



Процедура класифікації об'єктів на багатоспектральних / гіперспектральних аерокосмічних зображеннях на основі теорії свідчень

Попов М.О.¹, Топольницький М.В.²

¹Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України

²Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка

IV міжнародна конференція

“Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки GEO-UA 2014”,

Київ, 26-30 травня 2014 року

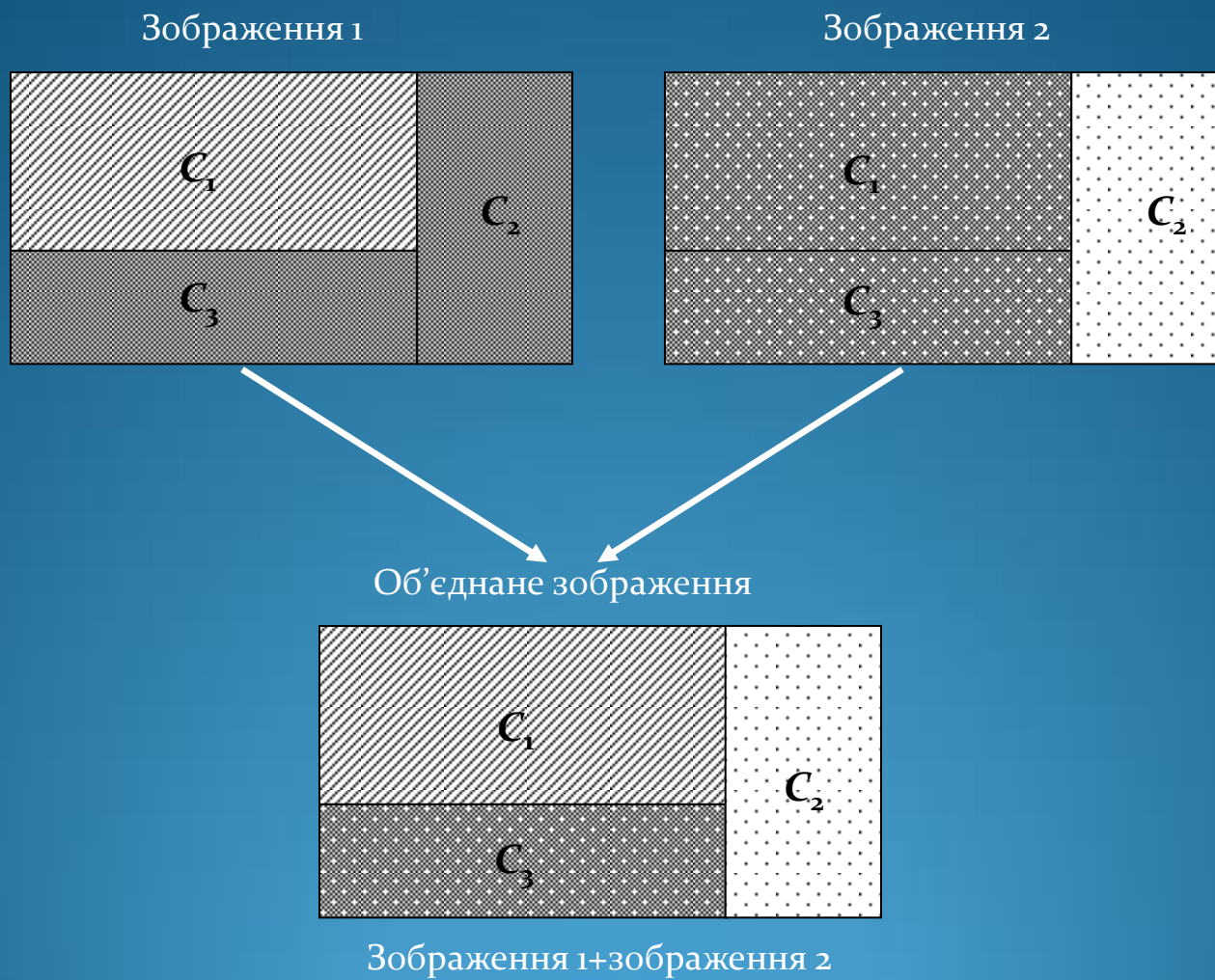


Рис. 1. Відображення різних класів на зональних зображеннях



$\Omega = \{A_1, A_2, \dots, A_N\}$ - основа аналізу; $m(A_i)$ - базова маса довіри;

$$Pls(X) = \sum_{A_i | A_i \cap X \neq \emptyset} m(A_i) - \text{функція правдоподібності}; \quad (1)$$

$$Bel(X) = \sum_{A_i | A_i \subseteq X} m(A_i) - \text{функція довіри}; \quad (2)$$

Комбінаційне правило Демпстера

$$m_{DS}(X) = \frac{1}{1-K} \sum_{\substack{X_1 \cap \dots \cap X_R = X \\ \forall (X \neq \emptyset) \in 2^N}} \prod_{1 \leq p \leq P} m_p(X_r) \quad (3)$$

Коефіцієнт конфліктності

$$K = \sum_{\substack{X_1 \cap \dots \cap X_R = \emptyset \\ \forall (X \neq \emptyset) \in 2^N}} \prod_{1 \leq p \leq P} m_p(X_r) \quad (4)$$

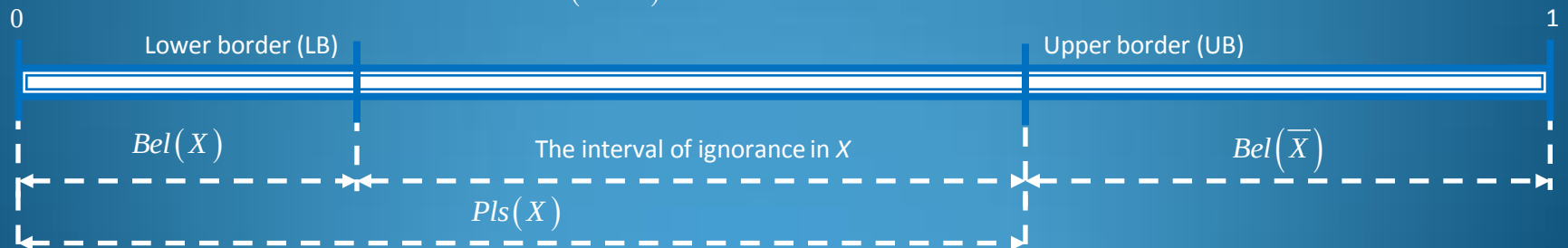


Рис. 2. Співвідношення між довірою і правдоподібністю гіпотези



Структурно-логічна схема класифікації об'єктів на основі теорії свідчень

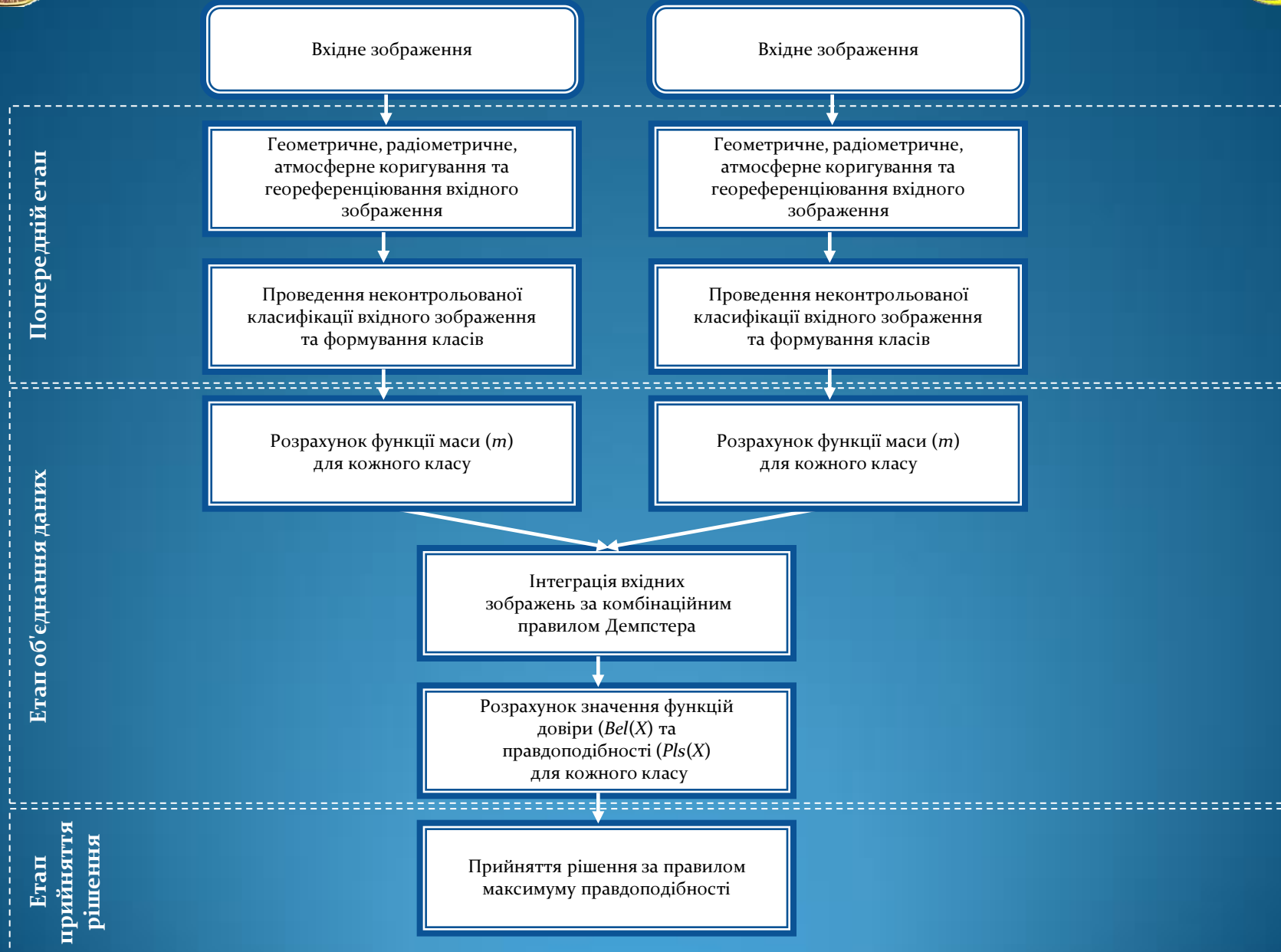
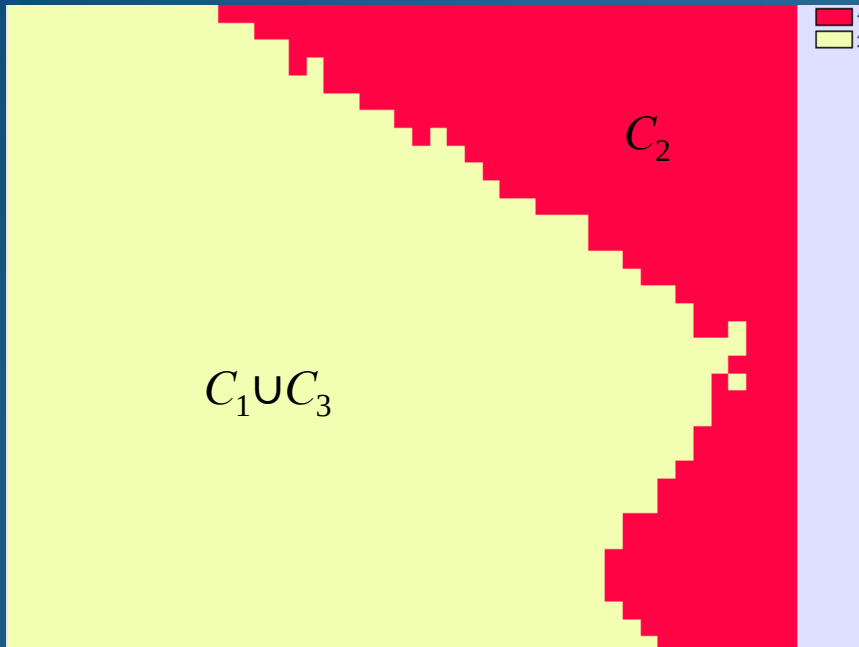




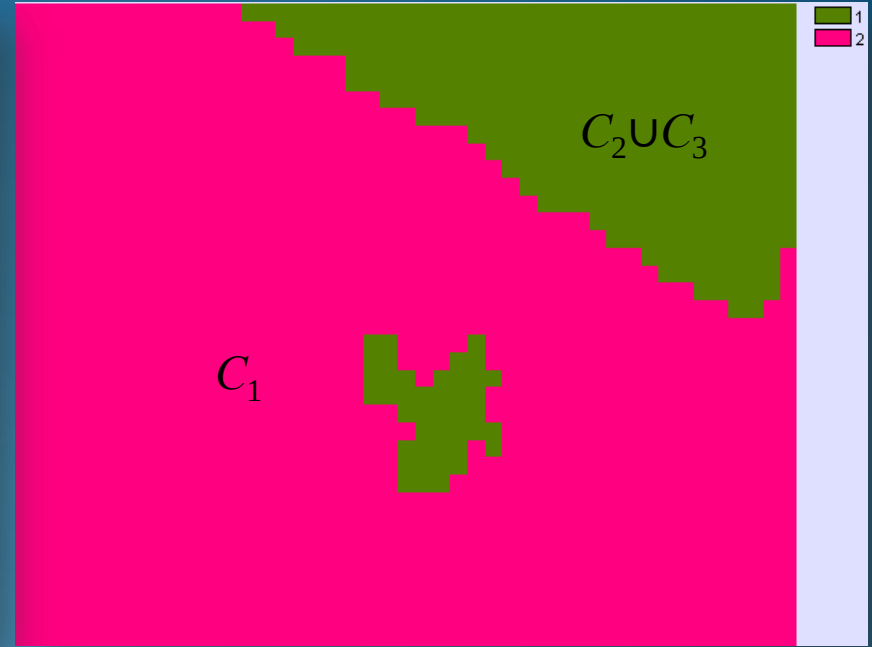
Рис. 3. Знімок, отриманий апаратурою Hyperion супутника EO-1.
Зображення представлено в системі RGB
(R=28 канал ($\lambda=635$ нм), G=19 канал ($\lambda=547$ нм), B=10 канал ($\lambda=458$ нм))



Попередній етап. Результат застосування алгоритму ISODATA



а)



б)

Рис. 4. Результат проведення неконтрольованої класифікації: а) для першого зображення ($\lambda=2371$ nm), де клас 1 відповідає гіпотезі $C_2 \cup C_3$, а 2 – C_1 ; б) для другого зображення ($\lambda=419$ nm), де клас 1 відповідає гіпотезі C_2 , а 2 – $C_1 \cup C_3$



Етап об'єднання даних. Підходи до визначення функції маси (m)



1. Маса двох класів прагнуть до нульового значення: $m(C_i) = m(C_j) = 0$ і $m(C_i \cup C_j) \neq 0$
2. Маса двох класів, а також їх об'єднання не є нульовими: $m(C_i) = m(C_j) = m(C_i \cup C_j) \neq 0$

Для простих гіпотез: $H = A_i \cap B_j$ при умові, що $A_i \cap B_j \neq \emptyset$

$$\begin{cases} m_1(H) = m_1(A_i) = P(A_i/x_s); \\ m_2(H) = m_2(B_j) = P(B_j/x_s), \end{cases} \quad (5)$$

для складних гіпотез:

$H = A_i \cap (B_1 \cup \dots \cup B_j \cup \dots \cup B_h)$ при умові, що $A_i \cap B_j \neq \emptyset, j \in [1, h]$

$$\begin{cases} m_1(H) = m_1(A_i) = P(A_i/x_s); \\ m_2(H) = 0, \end{cases} \quad (6)$$

$H = (A_1 \cup \dots \cup A_i \cup \dots \cup A_t) \cap B_j$ при умові, що $A_i \cap B_j \neq \emptyset, i \in [1, t]$

$$\begin{cases} m_1(H) = 0; \\ m_2(H) = m_2(B_j) = P(B_j/x_s), \end{cases} \quad (7)$$

де $P(A_i/x_s)$ і $P(B_j/x_s)$ - апостеріорні ймовірності класів для 1 та 2 зображень.



Етап об'єднання даних. Підходи до визначення функції маси (m)



$$P(B_j/x_s) = \frac{P(B_j)P(x_s/B_j)}{\sum_{j=1}^h P(B_j)P(x_s/B_j)} \quad (8)$$

де $P(B_j)$ - апіорна імовірність B_j класу;

$P(x_s/B_j)$ - умовна імовірність належності пікселів x_s до B_j класу для зображення 2.

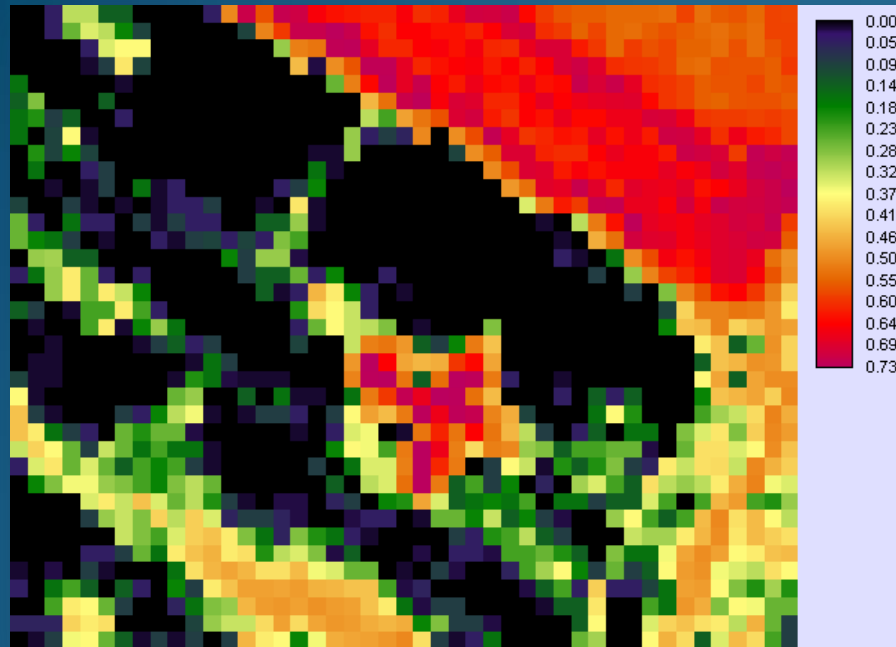
$$P(x_s/B_j) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^K}} \cdot \frac{1}{\sqrt{|\mathbf{V}_j|}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2}(x_s - \boldsymbol{\mu}_j)^T \mathbf{V}_j^{-1}(x_s - \boldsymbol{\mu}_j)\right) \quad (9)$$

де $\mathbf{V}_j$ - коваріаційна матриця розміру $K \times K$ для j -го класу об'єктів;

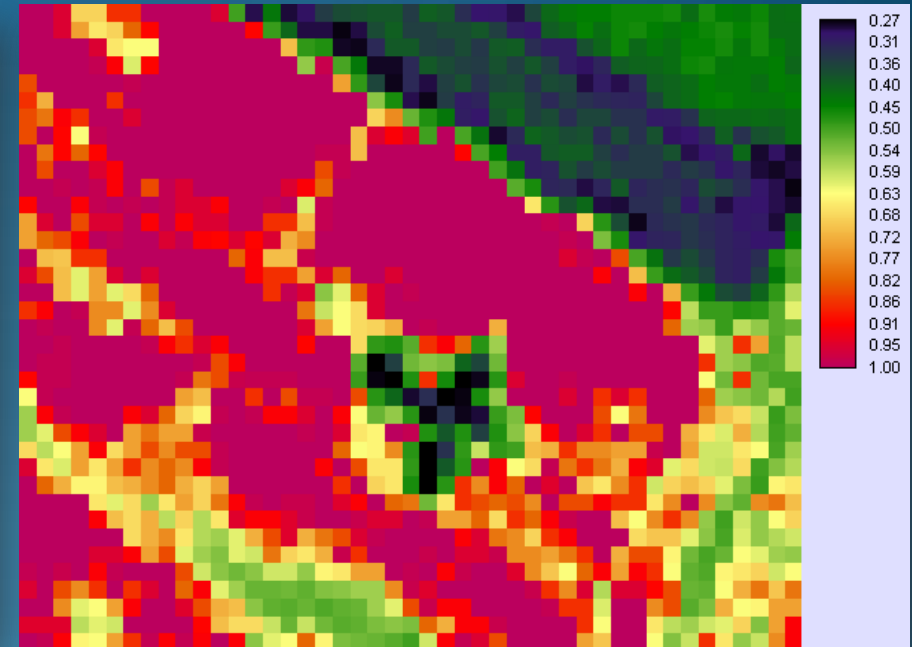
$\boldsymbol{\mu}_j$ - вектор середніх значень.



Етап об'єднання даних. Розрахунок функції маси (m) для кожного класу за теоремою Байєса



а)

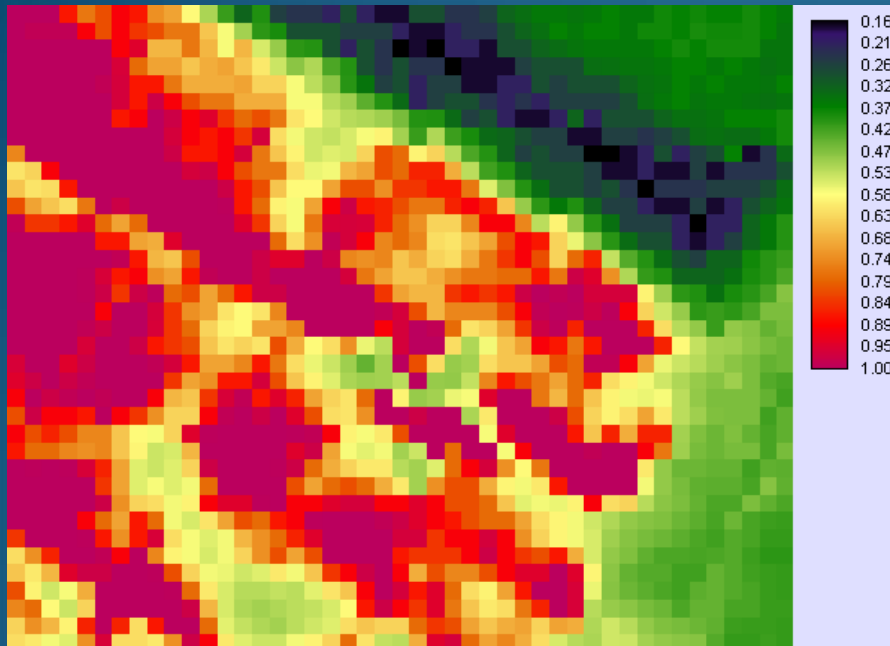


б)

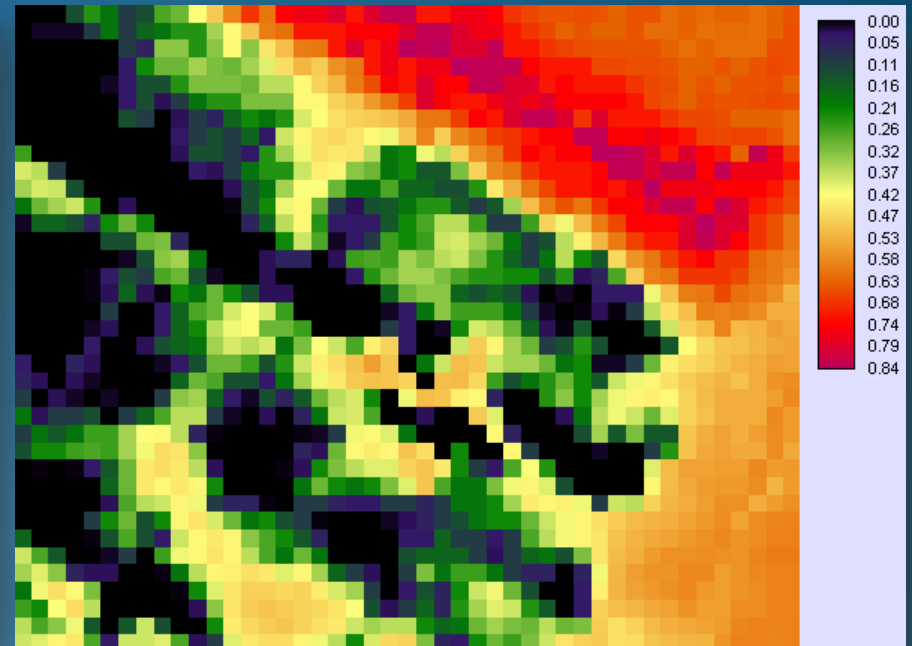
Рис. 5. Розподіл величини апостеріорної ймовірності по полю зображення для першого зображення ($\lambda = 2371$ нм): а) для класу $C_2 \cup C_3$; б) для класу C_1



Етап об'єднання даних.
Розрахунок функції маси (m) для кожного класу
за теоремою Байєса



а)



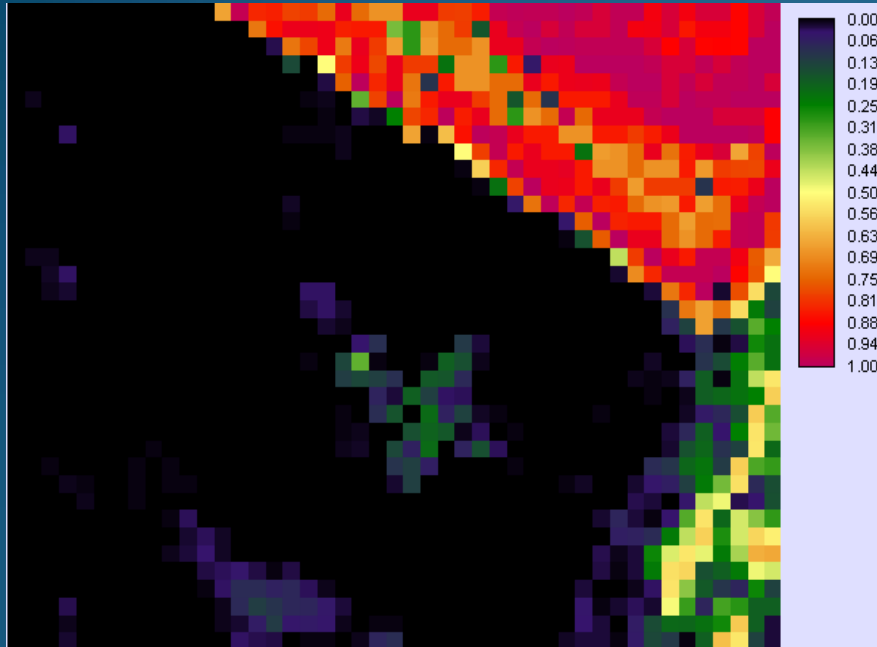
б)

Рис. 6. Розподіл величини апостеріорної ймовірності по полю зображення для першого зображення ($\lambda=419$ нм): а) для класу $C_1 \cup C_3$; б) для класу C_2

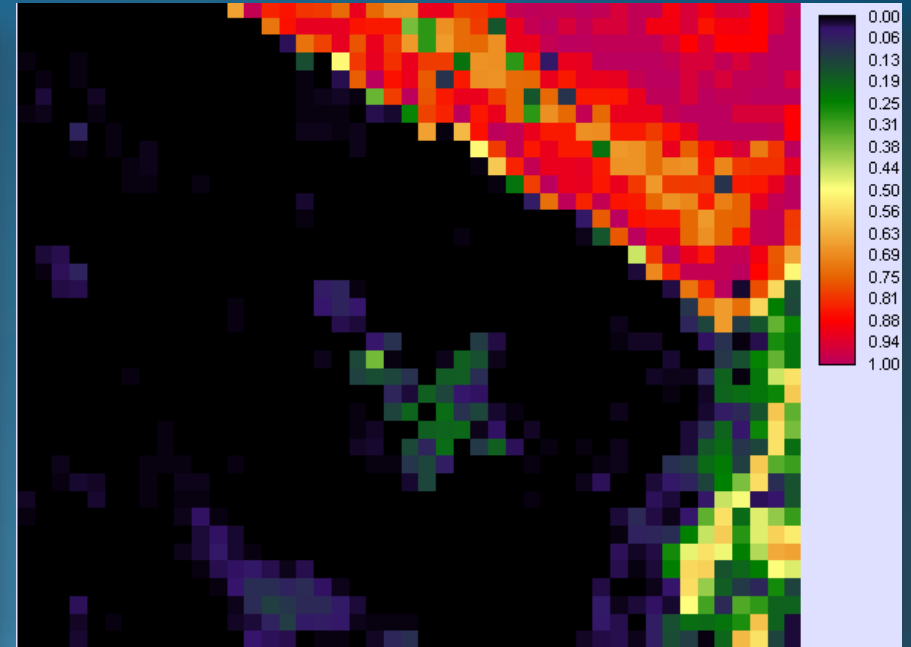


Етап об'єднання даних.

Розрахунок значення функцій довіри ($Bel(X)$) та
правдоподібності ($Pls(X)$) для кожного класу



а)



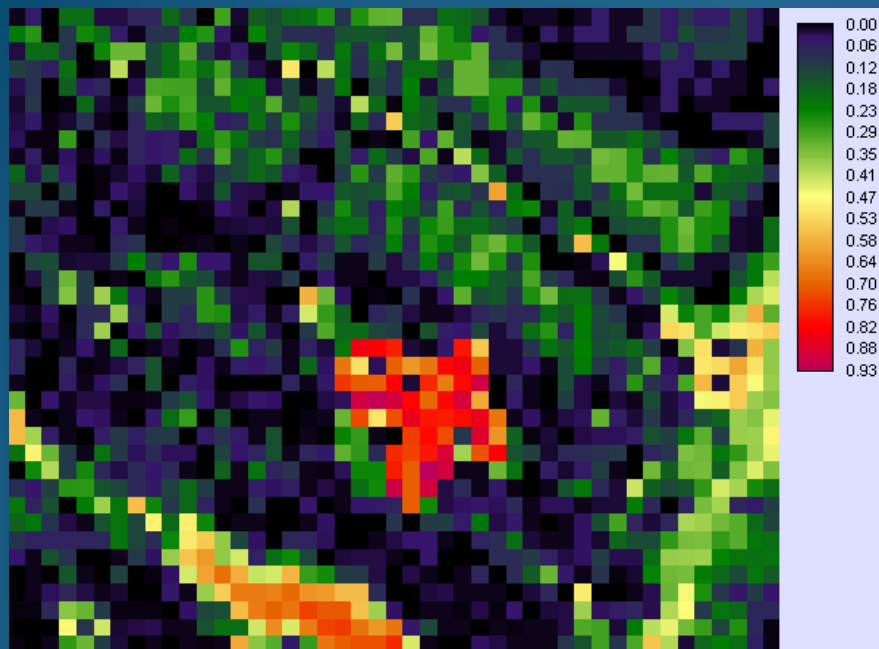
б)

Рис. 7. Результат об'єднання даних на основі правила Демпстера: а) розподіл функції довіри по полю зображення для класу C_2 ; б) розподіл функції правдоподібності по полю зображення для класу C_2

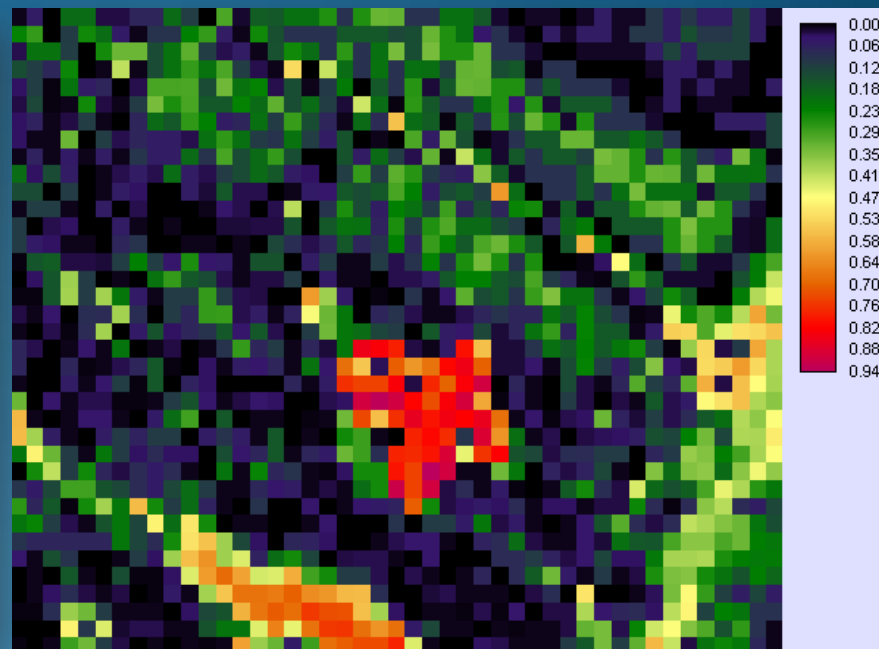


Етап об'єднання даних.

Розрахунок значення функцій довіри ($Bel(X)$) та правдоподібності ($Pls(X)$) для кожного класу



а)



б)

Рис. 8. Результат об'єднання даних на основі комбінаційного правила Демпстера: а) розподіл функції довіри по полю зображення для класу C_3 ; б) розподіл функції правдоподібності по полю зображення для класу C_3



Правило максимальної правдоподібності

$$\max \left[Pls(A_{jcomplex}) \right] \quad (10)$$

де $A_{jcomplex}$ – j -та гіпотеза після об'єднання даних на основі комбінаційного правила Демпстера.



Рис. 9. Результат сегментації об'єднаного зображення за правилом максимальної правдоподібності для класу C_3
($Pls \in [0.7, 0.94]$)



1. Shafer G. A Mathematical Theory of Evidence / G. Shafer. – Princeton: Princeton University Press, 1976. – 297 p.
2. Zadeh L. A. Review of Books: A Mathematical Theory of Evidence / L. A. Zadeh // The AI Magazine. – 1984. – № 5. – P. 81-83.
3. Попов М.О. Класифікація об'єктів на багатоспектральних / гіперспектральних зображеннях на основі теорії свідчень Демпстера-Шейфера [Електронний ресурс] / М.О. Попов, М.В. Топольницький // Математичні машини і системи. – 2014. – № 1. – С. 58 – 69. – Режим доступу:

http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2014/2014_1/01_2014_Popov.pdf

IV міжнародна конференція
“Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки GEO-UA 2014”,
Київ, 26-30 травня 2014 року



Дякую за Вашу увагу!

Які будуть запитання?

Попов М.О.: mporov@casre.kiev.ua

Топольницький М.В.: topolmax@gmail.com

IV міжнародна конференція
“Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки GEO-UA 2014”,
Київ, 26-30 травня 2014 року