

## Analytické metody v motorsportu

Bronislav Růžička

 ústav  
konstruování

**Ústav konstruování – Odbor konstruování strojů**

Fakulta strojního inženýrství  
Vysoké učení technické v Brně

**Přehled aktuálního stavu disertační práce**

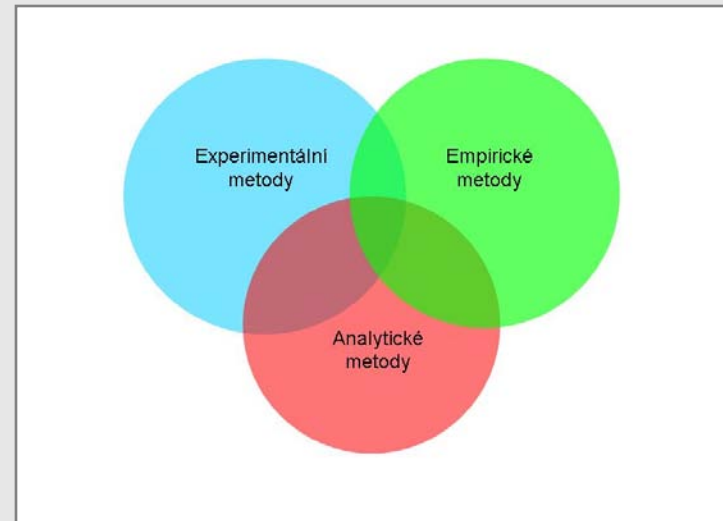
26. června 2013, FSI VUT v Brně, Česká republika

- Formulace problému
- Shrnutí současného stavu poznání
- Cíle disertační práce
- Metody přístupu a způsob návrhu řešení
- Závěr
- Aktuální status práce



# 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

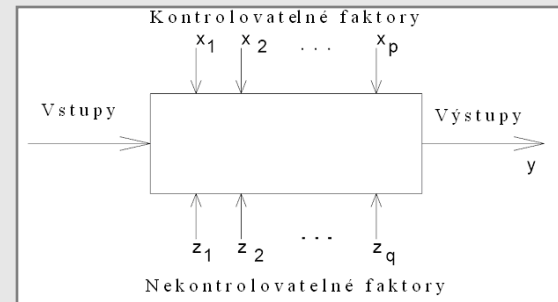


## Přístupy pro analýzu výkonnosti vozidla

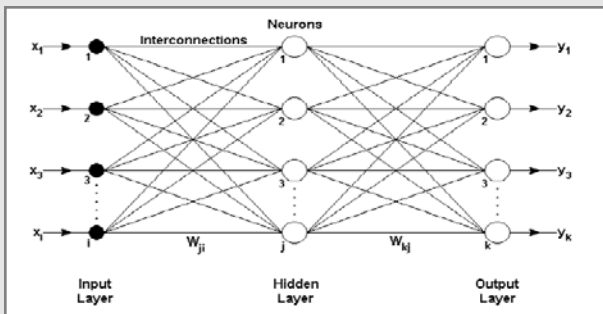
### ■ Standardní datové analýzy



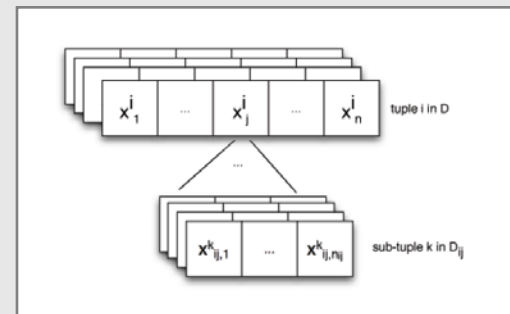
### ■ Metody řízeného experimentu



### ■ Využití prvků umělé inteligence



### ■ Multivariační analýzy dat

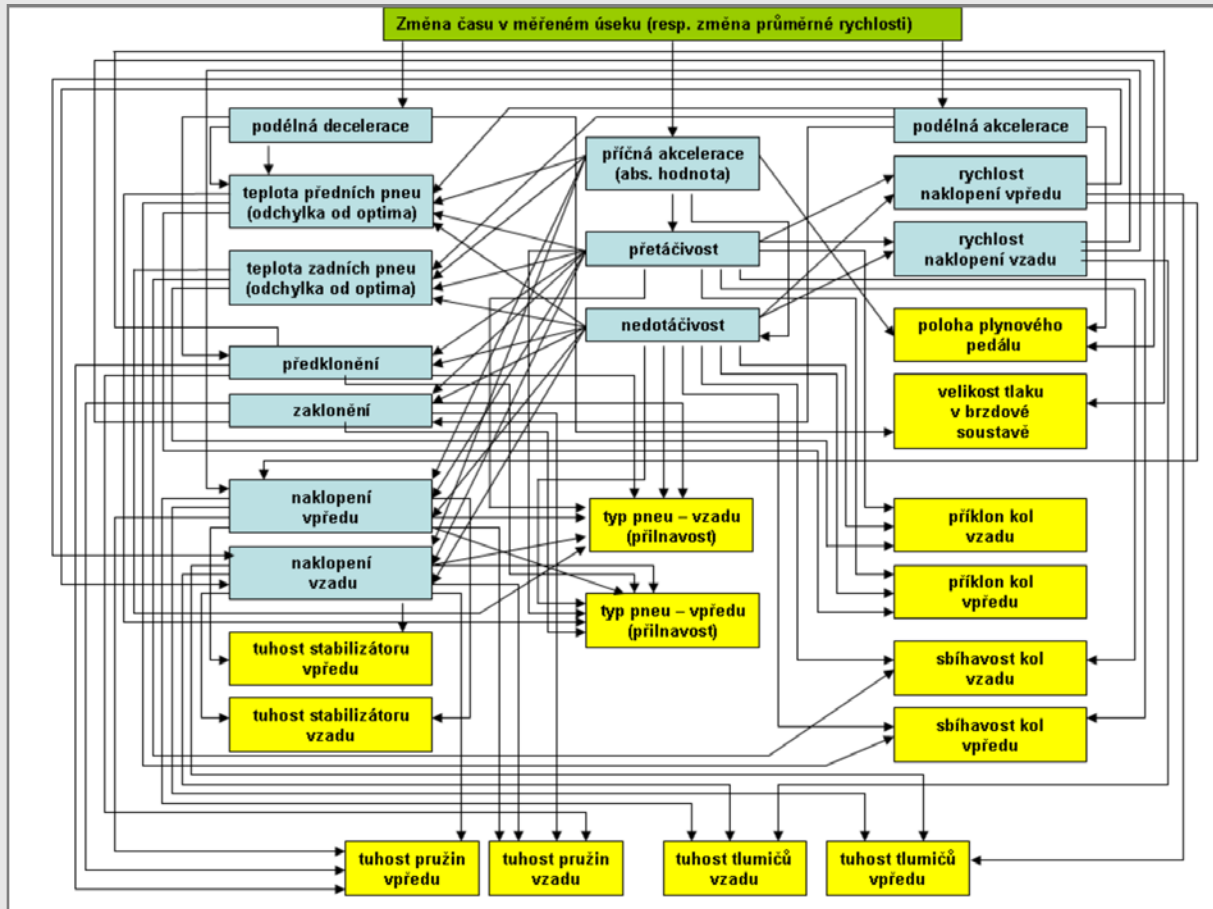


- Výběr a aplikace metody vhodné pro účely vícedimensionální analýzy dat ze sportovního vozu
- Navržení metodiky pro přípravu a vyhodnocení dat
- Vytvoření jednoduché softwarové aplikace pro pre-processing dat (implementace metodiky)
- Ověření metodiky v interaktivním režimu na testovacích datech

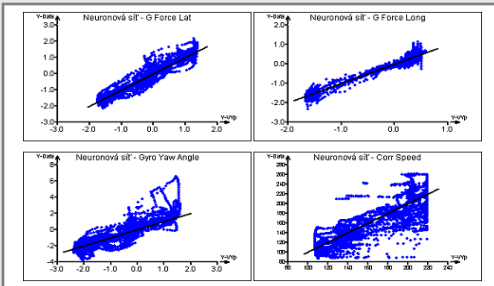


## Definice obecné struktury závislosti vstupů/výstupů pro analýzu

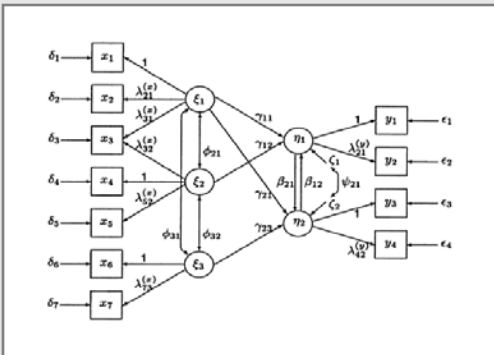
- Síťový graf závislosti => nastavovací prvky podvozku vs. dynamika vozidla



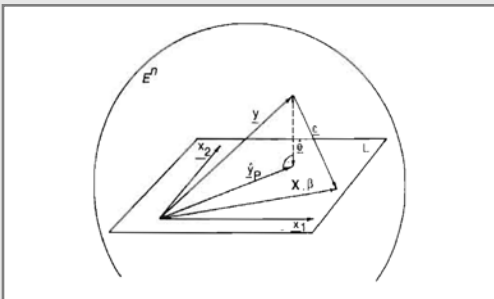
## Výběr vhodného typu výpočtové metody



- Neuronové sítě (ANN)
- + výkonná metoda, podobné aplikace
- časová náročnost výpočtu a tvorby modelu



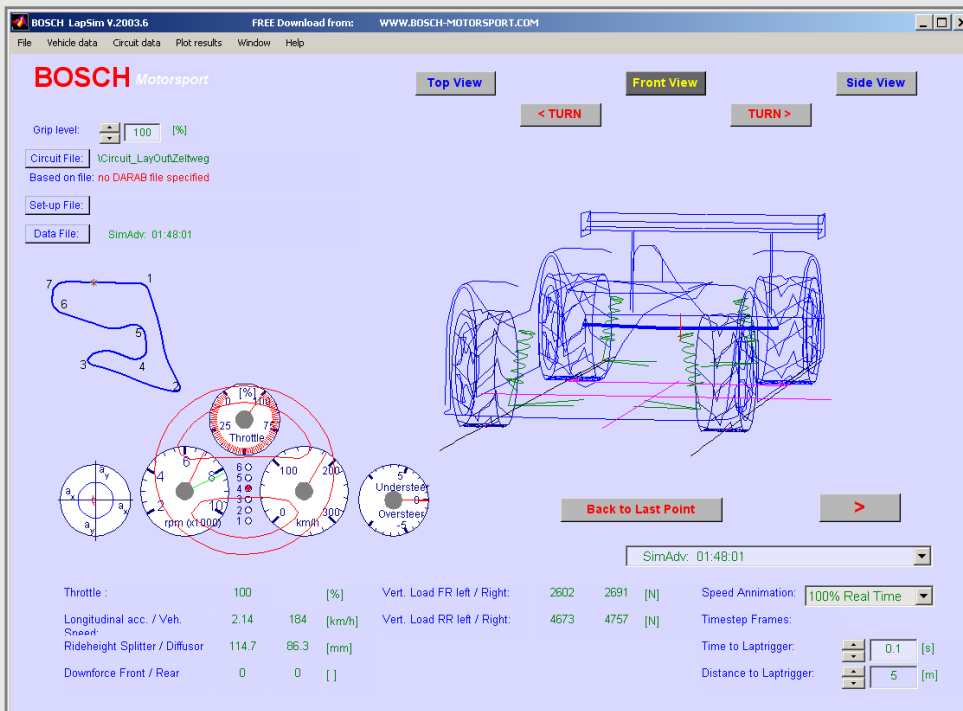
- Strukturální rovnice (SEM)
- + přímá tvorba strukturovaného modelu
- náročnější validace modelu, zkušenosti



- Vícerozměrný regresní model
- + poměrně jednoduchá tvorba a modifikace modelu, ověřená metoda
- relativně vyšší riziko vlivu chyb měření na výsledek

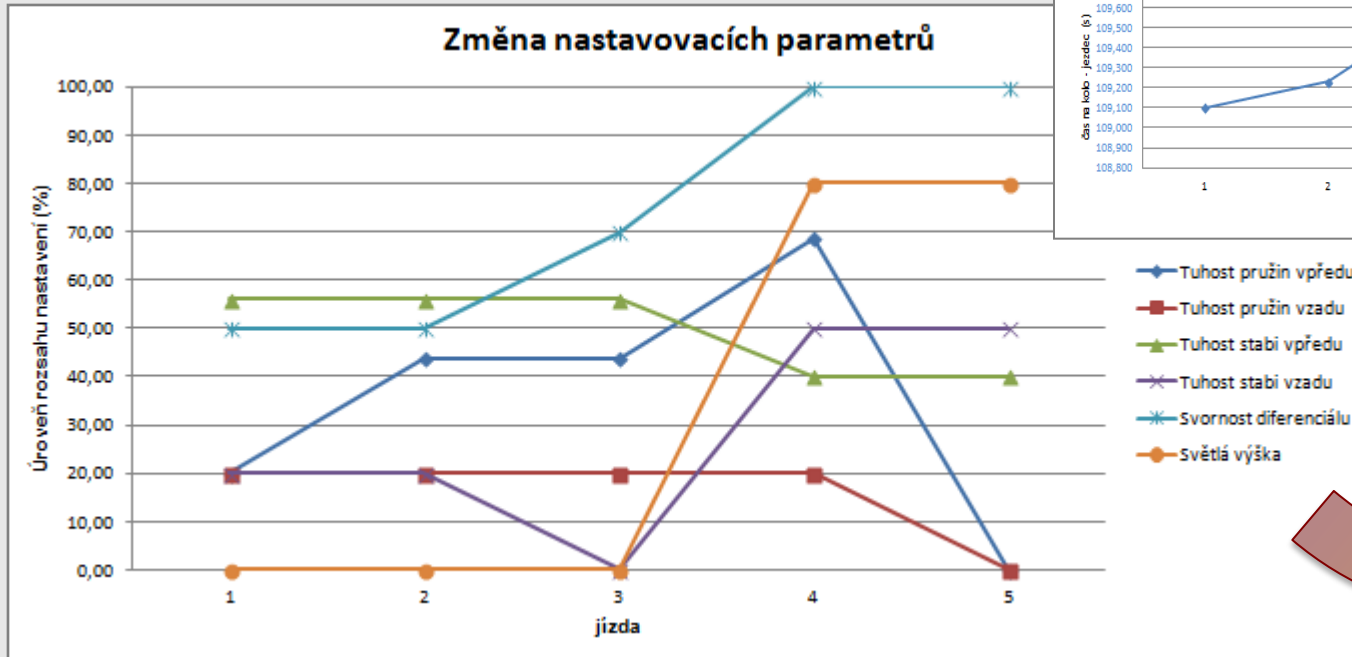
## Experimentální data pro analýzu

- Simulační program Bosch LapSim => možnost interaktivního ověřování vlivu vybraných prvků nastavení vozidla na jeho výkonnost (čas na jedno kolo)



- Redukce počtu vstupních parametrů -> zjednodušení experimentu
- svornost diferenciálu
- světlá výška
- tuhost pružin přední nápravy
- tuhost pružin zadní nápravy
- tuhost stabilizátoru přední nápravy
- tuhost stabilizátoru zadní nápravy

## Vlastní experiment

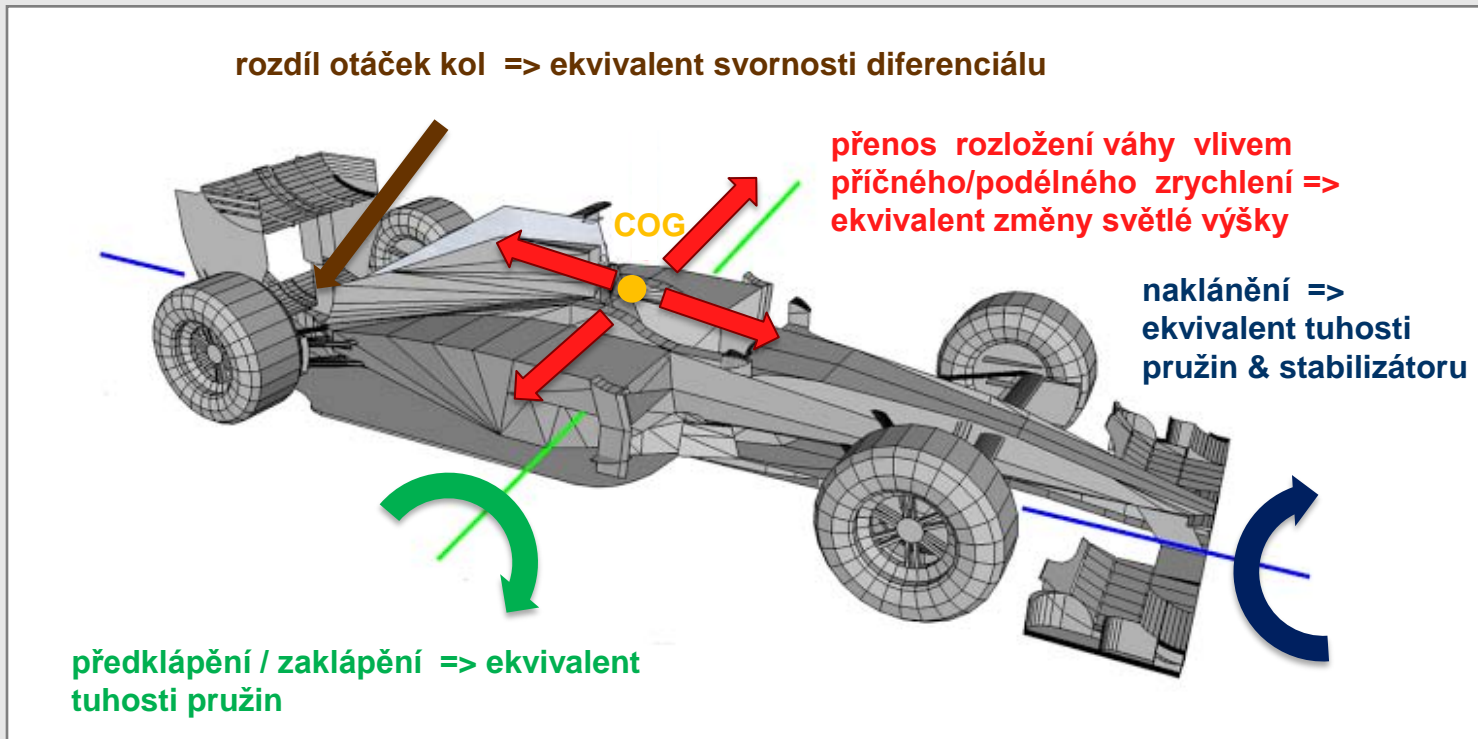


- Tuhost pružin vpředu
- Tuhost pružin vzadu
- ▲ Tuhost stabi vpředu
- × Tuhost stabi vzadu
- \* Svornost diferenciálu
- Světla výška

- Obecný charakter experimentu
- Záměrná korelace nastavovacích parametrů (test statisticky nejméně příznivé kombinace)
- Limitovaný počet jízd odrážející situaci v reálném prostředí
- Volba středně rychlé tratě (Zeltweg) & model běžného sportovního vozidla

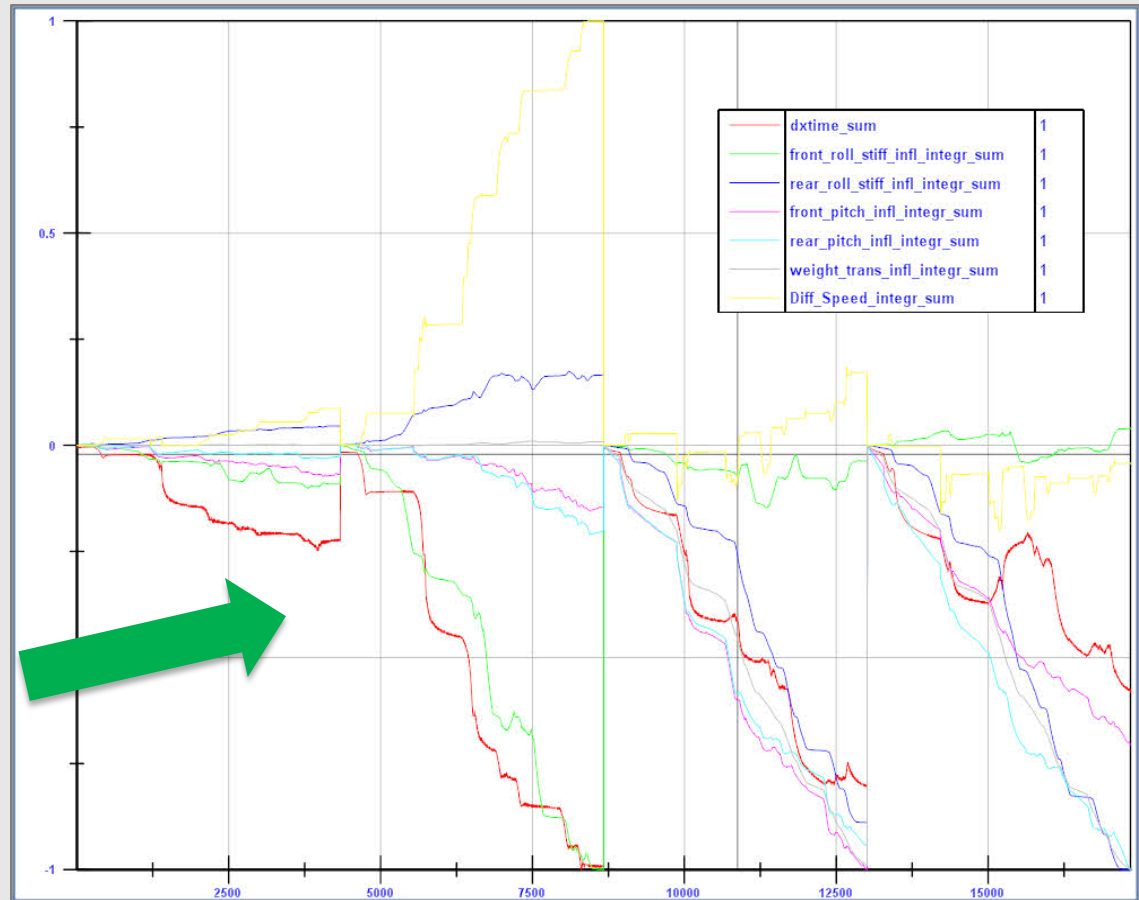
## Transformace vlivu jednotlivých nastavovacích prvků

- Riziko vlivu korelace změn nastavovacích prvků => nutnost zástupných parametrů
- Zástupné parametry lépe charakterizují jízdní dynamiku vozidla
- Další výpočtové zjednodušení zástupných parametrů (např. změna zatížení předních kol vlivem předklonění  $\approx$  zdvih předních kol \* tuhost předních pružin)



## Zpracování experimentálních dat (pre-processing)

- Vytvoření scriptu NI DIAdem => úprava dat pro regresní analýzu
- Stanovení diferencí jednotlivých parametrů z každé jízdy vůči referenční (nejrychlejší) jízdě
- Integrace diferencí jednotlivých parametrů => eliminace fázového zpoždění
- Sumarizace dat z celého experimentu a jejich normalizace



## Vícerozměrná regresní analýza

- Diference času v měřeném úseku (závislá proměnná) jako funkce změny zástupných parametrů (nezávisle proměnné)

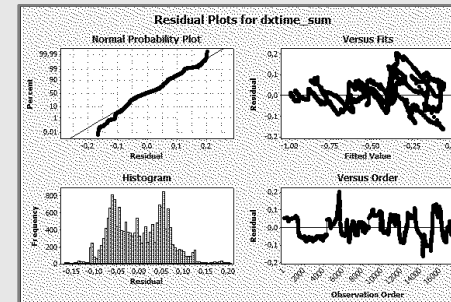
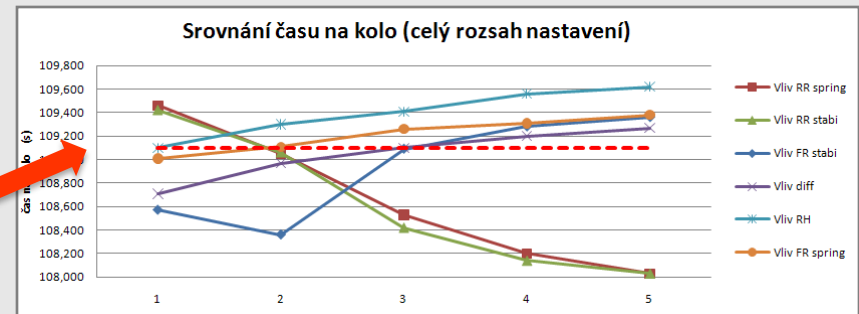
$$Y = f(X_1 + X_2 + \dots + X_n) + \varepsilon$$

- Výpočet proveden v prostředí STATISTICA a MINITAB

### ■ Regresní koeficienty

Parametr	Plná matice	Redukce 1	Redukce 2	Redukce 3
přenos váhy	2,03			
předkl_zakl_vpředu	0,203	0,636	0,676	
předkl_zakl_vzadu	-0,584	0,0758	0,759	0,603
klop_vzadu	-1,08	-0,0324	-0,166	0,593
diff_rozdíl_otáček	-0,615	-0,714	-0,997	-0,917
			-0,683	-0,639
klop_vpředu	0,247	0,162	-0,157	-0,0473
			0,206	0,394

- Ověřovací test pomocí single změn v nastavení



- Ověření statistické korektnosti modelu

- Byla navržen základní koncept metodiky , která dovoluje vytvoření kvalifikovaného odhadu vlivu souběžných změn nastavovacích parametrů na výkonnost sportovního vozidla
- Metodika umožňuje práci s daty jež mají vícedimensionální charakter s jistou mírou korelace => zdrojem nemusí být nutně řízený experiment
- Pro zpracování dat byla vytvořena aplikace v prostředí NI DIAdem, která dovoluje import z různých zdrojů (resp.typů dataloggerů)
- Korektnost metodiky byla ověřena v interaktivním režimu na simulátoru Bosch LapSim
- Navržená metodika je operativním nástrojem ke komplexnější analýze dat z vozidla s možností rozšíření aplikace na dalších sofistikovanější výpočtové metody (ANN, SEM)



- Rozepsaná disertační práce => termín dokončení srpen 2013
- Dokončování ověřovacích experimentů pro některé dalších kombinace nastavení vozidla (různý charakter tratě a koncept vozidla)
- Formulování konečných závěrů a doporučení / postupů pro aplikaci navržené metodiky





**Děkuji vám za pozornost**

**Bronislav Růžička**

**Ústav  
konstruování**

**Ústav konstruování – Odbor konstruování strojů**

Fakulta strojního inženýrství

Vysoké učení technické v Brně

**Přehled aktuálního stavu disertační práce**

26. června 2013, FSI VUT v Brně, Česká republika