

Oponentní posudek

Název disertační práce:

„Výzkum metod pro významné zrychlení odhadu parametrů simulačních modelů“

Doktorand: Ing. Martin Appel

Školitel: doc. Ing. Robert Grepl, Ph.D.

Oponent: RNDr. Vladimír Opluštil

K hodnocení byly předloženy 2 dokumenty Teze disertační práce a vlastní Disertační práce. Oba dokumenty jsou napsány v jazyce českém. Předložené Teze jsou v rozsahu 38 stran a jsou členěny do 8 kapitol. Obsahují seznam citovaných odkazů, stručné CV autora a abstrakt v české a anglické jazykové verzi. Disertační práce v rozsahu 147 stran je členěna do 9 kapitol, které na sebe logicky navazují. Jsou rovněž uvedeny přehledné seznamy obrázků, tabulek, citovaných zdrojů a použité literatury a rovněž seznam publikací autora.

Aktuálnost disertační práce:

Téma disertační práce je aktuální. Zbývá se problematikou optimalizace odhadu parametrů, při tvorbě modelů mechatronických soustav. Je využito prostředí Matlab od MathWorks, spolu s nástroji nadstavby Simulink a Simscape, pro vytváření fyzikálních modelů soustav. Toto prostředí a nástroje jsou velmi rozšířeny, a často se používají při vývoji a návrhu složitých inženýrských úloh s využitím metod matematického modelování. Toto prostředí integruje nástroje nejen k vytváření modelů fyzikálních soustav a jejich matematických popisů, ale i nástroje pro tvorbu algoritmů pro simulaci chování modelů, odhad a optimalizaci hodnot parametrů modelů. Aplikační oblastí verifikace těchto optimalizačních nástrojů jsou modely mechatronických soustav.

Plnění stanoveného hlavního cíle disertace:

Téma disertace se zabývá problematikou výzkumu, analýzy a návrhu metod optimalizace odhadu parametrů pro tvorbu modelů, jež by mohly významně ovlivnit délku trvání prováděných simulací. Cílem disertace je návrh nástroje s implementací vybraných metod s cílem zrychlení procesu odhadu hodnot parametrů simulačních modelů v prostředí Matlab/Simulink. Hlavní cíl byl naplněn prostřednictvím dosažení následující dílčích cílů.

Dílčími cíli disertace byly následující aktivity:

- Automatizovaná kontrola a změna řešiče.
- Analýza a příprava optimalizačních metod s cílem výrazného zrychlení simulací pomocí paralelizace.
- Analýza a aplikace statistických a heuristických metod ořezávání prostoru parametrů.
- Rozvinutí nástroje pro pokročilé hledání parametrů.

Dílčí cíle byly stanoveny ve shodě se zadáním disertace, včetně stanovení metodiky pro ověření výsledků. Konstatuji, že stanovené dílčí cíle byly splněny v celém rozsahu. Za přehlednou považuji i část rešeršní, která popisuje stav řešené problematiky, ve vztahu k definovaným dílčím cílům práce, s ohledem na využití nástrojů matematického modelování Matlab/Simulink, se zaměřením na aplikační oblast návrhů a simulací chování mechatronických soustav.

Postup a metodika řešení:

Na základě provedené rešerše stavu řešené problematiky, byly stanoveny cíle a rovněž metodika, která vedla k dosažení dílčích výsledků a výstupů řešení a k jejich následnému hodnocení. Bylo použito prostředí a nástroje společnosti MathWorks, optimalizační nástroje a standardní funkce pro odhad a optimalizaci parametrů návrhu modelů mechatronických soustav.

Hodnocení výsledků a přínosu:

Dosažené dílčí výsledky lze rozdělit do 4 skupin podle stanovených dílčích cílů:

- Automatizovaná kontrola a změna řešiče. Výstupem byl analytický nástroj s možností volby jak globálního, tak i lokálního řešiče. Porovnání výsledků bylo provedeno na třech testovaných modelech. Bylo konstatováno, že bylo dosaženo snížení výpočetního času.
- Analýza a příprava optimalizačních metod s cílem výrazného zrychlení simulací pomocí paralelizace. Byl vytvořen distribuční nástroj, pracující na bázi paralelních vláken procesoru, který umožňuje uživatelské nastavení paralelizaci modifikovaných optimalizačních algoritmů. Dosažené výsledky metody jsou porovnány se sekvenčními metodami na typických modelech mechatronických soustav. Pomocí optimalizace těchto metod bylo dosaženo snížení výpočetního času.
- Analýza a aplikace statistických a heuristických metod ořezávání prostoru parametrů. Byla vytvořena knihovna 9 modifikovaných optimalizačních algoritmů, které umožní jak funkci distribuce výpočtu formou paralelních vláken, tak i práci v redukovaném prostoru parametrů.
- Návrh vlastní metody a realizace a ověření výsledků na konkrétních aplikacích. Byl navržen nástroj, který formou dílčích vylepšení umožní výrazně zkrátit dobu trvání výpočetního času při hledání a optimalizaci

hodnot parametrů. Implementace optimalizačních metod do nástroje pomáhá provádět analýzu volby řešiče s možností lokální změny během procesu hledání. Mezi dalšími vylepšení, které navržený nástroj přináší, lze jmenovat možnosti analýzy použití paralelních procesů, redukce prostoru hodnot parametrů, vizualizaci, integrace, 9 upravených optimalizačních metod, možnost přerušení optimalizace, atd.

Význam pro praxi a rozvoj vědního oboru:

Disertační práce má význam především pro inženýrskou praxi, kdy se ve stále širší míře uplatňují metody založené na využití matematického modelování soustav (Model Based Design Development - MBD), a s jejichž aplikačním využitím dochází k urychlení vlastního vývojového cyklu nových výrobků (urychluje se především fáze virtuálního prototypování). Tato metodika kromě urychlení procesu návrhu, umožňuje automatizaci procesů vývoje od návrhu formou tvorby využití předzpracovaných matematických modelů fyzikálních soustav a jejich optimalizaci, přes simulaci jejich chování, verifikaci a testování nejen na modelu, ale následně i na reálném prototypu soustavy, atd. Uplatnění nalézá, např. v oblasti vývoje letecké techniky, při vývoji moderních řídicích systémů komplexních soustav leteckých pohonů a jejich podsystémů, atd. Právě výsledek práce umožní integraci a postupnou automatizaci procesu vytváření modelů a optimalizaci parametrů v prostředí Matlab/Simulink, což hodnotím velmi pozitivně.

Hodnocení formální a jazykové úrovně:

Disertační práce je velmi přehledně a kvalitně zpracována. Jednotlivé kapitoly jsou logicky členěny a obsahují nezbytné informace a údaje. Kladně hodnotím grafickou úroveň zpracování, za správné považuji vyhodnocení a komentování výsledků a závěrů práce.

Vyjádření oponenta k tezi disertační práce:

Teze k disertační práci obsahují veškeré požadované náležitosti. Byly jasně definované cíle a dílčí úkoly a realizované výstupy disertace. Stanovené téma disertace považuji za velmi aktuální. Byla stanovena metodika aplikovaná pro dosažení cílů disertace s využitím nástrojů a procesů pro modelování a simulaci, včetně fyzikálních (mechatronických) soustav modelů, jejichž prostřednictvím se verifikovaly a hodnotily dosažené výsledky. Stanovený postup návrhu řešení a metodika prokázání výsledků pomocí verifikačních úloh považuji za správný. Použití prostředí a nástrojů MathWorks je natolik lety a uživatelsky ověřené, že prokazované výsledky a závěry lze považovat za správné a aplikovatelné do inženýrské praxe.

Za velmi pozitivní považuji řešení s návazným ověřováním výsledků s využitím optimalizačních metod (např. hybridního optimalizačního algoritmu, který byl na pracovišti navržen pro tvorbu odhadu parametrů modelů mechatronických soustav), s využitím nástrojů matematického modelování a simulací chování dynamiky složitých soustav v prostředí Matlab/ Simulink. Velmi kladně hodnotím aktivity a návazný rozvoj nových optimalizačních metod a algoritmů, které jsou kontinuálně a dlouhodobě podporovány a rozvíjeny na pracovišti docenta Roberta Grepla spolu s týmem doktorandů.

Otázky oponenta:

1. Hlavním cílem práce bylo „významné“ zrychlení odhadu parametrů simulačních modelů. K tomuto zrychlení, jak uvádíte v práci, značnou mírou přispělo využití paralelních procesů, namísto sekvenčních, a rovněž redukce prostoru hodnot parametrů.
 - Můžete obě metodiky porovnat včetně výsledků?
 - Můžete vliv obou metodik porovnat i z hlediska celkového zrychlení optimalizačního nástroje pro pokročilé prohledávání parametrů, který jste realizoval?
 - Uvažujete o možnosti implementace/integrace tohoto nástroje pro širší pole uživatelů nástrojů Matlab/ Simulink, nebo bude nástroj spíše využíván pro potřeby pracoviště?
2. Stručně vysvětlíte výběr hodnotící funkce (z výběru MEA, MSE, MRSE, NRMSE, R, PSNR,...). Proč jste použil právě NRMSE pro automatickou volbu řešiče?

Hodnocení a doporučení oponenta:

Doktorand, předloženou disertační práci, prokázal schopnost samostatné tvůrčí vědeckovýzkumné práce. V případě úspěšné obhajoby a zodpovězení dotazů oponentní komise doporučuji komisi udělit uchazeči akademický titul Ph.D.

V Brně, 24.5. 2023

Oponent:

RNDr. Vladimír Opluštil 