



# MATLAB (4)

## System Identification Toolbox

Určenie presného matematického modelu je nutnou podmienkou kvalitného riadenia lineárnych a nelineárnych procesov. Cieľom identifikácie je získanie takého matematického modelu, ktorého odpoveď na vstupný signál bude zhodná s meraným alebo referenčným výstupom dynamického systému. Vo všeobecnosti je riešenie takéhoto problému veľmi ťažké. Pre praktické dôvody je tento problém transformovaný na nájdenie a vytvorenie takého modelu, ktorého reakcia sa čo najviac blíži k reakcii dynamického systému. V priebehu posledných 50 rokov boli vyvinuté rôzne metódy modelovania lineárnych a nelineárnych dynamických a statických systémov. Vo všeobecnosti existuje niekoľko postupov pri identifikácii na základe poznatkov o modelovanom procese:

- Identifikácia parametrov modelu pozorovaním správania procesu (black box): ide o meranie a pozorovanie vstupno-výstupných dát procesu, pričom nepoznáme jeho matematický opis ani štruktúru. Z nameraných vzoriek sa pomocou rôznych metód dá určiť matematický model procesu a možno odhadnúť jeho parametre.
- Analytické modelovanie (white box): matematický model procesu sa vytvára na základe fyzikálnych, chemických, matematických a iných zákonov často s ich zjednodušením. Zjednodušené modely sa potom skladajú do zložitejších systémov, aby sa vytvoril čo najpresnejší model.
- Kombinovaný prístup (gray box): tento prístup je kombináciou predchádzajúcich dvoch.

System Identification Toolbox (SIT) rozširuje jadro MATLAB-u o nástroj na odhad parametrov lineárnych a nelineárnych matematických modelov na základe vstupno-výstupných dát v časovej alebo frekvenčnej oblasti. SIT používa black box prístup, ale možno ním vytvárať aj gray box modely.

SIT umožňuje vykonať kroky, ktoré sú potrebné na identifikáciu dynamického systému:

### Zber dát

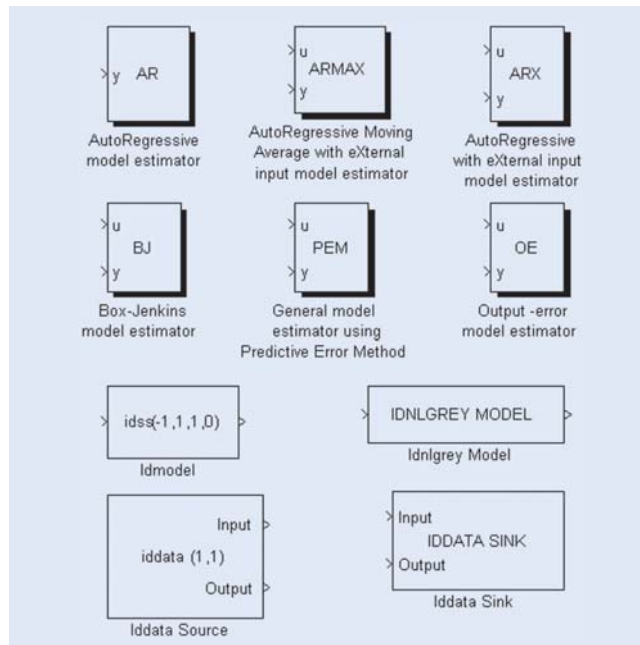
- Analýza dát s predspracovaním:
  - importovanie dát do workspace,
  - importovanie dát do GUI,
  - vykreslenie dát v časovej a frekvenčnej oblasti na analýzu správania,
  - odstránenie offsetu, oneskorenia...
  - interpolácia chýbajúcich údajov,
  - filtrácia,
  - prevzorkovanie atď.
- Odhad a overenie kvality modelov:
  - reakcia vo frekvenčnej oblasti,
  - impulzná charakteristika,
  - vstupno-výstupné polynomiálne modely,
  - stavové modely,
  - nelineárne black-box modely,
  - diferenciálne alebo diferenciálne modely (gray-box),
  - zníženie rádu modelu,
  - konverzia diskretného modelu na spojité atď.
- Použitie modelov:
  - na simuláciu výstupu systému pre zvolený vstupný signál,
  - na predikciu výstupu systému na základe minulých vstupov,
  - na riadenie (vytvorené lineárne modely sa môžu naimportovať do Control System Toolbox-u, Model Predictiv Control Toolbox-u, Robust Control Toolbox-u alebo do Simulinku).

Spomenutý postup možno vykonať v Matlabe tromi spôsobmi:

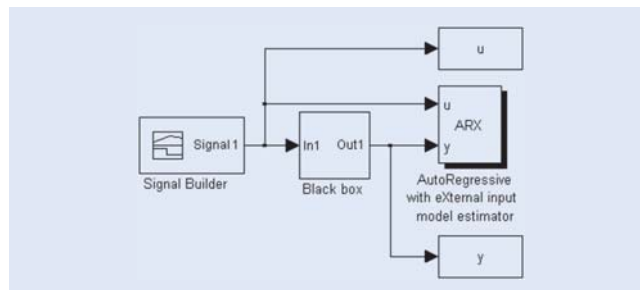
- pomocou Simulinku,
- pomocou zadávania príkazov v príkazovom riadku,
- pomocou vytvoreného grafického používateľského prostredia (GUI).

### Identifikácia v Simulinku

Pri nainštalovaní SIT sa k Simulinku automaticky doinštalujú bloky (obr. 1), ktoré možno vkladať do blokových schém.



Obr.1 SIT bloky v Simulinku



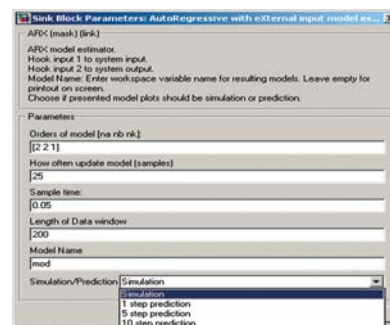
Obr.2 Príklad blokovej schémy identifikácie v Simulinku

Do jednotlivých blokov sa privedie vstupný a výstupný signál, spustí sa simulácia a po dokončení máme k dispozícii model systému. Model môže byť uložený ako štruktúra vo workspace alebo sa len vypíše do okna Matlabu. Príklad zaradenia identifikačného bloku ARX do simulinkovej schémy je na obr. 2.

V tomto príklade sa použil ARX model v tvare

$$A(q)y(t) = B(q)u(t - nk) + e(t) \quad (1)$$

Menu nastavenia procesu identifikácie získame dvojklikom na blok ARX (obr. 3). Na vytvorenie modelu potrebujeme zadať rády polynómov  $A(q)$  a  $B(q)$ , ako aj rád oneskorenia  $nk$ . Rád polynómov sa volí na základe apriórnych znalostí o procese alebo na základe analýzy nameraných dát.



Obr.3 Nastavenia ARX bloku



## Identifikácia zadávaním príkazov v Matlabe

V príkazovom riadku určite každému pomôže príkaz „help ident“ – zoznam príkazov SIT. Uvedieme krátky príklad identifikácie systému s využitím niektorých príkazov. Na vytvorenie dátového objektu, ktorý obsahuje vstupno-výstupné dáta potrebné na identifikáciu, treba zadať:

```
dat=iddata(y,u,Tvz)
```

kde  $y$  sú výstupy,  $u$  sú vstupy a  $Tvz$  je perióda vzorkovania.

V závislosti od rozmeru  $u$  a  $y$  sa vytvorí SISO alebo MIMO model systému. Proces identifikácie spustíme v okne Matlabu príkazom:

```
m=arx(dat,[na nb nk]);
```

príčom význam parametrov  $na$ ,  $nb$  a  $nk$  je zhodný s významom pri definovaní identifikácie v Simulinku. Objekt  $m$  obsahuje komplexné informácie o identifikovanom systéme. K jednotlivým vlastnostiam objektu sa dostaneme tzv. bodkovou konvenciou –  $m.a$  (koeficienty polynómu menovateľa),  $m.b$  (koeficienty polynómu čitateľa). Na jeho prepis na diskretnú prenosovú funkciu zadáme:

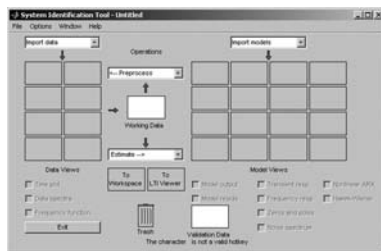
```
tf_z=filt(m,b,m.a,Tvz);
```

a následne prepočítame do spojitej oblasti

```
tf_s=d2c(tf_z);
```

## Identifikácia pomocou zabudovaného GUI

Na zjednodušenie práce so SIT bolo vytvorené GUI. Služí tým, ktorí nemajú čas študovať príkazy a ich parametre, ale potrebujú rýchlo analyzovať, vykresľovať, vytvárať a simulovať model systému bez ďalších znalostí. Na obr. 4 je úvodné okno, ktoré sa zobrazí po zadaní príkazu ident. V ľavej časti (v štvorčekoch pod Import Data) sa nachádzajú importované údaje. Nad nimi môžeme v časti Preprocess vykonať operácie, ako odstránenie strednej hodnoty, filtráciu a pod. Po spracovaní môžeme prísť k vytvoreniu modelu výberom Estimate a voľbou lineárneho, nelineárneho atď. modelu. Po nastavení základných parametrov sa model odsimuluje a výsledky sa zobrazia v pravej časti GUI. Výsledný model napokon možno transformovať do rôznych foriem a exportovať ich do workfile.



Obr.4 Úvodné menu GUI

Uvedme si jednoduchý príklad identifikácie zadávaním príkazov:

Z nameraných dát (obr. 5) vytvoríme dátový objekt.

```
>> dat=iddata(y,u,0.1)
```

**Time domain data set with 1001 samples.**

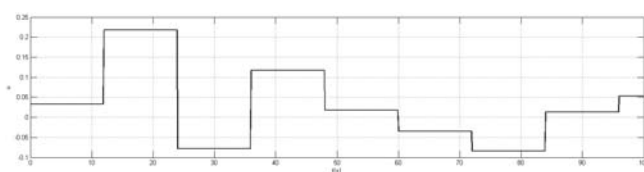
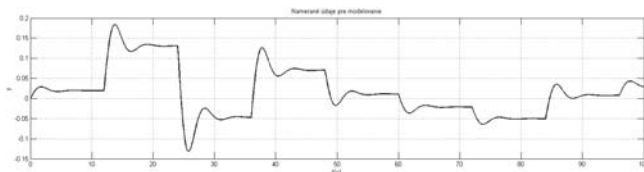
**Sampling interval: 0.1**

**Outputs Unit (if specified)**

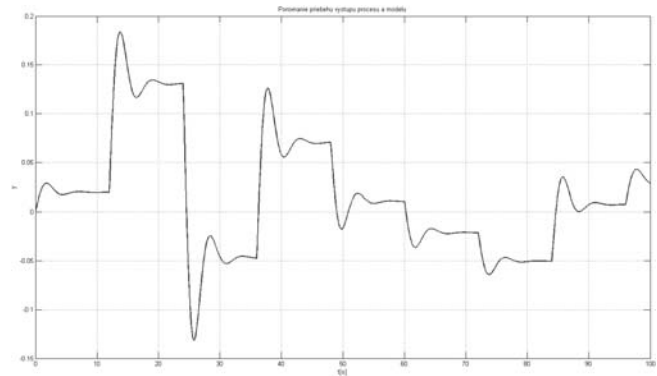
$y_1$

**Inputs Unit (if specified)**

$u_1$



Obr.5 Namerané dáta pre identifikáciu



Obr.6 Rozdiel medzi meranými údajmi a výstupom ARX modelu

Po zadaní rádov polynómov dostávame model v nasledovnej forme.

```
>> m=arx(dat,[2 2 1])
```

**Discrete-time IDPOLY model:  $A(q)y(t) = B(q)u(t) + e(t)$**

**$A(q) = 1 - 1.889 q^{-1} + 0.9048 q^{-2}$**

**$B(q) = 0.08391 q^{-1} - 0.07441 q^{-2}$**

**Estimated using ARX from data set dat**

**Loss function 7.6353e-025 and FPE 7.69656e-025**

**Sampling interval: 0.1**

Model v diskretnnej forme:

```
>> tf_z=filt(m,b,m.a,0.1)
```

**Transfer function:**

**$0.08391 z^{-1} - 0.07441 z^{-2}$**

**$1 - 1.889 z^{-1} + 0.9048 z^{-2}$**

**Sampling time: 0.1**

Model v spojitej oblasti:

```
>> tf_s=d2c(tf_z)
```

**Transfer function:**

**$0.8333 s + 1$**

**$s^2 + s + 1.667$**

Na porovnanie uvádzame priebeh nameraných dát a výstupy modelu (obr. 6). Priebehy sú takmer totožné.

Článok sa zameriava na predstavenie možností identifikácie v Matlabe pomocou System Identification Toolboxu. Poukazuje na tri možné prístupy k identifikácii – identifikácia v Simulinku, pomocou príkazov a na záver pomocou zabudovaného GUI. System Identification Toolbox s množinou svojich funkcií predstavuje nástroj vhodný pre odvetvia automatizácie, kde v spolupráci s ďalšími toolboxami tvorí ucelený balík pre moderného návrhára riadiacich systémov.

Článok vznikol s podporou APVV-99-045805.

## Literatúra

[1] <http://www.humusoft.cz/matlab/moduly>

[2] System Identification Toolbox – Getting Started Guide, The MathWorks 2007

[3] <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/ident/>

**Ing. Martin Foltin, Phd.**

**Ing. Ladislav Körösi**

**Slovenská technická univerzita v Bratislave**

**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**Ústav riadenia a priemyselnej informatiky**

**Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava**

**e-mail: martin.foltin@stuba.sk**

**ladislav.koros@stuba.sk**