

Priebežná správa o riešení DP2

|||||

# Vibrodiagnostika strojov s priemyselným internetom vecí

|||||

Bc. Miroslav Hájek

*Vedúci práce: Ing. Marcel Baláž, PhD.*

*Pedagogický vedúci: Ing. Jakub Findura*

*Konzultant: Ing. Lukáš Doubravský*

# Motivácia problému

## • **Problémy strojárov**

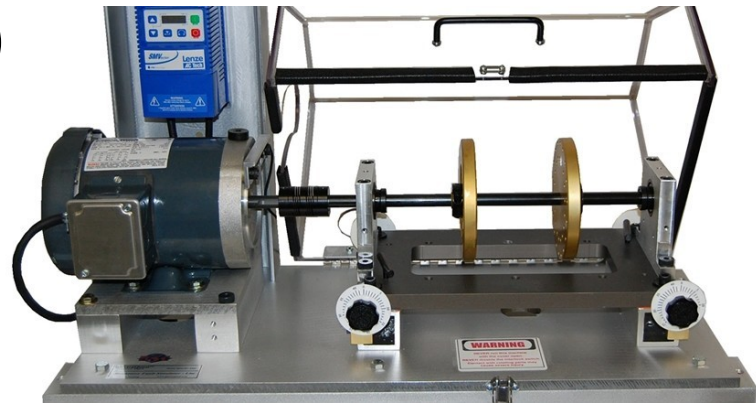
- Kontinuálne monitorovanie a prediktívna údržba
- Predĺžiť životnosť súčiastok a predchádzať zlyhaniu strojov

## • **Výskumné otázky**

- Aké atribúty dokážeme extrahovať z vibračných signálov?
- Akú úsporu dát dosiahneme výberom atribútov?
- Aké budú presnosti diagnostiky porúch s rôznymi sadami atribútov?
- Ako môžeme priebežne označovať poruchové stavy?

# MaFaulDa dataset

- **1951 záznamov** o dĺžke 5 sekúnd (s 50 kHz)
- Rýchlosti rotácie: 737 – 3686 rpm
- Dve ložiská: vnútorné (A) a vonkajšie (B)
- **Signály:**
  - tachometer (impulzy otáčok)
  - 2x piezoelektrický akcelerometer (x, y, z)
  - mikrofón
- **Simulované poruchové stavy (6 tried)** s rôznou závažnosťou:
  - bez poruchy, nevyváženosť, nesúosovosť,
  - valivé ložiská: vnútorné/vonkajšie krúžky, guľôčky



# Extrakcia atribútov zo signálov

- **Časové atribúty (10):**

- smerodajná odchýlka, šikmosť, špicatosť, rms (*kvadratický priemer*),  
špička-špička, maximum, crest, margin, impulse, shape

- **Spektrálne atribúty (11):**

- centroid, energia, entropia, negentropia, smerodajná odchýlka, šikmosť,  
špicatosť, roll-on, roll-off, SNR (*signal-to-noise*), korelácia spektier

- **Ďalšie:** harmonické zložky, WPD (*wavelet packet*) koeficienty, ...

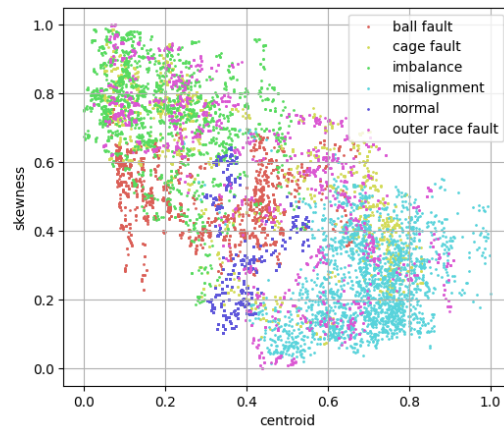
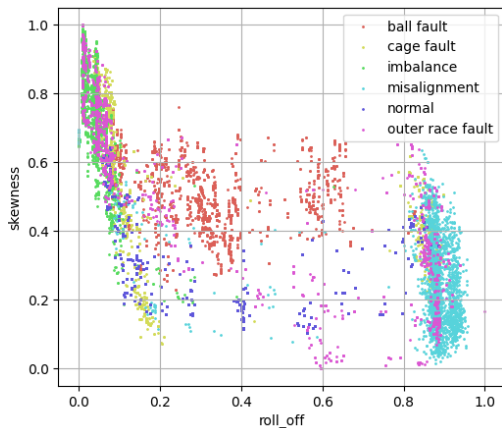
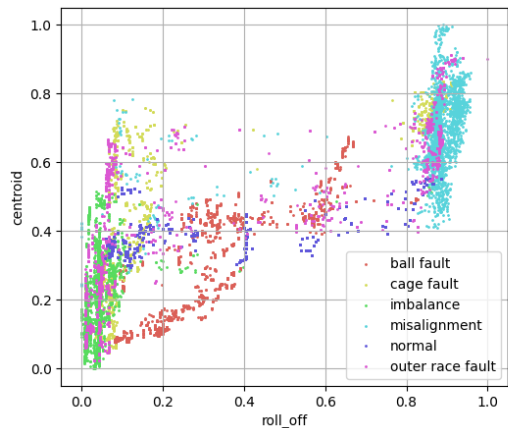
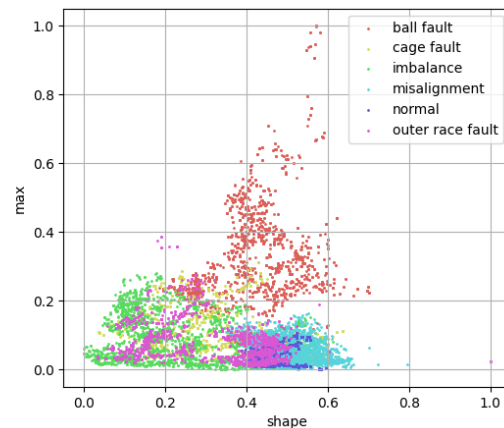
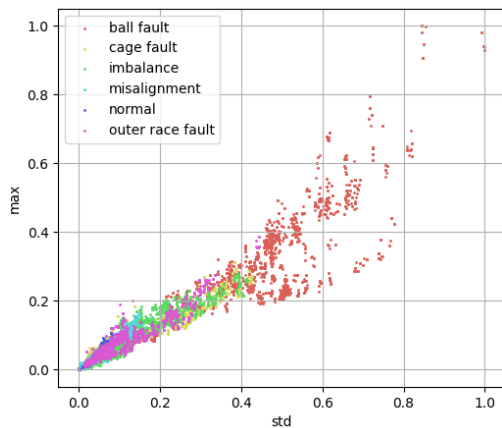
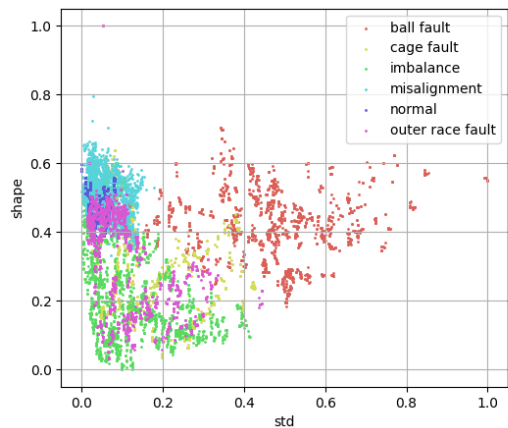
- **Stratový kompresný pomer:**

- 2380:1, pre 6 atribútov až 16600:1
- z 31.54 Gs/rok na 1.89 Ms/rok (*Gs = gigasamples, Ms - megasamples*)

# Techniky výberu atribútov

- **Na spôsob učenia s učiteľom:**
  - Korelačný koeficient (*Point-biserial*)
  - ANOVA F štatistika
  - Vzájomná informácia (*Mutual information*)
  - Analýza hlavných komponentov  
(*PCA - Principal Component Analysis*)
- **Ensemble metódy:**
  - Súčin poradí (*Rank product*)
  - Výber v dávkovom a inkrementálnom učení

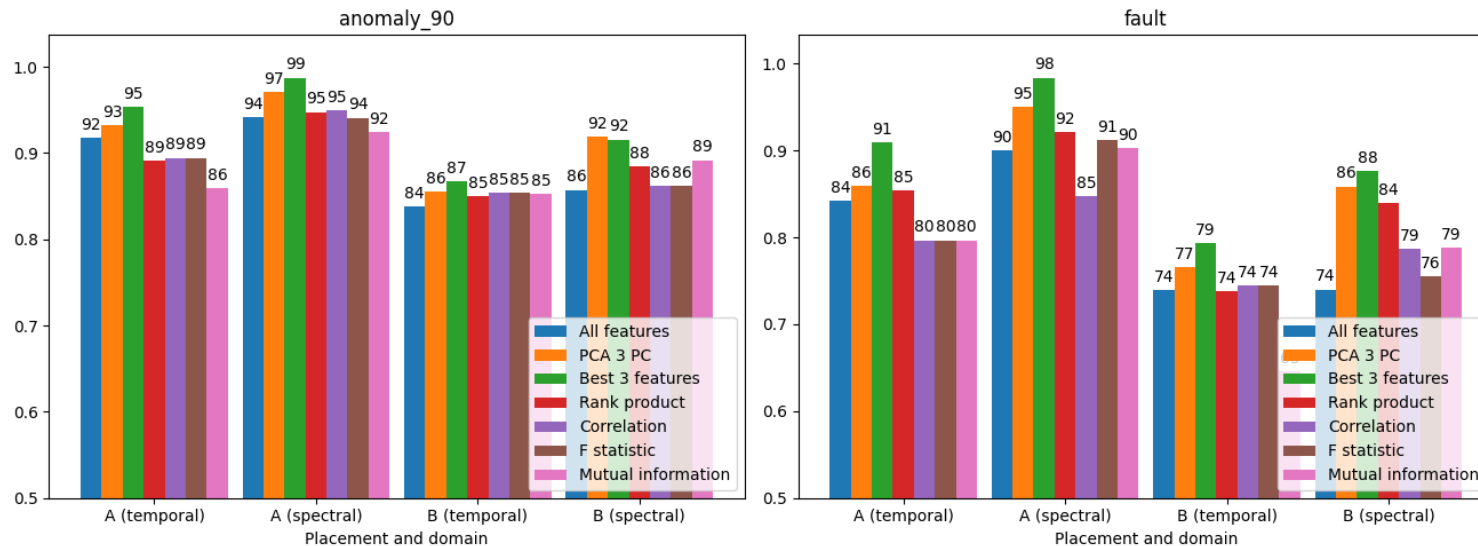
# Techniky výberu atribútov



Trojice atribútov zistené súčinom poradí na vnútornom ložisku

# Diagnostika porúch s KNN modelom

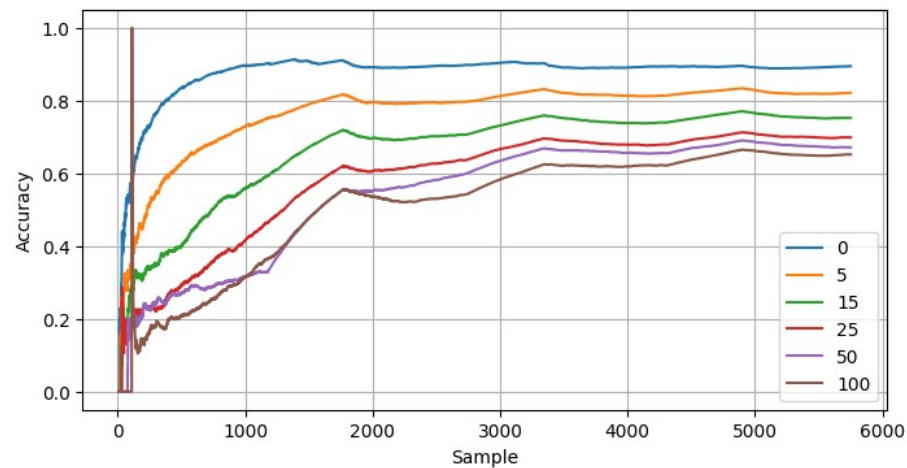
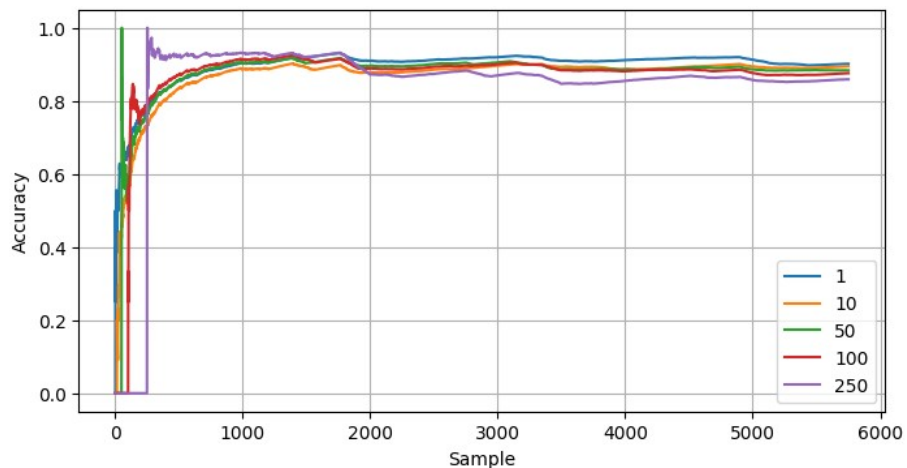
- **K-najbližích susedov (KNN)** zo všetkých atribútov pre každú doménu
- Trojica atribútov s najlepšou presnosťou (exhaustívne)
- Trojica atribútov podľa 4 rôznych metód na výber atribútov



Presnosti KNN na validačnej sade (20%) voči cieľovým premenným

# Inkrementálne učenie

- **Scenár** s KNN a normalizovanými atribútmi:
  - Oneskorené anotovanie (2 typy posuvného okna)
  - Vynechávanie anotácií
- Porovnanie voči presnosti dávkového učenia s vyváženým datasetom





# Prieskumné merania a spolupráce

## Neformálni partneri:



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ  
UNIVERZITA V BRATISLAVE  
STROJNÍCKA FAKULTA



### • **Stroje na meranie:**

- Ventilátor (1 ks)
- Špirálový kompresor (2 ks)
- Čerpadlo na pitnú vodu (3 ks)  
s elektromotorom (3 ks)



### • **Plán meraní:**

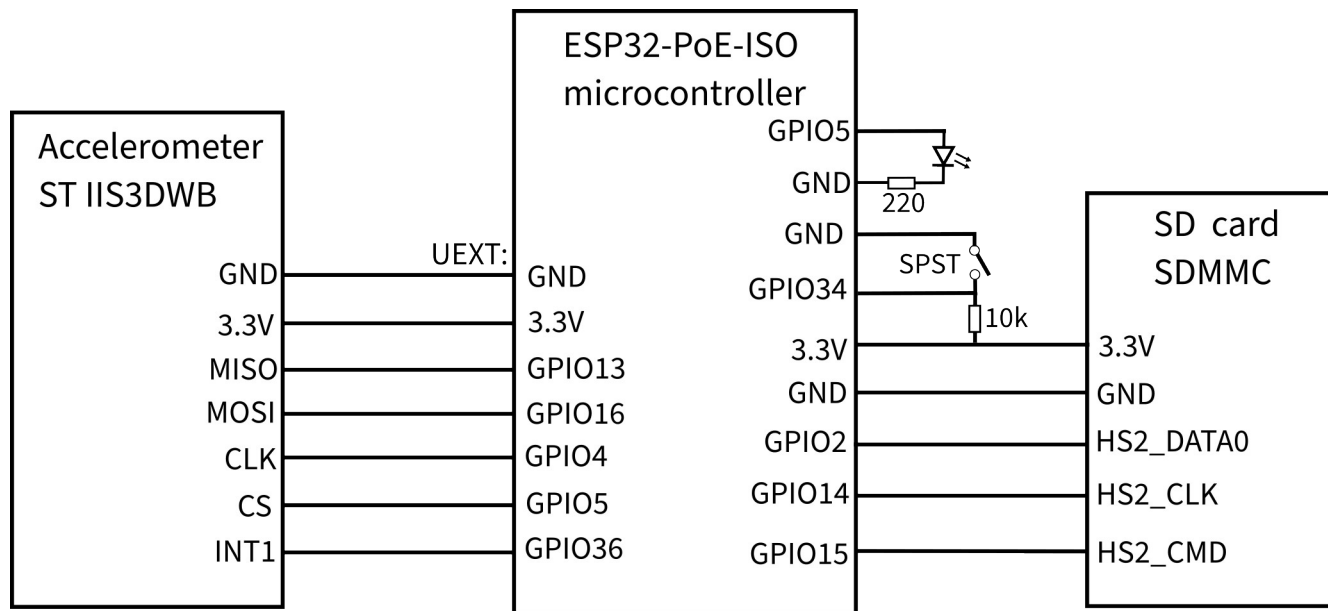
- Na ložiskách každé 2 týždne
- Dataset z BVS cloudu



# Návrh meracieho zariadenia

## • Lepší akcelerometer:

- Šírka pásma: 6.3 kHz, ODR (Output data rate): 26.7 kHz,
- Rozsah: 2 – 16 g, Zbernica: SPI, 16-bit, Šum:  $75 \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$



# Úlohy na dokončenie v DP3

1. Zpracovanie pripomienok z obhajoby
2. Implementácia firmvéru
3. Zber dát zo strojov a ich anotovanie
4. Prepojenie výberu atribútov s  
inkrementálnym učením
5. Ladenie hyperparametrov na dosiahnutie  
lepších metrík klasifikácie

