

## Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Pavel KulmonNázev disertační práce Stochastické metody určování polohy a predikce pohybu objektů v prostoruStudijní program Stavební inženýrstvíŠkolitel doc. RNDr. Jiří Demel, CSc.Oponent Mgr. Petra Štukovská, Ph.D.e-mail petra.stukovska@gmail.com

### Aktuálnost tématu disertační práce

komentář: Předložená disertační práce se zabývá klíčovou částí trackování cílů multistatickými systémy - asociací bistatických tracků a navrhuje nový asociační algoritmus založený na Bayesovském modelování. Pasivní multistatické systémy jsou jedním z hlavních témat výzkumu a vývoje v oblasti radarové techniky posledních zhruba dvaceti let a rozhodně se nejedná o výzkum a vývoj ukončený. V budoucnosti se dá očekávat reálné nasazení těchto systémů. Ve vojenské oblasti se nad systémem uvažuje hlavně jako nad doplňkem systémů PET (Passive Emission Tracker), v civilní oblasti řízení letového provozu potom nad kombinací s aktivním multistatickým radarem. Klíčové části těchto systémů jsou detekce a trackování cílů, kdy tracker je často až zneužíván, aby vyřešil všechny nedokonalosti detektoru a vypořádal se jak s detekcemi od nezájmových cílů či cílů detekovatelných v nedostatečném počtu bistatických párů, tak s detekcemi čistě falešnými.

vynikající     nadprůměrný     průměrný     podprůměrný     slabý

### Splnění cílů disertační práce

komentář: Hlavním cílem předložené disertační práce bylo navrhnout algoritmus pro asociaci bistatických tracků a deghosting. Požadavky na algoritmus byly autorem práce shrnuty do těchto bodů:

- Algoritmus musí být od počátečního návrhu určen pro plnou 3D lokalizaci cílů tak, aby ani nebránil asociaci pouze dvojice bistatických měření, která 3D vedení schopná nejsou.
- Algoritmus musí předpokládat, že multistatická konfigurace je obecného typu M/N.
- Vzhledem k tomu, že asociace měření a vedení tracků (at' již v bistatickém nebo v kartézském prostoru) je realizována pomocí Bayesovského modelování, měla by i asociace bistatických tracků být řešena pomocí tohoto přístupu.
- Výpočetní náročnost algoritmu musí být kontrolovatelná s ohledem na dostupné prostředky systému, tak aby nedocházelo k jeho zahlcení.
- Výsledný algoritmus by měl předčít běžně používané algoritmy s ohledem na objektivní kritéria hodnocení asociace bistatických tracků.

Navržený algoritmus plně splňuje vytyčené požadavky, jak bylo v práci prokázáno jak teoretickým popisem tohoto algoritmu, tak výsledky výkonosti algoritmu nad simulovanými daty. Požadavky byly stanoveny naprosto v souladu s nároky, které jsou kladeny na funkčnost této části reálného produkčního radaru.

<input checked="" type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrný	<input type="checkbox"/> průměrný	<input type="checkbox"/> podprůměrný	<input type="checkbox"/> slabý
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

### Metody a postupy řešení

komentář: Použité metody bayesovského modelování konkrétně Indian Buffet Process a Reversible Jump Markov Chain Monte Carlo jsou v práci nejenom korektně teoreticky popsány, ale i velmi dobře vysvětleny čtenáři. Mé znalosti bayesovského modelování nejsou dostatečné pro posouzení optimálnosti volby těchto konkrétních metod, ale na základě publikace v recenzovaném časopise s impaktem se dá usuzovat, že metody byly zvoleny vhodně, což potvrzují jak výsledky algoritmu nad simulovanými daty, tak předložená numerická analýze konvergence navrženého způsobu asociace.

<input checked="" type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrný	<input type="checkbox"/> průměrný	<input type="checkbox"/> podprůměrný	<input type="checkbox"/> slabý
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

### Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Autor předložené disertační práce použil po důkladné rešerši literatury známé metody bayesovského modelování v naprosto nové aplikaci pro asociaci bistatických tracků, která doposud tímto způsobem řešena nebyla. Po vyřešení této části procesu trackování pomocí bayesovského modelování je již možné celou tvorbu 3D tracku z detekcí provést metodami bayesovského modelování. Navíc bylo prokázáno, že nová asociace dosahuje výrazně lepších výsledků nad simulovanými daty než metody tradiční. Neméně důležitým výsledkem je také numerickou analýzou provedený důkaz konvergence navrženého algoritmu.

<input checked="" type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrný	<input type="checkbox"/> průměrný	<input type="checkbox"/> podprůměrný	<input type="checkbox"/> slabý
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

### Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář: Asociační algoritmus navrhovaný v této práci úspěšně formuje řešení 3D polohy a rychlosti zájmových cílů i za přítomnosti vysokého množství falešných detekcí, jak bylo dokázáno na základě simulovaných dat a výkoností předčil oba referenční běžně využívané asociační algoritmy. V práci byla diskutována i kontrolovatelnost výpočetní náročnosti algoritmu, což je rozhodně žádaná vlastnost u systému pracujících v reálném čase s obnovou informace v řádu jednotek sekund. Tento algoritmus, po důkladném otestování výkonosti a odladění nad měřenými daty, má jednoznačně potenciál být nasazen v produkčním softwaru multistatického radaru.

<input checked="" type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrný	<input type="checkbox"/> průměrný	<input type="checkbox"/> podprůměrný	<input type="checkbox"/> slabý
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

### Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: Formální úprava i jazyková úroveň disertační práce je na vysoké úrovni, text je dobře srozumitelný s minimem překlepů a pouze několika chybami v použití interpunkce především v závěru práce.

<input type="checkbox"/> vynikající	<input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrný	<input type="checkbox"/> průměrný	<input type="checkbox"/> podprůměrný	<input type="checkbox"/> slabý
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

### Hodnocení antiplagiátorství autora

Autor provedl zevrubnou rešerši literatury a jednotlivé části jsou výborně ozdrojované, jak potvrzuje i výstup kontroly disertační práce, která se zaměřila na prozkoumání podobností mezi předloženou prací a dokumenty přístupnými z antiplagiátorského systému Theses.

## Připomínky

K předložené práci mám následující připomínky. Teoretická sekce popisující Monte Carlo řezězce je oproti zbytku práce pouze čistým výčtem definic bez slovního popisu významu uvedených vlastností a jejich kontextu k tématu disertační práce. Druhá má výtka směřuje k ověření algoritmu pouze na simulovaných datech. I když plně rozumím náročnosti získání vhodných měřených dat a jejich použití, a autor toto v práci velmi dobře vysvětluje, přesto je tímto předložená práce lehce ochuzena. Do budoucna je potřeba se tomuto aspektu věnovat, protože předložený algoritmus má nesporné ambice nahradit tuto část trackování v produkčním softwaru. V průběhu obhajoby disertační práce bych se ráda zeptala na tyto otázky:

1. Co by pro navržený algoritmus asociace znamenalo, pokud by v systému bylo k dispozici určení směru příchodu (AoA)?
2. Byl navržený algoritmus vyzkoušen i pro formování kartézského odhadu řešení pouze ze dvou bistatických měření tzv. 2D řešení se zvolenou výškovou hladinou a případně porovnán s prvním referenčním algoritmem, který inicializuje kartézský odhad také pouze ze dvou bistatických měření se zvolenou souřadnicí v ose z?
3. Pokud je autorovi práce známa publikace Bayesian Multiple Target Tracking autorů L. D. Stone, R. L. Streit, T. L. Corvin, K. L. Bell, prosím o zasazení tématu této publikace vzhledem k algoritmu asociace řešenému v této práci.

## Závěrečné zhodnocení disertace

Oblast výzkumu, na kterou se autor zaměřil je velmi aktuální a klíčová pro zdokonalení trackování multistatických radarových systémů. Představený algoritmus zabývající se asociací bistatických tracků s důrazem na minimalizaci množství vedených falešných cílů v systému výkonostně předčil konvenční metody, byla prokázána jeho konvergence a díky zvoleným metodám sjednocuje celý proces trackování na metody Bayesovského modelování. Předložená disertační práce plně splnila stanovené cíle a formálně splňuje všechny nároky kladené na disertační práci.

**Doporučuji po úspěšné obhajobě disertační práce udělení titulu Ph.D.**

**ano**

**ne**

Datum: 20. 5. 2022

Podpis oponenta: .....