

Prof. Ing. Antonín Vítěček, CSc., Dr.h.c.
katedra automatizační techniky a řízení
Fakulta strojní, VŠB-TU Ostrava
ul. 17. listopadu 15
708 33 Ostrava - Poruba
tel.: 596 993 485, 597 323 485
fax: 596 916 129
e-mail: antonin.vitecek@vsb.cz

Oponentský posudek

disertační práce

Autor: **Ing. Petr Doležel**

Téma: **Modelování a řízení nelineární soustavy s využitím umělých neuronových sítí**

Oponentský posudek je vypracován na základě dopisu děkana Fakulty elektrotechniky a informatiky Univerzity Pardubice pana prof. Ing. Simeona Karamazova, Dr. ze dne 2. 5. 2011.

Disertační práce Ing. Petra Doležela „Modelování a řízení nelineární soustavy s využitím umělých neuronových sítí“ obsahuje 93 stran textu. V seznamu použité literatury je uvedeno 39 položek, přičemž na 6 se jako spoluautor podílí disertant.

1. Aktuálnost tématu disertační práce

Předložená disertační práce Ing. Petra Doležela se zabývá problematikou využití umělých neuronových sítí pro řízení soustavy, která je nelineární jak v dynamických, tak i statických vlastnostech. Řízení takové soustavy je velmi náročné, a proto získané zkušenosti, i když s určitým omezením, mohou být využity i pro jiné nelineární soustavy s podobnými vlastnostmi. Rovněž disertantem zpracovaný přehled z oblasti teorie umělých neuronových sítí a evolučních algoritmů je důležitý, protože umožňuje čtenáři učinit si představu o možných oblastech jejích využití.

Ze všech těchto důvodů zvolené téma považuji za aktuální a výsledky disertační práce za významné, protože přispívají k lepšímu poznání a využití umělé inteligence při identifikaci a řízení, a především k rozvoji oboru v oblasti automatizace.

2. Postup řešení, použité metody a splnění stanoveného cíle

Disertační práce sestává ze stručné anotace v českém a anglickém jazyce, obsahu, seznamu symbolů a zkratk, úvodu, osmi kapitol a seznamu použité literatury včetně publikací autora.

V úvodu se doktorand stručně věnuje významu, využití i vlastnímu chápání „umělé inteligence“. Cíl disertace je formulován v první kapitole. Druhá a třetí kapitola jsou úvodem do teorie umělých neuronových sítí a evolučních algoritmů včetně přehledu současného stavu v těchto oblastech. Obě kapitoly jsou zpracovány přehledně a s dobrou znalostí uvedené problematiky. Jádro disertační práce tvoří kapitoly čtyři až šest. Ve čtvrté kapitole je podrobně popsáno využití umělé inteligence pro řízení. Jsou zde uvedeny struktury systémů řízení použité v další části práce. Veliká pozornost je věnována trénování a testování přímého i inverzního modelu soustavy, přičemž je uvažován model jak statický, tak i dynamický. Jsou uvažovány základní struktury systémů řízení s vnitřním modelem, s kompenzací, s prediktivním řízením a optimalizací a s online optimalizací stavitelných parametrů regulátoru. Aplikací popsaných algoritmů na řízení soustavy třetího řádu, která je nelineární jak ve svých dynamických, tak i statických vlastnostech, je věnována pátá kapitola. Jednotlivé algoritmy řízení jsou porovnány a výsledky jsou uvedeny v přehledných tabulkách a grafech. V šesté kapitole disertant popisuje použití navrhovaných algoritmů pro řízení laboratorního modelu teplovzdušné soustavy. Rovněž i zde je provedeno porovnání použitých algoritmů řízení.

Disertační práce ukazuje na široký záběr doktoranda od teoretických až po praktické znalosti a dovednosti a současně na kvalitní zázemí školicího pracoviště.

Konstatuji, že stanovený cíl byl splněn v plném rozsahu a že použité postupy a metody byly správné, o čemž svědčí získané výsledky.

3. Výsledky disertační práce

Za důležité původní výsledky doktoranda považuji:

- stručné, ale přehledné, zpracování problematiky umělých neuronových sítí a evolučních algoritmů;
- návrh, realizaci a zhodnocení různých přístupů využívajících umělou inteligenci při řízení nelineární dynamické soustavy;
- návrh, realizaci a zhodnocení různých přístupů využívajících umělou inteligenci při řízení reálné laboratorní soustavy.

Výsledky dosažené v disertační práci jsou přínosem pro rozvoj oboru především v oblasti využití umělé inteligence při řízení složitých nelineárních dynamických systémů.

4. Připomínky, dotazy a formální úroveň práce

Disertační práce je zpracována na velmi dobré odborné i grafické úrovni. Jednotlivé kapitoly jsou přehledné, logicky na sebe navazují a ukazují na široké spektrum odborných znalostí i praktických dovedností doktoranda. V práci jsem našel pouze několik nevýznamných nepřesností:

- a) nesprávný pojem „přímovazebný regulátor“ – má být „...kompenzátor“ (pojem regulace je vždy spojen se zápornou zpětnou vazbou);
- b) nezvyklé používání „zětnovazebný“ regulátor, ale proč „zpětnovazební“ a ne „zpětnovazebná“ regulace;
- c) nevhodné, a podle mne i nesprávné, pojmy „hyperbolická tangenta“ – má být „hyperbolický tangens“, „lineární saturovaná funkce“ – má být „funkce nasycení“, „tangenciální“ – má být „tangentový“;
- d) místo pojmu „adaptivní“ koeficient je vhodnější pojem „adaptační“ koeficient.

- Na základě čeho byl zvolen vstupní filtr na str. 51?
- Odkud byl použit algoritmus diferenciální evoluce?
- Od kdy se teplota měří ve voltech (kap. 6)?

Závěrečné hodnocení

Disertační práce Ing. Petra Doležela je zpracována na velmi dobré odborné i grafické úrovni. Přináší nové jak teoretické, tak i praktické poznatky, ukazuje na jeho teoretické a hluboké odborné znalosti v oblasti umělé inteligence a automatizace a také i na jeho způsobilost a schopnost k samostatné tvůrčí vědecké práci.

Disertační práce splňuje všechny podmínky dané Zákonem o vysokých školách č. 111/98 Sb., a proto ji doporučuji k obhajobě.

V Ostravě 22. 4. 2011

Oponentní posudek disertační práce

Autor disertační práce: Ing. Petr Doležel

Školitel: prof. Ing. Ivan Taufer, DrSc.

Školící pracoviště: Univerzita Pardubice
Fakulta elektroniky a informatiky
Katedra řízení procesů

Název disertační práce: Modelování a řízení nelineární soustavy s využitím neuronových sítí

Disertant se ve své práci zabývá problematikou využití umělých neuronových sítí pro řízení a modelování technologických procesů.

Práce si klade za úkol

- uvést a zhodnotit různé možnosti využití umělých neuronových sítí,
- popsat algoritmy statických a dynamických modelů,
- návrh laboratorního systému pro ověření navržené metody řešení,
- ověření zvolených algoritmů simulací a následně na laboratorní soustavě,
- vyhodnocení výsledků z hlediska kvality a náročnosti návrhu.

Práce je rozdělena do osmi kapitol, kde v úvodní kapitole Ing. Petr Doležel popisuje současný stav problematiky při využití umělých neuronových sítí, historický vývoj, princip biologické neuronové sítě, popis umělého neuronu, umělé neuronové sítě a učení umělé neuronové sítě a postup při návrhu umělé neuronové sítě. Následující kapitola navazuje na úvodní kapitolu a je úvodem do teorie evolučních algoritmů a je uveden popis algoritmu diferenciální evoluce. Další kapitola je věnována problematice použití umělé inteligence v řízení procesů a jsou popsány aplikace pro modelování a řízení využitím metod popsaných v předchozích kapitolách.

V kapitole Aplikace řídicích algoritmů na simulovanou soustavu a Popis a řízení laboratorní soustavy které, jsou nejrozsáhlejší kapitoly předkládané práce. Je popsána možnost simulací řízení procesu a zhodnocení uvedených metod řízení a popis a řízení laboratorní soustavy. Jako model soustavy byla zvolena teplovzdušná soustava. Tyto dvě kapitoly jsou

nejdůležitější částí uvedené práce a jsou zřejmě původní a zcela vypracovány autorem disertační práce.

Téma uvedené disertační práce je aktuální, zvolené metody zpracování odpovídá záměrům, uvedeným v úvodu práce. Práce splnila stanovené cíle, přínosem je především uvedení původní metody on-line nastavování PSD regulátoru a metody transformace dynamického neuronového modelu.

Připomínky:

- Str. 73, obr. 6-9 – bylo by vhodné, zavést poruchu a posoudit vliv na výsledek.
- Str. 68, obr. 6-2 – není názornější diagram 2D, při konstantní vždy jedné nezávisle proměnné.

Dotazy:

- Můžete popsat princip průběžné linearizace a metody nejmenších čtverců .
- Lze některé nelineární rovnice linearizovat a jaké jsou důsledky.

V práci jsem nenašel závažnější chyby, graficky je velmi dobře zpracována a pan Ing. Petr Doležel prokázal vypracovat disertační práci na požadované úrovni. Předkládaná práce splňuje podmínky tvůrčí vědecké práce pro udělení titulu Ph.D.

Z uvedených důvodů **doporučuji** předloženou disertační práci Modelování a řízení nelineární soustavy s využitím neuronových sítí Ing. Petra Doležela k obhajobě.

Liberec 12.5.2011

Prof. Ing. Miroslav Olehla, CSc.
Katedra aplikované kybernetiky
Fakulta strojní
Technická univerzita v Liberci

Doc. Ing. Ján Dvoran, PhD., Oddelenie informatizácie a riadenia procesov ÚIAM
Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave
Radlinského 9, 812 37 Bratislava

Oponentský posudok **dizertačnej práce**

Autor dizertačnej práce: **Ing. Petr Doležel**
Školiteľ: **Prof. Ing. Ivan Taufer, DrSc.**
Školiace pracovisko: **Katedra řízení procesů, Fakulta elektroniky a informatiky,
Univerzita Pardubice**
Názov dizertačnej práce: **Modelování a řízení nelineární soustavy s využitím umělých
neuronových sítí**

1. Úvodné ustanovenie

Oponentský posudok bol vypracovaný na základe poverenia dekana Fakulty elektroniky a informatiky Univerzity Pardubice Prof. Ing. Simeona Karamazova, Dr. listom zo dňa 2. 5. 2011.

2. Aktuálnosť témy dizertačnej práce

Dizertačná práca Ing. Petra Doležela je v súlade s jej názvom venovaná problematike modelovania a riadenia nelineárnej sústavy s využitím umelých neurónových sietí. Modelovanie a riadenie nelineárnych sústav je v mnohých prípadoch značne zložitá a práve uplatnenie princípov umelej inteligencie, do ktorej problematika umelých neurónových sietí patrí, je nanajvýš aktuálne.

3. Postup riešenia, použité metódy a splnenie stanoveného cieľa

Predložená práca Ing. Petra Doležela „**Modelování a řízení nelineární soustavy s využitím umělých neuronových sítí**“ má 93 strán textu a obsahuje stručné anotácie v českom i anglickom jazyku, obsah, zoznam symbolov a skratiek, úvod, 8 číslovaných častí a zoznam citovanej literatúry, pričom je v 6 položkách uvedený dizertant ako spoluautor.

V dizertačnej práci boli stanovené nasledovné ciele:

V teoretickej časti – zhrnúť základné poznatky týkajúce sa umelých neurónových sietí (UNS) a tiež evolučných algoritmov, stručne popísať algoritmy tvorby statických a dynamických modelov technologických procesov, ako aj algoritmy riadenie, ktoré UNS nejakým spôsobom používajú a nakoniec popísať laboratórnu sústavu, na ktorej budú jednotlivé postupy uplatnené.

V praktickej časti – najprv aplikovať jednotlivé algoritmy riadenia na vhodne zvolenú simulovanú sústavu, následne jednotlivé algoritmy aplikovať na laboratórnu sústavu a nakoniec získané výsledky vyhodnotiť z hľadiska kvality regulačného pochodu a náročnosti návrhu.

Dizertant stanovené ciele splnil. Ciele v teoretickej oblasti sú spracované v 2. až 4. kapitole dizertačnej práce, v ktorých sa venuje problematike teórie UNS (2.kap.), teórie evolučných algoritmov (3.kap.) a problematike umelej inteligencii v riadení procesov (4.kap.).

Ciele v praktickej oblasti sú spracované 5. kapitole, ktorá je venovaná aplikácii riadiacich algoritmov na simulovanú sústavu a 6. kapitole, ktorá obsahuje popis a riadenie laboratórnej teplovzdušnej sústavy.

V 7. kapitole ešte autor uvádza prínosy dosiahnutých výsledkov pre rozvoj vednej disciplíny a praxe a v 8. kapitole prezentuje svoje záverečné zhodnotenie.

4. Výsledky dizertačnej práce

Za prínosy dizertanta prezentované v dizertačnej práci možno uviesť spracovanie problematiky UNS a evolučných algoritmov, uplatnenie viacerých prístupov vo forme riadiacich algoritmov na simulovanú nelineárnu sústavu a uplatnenie viacerých prístupov s využitím UNS pri riadení laboratórnej teplovzdušnej sústavy.

Dosiahnuté výsledky sú prínosom v oblasti riadenia technologických procesov.

Vzhľadom na systematickosť a prehľadnosť spracovania predmetnej problematiky v dizertačnej práci je možné použitie jej výsledkov ako metodického materiálu pri príprave mladých odborníkov v danej odbornej oblasti.

5. Pripomienky, otázky a formálna úroveň práce

K predloženej dizertačnej práci mám nasledovné pripomienky:

- zbytočné začleňovanie podkapitoliiek „Úvod“ v rámci 2. a 3. kapitoly označených ako „Úvod ...“
- použitie neštandardného rozmeru vo V pre teplotu (str. 68, Obr. 6-2)
- používanie niektorých neštandardných terminologických pojmov.

Uvedené pripomienky nemajú podstatný vplyv na veľmi dobrú formálnu úroveň dizertačnej práce.

Prosím skomentovať priebeh regulačného pochodu uvedeného na str. 48, Obr. 5-2 v oblasti pre k z intervalu (250,350) a dáta pre tvorbu tréningovej a testovacej množiny na str. 49, Obr. 5-3.

6. Záverečné zhodnotenie

Dizertačná práca Ing. Petra Doležela je vypracovaná na veľmi dobrej úrovni ako po odbornej, tak i po formálnej stránke. Obsahuje nové poznatky teoretickej i praktickej povahy, čo potvrdzuje jeho fundovanosť v oblasti automatizácie i v oblasti umelej inteligencie, do ktorej predmetná problematika riešená v dizertačnej práci spadá, ako aj jeho schopnosť samostatnej tvorivej vedeckej práce.

Vzhľadom na vyššie uvedené skutočnosti, ako aj na to, že dizertačná práca spĺňa všetky podmienky stanovené Zákonom o vysokých školách č. 111/98 Sb., odporúčam ju k obhajobe.

Bratislava 30. mája 2011

Ján Dvoran, v.r.