

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ПОДХОДОВ К ИДЕНТИФИКАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ЛАНДШАФТНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Афанасьев А.А., Замятин А.В.

Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: afanasyevaa@tpu.ru

Идентификация изменений ландшафтного покрова по аэрокосмическим изображениям (АИ) находит применение в таких задачах как мониторинг экологической обстановки, лесопользования, сельскохозяйственных угодий, динамики урбанизации. Крайне полезной идентификация изменений может быть при мониторинге протекания чрезвычайных ситуаций, а также раннем (превентивном) обнаружении причин их возникновения. При этом поиск и выбор подходящих в каждом конкретном случае средств и методов идентификации изменений не является тривиальным. Эта задача осложняется широким набором потенциально доступных средств идентификации изменений, основанных на различном математическом аппарате, в условиях отсутствия общепринятых формализованных процедур такого поиска и выбора. Сегодня она решается эмпирически без значительной проработки и обоснования [1]. Данная работа посвящена анализу распространенных методов идентификации изменений ландшафтного покрова по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для определения области их практической применимости, а также рассмотрению возможности их совместного применения.

Исходными данными для типовой задачи идентификации изменений являются два разновременных АИ одного и того же фрагмента ландшафта, представленных в виде трехмерных матриц $I_1=\{i_{xyz}, x=1..N, y=1..W, z=1..M\}$ и $I_2=\{i_{2xyz}, x=1..N, y=1..W, z=1..M\}$, где N и W – число элементов в строках и столбцах исходных АИ, а M – число диапазонов/каналов изображения. Причем при $M=1$ АИ относят к панхроматическим, при $M>1$ к мульти- и гиперспектральным.

Процесс идентификации изменений в общем случае, как правило, проходит в три этапа:

1. Формирование I_1 и I_2 с помощью предварительной обработки исходных АИ (геометрической, радиометрической, атмосферной и топографической (если анализируется горная местность) коррекций) [2].

2. Формирование разностного изображения D применением одного из методов разностного анализа. В результате его применения получаем матрицу $D=\{d_{xyz}\}$, в каждой ячейке которой находится значение, показывающее степень изменения. В случае $M>1$ потребуется дополнительная операция объединения каналов, которую можно проводить, например, по принципу максимального значения по каналам в каждой точке [3].

3. Формирование итоговой матрицы изменений $B=\{b_{xy}\}$, где $b_{xy}=1$ означает наличие значимого изменения в данной точке, а $b_{xy}=0$ – отсутствие такового. Матрица изменений формируется в результате применения пороговой функции, где $b_{xy}=1$ если $|D_{xy}| > \phi$. Величина порога ϕ определяется либо вручную, либо с помощью специальных дополнительных операций.

Некоторые искажения при обнаружении значимых изменений возникают из-за влияния на результат разности качества исходных данных и условий съемки, таких как состояние атмосферы, азимут и высота солнца над горизонтом, влажность почвы и других факторов [4, 5]. Частично эта проблема решается предварительной обработкой (этап 1). Учитывая вышеуказанные сложности, а также мульти- или гиперспектральность АИ, при которых изменения ландшафтного покрова отражаются неодинаково на снимках в разных спектральных диапазонах, разработаны несколько основных подходов (алгебраический, трансформационный, классификационный) к идентификации изменений ландшафтного покрова по данным ДЗЗ. В рамках каждого подхода в свою очередь разработан целый ряд методов.

В нашем исследовании используется 8 методов разностного анализа, условно названных *разность* (англ. – Image Difference, ID), *отношение* (англ. – Image Rationing, IR), *векторный анализ* (англ. – Change Vector Analysis, CVA), *неконтролируемая кластеризация* (англ. – Unsupervised Clustering, UC), *главных компонент* (англ. – Principal Component Analysis, PCA), *хи-квадрат* (англ. – Chi-Square, CS), *линейная регрессия* (англ. – Linear Regression, LR), *квадратичная регрессия* (англ. – Square Regression, SR) ввиду отсутствия устоявшейся русскоязычной терминологии этих методов.

Проведенные эксперименты должны выявить, какие методы идентификации изменений эффективнее использовать для различных типов ландшафтного покрова и степени изменения. Для этого используем набор АИ с различной ландшафтно-классовой структурой и преднамеренно внесенными в каждое АИ изменениями известной степени. Применим к полученным данным рассматриваемые методы идентификации изменений и оценим их точность при помощи широко применяемого параметра AUC (англ. area under ROC curve, площадь под ROC-кривой. Для оценки ландшафтно-классовой структуры исходных АИ используем такие статистические параметры как среднее зна-

чение (m_x), стандартное отклонение (Dx), а также среднюю межканальную корреляцию (K). Для оценки влияния указанных параметров применим ранговый метод.

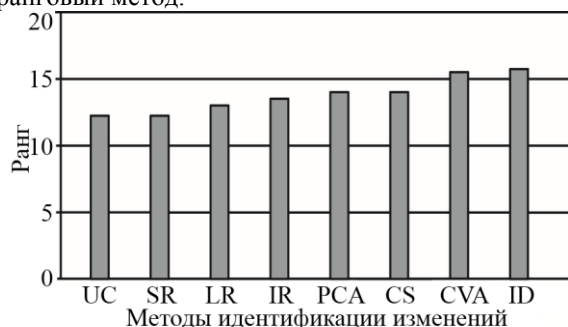


Рис. 1. Общий рейтинг методов идентификации изменений

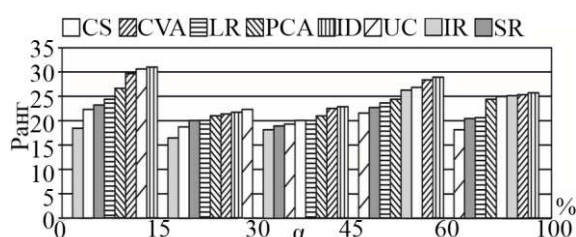


Рис. 2. Эффективность методов в зависимости от степени произошедших изменений α

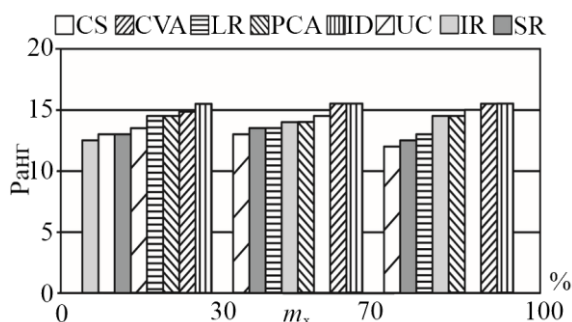


Рис. 3. Эффективность методов в зависимости от значения m_x

По приведенным результатам исследований найдена определенная взаимосвязь между эффективностью методов идентификации изменений и статистическими параметрами исходных данных (математическое ожидание, дисперсия, межканальная корреляция, величина степени изменения между разновременными данными), позволяющая в некоторой степени упростить задачу поиска подходящего метода (методов) при решении практических задач.

В общем случае, без возможности проведения глубокого предварительного анализа исходных данных, наиболее целесообразно применение методов разности и векторный анализ с устойчивыми и качественными результатами. Метод неконтролируемой кластеризации применим при малой степени изменений ($\alpha < 30\%$) и малой дисперсии разновременных данных. Метод главных компо-

нент отличает высокие результаты при большой дисперсии и значительной корреляции между каналами АИ. Метод отношения применим при высокой степени изменений ($\alpha > 45\%$) разновременных данных, высоком математическом ожидании и не значительной дисперсии данных. Метод хи-квадрат может быть применим в случае высокой степени изменений ($\alpha < 45\%$), среднего или высокого математического ожидания и низкой дисперсии. Широкое применение на практике методов с использованием регрессии показали неплохие результаты лишь в некоторых случаях с низкой степенью изменений ($\alpha < 15\%$) разновременных данных, а также для данных с небольшим математическим ожиданием и дисперсией, что осложняет их непосредственное использование на практике. Оценка вычислительной эффективности реализованных методов показала целесообразность применимости всех методов вследствие не критичных показателей по этому параметру.

Предложенный подход предполагает предварительный анализ данных и применение наиболее подходящего метода разностного анализа. Особенно подход оправдывает себя при единовременном анализе большого количества разновременных АИ, так как в этом случае экспертный выбор подходящего метода может быть крайне трудоёмким. Помимо этого, возможен «каскадный» анализ данных, при котором большая сцена АИ с выявленными изменениями редуцируется и анализируется другим методом, более чувствительным методом идентификации изменений, при увеличенном качестве результатов.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ (грант № 11-07-00027а) и Госзадания «Наука» (№ 8.8113.2013).

Литература

1. Lu D., Mausel P. Change detection techniques // Remote sensing. – 2004. – V. 25. – № 20. – P. 2365-2407.
2. Radke R. J. Image Change Detection Algorithms: A Systematic Survey // IEEE Trans. Image Process. – 2005. – V. 14. – № 3. – P. 294-307.
3. Gong P. Change detection using principal component analysis and fuzzy set theory // Canadian Journal of Remote Sensing. – 1993. – №19. – P. 22-29.
4. Jianya G., Haigang S., Guorui M., Qiming Z. A review of multitemporal remote sensing data change detection algorithms // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2008. – V.37. – P. 757-762.
5. Гиенко А.Я., Гиенко Г.А., Говоров М.О. Геоинформационное картографирование и мониторинг изменения окружающей среды // СибБезопасность-СпасСиб. – 2012. – №1. – С. 150-157.