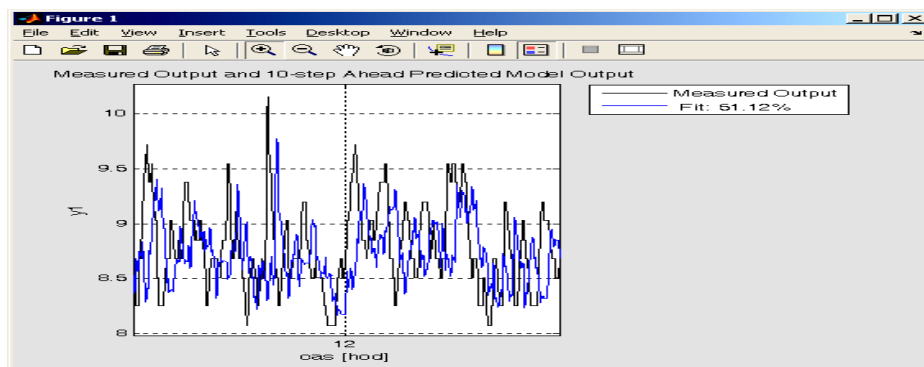
3.3 Predikcia škodlivín

Tlačidlo *Predikcia s modelom* umožňuje zrealizovať simuláciu pre výstupné hodnoty koncentrácií škodlivín na základe vstupnej veličiny, ktorou je intenzita dopravy a predchádzajúcich nameraných hodnôt koncentrácií škodlivín. Predikciu môžeme realizovať s ľubovoľným predikčným horizontom, tj. 1 až N krokov. Jeden krok znamená časový interval medzi predchádzajúcou nameranou hodnotou a súčasnou. Dva kroky predstavujú približne 1 min.



Obr.3 Odhad výstupu pomocou prediktora

Predikcie môžeme realizovať s ľubovoľným predikčným horizontom. Na obr.4 je graf nameraných a predikovaných hodnôt koncentrácií CO s predikčným horizontom 10 krokov.



Obr.4 Predikcia koncentrácie s modelom ARMAX

Program umožňuje uložiť vytvorený model na disk. Tento model môžeme použiť pre implementáciu v Matlabe a simulinku.

3.4 Validácia

Tlačidlo **Validacia** realizuje reziduálny test. Na výpočet chýb modelu je použitý vytvorený model a výstupno-vstupné údaje ako iddata objekt. Výstupom validácie je priebeh autokovariančnej funkcie chyby a vzájomné kovariančné funkcie vstupu a chýb odhadu.

4. Záver

V grafickom prostredí Matlab je vytvorený nástroj na analýzu dát a tvorbu stochastických modelov s možnosťou simulácie a predikcie koncentrácií škodlivín. Program umožňuje overiť správnosť vytvoreného modelu. Vytvorený model je možné uložiť pre ďalšiu prácu v Matlabe a v Simulinku. Identifikáciou systému môžeme sledovať dynamické vlastnosti a správanie systému. Získané výsledky slúžia ako podklad návrhu prediktívneho riadenia vetrania v tuneli. Podľa výsledkov je zvolený spôsob identifikácie pohybu škodlivín v tuneli správny. Veľký význam má správne nastavenie parametrov stochastického modelu.

Tento článok vznikol v rámci projektu KEGA K-057-06-00 "Inovácia metodiky laboratórnej výučby na báze modelovania a simulácie v programovom prostredí Matlab v kombinácii s výukovými modelmi prostredníctvom e-learningu."

Použitá literatúra

- [1] Johanson R.: *System modeling and identification*, Prentice-Hall, 1993, 512p., ISBN: 0-13-482308-7
- [2] Mikleš, J., Fikar, M.: *Modelovanie, identifikácia a riadenie procesov II*, STU BA, 2004
- [3] Hrbček, J., Janota, A.: Predictive Control of Road Tunnel Ventilation, In: Proc. of the 6th International Conference ELEKTRO 2006, p.186-189 Žilina, ISBN 80-8070-544-5
- [4] Ivančić, F.: *Modeling and Analysis of Hybrid Systems*. A Dissertation in Computer and Information Science, University of Pensylvania, 2003, 254 p.
- [5] Noskievič P.: *Modelování a identifikace systémů*, Ostrava : MONTANEX, a. s., 1999. 276 s. ISBN 80-7225-030-2
- [6] Pavelka M., Příbyl P.: *Simulace pohybu vzduchu a škodlivin v tunelu – matematický model*, 2006, OPTUN 228/06-EEG
- [7] Zaplatílek K., Doňar B.: *Matlab, tvorba uživatelských aplikací*, Praha 2004, BEN, ISBN: 80-7300-133-0

Ing. Jozef Hrbček

Elektrotechnická fakulta, Žilinská univerzita v Žiline,

Katedra riadiacích a informačných systémov,

Univerzitná 8215/1

010 26 Žilina

tel: +421 41 513 3354