

LATVIJAS UNIVERSITĀTE

DTF DOKTORANTU UN DOKTORANTŪRAS SKOLAS SEMINĀRS

Multidimensionālu datu apjoma ekvivalentas redukcijas pieejas objektu klasifikācijai

14.12.2016

3.k. doktorants:

Juris SIŅICA-SIŅAVSKIS

ELEKTRONIKAS UN
DATORZINĀTŅU
INSTITŪTS



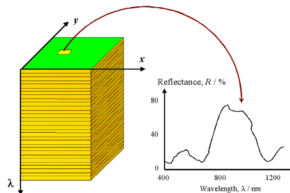
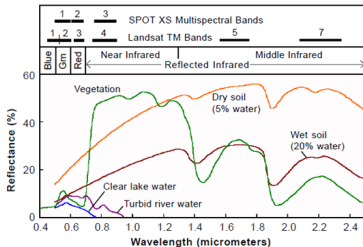
INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND
COMPUTER SCIENCE

Vadītājs:

Dr.sc.comp Ints MEDNIEKS

levads

- ▶ Pētījumu joma: tālizpēte (*Remote Sensing*)
Tālizpēte ir inženierzinātnes disciplīna (un prasme) iegūt informāciju par objektu, apgabalu vai kādu fenomenu, veicot datu, kas iegūti attālināti ar ierīcēm, bez tieša kontakta ar pētāmo objektu, apgabalu vai fenomenu, analīzi. (Lillesand et al., 2008, [1])
- ▶ Problēma
 - datu apjoms (ietekme uz ātrdarbību, pārsūtīšanu un glabāšanu)



Zīmējumi aizgūti no *Introduction to Hyperspectral Imaging*,
Microlmages, Inc <http://www.microlmages.com>

[//www.microimages.com/documentation/Tutorials/hyprspec.pdf](http://www.microimages.com/documentation/Tutorials/hyprspec.pdf)

levads

Literatūra

Publikācijas



Problēma

- Hjuza fenomens

(*Houghes phenomenon*)- pieaugot dimensiju skaitam, kategoriju klasifikācijas precizitāte krītas un svārstās. Analizējot multidimensionālus datus parādās fenomeni vai atšķirības salīdzinot ar nelielu dimensiju skaitu datiem, ko sauc par **dimensijas lāstu** (*Curse of dimensionality*, Richard E. Bellman, 1920).

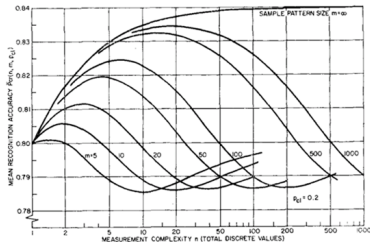


Fig. 4. Finite data set accuracy ($p_{e1} = \frac{1}{2}$).

Hughes, G. On the mean accuracy of statistical pattern recognizers. *IEEE Trans. on Information Theory*, vol.14, no.1 pp. 55-63, Jan. 1968

- visu iespējamo joslu kombināciju meklēšana ir NP-pilna problēma

$$b = \binom{220}{15} = 6.4 \cdot 10^{22}$$

- ▶ Tēmas aktualitāte (State of the art)
izstrādātas daudzas metodes dimensiju samazināšanai [3], kas pamatā transformē datus uz citu reprezentāciju (PCA), kurā dimensiju skaitu var samazināt.
- ▶ Mūsu pieeja
izvēlēties informatīvo joslu komplektu, jo šeit pētījumi ir mazāk (nepietiekoši)
- ▶ Mērķis
samazināt dimensiju skaitu, nodrošinot klasifikācijas kvalitāti
- ▶ Uzdevumi
 - izpētīt jomu no literatūras;
 - piedāvāt metodes dimensiju skaita samazināšanai, saglabājot klasifikācijas kvalitāti;
 - pārbaudīt metodes uz dažādiem hiperspektrāliem datiem un salīdzināt rezultātus;

Pieņēmumi

Pieņēmumi ir balstīti uz ANDERSON, Theodore Wilbur. An introduction to multivariate statistical analysis. New York: Wiley, 3rd ed., 2003.

Pieņem, ka attēlā katru pikseli reprezentē k spektra joslu intensitātes vektors $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k)^T$, kur x_i reprezentē gadījumlīkumu ar varbūtību sadalījuma blīvumfunkciju $f_i(x)$.

Pieņemsim, ka spektrālās joslas i **informativitāti** var raksturot ar informācijas entropijas mēru

$$H(X_i) = \int_{-\infty}^{\infty} f_i(x) \log_2(f_i(x)) dx$$

Entropijas formula *Matlab* vidē pierakstāma sekojoši: `sum(p.*log2(p))`, kur p sadalījuma blīvumfunkcija (Shannon entropy)

Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Priekšapstrāde

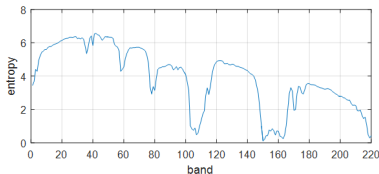
Pieņem, ka attēlā katru pikseli reprezentē k spektra joslu intensitātes vektors $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k)^T$, kur x_i reprezentē gadījumielumu ar varbūtību sadalījuma blīvumfunkciju $f_i(x)$.

Pieņemsim, ka spektrālās joslas i **informativitāti** var raksturot ar informācijas entropijas mēru

$$H(X_i) = - \int_{-\infty}^{\infty} f_i(x) \log_2(f_i(x)) dx$$

Entropijas formula *Matlab* vidē pierakstāma sekojoši: `sum(p.*log2(p))`, kur p sadalījuma blīvumfunkcija (Shannon entropy).

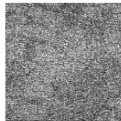
Ūdens absorbcijas joslas: 104–108, 150–163 un 220



josla nr. 1

josla nr. 105

josla nr. 110



Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines dataset

University of Pavia dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

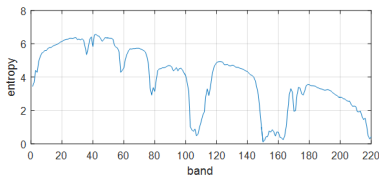
Secinājumi

Literatūra

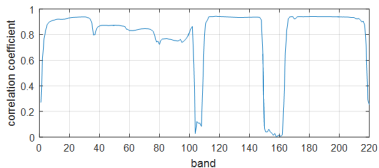
Publikācijas

Priekšapstrāde

ūdens absorbcijas joslas: 104–108, 150–163 un 220



Spektrālo joslu attēlu nobīde pa 1 pikseli horizontāli un vertikāli ļauj aprēķināt korelāciju. Trokšņainās joslas tiek izslēgtas ar sliekšni t_n



Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

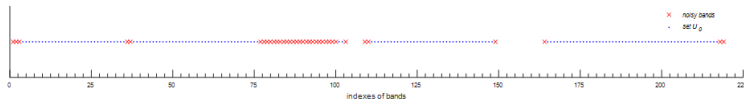
Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Procedūra I-a

1. izveidojam joslu numuru kopu U_0 no joslām, kuras nav trokšņainas ($|U_0| = 164$)



Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Procedūra I-a

1. izveidojam joslu numuru kopu U_0 no joslām, kuras nav trokšņainas ($|U_0| = 164$)
2. Aprēķina entropiju H pēc formulas (1) katrai joslai ar numuru (turpmāk joslā) $i \in U_0$

$$H(X_i) = - \int_{-\infty}^{\infty} f_i(x) \log_2(f_i(x)) dx \quad (1)$$

Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

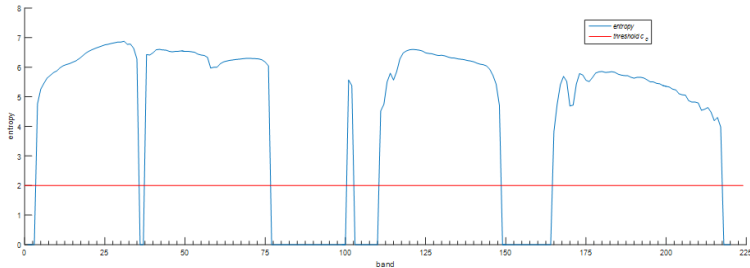
Literatūra

Publikācijas

Procedūra I-a

1. izveidojam joslu numuru kopu U_0 no joslām, kuras nav trokšņainas ($|U_0| = 164$)
2. Aprēķina entropiju H pēc formulas (1) katrai joslai ar numuru (turpmāk josla) $i \in U_0$
3. Izvēlamis sliekšni $c_0 > 0$ un izveidojam joslu numuru kopu U_1 tajā iekļaujot joslas i , tad un tikai tad, ja

$$H(X_i) \geq c_0$$



Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Procedūra I-a

1. izveidojam joslu numuru kopu U_0 no joslām, kuras nav trokšņainas ($|U_0| = 164$)
2. Aprēķina entropiju H pēc formulas (1) katrai joslai ar numuru (turpmāk josla) $i \in U_0$
3. Izvēlamis sliksni $c_0 > 0$ un izveidojam joslu numuru kopu U_1 tajā iekļaujot joslas i , tad un tikai tad, ja

$$H(X_i) \geq c_0$$

4. Izvēlas joslu skaitu $k \geq 1$

Ievads

Pieņemumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

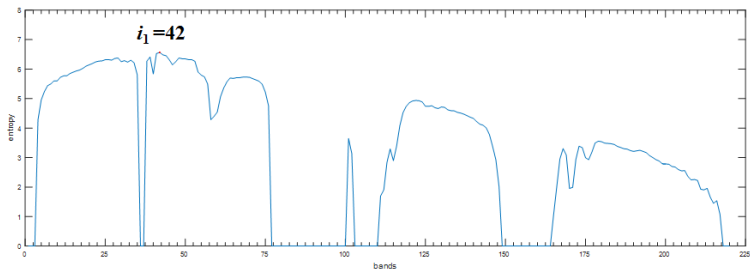
Publikācijas

Procedūra I-a

1. izveidojam joslu numuru kopu U_0 no joslām, kuras nav trokšņainas ($|U_0| = 164$)
2. Aprēķina entropiju H pēc formulas (1) katrai joslai ar numuru (turpmāk josla) $i \in U_0$
3. Izvēlamis sliekšni $c_0 > 0$ un izveidojam joslu numuru kopu U_1 tajā iekļaujot joslas i , tad un tikai tad, ja

$$H(X_i) \geq c_0$$

4. Izvēlas joslu skaitu $k \geq 1$
5. Paņem joslu no kopas U_1 , kura dod vislielāko entropiju $H(X_i) \geq H(X_j)$, $j \in U_1$ tā, ka pirmo meklēto joslu apzīmējam ar i_1



Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

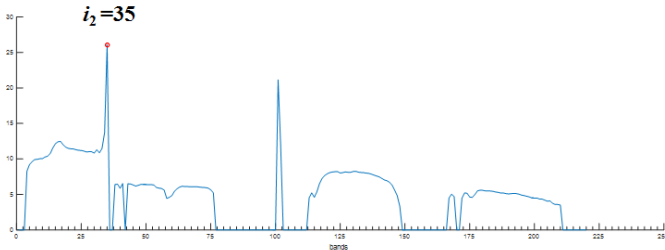
Procedūra I-a

1. izveidojam joslu numuru kopu U_0 no joslām, kuras nav trokšņainas ($|U_0| = 164$)
2. Aprēķina entropiju H pēc formulas (1) katrai joslai ar numuru (turpmāk josla) $i \in U_0$
3. Izvēlamis sliksni $c_0 > 0$ un izveidojam joslu numuru kopu U_1 tajā iekļaujot joslas i , tad un tikai tad, ja

$$H(X_i) \geq c_0$$

4. Izvēlas joslu skaitu $k \geq 1$
5. Paņem joslu no kopas U_1 , kura dod vislielāko entropiju $H(X_i) \geq H(X_j)$, $j \in U_1$ tā, ka pirmo meklēto joslu apzīmējam ar i_1
6. Ja $k > 1$, tad joslu i ($i \neq i_1$) iekļauj komplektā, ja izpildās nosacījums (2) visiem $j \in U_1$. Apzīmēsim šo joslu ar i_2

$$\frac{H(X_i)}{|cor(X_{i_1}, X_i)|} \geq \frac{H(X_j)}{|cor(X_{i_1}, X_j)|} \quad (2)$$



Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Procedūra I-a

7. Ja $k > 2$, tad lai atrastu nākamo i_{l+1} joslu, mēs izvēlamies sliekšņus $c_1 > 0, c_2 > 0$ un veidojam joslu kopu U_l , tajā iekļaujot joslas i tad un tikai tad, ja visiem $\nu = 1, \dots, l$. izpildās(3).

$$\frac{H(X_{i_\nu})}{|cor(X_{i_\nu}, X_i)|} \geq c_1 \text{ un } |cor(X_{i_\nu}, X_i)| \leq c_2 \quad (3)$$

Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

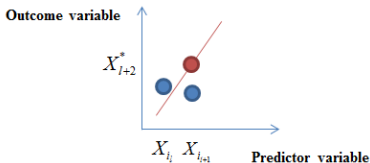
Publikācijas

Procedūra I-a

7. Ja $k > 2$, tad lai atrastu nākamo i_{l+1} joslu, mēs izvēlamies sliekšņus $c_1 > 0$, $c_2 > 0$ un veidojam joslu kopu U_l , tajā iekļaujot joslas i tad un tikai tad, kad visiem $\nu = 1, \dots, l$. izpildās(4).

$$\frac{H(X_{i_\nu})}{|\text{cor}(X_{i_\nu}, X_i)|} \geq c_1 \text{ un } |\text{cor}(X_{i_\nu}, X_i)| \leq c_2 \quad (4)$$

Aprēķinām regresijas koeficientu vektoru $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l)^T$ un gadījumielumu $X_l^* = \sum_{\nu=1}^l \alpha_\nu X_{i_\nu}$ kā lineāras regresijas *atsauci* (regresandu) atkarībā no kontrolējamiem mainīgāiem (regresoriem) $x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_l}$, kuri ir apmācības pikseļu vektoru komponentes.



levads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

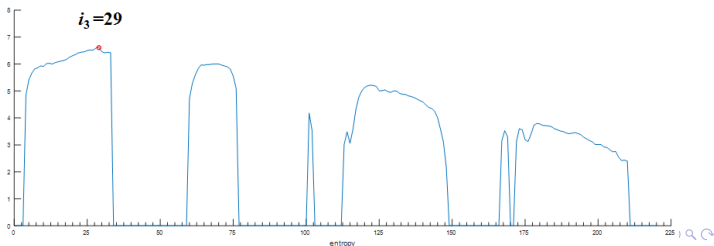
Procedūra I-a

7. Ja $k > 2$, tad lai atrastu nākamo i_{l+1} joslu, mēs izvēlamies sliekšņus $c_1 > 0$, $c_2 > 0$ un veidojam joslu kopu U_l , tajā iekļaujot joslas i tad un tikai tad, kad visiem $\nu = 1, \dots, l$. izpildās(5).

$$\frac{H(X_{i_\nu})}{|cor(X_{i_\nu}, X_i)|} \geq c_1 \text{ un } |cor(X_{i_\nu}, X_i)| \leq c_2 \quad (5)$$

Aprēķinām regresijas koeficientu vektoru $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l)^T$ un gadījumielumu $X_l^* = \sum_{\nu=1}^l \alpha_\nu X_{i_\nu}$ kā lineāras regresijas *atsauci* (regresandu) atkarībā no kontrolējamiem mainīgkiem (regresoriem) $x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_l}$, kuri ir apmācības pikseļu vektoru komponentes. **Josla i , $i \in U_l$, ar kārtas numuru $l+1$ iekļaujam joslu komplektā tad un tikai tad, kad (6) visiem $j \in U_l, j \notin \{i_1, i_2, \dots, i_l\}$.**

$$\frac{H(X_i)}{|cor(X_l^*, X_i)|} \geq \frac{H(X_j)}{|cor(X_l^*, X_j)|} \quad (6)$$



Ievads

Pieņemumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Procedūra I-b (atkārto procedūras I-a 7 soļus)

1. izveidojam joslu numuru kopu U_0 no joslām, kuras nav trokšņainas ($|U_0| = 164$)
2. Aprēķina entropiju H pēc formulas (1) katrai joslai ar numuru (turpmāk josla) $i \in U_0$
3. Izvēlamis sliekšni $c_0 > 0$ un izveidojam joslu numuru kopu U_1 tajā iekļaujot joslas i , tad un tikai tad, ja

$$H(X_i) \geq c_0$$

4. Izvēlas joslu skaitu $k \geq 1$
5. Paņem joslu no kopas U_1 , kura dod vislielāko entropiju $H(X_i) \geq H(X_j)$, $j \in U_1$ tā, ka pirmo meklēto joslu apzīmējam ar i_1
6. Ja $k > 1$, tad joslu i ($i \neq i_1$) iekļauj komplektā, ja izpildās nosacījums (7) visiem $j \in U_1$. Apzīmēsim šo joslu ar i_2

$$\frac{H(X_i)}{|cor(X_{i_1}, X_i)|} \geq \frac{H(X_j)}{|cor(X_{i_1}, X_j)|} \quad (7)$$

7. Ja $k > 2$, tad lai atrastu nākamo i_{l+1} joslu, mēs izvēlamies sliekšņus $c_1 > 0$, $c_2 > 0$ un veidojam joslu kopu U_l , tajā iekļaujot joslas i tad un tikai tad, kad visiem $\nu = 1, \dots, l$. izpildās(8).

$$\frac{H(X_{i_\nu})}{|cor(X_{i_\nu}, X_i)|} \geq c_1 \text{ un } |cor(X_{i_\nu}, X_i)| \leq c_2 \quad (8)$$

Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Procedūra I-b

1. izveidojam joslu numuru kopu U_0 no joslām, kuras nav trokšņainas ($|U_0| = 164$)
2. Aprēķina entropiju H pēc formulas (1) katrai joslai ar numuru (turpmāk josla) $i \in U_0$
3. Izvēlamis sliekšni $c_0 > 0$ un izveidojam joslu numuru kopu U_1 tajā iekļaujot joslas i , tad un tikai tad, ja

$$H(X_i) \geq c_0$$

4. Izvēlas joslu skaitu $k \geq 1$
5. Paņem joslu no kopas U_1 , kura dod vislielāko entropiju $H(X_i) \geq H(X_j)$, $j \in U_1$ tā, ka pirmo meklēto joslu apzīmējam ar i_1
6. Ja $k > 1$, tad joslu i ($i \neq i_1$) iekļauj komplektā, ja izpildās nosacījums (9) visiem $j \in U_1$. Apzīmēsim šo joslu ar i_2

$$\frac{H(X_i)}{|cor(X_{i_1}, X_i)|} \geq \frac{H(X_j)}{|cor(X_{i_1}, X_j)|} \quad (9)$$

7. Ja $k > 2$, tad lai atrastu nākamo i_{l+1} joslu, mēs izvēlamies sliekšņus $c_1 > 0, c_2 > 0$ un veidojam joslu kopu U_l , tajā iekļaujot joslas i tad un tikai tad, kad visiem $\nu = 1, \dots, l$ izpildās (10).

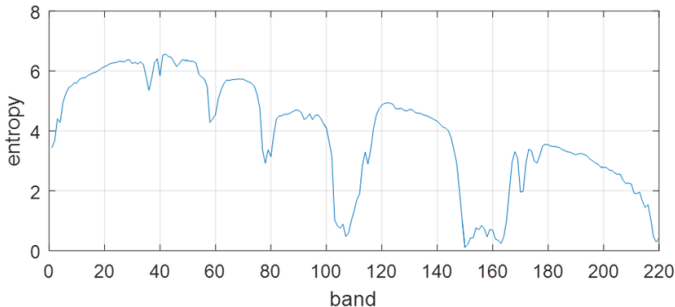
$$\frac{H(X_{i_\nu})}{|cor(X_{i_\nu}, X_i)|} \geq c_1 un |cor(X_{i_\nu}, X_i)| \leq c_2 \quad (10)$$

8. Joslu i iekļaujam komplektā, tad un tikai tad, kad (11) visiem $j \in U_l, j \notin \{i_1, i_2, \dots, i_l\}$.

$$\sum_{i_\nu=1}^l \frac{H(X_{i_\nu})}{|cor(X_{i_\nu}, X_i)|} \geq \sum_{i_\nu=1}^l \frac{H(X_{i_\nu})}{|cor(X_{i_\nu}, X_j)|} \quad (11)$$

Procedūra II

1. Aprēķinām entropiju $H(X_i)$ katrai joslai un veidojam vektoru $\mathbf{h} = (h_1, h_2, \dots, h_p)$ no entropijas vērtībām $h_i = H(X_i)$, kur p ir joslu skaits hiperspektrālajā attēlā. Nākamajos soļos tiks mainītas šī vektora komponentu vērtības.
2. Izvēlamies minimālo entropijas sliekšni $c_0 > 0$ un apzīmējam $h_i = 0$ katram i , kur $h_i < c_0$.
3. Apzīmējam $h_i = 0$ katram i , kur josla ar indeksu i (turpmāk josla) ir atpazīta kā trokšņaina josla (skat. Priekšapstrāde). Apzīmējam $l = 1$.



Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

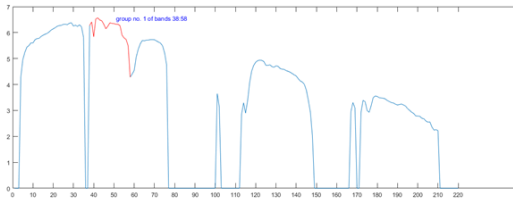
Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Procedūra II

1. Aprēķinām entropiju $H(X_i)$ katrai joslai un veidojam vektoru $\mathbf{h} = (h_1, h_2, \dots, h_p)$ no entropijas vērtībām $h_i = H(X_i)$, kur p ir joslu skaits hiperspektrālajā attēlā. Nākamajos soļos tiks mainītas šī vektora komponentu vērtības.
2. Izvēlamies minimālo entropijas sliekšni $c_0 > 0$ un apzīmējam $h_i = 0$ katram i , kur $h_i < c_0$.
3. Apzīmējam $h_i = 0$ katram i , kur josla ar indeksu i (turpmāk josla) ir atpazīta kā trokšņaina josla (skat. Priekšapstrāde). Apzīmējam $l = 1$.
4. Maksimālā vērtība no vektora $\mathbf{h}^l$ atbilst joslai b_l . Aprēķinām korelācijas vērtību starp b_l joslu ar visu joslu attēliem ($h_i \neq 0$) un veidojam grupu G_l no b_l blakusesošām joslām, ar kurām ir liela korelācija. Joslas tiek iekļautas grupā G_l no b_l blakusjoslām kamēr korelācijas vērtība ir zemāka par izvēlēto sliekšni c_3 . Apzīmējam $h_i = 0$ katrai i joslai, kura iekļauta grupā G_l , mainot vektoru $\mathbf{h}^l$. Iekļaujam b_l joslu kopā C^l kā kandidātu, ko izmantot klasifikācijā. Palielinām l par 1.



Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Procedūra II

1. Aprēķinām entropiju $H(X_i)$ katrai joslai un veidojam vektoru $\mathbf{h} = (h_1, h_2, \dots, h_p)$ no entropijas vērtībām $h_i = H(X_i)$, kur p ir joslu skaits hiperspektrālajā attēlā. Nākamajos soļos tiks mainītas šī vektora komponentu vērtības.
2. Izvēlamies minimālo entropijas sliekšni $c_0 > 0$ un apzīmējam $h_i = 0$ katram i , kur $h_i < c_0$.
3. Apzīmējam $h_i = 0$ katram i , kur joslas numurs i ir atpazīts kā trokšņaina josla (skat. Priekšapstrāde). Apzīmējam $l = 1$.
4. Maksimālā vērtība no vektora $\mathbf{h}^l$ atbilst joslas numuram b_l . Aprēķinām korelācijas vērtību starp b_l joslu ar visu joslu attēliem ($h_i \neq 0$) un veidojam grupu G_l no b_l blakusesošām joslām, ar kurām ir liela korelācija. Joslas tiek iekļautas grupā G_l no b_l blakusjoslām kamēr korelācijas vērtība ir zemāka par izvēlēto sliekšni c_3 . Apzīmējam $h_i = 0$ katrai i joslai, kura iekļauta grupā G_l , mainot vektoru $\mathbf{h}^l$. Iekļaujam b_l joslu kopā C^l kā kandidātu, ko izmantot klasifikācijā. Palielinām l par 1.
5. Atkārtojam 4. soli līdz vektors $\mathbf{h}^l$ pārvēršas par nulles vektoru.
6. Sakārtojam grupas G_l un b_l joslas dilstošā secībā pēc grupu izmēriem. Grupām ar vienādu izmēru, kuras 4. solī bija iegūtas kā pirmās, joslas tiek kārtotas sarakstā augstāk (tuvāk pirmajām joslām sarakstā).
7. Ja joslu numuru skaits atrastajā komplektā ir lielāks par izvēlēto k , tad izvēlas pirmās k joslas no saraksta. Pretējā gadījumā, mainam sliekšni t_n .

Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines dataset

University of Pavia dataset

Joslu komplekti

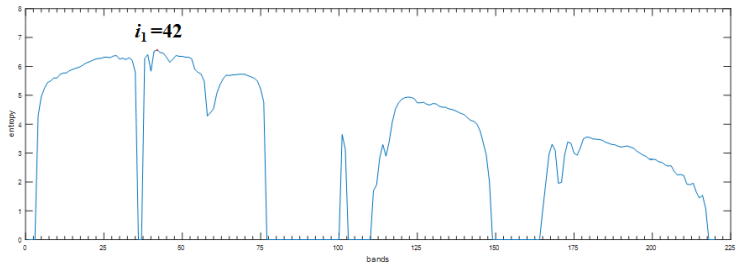
Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Procedūra II



Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

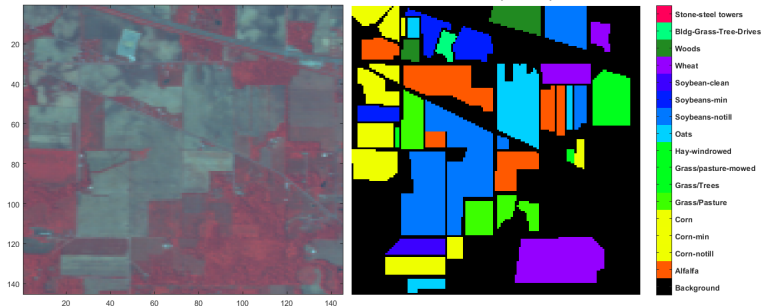
Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Indian Pines dataset

AVIRIS sensor hyperspectral image (false color composition) and reference map containing **16** mutually exclusive land-cover classes (right)



The first hyperspectral image used in experiments was collected by the AVIRIS sensor over the Indian Pines region in Northwestern Indiana in 1992 [2]. This scene, with a size of **145** lines by **145** samples, was acquired over a mixed agricultural/forest area, early in the growing season. The scene comprises **220** spectral channels in the wavelength range from **0.4** to **2.5 μm** , nominal spectral resolution of **10 nm**, moderate spatial resolution of **20 m** by pixel, and **16-bit** radiometric resolution.

Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

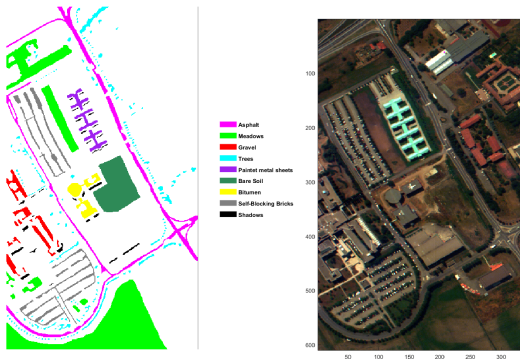
Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

University of Pavia dataset

ROSIS-3 sensor hyperspectral image (false color composition) and reference map containing **9** mutually exclusive land-cover classes (left)



The second dataset was acquired from Pavia University [3] using the ROSIS-3 sensor during a flight campaign over Pavia, northern Italy. In ROSIS data, the number of spectral bands is **115**. After removing some bands due to noise, **103** bands remain. The dataset contains images with **610x340** pixels with wavelengths from **430** to **860** nm and spatial resolution **1.3** m per pixel. The dataset is accompanied by a reference map, indicating partial ground truth, whereby pixels are labeled as belonging to one of **9** categories

Ievads

Pieņemumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

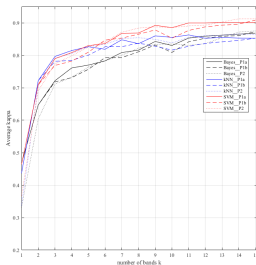
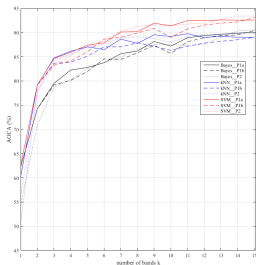
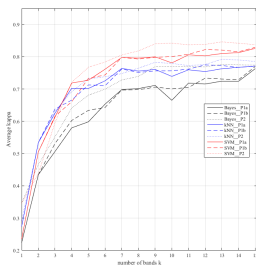
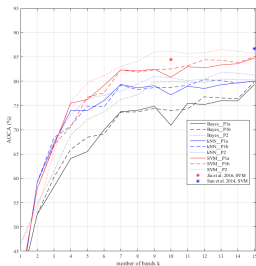
Publikācijas

Joslu komplekti

Tabula: Joslu numuri *Indian Pines* attēlam, iegūti ar procedūrām I-a, I-b un II

k	c_2	Joslu numuri sakārtoti prioritārā secībā
6	0.93	[42, 35, 29, 64, 4, 101]
7	0.95	[42, 35, 29, 68, 5, 130, 101]
8	0.96	[42, 35, 29, 68, 6, 122, 4, 101]
9	0.97	[42, 35, 29, 34, 68, 8, 122, 4, 101]
10-15	0.985	[42, 35, 29, 38, 34, 18, 68, 56, 9, 5, 122, 4, 101, 102, 198]
k	c_2	
6	0.93	[42, 35, 76, 102, 29, 4]
7	0.95	[42, 35, 65, 102, 29, 5, 131]
8	0.96	[42, 35, 65, 102, 29, 6, 123, 4]
9	0.97	[42, 35, 65, 102, 29, 34, 8, 123, 4]
10-15	0.985	[42, 35, 65, 102, 38, 101, 58, 34, 29, 18, 9, 123, 5, 4, 197]
k	t_n	
6-12	0.80	[179, 122, 29, 42, 69, 168, 6, 100, 35, 37, 4, 102]
13-15	0.75	[179, 122, 29, 42, 69, 89, 97, 168, 6, 100, 35, 37, 36, 3, 4]

Klasifikācijas rezultāti *Indian Pines* un *University of Pavia* attēliem: vidējā kopējā precizitāte (AOCA) un Cohen's Kappa (vairāk par Cohen's Kappa [4])



Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

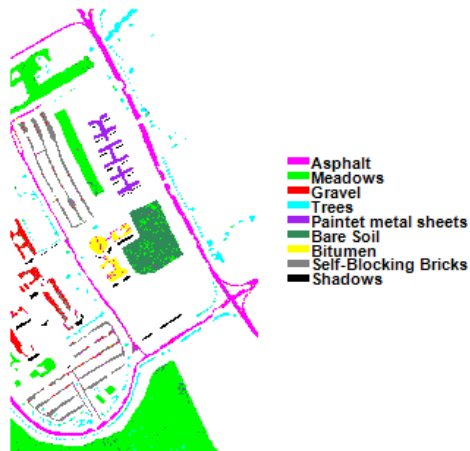
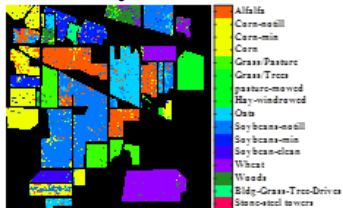
Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Klasifikācijas rezultāti Indian Pines un University of Pavia attēliem



Ievads

Pieņēmumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas

Secinājumi un turpmākie darbi

1. Procedūra II dod kopumā labākus rezultātus ar spektrālo joslu skaitu k no 9 līdz 15. Ja $k = 10$, tad procedūras II joslu komplekts ar SVM klasifikatoru deva labāku rezultātu nekā ar joslu komplektu no Jia et al. publikācijas [5]. Ar $k = 15$, Sun et al. [6] joslu komplekts deva līdzīgus rezultātus kā mūsu joslu komplekts ar SVM klasifikatoru. Citu zinātnieku uzrādītie klasifikācijas rezultāti ir grūti salīdzināmi, jo publikācijās [5-7] nav apskatīti konkrētie attēli vai uzrādīti joslu komplekti.
2. Jāsagatavo publikācija:
A.Lorencs, I.Mednieks, J.Sinica-Sinavskis. "Informative hyperspectral band subset selection based on entropy"
(žurnālam IEEE JSTARS ar SNIP>1)
3. Jāizstrādā promocijas darba melnraksts.

Ievads
Pieņēmumi
Priekšapstrāde
Procedūra I-a
Procedūra I-b
Procedūra II
Indian Pines dataset
University of Pavia dataset
Joslu komplekti
Klasifikācija
Secinājumi
Literatūra
Publikācijas

Izmantotā literatūra

1. T. Lillesand, R. W. Kiefer, J. Chipman. *Remote Sensing and Image Interpretation.*, Wiley, 6th ed., 2008.
2. M. Baumgardner. L. Biehl. D. Landgrebe. "220 Band AVIRIS Hyperspectral Image Data Set: June 12, 1992 Indian Pine Test Site 3." Purdue University Research Repository. 2015. doi:10.4231/R7RX991C.
3. http://tlclab.unipv.it/sito_tlc/people.do?id=pgamba
4. Marques de Sá, J. P. (2001). *Pattern Recognition: Concepts, Methods and Applications*. Portugal: Springer. 318 p.
5. S. Jia. G. Tang. J. Zhu. Q. Li. "A Novel Ranking-Based Clustering Approach for Hyperspectral Band Selection." *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 54, no. 1, pp. 88–102. 2016.
6. K. Sun, X. Geng, L. Ji, and Y. Lu. A New Band Selection Method for Hyperspectral Image Based on Data Quality, *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, Vol. 7, No. 6, pp. 2697–2703, Jun. 2014.
7. J. Feng, L. C. Jiao, X. Zhang, and T. Sun. Hyperspectral Band Selection Based on Trivariate Mutual Information and Clonal Selection, *IEEE Trans. on Geosc. and Rem. Sens.*, Vol. 52, No. 7, July 2014, pp 4092–4105.

Literatūra

Publikācijas

Autora raksti recenzētos izdevumos

1. A. Lorencs, I. Mednieks, J. Sinica-Sinavskis, "Fast Object Detection in Digital Grayscale Images," Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B., Vol.63, No.3, pp. 116-124, 2009.
2. A. Lorencs, I. Mednieks, J. Sinica-Sinavskis, "Design problems of tree species classifiers for multispectral images," Automatic Control and Computer Sciences, Vol. 45, No. 2, pp. 61-69, 2011.
3. R. Dinuls, G. Erins, A. Lorencs, I. Mednieks, and J. Sinica-Sinavskis, "Tree species identification in mixed Baltic forest using LiDAR and multispectral data," IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens., vol. 5, no. 2, pp. 594-603, 2012.
4. A. Lorencs, Yu. Sinitsa-Sinyavskis. "A two-stage method for building classifiers," Automatic Control and Computer Sciences, September 2012, Volume 46, Issue 5, pp. 214-222. 45, No. 2, pp. 61-69, 2012.
5. A.Lorencs, J.Sinica-Sinavskis, "Analysis of two-stage Bayes classifiers construction method: 2-dimensional case," Automatic Control and Computer Sciences, September 2013, Volume 47, No. 5, pp. 254-266, 2013.
6. A. Lorencs, I.Mednieks, J. Sinica-Sinavskis, " Simplified Classification of Multispectral Image Fragments,"18th international conference ELECTRONICS, Palanga, Lithuania, June 16-18, 2014.
7. A. Lorencs, I.Mednieks, J. Sinica-Sinavskis, " Classification of Multisensor Images With Different Spatial Resolution", Electronics and Electrical Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 81-85, 2015.
8. A.Lorencs, J.Sinica-Sinavskis, D.Jakovels, I.Mednieks, " Melanoma-Nevus Discrimination Based on Image Statistics in Few Spectral Channels", Electronics and Electrical Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 66-72, 2016.
9. A.Lorencs, I.Mednieks, M.Pukitis, J.Sinica-Sinavskis, " Fusion of Multisensor Data Based on Different Multidimensional Distributions", Electronics and Electrical Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 68-72, 2016.
10. A. Lorencs, I.Mednieks, J. Sinica-Sinavskis, "Selection of Informative Bands for Classification of Hyperspectral Images Based on Entropy", Proc. of BEC2016, the 15th Biennial Conference on Electronics and Embedded Systems. Tallinn, Estonia on October 3-5, pp. 135-138, 2016.

Literatūra

Publikācijas

Paldies par Jūsu uzmanību!

Vai ir kādi jautājumi?

- ▶ kontakti: Juris Siņica-Siņavskis
- ▶ e-pasts: jss@edi.lv

Ievads

Pieņemumi

Priekšapstrāde

Procedūra I-a

Procedūra I-b

Procedūra II

Indian Pines
dataset

University of Pavia
dataset

Joslu komplekti

Klasifikācija

Secinājumi

Literatūra

Publikācijas