

В.М.Корчинський, Д.М.Свинаренко

**ІНФОРМАЦІЙНІ ОЗНАКИ ПРОСТОРОВИХ ФОРМ  
РОЗПОДІЛІВ ЯСКРАВСТЕЙ БАГАТОТОНОВИХ  
РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ, ІНВАРІАНТНІ ДО  
АФІННИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ**

**Постановка проблеми.** Розпізнавання геометричних форм зображень, отриманих центральним проєкціюванням, є однією з основних проблем у ряді прикладних областей, зокрема інтерпретації видових даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з великовисотних носіїв. Характерною особливістю таких даних є неоднорідний розподіл яскравості по полю зображення, який має сутєву інформаційну значущість. Принципово важливим є забезпечення інваріантності процедури розпізнавання до позиційних умов формоутворення зображень, варіювання яких спричиняє просторові перерозподіли їхніх яскравостей. Наявність таких перетворень, неминучих в реальних умовах проєкціювання, є фактором, який суттєво перешкоджає змістовній інтерпретації зображень, одержаних у різних сенсах проєкціювання. Це зумовлює актуальність розроблення систем інформаційних ознак (ІО) багатотонових зображень, інваріантних до перетворень, спричинених зазначеними факторами.

**Аналіз останніх досліджень.** Існуючі результати щодо визначення просторово-інваріантних ІО одержані у контексті загальної проблематики теорії розпізнавання образів і стосовно зображень орієнтовані на їхнє двотонове (“чорно-біле”) подання [1 - 3]. Між тим, специфіка апаратних засобів фіксації видових даних ДЗЗ зумовлює багатотонувий (з багатьма рівнями яскравостей) растровий характер отримуваних. Зазначимо, що проблема визначення ІО, множина яких утворює метричний простір (як і правила обчислення його метрики), не є задачею загальної теорії розпізнавання образів і приймається априорно заданою [4], хоча ця проблема є основою для ефективного застосування методів багатовимірної та цілочисельної геометрії для

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Метою статті є означення системи інтегральних інформаційних характеристик проєкційних багатотонових зображень, інваріантної до геометричних перетворень групи подібностей у просторі “площина проєкцій – рівень яскравості”.

© В.М.Корчинський, Д.М.Свинаренко, 2006

**Основна частина.** Неоднорідний розподіл яскравості проекційного растрового зображення розглядаємо як тривимірний геометричний об'єкт (поверхню) у 3-просторі “ площина проєкцій - рівень яскравості” (далі 3-ППРЯ) з декартовою системою координат  $Oxyz$ , де підпростір  $Oxy$  розташований у площині проєкцій, вісь  $Oz$  відповідає рівню яскравості. Перетворення групи подібностей у просторі 3-ППРЯ подається виразами

$$\begin{aligned} x' &= k_1 x + a; \\ y' &= k_2 y + b; \\ z' &= k_3 z. \end{aligned} \tag{1}$$

де  $k_i$  - коефіцієнти масштабування ( $i = \overline{1,3}$ );  $a, b$  - величини паралельних перенесень у площині проєціювання. Наслідком вимоги масштабної інваріантності ІО просторових форм розподілів яскравостей є їхня безрозмірність. За основу побудови подібно-інваріантних ІО зображень прийємо центровані декартові моменти просторових розподілів яскравостей

$$m_{pqs} = \int_{(\Omega)} (x-a)^p (y-b)^q z^s F(x,y,z) dx dy dz, \tag{2}$$

де  $p, q, s$  - цілі невід'ємні числа ( $p+q+s=N$  - порядок моменту);  $x, y$  - координати елементів зображення у площині проєціювання;  $F(x, y, z)$  - індикаторна функція розподілу яскравості, що набуває значення 1 у межах зображення та 0 - поза ними. Інтегрування у виразі (2) здійснюється по області у 3-ППРЯ, зайнятій просторовим розподілом яскравостей.

Безрозмірні моменти, інваріантні до паралельних перенесень та масштабування у площині  $Oxy$  відшукуємо у вигляді

$$M_{pqs} = \frac{m_{pqs}}{\frac{a_1 p + b_1 q + c_1 s + d}{m_{200}^A} \frac{a_2 p + b_2 q + c_2 s + d}{m_{020}^A} \frac{a_3 p + b_3 q + c_3 s + d}{m_{002}^A}}, \tag{3}$$

де  $a_i, b_i, c_i, d$  та  $A$  - невідомі сталі.

Можна показати, що з вимоги афінної інваріантності величин  $M_{pqs}$  випливає наступна умова:

$$\begin{cases} a_1 + a_2 + a_3 = 2, \\ b_1 + b_2 + b_3 = 2, \\ c_1 + c_2 + c_3 = 2. \end{cases} \tag{4}$$

Ще одна умова полягає в інваріантності  $M_{pqs}$  щодо операції ізотропного масштабування (коефіцієнти масштабування однакові щодо для усіх координатних осей простору 3-ППРЯ.

Цих умов достатньо для визначення невідомих параметрів у виразі (3), у результаті чого отримуємо:

$$M_{pqs}(k_1, k_2, k_3, a, b) = \frac{\frac{1}{k_1^{p+1}} \frac{1}{k_2^{q+1}} \frac{1}{k_3^{s+1}} \bar{m}_{pqs}}{\left(\frac{1}{k_1^3 k_2 k_3} \bar{m}_{200}\right)^A \left(\frac{1}{k_1 k_2^3 k_3} \bar{m}_{020}\right)^B \left(\frac{1}{k_1 k_2 k_3^3} \bar{m}_{002}\right)^C}, \quad (5)$$

$$\text{де } A = \frac{4p - q - s + 2}{10}, B = \frac{-p + 4q - s + 2}{10}, C = \frac{-p - q + 4s + 2}{10}.$$

Інваріантність одержаних ІО була протестована на зображенні (рис.1), що було піддане операції масштабування з різними коефіцієнтами вздовж координатних осей  $Ox$ ,  $Oy$  (відповідно  $k_1, k_2$ ). Через великий розмір, отримані у такий спосіб зображення не подаються. Для отриманих зображень були обчислені безрозмірні моменти за виразом (5), а також відносні дефекти інваріантності.

На рис. 2 подані графіки залежності відносної похибки безрозмірних моментів від порядку моментів  $(p+q+s)$ , обчислених для зображення, що було отримане з еталонного шляхом масштабування з коефіцієнтами  $k_1 = 3, k_2 = 2, k_3 = 1$ . Графіку з хрестиками відповідають параметри переносу  $a = 0; b = 220$ ; з точками –  $a = -320; b = 0$ ; з колами –  $a = -320; b = 220$ .



Рисунок 1

На рис. 3 подані графіки похибки, обчисленої для зображення, що було отримане шляхом масштабування з коефіцієнтами  $k_1 = 2, k_2 = 3, k_3 = 1$ . Графіку з плюсами відповідають параметри переносу  $a = 0; b = 330$ . Графіку з точками –  $a = -210; b = 0$ . Графіку з колами –  $a = -210; b = 330$ .

Як видно з рисунків похибка, практично не залежить від зміни коефіцієнтів масштабування, проте вона є досить великою, що є наслідком дуже великих значень параметрів переносу (які не зустрічаються на практиці).

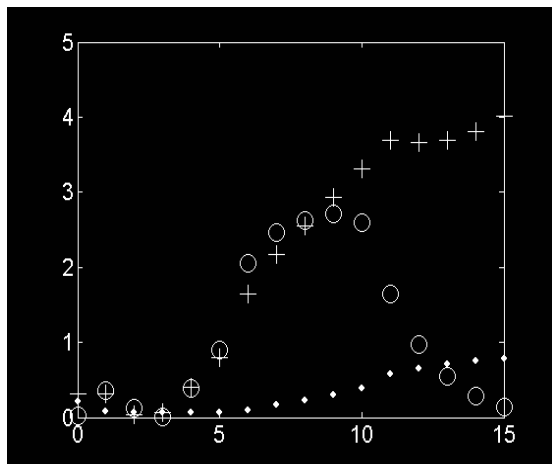


Рисунок 2

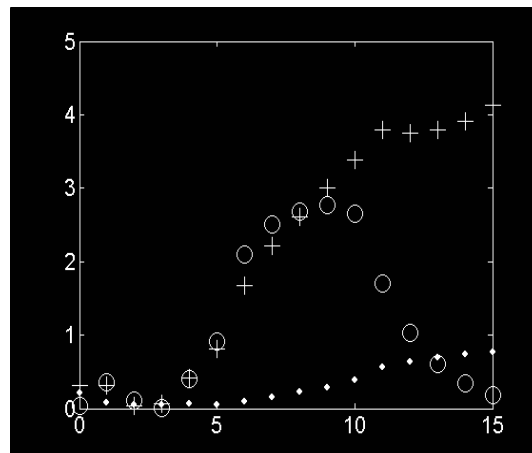


Рисунок 3

На рисунках 4 -7 наведено порівняльні графіки відносної похибки. На рисунках 4, 6 графіку з плюсами відповідають параметри переносу  $a=0; b=330$ ; з точками –  $a=0; b=33$ . На рисунках 5 та 7 графіку з плюсами відповідають параметри переносу  $a=-210; b=330$ ; з точками –  $a=-21; b=33$ . Як видно з графіків, при зменшенні на порядок параметрів переносу величина відносної похибки зменшується у 20 – 100 разів, і для практичних значень параметрів переносу знаходиться у припустимих межах.

На рисунках 8, 9 подані графіки дефекту інваріантності від порядку безрозмірних ІО, обчислених при наведених вище параметрах масштабних перетворень та перенесень.

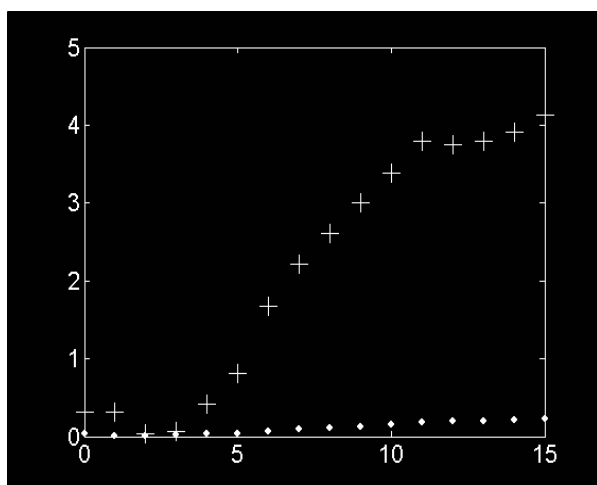


Рисунок 4

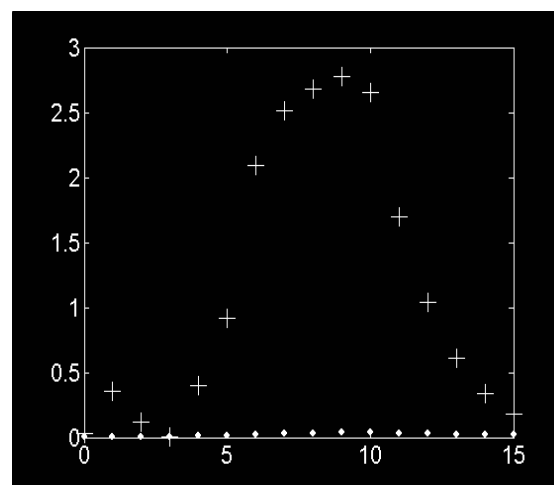


Рисунок 5

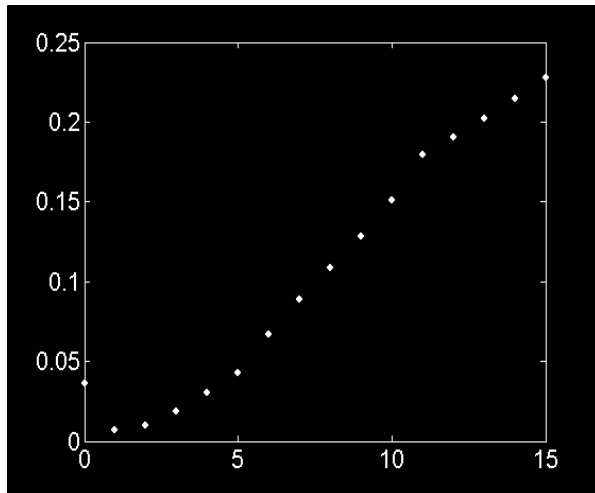


Рисунок 6

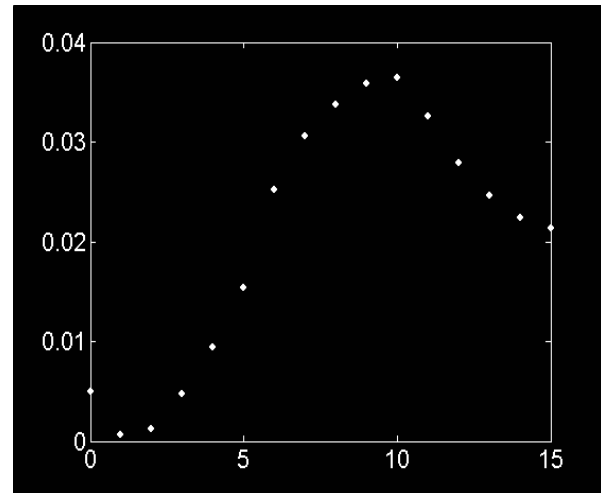


Рисунок 7

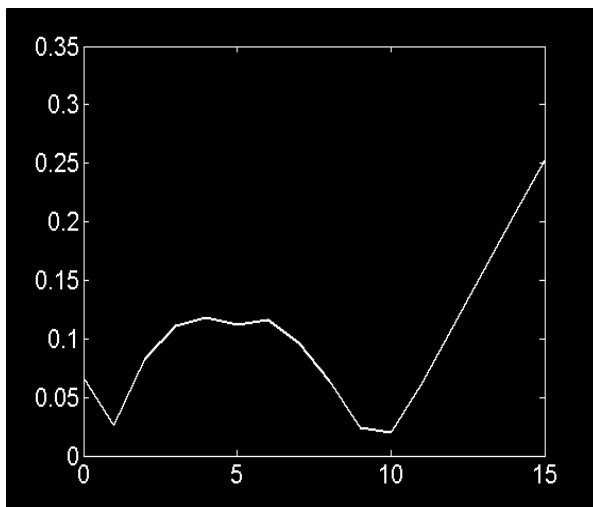


Рисунок 8

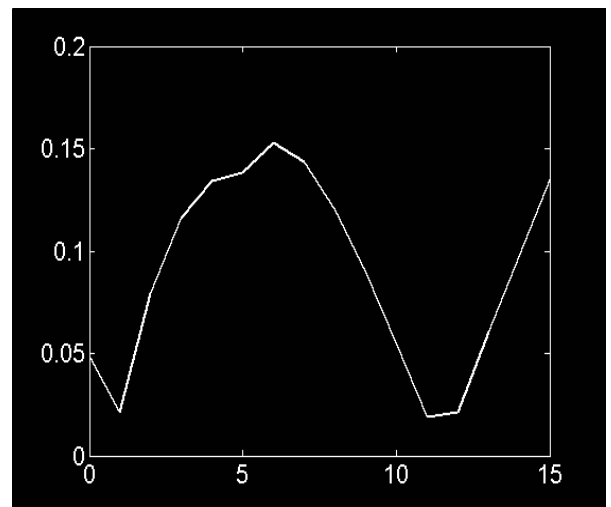


Рисунок 9

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** У роботі запропоновано систему інформаційних ознак багатотонових растрових зображень, інваріантну до геометричних перетворень, характерних для технічних засобів ДЗЗ. Використання таких ознак суттєво підвищує достовірність інтерпретації видових даних. Перспективи подальших досліджень за проблематикою роботи пов'язані із розробленням на основі запропонованого підходу проективно-інваріантних інформаційних ознак та поширенням одержаних результатів на випадок багатоспектральних проекційних зображень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Melan A., Rudolph S. An analytical approach to classification by object reconstruction from features//Signal Processing: Sensor Fusion, and Target Recognition IX.- 2000.-Vol. 4052.-P.102 – 110.

2. Корчинський В.М. Інформативність афінно – інваріантної моделі проєкційних зображень в їх морфологічному аналізі // Proc. of the Sixth All-Ukrainian International Conf. "Signal/Image Processing and Pattern Recognition" (UkrOBRAZ'2002). - Kyiv (Ukraine). – 2002. - Р. 43-46.
3. Гнатушенко В.В., Корчинський В.М. Інваріантна інформаційно-геометрична модель ідентифікації ізопланатичних зображень // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2003. – Вип. 72. – С. 28-31.

Получено 11.03.2006 г.

УДК 528.71

В.В. Гнатушенко

## **МОДЕЛЬ ОРІЄНТУВАННЯ ПАРИ ЗНІМКІВ, ЩО НАЛЕЖАТЬ ОДНІЙ ПЛОЩИНІ**

### **Постановка проблеми**

В даний час усі сучасні аерокосмічні носії надають можливість користувачу одержувати стереозображення однієї ділянки земної поверхні. На етапі попередньої обробки таких даних, як правило, виникає необхідність знання елементів зовнішнього і внутрішнього орієнтування відповідних сенсорів (камер). Але у більшості випадків вони невідомі, тому постає проблема побудови і використання адекватних моделей формування зазначених зображень.

### **Аналіз останніх досліджень**

Серед останніх досліджень у даному напрямку слід виділити роботи [1-5], в яких розглядаються можливості та використання багатьох найефективніших на сьогодні моделей орієнтування аерокосмічних знімків. Але при відповідному моделюванні стереозображень вони або є неефективними, або їхня програмна реалізація потребує потужних обчислювальних ресурсів.

### **Формулювання цілей статті (постановка завдання)**

Ці обставини ставлять задачу побудови адекватної моделі орієнтації стереозображень, які б враховували особливості їхнього формування.

©В.В. Гнатушенко, 2006