

Hrubá cenová nabídka k projektu

# „Návrh algoritmu odhadování stavu pro řídicí systém bezpilotního letadla“

*Dne 26.6.2011*

*Zákazník: VTÚLaPVO*

*Řešitel: Ing. Jaromír Dvořák*

## **Stručná specifikace zadání projektu:**

Jedná se o návrh, syntézu a verifikaci algoritmu, jehož vstupem jsou data z palubních senzorů a výstupem odhad stavu letadla. Stavem letadla rozumíme:

- orientaci v inerciální (navigační) vztažné soustavě,
- polohu v inerciální (navigační) vztažné soustavě,
- aerodynamické veličiny: úhel náběhu, úhel vybočení, případně další (rychlost a směr větru, ...)
- případné kalibrační hodnoty některých senzorů (offsety, citlivosti, ...)

a samozřejmě jejich příslušné časové změny. Palubními senzory rozumíme:

- akcelerometr,
- magnetometr,
- gyro,
- GPS,
- barometr,
- Pitotova trubice,
- případné další.

Algoritmus musí být schopen odhadovat stav, který může být úspěšně použit pro řízení letadla vestibulárním regulátorem a navigačním subsystémem. Cílem projektu je tímto způsobem zlepšit současný systém řízení letu.

## **Analýza problému a návrh řešení:**

V terminologii řídicí techniky lze tento algoritmus nazvat „pozorovatelem stavu“. Jedná se o soustavu časových diferenciálních rovnic, či algoritmus s vnitřním stavem, jenž pracuje v čase. Pozorovatel pracuje s modelem letadla a senzorů se všemi vnitřními vazbami a snaží se o co nejlepší odhad stavu, s použitím známých naměřených průběhů relevantních veličin (senzory). Speciálním případem nelineárního pozorovatele je tzv. rozšířený Kalmanův filtr.

Syntéza nelineárního pozorovatele spadá do pokročilé teorie řízení. Nicméně, skutečně reálně použitelný algoritmus vyžaduje rovněž mnoho praktických aspektů a úprav a také jistou dávku „inženýrské intuice“, umožňující efektivní spojení teorie s praxí. Jeho návrh a ladění musí být iterativní process (sdola-nahoru), průběžně verifikovaný na reálných datech. S ohledem na bohaté předchozí praktické zkušenosti v této oblasti nabízím své služby pro návrh.

## Etapy projektu a časový odhad:

1. **Průvodní rešerše.** Analýza modelu, průzkum existujících řešení podobných problémů, analýza možností a iniciální návrh postupu řešení. Výsledek: Ujasnění možností a konzultace s týmem VTÚL. Značné upřesnění představy o možnostech, odhadu finanční a časové náročnosti. Pesimistický časový odhad: **2 týdny** včetně rezervy.
  
2. **První verze algoritmu**
  - a. **Syntéza a ověření základní funkce první verze algoritmu.** Algoritmus bude pracovat s modelem v bezvětřném stavu a bude odhadovat pouze úhlové složky (orientace, úhel náběhu, úhel vybočení), případně lineární zrychlení a kompenzovat tak jeho vliv na akcelerometr. Výsledek: implementace algoritmu v některém z dostupných softwarových modelovacích nástrojů. Ověření na obecném modelu letadla. Pesimistický časový odhad: **4-6 týdnů** včetně rezervy.
  
  - b. **Ladění a verifikace na reálných datech.** Použití existujícího simulátoru hardware-in-the-loop pro verifikaci. Iterativní ladění a případná úprava algoritmu. Výsledek: zpráva o navrženém algoritmu. Detailní seznámení týmu VTÚL s navrženým algoritmem, příprava k implementaci. *Algoritmus přinese nesporné výhody do stávajícího systému řízení letu.* Pesimistický časový odhad: **6-8 týdnů** včetně rezervy.
  
3. **Pokročilá verze algoritmu**
  - a. **Jde o rozšíření již navrženého algoritmu o možnost odhadu translačních veličin (poloha, rychlost), případně rozšíření modelu o povětrnostní vlivy a jejich odhad.** Vzhledem k absolutní závislosti na průběhu předchozích etap a výsledku průvodní rešerše nelze v této chvíli časový ani finanční odhad uskutečnit. Spodní hranice trvání této etapy je 0 dní (Je například možné, že přítomnost odhadu translačních veličin bude neoddelitelnou součástí již druhé etapy) a horní hranice včetně verifikace je další 4 měsíce.

## Finanční odhad a cenová nabídka:

Z výše uvedených důvodů hrubý odhad v tomto dokumentu **omezím pouze na první dvě etapy**, jež dohromady činí 3 až 4 měsíce, tj. 60 – 80 pracovních dnů. Vzhledem k závislosti odhadu na výsledcích průvodní rešerše se přikloním raději k vytížení až 80% z osmihodinové pracovní doby. Výsledná částka tedy při základní inženýrské sazbě 300,- Kč na jednu hodinu zhruba činí 115 000,- až 160 000,- Kč. Při zohlednění rezervy pro případné neočekávané problémy, či ocenění již konzultované možné pomoci odborných kolegů z FEL ČVUT si dovoluji nastínit finální odhad částky:

**150 000,- až 200 000,- Kč**

Při reálném či optimistickém průběhu řešení bude tato částka samozřejmě zahrnovat i jiné aspekty a prémiové výsledky. Po provedení průvodní rešerše bude k dispozici odhad poslední etapy.

**Návrh způsobu vyplácení:**

- Lze sestavit smlouvu o díle.
- Zhruba 5 000,- až 10 000,- Kč z finální částky bude měsíčně účtováno na prostředky, cestovné a provoz vývojového pracoviště.
- Zbytek z dohodnuté finální částky bude vyfakturován až po úspěšném dosažení všech vymezených výsledků.
- Při nedodržení uvedených termínů/výplat budou ve smlouvě jasně vymezeny sankce pro řešitele/zákazníka.

**Přílohy:**

Ing. Jaromír Dvořák - životopis