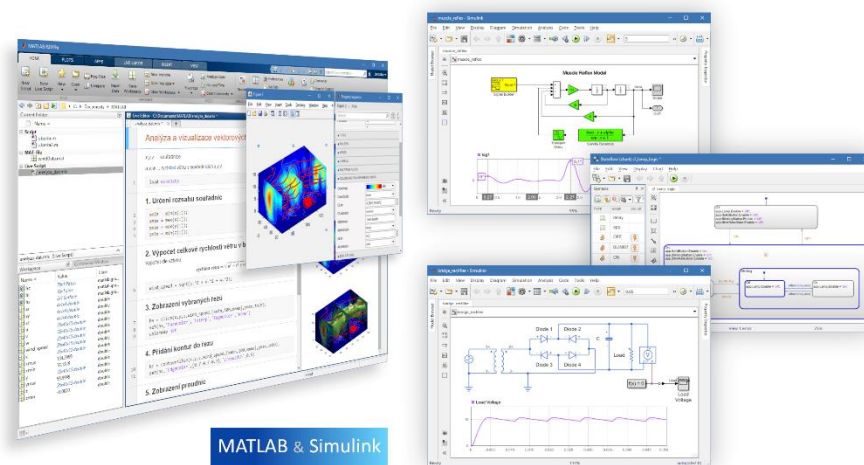


9.9.2021 Brno

# TCC 2021

## AI pro zpracování signálů



Jaroslav Jirkovský  
jirkovsky@humusoft.cz

[www.humusoft.cz](http://www.humusoft.cz)  
[info@humusoft.cz](mailto:info@humusoft.cz)

[www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)

# Vývoj umělé inteligence

## UMĚLÁ INTELIGENCE (AI)

Jakákoli technika, která umožňuje strojům napodobovat lidskou inteligenci



1950s

## MACHINE LEARNING

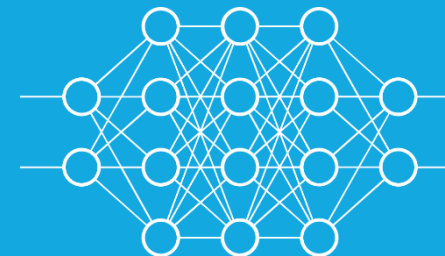
Statistické metody, které umožňují strojům „učit se“ úlohy na základě dat, bez nutnosti explicitního programování



1980s

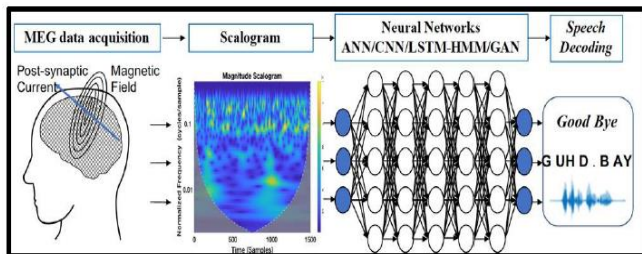
## DEEP LEARNING

Neuronové sítě s mnoha vrstvami, které se učí reprezentace a úlohy „přímo“ z dat

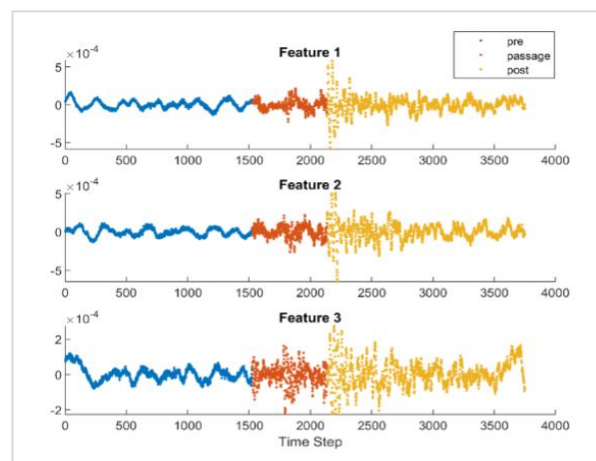


2010s

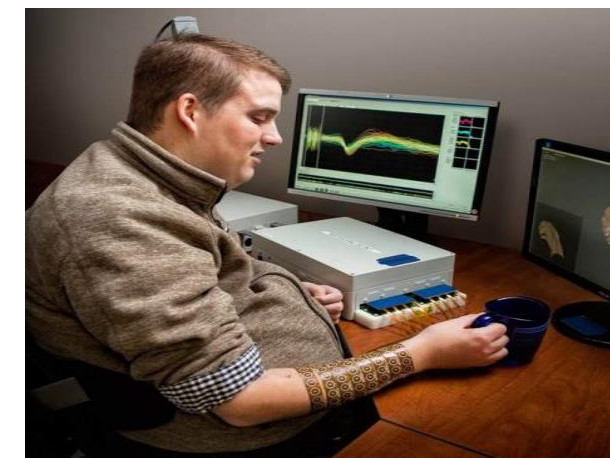
# Využití AI ve výzkumu a průmyslu



Converting brain waves to speech to help ALS patients communicate  
**UT Austin**



Seismic Event Detection  
**Shell**



Restoration of arm and hand control by processing brain signals  
**Battelle**

# Návrh systémů s využitím AI

## Příprava dat



Čištění a příprava dat



Lidský vhled



Data generovaná simulacemi

## Modelování AI



Návrh a ladění modelu



Hardwarová akcelerace učení



Interoperabilita

## Nasazení



Embedded zařízení



Enterprise systémy





Koncová zařízení,  
cloud, desktop

# Transformace surových dat do užitečné podoby je klíčový krok

## Příprava dat

-  Čištění a příprava dat
-  Lidský vhled
-  Data generovaná simulacemi

## Modelování AI

-  Návrh a ladění modelu
-  Hardwarová akcelerace učení
-  Interoperabilita

## Nasazení

-  Embedded zařízení
-  Enterprise systémy
-  Koncová zařízení, cloud, desktop

# Generování syntetických a upravených dat (když jich máte málo)

## Příprava dat



Čištění a příprava dat

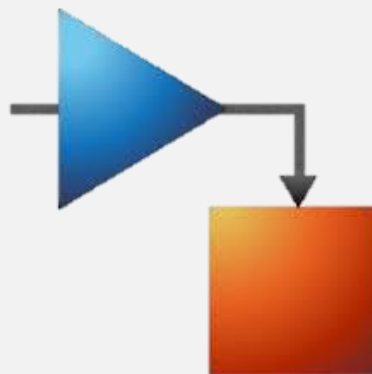


Lidský vhled

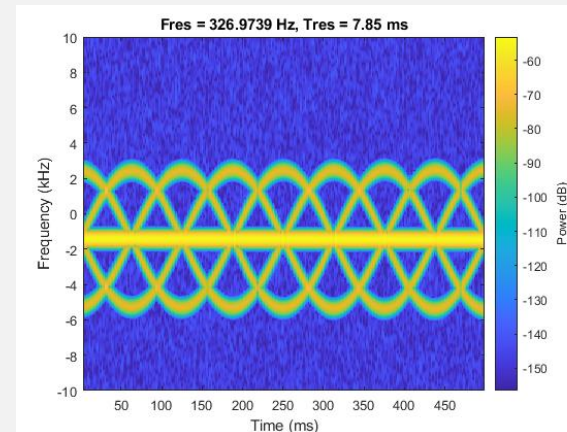


Data generovaná simulacemi

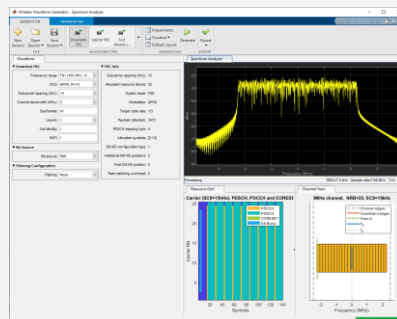
## Simulace dat s využitím modelů a deep learningu



## Generování radarových odrazů

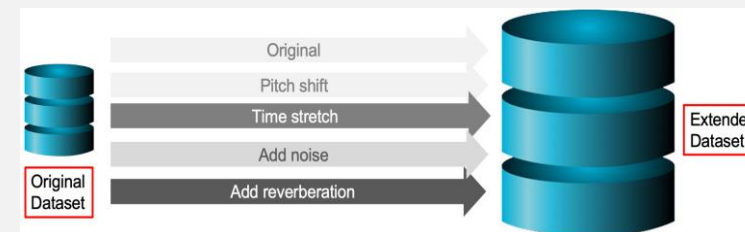


## Generování průběhů pro komunikační systémy

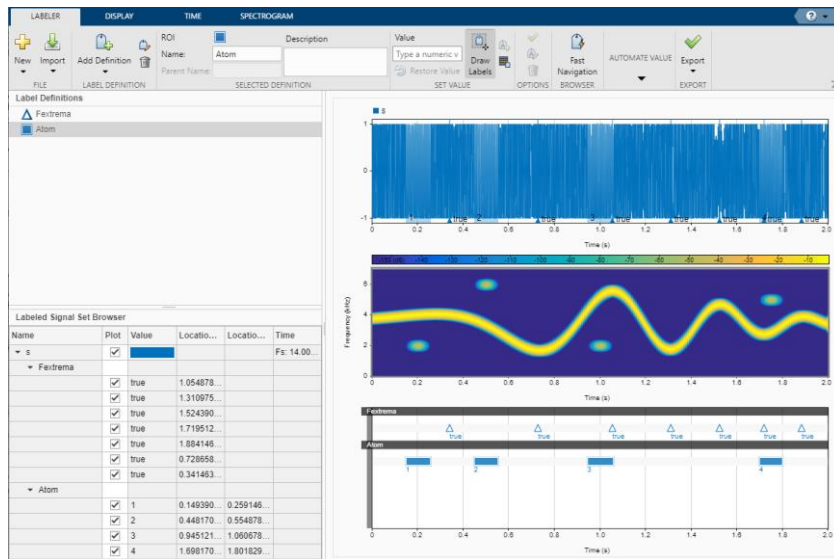


## Generování audio dat

text2speech



# Grafické aplikace usnadní označování a předzpracování signálů



Signal Labeler app



Signal Analyzer App

## Příprava dat



Čištění a příprava dat



Lidský vhled



Data generovaná simulacemi



# Extrakce příznaků (features) ze signálů

## Příprava dat



Čištění a příprava dat

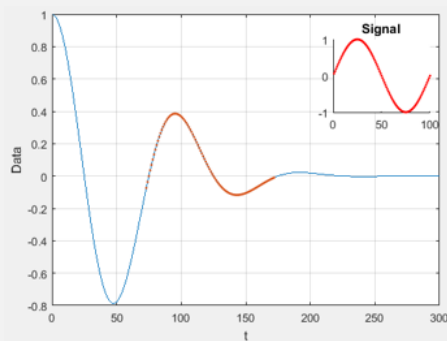


Lidský vhled



Data generovaná simulacemi

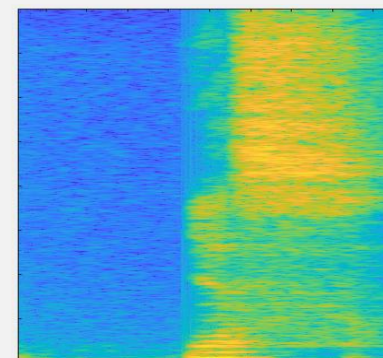
## V časové oblasti



- vzory
- body zvratu
- vrcholky
- obálka

.....

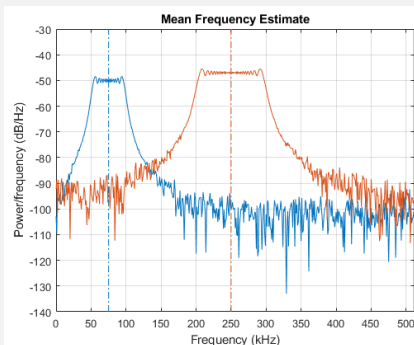
## V časově-frekvenční oblasti



- spektrogram
- MFCC
- constant-Q
- scalogram

.....

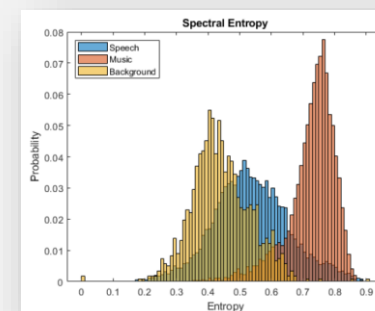
## Ve frekvenční oblasti



- měření šířky pásma
- spektrální statistiky

.....

## Specifické příznaky



- řeč a zvuk
- navigace a senzorická fúze
- radar
- komunikace

.....



# Výběr a učení vhodného modelu

## Příprava dat



Čištění a příprava dat



Lidský vhled



Data generovaná simulacemi

## Modelování AI



Návrh a ladění modelu



Hardwarová akcelerace učení



Interoperabilita

## Nasazení



Embedded zařízení



Enterprise systémy



Koncová zařízení,  
cloud, desktop

# Přístupy k tvorbě AI modelů

**Machine learning**



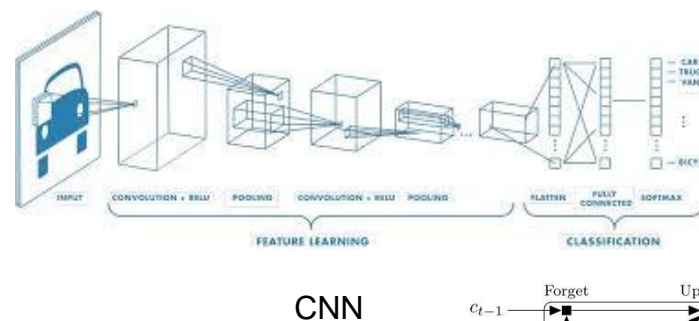
## Modelování AI

**Návrh a ladění modelu**

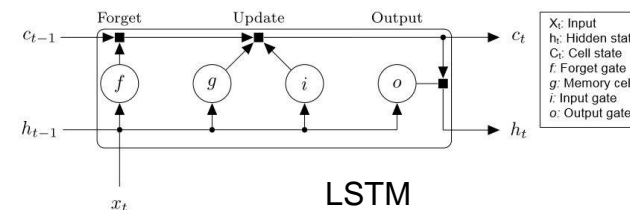
**Hardwarová akcelerace učení**

**Interoperabilita**

**Deep learning „od základu“**

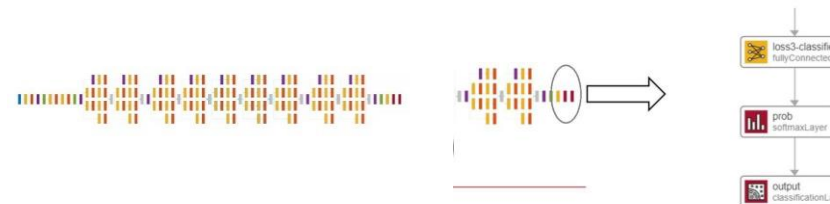


CNN



LSTM

**Deep learning metodou „transfer learning“**



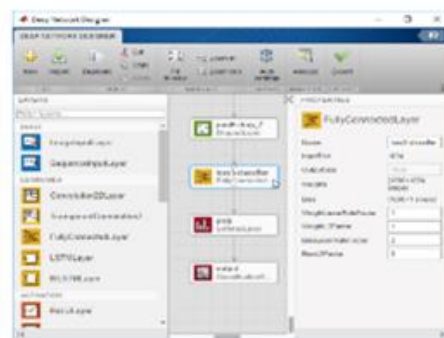
# Možnosti a kompromisy při vytváření modelů

**Modelování AI**

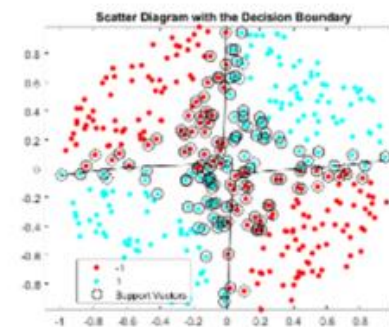
- Návrh a ladění modelu
- Hardwarová akcelerace učení
- Interoperabilita

Množství dat

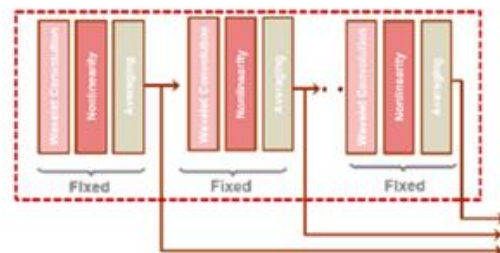
Deep learning / transfer learning se sítěmi CNN nebo LSTM



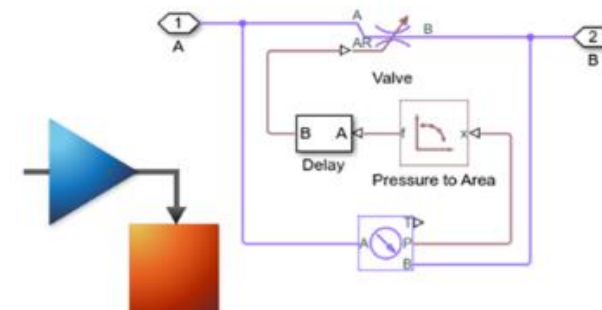
Manuální extrakce příznaků + Machine learning



Wavelet scattering (pro automatickou extrakci příznaků) + libovolný klasifikátor



Uměle generovaná data

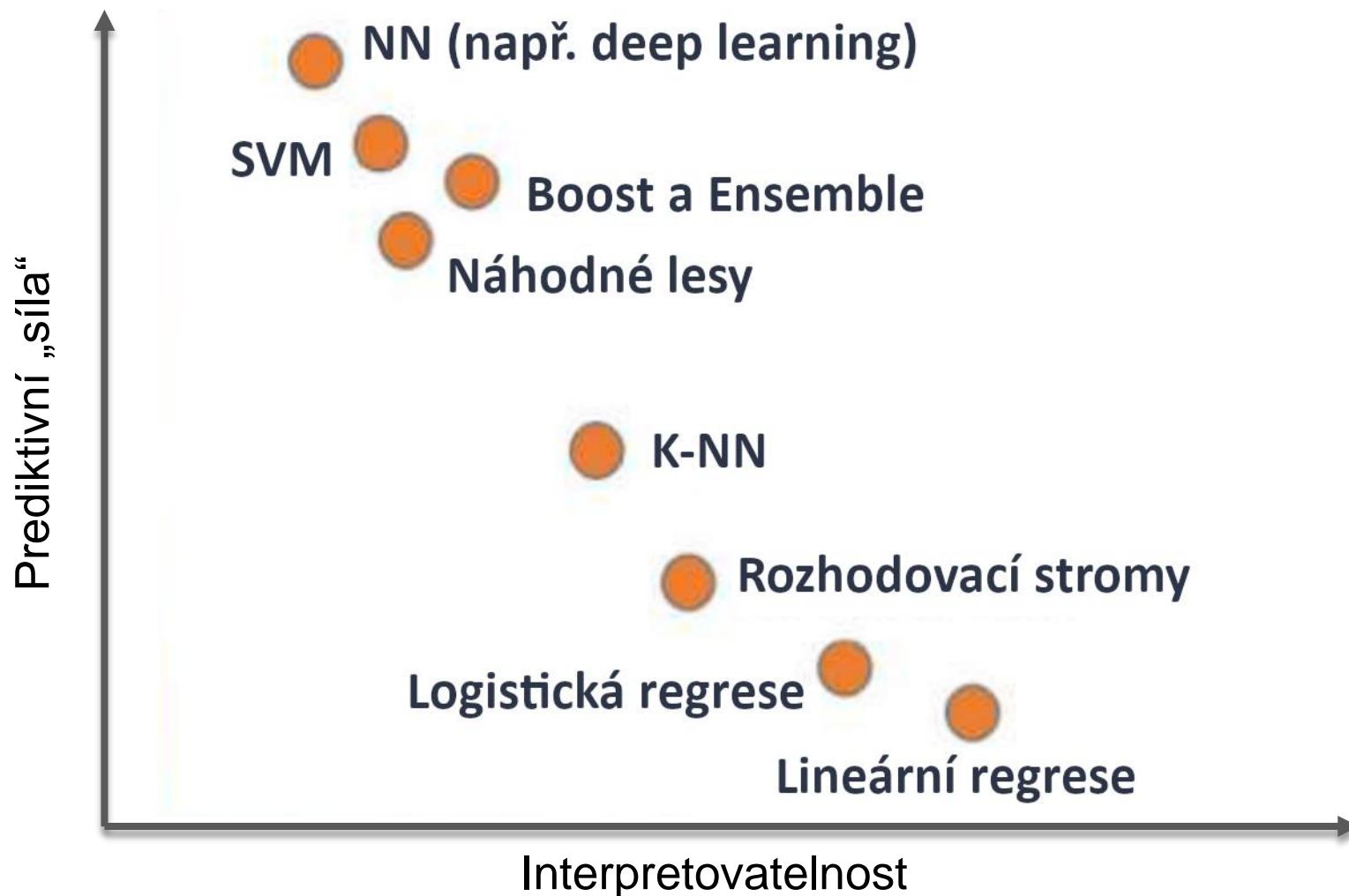


Potřebný čas

# Možnosti a kompromisy při vytváření modelů

**Modelování AI**

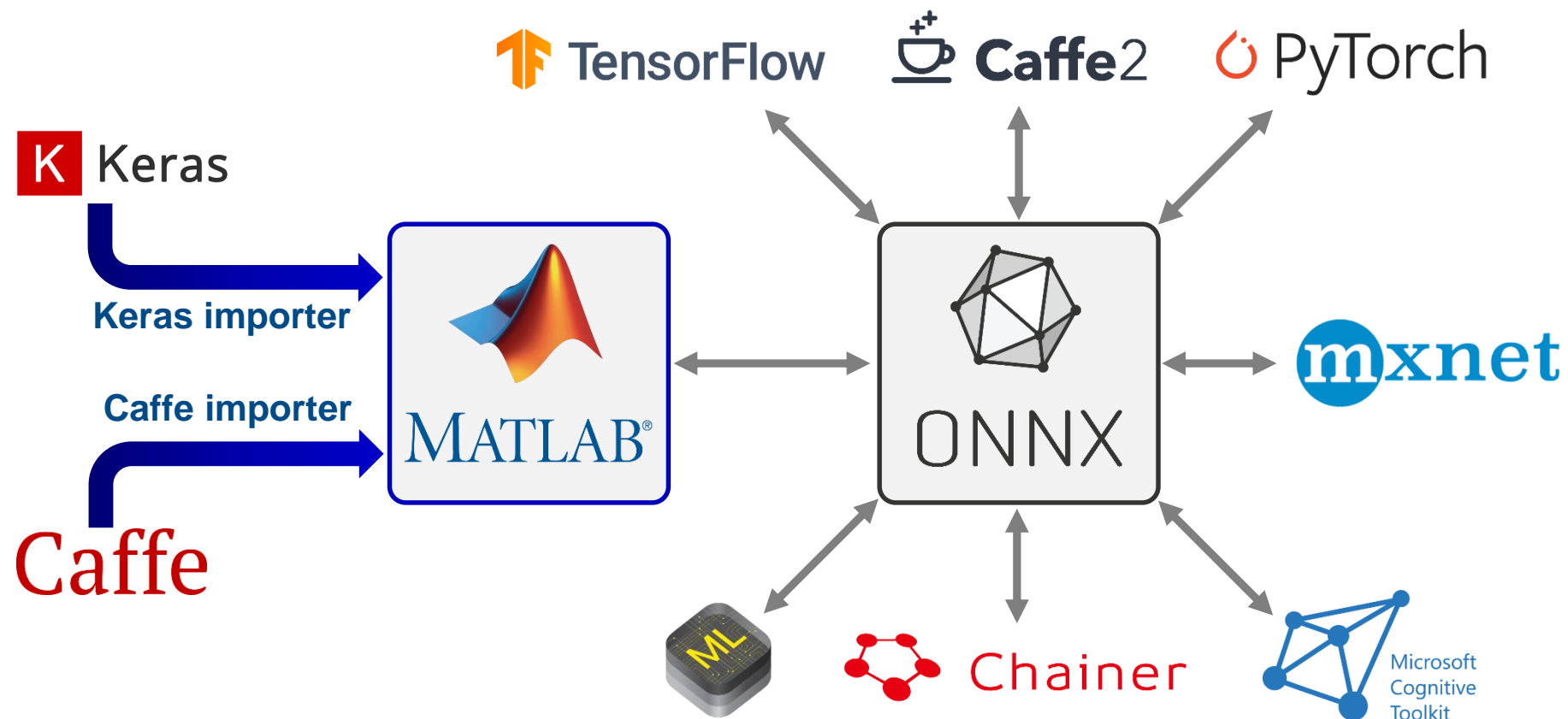
-  Návrh a ladění modelu
-  Hardwarová akcelerace učení
-  Interoperabilita



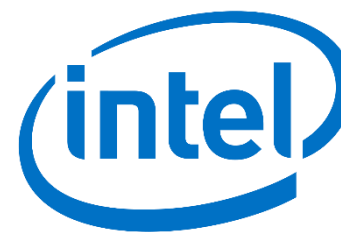
# Spolupráce MATLABu a dalších prostředí

**Modelování AI**

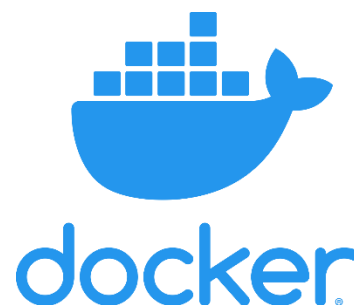
- Návrh a ladění modelu
- Hardwarová akcelerace učení
- Interoperabilita



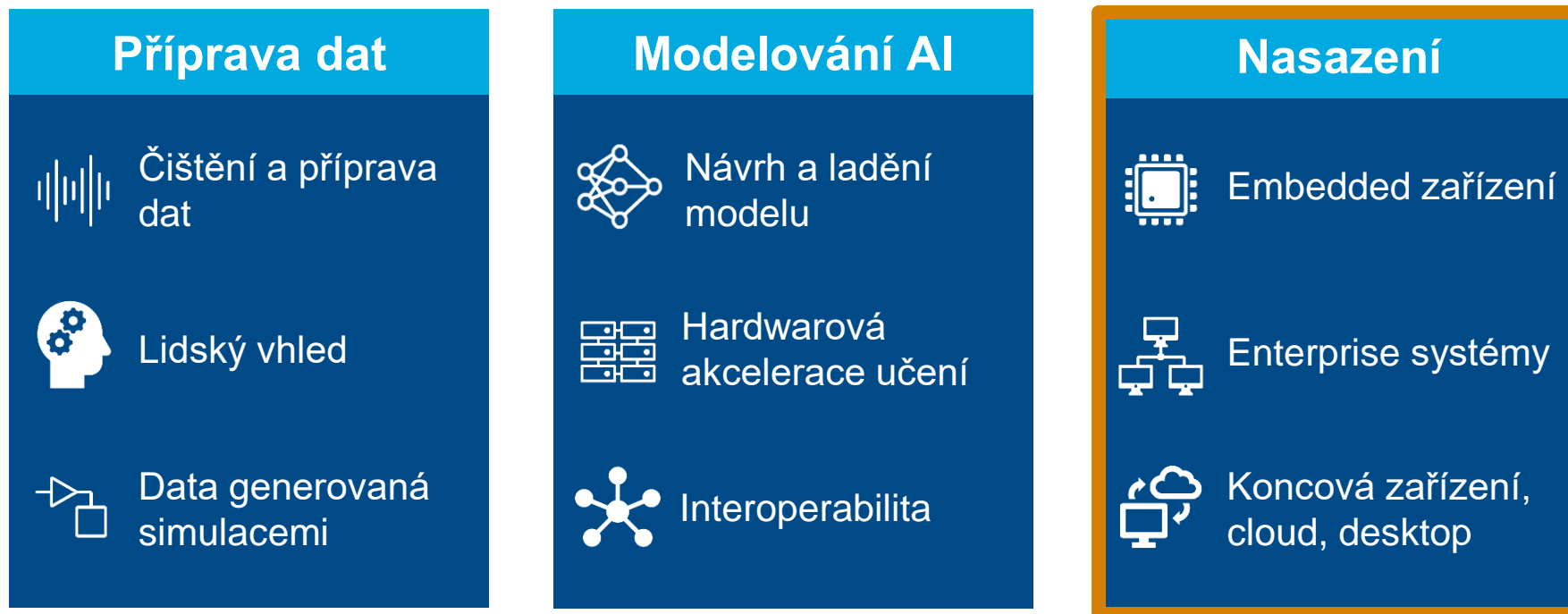
# Hardwarová akcelerace a škálování jsou důležité pro učení



## Modelování AI



# Dokončení procesu vývoje AI – nasazení modelu

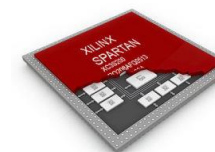
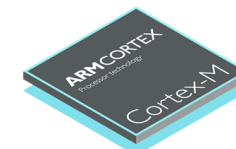
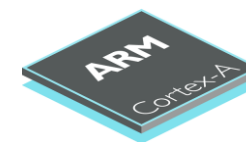
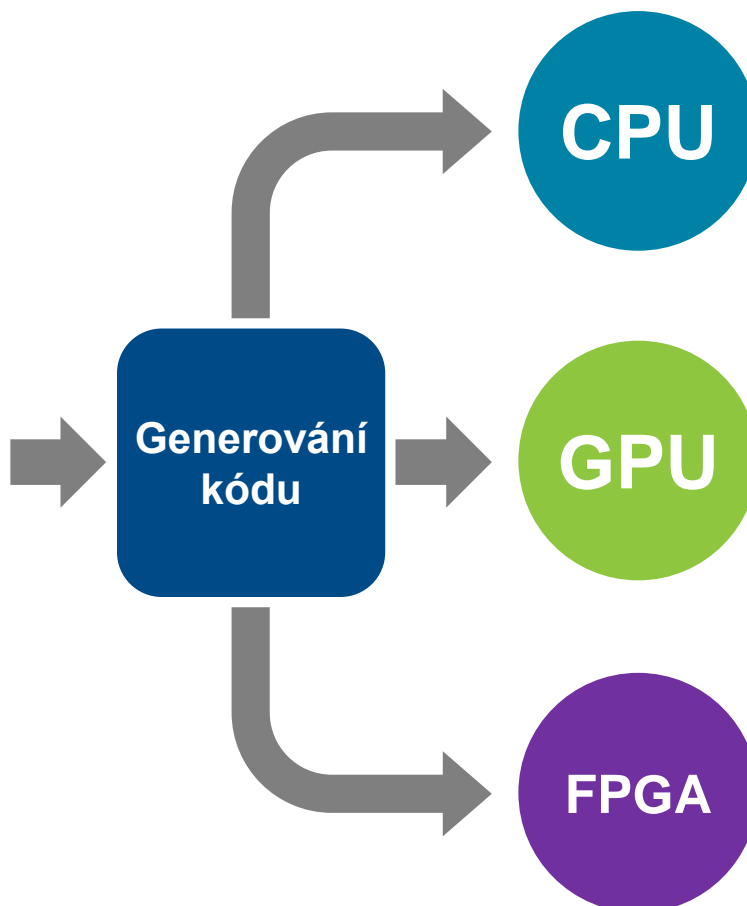
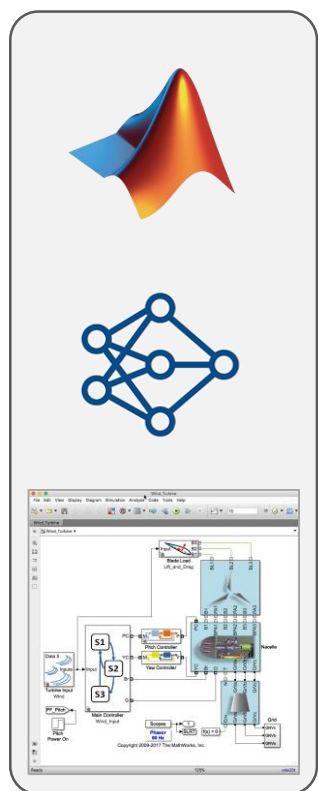




# Nasazení na jakýkoliv systém k dosažení optimálního výkonu

**Nasazení**

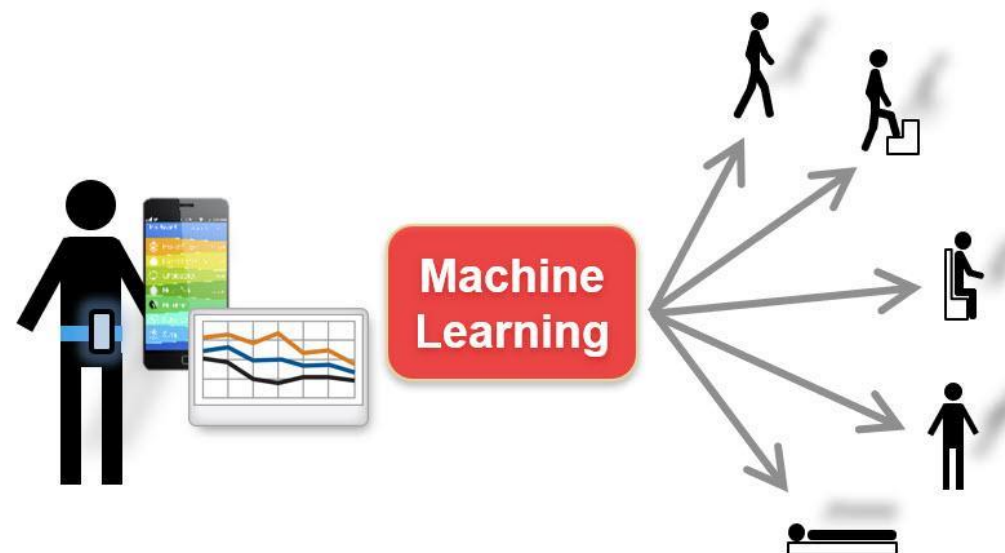
-  Embedded zařízení
-  Enterprise systémy
-  Koncová zařízení, cloud, desktop



# Příklad: Klasifikace aktivit pomocí LSTM sítě

- Klasifikace 5 aktivit:

- chůze
- chůze do schodů
- chůze ze schodů
- ležení
- stání

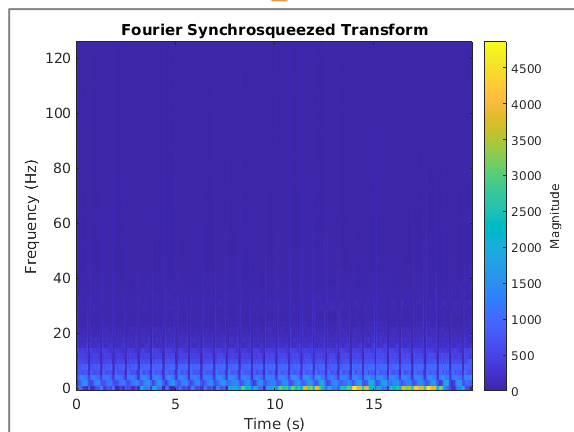


- Data snímána senzory mobilního telefonu

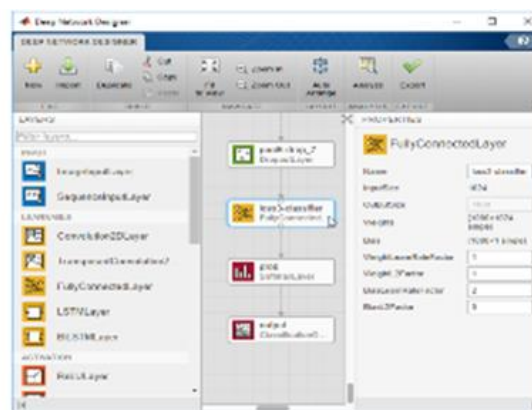
# Celý postup

- Celý postup může navíc zahrnovat extrakci příznaků a nasazení modelu

**Příprava dat a  
extrakce příznaků**



**Tvorba hluboké sítě  
„od základu“**



**Nasazení a  
integrace**



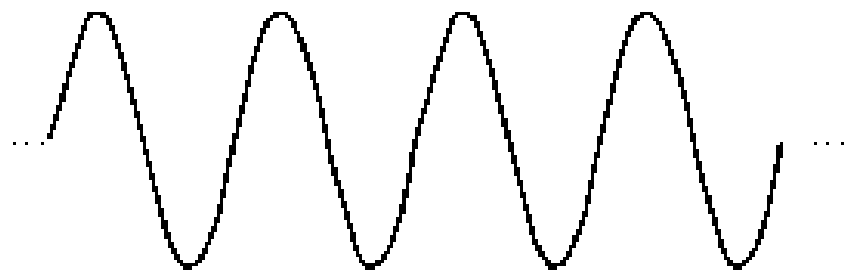
# Nasazení na Raspberry Pi



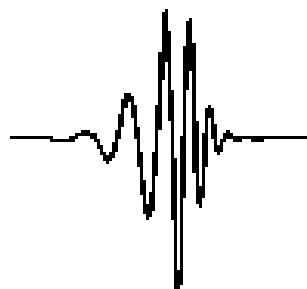
- Raspberry Pi 3 B+ s procesorem ARM Cortex A
- Využití ARM Compute Library
  - repositář optimalizovaných funkcí
  - pro procesory ARM Cortex A a GPU ARM Mali

# Využití waveletů v AI

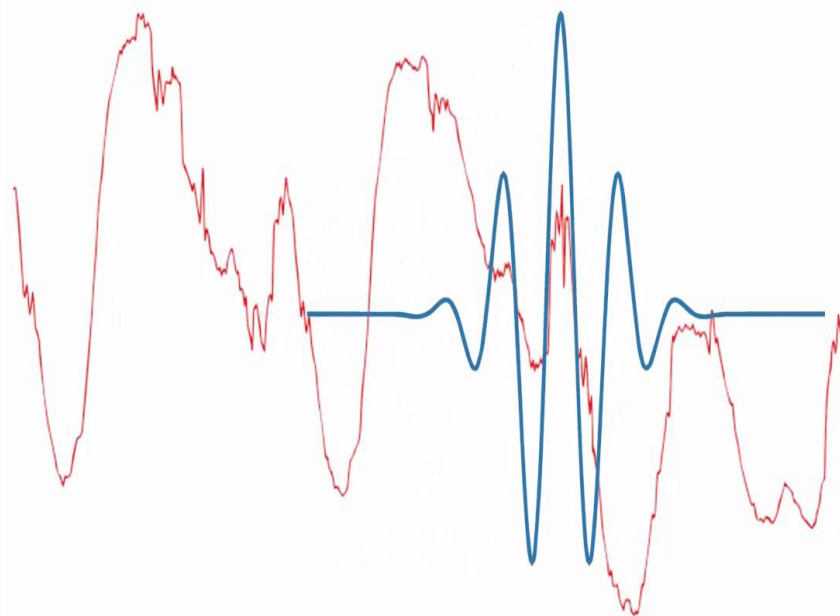
Proč jsou wavelety užitečné?



Sine Wave

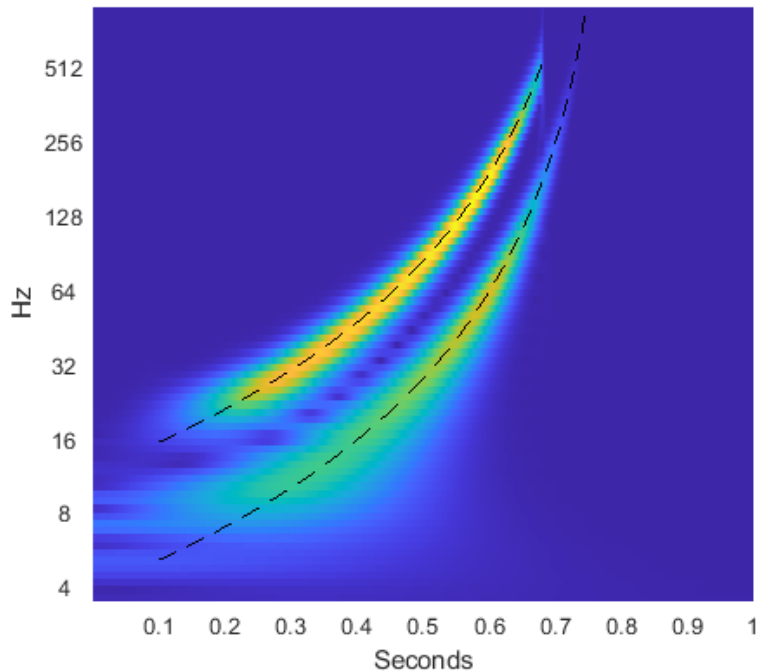


Wavelet (db10)

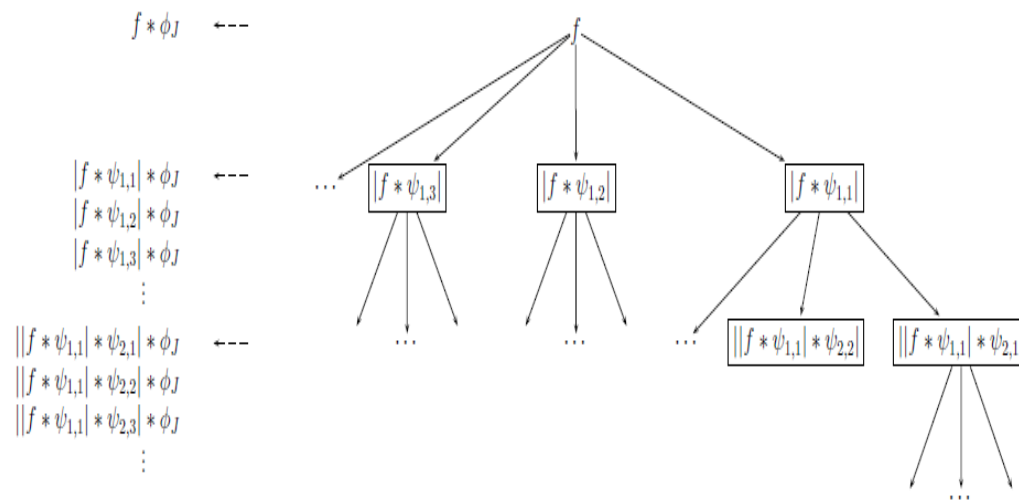


- Efektivní reprezentace dat charakterizovaných přechodovými jevy a přetrvávajícími trendy nebo oscilacemi
- Aktuální výsledky v oblastech:
  - detekce anomálií a monitorování stavu systému
  - analýza biomedicínských signálů
  - seismická analýza
  - radarové systémy a komunikace
  - finanční analýza

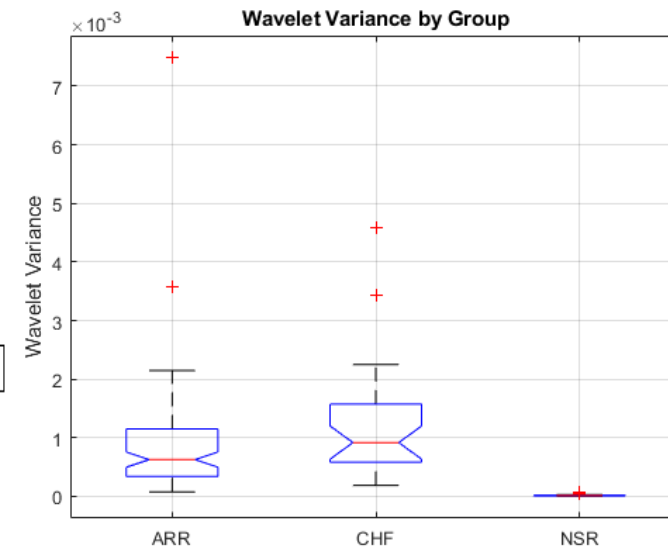
# Které techniky založené na waveletech jsou vhodné pro AI?



**Continuous Wavelet Transform**



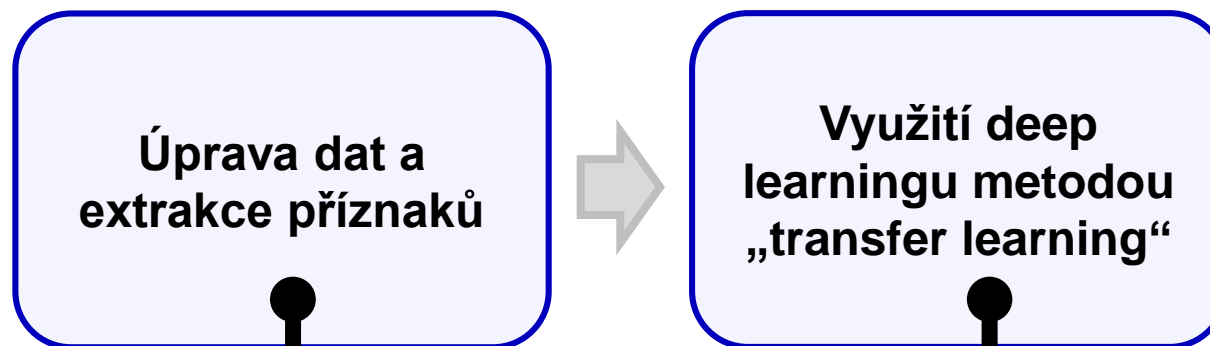
**Wavelet Scattering**



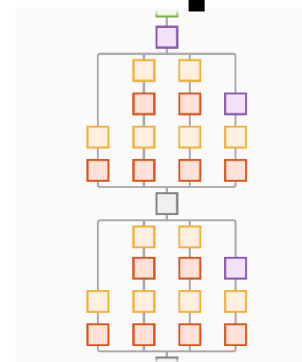
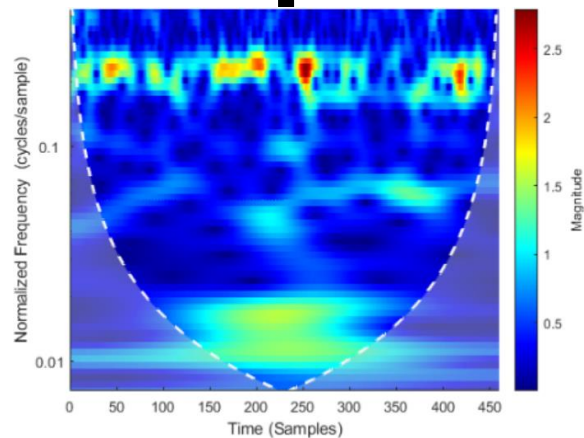
**Wavelet Statistics**

..a mnoho dalších

# Klasifikace EKG pomocí předučené sítě

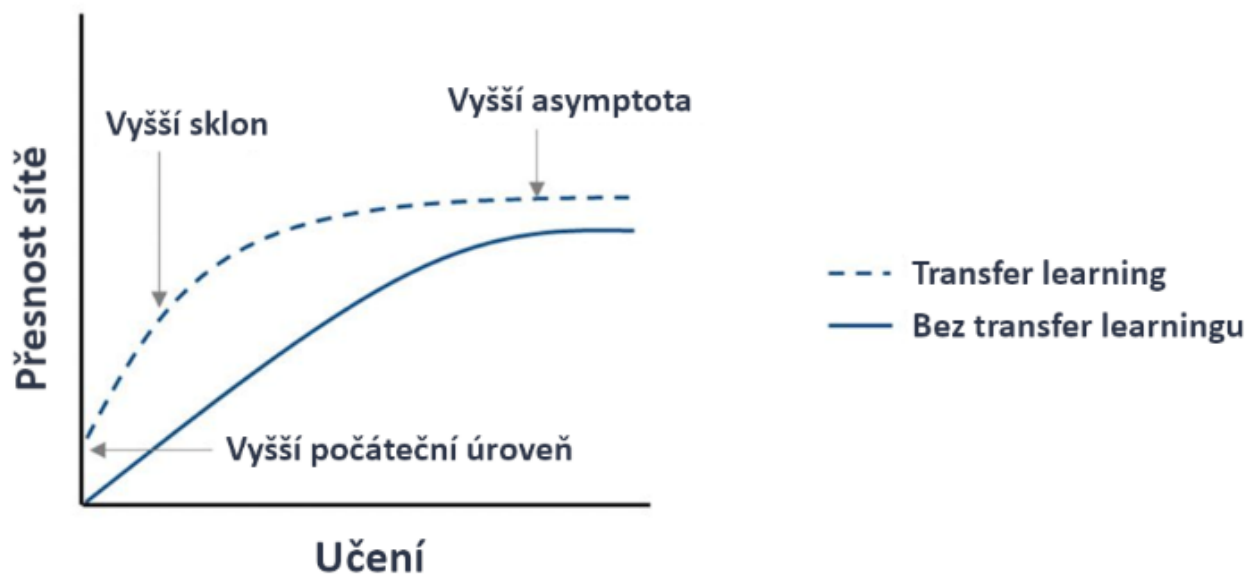
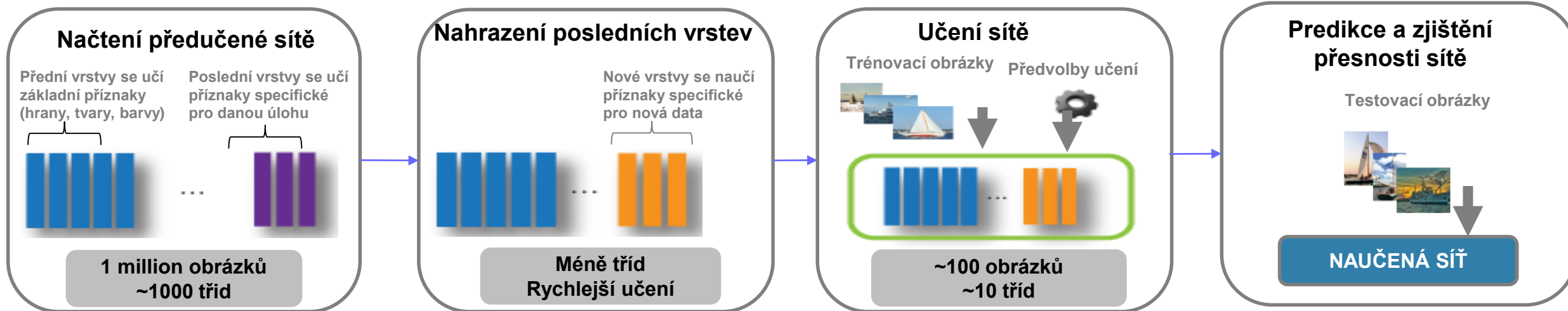


**Vlnková transformace**

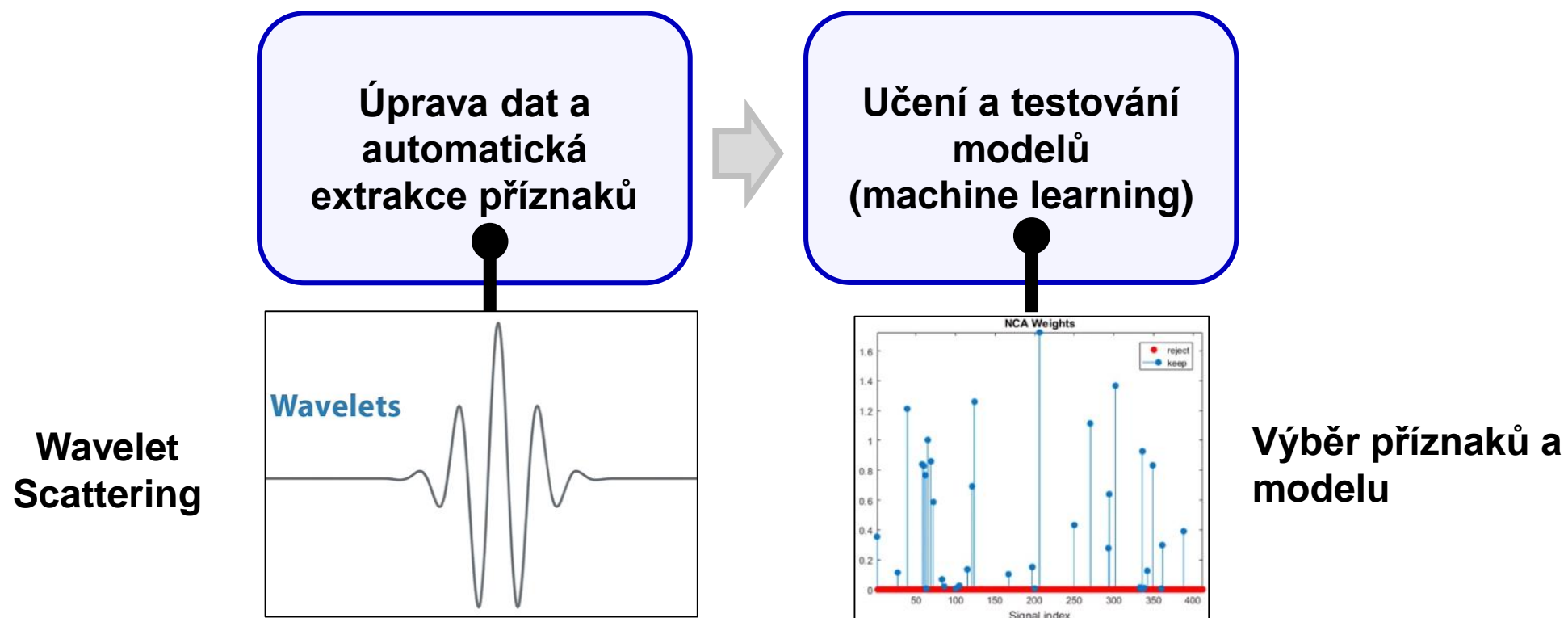




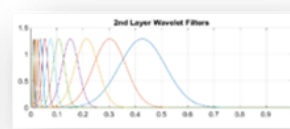
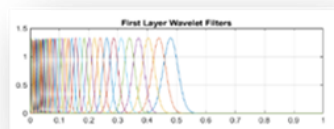
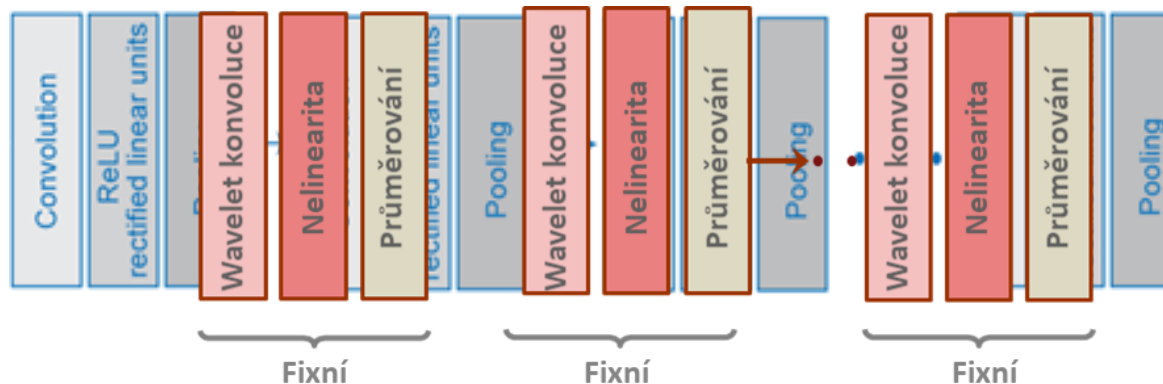
# Využití metody „transfer learning“



# Klasifikace aktivit pomocí nástrojů machine learning



# Wavelet Scattering




**Pseudekód:**

```

sf = waveletScattering(SignalLength) ;
Cyklus přes signal
  waveletFeature = featureMatrix(sf,signal)
  Přidej waveletFeature k tabulce příznaků
  Přiřaď popisek
end
  
```

# MATLAB poskytuje nástroje pro všechny etapy vývoje AI systému

## Příprava dat

 Čištění a příprava dat

 Lidský vhled

 Data generovaná simulacemi

## Modelování AI

 Návrh a ladění modelu


 Hardwarová akcelerace učení

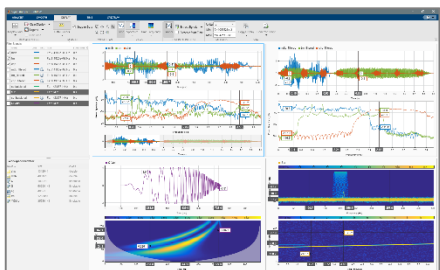
 Interoperabilita

## Nasazení

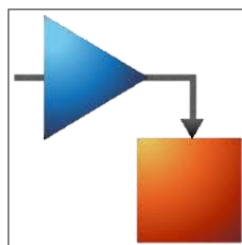
 Embedded zařízení

 Enterprise systémy

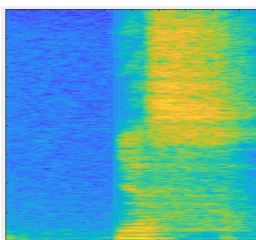
 Koncová zařízení, cloud, desktop



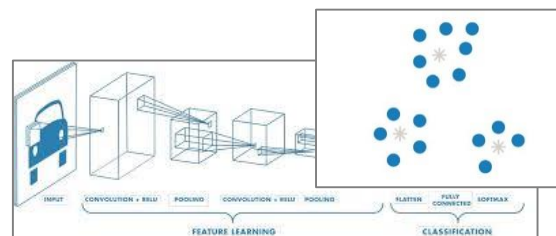
Aplikace pro zpracování signálu



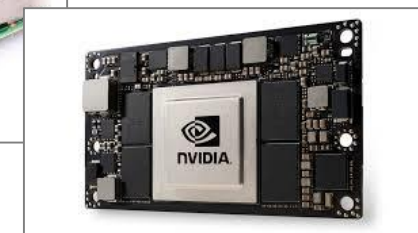
Generovaná data



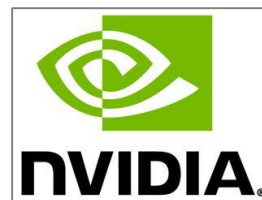
Techniky pro extrakci příznaků



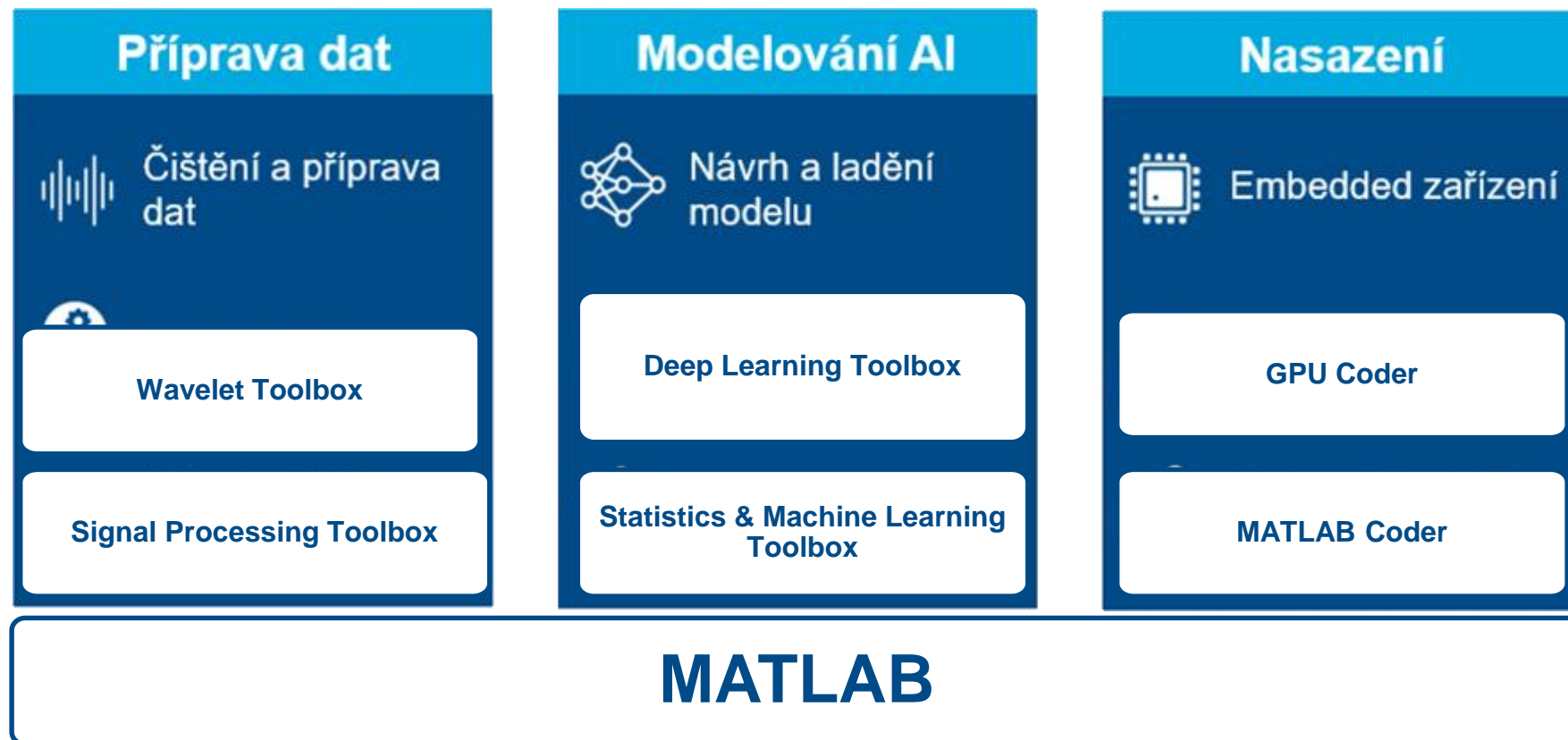
Rychlá tvorba modelů



Nasazení na cílové platformy pomocí generování kódu

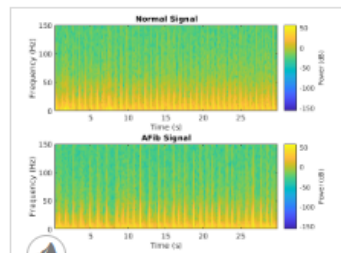


Akcelerace učení



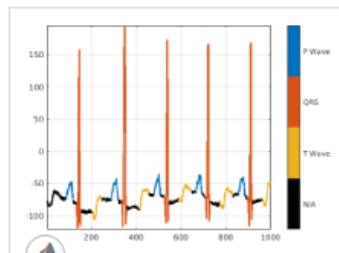
# K dispozici je mnoho zdrojů, se kterými můžete začít

## Featured Examples



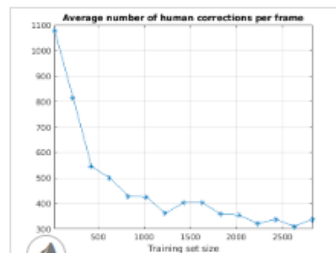
### Classify ECG Signals Using Long Short-Term Memory Networks

Classify heartbeat electrocardiogram data using deep learning and signal processing.



### Waveform Segmentation Using Deep Learning

Segment human electrocardiogram signals using time-frequency analysis and deep learning.



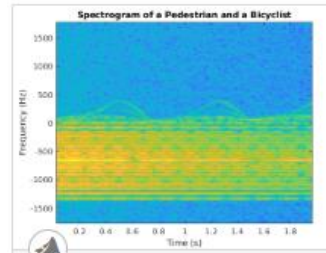
### Iterative Approach for Creating Labeled Signal Sets with Reduced Human Effort

Use deep learning to decrease the human effort required to label signals.



### Label Signal Attributes, Regions of Interest, and Points

Use **Signal Labeler** to label attributes, regions, and points of interest in a set of whale songs.

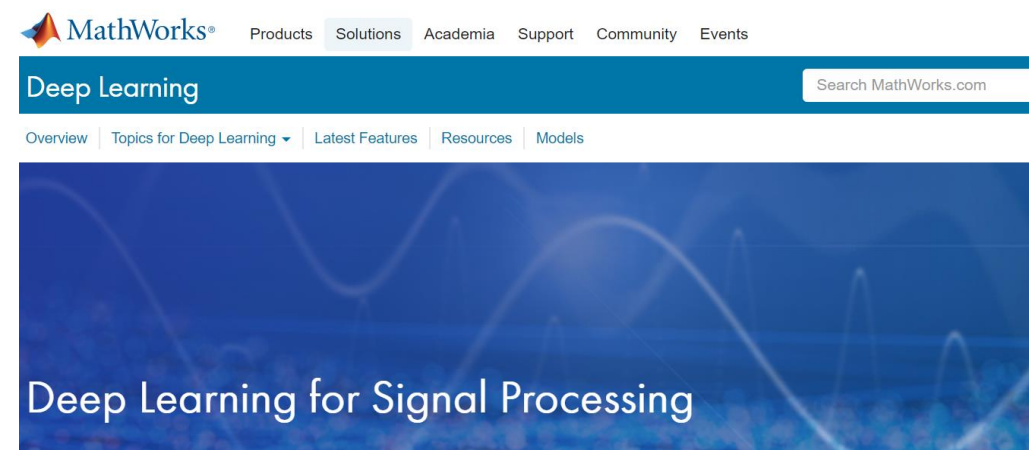


### Pedestrian and Bicyclist Classification Using Deep Learning

Classify pedestrians and bicyclists based on their micro-Doppler characteristics using a deep learning network and time-frequency analysis.



<https://www.mathworks.com/help/signal/examples.html>  
<https://www.mathworks.com/help/wavelet/examples.html>



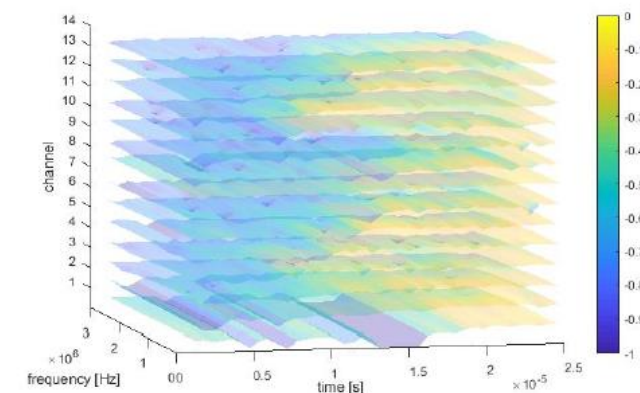
<https://www.mathworks.com/solutions/deep-learning/deep-learning-signal-processing.html>



# Dva příklady „od nás“

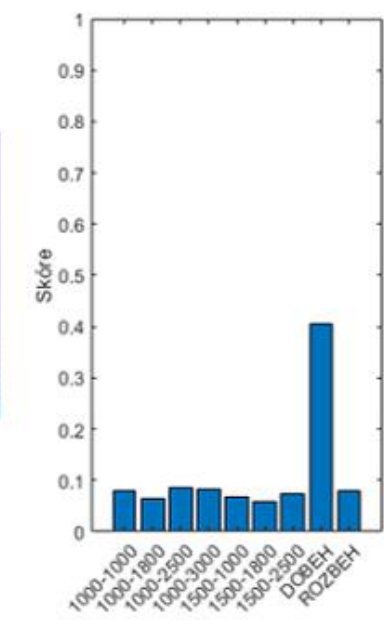
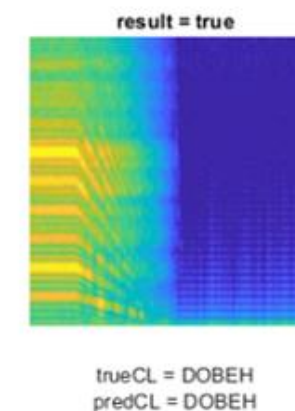
- Využití deep learningu v geologických vědách

- <https://www.humusoft.cz/blog/20210506-deep-learning-geoscience/>



- Umělá inteligence pro on-line vibrodiagnostiku

- <https://www.humusoft.cz/blog/20210826-umela-intelligence-pro-vibrodiagnostiku/>





Děkuji za pozornost