

Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-0090-10

Metódy prediktívneho riadenia s modelom a spoločný odhad stavu a parametrov pre rýchle nelineárne mechatronické systémy

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Boris Rohaľ Ilkiv, CSc.,**

Príjemca

Slovenská technická univerzita v Bratislave**Vazovova 5, 812 43 Bratislava 1**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Strojnícka fakulta STU v Bratislave
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Mimo štátútu spolu riešiteľskej organizácie: NTNU Trondheim a KU Leuven
- 2.
- 3.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- 1.
- 2.
- 3.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Takács, Gergely - Rohaľ-Ilkiv, Boris: Model Predictive Vibration Control : Efficient Constrained MPC Vibration Control for Lightly Damped Mechanical Structures. - 1.ed. - London : Springer Verlag London, 2012. - 512 s. - ISBN 978-1-4471-2332-3
2. Polóni, Tomáš - Eielsen, A.A. - Rohaľ-Ilkiv, Boris - Johansen, T.A.: Adaptive Model Estimation of Vibration Motion for a Nanopositioner with Moving Horizon Optimized Extended Kalman Filter. In: Journal of Dynamic Systems Measurement and Control-Transactions of the ASME. - ISSN 0022-0434. - Vol. 135, No. 4 (2013)
3. Polóni, Tomáš - Rohaľ-Ilkiv, Boris - Johansen, T.A.: Mass flow estimation with model bias

correction for a turbocharged Diesel engine. In: Control Engineering Practice. - ISSN 0967-0661. - Vol. 23, Iss. 1 (2014), s. 22-31

4. Takács, Gergely - Rohaľ-Ilkiv, Boris: Model predictive control algorithms for active vibration control: a study on timing, performance and implementation properties. In: Journal of Vibration and Control. - October 2014 vol. 20 no. 13, s. 2061-2080, doi: 10.1177/1077546313479993, Print ISSN: 1077-5463

5. Takács, Gergely - Polóni, Tomáš - Rohaľ-Ilkiv, Boris: Adaptive Model Predictive Vibration Control of a Cantilever Beam with Real-Time Parameter Estimation. In: Shock and vibration. - ISSN 1070-9622. - Vol. 2014, Art. ID 741765, s 15

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu sa uplatnia pri návrhu a tvorbe nových inteligentných riadiacich funkcií mechatronických systémov vyznačujúcich sa nelineárnou dynamikou a časovo premenlivými vlastnosťami. Navrhnuté riešenia umožňujú pri riadení mechatronického systému rešpektovať zadané obmedzenia a dopredu známe limitácie na vstupné, stavové, alebo výstupné veličiny systému, ktoré vyplývajúce z jeho konštrukčného riešenia, z požiadaviek na jeho optimálny a efektívny spôsob prevádzky. Predložené riešenia nelineárneho prediktívneho riadenia so súčasným odhadom stavu a parametrov sú zamerané na špecifické potreby mechatronických systémov s rýchlou dynamikou, vyžadujúcich si krátke periódy vzorkovania. Aplikačnou oblasťou sú mechatronické systémy v oblasti robotiky, v oblasti automobilovej techniky (riadenie spaľovacích motorov, proti blokovacích a brzdoých systémov, systémov aktívneho pruženia), ďalej pri aktívnom tlmení vibrácií rôznych mechanických konštrukcií, pri aplikáciách týkajúcich sa presného riadenia mikro-polohovacích systémov. Vyvinuté aplikácie metód nelineárneho odhadu možno využiť aj v aktuálnych úlohách navigácie autonómnych mobilných a lietajúcich robotických a mechatronických aparátov, v ktorých ide najmä o úlohu integrácie vnútorného navigačného systému a globálneho navigačného systému aparátu. V tejto úlohe sa úspešne aplikovala MHO metóda odhadu polohy, rýchlosti a uhlového natočenia aparátu pomocou integrácie meraných signálov akcelerometra a rýchlostného gyroskopu aparátu. Kombináciou údajov získavaných z iných referenčných zdrojov (GPS) boli navrhnuté viaceré schémy odhadu zvyšujúce presnosť navigácie a eliminujúce systematické odchýlky (bias) v získavaných odhadoch.

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Návrh metód priameho nelineárneho prediktívneho riadenia mechatronických systémov so súčasným odhadom stavu a parametrov pri rešpektovaní zadaných signálových a procesných obmedzení. Návrh matematických modelov vhodných pre opis nelineárnej dynamiky mechatronických systémov s rýchlou dynamikou. Boli navrhnuté a vyvinuté viaceré schémy nelineárneho odhadu stavu a parametrov, ktoré boli testované a overované na konkrétnych pilotných mechatronických systémoch. Predmetom skúmania bolo vyšetovanie vplyvu voľby počiatočných odhadov na stabilitu a konvergenciu navrhnutých schém a vyšetovanie ich efektívnosti pre prípady málo informatívnych a zle vybudovaných dát. Boli vyvinuté viaceré techniky predbežnej filtrácie dát a navrhnuté viaceré mechanizmy regularizácie umožňujúce stabilizovať optimálny odhad za týchto okolností. Úspešne boli navrhnuté a testované viaceré schémy priebežného nelineárneho odhadu stavu a vybraných fyzikálnych parametrov flexibilných, priestorovo rozložených mechanických sústav, vybavených aktuátormi pre aktívne tlmenie vibrácií. Navrhnuté metódy využívajú nelineárne stratégie odhadu s pohyblivým dátovým oknom a dovoľujú zachovávať užívateľom určené obmedzenia na veľkosť a znamienko odhadovaných parametrov. Počas riešenia boli navrhnuté viaceré koncepcie nelineárneho prediktívneho riadenia mechatronických sústav zo súčasným odhadom stavu a parametrov a testované na viacerých sústavách. Na laboratórných sústavách s aktívnym tlmením vibrácií bola úspešne overená metóda adaptívneho riadenia vibračnej dynamiky so súčasným odhadom stavu a fyzikálnych parametrov vibrujúceho systému. Získaná schéma je vhodná nielen pre návrh adaptívnych riadiacich stratégií tlmenia

vibrácii, ale tiež aj pre priebežnú diagnostiku stavu systému v reálnom čase.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku
(max. 20 riadkov)

Design of direct nonlinear predictive control methods for mechatronic systems with joint state and parameter estimation; respecting signal and process constraints. Design of mathematical models suitable for the description of nonlinear systems for state and parameter estimation of mechatronic systems with fast dynamics. Several nonlinear state and parameter estimation schemes were designed and developed, which were tested and verified on mechatronic laboratory demonstration systems. One of the goals of the research was to investigate the effect of the choice of initial estimates on the stability and convergence of the algorithm designs, and their efficiency in case the persistence of excitation is not sufficient. Numerous techniques were developed for the online filtration of data, along with mechanisms of regularization; enabling to stabilize the optimal estimates under these conditions. Various online nonlinear state and parameter estimating schemes were tested on spatially distributed mechanical systems and systems employing actuators for active vibration cancelling. The proposed methods utilize a nonlinear estimation strategy with a moving horizon, where the algorithm must adhere to the user-defined constraints on the estimation. A diverse selection of nonlinear predictive control schemes was put forward during the solution of the grant, which were tested on mechatronic systems along with joint state and parameter estimation methods. An adaptive-predictive vibration control method was successfully verified in a laboratory setting on a benchmark system with active vibration control. In addition to improving the efficiency of the attenuation, thanks to the online parameter estimation, the physical parameters of the system were also observed. The method is therefore not only promising in expanding the range of adaptive vibration control methods, but also adds features of real-time system diagnostics and monitoring.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

Zodpovedný riešiteľ

prof. Ing. Boris Rohaľ Ilkiv, CSc.,
V Bratislave 25.11.2014

Štatutárny zástupca príjemcu

prof. Ing. Ľubomír Sooš, PhD.,
V Bratislave 25.11.2014

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu