

Klasifikace prostorových pohybů prstu s využitím hierarchického shlukování

J. Havlík

Katedra teorie obvodů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze
Technická 2, 166 27 Praha 6
email: xhavlikj@fel.cvut.cz

Abstrakt

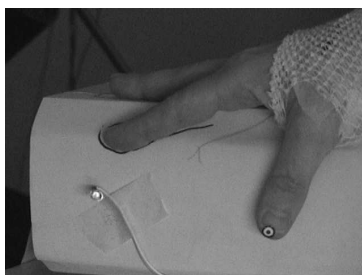
Předkládaný článek se zabývá problematikou klasifikace volných prostorových pohybů palce ruky. Pohyb palce je popsán souřadnicemi trajektorie speciální značky umístěné na palci. Popsaný klasifikátor využívá algoritmus hierarchického shlukování, cyklického spojování vždy dvojice sobě nejpodobnějších bodů (shluků). Počet shluků je tímto postupem zmenšován v každém kroku vždy o jeden tak dlouho, dokud neodpovídá požadovanému počtu. Předkládaný algoritmus je použit při výzkumu vztahu svalové a mozkové aktivity člověka.

1 Úvod

Předkládaný článek se zabývá problematikou klasifikace volných prostorových pohybů palce ruky použité při studiu vztahu svalové a mozkové aktivity člověka.

S ohledem na vzájemnou provázanost pohybů lidského těla a mozkové činnosti, je třeba při studiu jejich vztahu volit vhodné pohyby. Z tohoto a dalších důvodů byl jako pohyb těla zvolen volný prostorový pohyb palce ruky.

V průběhu experimentu je v laboratoři pohyb ruky pokusné osoby průběžně snímán dvojicí standardních DV videokamer a následně je zaznamenáván na pásku. Zároveň se záznamem pohybu je standardním snímacím EEG zařízením sledována mozková aktivita pokusné osoby a ukládán její záznam do počítače. Oba záznamy jsou vzájemně synchronizovány [1].



(a) Pohled levé videokamery



(b) Pohled pravé videokamery

Obrázek 1: Ukázka zaznamenaných snímků

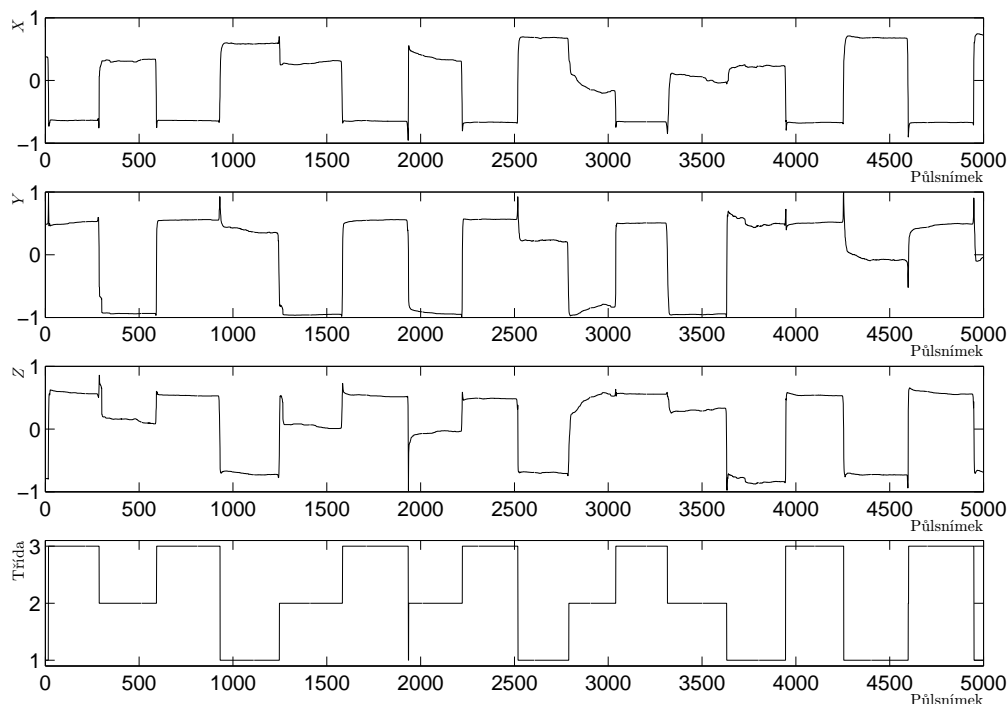
2 Experiment

Pohyb palce ruky je sledován dvojicí videokamer ze dvou lineárně nezávislých směrů. Palec ruky pokusné osoby je označen speciální značkou, černobílým terčíkem (viz obrázek 1). Záznamy z obou videokamer jsou separátně zpracovány tak, aby bylo možné z obou záznamů získat informaci o poloze terčíku v každém snímku a tato poloha mohla být parametrizována.

Takto je získána dvojice 2-D parametrizací pohybu prstu, souřadnice průmětů pohybu do snímacích rovin videokamer. S využitím základní trigonometrie (neperspektivní promítání) jsou

obě parametrizace spojeny a pro každý snímek jsou vypočteny prostorové souřadnice polohy terčíku - souřadnice X , Y a Z . Takto je získána $3 \times N$ prvková matice \mathbf{C} poloh terčíku, jejíž každý sloupec tvoří tříprvkový vektor parametrů (souřadnic terčíku) \mathbf{x} , počet sloupců odpovídá počtu pulsů ve videozáznamu [2].

V průběhu experimentu pokusná osoba hýbe palcem mezi definovanými polohami - stacionárními stavy (označme jejich počet R). Směr pohybu volí náhodně tak, aby všechny směry byly zastoupeny se stejnou četností, pohyb přichází vždy po optickém synchronizačním pulsu. Perioda synchronizačních pulsů je 6 ± 1 vteřina (odpovídá 300 ± 50 pulsům), doba trvání stacionárního stavu je tedy zhruba 300 vzorků, doba pohybu je asi 20 vzorků.



Obrázek 2: Příklad vstupního signálu a nalezených tříd

3 Klasifikace

Úkolem klasifikačního algoritmu je roztrždit vektory parametrů \mathbf{x} do R tříd tak, aby každá třída obsahovala vektory příslušející stejnému stacionárnímu stavu. Zvolený algoritmus hierarchického shlukování je rekursivní algoritmus, který je možné popsat následující posloupností kroků:

- Krok 1** Nechť každý vstupní vektor je jeden samostatný shluk.
- Krok 2** Najděme dva nejpodobnější shluky (např. na základě vzdálenosti jejich těžišť).
- Krok 3** Spojme dva nejpodobnější shluky do jednoho.
- Krok 4** Opakujeme od kroku 2, dokud počet shluků neodpovídá počtu hledaných tříd R .

Je zřejmé, že aby bylo možné najít v kroku 2 dvojici sobě nejpodobnějších shluků, je třeba vypočítat pro každý shluk vzdálenost od všech ostatních shluků. Ve výpočetním systému MATLAB je za tímto účelem implementována funkce `pdist`. Zbylé kroky je potom možné realizovat s využitím funkcí `linkage` a `cluster`.

4 Výsledky

Příklad použití uvedeného klasifikačního algoritmu je dobře patrný na obrázku 2. Vstupní signál - časová posloupnost souřadnic X , Y a Z - obsahující 5000 vzorků (odpovídá 100 s videozáznamu) byl klasifikován do 3 tříd. Vzory nalezených tříd (souřadnice těžišť jednotlivých tříd) a počty vzorků v nalezených třídách jsou uvedeny v tabulce 1.

Třída	X	Y	Z	Počet vzorků
1	0.54	0.18	-0.66	1312
2	0.25	-0.92	0.52	1497
3	-0.74	0.18	0.54	2191

Tabulka 1: Vzory tříd a počty vzorků v jednotlivých třídách

5 Implementace

Klasifikační algoritmus byl realizován ve výpočetním systému MATLAB s využitím funkce `clusterdata` z balíčku STATISTIC TOOLBOX. Funkce `clusterdata` postupně volá funkce `pdist`, `linkage` a `cluster`.

6 Závěr

Hierarchické shlukování je jeden ze základních klasifikačních algoritmů bez učitele, mezi jehož největší výhody patří spolehlivost a snadná realizace. Zásadní nevýhodou je však výpočetní náročnost resp. velikost paměti potřebná k výpočtu vzájemných vzdáleností. V prvním cyklu, kdy je počet shluků roven počtu všech vzorků (označme ho N), je totiž potřeba vypočítat N^2 vzájemných vzdáleností (vzdálenosti každého shluku od všech ostatních). Vzhledem k tomu, že příslušná $N \times N$ prvková matice vzdáleností je symetrická a má nulovou hlavní diagonálu, jedná se o $(N^2 - N)/2$ různých čísel, která je třeba uložit do paměti počítače. Tento fakt je limitující pro možnost použití algoritmu při klasifikaci rozsáhlých množin vzorků.

7 Poděkování

Tato práce je podporována výzkumným záměrem č. MSM 6840770012 (udělen Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky).

Reference

- [1] Jan Havlík and Zdeněk Horčík. Synchronizace EEG záznamu a videozáznamu při snímání pohybu prstu ruky. In *Matlab 2004*, pages 186–189. Humusoft, Praha, 2004.
- [2] Jan Havlík and Zdeněk Horčík. Three-dimensional thumb motion parameterization. In *Applied Electronics 2005*, pages 127–130. University of West Bohemia in Pilsen, Pilsen, 2005.
- [3] Alena Lukasová and Jana Šarmanová. *Metody shlukové analýzy*. SNTL, 1985.
- [4] The MathWorks, Inc. *MATLAB Reference Guide*, 1995.

Jan Havlík

Katedra teorie obvodů, Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení technické v Praze
Technická 2, 166 27 Praha 6, tel: 224 352 048, email: xhavlikj@fel.cvut.cz