

# Gapfill 함수에 의한 SLC off 영상 보정 및 활용성 평가

박준규<sup>1</sup>, 김민규<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>서일대학교 토목과, <sup>2</sup>GGSEN지니어링 기술연구소

## SLC-off Image Correlation and Usability Evaluation by Gapfill Function

Joon-Kyu Park<sup>1</sup> and Min-Gyu Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Civil engineering, Seoil College

<sup>2</sup>Research Institute, GGS Engineering

**요 약** Landsat 7은 SLC의 기계적 결함으로 인해 2003년 5월 31일 이후로 SLC-off 상태에서 영상을 취득하고 있으며, 이로 인해 Landsat 7 영상을 활용하기 위해서는 추가적인 보정작업이 필요하다. 본 연구에서는 SLC-off 영상을 보정할 수 있는 Gapfill 함수를 이용하여 Landsat 7 SLC-off 영상을 보정하고, 비슷한 시기의 Landsat 5 영상과 비교하였다. 기준영상 없이 SLC-off 영상을 복원하여 보정영상을 제작함으로써 SLC-off로 인한 누락 영역의 화소가 대부분 복원되었으며, 부자연스러운 노이즈가 없는 영상을 얻을 수 있었다. 또한 보정영상의 토지피복분류를 수행하고, 기준영상을 이용한 분류결과와 비교를 통해 기준영상 없이 보정된 SLC-off 영상의 활용 가능성을 제시할 수 있었다. Landsat 7 SLC-off 보정영상은 주기적인 Landsat 영상의 취득이 어려운 여건을 개선할 수 있을 것이며, 대규모 지역의 변화탐지 및 영상분류는 물론 소규모 구름 등과 같이 국지적으로 발생한 영상 손실의 복원이 가능할 것이다.

**Abstract** Landsat 7 ETM+ sensor is getting imageries in the SLC-off state since May 31, 2003 due to mechanical defect of SLC(Scan Line Corrector). Therefore additional correction works are required to use these imageries. In this study, Landsat 7 SLC-off imageries were corrected using Gapfill function and compared with Landsat 5 around the same time. Most of pixels in omitted areas due to SLC-off by producing SLC-off imageries and imageries without visual incompatibility could be achieved as there were not unnatural noises. Also, the corrected imageries were performed land cover classification which was compared with the classification result using reference image. To do this, it could be suggested the possibility of SLC-off imagery. Landsat 7 SLC-off corrected imageries will improve the difficult conditions to detect changes of large areas and be used to detect changes of large areas and classify imageries as well as to recover imagery loss arising regionally such as small scale cloud, etc.

**Key Words** : Landsat, SLC-off, Gapfill, Image Classification

### 1. 서론

Landsat 위성은 고해상도 위성이 개발되기 전까지 전 세계적으로 가장 많이 활용되어 왔던 원격탐사 위성이었으며, 고해상도 다중분광위성의 모태라고 할 수 있다. NASA는 1967년부터 미국 국방성의 지원에 따라 지구자원탐사위성 프로그램을 시작하였다. 초기 ERTS라고 명

명된 이 프로그램은 1975년 1월 22일 ERTS-B가 발사하기 직전에 Landsat으로 개명 되었다. 가장 최근에 발사된 Landsat 위성은 7호로 1999년 4월 15일 발사되었다. Landsat 7호는 기존의 Landsat 5 TM (Thematic Mapper) 센서에 공간해상도 15m 전정색 밴드를 추가시킴과 동시에 열적외 밴드의 공간해상도를 120m에서 60m로 향상시킨 ETM+(Enhanced Thermal Mapper Plus)를 탑재함

\*Corresponding Author : Min-Gyu Kim

Tel: +82-10-3373-6033 email: kmgtpq@paran.com

접수일 12년 05월 02일

수정일 (1차 12년 06월 08일, 2차 12년 06월 21일)

계재확정일 12년 08월 09일

로써 보다 정밀한 지구관측 영상 자료를 제공할 수 있게 되었다[1]. 하지만 Landsat 7호의 경우 2003년 5월 31일 발생한 SLC(Scan Line Corrector) 문제로 인하여 현재 SLC-off 모드 상태로 촬영하고 있다[2].

SLC는 Whiskbroom 방식의 센서가 위성 진행 방향과 직각으로 회전하며 스캔함으로써 발생하는 지그재그 패턴을 보정하기 위한 장치이며, 이러한 SLC 기능의 손상으로 같은 지역이 중복 스캔됨으로써 데이터의 25%정도가 관측되지 않은 상태로 영상이 취득된다. 이러한 영상을 활용하기 위해서는 추가적인 보정작업이 필요하며, 영상의 보정을 위한 여러 가지 연구가 진행되어 왔다[3].

USGS에서는 과거 관측된 ETM+ 영상이나 인접한 SLC-off 영상들 간의 중첩을 통해 손실영역을 채우는 기법을 제안하였으며[4], 비슷한 시기에 취득된 Landsat 5 영상이나 SLC 손상 이전의 Landsat 7 영상에 segmentation 모델을 적용하여 정보 손실 영역을 채우는 기법도 연구된 바 있다[5]. 이러한 기법들은 모두 손상 지역의 화소값을 제공할 수 있는 기준 영상을 필요로 하며, 2003년 5월 이전에 관측된 Landsat 7 영상은 동일한 관측 파장대와 해상도로 인해 가장 효율적인 기준영상이 될 수 있으나 취득시기의 차이로 인해 대상 지역의 피복 변화를 반영할 수 없다는 단점이 있다. Landsat 5 위성은 TM 센서의 관측파장대가 ETM+ 센서의 파장대역과 유사하여 보정을 위한 기준 자료로 활용하기에 적합하다. 그러나 우리나라의 경우 충분한 수의 영상을 확보할 수 없기 때문에 Landsat 5 영상을 이용한 보정작업은 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 Gapfill 함수를 이용하여 보정영상을 제작하고, 보정된 SLC-off 영상을 도심지, 산지 및 수계 지역으로 구분하여 토지피복분류를 수행하였다. 또한 비슷한 시기의 Landsat 5 영상을 이용한 분류결과와 비교를 통해 기준영상 없이 SLC-off 영상만으로 제작된 보정영상의 활용 가능성을 제시하고자 하였다.

## 2. 영상 취득 및 처리

### 2.1 영상 취득

Landsat 위성영상은 1984년부터 일반에 공개되었으며 광범위한 지역의 과거에서 현재에 이르는 변화탐지를 모니터링하기 위한 방법으로 많은 분야에서 활발하게 이용되고 있다. 현재 NASA GLCF(Global Land Characterization Facility)에서는 Landsat MSS, TM 및 ETM+영상을 무료로 사용자에게 공급하고 있다.

본 연구에서는 우리나라 중부지역을 대상으로 2006년

10월 16일의 Landsat 7 SLC-off 영상과 기준영상으로 10월 24일의 Landsat 5 영상을 취득하였다. Table 1에 본 연구에 사용한 영상을 정리하였으며, Fig. 1과 Fig. 2에 Landsat 7 SLC-off 영상과 Landsat 5 영상을 나타내었다.

[표 1] Landsat 위성영상

[Table 1] Landsat Imagery

위성	Sensor	취득일자	Path/Row
Landsat 5	TM	2006.10.24	115/35
Landsat 7	ETM+	2006.10.16	115/35



[그림 1] Landsat 7 SLC-off 영상

[Fig. 1] Landsat 7 SLC-off Imagery



[그림 2] Landsat 5 영상

[Fig. 2] Landsat 5 Imagery

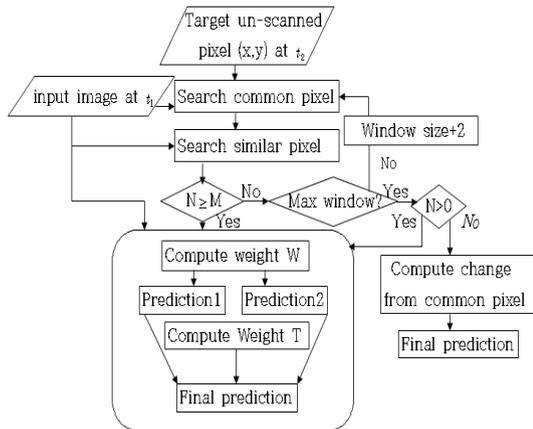
### 2.2 영상 처리

Landsat 7 SLC-off 영상을 보정하기 위해 기하보정을 수행하였다. 기하보정은 위성영상 촬영당시 위성의 고도나 비행자세, 속도변화, 지구의 곡면오차, 기복변위로 인한 오차를 제거하여 영상의 좌표를 동기화 시켜주는 과정이다. Landsat 영상의 기하보정은 지형보정이 완료된 Landsat 5 영상을 이용하여 Image to Image 방법을 사용

하였다. 기상기준점의 위치를 선정한 후 고차다항식 방법을 사용하였으며, 영상의 재배열은 Bilinear 방법을 사용하였다.

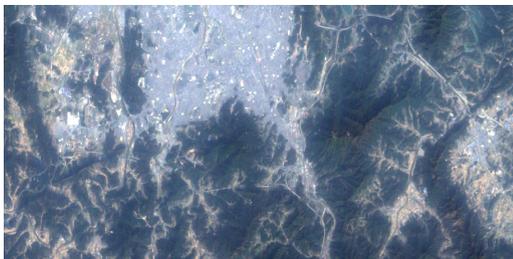
기하보정된 Landsat 7 영상은 Gapfill 함수를 이용하여 기준영상 없이 보정을 수행하였다. Gapfill 함수는 Landsat 7 SLC-off 영상의 보정을 위한 함수로 USGS (United States Geological Survey)를 통해 제공되고 있다.

Gapfill 함수는 SLC-off 손상 화소를 중심으로  $n \times n$  윈도우를 생성하여 주변의 정상화소를 검색하고, 윈도우 내의 정상 화소들간의 상관회귀식을 최소제곱법으로 구하여 손상 화소값을 추출하는 기법이다[4]. Fig. 3은 SLC-off영상의 보정 과정을 나타낸다.



[그림 3] SLC-off 영상의 보정과정  
[Fig. 3] Flowchart of SLC-off Image correction

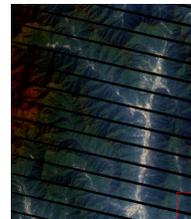
Landsat 7 SLC-off 영상의 Band 1, Band 2, Band 3을 보정하였으며, Fig. 4에 보정된 SLC-off 영상을 나타내었다.



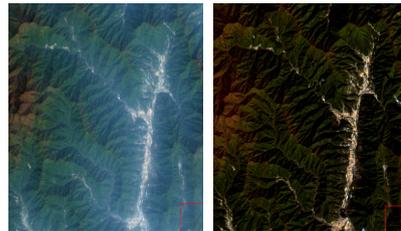
[그림 4] 보정된 SLC-off 영상  
[Fig. 4] Corrected SLC-off Imagery

### 3. SLC-off 영상의 활용성 평가

본 연구에서는 Landsat 7 SLC-off 영상의 Band 1, Band 2, Band 3을 보정하여 새로운 RGB 영상을 제작하였으며, 같은 시기에 취득된 Landsat 5 영상과 비교하였다. 구름이 있는 지역은 제외하였으며, 대상지역을 도심지, 산지 및 수계지역으로 구분하여 비교하였다. Fig. 5~Fig. 7에 대상지역별 Landsat 7 영상과 Landsat 5 영상을 나타내었다.



(a) 보정 전 영상



(b) 보정 후 영상

(c) 기준 영상

[그림 5] 산지

[Fig. 5] Forest Areas



(a) 보정 전 영상



(b) 보정 후 영상

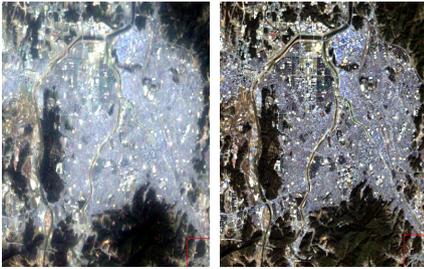
(c) 기준 영상

[그림 6] 수계지역

[Fig. 6] Water Areas



(a) 보정 전 영상



(b) 보정 후 영상

(c) 기준 영상

[그림 7] 도심지

[Fig. 7] Urban Areas

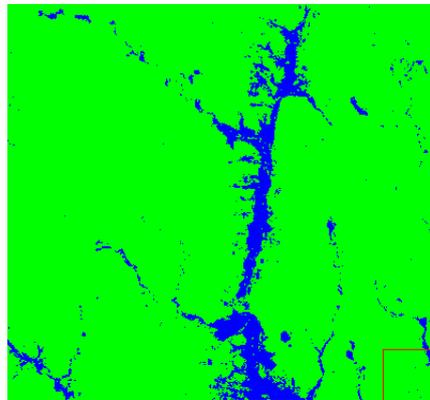
영상 보정 결과, 전체적으로 SLC-off로 인한 누락 영역의 화소가 대부분 복원되었으며, 부자연스러운 노이즈 없이 기준영상인 Landsat 5 영상과 유사한 형태의 영상이 생성되었다. 복잡한 도심과 수계에서 약간의 뭉개짐 현상이 관찰되었지만 이는 누락된 화소 부분을 주변의 값들로부터 복원하는 과정에서 발생하는 오류로 판단된다.

SLC-off 보정영상의 활용성 평가를 위해 토지피복분류를 수행하였다. 영상의 분류는 감독분류 방법을 이용하였으며, 도심지, 산지 및 수계지역으로 구분하여 분류하였다. 대상지역의 영상에서 식별이 가능한 토지피복을 건물, 식생, 수계, 나지의 클래스로 구분하여 트레이닝 셋을 설정하였으며, 위성영상의 감독분류에서 정확도와 활용도가 높은 최대우도법(Maximum likelihood)을 사용하였다. Table 2는 영상의 분류항목이며, Fig. 8과 Fig. 9에 산지에 대한 분류 결과와 그래프를 나타내었다.

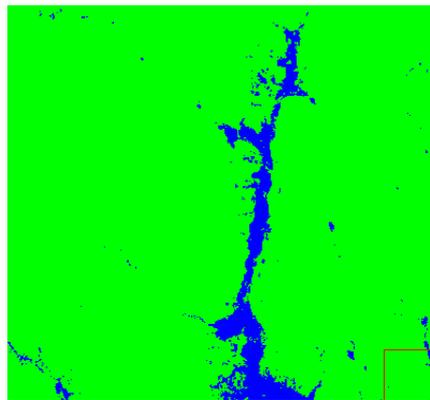
[표 2] 트레이닝 셋

[Table 2] Training set

클래스	특징	클래스	특징
	건물		수계
	식생		나지



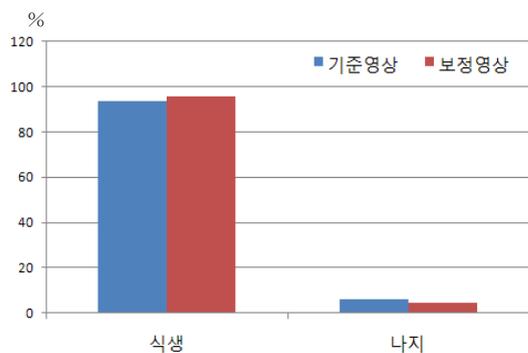
(a) 기준영상



(b) 보정영상

[그림 8] 산지 분류 결과

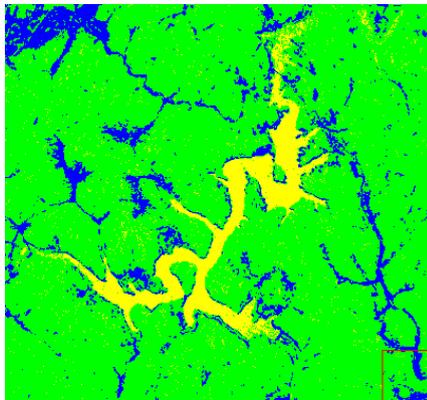
[Fig. 8] Classification of Forest Areas



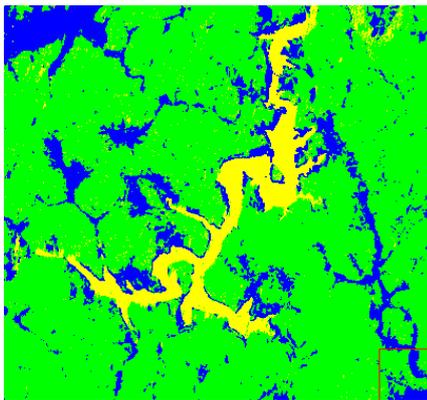
[그림 9] 산지 분류 결과 그래프

[Fig. 9] Graph of Classification result about Forest Areas

산지의 경우, 기준영상과 보정영상의 분류결과가 2% 정도 차이로 유사한 값을 나타내었다. Fig. 10은 수계지역의 분류결과이며, Fig. 11은 그 그래프이다.

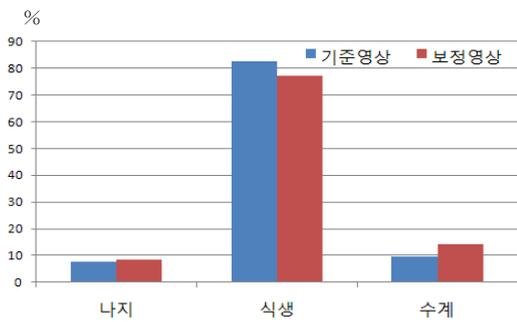


(a) 기준영상



(b) 보정영상

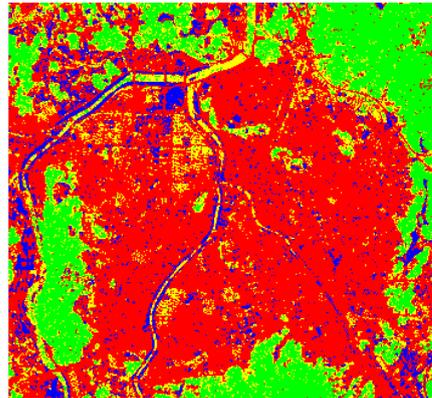
[그림 10] 수계지역 분류 결과  
[Fig. 10] Classification of Water Areas



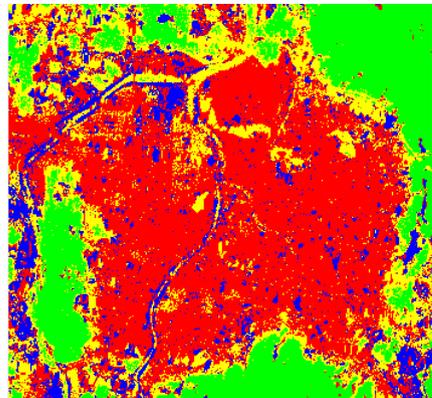
[그림 11] 수계지역 분류 결과 그래프  
[Fig. 11] Graph of Classification result about Water Areas

수계지역 분류 결과에서 식생지역의 비율이 기준영상보다 약 5% 낮게 나타났으며, 수계지역은 5%정도 높게 나타났다. 이는 분류에 사용한 RGB밴드에서 식생지역과 수계지역의 색상값이 비슷하기 때문이며, 식생과 수계의 분류에 적합한 근적외밴드를 활용함으로써 분류 결과를

개선할 수 있을 것이다. Fig. 12는 도심지의 분류결과이며, Fig. 13은 그 그래프이다.

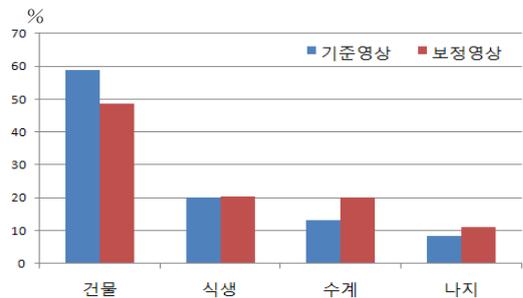


(a) 기준영상



(b) 보정영상

[그림 12] 도심지 분류 결과  
[Fig. 12] Classification of Urban Areas



[그림 13] 도심지 분류 결과 그래프  
[Fig. 13] Graph of Classification result about Urban Areas

도심지의 분류 결과는 Fig. 13에서 보는 바와 같이 다소 차이를 나타내었다. 보정영상 분류 결과에서 건물의 비율이 기준영상의 결과보다 10%정도 낮게 나타났으며,

수계와 나지는 각각 7%, 4%정도 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 복잡한 도심의 밀집 건물 부분이 주변의 식생 및 나지와 비슷한 값으로 복원되었기 때문으로 판단된다.

기준영상 없이 Gapfill 함수를 통해 보정된 Landsat 7 SLC-off 영상의 토지피복분류 결과는 기준영상인 Landsat 5 영상을 이용한 분류 결과와 평균 5%정도의 편차를 나타내었다. 하지만 보정영상을 통해 대규모 지역의 변화탐지나 토지피복 분류는 물론 구름 등과 같이 국지적으로 발생한 영상 손실의 복원에 충분히 활용이 가능하며, SLC-off 영상만을 이용하여 복원영상을 제작함으로써 주기적인 영상의 취득이 어려운 여건을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 기준영상 없이 SLC-off 영상의 손실 부분을 복원하여 보정영상을 제작하였으며, 보정영상의 활용성 평가를 위해 Landsat 5 영상과 비교한 것으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Gapfill 함수를 통해 효과적으로 손상화소를 복원할 수 있었으며, 이를 통해 시각적으로 부자연스러운 노이즈가 없는 영상을 얻을 수 있었다.
2. 보정영상을 산지, 도심지, 수계로 구분하고 토지피복분류를 수행하여 기준영상을 이용한 결과와 평균 5%정도의 차이를 보였으나 영상분류에 추가적으로 근적외밴드를 활용함으로써 분류결과의 개선이 가능할 것이다.
3. 보정영상에서 복잡한 도심지 및 수계에서 약간의 뭉개짐 현상이 관찰되었으나 중저해상도 Landsat 영상을 활용한 대규모 지역의 변화탐지나 영상분류에 활용될 수 있다.

향후 Landsat 7 SLC-off 보정영상은 주기적인 영상의 취득이 어려운 여건을 개선하고, 소규모 구름 등과 같이 국지적으로 발생한 영상 손실의 복원이 가능할 것이다.

#### References

[1] Pringle, M.J., Schmidt, M., Muir J.S., "Geostatistical interpolation of SLC-offLandsat ETM+ images", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.64,

Issue6, pp.654-664, 2009.

[2] NASA, <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/landsat5.html>

[3] Wulder, M.A., Ortler, S.M., White, J.C., Maxwell S., "Evaluation of Landsat-7 SLC-off image products for forest change detection", Canadian Journal of Remote Sensing, Vol.34, No.2, pp. 93-99, 2008.

[4] USGS, [http://landsat.usgs.gov/documents/SLC\\_Gap-Fill\\_Methodology.pdf](http://landsat.usgs.gov/documents/SLC_Gap-Fill_Methodology.pdf)

[5] Susan, M., "Filling Landsat ETM+ SLC-off gaps using a segmentation medel approach", PE&RS, Vol.70, No.10. pp.1109-1111, 2004.

#### 박 준 규(Joon-Kyu Park)

[종신회원]



- 2001년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (석사)
- 2008년 8월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 토목과 전임강사

<관심분야>  
공간정보공학

#### 김 민 규(Min-Gyu Kim)

[정회원]



- 2006년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과(공학사)
- 2008년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과(석사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 대학원 토목공학과(박사과정)
- 2011년 3월 ~ 현재 : (주)GGS엔지니어링 기술연구소 소장

<관심분야>  
공간정보공학