

# Cvičení 9

## Shlukování

Jan Přikryl

ČVUT FD

15. dubna 2020

# Příklad 1

## Analýza hlavních komponent

V této úloze vyzkoušíme PCA na datovém souboru **USArrests**. Řádky datové sady obsahují údaje o zločinnosti v 50 státech USA, seřazené abecedně podle státu. Napřed jako vždy načteme CSV data do tabulky. První sloupec obsahuje názvy států USA, proto `'ReadRowNames'`

```
usatbl = readtable('islr_usaarrests.csv', 'ReadRowNames', true);
```

Sloupce datové sady obsahují čtyři proměnné.

```
usatbl.Properties.VariableNames  
usatbl
```

# Příklad 1

## Analýza hlavních komponent

Nejprve stručně prozkoumáme data. Uvidíme, že proměnné mají obrovsky rozdílné průměry i rozptyly:

```
h = figure(1);  
boxplot(usatbl.Variables, 'Orientation', 'horizontal', ...  
        'Labels', usatbl.Properties.VariableNames);
```

Konkrétní číselné hodnoty

```
mean(usatbl.Variables)
```

Můžeme také prozkoumat rozptyly všech čtyř atributů.

```
var(usatbl.Variables)
```

# Příklad 1

## Analýza hlavních komponent

```
data = table2array(usatbl);  
zdata = zscore(data); % spocte z-skore, N(0,1)  
mean(zdata)  
var(zdata)
```

A teď konečně můžeme udělat PCA

```
% Vlnovka ignoruje vystup  
[coeffs,scores,latent,~,varexpl,muest] = pca(zdata);  
  
mean(data) sqrt(var(data))
```

# Příklad 1

## Analýza hlavních komponent

V proměnné `coeffs` jsou uvedené zátěže hlavních komponent. V každém sloupci je uložen jeden vektor zátěže:

```
coeffs
```

Vidíme, že existují čtyři odlišné hlavní komponenty. To bychom měli očekávat, protože v sadě dat s  $n$  pozorováními a  $p$  proměnnými obecně existuje  $\min(n - 1, p)$  hlavních komponent.

```
size(scores)
```

# Příklad 1

## Analýza hlavních komponent

```
h = figure(2);  
biplot(coeffs(:, [1,2]), 'Scores', scores(:, [1,2]), ...  
    'VarLabels', usatbl.Properties.VariableNames);  
xlim([-1,1]);  
ylim([-1,1]);  
axis equal;
```

# Příklad 1

## Analýza hlavních komponent

Standardní odchylka všech PCA komponent

```
sqrt(latent)
```

se spočte z jejího rozptylu, zámého z `pca()`

```
latent
```

Vysvětlená variance je zde rovnou v procentech:

```
varexp1
```

# Příklad 1

## Analýza hlavních komponent

Vykreslení variance

```
figure(3);  
plot(varexpl, '-o');  
xticks([1 2 3 4]);  
xlim([0.9 4.1]);  
xlabel('Pořadí hlavních komponent');  
ylabel('Vysvětlený rozptyl [%]')
```



# Příklad 1

## Analýza hlavních komponent

Na závěr graf kumulativní vysvětlené variance

```
figure(4);  
plot(cumsum(varexpl), '-o');  
xticks([1 2 3 4]);  
xlim([0.9 4.1]);  
ylim([0 105]);  
xlabel('Pořadí hlavních komponent');  
ylabel('Kumulativní vysvětlený rozptyl [%]')
```

**Odpovězte:**

Kolik rozptylu vysvětlují první dvě hlavní komponenty?

## Příklad 2

*k* nejbližších sousedů

Vyzkoušejme si nyní shlukování na synteticky generovaných datech: Napřed musíme naspevno nastavit násadu generátoru náhodných čísel, aby byly výsledky pro všechny pokaždé stejné.

Vygenerujeme 50 záznamů o dvou prediktorech ve dvou slucích:

```
rng(42); % Pevná násada generátoru náhodných čísel
ndat = 50; % Zapamtujeme, kolik je dat
% Kde budou středy syntetických skluků?
c_center_1 = [1, -2];
c_center_2 = [-1, 2];
% Polovina dat kvůli dělení na dva shluky
ndat_h = floor(ndat/2);
```

## Příklad 2

$k$  nejbližších sousedů

Generujeme 2D data z  $\mathcal{N}(\mathbf{o}, \mathbf{I})$ : normální rozdělení ve 2D, střední hodnota  $[0,0]$  a kovarianční matice jednotková:

```
data = randn(ndat,2);
```

Zobrazíme je jako mrak bodů

```
figure(1);  
scatter(data(:,1),data(:,2));  
title('Původní_data_nerозdělená_na_shluky');
```

Data upravíme na dva shluky přičtením souřadnic středů:

```
data(1:ndat_h,:) = data(1:ndat_h,:) + c_center_1;  
data(ndat_h+1:end,:) = data(ndat_h+1:end,:) + c_center_2;
```

## Příklad 2

*k* nejbližších sousedů

Vyrobíme vektor příslušnosti, sloužící i k obarvení obou shluků:

```
cn = ones(n_dat,1); % Základní příslušnost ke shluku 1
cn(ndat_h+1:end) = 2; % Druhá polovina je shluk 2
```

A zobrazíme znovu, tentokrát jako dvě skupiny barevných puntíků podle hodnot v **cn**:

```
figure(2);
scatter(data(:,1),data(:,2), 30, cn, 'filled');
title('Dva_shluky');
```

### Otázka

Hodnota parametru **sz** je 30, ale puntíky rozodně nejsou 30 jednotek veliké. Zjistěte, co vlastně parametr **sz** očekává za hodnoty.

## Příklad 2

*k* nejbližších sousedů

Víme, že jsme vytvořili dva shluky. Najdeme je pomocí `kmeans()`?

```
[km2, centroids2, withinss2] = kmeans(data, 2);
```

Vykreslíme vše obarvené podle příslušnosti ke shlukům, včetně středů shluků

```
figure(3);  
s = scatter(data(:,1),data(:,2), 30, km2, 'filled');  
hold on;  
plot(centroids2(:,1),centroids2(:,2),'r*');  
hold off;  
title('Obarvené_dva_shluky');
```

Celkový součet rozptylu mezi body shluků

```
tot2 = sum(withinss2);  
fprintf('sum(withinss2)=%f\n', tot2);
```

## Příklad 2

*k* nejbližších sousedů

Co když jsou shluky 3?

```
[km3, centroids3, withinss3] = kmeans(data, 3);
```

Vykreslíme

```
figure(4);  
scatter(data(:,1),data(:,2), 30, km3, 'filled');  
hold on;  
plot(centroids3(:,1),centroids3(:,2),'r*');  
title('0barvené_tři_shluky');
```

Celkový součet rozptylu mezi body shluků

```
tot3 = sum(withinss3);  
fprintf('sum(withinss3)=%f\n', tot3);
```

## Příklad 2

$k$  nejblížších sousedů

```
centroids2  
withinss2  
%  
centroids3  
withinss3
```

## Příklad 2

*k* nejbližších sousedů

Identifikujeme 3 optimální shluky po 50 restartech

```
[km3b, centroids3b, withinss3b] = kmeans(data, 3, 'Replicates', 50);
```

Vykreslíme

```
figure(5);  
scatter(data(:,1),data(:,2), 30, km3b, 'filled');  
hold on;  
plot(centroids3b(:,1),centroids3b(:,2),'r*');  
hold off  
title('0barvené_tři_optimální_shluky_po_50_restartech');
```

Celkový součet rozptylu mezi body shluků

```
tot3r = sum(withinss3b);  
fprintf('sum(withinss3r)=%f\n', tot3r);
```



## Příklad 2

*k* nejbližších sousedů

Identifikujeme 3 optimální shluky po 50 restartech při použití cityblok normy a ne euklidovské vzdálenosti

```
[km3c, centroids3c, withinss3c] = ...  
    kmeans(data, 3, 'Replicates', 50, 'Distance', 'cityblock');
```

Vykreslíme

```
figure(6);  
scatter(data(:,1),data(:,2), 30, km3c, 'filled');  
hold on;  
plot(centroids3c(:,1),centroids3c(:,2),'r*');  
hold off;  
title('0barvené_tři_optimální_shluky,_50_restartů,_cityblock');  
tot3c = sum(withinss3c);  
fprintf('sum(withinss3c)=%f\n', tot3c);
```

# Příklad 3

## Hierarchické shlukování

Přesuneme pozornost na hierarchické shlukování a to na totožných syntetických datech

# Příklad 3

## Hierarchické shlukování

V Matlabu používáme na hierarchické shlukování postupně funkce

- ▶ `pdist()` ... párová vzdálenost
- ▶ `linkage()` ... ???
- ▶ `cluster()` ... ???

Napřed určíme Euklidovskou vzdálenost mezi všemi páry bodů

```
dist = pdist(data, 'euclid');
```

Najdeme hierarchické shluky minimalizací maximální vzdálenosti mezi prvky shluku

```
lnk_complete = linkage(dist, 'complete');
```

Nyní hierarchicky shlukneme na maximální počet `n_dat` shluků

```
cluster_complete = cluster(lnk_complete, 'maxclust', n_dat);
```

# Příklad 3

## Hierarchické shlukování

Vykreslíme pomocí `lnk_complete`

```
figure(3);  
dendrogram(lnk_complete,0);
```

Najdeme hierarchické shluky minimalizací průměrné vzdálenosti mezi prvky shluku

```
lnk_average = linkage(dist, 'average');
```

Vykreslíme pomocí `lnk_average`:

```
figure(4);  
dendrogram(lnk_average,0);
```

## Příklad 3

### Hierarchické shlukování

Nyní označíme 2 shluky v datech

```
cluster2 = cluster(lnk_average, 'maxclust', 2);  
figure(5);  
scatter(data(:,1),data(:,2), 30, cluster2, 'filled');  
title('Hierarchické_shlukování, 2_shluky, average');
```

Nyní označíme 3 shluky v datech

```
cluster3 = cluster(lnk_average, 'maxclust', 3);  
figure(6);  
scatter(data(:,1),data(:,2), 30, cluster3, 'filled');  
title('Hierarchické_shlukování, 3_shluky, average');
```

## Příklad 3

### Hierarchické shlukování

Nyní označíme 4 shluky v datech

```
cluster4 = cluster(lnk_average, 'maxclust', 4);  
figure(7);  
scatter(data(:,1),data(:,2), 30, cluster4, 'filled');  
title('Hierarchické_shlukování_4_shluky_average');
```

Nyní označíme 7 shluků v datech

```
cluster7 = cluster(lnk_average, 'maxclust', 7);  
figure(8);  
scatter(data(:,1),data(:,2), 30, cluster7, 'filled');  
title('Hierarchické_shlukování_7_shluků_average');
```