

Signály a informace

(úvod do světa UI)

Přednáška č.1

Představení předmětu a způsobu výuky
Úvod do problematiky

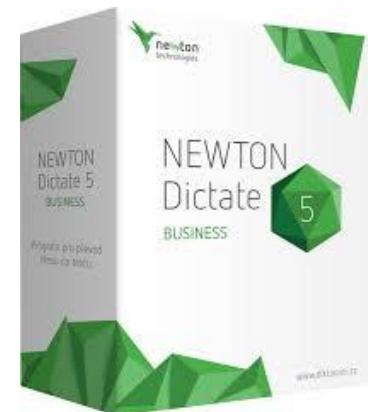


Rád bych se vám představil

Jan Nouza

- profesor na **Ústavu ITE**
- zakladatel (v r. 1994) výzkumného týmu „SpeechLab“, zabývajícího se **automatickým rozpoznáváním řeči**, dále zpracováním textu, obrazu, videa a dobýváním informací
- **autor a spoluautor řady (komerčních) systémů** využívajících rozpoznávání řeči
- tvůrce **nového studijního zaměření** „Inteligentní systémy“
- člen asociace **CzechIA** (Czech Intelligence Artificial)

Více: <https://tuni.tul.cz/a/pocitacovy-system-nasich-vedcu-ovladl-mluvenou-norstinu-a-umi-ji-prepisovat-137737.html>



O čem je předmět?

- **O tom jak efektivně zpracovávat velká množství dat**
(naměřené hodnoty, nasnímané zvuky či obrázky, data získaná z internetu, ...)
- **Jak tato data zpracovávat univerzálními metodami**
(atď už jsou to z přístrojů, z mikrofonu, z kamery, ze statistik, z textů, ...)
- **Jak z těchto dat vytěžit důležité informace**
(např. odhalit skrytu periodicitu, zjistit totožnost osoby, rozpoznat objekt,)
- **Jak se podle získaných informací optimálně rozhodovat**
(např. odhadnout budoucí trend, určit úspěšnost klasifikátoru,)
- **Seznámit se základy strojového učení**

Předmět je vstupní bránou do specializace **Inteligentní systémy**, do níž se lze přihlásit do začátku letního semestru (kdy se začnou jednotlivé specializace lišit skladbou předmětů.)



Organizace výuky

Ústav: Ústav informačních technologií a elektroniky - ITE

Přednášející: Prof. Ing. Jan Nouza, CSc., (+ Ing. Petr Červa, PhD)

Garant cvičení: Ing. Radek Šafařík

Předmět pro obory: IT, IL, IS, AI, ME, AVI (FM), BT (ÚZS)

Přednášky: středa od 14.20 v místnosti A310 (dříve A11)

Cvičení: učebna A304 (dříve A8)

Zápočet: na základě účasti, vyřešení úloh a testů zákl. znalostí

Zkouška: pouze písemný test (pouze 3 termíny – řádný + 2 opravné)
obsahově a termínově shodný pro všechny, v 1. lednovém týdnu, povolen „tahák“ (A4), test založený na znalostech a schopnostech aplikovat, body ze cvičení

Způsob výuky: maximální názornost, využití multimédií, propojení teorie (matematiky) a úloh z praxe, přednášky (PDF) dostupné na e-learningu, výuka staví na bohatých zkušenostech z výzkumu a vývoje



Průběžné hodnocení během semestru

Cíl: Vést studenty k průběžnému studiu, motivovat je k účasti na přednáškách, usnadnit jim závěrečnou zkoušku



Způsob: během semestru se bude znalost látky probírané na přednáškách ověřovat na nejbližších cvičeních (většinou ústně, 2x písemně)

Hodnocení: studenti budou na cvičeních získávat (kladné nebo záporné) body, které se budou připočítávat k bodům ze závěrečného testu

Pravidla:

- jedna absence: 0 bodů
- jakákoli další absence: -2 body
- Zkoušení na cvičení: -1 až +1 bod
- písemný test z komplex. čísel (4. týden): při nezvládnutí student nedostane zápočet, za 100% správný test naopak + 1 bod
- celkem: -5 až +5 bodů (méně než -5 bodů znamená, že student nedostane zápočet)



Možnost získání bonusových bodů

Jak: Na závěr většiny přednášek budou vyhlášeny



bonusové úlohy a za jejich splnění lze získat extra body.

Ve výjimečném případě může být dokonce odpuštěna zkouška.

Kdo: Bonus. body získá jen ten, kdo splní všechny podmínky zadání.

Započítají se jen tomu, kdo nebude mít v závěru semestru záporné body.

Kdy: Pro řešení bonus. úloh bude vždy stanoven časový limit.

Originalita: Podmínkou uznání je originální řešení (aut. kontrola podobnosti)

Zadání úloh jsou v každém roce jiná.

Soutěž: V některých případech se bude jednat o soutěž, o přidělených bodech budou rozhodovat dosažené výsledky, pořadí zaslání, apod.

Zkušenost za 5 let: celkem 32 studentům byla odpuštěna zkouška a navíc získali právo přednostního výběru bakalářské práce z oboru strojového učení, několik dalších získalo až 10 extra bodů k testu



SGI a matematika

Obor zpracování signálů je příkladem
těsného propojení matematiky a informatiky.

V předmětu SGI bude zřejmé, proč jste v matematice probírali určité partie,

Např.

Komplexní čísla – výrazně usnadňují **implementaci algoritmů** v číslicových systémech (jinak by se muselo neustále počítat s goniometrickými funkcemi)

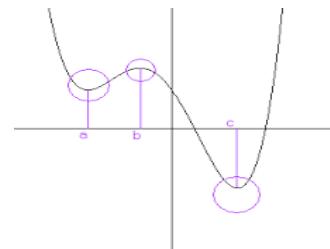
- pro připomenutí máte k dispozici video, podklady a příklady, test ve 4. týdnu

Lineární algebra – práce s vektory a maticemi obrovsky **zjednodušuje algoritmy zpracování signálů, obrázků či neuronových sítí**

Derivace funkcí – umožňují hledat minimum či maximum funkcí a rychle tak najít **optimální řešení** např. v úlohách **strojového učení** a optimálního **rozhodování** (je to klíčová operace zejména při učení neuronových sítí)

Řady a rozvoje – bez nich by neexistoval např. **algoritmus FFT** (rychlá Fourierova transformace), která je základem zpracování jakéhokoliv audia či videa

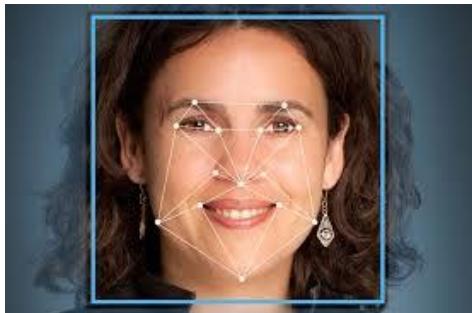
Statistika a pravděpodobnost – nejrychlejší a nejspolehlivější návod, jak udělat rozhodnutí na základě mnoha dat (**BIG data**)



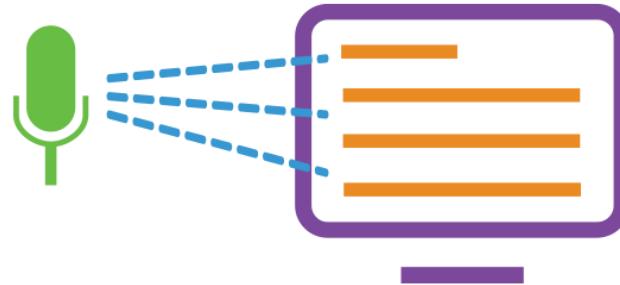
Moderní náplň předmětu

Počínaje akad. rokem 2017/18 došlo k významné modernizaci předmětu.

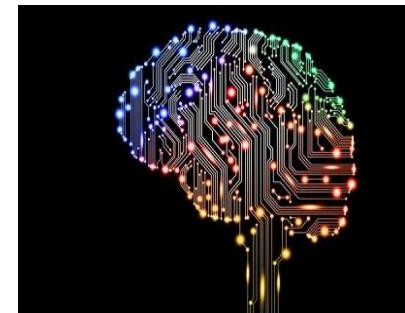
Studenti se nově seznamují s principy tzv. strojového učení umožňujícími získávat informace ze signálů a dat různého typu.



rozpoznávání obrazů



rozpoznávání řeči

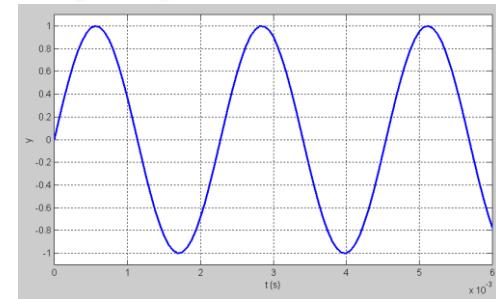
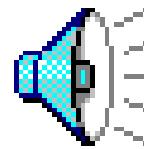


neuronové sítě

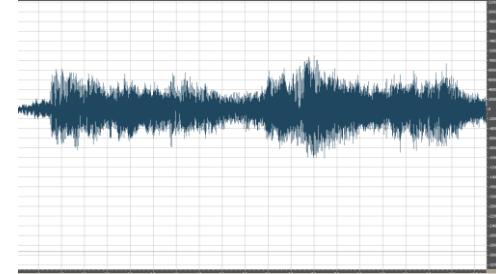
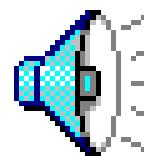


Příklady signálů (1)

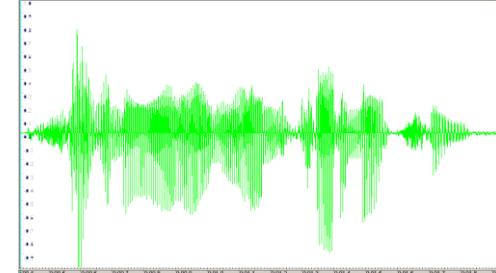
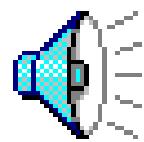
- zvuk – tón



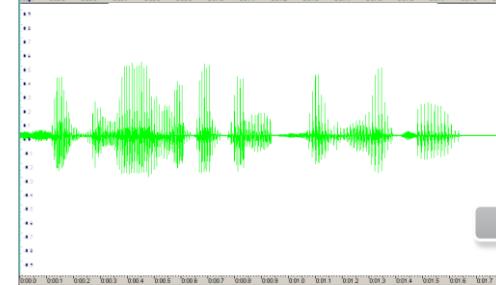
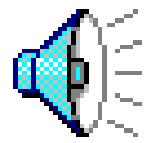
- zvuk – hudba



- zvuk – lidská řeč

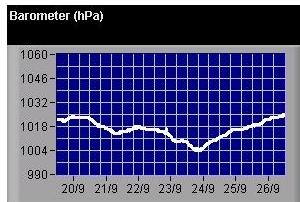


- zvuk – syntetická řeč

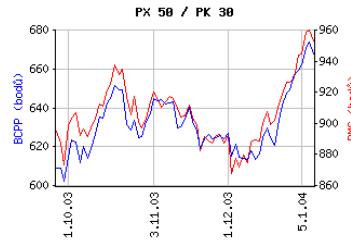


Příklady signálů (1)

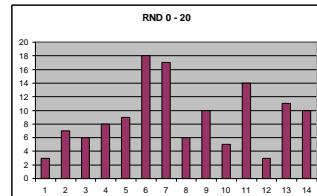
- data – řady údajů získané měřením



- data – ekonomické ukazatele (index trhu)



- data – vygenerovaná sekvence čísel



Příklady signálů (2)

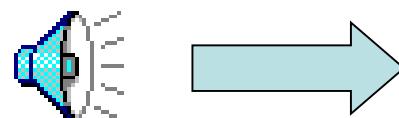
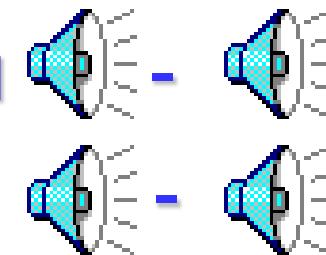
- obraz – statický
- obraz dynamický (video)
- multimediální data
(obsahující např. zvuk, video, text)



Příklady úloh zpracování signálů (1)

Zvuk:

- odfiltrování nežádoucího signálu
- potlačení šumu v nahrávce
- vytvoření syntetického zvuku
- rozpoznání řeči



„Signály a informace“

- rozpoznání osoby podle hlasu



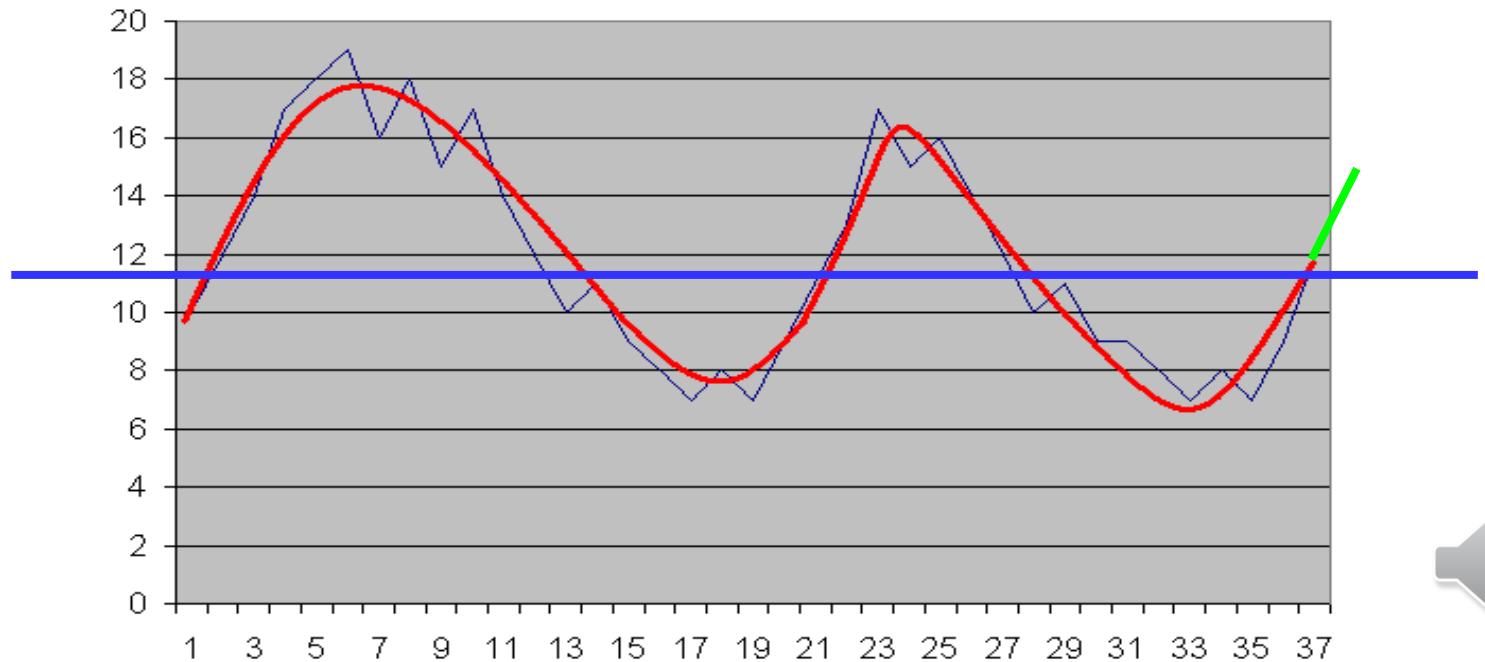
„Miloš Kopecký“



Příklady úloh zpracování signálů (2)

Data:

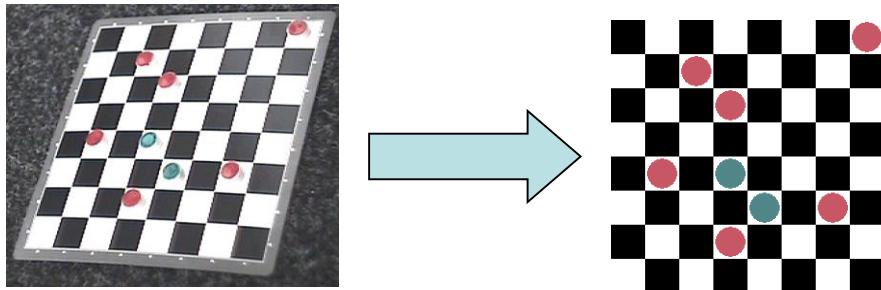
- nalezení střední hodnoty
- vyhlazení řad
- předpověď dalšího vývoje



Příklady úloh zpracování signálů (3)

Obraz:

- zaostření snímku
- filtrace šumu
- analýza
a rozpoznání obrazu



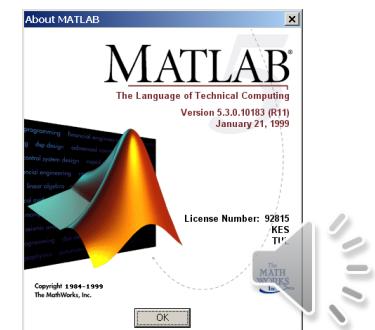
Cíle předmětu

Seznámit se s

- číslicovým popisem libovolného signálu
- metodami analýzy číslicových signálů
- návrhem systémů zpracování signálů
- metodami umožňujícími „strojové učení“

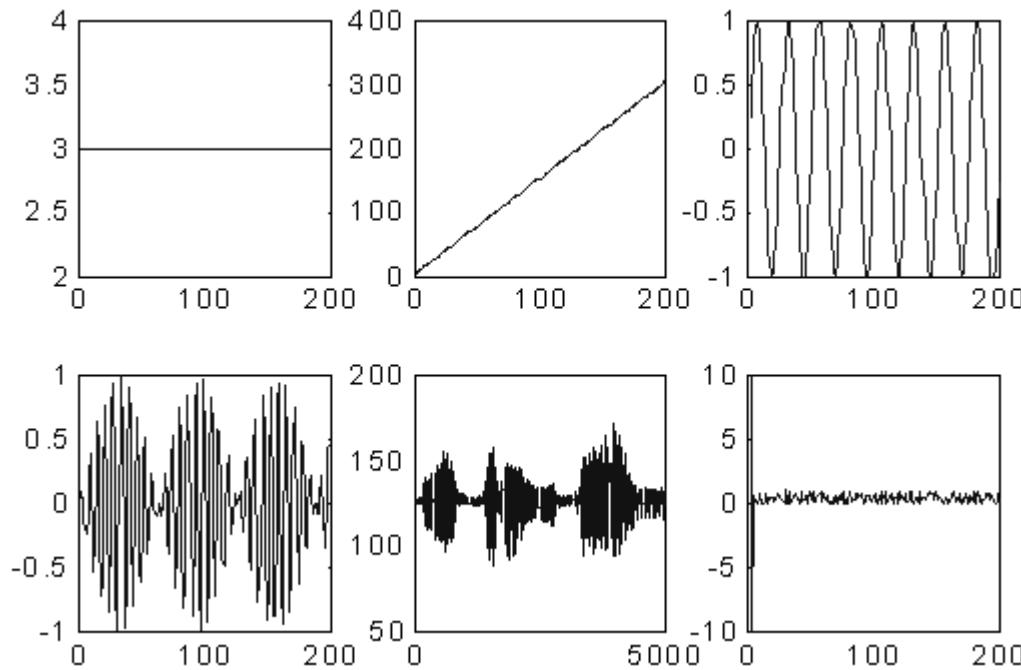
Prakticky si vyzkoušet (v MATLABu)

- zpracování zvukových signálů
- zpracování obrazových signálů
- jednoduché úlohy rozpoznávání



Signály a informace (1)

Signál je využíván jako nositel informace
Množství informace



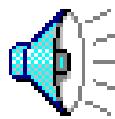
Signály a informace (2)

Informace a šum

Co je **informace** - závisí na konkrétní úloze

Např. analýza telefonní nahrávky

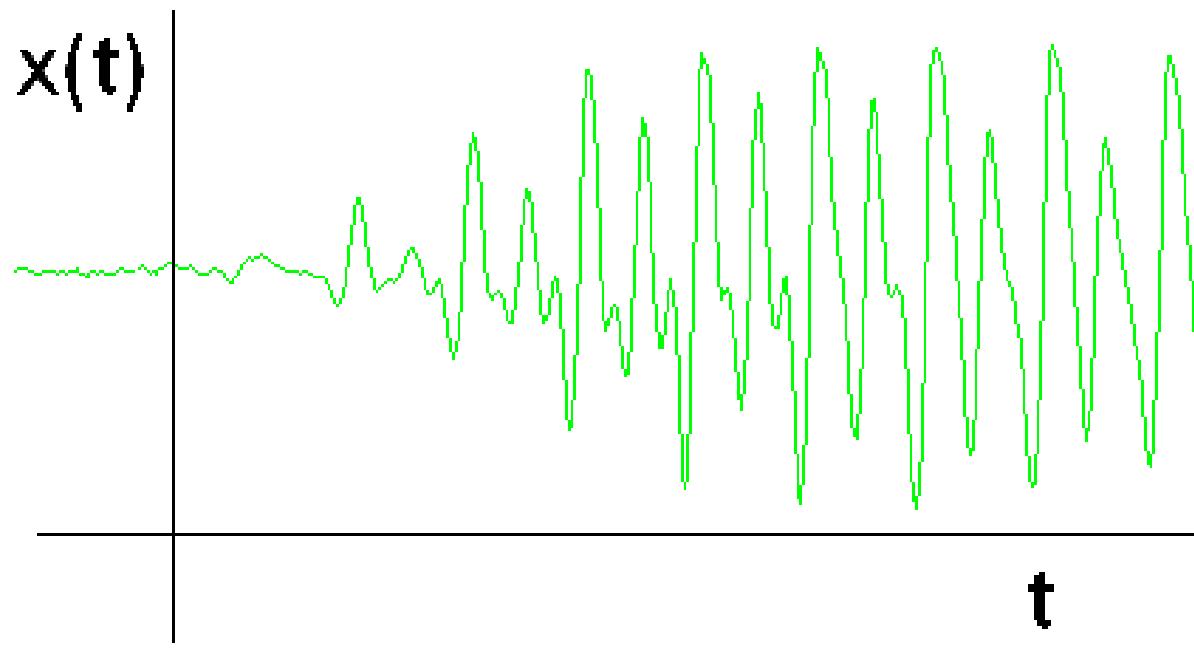
Úloha	Požadovaná informace
Rozpoznávání řeči	Obsah řeči
Rozpoznávání osob	Identifikace osoby
Identifikace místa	Zvuky v pozadí



Signály analogové a číslicové

Analogový signál

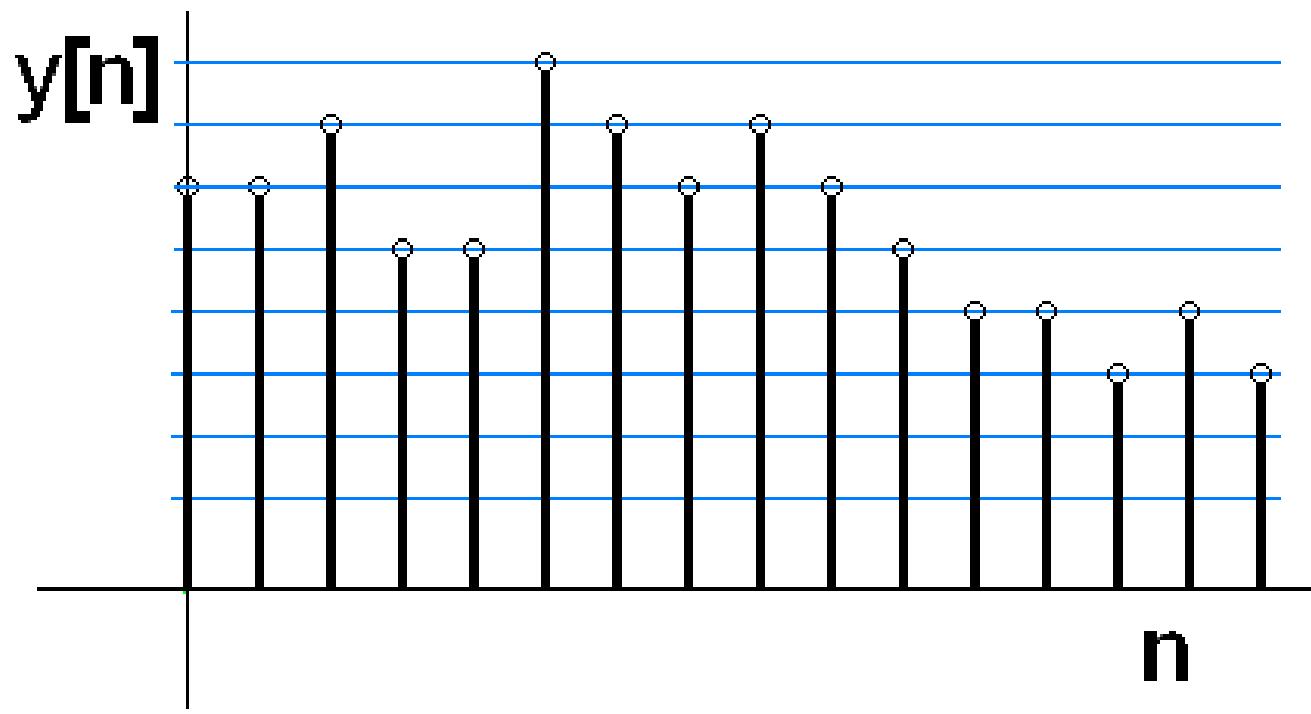
– spojitý v čase i v hodnotách (definován v libovolném časovém okamžiku, může nabývat libovolné hodnoty)



Signály analogové a číslicové

Číslicový signál

– nespojitý v čase (prostoru) i v hodnotách (nabývá jen určitých hodnot v určitém čase a v prostoru)

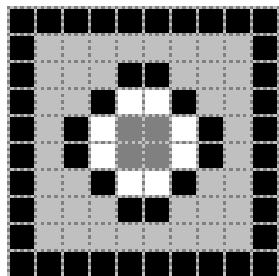


Číslicové signály (1)

Hodnoty veličin nesoucích informaci (např. intenzity zvuku, jasu, rychlosti, síly větru, ceny akcie ...) vyjádřeny řadami či maticemi čísel

Zvuk: ... 10, 15, 7, 1, -3, -12, -18, -13, -7, 1, 5,

Obraz (černobílý):



0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	192	192	192	192	192	192	192	192	192	0
0	192	192	192	0	0	192	192	192	192	0
0	192	192	0	255	255	0	192	192	192	0
0	192	0	255	127	127	255	0	192	192	0
0	192	0	255	127	127	255	0	192	192	0
0	192	192	0	255	255	0	192	192	192	0
0	192	192	192	0	0	192	192	192	192	0
0	192	192	192	192	192	192	192	192	192	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Číslicové signály (2)

Výhody číslicových signálů:

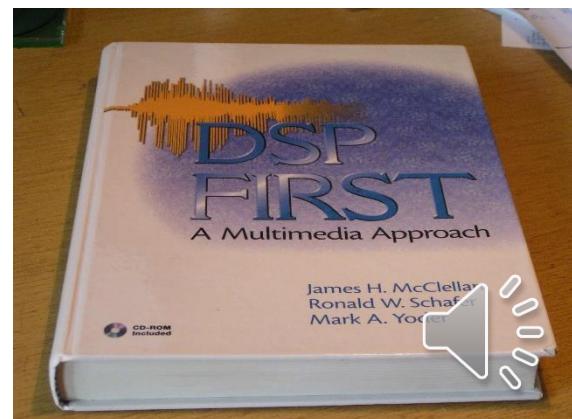
1. S diametrálně různými fyzikálními veličinami lze po převedení do číslicové podoby pracovat úplně stejnými metodami
2. Číslicové výpočetní systémy (PC, notebooky, tablety, „chytré“ mobily, mikrokontroléry,) jsou dnes velmi výkonné a zvládají i velmi složité algoritmy
3. Převod z a do analogové formy (pokud je nutný) je snadno a levně realizovatelný.



Číslicové signály (3)

Výhody číslicových signálů pro výuku:

1. I velmi složité algoritmy lze popsat jednoduchými aritmetickými operacemi: místo integrálu součet, místo derivace rozdíl, možnost simulace **Matlab**
2. Na číslicových signálech se dají vysvětlit pojmy a metody používané v navazujících předmětech (strojové učení, rozhodování, řízení, ...)
3. Na tomto základě probíhá výuka na mnoha univerzitách ve světě (heslo „DSP first“)



Číslicové signály kolem nás

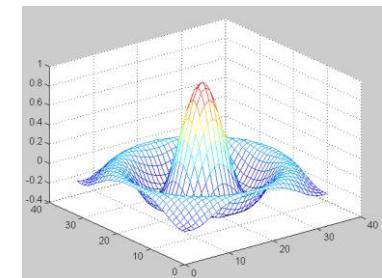
1. Digitální telefonie, mobilní telefonie
2. Digitální televize, rozhlas, video, audio
3. Digitální fotoaparáty, číslicové úpravy obrazu
4. GPS a její aplikace
5. Moderní lékařské vyšetřovací metody (CT, MR)
6. Kosmický výzkum (vč. pátrání po civilizacích)
7. Aplikace v biologii (analýza DNA)
8. Forenzní aplikace (identifikace osob pro soudy)
9. Aplikace v ekonomii (podpora optim. rozhodování)
10. Robotika, umělá inteligence,



Úvod do prostředí MATLAB (1)

Přednosti:

1. Umožňuje velmi **snadnou práci s vektory a maticemi**
proměnná x může být skalár, vektor, matice
 $y = k * x$
2. Příkazy mohou být **okamžitě prováděny** (interpretovaný jazyk) anebo mohou být součástí programu
velmi snadné ladění
3. Snadná **vizualizace výsledků**
plot (x), mesh (x, y, z)
4. Řada **speciálních nástrojů** (toolboxů) pro různé oblasti
Signal processing Tbx, Image Analysis Tbx,
5. Standardní nástroj **na většině světových univerzit**
6. Na TUL je volně k dispozici učitelům i studentům

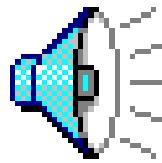


Úvod do prostředí MATLAB (2)

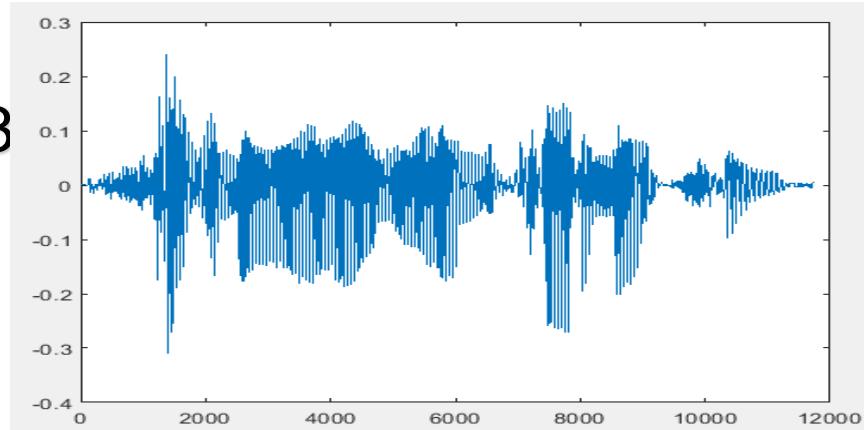
Ukázka práce se zvuk. signálem

```
x = audioread ('signal.wav')  
% x = [2 8 15 19 23]
```

```
plot (x)
```



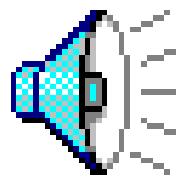
```
sound (x)
```



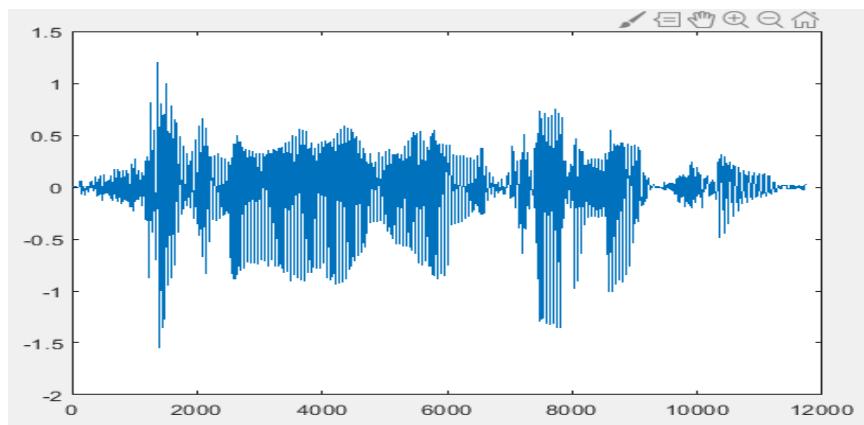
Vynásobení vektoru skalárem

```
y = 5 * x  
% y = [10 40 75 95 225]
```

```
plot (y)
```



```
sound (y)
```



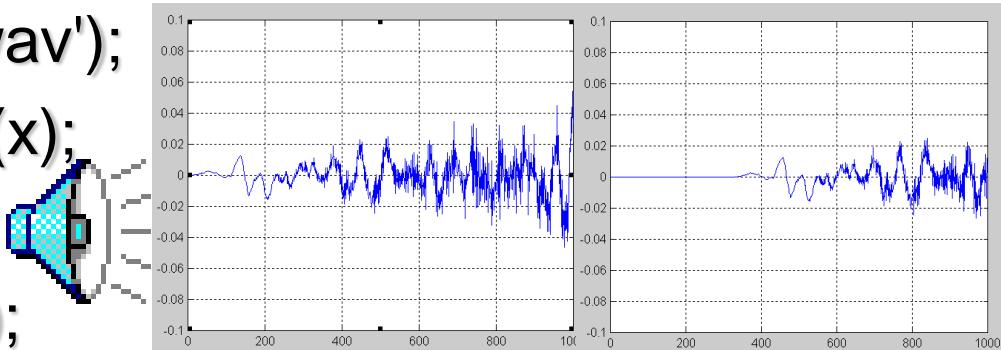
Výsledek: zesílení původního signálu x



Úvod do prostředí MATLAB (3)

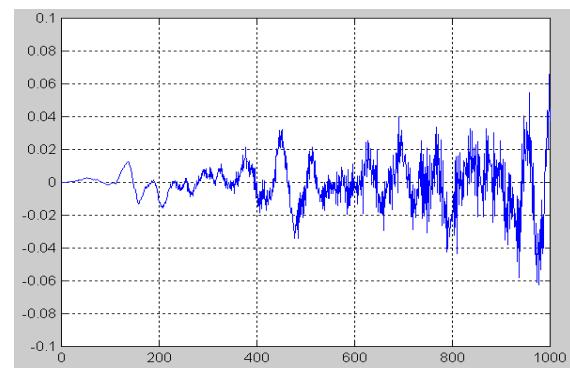
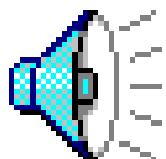
Další ukázka

```
x = audioread ('signal.wav');  
plot (x(1:1000)); s=size(x);  
sound (x);  
xposunuty = zeros(320);  
xposunuty(321:(s(1)+320))=x(1:s(1));  
plot(xposunuty(1:1000))
```



Sečtení dvou signálů

```
y = x(1:s(1)) + 0,5 * xposunuty (1:s(1));  
plot (y(1:1000))  
sound (y)
```



Výsledek: původní signál doplněný o dozvuk



Úvod do prostředí MATLAB (4)

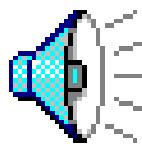
Další ukázka

```
x = audioread ('signal.wav') % načtení do vektoru x
```

```
[n,m]= size (x)
```

```
sum = rand(n)
```

```
sound (x)
```

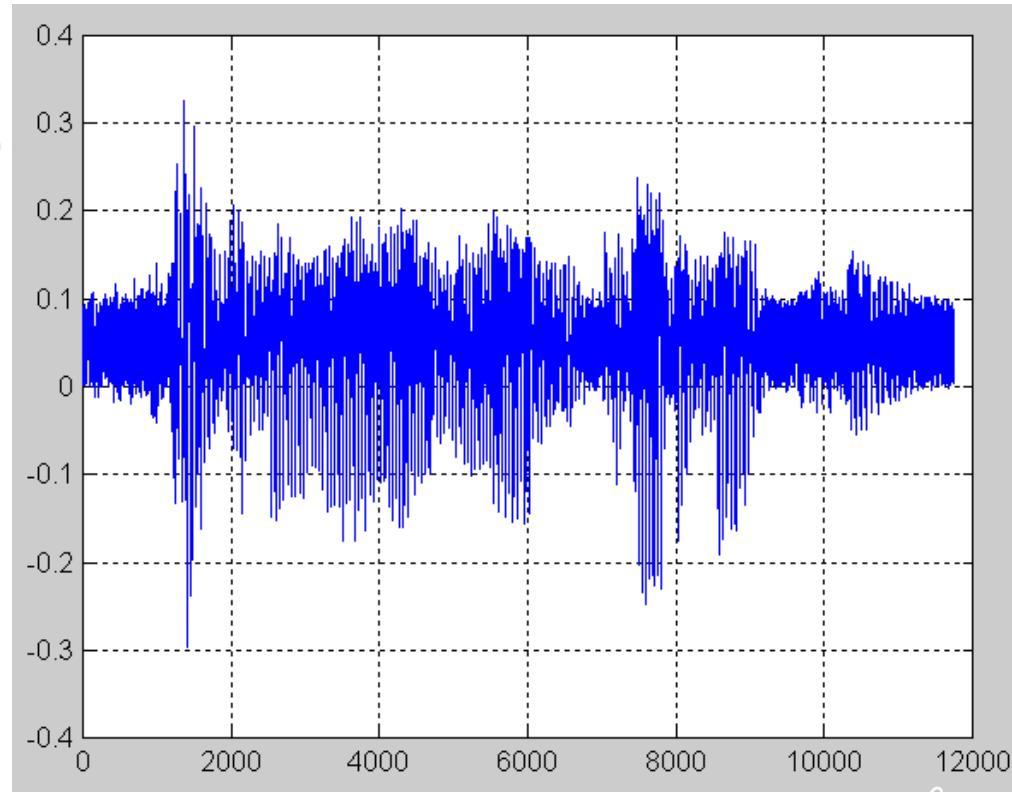
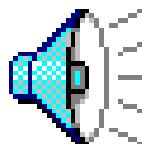


Sečtení dvou signálů

```
y = x + 0.1 * sum
```

```
plot (y)
```

```
sound (y)
```



Výsledek: původní signál byl zašuměn



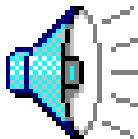
Úvod do prostředí MATLAB (5)

Další ukázka

```
x = audioread ('signal_a_sum.wav')
```

```
n = size (x)
```

```
sound (x)
```



Průměrovací filtr

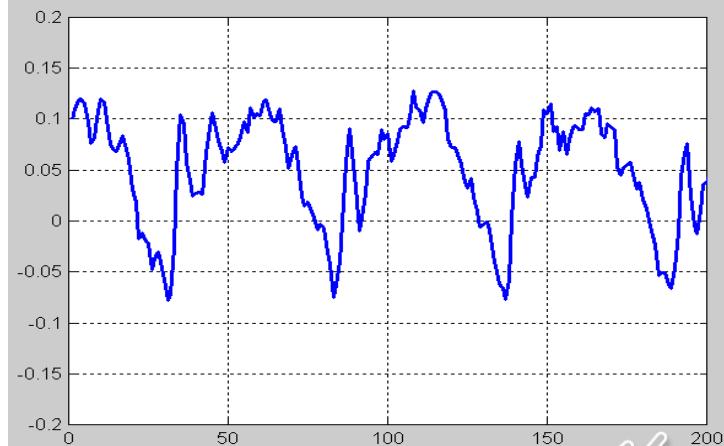
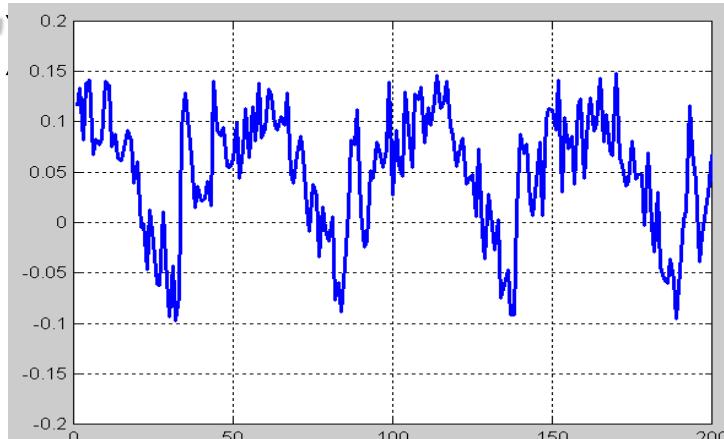
```
for i = 2 : n(1)-1
```

```
    y(i) = (x(i-1) + x(i) + x(i+1)) / 3
```

```
end
```

```
plot (y(3000:3200))
```

```
sound (y)
```



Výsledek: průměrováním se částečně potlačil šum



Úvod do prostředí MATLAB (6)

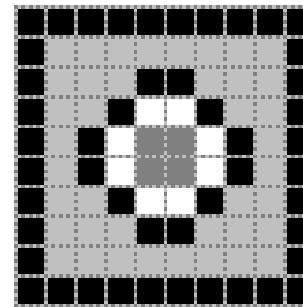
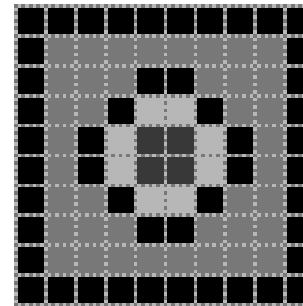
Ukázka zpracování obrázku

```
x = imread('obr.bmp') % načtení čb obrázku do matice x  
xmax = max (x)  
k = 255 / xmax
```

Přepočítání jasů

```
for i = 1 : n  
    for j = 1 : m  
        y(i , j) = x(i , j) * k  
    end  
end
```

% cyklus pro pixely x



Výsledek: jednoduchou operací se zvýšil kontrast obrázku



Shrnutí přednášky

1. Signály různých typů jsou nositelem informací
2. Nesou informace o vývoji v čase nebo v prostoru.
3. Číslicové signály umožňují velmi efektivní záznam, analýzu a syntézu informace.
4. U číslicových signálů se prováděné operace dají vyjádřit jednoduchými algebraickými výrazy či jejich posloupnostmi (programy).
5. Číslicové signály se dají velmi dobře studovat a zpracovávat v prostředí MATLAB



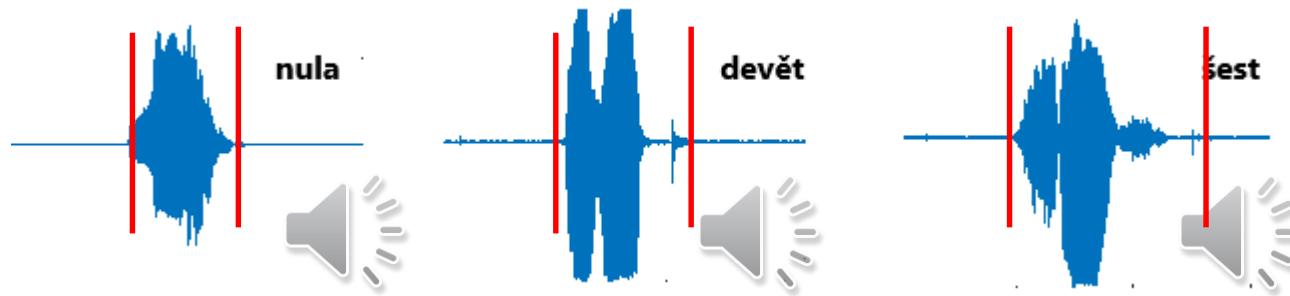
Bonusová část



1. bonusová úloha

Nalezení hranic slova v nahrávce (wav 2 s)

Ukázky nahrávek



Příklad jednoduché úlohy na „vydolování“ informace z většího množství dat.

Je třeba vymyslet strategii, která na základě analýzy řady čísel odliší zvuk slova od zvuku pozadí a určí alespoň přibližně začátek a konec slova.



Detaily úlohy

- Stáhněte si z e-learningu soubor s několika nahrávkami.
- Jedná se o digitální nahrávky mluvených číslic (0 až 9), řečené a nahrané různými osobami. (Názvu jsou typu c6_p0076_s04.wav)
- Nahrávky jsou ve formátu WAV, přesně 2 sekundy dlouhé.
- Jsou nahrány se vzorkovací frekvencí 16kHz, tj. 1 s obsahuje 16000 vzorků (číselných hodnot), 2 s tedy 32000. Časový interval mezi vzorky (čili vzorkovací perioda) je $1/16000$ sekundy.
- Některé nahrávky jsou velmi „čisté“, jiné mohou obsahovat šum nebo i krátké zapraskání. S tím vším, byste si měli umět poradit.



Návrh postupu

- V Matlabu si načtěte a zobrazte jednotlivé soubory (viz dnešní příklady).
- Na základě zobrazení a vhodných nápadů zkuste vymyslet jednoduchou strategii pro nalezení míst, kde začíná a končí řeč. Ta nevzniká ani nezaniká náhle, jedná se o pozvolnější proces, takže hranice slova lze stanovit jen přibližně s přesností cca 0,05 s (50 ms)
- Možné přístupy:
 - hledat vzorky, jejichž (abs.) hodnoty významně převyšují okolí,
 - rozdělit nahrávku na krátké segmenty (např. 100-200 vzorků dlouhé) a u nich určit nějaký vhodný parametr úměrný „hlasitosti“ signálu, apod. Následně stanovit práh pro určení začátku a konce slova.
- Nápady ověřovat na dodaných nahrávkách a postupně vytvářet co nejlepší strategii, která dá dobré výsledky na všech datech. Najít způsob, jak jednoduše ověřovat, zda jsou nalezené hranice dobré. (Ideálně vykreslením a přehráním výřezu.)
- Řešení včlenit do jednoduchého programu v Matlabu.



Odevzdání řešení

Hodně štěstí při řešení 1. úlohy.

