



Analytické metody v motorsportu

Bronislav Růžička

 ústav
konstruování

Ústav konstruování – Odbor konstruování strojů

Fakulta strojního inženýrství
Vysoké učení technické v Brně

Pojednání ke státní doktorské zkoušce

29. června 2011, FSI VUT v Brně, Česká republika

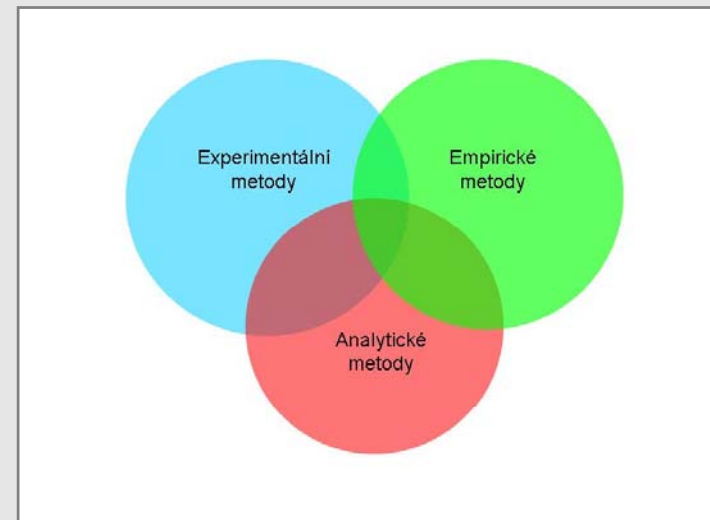
Obsah prezentace

- Formulace problému
- Shrnutí současného stavu poznání
- Zhodnocení poznatků na základě rešerše
- Vymezení cílů práce a způsob řešení
- Současný stav řešení



Formulace problému

- Analýza výkonnosti vozu a jezdce zpracováním velkého množství dat
- Identifikace vzájemných závislostí změn nastavovacích prvků a jízdní dynamiky vozidla
- Nalezení vhodného nastavení závodního vozidla v reálných podmínkách
- Omezené časové možnosti pro klíčové rozhodnutí
- Efektivnost jednotlivých metod pro proces optimalizace vozidla



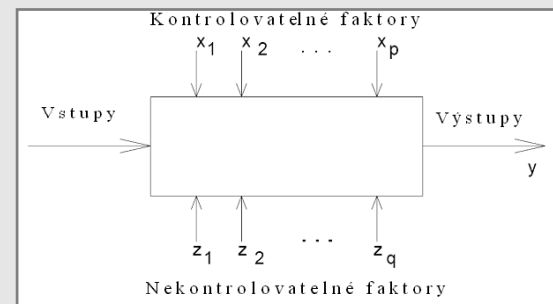
Shrnutí současného stavu poznání

Přístupy pro analýzu výkonnosti vozidla

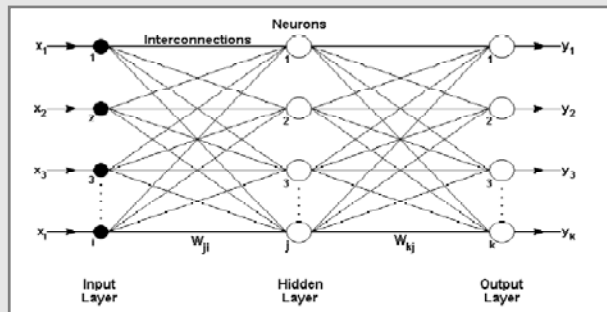
■ Standardní datové analýzy



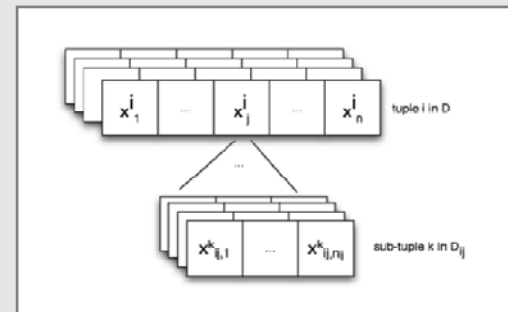
■ Metody řízeného experimentu



■ Využití prvků umělé inteligence



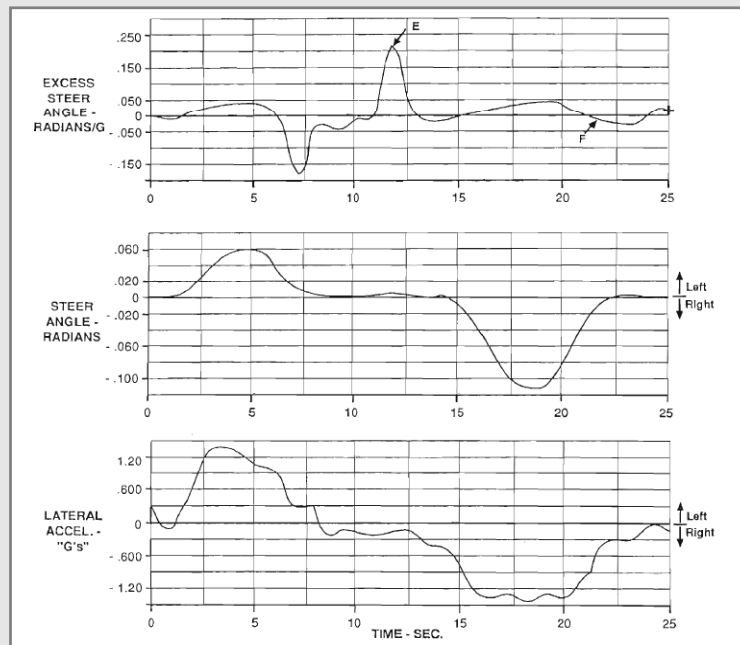
■ Multivariační analýzy dat



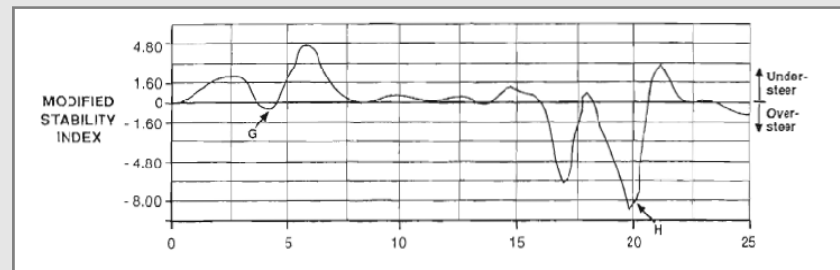
Shrnutí současného stavu poznání

Standardní datové analýzy

■ Replogle (1994)



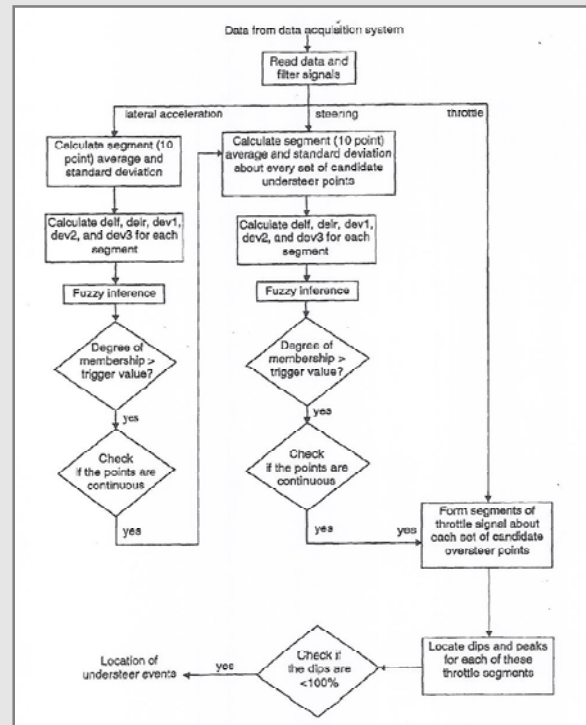
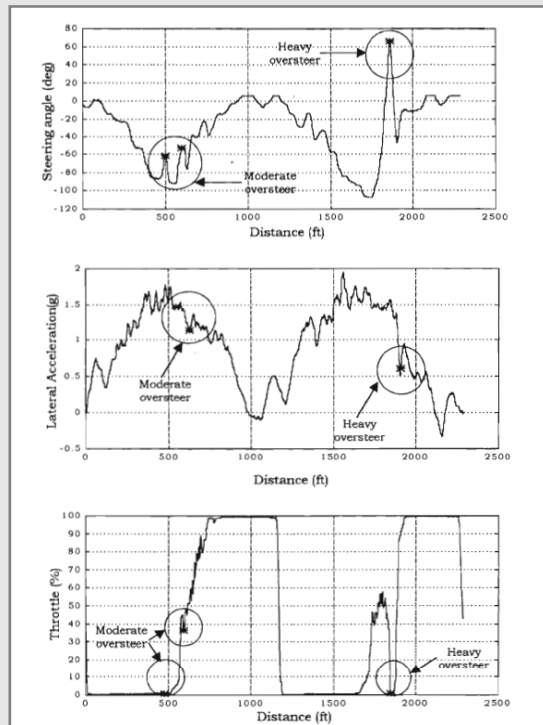
- Návrh několika indikátorů pro hodnocení stability vozidla
- Správná interpretace signálů vyžaduje dobrou znalost jízdní dynamiky vozidla
- Vyjadřuje pouze aktuální úroveň výkonnosti vozidla bez další vazby na změny v jeho nastavení
- Nedokáže eliminovat vliv jezdce pro účely samostatného hodnocení vozidla



Shrnutí současného stavu poznání

Standardní datové analýzy

■ Vaduri, Law, Martin (1999,2000,2002)

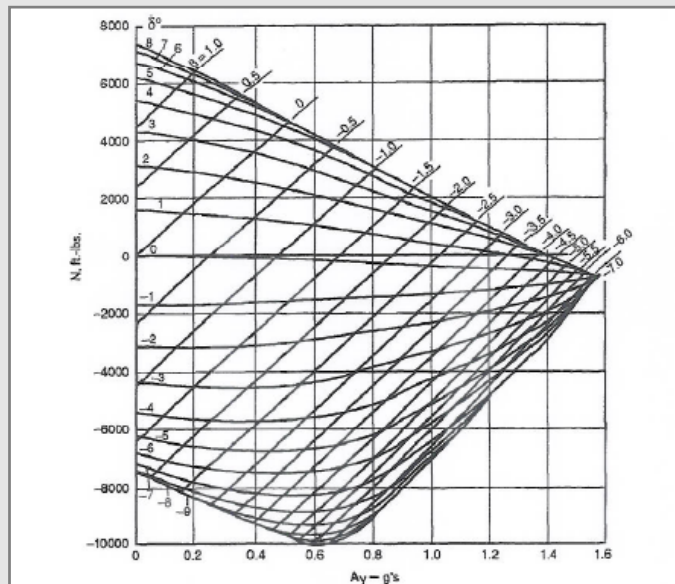


- Aplikace fuzzy logiky umožňující více-parametrický vstup
- Identifikace stability vozidla v zatáčke
- Rozšíření na jednoduchou formu expertního systému umožňující hodnocení výkonnosti jezdce i vozidla
- Nezabývá se řešením závislostí mezi úrovní nastavení a stabilitou vozidla

Shrnutí současného stavu poznání

Standardní datové analýzy

■ Milliken a kol. (1994)



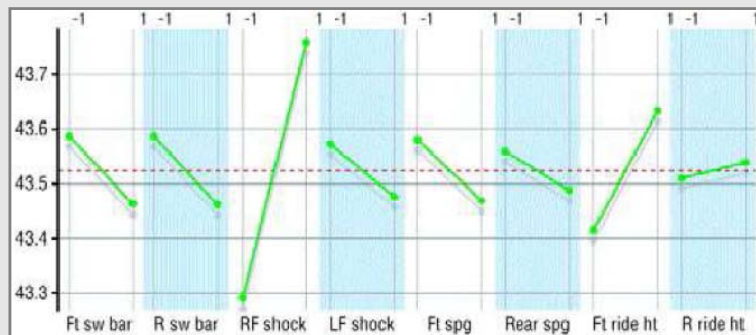
- Využití silově-momentového diagramu pro identifikaci základní dynamické charakteristiky vozidla
- Možnost nezávislého hodnocení využití potenciálu výkonosti vozidla i jezdce
- Nelze identifikovat parciální vlivy jednotlivých prvků nastavení vozidla při jejich současné změně
- Vyšší náročnost při zajištění vstupů k vytvoření diagramu
- Nutnost modifikace grafu pro každou změnu podmínek (rychlost , hmotnost apod.)

Shrnutí současného stavu poznání

Metody řízeného experimentu

- Hill (2001) , Byam a kol. (2003) , Theander (2004)

Test Number	Front sway bar	Rear Sway Bar	RF Shock	LF Shock	Front Spring	Rear Spring	Frt. Ride Height	Rear Ride Height
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	+	+	+	+	-
3	-	-	+	-	+	+	-	+
4	-	-	+	+	-	-	-	+
5	-	+	-	-	+	-	+	+
6	-	+	-	+	-	+	-	+
7	-	+	+	-	-	+	+	-
8	-	+	+	+	+	-	-	-
9	+	-	-	-	-	+	+	+
10	+	-	-	-	-	+	+	+
11	+	-	+	-	+	-	+	-
12	+	-	+	+	-	+	-	-
13	+	-	+	-	+	-	+	-
14	+	+	-	-	+	+	-	-
15	+	+	+	-	-	-	-	+
16	+	+	+	+	+	+	+	+

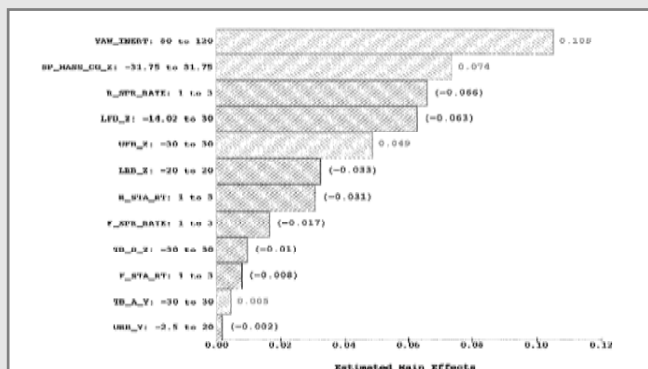
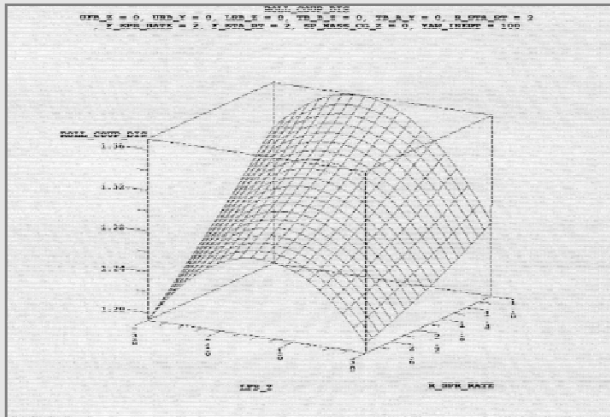


- DOE dokáže poskytnout důležité informace o vlivu jednotlivých seřizovacích prvků na výkonnost vozidla.
- Míru neúplnosti sestavení faktorového plánu je nutno volit s ohledem na časovou úsporu provedení vs. minimalizaci rizika ztráty klíčových informací (výhodnější Taguchiho metoda)
- Výběr vhodných faktorů i vyhodnocení experimentu vyžaduje jistou úroveň odborných znalostí
- Výstupy DOE nezahrnují detailnější hodnocení příčin vlivu nastavení vozidla na jeho výkonnost

Shrnutí současného stavu poznání

Metody řízeného experimentu

■ Stevens a kol. (1997)

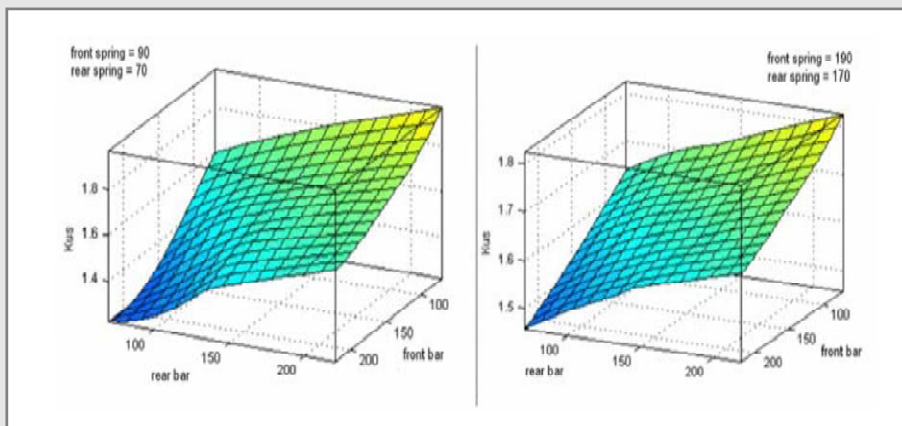
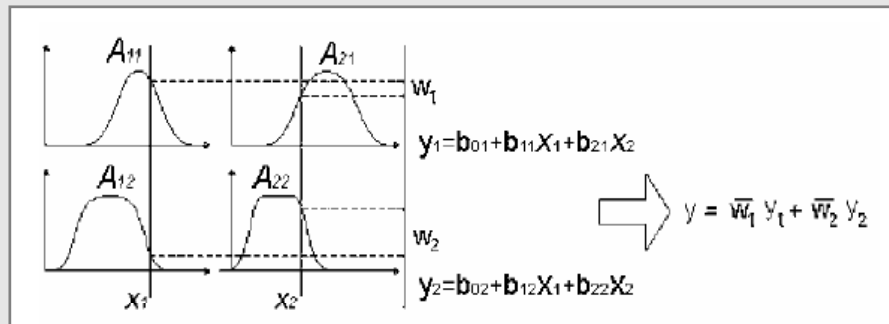


- Metoda plochy odezvy (RSM) obecně vyjádřená jako $R = G(f_1, f_2, \dots, f_n)$ nabízí komplexnější možnost posouzení vzájemné interakce jednotlivých nejdůležitějších faktorů (lokální minima/maxima)
- Omezení pouze na dva faktory a jednu odezvu
- Nevýhodou pro reálné jízdní zkoušky relativně vysoká náročnost provedení celého procesu tj. velký počet experimentů
- Stejně jako ostatní DOE metody, ani princip RSM nedovoluje využití pro detailní analýzu výkonnosti vozidla v jednotlivých úsecích tratě

Shrnutí současného stavu poznání

Využití prvků umělé inteligence

■ Antonini a kol. (2006)

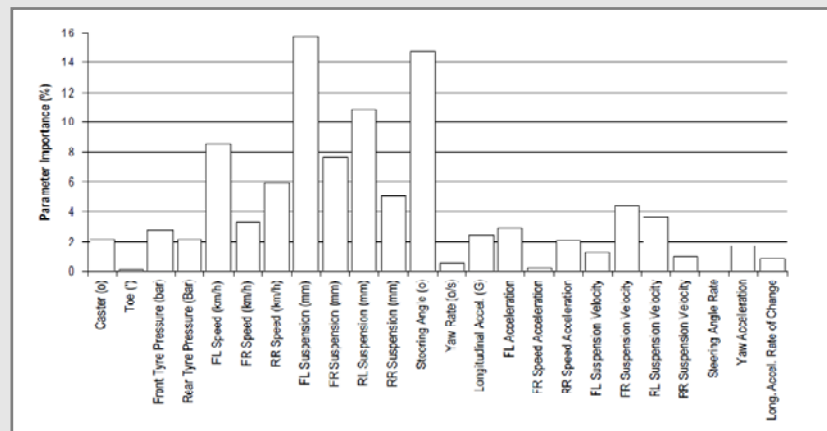
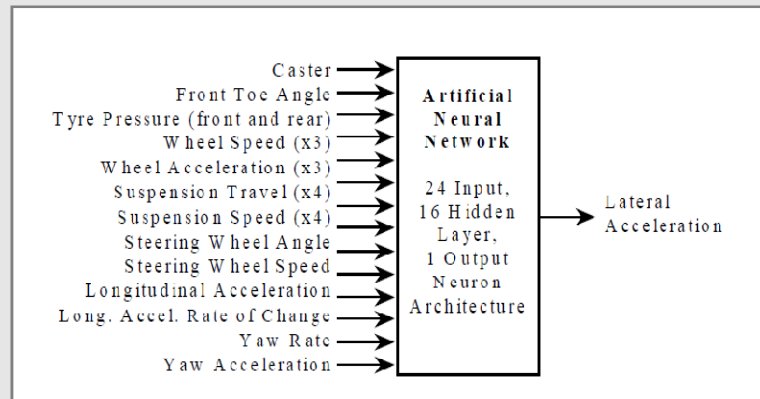


- Využití Neuro-Fuzzy Inference Systemu (ANFIS) pro identifikaci vybraných parametrů nastavení vozidla na jeho jízdní dynamiku
- Výstupy (3D grafy) představují intuitivní nástroj pro závodního inženýra k nalezení vhodného nastavení vozidla
- Proces učení neuronové sítě vyžaduje odpovídající počet vstupů (výsledků testů) s různou kombinací nastavení - >nevýhoda pro reálné testy
- Výstupem je pouze celkové hodnocení vlastností vozu, nelze tedy analyzovat případné kolísání sledovaných atributů na časové ose

Shrnutí současného stavu poznání

Využití prvků umělé inteligence

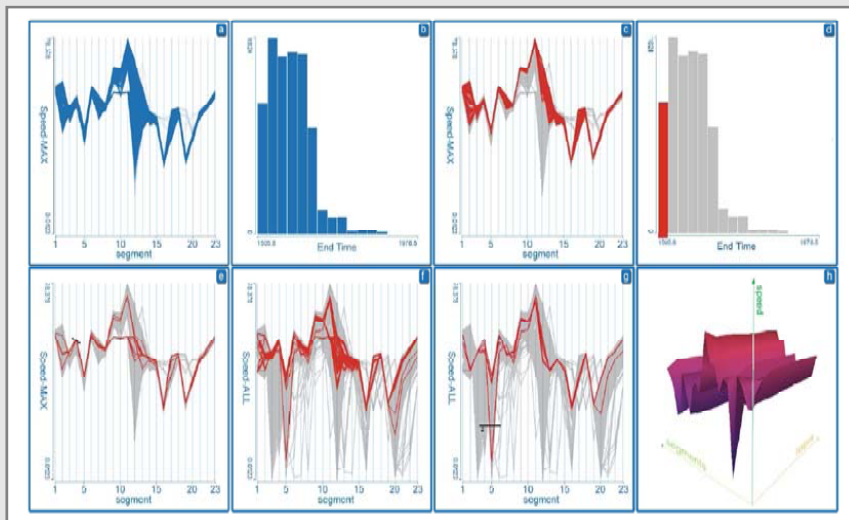
■ Buttler a kol. (2003)



- Aplikace umělé neuronové sítě (ANN) pro identifikaci nejlepší kombinace nastavovacích prvků vozidla z hlediska maximální výkonnosti vozidla
- Nevýhodou postupu je závislost na procesu učení tj. využití výsledků pro výrazně odlišné podmínky může přinést chybné výsledky
- Pro komplexní jízdní režim zahrnující i přechodové stavy může být predikce výkonnosti velmi komplikovaná
- Princip celé metody je určen primárně pouze k nalezení optima, takže výstupem není definování míry interakce jednotlivých parametrů ani analýza na časové ose

Multivariační analýzy dat

■ Matkovic a kol. (2010)



- Interaktivní vizuální analýza příbuzných povrchů prostřednictvím násobných křivek dovoluje komplexnější rozbor vzájemně souvisejících dat
- Možnost zobrazení dat jak v časové ose tak i ve formě statistického vyjádření
- Nevhodná projekce křivek může přinést ztrátu některých informací nebo zanést chyby
- Vytvoření odpovídajícího způsobu zpracování a zobrazení dat do vícedimenzionálních charakteristik může být poměrně komplikovanou záležitostí.

Zhodnocení poznatků na základě rešerše

- Sofistikovanější metody analýz podporují především tvorbu a ověřování matematických modelů pro simulace -> nevhodné pro reálné testy
- Postupy pro komplexnější analýzu výkonnosti vozidla i jezdce se často vyznačují těžkopádností a komplikovaností při praktickém využití
- Metody založené na principu DOE vyžadují systematické dodržování plánu testů, což není vždy možné
- Víceparametrické analýzy dat (jako obecně nejvhodnější kandidát) zaměřené na jízdní dynamiku vozidla nenabízí v současnosti příliš propracovanou metodiku
- Většina navrhovaných postupů postrádá variabilitu resp. komplexnost výstupních informací



Vymezení cílů práce a způsob řešení

Definované cíle

- Komplexnější identifikace hlubších souvislostí vzájemné interakce i individuálního vlivu seřizovacích prvků vozidla na jeho celkovou výkonnost
- Provádění analýz bez nutnosti přesně organizovaných testů
- Robustnost metodiky pro minimalizaci vlivu nestability prostředí (např. výkonnosti jezdce)
- Dosažení zjednodušení procesu analýz i časové úspory prostřednictvím minimalizace počtu nezbytných kroků a jednoznačnou vizualizací výstupů

Způsob řešení

Teoretická část

- Vytvoření modelu vzájemných vazeb (síťový graf)
- Aplikace metody multivariační resp. víceparametrické analýzy dat
- Vytvoření indikátorů k hodnocení dynamiky vozidla v závislosti na funkci nebo změnách nastavení seřizovacích prvků

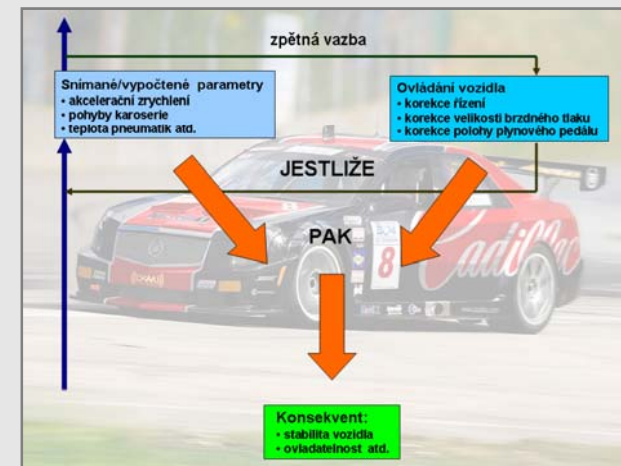
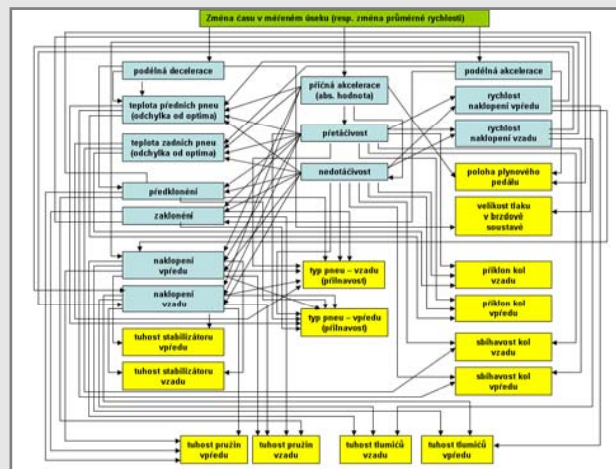
Experimentální část

- Ověření korektnosti výstupů navržené metodiky na reálných datech
- Aplikace metodiky a ověření její funkčnosti při integraci do procesu optimalizace nastavení sportovního vozidla

Současný stav řešení

Teoretická část

- Zmapování problematiky a posouzení vhodnosti různých postupů pro návrh progresivnější metodiky hodnocení výkonnosti sportovních vozidel
- Vytvoření několika obecných studií aplikace síťových grafů pro identifikaci závislostí seřizovacích prvků
- Vytvoření studie aplikace fuzzy logiky pro hodnocení vágních stavů jízdní dynamiky vozidla
- Volba multivariačních analýz dat jako základního prvku pro aplikaci a ověření hlavních funkcí nebo indikátory charakterizující jízdní dynamiku vozidla



Současný stav řešení

Experimentální část

- Definice specifických požadavků při procesu vyhodnocování víceparametrických závislostí. Tyto poznatky byly verifikovány také během reálných jízdních zkoušek stabilizačních systémů (SCS) a brzdových systémů
- Navázání spolupráce s firmou IBS Motor pro zajištění dat ze sportovního automobilu a možnosti potřebných experimentálních měření v reálném prostředí
- Zajištění a příprava měřicí techniky (datalogger, senzory) a ověření nejvhodnějších postupů při zpracování naměřených signálů -> využití profesních zkušeností získaných během působení v TRW Automotive
- Ověření nejvhodnějších přístupů pro vizualizaci dat (analýza jízdních zkoušek TRW Automotive, analýza dat simulátoru sportovního vozu)





Děkuji vám za pozornost

Bronislav Růžička

**ústav
konstruování**

Ústav konstruování – Odbor konstruování strojů

Fakulta strojního inženýrství

Vysoké učení technické v Brně

Pojednání ke státní doktorské zkoušce

29. června 2011, FSI VUT v Brně, Česká republika