

Морфологическое комплексирование изображений различных спектральных диапазонов

А.Ю. Рубис¹, О.В. Выголов², Ю.В. Визильтер³

ФГУП «ГосНИИ Авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС»), Москва

E-mail: ¹ arcelt@mail.ru, ² o.vygovlov@gosniias.ru, ³ viz@gosniias.ru.

Исходные данные для комплексирования

Набор из трех изображений одной сцены в различных спектральных диапазонах в формате Bitmap, 8 бит на пиксель, оттенки серого.

Взаимная геометрическая привязка изображений произведена.



ТВ (видимый диапазон)



ИК1 (3-5 мкм)



ИК2 (8-14 мкм)

Алгоритм комплексирования с использованием морфологических проекций

$f_{ИК1}$

1. Получение морфологической формы на основе критериальной гистограммной сегментации с заданным количеством мод гистограммы

$f_{ИК1}$ – изображение диапазона 3-5 мкм

$f_{ИК1'}$ – изображение морфологической формы, полученной из изображения $f_{ИК1}$

$f_{ИК2}$ – изображение диапазона 8-14 мкм

$f_{ИК1'}$

$f_{ТВ}$

$f_{ИК2}$

2. Расчет морфологических проекций

$f_{ТВ}$ – изображение видимого диапазона

$P_{f_{ИК1'}, f_{ТВ}}$ – морфологическая проекция изображения видимого диапазона $f_{ТВ}$ на форму $f_{ИК1'}$

$P_{f_{ИК1'}, f_{ТВ}}$

$P_{f_{ИК1'}, f_{ИК2}}$

$f_{ТВ}$

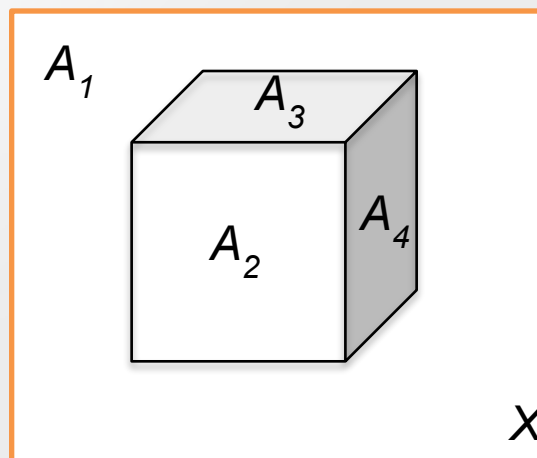
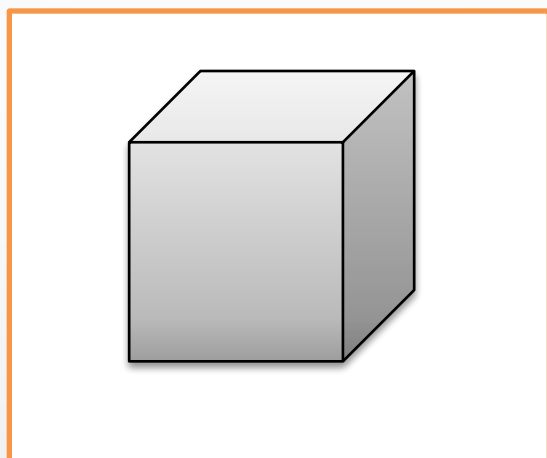
$P_{f_{ИК1'}, f_{ИК2}}$ – морфологическая проекция изображения диапазона 8-14 мкм $f_{ИК2}$ на форму $f_{ИК1'}$

3. Комбинирование изображений

$f_{К}$ – результат комплексирования

$f_{К}$

Морфология Пытьева с кусочно-постоянной моделью изображения



Частный случай морфологической формы по Пытьеву

$$f(x, y) = \sum_{i=0}^n c_i \chi_i(x, y) \quad 0 < c_i < \infty, i = 1..n \quad x, y \in X$$

Функция принадлежности к области

$$\chi_i(x, y) = \begin{cases} 1, (x, y) \in A_i \\ 0, (x, y) \notin A_i \end{cases} \quad X - \text{область кадра}$$

Морфология Пытьева с кусочно- постоянной моделью изображения

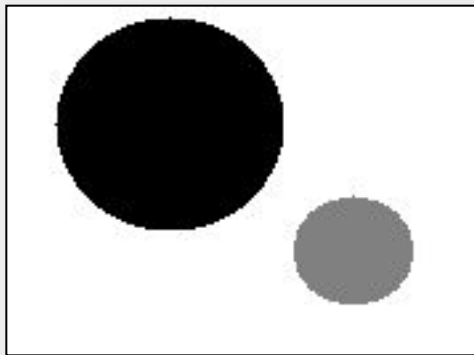
Морфологическая проекция для дискретных изображений:

$$P_c g(x, y) = \sum_{i=1}^N c_i^* \chi_{A_i}(x, y) \quad c_i^* = \frac{\sum_x \sum_y \chi_{A_i}(x, y) g(x, y)}{\sum_x \sum_y \chi_{A_i}(x, y)} = \frac{(\chi_{A_i}, g)}{\|\chi_{A_i}\|^2}$$

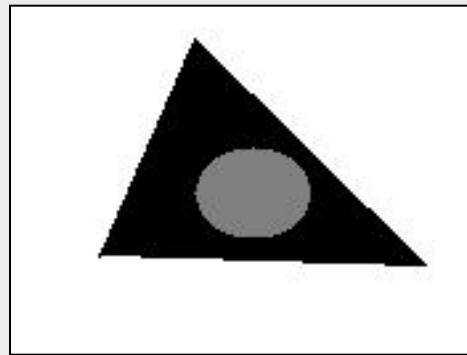
$$x, y \in X \quad 0 < c_i < \infty, i = 1..N$$

X – область кадра

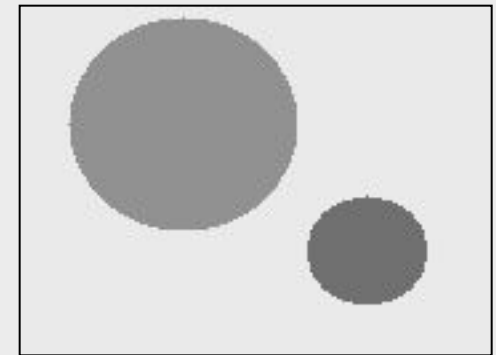
Пример расчета морфологической проекции



$f(x, y)$



$g(x, y)$



$Pr_f g(x, y)$

Получение устойчивой формы путем критериальной гистограммной сегментации

Глобальный критерий делимости на n мод, ($n > 1$)

$$t = (t_0, \dots, t_n)$$

$$t_0 = 0, t_n = 255$$

t_1, \dots, t_{n-1} - свободные переменные, соответствующие порогам, разделяющим моды гистограммы

Среднеквадратичный критерий оптимального выбора порогов сегментации :

$$\sum_{i=0, \dots, n} DISP(t_i, t_{i+1}) \rightarrow \min(t_1, \dots, t_{n-1})$$

Регуляризованный критерий оптимального выбора порогов сегментации:

$$\sum_{i=0, \dots, n} DISP(t_i, t_{i+1}) + \alpha n \rightarrow \min(n, t_1, \dots, t_{n-1})$$

Пример многомодальной критериальной гистограммной сегментации



выделяется 10 мод гистограммы



выделяется 5 мод гистограммы



выделяется 3 моды гистограммы



выделяется 2 моды гистограммы

Расчет морфологических проекций

Проекция изображения диапазона ИК2 на форму ИК1'

$$P_{ИК1'} f_{ИК2}(x, y) = \sum_{i=1}^N c_{ИК2i}^* \chi_{A_i}(x, y) \quad c_{ИК2i}^* = \frac{\sum_x \sum_y \chi_{ИК2}(x, y) f_{ИК2}(x, y)}{\sum_x \sum_y \chi_{A_i}(x, y)} = \frac{(\chi_{ИК2} f_{ИК2})}{\|\chi_{A_i}\|^2}$$

Проекция изображения видимого диапазона (ТВ) на форму ИК1'

$$P_{ИК1'} f_{ТВ}(x, y) = \sum_{i=1}^N c_{ТВi}^* \chi_{A_i}(x, y) \quad c_{ТВi}^* = \frac{\sum_x \sum_y \chi_{ТВ}(x, y) f_{ТВ}(x, y)}{\sum_x \sum_y \chi_{A_i}(x, y)} = \frac{(\chi_{ТВ} f_{ТВ})}{\|\chi_{A_i}\|^2}$$

$$x, y \in X \quad \chi_{A_i}(x, y) = \begin{cases} 1, & (x, y) \in A_i \\ 0, & (x, y) \notin A_i \end{cases}$$

$$0 < c_{ИК2i}^* < 2^m$$

$$0 < c_{ТВi}^* < 2^m$$

Примеры морфологических проекций



Изображение видимого диапазона $f_{ТВ}$



Морфологическая форма $f_{ИК1'}$
(количество мод гистограммы $n=60$)



Проекция изображения видимого диапазона
(ТВ) на форму ИК1' $P_{ИК1'} f_{ТВ}$

Правило комбинирования изображений

$$f_K = 1/3 f_{TB} + 1/3 P_{f_{ИК1}} f_{ИК2} + 1/3 P_{f_{ИК1}} f_{ИК2}$$



Изображение видимого диапазона f_{TB}



Результат комплексирования f_K
(количество мод гистограммы $n=60$)

Сравнение с другими методами комплексирования



Изображение видимого диапазона



Комплексирование на основе добавления отличий



Комплексирование с разделением НЧ и ВЧ составляющих и анализом информативности (дисперсия в окне)



Морфологическое комплексирование (количество мод гистограммы $n=60$)

Сравнение с другими методами комплексирования



Изображение видимого диапазона



Комплексирование на основе добавления отличий



Комплексирование с разделением НЧ и ВЧ составляющих и анализом информативности (дисперсия в окне)



Морфологическое комплексирование (количество мод гистограммы $n=60$)

Спасибо за внимание!