

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Vehicle states estimation</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. Karim Al Reyahi</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra řídicí techniky
<b>Vedoucí práce:</b>	Ing. Tomáš Haniš, Ph.D.
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	Katedra řídicí techniky, ČVUT FEL

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b> <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	<b>mimořádně náročné</b>
Diplomová práce se zabývá návrhem algoritmů filtrace a odhadování stavů dynamiky vozu pro potřeby řídicích systémů. Dynamika vozu je z principu značně nelineární (nonlinearity dané transformací souřadnic, nelinearita pneumatik). Navržený systém dále odhaduje neměřitelné fyzikální vlastnosti systému jako je maximum koeficientu tření pro jednotlivé nápravy. Z těchto důvodů byl zvolen Extended Kalman algoritmus, který přirozeně zahrnuje systémové nelinearity.	
<b>Splnění zadání</b> <i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	<b>splněno</b>
Student zadání splnil ve všech bodech v plné míře	
<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	
Student byl velmi aktivní, na dohodnuté termíny chodil připraven.	
<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Předložená práce je odpovídající teoretické úrovni. Student byl schopen použít teoretické výsledky a aplikovat je na reálný problém průmyslové úrovně s reálnými daty.	
<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Předložená práce je v anglickém jazyce a plně odpovídá rozsahem a formou.	
<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Student prokázal schopnost pracovat s literaturou a plně využít teoretické znalosti, které získal během studia.	
<b>Další komentáře a hodnocení</b>	
<i>Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.</i>	

Student se dobře zorientoval v problematice a dodal řešení využívající poslední poznatky v oblasti systémů řízen navázané na relevantní problematiku průmyslové úrovně.

### **III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE**

Student naimplementoval model nelineární dynamiky vozu, kterou validoval s realnými daty. Dále neimplementoval a naladil Extended Kalman filter algoritmus pro odhad stavu vozu, kde nejdůležitější je neměřitý úhel vybočení vozu. Důležitou součástí je odhad maximální hodnoty koeficientu tření pro jednotlivé nápravy. V neposlední řadě byl algoritmus úspěšně nasazen na realistická měření, která byla získána ve spolupráci s týmem eForce Formula Student.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 31.5.2019

Podpis:

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	Vehicle states estimation
<b>Jméno autora:</b>	Bc. Karim Al Reyahi
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Departement of Control Engineering
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Jaroslav Pekař, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Garrett Motion Czech Republic s.r.o.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Modeling and estimation of states of a vehicle is an important topic in today's automotive industry. The focus of thesis is on developing estimators for longitudinal and lateral vehicle velocity, and vehicle yaw rate. Furthermore, estimation of tire parameters is also part of the thesis. Especially that part is usually very challenging as it involves development of highly nonlinear models and observers. Also, validation, like accuracy and robustness of estimates, is challenging especially in a real vehicle.</p>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno s menšími výhradami</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
<p>According to the thesis guidelines, it was required to measure/estimate longitudinal and lateral velocity, and yaw rate. However, in the experimental part, there is no evaluation of lateral velocity accuracy. The lateral velocity was estimated (via sideslip angle), but the results were not properly documented. Other variables, longitudinal velocity and yaw rate are shown and discussed in Chapter 5. Estimated tire parameters are documented in the same chapter. This has a minor impact on the overall quality of the thesis.</p>	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>The solution of the problem is appropriate and correct. The first step is to create a model of a suitable complexity, which has been done in Chapter 2. The second step is to choose and design an appropriate estimation approach, in this case Kalman Filter (Chapter 9). Finally, the results are validated using real data obtained from eForce Formula (Chapter 5).</p>	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>Technical level of the work is good. The student demonstrated his balanced theoretical and engineering knowledge by application of theoretical approaches (modeling, Kalman Filter) to a practical problem using real data for eForce Formula. Although the technical part of the work seems to be good, the documentation of the work is of a lower quality and is an area for further development (text written under time pressure?).</p>	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>C - dobře</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
<p>The thesis structure is appropriate. However, the overall quality and clarity would need some improvements. For example, Chapter 4 is devoted to Kalman Filter (KF). The recommendation would be to use literature references to well-studied KF rather than providing too many details on KF fundamentals. Also, the results in the experimental part are not well documented in Chapter 5. For example, missing details about numerical values of model parameters. Section 6.3 and 6.4</p>	

introduce metrics suitable for estimation accuracy assessment, but they are not applied to the results. Thesis is written in English language of a good level.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**B - velmi dobře**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

It seems that bibliography is at good level. All sources are clearly cited and marked, including pictures. Number of cited sources (34) is as expected for a thesis of this type.

**Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

The results of the thesis can be used as a basis of a more complex system to reconstruct the vehicle state. Knowledge of vehicle state variables is crucial for practical applications like advanced control, monitoring and safety, going towards ADAS and autonomous driving.

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

The topic of the thesis is complex. It requires a combination of deep knowledge of vehicle dynamic together with good theoretical background in dynamic system modeling and estimation. I think that the student demonstrated both, including a sense for engineering as he was able to demonstrate application to real data. I like the structure and flow of the thesis. On the other hand, I think that the clarity of the text could be better, including better documentation of achieved simulated and experimental results.

Proposed questions for discussion:

- Discuss in more details purpose of Figure 5.2 and what can be seen there.
- Explain the drift of the model visible in Figure 5.7. Why the drift is there and how it could be improved?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 1.6.2019

Podpis: