

Определение сдвига разновременных изображений поверхности Земли методом «согласованного голосования»

А.А. Златопольский

*Институт космических исследований РАН
117997 Москва, ул. Профсоюзная, 84/32
E-mail: zlatopolsky@mtu-net.ru*

Разновременные изображения одного участка земной поверхности могут существенно отличаться друг от друга, в некоторых областях изображения рисунок может совершенно измениться. Причем не известно, какие именно области изображения изменились. Для того чтобы в этой ситуации принять решение о совпадении или относительном сдвиге изображений, в статье предложен метод «согласованного голосования», который позволяет определить сдвиг. Приведены подробности реализации этого метода и результаты тестирования.

Метод «согласованного голосования»

Изображения участка поверхности Земли, полученные в разное время и трансформированные в единую систему координат (например, по орбитальным данным), зачастую оказываются немного сдвинутыми друг относительно друга (на несколько или на первые десятки пикселей). Наличие даже такого небольшого сдвига особенно существенно, если предполагается автоматическое сравнение этих изображений, поиск изменений. Найти сдвиг, непосредственно сравнивая эти изображения, зачастую очень сложно в силу того, что рисунок на большОй и даже на БОльшей части этих двух изображений не совпадает (облака, снег, изменение освещения, сезонные изменения растительности ...). Так что не известно, какие именно участки изображений целесообразно сопоставлять друг с другом для определения сдвига.

Для работы в этой ситуации предложен метод «согласованного голосования», который позволяет определить сдвиг, не имея априорных сведений об идентичных участках изображения. Метод состоит в том, что одно изображение разбивается на фрагменты (возможно перекрывающиеся), и для каждого фрагмента определяется сдвиг, при котором происходит его лучшее совпадение с аналогичным фрагментом другого изображения. Будем говорить, что фрагмент «голосует» за найденный таким образом сдвиг. Подсчитывается число голосов за каждый сдвиг. БольшАя часть фрагментов не находит аналогов, они голосуют за разные, случайные значения сдвига. Возможных сдвигов много (например, 1681 вектор сдвига, если предполагается смещение изображений до 20 пикселей), и каждый из них получит некоторое число голосов. Абсолютное число голосов за разные сдвиги будет разным, но их отличие от среднего практически не превышает 2-3 раз. В то же время, небольшая часть фрагментов в тех местах, где рисунок изображений изменился не существенно, проголосует за истинный сдвиг. За счет того, что их голосование окажется согласованным, число голосов за этот сдвиг будет существенно выше среднего. Достаточно очень малой доли таких фрагментов, чтобы получить число голосов за истинный сдвиг на порядок больше среднего числа голосов. Так для указанного случая (когда возможен сдвиг изображений на 20 пикселей) достаточно согласованного голосования только 0.5 процента фрагментов.

Замети, что фрагменты, «проголосовавшие» за этот сдвиг, выявляют те участки данной пары изображений, где рисунок сохранился.

Подробности процедуры «согласованного голосования»

Рассмотрим подробности реализации предложенной процедуры.

Полезно исключать из «голосования» фрагменты, которые практически не содержат рисунка. Это могут быть участки без изображения, которые образуются в результате поворота при трансформации

О результатах тестирования

Использовались изображения Подмосковья, полученные с метеорологического спутника серии NOAA в период с апреля по сентябрь и привязанные по орбитальным данным (прогностический расчет, модель SGP4 с телеграммой TLE NORAD). Размер снимков около 0.5М. На многих изображениях – облака, но они занимают меньше 80% снимка. В качестве опорного брался безоблачный снимок и с ним сравнивались все остальные, определялся сдвиг.

Первый пример. Использовали 25 изображений видимого канала (0.8 - 1 мкм). В качестве опорного был взят июньский снимок. Возможный сдвиг – 20 пикселей. Сдвиг был найден верно в 24 случаях. При этом в 10 случаях решения «подозрительны», а в 2х случаях величина максимума была ниже порога.

Второй пример. Использовали 116 изображений ИК канала (10 - 12 мкм), а в качестве опорного был взят апрельский снимок. Возможный сдвиг – 35 пикселей. Сдвиг был найден только в трети случаев. Это было связано с тем, что опорный снимок был ночным, а многие снимки были дневными. Поэтому мы использовали сравнение градиентных препаратов. В этом случае сдвиг был найден верно в 91% случаев. На изображениях, где облака занимали меньше половины площади (87 снимков), верный сдвиг найден везде. Если облака занимали 50 – 80% (остальные 29 снимка), то сдвиг был найден в 55% случаев и найден верно. И в остальных случаях сдвиг был найден верно, но упомянутые выше показатели надежности решения, были ниже порога. Величина порога был 2, а минимальное значение критерия верного решения в этом тесте было 1.30. Тесты с ложным эталоном показали, что и при неверном решении значение критерия может достигать 1.3, однако это решение нестабильно и совершенно меняется при изменении параметров процедуры поиска.

Существуют разнообразные пути дальнейшего развития предложенного подхода. Можно более тщательно анализировать таблицу голосов, структуру экстремума, распределение по изображению фрагментов «голосующих» за выбранный сдвиг. Например, широкий «двугорбый» экстремум возник, когда в одном из сравниваемых изображений (со спутника MODIS) для одной, довольно большой, части снимка потребовался несколько иной сдвиг, чем для другой части. Возможно, это результат неточного процесса трансформации одного из снимков.

Если сдвиг найден не надежно, то его можно проверить, поменяв порядок в паре сравниваемых изображений и повторив процедуру. Это имеет смысл в силу того, что процедура сравнения не симметрична. Еще одна возможность проверить «неуверенно найденный сдвиг – это произвести найденный сдвиг изображения, и еще раз сравнить изображение с опорным, задав малый допустимый сдвиге.

Еще одно направление совершенствования процедуры – сделать голоса фрагментов разными, зависящими от полученной степени сходства фрагментов. Осуществив эту зависимость в пороговой форме - не учитывать голос фрагмента, если показатель сходства при лучшем найденном для фрагмента сдвиге не превышает порог, - мы получили некоторое, но не существенное, улучшение показателя качества.