

Комплексирование гиперспектрального изображения на основе алгоритма билатеральной фильтрации

А.П. Котов^{1,2}, Е.В. Гошин²

¹Институт систем обработки изображений РАН - филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Молодогвардейская 151, Самара, Россия, 443001

²Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

Аннотация

Мы рассматриваем задачу комплексирования гиперспектрального изображения одной сцены с целью визуализации. В традиционном подходе итоговое изображение формируется путем усреднения интенсивностей соответствующих пикселей слоев гиперспектрального изображения, что приводит к потере информации о деталях, зарегистрированных в определенных слоях. Предложен алгоритм комплексирования на основе билатерального фильтра, сглаживающий неоднородности и сохраняющий информацию о границах объектов и контурных перепадах, для улучшения визуального восприятия человеком. Предложенная технология апробирована на гиперспектральных данных, полученных с помощью оптической спектроскопии.

Ключевые слова

билатеральный фильтр, гиперспектральное изображение, комплексирование

1. Введение

Комплексированием будем считать комбинирование информации двух или более изображений сцены в одно композитное изображение. Необходимо, чтобы полученное итоговое изображение содержало информативные участки сцены и было подходящим для визуального восприятия или компьютерной обработки [2]. В качестве исходных данных будем рассматривать гиперспектральные изображения одной сцены, зарегистрированные в различных спектральных диапазонах с помощью оптической спектроскопии.

Традиционный подход комплексирования заключается в суммировании и усреднении значений яркостей слоев. При этом детали, присутствующие в определенных слоях, сглаживаются. Однако человеку проще воспринимать детализированные изображения, поэтому актуальны алгоритмы, сохраняющие особенности каждого спектрального слоя.

2. Алгоритм комплексирования

Задача алгоритма – сформировать RGB-изображение, которое будет содержать детали каждого слоя гиперспектрального изображения. Основная идея алгоритма заключается в нахождении таких весов комплексирования, при которых информативные участки будут в большей степени присутствовать в результирующем изображении.

Алгоритм состоит из следующих этапов:

1. Обработка билатеральным фильтром всех слоев. Формирование ${}^{bf}I_k(x, y), k = \overline{1, K}$.

$${}^{bf}I(x, y) = \frac{1}{W(x, y)} \sum_{(x, y) \in D(x_0, y_0)} G_{\sigma_S}(x - x_0, y - y_0) G_{\sigma_R}(|I(x, y) - I(x_0, y_0)|) I(x, y), \quad (1)$$

где $D(x_0, y_0)$ – окрестность точки (x_0, y_0) , $G_{\sigma_S}(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_S^2}\right)$ и $G_{\sigma_R}(x, y) = \exp\left(-\frac{\xi^2}{2\sigma_S^2}\right)$ – функции Гаусса с параметрами σ_S и σ_R соответственно, а $W(x, y) = \sum_{(x, y) \in D(x_0, y_0)} G_{\sigma_S}(x - x_0, y - y_0) G_{\sigma_R}(|I(x, y) - I(x_0, y_0)|)$ – сумма весов для нормализации значений.

2. Вычисление весов комплексирования $w_k(x, y)$ (вес пикселя k -слоя в точке (x, y)).

$$w_k(x, y) = \frac{|I_k(x, y) - {}^{bf}I_k(x, y)| + C}{\sum_{k=1}^K (|I_k(x, y) - {}^{bf}I_k(x, y)| + C)}, \quad (2)$$

где C – константа, положительное вещественное число.

3. Формирование комплексированного изображения $F(x, y)$.

$$F(x, y) = \sum_{k=1}^K w_k(x, y) I_k(x, y) \quad (3)$$

4. Формирование RGB-изображения. Процедура формирования итогового RGB-изображения осуществляется путем задания весов каждого слоя в зависимости от спектрального диапазона в зависимости от функции цветового соответствия.

Для сравнения работы предложенного алгоритма и традиционного подхода на Рисунке 1 приведены комплексированные изображения: полутоновые и RGB, обработанных традиционной операцией усреднения и предложенным алгоритмом.

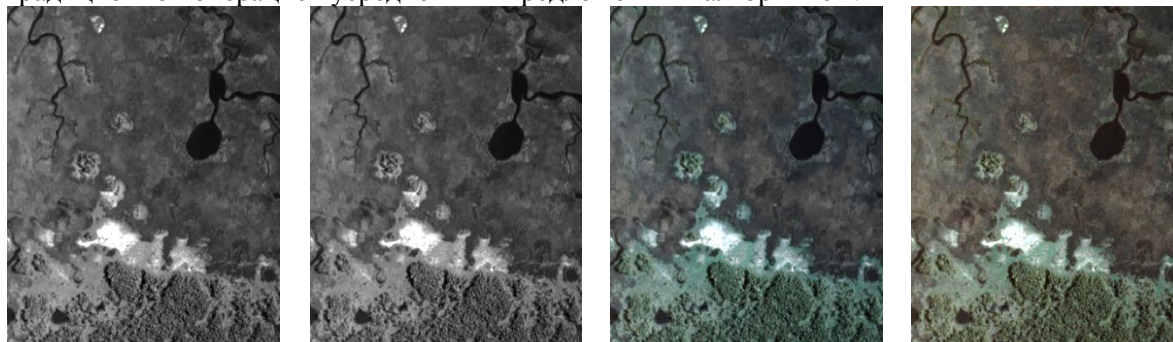


Рисунок 1: Комплексированные изображения (слева направо): полутоновое усредненное, полутоновое предложенным алгоритмом, RGB усредненное, RGB предложенным

3. Заключение

Комплексированное изображение содержит детали слоев гиперспектрального изображения в зависимости от их информативности. Однородные участки вносят меньший вклад в итоговое изображение, чем участки, содержащие границы объектов. Предложенный алгоритм комплексирования не имеет ограничений на число слоев.

В зависимости от амплитуды исследуемого набора данных и природы объекта подобраны различные параметры C , σ_S и σ_R . Дальнейшие исследования будут направлены на адаптивный выбор параметров в зависимости от требуемых свойств комплексированного изображения.

4. Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме FSSS-0777-2020-0017.

5. Литература

- [1] Tomasi, C. Bilateral filtering for gray and color images / C. Tomasi, R. Manduchi // Sixth international conference on computer vision. – 1998. – P. 839-846.
- [2] Бибииков, С.А. Распознавание растительного покрова на гиперспектральных изображениях по показателю сопряжённости / С.А. Бибииков, Н.Л. Казанский, В.А. Фурсов // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 846-854. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-5-846-854.
- [3] Борзов, С.М. Повышение эффективности классификации гиперспектральных изображений за счет разномасштабной пространственной обработки / С.М. Борзов, О.И. Потатуркин // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 6. – С. 937-943. DOI: 10.18287/2412-6179-СО-779.