

Prof. Ing. Milan Hofreiter, CSc.
ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav přístrojové a řídicí techniky
Technická 4, 166 07 Praha 6

Západočeská univerzita v Plzni

Doručeno: 03.04.2013

ZCU 011541/2013

listy: 4

přílohy:

druh:



zcupesc694fe

OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Název disertační práce: Active fault detection and control

Autor disertační práce: Ing. Jan ŠIROKÝ

Obor: Kybernetika

Školící pracoviště: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra kybernetiky

Školitel: Prof. Ing. Miroslav ŠIMANDL

Oponentský posudek byl zpracován na základě pověření Doc. Ing. Františka Vávry, CSc., děkana Fakulty aplikovaných věd, Západočeské univerzity v Plzni. Předložená anglicky psaná disertační práce obsahuje 90 stran textu, bez dalších příloh, v seznamu literatury je uvedeno 125 položek (všechny psané v anglickém jazyce).

a) Zhodnocení významu disertace pro obor

Disertační práce navazuje a rozšiřuje oblast řešených případů a významným způsobem zobecňuje koncepci řešení v oblasti aktivní detekce poruch a řízení stochastických diskretních dynamických systémů. Obecná formulace problému a uvedené řešení poskytuje nástroj, pomocí kterého je možné řešit i případy, které byly zatím řešeny izolovaně jako dílčí problémy. Autorovi se podařilo pomocí sub-optimálního řešení najít numericky schůdné řešení pro některé prakticky významné problémy.

b) Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění stanoveného cíle

Práce s velmi dobrým logickým členěním v úvodní a druhé kapitole seznamuje čtenáře s problémem aktivní detekce chyb, s historií a metodami řešení bez a při současném respektování řízení. Definováním cílů disertace včetně jejich zdůvodnění se zabývá třetí kapitola. Formulací problému aktivní detekce chyb a řízení stochastických systémů se věnuje kapitola 4. Následující kapitola je věnována základním problémům spojeným s optimálním řešením uvedené problematiky s použitím dynamického programování. Nejvýznamnější dosažené teoretické výsledky jsou obsaženy v 6. kapitole, která obsahuje stručný výklad pojetí aproximativního dynamického programování a návrh sub-optimálního řešení pro aktivní detekci chyb a řízení za různých předpokladů pro dosažení numericky přijatelného řešení. Na dvou experimentech aplikovaných na jednoduchém modelu je v 7. kapitole demonstrována pro 5 různých případů optimalizace detekce chyb a řízení. V další kapitole je

praktické použití navrženého řešení ukázáno na modelu klimatizační jednotky. Závěrečná kapitola shrnuje dosažené výsledky a ukazuje na možné budoucí směry budoucího výzkumu.

Přes vysokou teoretickou náročnost a širí záběru se autorovi podařilo úspěšně splnit stanovené cíle.

c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního přínosu autora disertační práce

Disertační práce je přehledně zpracována na velmi vysoké odborné i formální úrovni. Obecná formulace problému a dosažené výsledky, jak obecné, tak i pro zpracované dílčí případy, přináší nové poznatky v oblasti aktivní detekce a řízení stochastického dynamického systému, což významným způsobem obohatilo koncepci i metodiku v této oblasti. Způsob zpracování tématu svědčí o hlubokých teoretických znalostech autora disertační práce a jeho detailní orientaci v oboru.

d) Vyjádření k publikacím autora disertační práce

V seznamu autorových publikací je uvedeno 22 položek, kde ve 12 položkách je uveden jako vedoucí autor. Z toho 4 články byly zveřejněny v zahraničních odborných časopisech a 2 v tuzemských odborných časopisech. Ostatní publikace jsou většinou z prestižních zahraničních konferencí resp. symposií. Publikační aktivita autora disertační práce svědčí nejen o jeho odborných kvalitách, ale i tom, že dílčí výsledky jeho práce byly posouzeny odbornou veřejností.

e) Návrh otázek k obhajobě

- Byly dosažené výsledky kromě uvedených simulačních příkladů též využity pro aktivní on-line detekci a řízení reálného laboratorního zařízení, například laboratorní úlohy?
- Disertační práce úzce navazuje na výsledky dosažené na Katedře kybernetiky pod vedením Prof. Ing. Šimandla, CSc., FAV, ZČU v Plzni. Jak se podíleli na odvození v práci uvedených obecných teoretických výsledků další spoluautoři?
- V disertační práci byl řešen případ aktivní detekce a řízení použitím „strategie otevřené smyčky“. Jak lze touto strategií ošetřit případ výskytu nové závady, která nebyla apriorně předpokládána?

f) Závěrečné hodnocení

Na závěr mohu konstatovat, že disertační práce splnila stanovené náročné cíle a její výsledky jsou nesporným přínosem pro rozvoj vědního oboru v uvedené problematice. Předložená disertační práce Ing. J. Širokého v plné míře prokázala autorovu schopnost samostatné vědecké práce a jednoznačně ji **doporučuji** k obhajobě.

V Praze dne 28. 3. 2013

Prof. Ing. Milan Hofreiter, CSc.

Aktivní detekce poruch a řízení

Ing. Jan Široký

Posudek disertační práce

Význam disertační práce pro obor

Disertační práce Ing. Jana Širokého se zabývá problematikou aktivní detekce poruch a souvislostí detekce poruch a řízení dynamických systémů. Práce navazuje na předchozí výsledky kolektivu školitele profesora Miroslava Šimandla a rozpracovává zvolené speciální případy aktivní detekce poruch a řízení z hlediska využití dostupné informace v procesu rozhodování a interakce úlohy detekce a řízení. Uvažované strategie řízení „open loop“ (řízení v otevřené smyčce – ovládání), „open loop feedback“ (prediktivní řízení s klouzavým horizontem) a „closed loop“ (zpětnovazební řízení) jsou známé z oblasti optimálního řízení. Autor ukazuje, jak lze tyto strategie rozšířit na úlohy současné detekce poruch a řízení. Protože optimální řešení lze získat pouze ve speciálních případech, autor rozpracovává aproximační techniky poskytující suboptimálnímu řešení.

Zvolené téma práce je aktuální, a to jak z hlediska rozvoje teoretického aparátu a algoritmů pro numericky spočitatelná suboptimální řešení, tak z hlediska aplikací v oblasti úspor energie při řízení klimatizačních jednotek.

Postup řešení problému, použité metody a splnění určeného cíle

V kapitole 2 doktorand definuje základní pojmy v kontextu výsledků dalších autorů.

V kapitole 3 jsou definovány tři konkrétní cíle práce: (i) formulace obecného rámce pro aktivní detekci poruch a řízení, (ii) řešení problému aktivní detekce poruch a řízení a (iii) demonstrace výsledků na aplikačních příkladech.

Vlastní přínos doktoranda je obsahem kapitol 4 – 8. V kapitole 4 je definován obecný rámec pro aktivní detekci poruch a řízení – cíl (i), v kapitole 5 a 6 je rozpracováno optimální a suboptimální řešení problému aktivní detekce poruch a řízení – cíl (ii) a v kapitole 7 a 8 jsou příklady aplikací vyvinutých algoritmů – cíl (iii).

Doktorand využívá bayesovské metody a metody optimálního stochastického řízení. Ukazuje omezení při hledání optimálního řešení problému metodou stochastického dynamického programování a poté navrhuje suboptimální metody vycházející z formulace problému jako multikriteriální optimalizace. Tyto metody jsou vhodným postupem a určené cíle disertace byly splněny.

Výsledky disertační práce, původní přínos předkladatele

Zvolený postup řešení umožnil doktorandovi dosáhnout originálních výsledků jak v teoretické, tak v aplikační oblasti.

Za hlavní přínos v teoretické oblasti považuji detailní rozpracování suboptimální strategie aktivní detekce poruch a řízení v kapitole 6, odstavci 6.2. Doktorand našel vhodný horní odhad kritériální funkce pro problém detekce a analytický vztah pro kritériální funkci pro problém řízení. To mu umožnilo algoritmizovat strategie aktivní detekce poruch a řízení pro jednotlivé typy úloh a implementovat tyto algoritmy v prostředí MATLAB s využitím knihovny YALMIP.

Za hlavní přínos v oblasti aplikační považuji netriviální demonstraci vyvinutých algoritmů na příkladu klimatizační jednotky v kapitole 8. Doktorand zde demonstruje detailní znalost problematiky řízení a diagnostiky budov. Na základě matematicko-fyzikální analýzy vyvinul model klimatizační jednotky a navrhl několik experimentů, které dobře ilustrují chování algoritmů aktivní detekce poruch a řízení v situacích, kdy je kritériální funkcí pro problém řízení zajištěno různé vybuzení řízeného systému z hlediska úlohy detekce poruch. To mu umožnilo průkazným způsobem demonstrovat dopad aktivní detekce poruch na průběh budicího signálu a přínos aktivních strategií pro zlepšení kvality detekce poruch.

Systematika, přehlednost, formální úprava a jazyková úroveň

Uspořádání práce je logické, rozsah jednotlivých kapitol vyvážený, práce má dobrou grafickou úroveň. Nedostatkem práce je velké množství překlepů, gramatických chyb a nedůsledná matematická notace. Konkrétní chyby jsou vyznačeny v textu práce.

K práci mám následující připomínky, popř. náměty pro odbornou diskusi při obhajobě:

1. V odstavci „Sequential probability ratio test“ není vysvětleno používané značení (podmiňování hodnotou historických dat a hodnotou parametru Θ ve vztahu (2.2)). Vztahy pro porovnání s prahovými hodnotami A, B jsou zřejmě chybné.
2. Je vhodné modelovat vývoj módu μ dle vztahu (4.1) – jak jsou zde interpretovány hodnoty šumu e_k ? Není vhodnější použít popis stavovým automatem s definovanými pravděpodobnostmi přechodu?
3. Doktorand při používání operátoru střední hodnoty v mnoha případech nspecifikuje dostupnou informaci a zdroje neurčitosti, tj. proměnné, přes které probíhá středění (např. u vztahu (4.4), (4.10), (4.13), (6.16) a dalších). To činí práci na mnoha místech špatně srozumitelnou nebo chybnou.
4. Poznámka 1 na straně 20 je matoucí, protože hodnota kritéria (4.4) je dle definice (4.3) funkcí pozorovaných dat y .
5. Formulace rekurze (5.2) podle mého názoru není správně – jednotlivé podmíněné hustoty pravděpodobnosti $p(x_k | y_0^k, u_0^{k-1})$ a $p(y_k | y_0^k, u_0^k)$ závisejí také na historii μ_0^k . Jak vypadá správný zápis středění přes diskrétní módy μ ?
6. Dimenze problému filtrace pomocí banky Kalmanových filtrů (str. 31) nemusí narůstat exponenciálně. V případě modelování nevratných poruch je nárůst dimenze lineární, v případě klasifikace je dimenze konstantní. Apriorní informace o vývoji proměnné μ by mohla být z tohoto pohledu systematictěji diskutována (viz také otázka č. 2).

7. Upřesněte formulaci problémů, které nemohou být řešeny metodou dynamického programování (str. 32 – 33) z důvodů „sum constraint“. Bertsekas (Rollout algorithms for constrained dynamic programming, Report LIDS 2646, 2005) popisuje možnost zahrnutí kumulativních omezení typu

$$g_N^m(x_N) + \sum_{k=0}^{N-1} g_k^m(x_k, u_k) \leq b^m, \quad m = 1, \dots, M$$

pomocí rozšíření formulace algoritmu dynamického programování nad parciálními trajektoriemi.

Publikační činnost autora

Publikační činnost autora i obsáhlý přehled literatury ukazují, že se doktorand uvedenou problematikou dlouhodobě systematicky zabývá. Přehled publikací zahrnuje řadu kvalitních mezinárodních konferencí i několik impaktovaných časopisů. Vzhledem k tomu, že publikace jsou kolektivní a práce těsně navazuje na předchozí výsledky kolektivu ZČU, bych ocenil, kdyby doktorand při obhajobě identifikoval nejvýznamnější publikace, ve kterých prezentoval své vlastní teoretické výsledky.

Doporučení k obhajobě

Celkově konstatuji, že práce Ing. Jana Širokého splňuje nároky na udělení akademického titulu „doktor“ v oboru *Kybernetika* a doporučuji tuto disertační práci k obhajobě.

V Praze 2. 4. 2013



prof. Ing. Vladimír Havlena, CSc.
Katedra řídicí techniky
FEL ČVUT v Praze

