

Posudek oponenta

Název diplomové práce:	Real-time estimation of some physical parameters of trams relevant for onboard prediction of braking distance
Autor diplomové práce:	Bc. Petr Hrych, České vysoké učení technické v Praze
Oponent:	Ing. Pavel Trnka PhD., Honeywell spol. s r.o.
Datum:	29. května 2020

Diplomová práce Petra Hrycha si klade za cíl navrhnout postup a algoritmy pro průběžný odhad parametrů modelu tramvaje pro predikci její brzdné dráhy.

Přístup k zadanému úkolu a způsob řešení

Diplomant nejprve vytvořil pohybový model tramvaje relevantní pro predikci brzdné dráhy. Tento model vyžaduje parametry, které jsou pro danou tramvaj v čase konstantní a parametry, které se při jízdě mění.

Konstantní parametry modelu jsou dány konstrukcí a geometrií tramvaje a je možné je odhadnout z off-line experimentálních dat. Klíčové časově proměnné parametry jsou pak hmotnost tramvaje, která se mění s počtem cestujících a koeficienty adheze, které jsou závislé na aktuálním stavu kolejí. Tyto parametry je třeba odhadovat průběžně. Do modelu také vstupuje poruchový signál, kterým je sklon tratě. Ten lze předpočítat z geografických podkladů.

Model má rozumnou složitost. V rovnici 2.10 nevhodně kombinuje výkon a krouticí moment, ale to nemá na funkčnost vliv.

Podstatnou částí diplomové práce je sběr telemetrických dat a jejich zpracování. Data byla současně sbírána z inerciální jednotky, z GPS modulu a z komunikačního modulu tramvaje. První úlohou zpracování dat je filtrace dat a výpočet signálů polohy, rychlosti a zrychlení. Uvedený postup by se dal nahradit vhodnější fúzí dat pomocí Kalmanových filtrů, což je pro pohybová data standardní úloha.

Dalším navrženým postupem je předpočítání sklonu kolejí na základě dostupných kartografických dat. V tomto kroku je důležitá vhodná filtrace dat. Místo použití kauzálních IIR filtrů by mi přišlo vhodnější použít nekauzální filtry jako například Savitzky-Golay, které nezkrusují tvar signálu a přímo poskytují derivaci.

Poměrně nešťastnou komplikací celé diplomové práce byla nedostupnost dat aktuálního výkonu motoru nebo alespoň data o aktuální poloze akcelerační páky. Diplomant navrhl postup jak tato chybějící data odhadnout pomocí faktu, že akcelerační páka má pouze několik poloh a v datech je zřetelná kvantizace zrychlení.

Dalším navrženým postupem je odhad koeficientů odporu vzduchu z vybraných úseků dat, kdy je akcelerační páka v neutrální poloze. Poslední kapitola popisuje odhad koeficientů pro krouticí moment akcelerační páky a odhad hmotnosti. Chyba odhadu hmotnosti v závislosti na délce okna je na obrázku 7.6. Ukazuje se, že s rostoucí délkou okna se chyba zvětšuje, což jak diplomant píše, znamená, že model není dostatečně přesný pro odhad hmotnosti a to hlavně díky chybějícímu výkonu motoru.

Rozsah realizace

Výsledkem práce je postup a algoritmy v Matlabu pro zpracování telemetrie z tramvaje pro účel odhadování parametrů modelu pro predikci brzdné dráhy. Vše je demonstrováno na off-line experimentálních datech.

V práci není dořešen průběžný odhad parametrů modelu adheze, který je pro odhad brzdné dráhy důležitý. Jsou v ní navrženy čtyři sady parametrů pro typické stavy kolejí od suchých až po namrzlé. On-line algoritmus by

mohl vyhodnocovat, který model je nejvěrohodnější pomocí sady Kalmanových filtrů, což je poměrně robustní řešení, které se běžně používá.

Navržené odhadování hmotnosti tramvaje pomocí grey-box identifikace v Matlabu také není „real-time estimation“. Už třeba jenom kvůli tomu, že použitý příkaz System Identification Toolboxu nepodporuje Matlab Coder a cesta ke kódu pro cílovou platformu by ještě byla pracná.

Formální a jazyková úroveň práce

Diplomová práce je vypracována v angličtině – anglické formulace odpovídají standardům technických textů. Grafické zpracování, sazba a grafy jsou na velmi dobré úrovni.

Přehled dostupné literatury a relevantních zdrojů

Rozsah referencované literatury je skromný, ale pro zaměření práce dostatečný. Způsob citování odpovídá standardům.

Splnění zadání

Diplomová práce kombinuje praktické aktivity sběru experimentálních dat, jejich zpracování pro odhad konstantních parametrů modelu a návrhy algoritmů pro průběžné odhadování časově proměnných parametrů modelu. Díky obtížím se sběrem dat je stěžejní část práce věnována zpracování dat a řešení chybějících dat. Návrh algoritmů pro průběžné odhady parametrů je pouze rozpracovaný. Rozumným důvodem může být, že na dostupných datech bez chybějících signálů by zřejmě nefungoval. Z tohoto pohledu diplomová práce splnila zadání.

Návrh klasifikace

Vzhledem k výše uvedenému a ke kvalitě zpracování navrhuji klasifikaci „**A – výborně**“.

Datum: 29. května 2020 / Praha

Ing. Pavel Trnka, PhD.