

І. Колб, О. Рубаха

Національний університет "Львівська політехніка"

ПРОБЛЕМА ПІДГОТОВКИ НОВІТНІХ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ LANDSAT 7 ДО ВИКОРИСТАННЯ В ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОЕКТАХ

© Колб І., Рубаха О., 2013

Рассмотрены способы оценки и предварительной обработки космических изображений, полученных со спутника Landsat 7 после выхода из строя устройства компенсации движения изображения Scan Line Corrector (SLC) в марте 2003 года.

Ways of an assessment and preliminary processing of the space images received from satellite Landsat 7 after failure of an arrangement of the compensation of movement of image Scan Line Corrector (SLC) in March, 2003 are considered.

Постановка проблеми. Як повідомлялось в пресі, зокрема в публікаціях Геологічної служби США (USGS), 31 травня 2003 року вийшов з ладу встановлений на супутнику Landsat 7 пристрій Scan Line Corrector (SLC), який при формуванні зображення компенсує рух вперед супутника. Функціональну схему пристрою наведено на рис. 1.

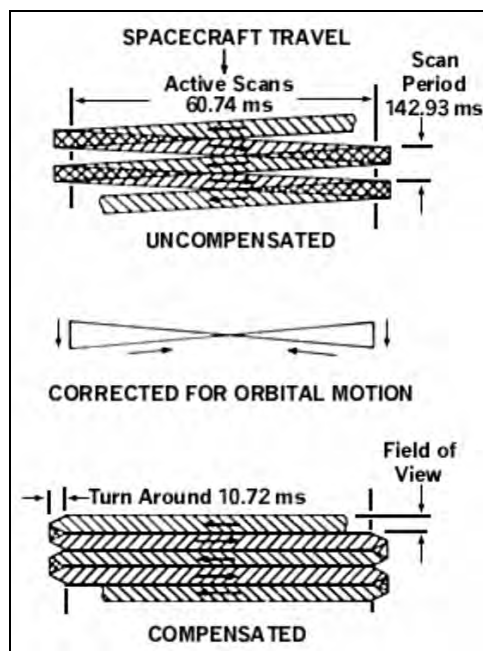


Рис. 1. Функціональність пристрою SLC

Вжиті тоді і надалі заходи для відновлення працездатності пристрою SLC успіху не мали, і він, ймовірно, більше не працюватиме. Без працюючого SLC сенсор Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) отримує зображення, на яких між прямими смугами сканування зараз простежується зигзагоподібний візерунок уздовж траєкторії руху супутника Landsat 7 (рис. 2). У результаті відображувані області частково дублюються, а частково утворюються розриви в зображенні. Це збільшує загальну ширину сцени і значно зменшує інформативну цінність отримуваних даних.

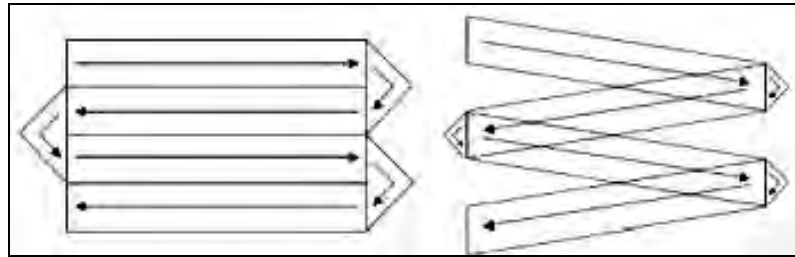


Рис. 2. Порядок формування зображення. Ліворуч – при працюючому пристрої SLC, праворуч – при його вимкненні

Наземні станції продовжують приймати зображення, проте їх обробка зводиться до початкової радіометричної корекції, геоприв'язки та формування спеціальних файлів – так званих GAP-масок, які дають змогу виконувати операції обробки зображень лише на непошкоджених ділянках знімків. Таким файлом супроводжується кожне зображення кожного каналу. Такого роду зображення продовжують поширюватись через інтернет-сервери геоданих і отримали спеціальну назву **SLC-Off**.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення означеної проблеми. SLC-Off ефект найбільш виражений по краю сцени і поступово зменшується у напрямку до центру сцени. У центральній частині сцени, приблизно в 22 кілометрах від її східних і західних країв у продуктах 1 рівня обробки (L1G, L1Gt, L1T) є дуже мало дублювань пікселів або втрат даних, і цей регіон кожного зображення дуже схожий за якістю з попередніми зображеннями Landsat 7 (отриманими до поломки, або "SLC-on").

За оцінками USGS, мінімум 22 відсотки від загальної площі будь-якої сцени є пошкодженими або повністю втраченими через відмову SLC. Максимальна ширина прогалів у даних по краях зображення в найгіршому випадку еквівалентна ширині покриття однієї повної лінії сканування, що становить приблизно від 390 до 450 метрів на місцевості. Точне місцезнаходження втрачених ліній сканування змінюється від сцени до сцени [1].

У літературі подано кілька різних методик побудови алгоритмів для корегування зображень, запропонованих як USGS, так і кількома незалежними авторами. Серед викладених методів є пропозиція USGS використовувати мозаїку принаймні двох зображень одного і того самого сектора. Проте цю методику через складність все ще не реалізовано в програмному забезпеченні [2].

Інший метод корегування запропонував і реалізував іспанський дослідник Luis Vega Bustillos [3]. Ним вільно поширюється це рішення на платформі ArcGIS Desktop 9.3 у вигляді моделі геообробки [4]. Схема цього алгоритму така (рис. 3).

Вхідними даними є одноканальне зображення Landsat, яке слід перетворити. Обране зображення на рис. 3. має назву "Original Raster". Послідовно перевіряючи значення яскравості, відшукують пікселі зі значеннями 0 і присвоюють їм спеціальне значення NoData, використовуючи інструмент SetNull з Алгебри Карт. Це дозволяє не враховувати вказані пікселі під час виконання інтерполяції значень яскравості для вказаних пікселів. Використовуючи фокальну операцію Алгебри Карт, ми використовуємо інструменти сусідства (в даному випадку фільтр LOW) для заповнення відсутніх даних у растровій структурі знімка. Цей момент є одним з найважливіших в моделі геообробки, бо для заповнення прогалів у зображенні можна використовувати різні фокальні інструменти з Блоку Статистики (means, medians, і т.д.). Фільтр LOW обрано тому, що він може забезпечити кращі результати, бо працює за типом інтерполяції. Також можливе використання статистичних інструментів Statistics Tools (Block або Focal) або й інших фокальних інструментів Алгебри Карт Neighborhood tools (Focal чи Block Statistics), підбираючи їх для забезпечення найкращого результату в конкретному проекті.

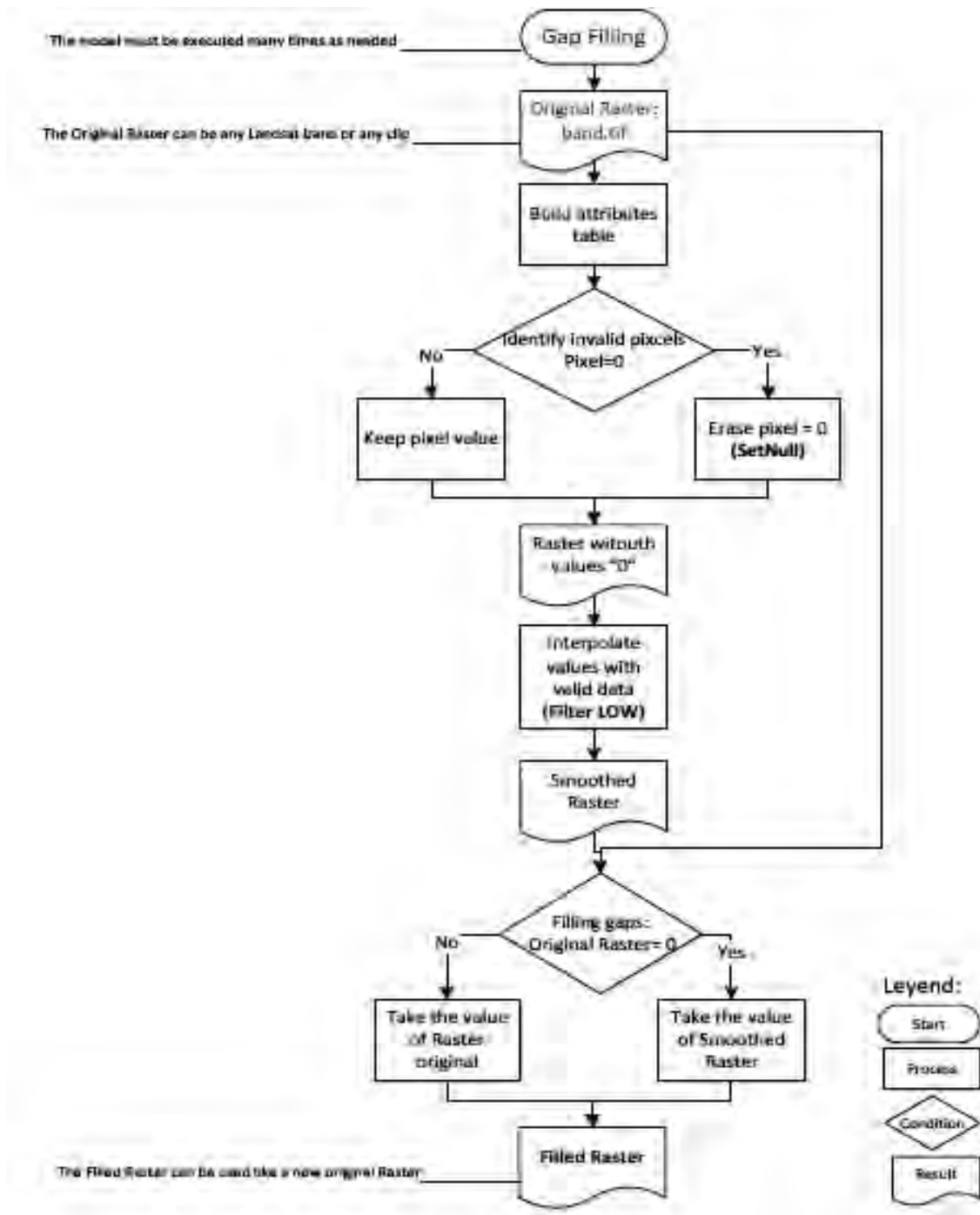


Рис. 3. Алгоритм заповнення прогалин у сцені шляхом інтерполяції [3]

Невирішені частини загальної проблеми. Задачі дослідження. Landsat 7 ETM+ продовжує працювати і отримувати зображення в "SLC-off" режимі. Всі отримувані сцени в непошкодженій частині мають такі самі високі радіометричні та геометричні якості даних, як і ті, що отримувались до відмови SLC. І навіть у пошкодженій частині сцен дані зберігають певну цінність. Автори цієї статті мали на меті: дослідити шляхи можливого покращення властивостей пошкоджених сцен. Це дасть змогу сформулювати алгоритми підготовки зображень, зокрема інтерполяції значень для назаповнених даними пікселів та виділити в межах сцен ділянки з різними рівнями геометричної точності. Отже, знімки Landsat 7 згодом можна використовувати в геоінформаційних проєктах з конкретним обумовленням їхніх параметрів вже у межах кожної конкретної сцени.

Виклад основного матеріалу. Описаний вище алгоритм і модель геообробки з деякими нашими змінами та доповненнями було нами використано для обробки космічних зображень. На рис. 4, а показано фрагмент знімка Landsat7 (3-й канал), отриманого на територію Прикарпаття 20 серпня 2005 року. Знімок отримано з інтернет-порталу геоданих USGS і позначено як продукт категорії «SLC-off». Знімок містить порівняно малі ділянки ушкоджень – смуги без вимірних значень доволі вузькі. Після застосування інструменту геообробки GapFill ці смуги було «замасковано» (рис. 4. б). Візуальний аналіз збільшених фрагментів дає змогу стверджувати, що алгоритм спрацьовує задовільно і дещо покращує сприйняття знімка. Разом з тим виникають такі артефакти, як переривання лінійних контурів, наявність розмитих смуг та інші недоліки.

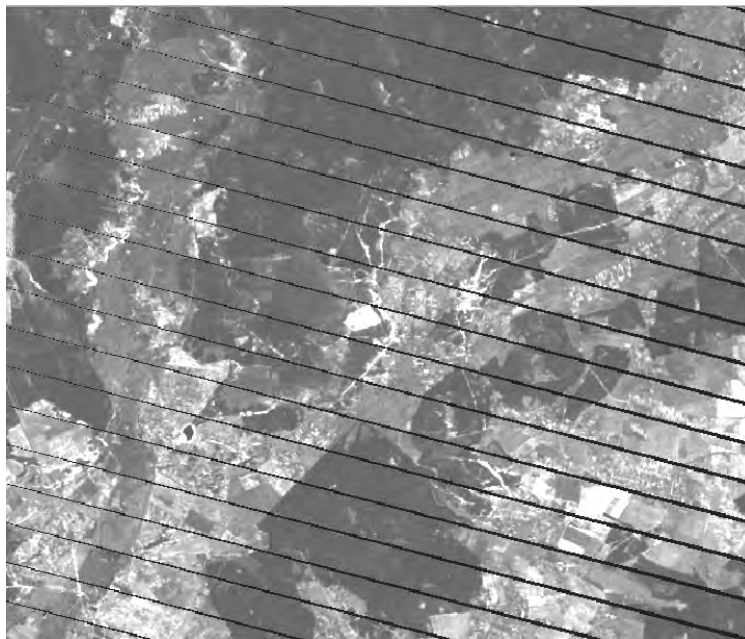
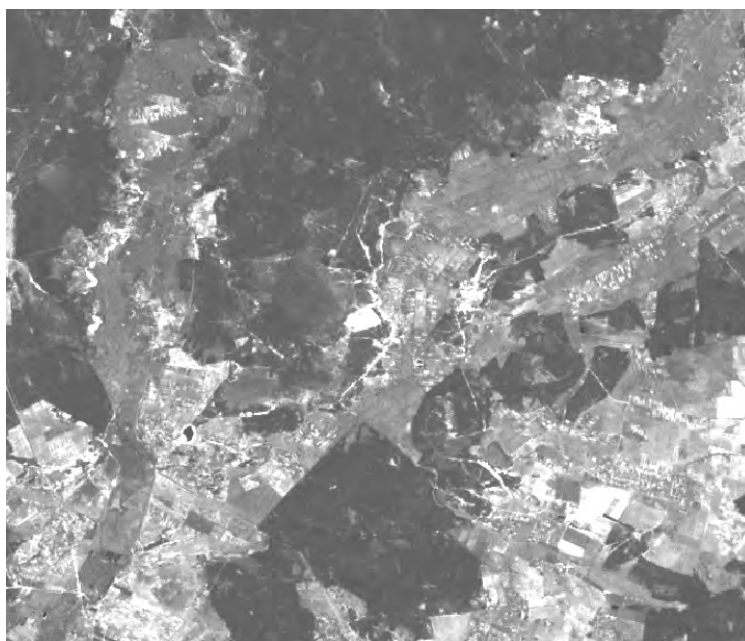
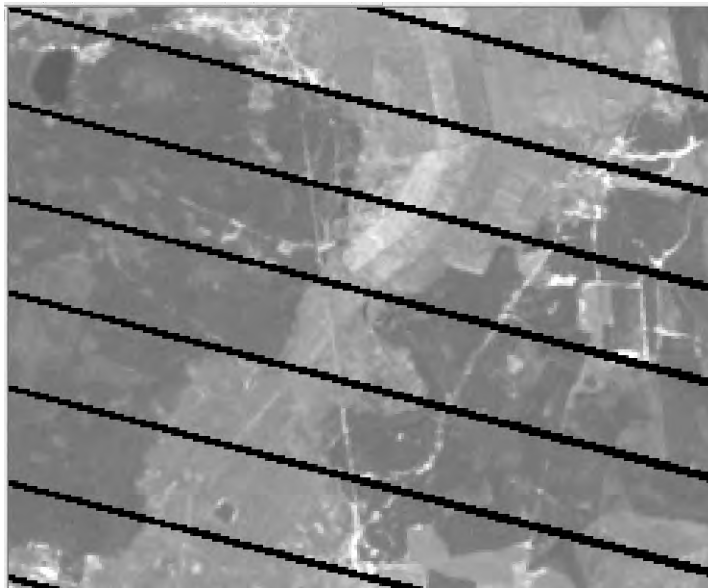
*a**б*

Рис. 4. Вхідне (а) та виправлене (б) зображення Landsat7 (3-й канал)

У літературі багато авторів вказують, що отримані так зображення можна використати в багатьох дослідженнях геосистем. Звичайно, нами відмічено певні недоліки, такі як переривання лінійних об'єктів, розмивання контурів тощо. Проте для задач візуального оцінювання, ілюстрування ПС-розробок таке зображення цілком можна використати, особливо в своїй центральній смузі.

Проблема з представленням композитних зображень (RGB, CMYK тощо) проте існує. Так, 3-канальний композит (комбінація 3-2-1), звичайно, міститиме, крім пустих комірок, іще й деякі комірки із хибними кольорами, утвореними через незбіги GAP-масок одноканальних зображень (фрагмент – на рис. 3). В нашому випадку синій канал (1-й) має дещо ширшу смугу без значень. Тому використати вищеописаний підхід до багатоканальних композитів не вдасться. Очевидно, слід по чергово маскувати пропуски по кожному з каналів, а потім будувати композит. Таку процедуру було виконано під час формування композиту в природних кольорах (комбінація каналів 3-2-1) (рис. 5).



а



б

Рис. 5. Вхідне (а) та виправлене (б) багатоканальне зображення Landsat7 в природних кольорах (RGB, комбінація каналів 3-2-1)

Результати роботи іншого алгоритму – заміщення відсутніх смуг на знімку смугами архівних знімків та смугами з інших зображень – ми оцінювали на зображенні, теж отриманому на інтернет-порталі USGS та позначеному як продукт категорії «SLC-on».

На зображенні чітко виділяються за контрастом смуги пікселів, взяті зі сцен, отриманих в різний час. Можна припустити, що радіометричну корекцію і вирівнювання яскравості для різночасових знімків не виконували. Звичайно, перевага таких зображень над продуктами категорії «SLC-off» в тому, що всі пікселі знімка є відображенням фізичних вимірювань яскравості відбитого від поверхні землі випромінювання. Тому вони здебільшого призначені для наукових досліджень, не пов'язаних з визначенням метрики зображених об'єктів – такими, як тематичне оцінювання стану природного середовища та виконання моніторингових процедур.

Подальшим кроком в нашому дослідженні зображень може стати визначення і пошук способу врахування розвороту смуг пікселів, відображених у сценах категорій «SLC-on» та «SLC-off».

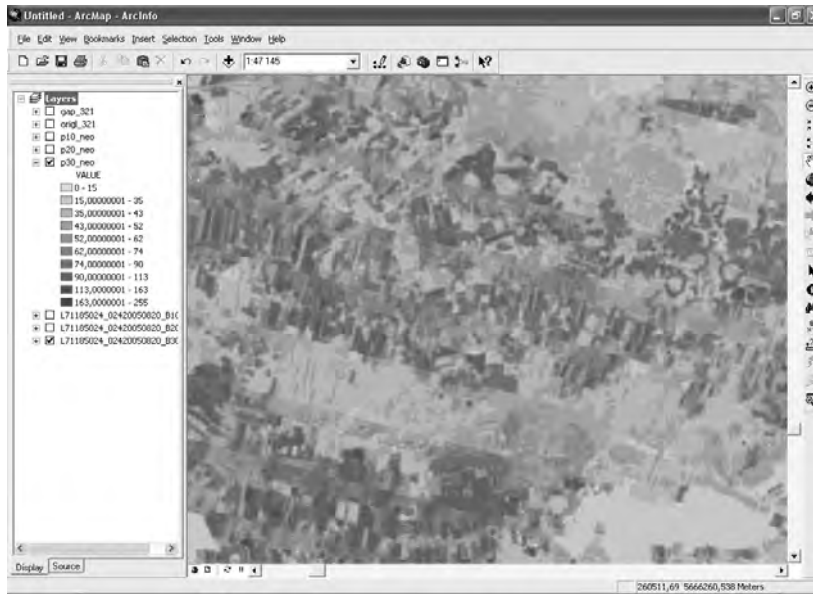


Рис. 6. Одноканальне зображення Landsat7 категорії «SLC-on»

Висновки. Виконані нами експериментальні роботи дають змогу стверджувати:

1. Багатозональні космічні знімки Landsat-7, отримані після поломки скануючої системи в травні 2003 року, можна використовувати для вирішення багатьох завдань під час моніторингу рекреаційних територій, зокрема таких, як візуальне оцінювання ландшафтів, ілюстрування ГІС-розробок, повноцінна інтерпретація в центральних, непошкоджених ділянках знімків та в зонах, заданих спеціальною просторовою маскою (GAP-маска).

2. Виявлено незбіг GAP-масок одноканальних зображень, які постачаються разом із знімками класу «SLC-off» та «SLC-on».

3. На зображенні, де виконане заміщення відсутніх смуг на знімку смугами з інших зображень, надто контрастно виділяються смуги, взяті зі сцен, отриманих у різний час. Можна припустити, що радіометричну корекцію і вирівнювання яскравості для різночасових знімків не виконували. Враховуючи, що всі пікселі знімка є відображенням фізичних вимірювань яскравості відбитого від поверхні землі випромінювання, такі знімки можуть, з деякими пересторогами, бути використані для виконання моніторингових процедур.

1. *SLC-off Products: Background. Obtenido de USGS – Landsat Missions:* http://landsat.usgs.gov/using_Landsat_7_data.php. 2. *Filling the Gaps to use in Scientific Analysis:* http://landsat.usgs.gov/sci_an.php. 3. *MODEL: Gap Fill for Landsat 7 images – A correction of SLC-off / AUTHOR: Luis Vega Bustillos, Environmental Engineer DATE: July 2012.* 4. *MODEL: Gap Fill for Landsat 7 images / https://rapidshare.com/files/1632645659/GapFill.tbx.*