|  |
| --- |
| Předmět – Neuronové síťě |
| Ročníková práce |
| Řízení laboratorního modelu G.U.N.T. RT 050 |

|  |
| --- |
| Ing. Mariška Martin  15.6.2013 |

Osnova / Obsah

- Úvod (cíl práce)

- Obecné informace o modelu a měření (a prepozice laboratorního modelu > prepozice pro práci, vše normalizováné)

- Navrhněte optimální dynamický neuronový model soustavy pro řízení otáček

- zadaní

- definice kritéria optimality

- volba vzorkovací frekvence

- nalezení optimálního modelu

- problémy a doporučení (trénování na velkém počtu dat)

- verifikace dynamického modelu

- Navrhněte následující způsoby automatického řízení soustavy pro řízení otáček

- zadaní

- DIC

- IMC

- Porovnání a diskuse výsledků DIC a IMC.

- výsledky a porovnání

- diskuse

- Závěr

- Literatura

# Seznam symbolů a zkratek

DIC Direct inverse control

IMC Internal model control

# Úvod

Cílem ročníkové práce bylo vypracovat zadání, které mělo 2 hlavní cíle. Za prvé se měl namodelovat optimální dynamický model laboratorního modelu motoru GUNT RT 050. Za druhé pak pomocí dvou metod řízení automaticky řídit otáčky motoru modelu. Požadované metody řízení jsou:

* Přímé inverzní řízení pomocí inverzní neuronové sítě (DIC – direct inverse control)
* Řízení s vnitřním modelem pomocí inverzní neuronové sítě a dynamického neuronového modelu soustavy (IMC – Internal model control)

Jednotlivé metody řízení jsou popsány a vysvětleny například v publikacích [1], [2]. Způsob tvorby dynamického neuronového modelu je popsán v publikaci [1].

# Obecné informace o modelu a měření

Přehled co mám v notesu. Jaké jsou možnosti GUNT modelu.

Měření výstupních a vstupních parametrů již na úrovni modulu v simulinku normalizováno na interval <-1, 1>. Proto se v celý projekt zmiňuje pouze o rozsazích -1, 1, tedy převedený vstupní rozsah napětí z <0, 5> a výstupní rozsah napětí <0, 10>. Oba jsou převedeny pomocí metody zvané „Range Normalization“ (rozsahová normalizace). Ta umožňuje určitý rozsah hodnot mapovat na jiný rozsah hodnot.

Rozsahová normalizace:

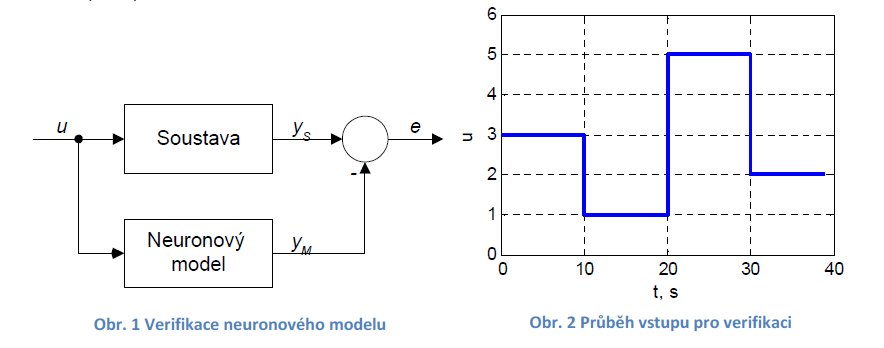
Rozsahová denormalizace:

Kde , je normalizovaná maximální, minimální hodnota a , je maximální, minimální hodnota původního rozsahu. Více v [3].

# Optimální dynamický neuronový model soustavy

## Zadání

Navrhněte optimální dynamický neuronový model soustavy pro řízení otáček G.U.N.T. RT 050. Neuvažujte zátěž motoru. Kritérium optimality modelu definujte a jeho definici vysvětlete. Verifikaci neuronového modelu proveďte podle zapojení na obr. 1 pro průběh vstupu u podle obr. 2.



## Kritérium optimality

Definice optimality sítě je daná touto kriteriální funkcí:

kde je skutečné výstupní napětí, je výstupní napětí stanovené neuronovou sítí, je počet vzorků pro test a je celkový počet neuronů v použité neuronové síti.

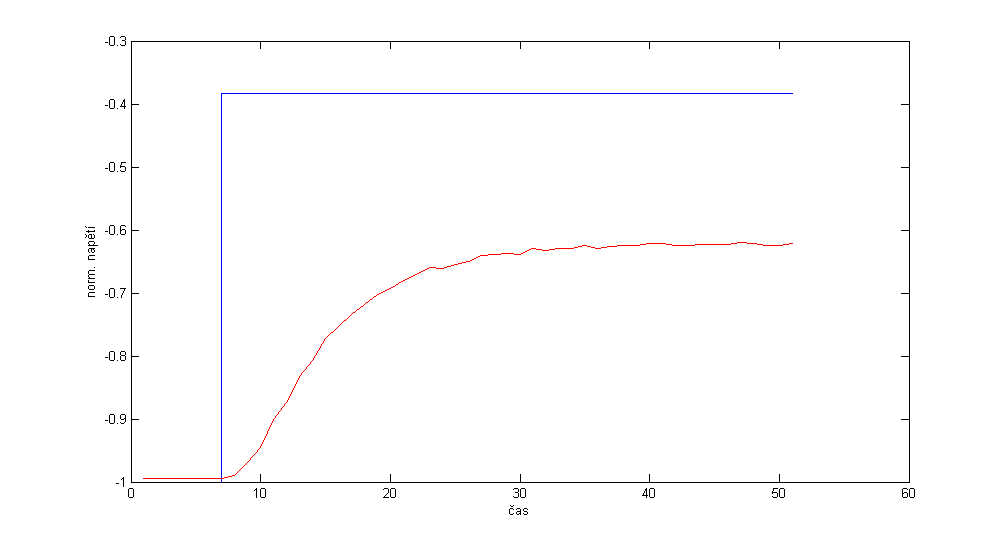
Cílem optimalizace, podle tohoto kritéria, je tedy co nejpřesnější odhad výstupních hodnot vůči reálnému průběhu výstupu (první část kriteriálního vzorce) a zároveň minimalizujeme počet neuronů obsažených v  neuronové síti (zachováme tím i vlastnost generalizace sítě). Kriteriální funkci budeme tedy minimalizovat. Vhodnější model má menší hodnotu kritéria.

## Identifikace a volba vzorkovací frekvence

Prvním voleným parametrem pro nasnímání dat, které budou dále zpracovávány, je vzorkovací perioda a předpoklad jakého řádu je zkoumaný systém. Volba těchto dvou parametrů ovlivňuje následný model systému. V rámci konzultace ohledně snímání dat, bylo doporučeno, aby počet nasnímaných dat byl mezi 15-20 vzorky (informace je odvozena ze zkušenosti) na přechod soustavy znovu do ustáleného stavu. Z přiloženého obrázku níže, je vidět odezva na definovaný skok vstupního napětí.

Doba od začátku reakce až do ustálení trvá zhruba 15 sekund (odečteno z grafu viz. Obrázek 1). Tedy pro splnění požadavku 20 hodnot na skok je výpočet vzorkovací periody:

Dále řád soustavy je také odvozen z grafu. U soustav 2. a vyššího řádu je známé, že se projeví na začátku grafu jakousi menším nelineárním průběhem hodnot. Toto nelineární chování indikuje systém minimálně 2. řádu. Proto pro rovnice a trénování modelu je jako výchozí řád soustavy zvolen druhý řád soustavy.



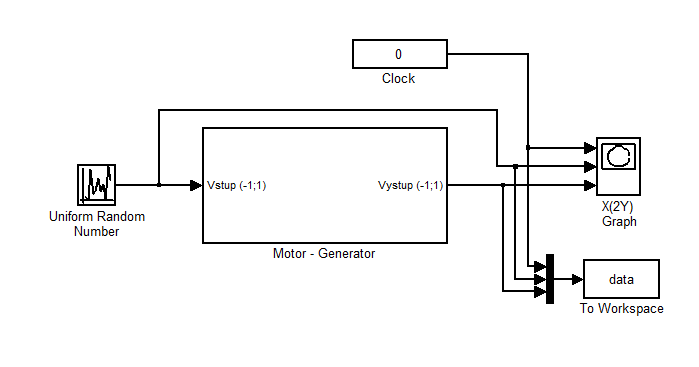
Obrázek reakce systému na vstupní skok

## Nalezení optimálního modelu

Cílem této kapitoly je popsat postup nalezení optimálního neuronového modelu, kde optimality je definována kriteriální funkcí.

### Naměřená množina dat

Celá množina naměřených dat se měřila cca 60 minut. A zapojený model měření v simulinku vypadal následovně.



Obrázek Simulink – měření dat systému

Průbě celé naměřené množiny je zobrazen níže, aby bylo vizuálně kontrolovatelné, že byl proměřen vhodně celý pracovní prostor systému. Volba vstupního signálu byl volen náhodně pomocí bloku „Uniform Random Number“ (seed = 615482).

measure075.emf

measure075-detail.emf

### Trénování neuronové sítě

Trénování neuronové sítě proběhlo na vybrané podmnožině naměřených dat. Množina vypadala následovně viz. Obrázek 3 a měla 600 hodnot.

C:\Users\MAR\Desktop\trainSet.emf

Obrázek Trénovací množina

Pro nalezení optimálního modelu byl zhotoven skript, který hledal vhodnou topologii a opakoval stejný scénář trénování několikrát po sobě (s jinými počátečními podmínkami pro neuronovou síť), aby bylo možné zobrazit i průměrné hodnoty kritéria. Ve výsledcích bude zobrazen krabicový graf, který vyjadřuje nejvhodnější topologii pro tento systém. Algoritmus hledání zajišťuje uložení dat i s neuronovou sítí. Algoritmus ukládá data, pouze pokud nalezne model s lepším výsledkem kriteriální funkce.

### Výsledky

## Problémy a doporučení

V průběhu pokusů a testování neuronové sítě jsem došel k závěru (který je ověřitelný měřením), že pokud se trénuje dynamický model z mnoha naměřených vzorků (2000 vzorků a více), tak je mnohem obtížnější jednak natrénovat neuronovou síť, ale výsledný model je i přeučený a není snadné ho následně dobře řídit. Pro některé hladiny žádané veličiny vracel neuronový model stále malinko odlišné veličiny a tím se stále projevovalo mírné kolísání kolem požadované hladiny.

## Verifikace dynamického modelu

Cílem verifikace dynamického neuronového modelu, je porovnat průběhy modelu s reálnou soustavou. Průběh žádané veličiny je uveden v zadání. A výsledky jsou na obrázku níže.

# Automatické řízení otáček soustavy

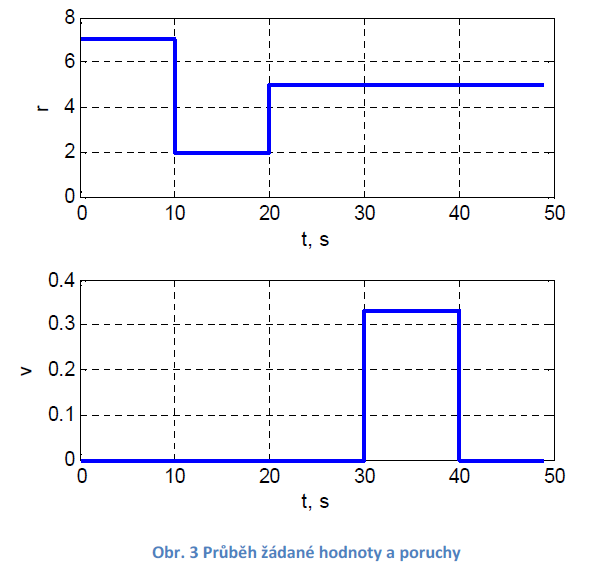
## Zadaní

Navrhněte následující způsoby automatického řízení soustavy pro řízení otáček G.U.N.T. RT 050.

a) Přímé inverzní řízení pomocí inverzní neuronové sítě

b) Řízení s vnitřním modelem pomocí inverzní neuronové sítě a dynamického neuronového modelu soustavy

Výsledné regulátory otestujte pro průběh žádané hodnoty regulované veličiny *r* a poruchy *v* (zátěž motoru) uvedený na obr. 3. Dosažené regulační pochody porovnejte se simulacemi dosaženými pomocí neuronového modelu a výsledky diskutujte.



## Řízení metodou DIC

## Řízení metodou IMC

# Porovnání a diskuse výsledků metod řízení

# Závěr

# Literatura

[1] DOLEŽEL, Petr. „Umělé neuronové sítě v modelování a řízení kontinuálního bioreaktoru“. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. 2008.

[2] Direct Inverse Control & Internal Model Control. In: [online]. [cit. 2013-06-15]. Dostupné z: https://courses.cs.ut.ee/2008/modelling-and-control/slides/dic-and-imc.pdf

[3] Range Normalization. In: [online]. [cit. 2013-06-15]. Dostupné z: http://www.heatonresearch.com/wiki/Range\_Normalization