

Nová metoda pro odhad vlastností poruch působící na inerciální senzory

Oliver Kost¹

1 Úvod

Moderní metody zpracování signálu, detekce poruch či automatického řízení vyžadují detailní matematický model uvažovaného systému či procesu. Kvalita modelu je klíčová pro získání kvalitního odhadu signálu, poruchy nebo řízení. Špatný popis systému či procesu, jehož výsledkem je nesprávný model, který je použitý při zpracování signálu nebo automatickém řízení, v lepších případech působí zhoršení kvality odhadu signálu nebo řízení. V horších případech způsobí nesprávný odhad signálu nebo v případě automatického řízení i nestabilitu řízeného systému.

Matematický model popisující systém se skládá jak z deterministické, tak i stochastické části, jak bylo diskutováno v M. Šimandl (2011). Deterministická část popisuje vztahy či zákony, které jsou známé v dané oblasti, ať už z fyziky, chemie, kinematiky nebo ekonomiky. Stochastická část popisuje či kvantifikuje neznalost či neurčitost působící na systém, kterou lze reprezentovat jako poruchu. Problém s touto stochastickou částí lze spatřit jak v popisu či modelu poruchy, tak i ve způsobu jeho nalezení.

Otázkou tedy je, jak zjistit vlastnosti poruch. Od 70. let minulého století existuje snaha zjistit popis poruch pro stavově reprezentované popisy systému. Od té doby vzniklo mnoho metod, které mají ovšem mnoho předpokladů, vlastností a omezení, jež jsou pojednávány například v B. J. Odelson et al. (2006) a J. Duník et al. (2009). Je důležité říci, že tyto metody jsou v mnoha případech numerické a tím pádem v mnoha případech nelze dokázat nestrannost odhadu metody. Proto je zde také rozvíjena metoda navržená v B. J. Odelson et al. (2006). Tato autokovarianční metoda pro odhad kovariančních matic poruch, v anglicky psané literatuře označovaná autocovariance least-squares method, zkráceně ACLS, je analyticky odvozená a poskytuje, na rozdíl od většiny ostatních metod, nestranné odhady.

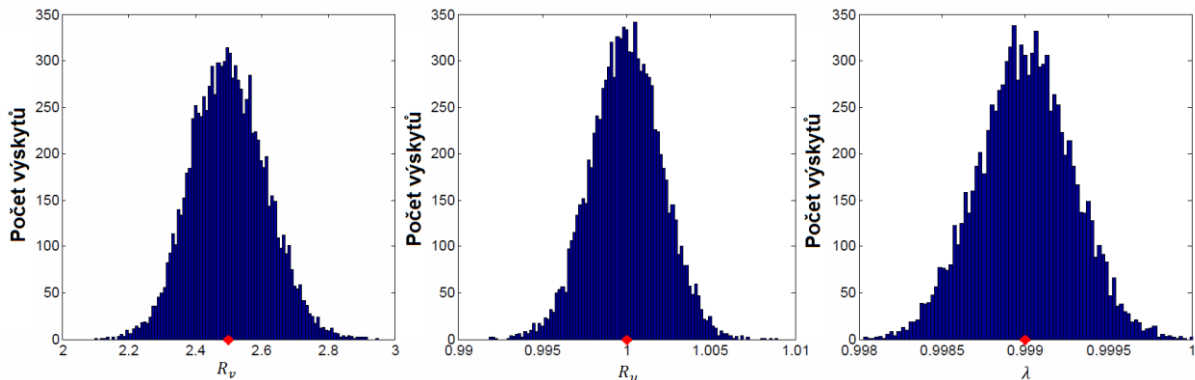
2 Rozšířená metoda ACLS pro odhad poruch působící na inerciální senzory

Metoda ACLS využívá chyby odhadu lineárního filtru a popisu dynamiky chyby predikce. Metoda byla navržena pouze pro lineární časově invariantní stavově popsání systémy, na které působí poruchy mající bílý charakter jak ve stavu, tak i v měření. Tento předpoklad je ale omezující pro systémy, kde porucha měření je časově korelovaná, jako příklad mohou být uvedeny inerciální senzory. Ty se dnes hojně využívají v mnoha aplikacích sahajících od mobilních telefonů po komplexní navigační systémy.

V diplomové práci proto byla metoda ACLS rozšířena o složitější poruchy působící na rovnici měření ve smyslu jejich struktury. Tato struktura byla navržena tak, aby odpovídala struktuře poruch, jež působí na inerciální senzory. Pro takto zvolenou poruchu rozšířená

¹ student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, specializace Automatické řízení, e-mail: kost@ntis.zcu.cz

metoda ACLS dává nestranné odhady. Jako ilustrační příklad byl nasimulován systém bez dynamiky, na jehož výstupu působila kombinace bílého (tj. časově nekorelovaného) a Gauss-Markovského (tj. časově korelovaného) procesu. Pro odhad bylo využito milion vzorků měření a deset tisíc Monte Carlo simulací. Výsledky jsou vyobrazeny v následujícím histogramu:



Obrázek 1: Odhady rozšířené metody ACLS, systém bez dynamiky

Na obrázku je vidět červený křížek, jenž označuje skutečné parametry poruchy a odhadnuté parametry. Je též vidět, že metoda nám poskytla nestranné odhady.

Pro odhad poruch působících na inerciální senzory se dnes standardně využívá metody založené na Allanově varianci diskutované například v J. A. Farrell (2008). Tuto identifikační metodu využívá též firma Honeywell, která svou činností zasahuje do mnoha odvětví, mimo jiné i do navigace a řízení letadel, kde metodu založenou na Allanově varianci využívá pro kalibraci inerciálních senzorů. Proto jsme v rámci společného projektu požádali firmu Honeywell, aby nám vyhodnotila ta samá naměřená data, jež byla využita pro identifikaci pomocí rozšířené metody ACLS a vykreslena na obr. 1. Porovnání výsledků těchto dvou metod lze vidět v následující tabulce.

	Skutečné parametry	Allanova variance	Rozšířená ACLS
R_v	2.5013	2.4761	2.5013
R_u	1	1.0157	1.0000
λ	0.999	0.9991	0.9990

Tabulka 1: Výsledky metody Allanovy variance a rozšířené metody ACLS

Jak je vidět v tab. 1, rozšířená metoda ACLS nám poskytla nestranné odhady vlastností poruch, kdežto metoda založená na Allanově varianci nám poskytla solidní, avšak stranné odhady vlastností poruch.

Výsledky této práce byly též shrnuty v odborném článku jež byl přijat na konferenci Fusion 2015.

Literatura

- M. Šimandl, Identifikace systémů a filtrace. Plzeň: Západočeská univerzita, 184s., 2011.
- B. J. Odelson, M. R. Rajamani, and J. B. Rawlings, "A new autocovariance least-squares method for estimating noise covariances," Automatica, vol. 42, no. 2, pp. 303–308s., 2006.
- J. Duník, M. Šimandl, and O. Straka, "Methods for estimating state and measurement noise covariance matrices: Aspects and comparison," in Proceedings of 15th IFAC Symposium on System Identification, Saint-Malo, France, July 2009.
- J. A. Farrell, Aided Navigation - GPS with High Rate Sensors. McGraw Hill, 2008.