

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭТАЛОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ВОЗДУШНОГО НАБЛЮДЕНИЯ

С.А. Кибиткин, к.т.н. С.В. Чёрный
(представил д.т.н., проф. И.И. Зима)

В статье приведен пример разработки математической модели эталонного изображения (миры), используемого в договоре “Открытое небо” и исследования его пространственных спектров.

Постановка проблемы. В договоре «Открытое небо» используются эталонные изображения (миры), которые представляют собой штриховые изображения определенных размеров. Однако в литературе отсутствует математическое описание этих мир, необходимое для построения системы автоматизированного распознавания их на снимках. На сегодняшний день использована методика обработки результатов.

Анализ литературы. В [1] представлена правовая основа для наблюдения за территориями тех стран, которые подписали этот договор. В [2 – 4] рассмотрены основные теоретические сведения по построениям гармоник и спектров изображений. В [5] рассмотрены теоретические основы прямого и обратного преобразования Фурье.

Цель статьи. Создание математической модели эталонного изображения (миры), используемого в договоре. Эталонное изображение позволит создать автоматизированную систему по обработке изображений (мир) в рамках договора “Открытое небо”.

Раздел основного материала. Предлагается подход, основанный на создании автоматической системы, способной решить проблему выдачи независимых оценок. Для создания автоматизированной системы определения разрешающей способности необходимо создать математическую модель эталонного изображения (миры). В качестве начальных условий были взяты:

- геометрические размеры длин полос миры:

$$hh = |hh_0, hh_n, \dots, hh_{n-1}|, \quad (1)$$

где hh – значения размеров длин полос; hh_n – номер группы полос;

- геометрические размеры всей миры, т.е. ее длина и ширина:

$$m_x = 1; \quad Xx = 0 \dots m_x; \quad m_y = s; \quad Yy = 0 \dots m_y. \quad (2)$$

Пример создания математической модели эталонного изображения мира:

$$hh = (200; 35; 31,18; 27,78; 24,75; 22,05; 19,64; 17,5; \\ 13,89; 12,37; 11,02; 9,82; 8,75; 7,8; 6,94; 6,19; 5,51).$$

Математическое описание группы из одной полосы мира имеет вид:

$$z_1(x, h, a) = \frac{1}{2}(\text{sign}(x - a) + 1 - \frac{1}{2}(\text{sign}(x - a - h) + 1)), \quad (3)$$

где h – ширина полосы; x – координата; a – смещение полосы относительно начала координат.

Математическое описание группы из трех полос мира имеет вид:

$$z_2(x, h, a) = \frac{1}{2}(\text{sign}(x - a) + 1 - \frac{1}{2}(\text{sign}(x - a - 6h) + 1)). \quad (4)$$

Бесконечная последовательность полос мира имеет вид:

$$m_1(x, h, a) = \frac{1}{2} \left(\text{sign} \left(\sin \left(\frac{\pi}{h} (x - a - 2h) \right) + 1 \right) \right). \quad (5)$$

Конечная последовательность полос мира имеет вид:

$$m_2(x, h, a) = \frac{1}{2} \left(\text{sign} \left(\sin \left(\frac{\pi}{h} (x - a - 6h) \right) + 1 \right) \right). \quad (6)$$

Графики контраста мира для (3) – (6) имеют вид (рис. 1).

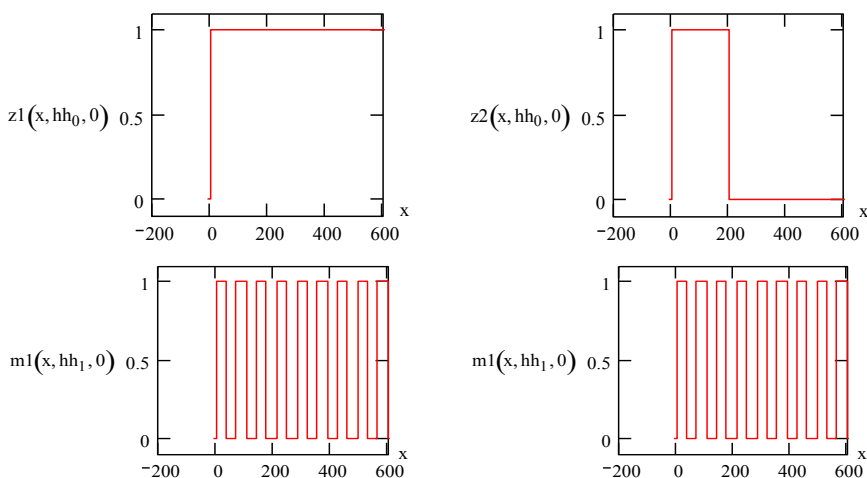


Рис. 1. Графики контраста мира

Затем мы строим график полученной функции (рис. 2):

$$P_1(x, h, a) = m_1(x, h, a) z_1(x, h, a); \quad (7)$$

$$P_2(x, h, a) = m_2(x, h, a) z_2(x, h, a); \quad (8)$$

$$P(x) = \sum_{i=1}^{n_{m-1}} P \left[x, hh_i, -4hh_0 + 6 \sum_{j=1}^i (hh_{j-1}) \right]. \quad (9)$$

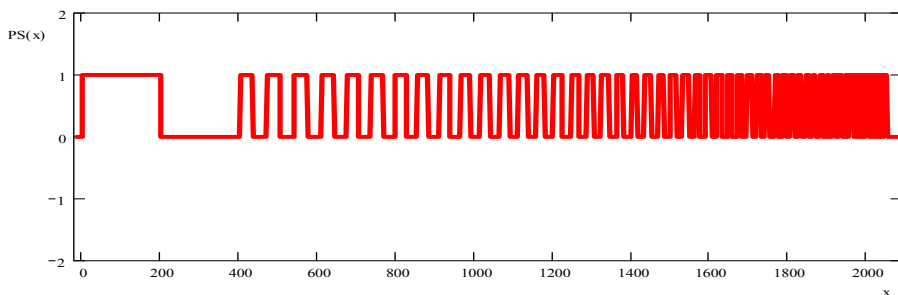


Рис. 2. График полученной функции

После этого получаем изображение мира (рис. 3):

$$RD = Pz + P(x)z; \quad (10)$$

$$SP = \text{matrix}(m_x, m_y, RD) + \text{matrix}(m_x, m_y, RD)^T. \quad (11)$$

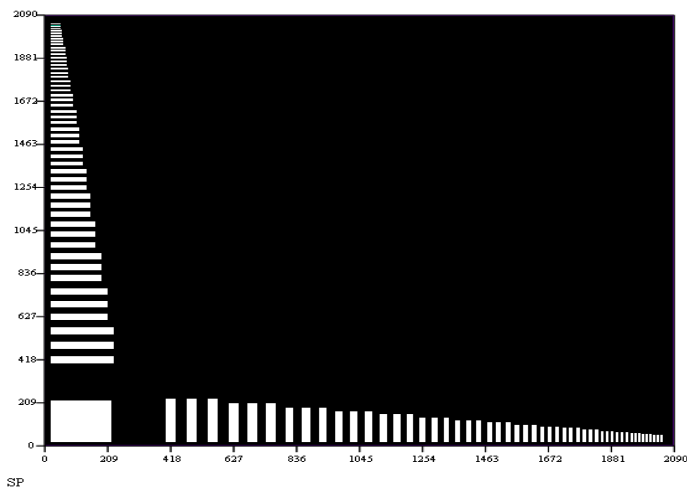


Рис. 3. Полученное эталонное изображение мира

Полученное изображение будет являться эталонным изображением мира, которое в дальнейшем будет использоваться в алгоритме автоматического поиска и обработки мира. Пример изображения данной мира

представлен на рис. 4. На основании (12) – (16) могут быть построены пространственные спектры отдельных групп полос мира (рис. 5), а также общий спектр всей мира (рис. 6):

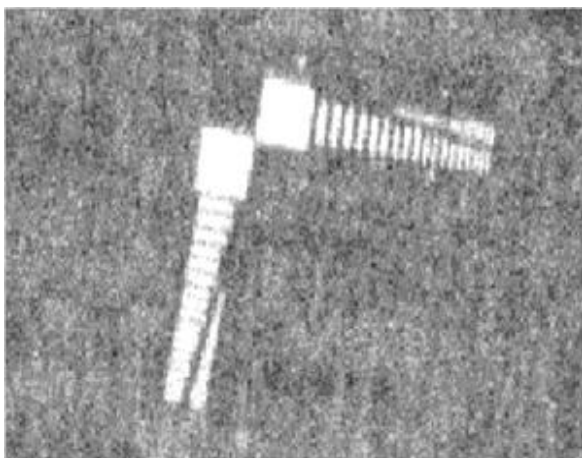


Рис. 4. Фотографированное изображение мира

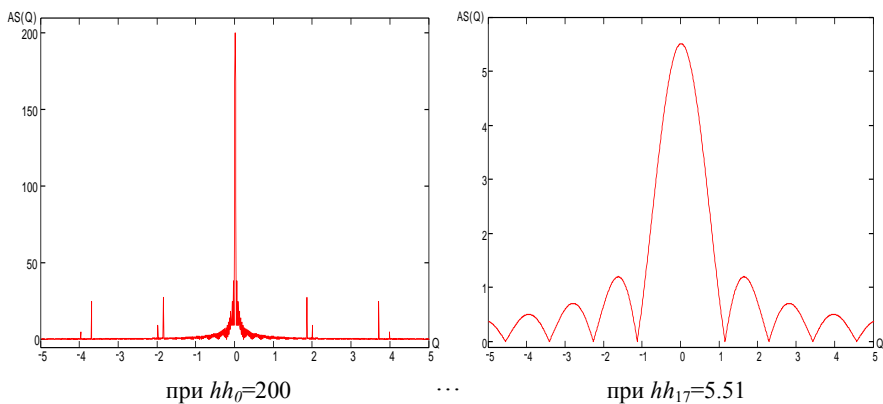


Рис. 5. Пространственные спектры первой и последней группы

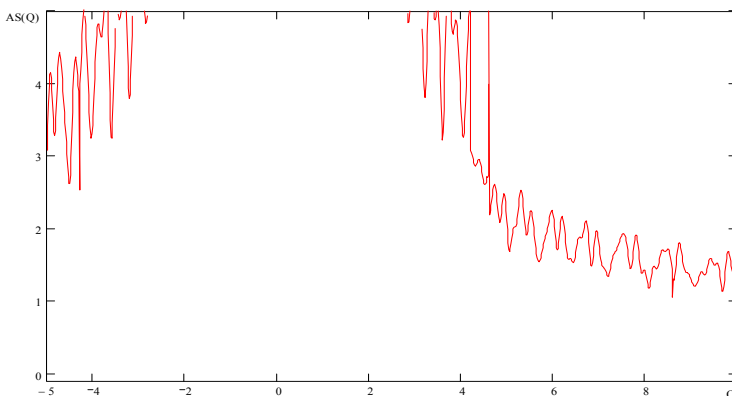


Рис. 6. Общий спектр мира

$$PS(x) = P_2(x, hh_n, 0) + P(x); \quad (12)$$

$$S(x) = PS(x); \quad (13)$$

$$SS(Q) = \int_{-hh_n}^{hh_n} S(x) \sin(Qx) dx; \quad (14)$$

$$SC(Q) = \int_{-hh_n}^{hh_n} S(x) \cos(Qx) dx; \quad (15)$$

$$AS(Q) = \left(SC(Q)^2 + SS(Q)^2 \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (16)$$

Выводы: 1. В работе предложена математическая модель создания эталонного изображения (мира) в условиях договора “Открытого неба”.

2. Полученные результаты показывают, что дальнейшая обработка общего спектра всей мира затруднена, так как происходит наложение отдельных спектров групп друг на друга. В связи с этим обработку изображения мира необходимо выполнять путем сравнения его с отдельными групп с соответствующими группами эталонного изображения мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курк У. Клир, Стивен Е. Блок. Договор «Открытое небо» / Агентство по уменьшению угрозы. Отдел истории 45045. – Aviation Drive Dulles International Airport Dulles, VA 20166 – 7517. – 1999. – 70 с.
2. Кононов В.И., Федоровский А.Д., Дубинский Г.П. Оптические системы построения изображения. – К.: Техника, 1981. – 133 с.
3. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по авиационному оптико-электронному оборудованию / Под ред. Ю.К. Ребрина. – К.:

КВВАИУ, 1988. – Ч. 2. – 179 с.

4. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. 13-е изд. – М.: Наука, 1986. – 543 с.*
5. *Применение методов Фурье – оптики: Пер. с англ. / Под ред. Г. Старка. – М.: Радио и связь, 1988. – 536 с.*

Поступила 7.10.2004

КИБИТКИН Сергей Александрович, адъюнкт Харьковского университета Воздушных Сил. В 1999 году окончил Киевский институт военно-воздушных сил. Область научных интересов – увеличение точности разрешающей способности аппаратуры наблюдения на этапе военных исследований и ее сертификации, автоматизация дешифрирования изображений.

ЧЁРНЫЙ Сергей Вячеславович, канд. техн. наук, доцент, начальник кафедры Харьковского университета Воздушных Сил. В 1977 году окончил Киевское высшее военное авиационное инженерное училище. Область научных интересов – теория дифракции, оптико-электроника, теория измерений, навигация.
