

УДК 515.2:528.71

Д-р техн. наук В.М. Корчинский, Д.В. Маслей, А.С. Бушанская, А.Е. Геленко,
А.А. Галищук

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Предложен метод идентификации геометрических форм объектов, представленных на многоспектральных космических снимках, обеспечивающий уменьшение искажающего влияния передаточных функций оптико-механического комплекса фиксации снимков на пространственные распределения яркости формируемых изображений. Метод и реализующая его информационная технология обеспечивают сужение динамического диапазона уровней яркости снимков при одновременном повышении их контрастности.

Розроблено метод ідентифікації геометричних форм об'єктів, поданих на багатоспектральних космічних знімках, який забезпечує зменшення спотворювального впливу передавальних функцій оптико-механічного комплексу фіксації знімків на просторові розподіли яскравості формованих зображень. Метод та інформаційна технологія, що його реалізує, забезпечують звуження динамічного діапазону рівнів яскравості знімків при одночасному збільшенні їх контрастності.

The paper proposes the method of identification of geometrical forms of objects in multiband space images that would help to reduce the distorting effect of transfer function of optical and mechanical complex for fixation of image on spatial distribution of formed images brightness. The method and information technology to support it provide narrower dynamic range of images brightness layers with increase of their contrast at the same time.

Постановка задачи

Современные спутниковые системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) обеспечивают фиксацию многоспектральных изображений (МСИ) в широком диапазоне длин волн электромагнитного излучения – носителя видовой информации с различным спектральным пространственным разрешением. Составляющие МСИ, зафиксированные в различных спектральных интервалах излучения, наряду с данными, важными для их тематического анализа, искажены вследствие влияния оптико-механического комплекса (ОМК) фиксации снимков. Вследствие этого одна из проблем повышения эффективности тематического анализа видовых данных ДЗЗ состоит в компенсации указанного влияния и на этой основе – повышения достоверности идентификации геометрических форм зафиксированных объектов путем совмещения спектральных составляющих МСИ.

Основные результаты

В данной статье предложен метод идентификации геометрических форм объектов, представленных на снимках, обеспечивающий уменьшение искажающего влияния передаточных функций ОКМ на про-

странственные распределения яркости формируемых снимков. Предлагаемый метод и реализующая его информационная технология включают ряд этапов. Первый из них состоит в предварительной гомоморфной обработке распределений яркости спектральных составляющих первичных (непосредственно зафиксированных) МСИ. Как известно [1], пространственный частотный спектр изображения в изопланатическом приближении является произведением частотного спектра собственной яркости визуализированной сцены $F(\mathbf{u})$ и частотной передаточной характеристики ОКМ $G(\mathbf{u})$, представляющей собой идеальный фильтр нижних частот с граничной частотой, определяемой конструктивными характеристиками ОКМ и обратно пропорциональной длине волны фиксируемого излучения. Собственно гомоморфная обработка реализуется взятием логарифма от произведения $F(\mathbf{u}) \cdot G(\mathbf{u})$, его фильтрацией линейным фильтром высоких частот с частотой среза, равной граничной пространственной частоте передаточной

характеристики ОМК, с последующим обратным преобразованием Фурье для перехода в координатное описание полученного изображения.

Изложенная обработка выполняется применительно ко всем спектральным составляющим МСИ, поскольку они обладают различными граничными пространственными частотами передаточных характеристик ОМК.

Следующим этапом является выделение разномасштабных (обладающих различным пространственным разрешением) компонент распределений яркости полученных изображений посредством их вейвлет-декомпозиции. В соответствии с общими принципами вейвлет-анализа данных распределение яркости изображения произвольного спектрального канала МСИ может быть представлено в виде многоуровневого разложения

$$f(\mathbf{r}) = A_n(\mathbf{r}) + \sum_{i=1}^n D_i(\mathbf{r}), \quad (1)$$

где $A_n(\mathbf{r})$ и $D_i(\mathbf{r})$ – соответственно аппроксимирующая (сглаженная) и детализирующая компоненты распределения яркости на уровне, обозначенном нижними индексами [2, 3].

Существенно, что наиболее мелкомасштабные детали распределения яркости $f(\mathbf{r})$ выделяются на первом уровне вейвлет-декомпозиции [4].

На завершающем этапе составляются линейные комбинации

$$\bar{D}(\mathbf{r}) = a \cdot D_1^{(\max)}(\mathbf{r}) + b \cdot D_1(\mathbf{r}), \quad (2)$$

где $D_1^{(\max)}$ – детализирующая компонента наиболее коротковолнового спектрального канала, обладающего наибольшим пространственным разрешением. Сформированные таким образом линейные формы используются далее как детализирующие компоненты синтезируемого изображения, которое формируется последующей вейвлет-реконструкцией на основании выражения (1). Коэффициенты a и b линейной формы (2) определялись по критерию

максимизации сигнальной энтропии, как основной характеристики информативности полученного изображения с позиций тематического анализа по методике, предложенной в работе [5].

В полученном изображении совмещаются спектральные компоненты МСИ с одновременным увеличением пространственного разрешения.

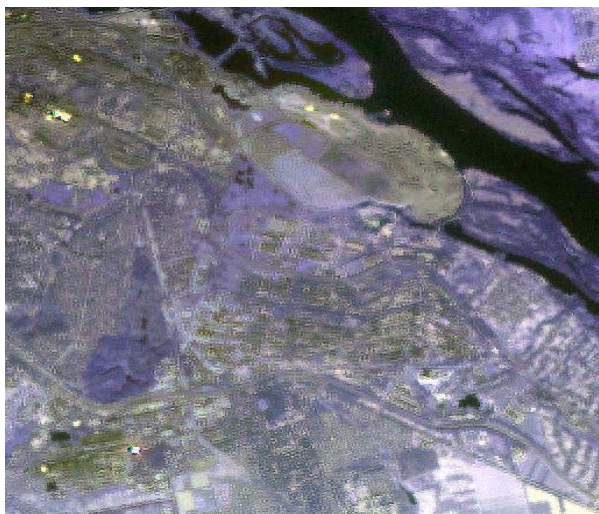
Предложенная технология повышения эффективности тематического анализа МСИ была программно реализована и протестирована на исходных снимках, полученных сканером Aster в оптическом и ближнем инфракрасном диапазонах. Результаты представлены на рисунке.



а



б



в

Примеры изображений:

- а – исходное мультиспектральное;
- б – исходное панхроматическое;
- в – синтезированное МСИ

Информационные характеристики
первичного и синтезированного МСИ

Спектральный интервал, мкм	Отношение сигнальных энтропий синтезированного и первичного МСИ	SSIM-индекс
0,52 – 0,60	1,273	0,92
0,63 – 0,69	1,123	0,89
0,78 – 0,86	1,021	0,94
1,60 – 1,70	1,099	0,91
2,145 – 2,185	1,002	0,88
2,185 – 2,225	1,321	0,99

В таблице указаны значения сигнальной энтропии и коэффициенты схожести геометрических форм изображений (SSIM-индекса, предложенного в работе [6]) спектральных каналов первичного и синтезированного МСИ.

Выводы

Результаты тестирования подтвердили эффективность использования гомоморфной обработки МСИ в сочетании с технологией объединения распределений яркости спектральных составляющих на основе вейвлет-анализа. Данные таблицы свидетельствуют о возрастании сигнальной энтропии при высоких значениях SSIM-индекса, что подтверждает эффективность предложенной информационной технологии.

Список использованной литературы

1. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 2. Многократное рассеяние, турбулентность, шероховатые поверхности и дистанционное зондирование/ Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 318 с.
2. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 448 с.
3. Чуи Ч. Введение в вейвлеты/ Пер. с англ. – М.: Мир, 2001. – 648 с.
4. Дремин И.М. Вейвлеты и их использование / И.М. Дремин, О.И. Иванов, Н.А. Нечитайло // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171. – № 5. – С. 465 – 501.
5. Волошин В.И. Повышение информативности видовых данных дистанционного зондирования Земли / В.И. Волошин, В.М. Корчинский // Космічна наука і технологія. – 2006. – Т.12. – № 5/6. – С. 15 – 17.
6. Wang Z. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity / Z. Wang, A.C. Bovik, H.R. Sheikh, E.P. Simoncelli // IEEE Transactions on Image Processing. – 2004. – Vol. 13. – № 4. – P. 600 – 612.

Статья поступила 28.10.2015