

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ЛАНДШАФТНОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ ПОМЕХ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ

А.А. Афанасьев, А.В. Замятин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

afanasyeva@tpu.ru

Введение

Методы *идентификации изменений ландшафта* направлены на измерение произошедших изменений тех или иных характеристик в исследуемой области по разновременным данным аэрокосмической съемки [1]. Эти методы находят применение в различных задачах аэрокосмического мониторинга, требующих с высокой достоверностью зафиксировать произошедшие изменения ландшафта (например, факт обезлесения, урбанизации, последствий землетрясения или наводнения и т.п.). Постоянно ведётся поиск новых средств и методов идентификации изменений, а также способов совершенствования существующих, позволяющих получать результат максимально точно и оперативно [1,2]. Одним из подходов, увеличивающих адекватность таких методов является комбинированное использование нескольких методов. Такие комбинированные методы идентификации называют *гибридными* [2]. Главным образом влияние, на адекватность методов идентификации изменений ландшафта оказывают различного рода помехи (как естественного характера, так и вносимого используемым съемочным оборудованием). Некоторые искажения при обнаружении значимых изменений возникают из-за разности в калибровке съемочного оборудования, сбоя электроники, помех при передаче изображений, а также условий съемки, таких как состояние атмосферы, азимут и высота солнца над горизонтом, влажность почвы и других факторов. Однако, как правило, вопросам влияния помех на результаты идентификации изменений должного внимания не уделяется. Всё это позволяет сделать вывод о необходимости развития подходов к построению адекватных и устойчивых гибридных методов идентификации изменений ландшафта, в условиях различных типов помех и дефицита информации о ландшафте исследуемой территории.

Процедура идентификации изменений

Исходными данными для типовой задачи идентификации изменений являются два разновременных аэрокосмических изображения (АИ) одного и того же фрагмента ландшафта, представленных в виде трехмерных массивов $\mathbf{I}_{1,2} = \{i_{1,2,xyz}, x = 1..N, y = 1..W, z = 1..M\}$, где N и W – число элементов в строках и столбцах исходных АИ, а M – число диапазонов/каналов изображения.

Процесс идентификации изменений в общем случае, как правило, проходит в пять этапов:

Формирование \mathbf{I}_1 и \mathbf{I}_2 с помощью предварительной обработки исходных АИ (геометрической, радиометрической, атмосферной и топографической (если анализируется горная местность) коррекций).

Формирование разностного изображения \mathbf{D} применением одного из методов разностного анализа. В результате его применения получаем трёхмерную матрицу $\mathbf{D} = \{d_{xyz}\}$, в каждой ячейке которой находится значение, показывающее степень изменения.

Определение порогового значения τ , разделяющего величину изменений, признаваемых значимыми и незначимыми. Величина порога τ определяется либо экспертом, либо с помощью специальных функций, например методом Отцу, Китлера-Иллингворта, Капура, Янни.

Формирование итоговой матрицы изменений $\mathbf{B} = \{b_{xy}\}$, с помощью порога τ , где $b_{xy} = 1$ означает наличие значимого изменения (в смысле некоторого порогового значения или функции) в данной точке, а $b_{xy} = 0$ – отсутствие такового.

Оценка качества идентификации изменений по данным наземных наблюдений и других данных.

Методы идентификации изменений

Известно множество различных методов идентификации изменений ландшафта и их модификаций. Тем не менее, на практике существенно чаще других применяют лишь некоторые из них. В нашем исследовании используется 7 таких методов, наиболее часто используемых на практике, и условно называемых ввиду отсутствия устоявшейся русскоязычной терминологии *разность* (англ. – *Image Difference, ID*), *отношение* (англ. – *Image Rationing, IR*), *векторный анализ* (англ. – *Change Vector Analysis, CVA*), *главных компонент* (англ. – *Principal Component Analysis, PCA*), метод Пирсона (англ. – *Pearson, PRSN*), *хи-квадрат* (англ. – *Chi-Square, CS*), метод *независимых компонент* (англ. – *Independent Component Analysis, ICA*).

Экспериментальные исследования

Постановка задачи. Проведенные эксперименты должны выявить, какие методы идентификации изменений (типовые и гибридные) позволяют получить более точный результат идентификации изменений ландшафта в условиях наличия в исходных данных помех различных типов. Для экс-

периментов используем набор АИ с различной ландшафтно-классовой структурой. Источником данных выбран космический аппарат Landsat ETM+. Для оценки качества работы методов идентификации изменений в условиях помех внесем изменения известной величины, а также помехи. Формирование тестовых исходных пар данных путём внесения изменений позволит точно оценить качество выполненного разностного анализа, так как априори известна эталонная карта изменений. Используем следующие виды помех: *градиент*, *общее изменение яркости*, *пропорциональное изменение яркости* или «*соль и перец*». Искажения *общее изменение яркости*, *пропорциональное изменение яркости* и *градиент* отражают (имитируют) разницу в калибровке датчиков съёмочного оборудования, а также освещении и состоянии атмосферы на момент съёмки. Помеха «*соль и перец*» отражает возможное появление шумов из-за сбоев оборудования и помех при передаче данных съёмки. Искажение *пропорциональное изменение яркости* является мультипликативным, остальные аддитивны.

Оценим качество результатов методов идентификации изменений при помощи широко используемого критерия – Каппа индекс согласия (*Kappa Index of Agreement, KIA*).

Будем применять как комбинации на уровне процедуры, так и комбинации на уровне результатов. Получим следующие комбинации методов идентификации изменений на уровне процедуры: PCA-IR, PCA-CS, PCA-PRSN, PCA-CVA, ID-PCA, IR-PCA, CS-PCA. Для объединения результатов используем следующие методы: конъюнкция(&), дизъюнкция(!) и сложение вероятностей(\$). Выполним объединение результатов методов идентификации изменений (включая комбинации на уровне процедуры) попарно приведёнными способами для получения всех возможных комбинаций.

Результаты исследований

В результате комбинирования получено 650 гибридных методов, поэтому в качестве иллюстрации приведём лишь диаграммы с лучшими результатами комбинированных методов и простых методов идентификации изменений.

В общем при всех видах помех лучшие результаты показали именно гибридные методы. Преимущество гибридных методов особенно заметно при помехах *градиент* (рис. 1а) и *пропорциональное изменение яркости* (рис. 1в). Среди лучших гибридных методов чаще всего встречается слияние через сложение вероятностей. Только в результатах с помехой *общее изменение яркости* чаще встречается слияние через дизъюнкцию (рис. 1б).

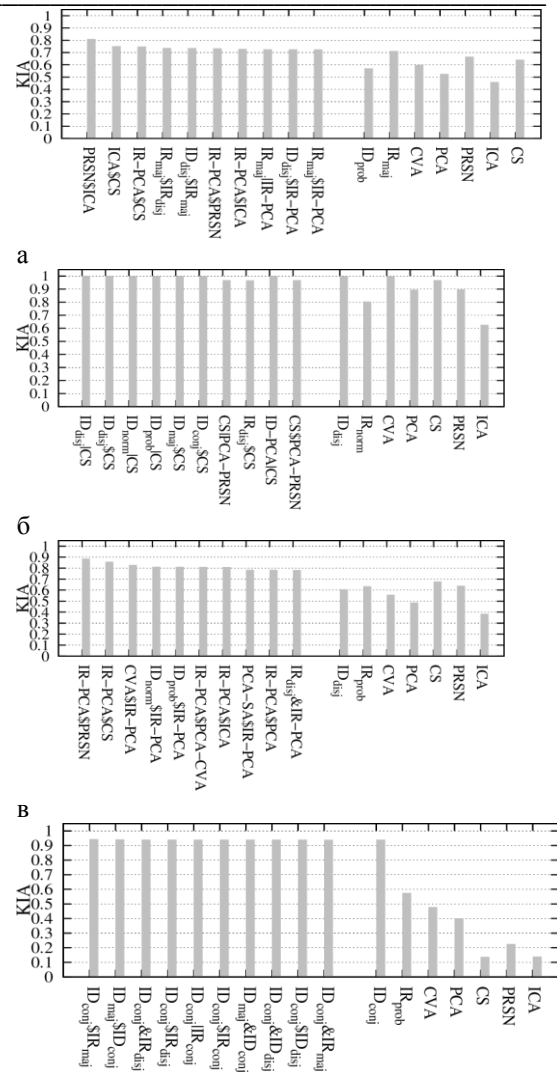


Рис. 1. Примеры результатов оценки качества методов при помехах различных видов и интенсивности: а) градиент, б) общее в) пропорциональное изменение яркости, г) «соль и перец».

Заключение

Применение гибридных методов идентификации изменений является одним из перспективных подходов к идентификации изменений ландшафта, качество результата при использовании данных с различными характеристиками и помехами, а также упрощающих возможности автоматизированного решения этой задачи.

Список литературы

1. Lu D., Mausel P. Change detection techniques // *Remote sensing*. – 2004. – V. 25. – № 20. – P. 2365-2407.
2. Hussain, M., et al. Change detection from remotely sensed images: from pixel-based to object-based approaches // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2013. – № 80. –P. 91-106.