

한반도지역 LANDSAT 위성영상의 기하보정 데이터 구축

윤근원^{1*} · 박정호¹ · 채기주¹ · 박종현¹

Establishment of Geometric Correction Data using LANDSAT Satellite Images over the Korean Peninsular

Geun-Won YOON^{1*} · Jeong-Ho PARK¹ · Gee-Ju CHAE¹ ·
Jong-Hyun PARK¹

요 약

위성영상의 장점인 고해상도, 다분광, 주기성, 광범위 촬영 등에 의해 위성영상은 초창기의 군사, 환경 분야의 적용을 뛰어넘어 현재는 많은 활용 분야에 널리 적용되고 있다. 이러한 위성영상을 효율적으로 활용하기 위해서는 여러가지 영상처리를 하여야 하며, 특히 기하보정 영상처리는 모든 활용분야에 있어 꼭 필수적인 단계이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 기하보정 작업을 용이하게 하기 위하여 LANDSAT 위성영상을 중심으로 크게 세 가지 작업을 수행하여 기하보정 데이터를 구축하였다. 첫번째는 한반도 지역에 대하여 기하보정에 필요한 지상기준점을 선정하여 데이터베이스를 구축하였다. 두번째는 구축된 지상기준점을 이용하여 연도별로 구분된 LANDSAT 위성영상에 대하여 기하보정을 수행하였고, 마지막으로 기하보정된 영상을 한반도 지역을 대상으로 모자이크 하였다. 이와 같은 작업을 통하여 576개의 지상기준점, 165장의 기하보정된 영상과 7장의 한반도 모자이크 영상을 구축하였다. 구축된 한반도의 기하보정 데이터는 많은 분야에 기초 자료로 활용되리라 기대한다.

주요어: 기하보정, LANDSAT, 지상기준점, 모자이크, 위성영상

ABSTRACT

Because satellite images have the advantage of high resolution, multi-spectral, revisit and wide swath characteristics, it is increased to utilize satellite image and get information little by little in nowadays. In order to utilize remote sensed images effectively, it is necessary to process satellite images through many processing steps. Among them, geometric correction is essential step for satellite image processing. In this study, we constructed geometric correction data using LANDSAT satellite images. First, we extracted GCPs from maps and constructed database over the Korean

2003년 2월 21일 접수 Received on February 21, 2003 / 2003년 3월 24일 심사완료 Accepted on March 24, 2003

¹ 한국전자통신연구원 공간정보기술센터 Spatial Information Technology Center, ETRI

* 연락처 E-mail: gwoon@etri.re.kr

peninsular. Second, LANDSAT satellite images, 165 scenes were corrected geometrically using GCP database. Finally, we made 7 mosaic images by means of geometric correction images over Korean peninsular. We think that constructed geometric correction data will be used for many application fields as basic data.

KEYWORDS: *Geometric Correction, LANDSAT, GCP, Mosaic, Satellite Image*

서 론

원격탐사 위성은 넓은 지역에 대한 최근의 정보를 짧은 시간에 획득할 수 있으며, 이러한 정보에 대한 주기적인 데이터 취득으로 지도 제작, 지형의 속성, 변화 탐지와 시설물의 관리감독 등의 광역 모니터링이 가능하여 통신망 구축, 도시계획, 재난예보, 자원탐사, 각종 영향평가 등에 필요한 국가 공간영상정보 인프라 구축에 널리 활용되고 중요 정책 결정의 자료로도 사용된다. 최근에는 각 나라에서 많은 원격 탐사 위성을 발사하고 있으며, 영리를 목적으로 하는 다국적 기업들도 고해상도 상업 위성을 발사하고 있다. 이러한 시대에 부응하고 위성영상의 활용 및 저변 확대를 위해 우리 나라에서도 아리랑 1호(KOMPSAT-1)를 1999년에 발사하였으며, 또한 현재는 고해상도 위성인 아리랑 2호를 준비하고 있다.

미항공우주국(NASA)에서 1972년 1호를 발사한 후로 1999년 발사된 7호에 이르기까지 현재도 운용되고 있는 LANDSAT 위성은 지난 30여 년간 지속적인 지구 관측 자료를 제공하고 있으며, 각종 원격 탐사 연구와 활용에 폭 넓게 사용되어오고 있다. 가시광선에서부터 열적외선 파장 영역의 여러 개의 다중 분광 파장영역을 포함하고 있어 과거와 현재의 모습을 관찰하고 분석하는 각종 연구 및 활용에 최적의 자료라고 판단된다. 실제로 LANDSAT 위성은 임업, 환경, 농업, 해양, 기상, 지질자원, 국토·도시계획, 수자원 분야 등에 널리 활용되고 있다(정보통신부, 2002). 더욱이 2003년부터 LANDSAT-7을 국내에서 직접 수신할 계획이므로 그 활용성은 더 높아지리라 예상된다.

이러한 위성 영상을 이용한 변화 탐지나 토지피복분류 등의 많은 분야에서 사용을 더

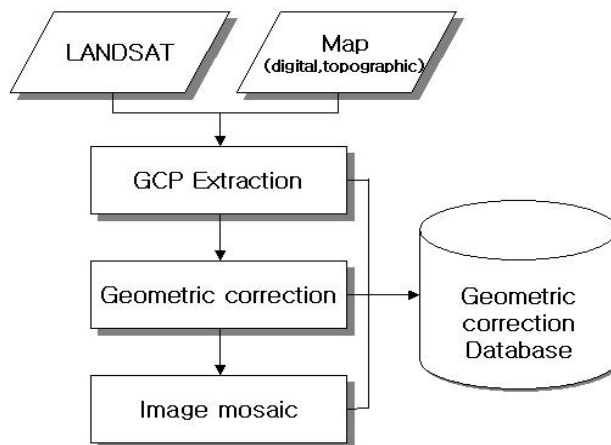


FIGURE 1. Flowchart of this study

TABLE 1. Archiving data sets of LANDSAT satellite

Set	Sensor	Year	Number of scene
1	MSS	1975	20
2		1979	23
3		1984, 1985, 1987	23
4	TM	1990	25
5		1995	25
6		1999, 2000	24
7	ETM+	2000	25
Total			165

효율적으로 하기 위해서는 과거부터 현재에 이르기까지의 지속적인 자료의 축적과 관리가 요구된다. 본 연구는 LANDSAT 위성영상으로부터 정확한 정보를 얻어 활용성을 높이기 위하여 1:5,000, 1:25,000 또는 1:50,000 수치지도와 지형도를 이용하여 한반도 전역의 총 576개의 지상기준점을 획득한 후에 지상기준점 데이터베이스를 구축하였다. 또한, 이러한 GCP 데이터베이스를 사용하여 영상의 기하학적 오차를 줄이는 기하보정을 수행하였으며, 또한 여러 장의 영상을 모자이크하여 한반도 전역에 대한 각 주기별 LANDSAT 영상자료를 구축하였다. 그리하여, 1975년부터 2000년까지의 영상을 대상으로 총 165 장의 기하보정된 영상과 7장의 한반도 모자이크 영상을 획득하였다. 그림 1은 본 연구의 전체적인 순서를 보여주고 있으며, 영상처리 소프트웨어는 PCI Geomatica 8.2와 ERDAS IMAGINE 8.2를 사용하였다. 이와 같은 자료는 지상기준점에 대한 정밀도 검증이 이루어진다면 지상기준점 데이터베이스를 활용하여 원시영상의 보정을 할 때 지상기준점 재사용과 편리성의 환경을 제공할 것으로 기대된다(이영란 등, 1998; Kim 등, 2002; Yun 등, 2003). 또한, LANDSAT 영상자료의 데이터베이스를 구축·활용하기 위한 기본 준비를 함으로써 한반도 전역에 대한 국토, 환경, 지리 등에 대한 정보 획득에 도움을 줄 것이다.

구축대상 영상자료

LANDSAT은 여러 가지 센서를 가지고 있지만, 주로 MSS(multispectral scanner), TM(thematic mapper), ETM+(enhanced thematic mapper) 센서에 의해서 획득된 자료가 지구자원 연구에 사용되고 있다. 올해부터 국내에서 수신 계획인 LANDSAT-7은 ETM+ 센서를 탑재하고 있으며, 밴드 1에서 5까지는 LANDSAT-4와 5에서 볼 수 있었던 것들과 동일하며, 공간해상도도 약 30×30m로 동일하다. 밴드 6의 열적외선 자료는 60×60 m의 공간해상도를 가지고 있어 LANDSAT-4와 5보다 향상되었다. 더욱 향상된 점은 15×15m의 공간해상도를 가지는 전정색 밴드를 포함하고 있는 점이다. 또한, LANDSAT-7의 ETM+ 센서는 LANDSAT-4와 5에 비해 향상된 방사보정 기능을 가지고 있다(Jensen, 2000).

이러한 특징을 가지고 있는 LANDSAT 위성을 과거부터 현재까지, 더 나아가서 앞으로 수신할 데이터까지 효율적으로 관리를 한다면, 국토, 환경, 지리정보 등의 분야에 아주 큰 기여를 할 것이라 본다. 따라서 본 연구와 관련하여 LANDSAT 위성이 처음 발사되었던 1970년대의 영상부터 2000년까지 영상을 주기적인 간격을 가지고 확보를 하였다. 각 세트에 해당하는 연도와 영상은 표 1과 같으며, 계절적으로는 주로 봄이나 가을 시기의 영상을 확보하였다. LANDSAT 위성영상이 약 185×170

km의 지표 면적을 나타내는 점을 고려할 때, 한반도 전지역을 촬영하기 위해서는 대략 25장의 영상이 필요하다. 하지만, 광학위성의 특징 중의 하나인 기상상태의 영향을 받은 영상이 존재하여 세트별로 해당 영상 수는 약간의 차이를 보인다. 이와 같이 확보한 데이터는 LANDSAT 위성이 항상 일정한 시각에 동일한 지점의 상공을 지나가는 특징을 가지고 있기 때문에 같은 시각과 지역의 영상 획득을 가능하게 함으로써 영상간의 비교나 변화 관측에 유용하게 사용될 뿐만 아니라 특정 시기에 대한 연구에도 유용하게 사용되리라 기대된다. 이는 공공기관과 지방자치단체 등에 정보제공을 통한 정책수립에 기초 자료로도 활용이 가능하며, 연구기관에는 연구 자료로도 활용이 가능하리라 예상한다.

지상기준점 획득과 데이터베이스 구축

위성영상자료를 처리하여 필요로 하는 정보를 추출하기 위해서는 기준이 되는 지상기준점(GCP: ground control point) 좌표를 결정하여야 한다. 지상기준점이란 그림 2에서 보듯이 같은 형상을 가진 지점을 영상과 지도에서 추출한 좌표로써 보정식을 구하기 위하여 사용되는 제어점(control point)을 의미한다. 이러한 지상기준점들의 좌표는 기준이 되는 준거면에서 정한 좌표계를 기준으로 하여 좌표를 표시한다.

우리나라에서는 1910년대에 일본의 도쿄 원점을 기준으로 기준점망이 설정되었고, 준거

면은 Bessel 타원체를 채택하여 현재까지 사용하고 있으며, 최근에는 WGS84(World Geodetic System 1984)도 많이 사용하고 있다. 지상기준점은 시간의 변화에 변하지 않은 지점으로 명확하게 파악을 할 수 있는 지점으로 주로 다리, 방파제, 대형도로 교차지점 등 위성영상 자료에서 용이하게 구별이 가능하며 지속적으로 이용이 가능한 지점이어야 한다 (환경부, 1999; 해양수산부, 2000).



FIGURE 3. Arc coverage file format of mosaic digital map

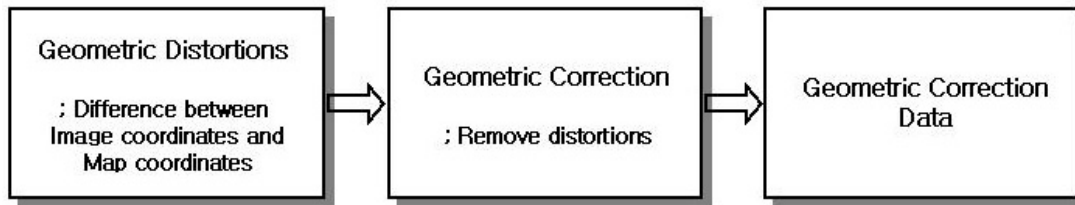


FIGURE 2. The objective of GCP selection

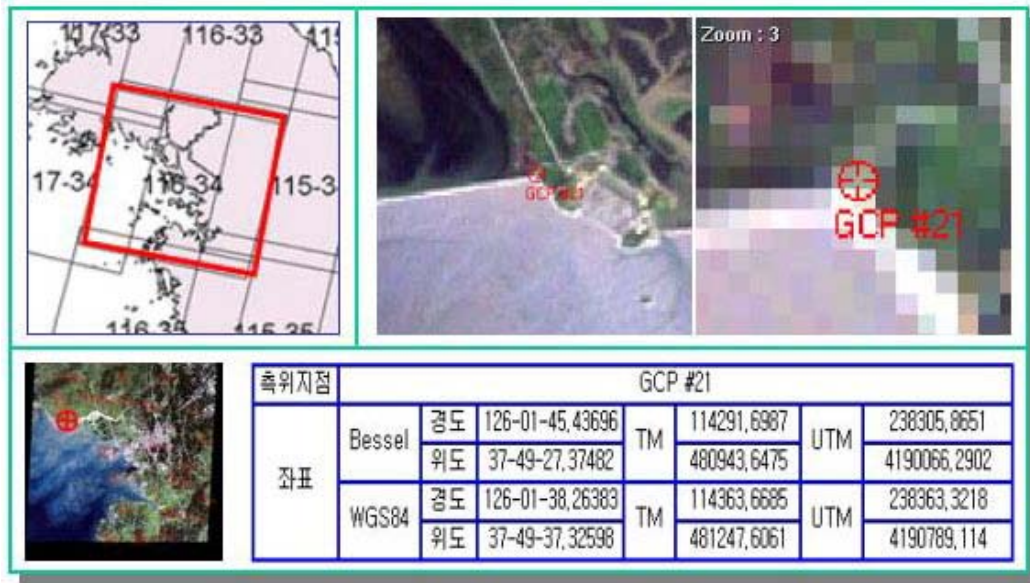


FIGURE 4. Example of GCP Database

본 연구에서는 위와 같은 사항을 고려하여 한반도 지역에 대하여 지상기준점을 선정하여 데이터베이스를 구축하였다. 구축된 지상기준점 데이터베이스는 LANDSAT 위성영상이나 다른 위성영상의 기하보정과 모자이크를 수행하기 위한 기초 자료로 이용될 수 있다. 보통의 경우 지상기준점은 위성영상자료에서 구분이 가능한 위치를 선정하고 이를 지상 측량이나 지형도 자료를 이용하여 획득한다. 본 연구에서는 남한지역에 대하여 LANDSAT 위성영상의 공간 해상도가 30m로 중간 정도의 해상도를 가지고 있다는 점을 착안하여 기하보정과 모자이크에 이용될 지상기준점의 선정을 국립지리원에서 제작한 1:25,000의 지형도와 수치지도도를 이용하여 획득하였다. 지역에 따라서는 1:5,000 수치지도와 1:50,000 지형도도 사용하였다. 또한, 북한지역에 대해서도 1:50,000 지형도를 이용하여 지상기준점을 선정하였다. 작업은 LANDSAT 위성영상 한 장에 수치지도가 여러 장 필요하기 때문에 수치지도의 불필요한 레이어를 먼저 제거하여 수치지도 모

자이크를 수행하였다. 모자이크된 수치지도는 파일 용량을 줄이기 위하여 그림 3과 같이 ARC coverage파일로 변환을 하여 지상기준점 획득에 사용하였다. 획득된 총 576 개의 지상기준점 자료는 다른 시기의 LANDSAT 위성영상 기하보정이나 다른 위성 영상자료의 기하보정에서도 이용이 가능하므로 이를 데이터베이스로 구축하였으며, 그림 4는 LANDSAT 위성영상의 116path와 34row 지역의 구축된 지상기준점 데이터베이스의 하나의 예이다. 지상기준점을 확인 할 수 있는 영상 이미지 창과 좌표 정보를 제공하며, 특히 사용자의 편의성을 고려하여 그림 4에서 보듯이 오른쪽 첫 번째 창은 이미지를 확대, 축소, 이동을 가능하도록 하여 화소를 정확하게 확인할 수 있도록 구현하였다.

LANDSAT 영상의 기하보정

기하보정은 위성영상이 원초적으로 가지고 있는 기하학적 왜곡을 보정하는 처리 과정으

로 보정의 원인을 체계적으로 분석한 결과를 사용하여 보정하는 시스템 보정처리와 지상 기준점을 이용하여 보정하는 지상기준점 보정 처리가 사용된다. 시스템 보정은 지상 분해능이 낮고 지형 굴곡에 대한 영향이 적은 기상 위성 자료 등을 보정하는데 주로 사용되고 지상기준점 보정은 지형 굴곡이 많아서 지상의 국부적인 특성에 따라 왜곡의 정도가 달라지는 경우거나 소규모 지역에서 정밀하게 보정을 하고자 하는 경우에 많이 사용된다(Jensen, 1995). 본 연구에서는 지상기준점을 이용한 기하보정을 수행하였고 좌표 변환식은 식 (1)의

$n = 1$ 인 1차 polynomial을 사용하였으며, 이는 UTM과 같은 좌표체계로 변환을 할 때에 보통 사용된다(ERDAS).

TABLE 2. Coordinate information in geometric correction

Type	This study
Geometric model	Polynomial(first)
Resampling	Nearest-neighborhood
Pixel spacing (X,Y)	30m, 30m
Projection	UTM
Zone	52(N)
Datum	WGS84

TABLE 3. Geometric correction information of LANDSAT TM(1999.03.02)

Point ID	Input X	Input Y	Ref X	Ref Y	RMS error
GCP #1	2455.63487	1986.37701	261835.71950	4187236.38862	0.32260
GCP #2	1528.33262	2045.41483	235655.16506	4191025.33318	0.61833
GCP #3	6028.49992	5286.40563	341956.10972	4074271.30282	0.69351
GCP #4	6076.47279	1516.59932	365562.54770	4179147.52336	0.40151
GCP #5	6827.92402	794.11004	390774.68428	4194925.10015	0.35974
GCP #6	5373.66279	394.13807	352603.76563	4214578.61010	0.40264
GCP #7	3449.54961	269.52743	299701.14949	4229325.97894	0.63291
GCP #8	2712.43083	183.53271	279633.15664	4236033.85064	0.25261
GCP #9	2208.56715	1020.45882	260652.55030	4215634.91414	0.02191
GCP #10	3507.47351	4969.82923	273559.35983	4097855.03976	0.33175
GCP #11	2728.47130	5777.57061	247067.16138	4079883.95235	0.23486
GCP #12	3750.30832	5750.53945	275709.10416	4074675.06166	0.49225
GCP #13	4960.84360	5046.98684	313620.25750	4087203.65128	0.07645
GCP #14	5681.92191	4146.56722	339041.75517	4108100.39401	0.13343
GCP #15	4382.12442	3503.46339	306606.47268	4133666.50606	0.67217
GCP #16	4910.93993	3190.37728	323189.82122	4139303.67614	0.51701
GCP #17	5123.55035	2645.44704	332350.57109	4153245.03528	0.64800
GCP #18	5889.48256	2115.29482	356833.68460	4163568.26643	0.83914
GCP #19	3383.30843	1660.51793	289626.75010	4190893.15854	0.43906
GCP #20	3449.99517	972.48595	295543.49255	4209716.85782	0.32222
GCP #21	4206.57044	745.54308	317975.37057	4211605.18429	0.27994
GCP #22	1150.93612	1255.71898	229780.21239	4215248.35007	0.51062
GCP #23	1348.64803	282.86969	241012.83818	4241248.30363	0.66378
GCP #24	927.91875	285.67109	229279.62558	4243639.99927	0.46380
GCP #25	4175.95674	2463.53380	306979.13283	4163854.70783	0.47873
GCP #26	2251.85896	4267.47162	242700.92771	4124814.45340	0.41177
GCP #27	5212.82624	1368.71101	342351.19584	4188333.43136	0.27697
GCP #28	5520.63368	859.40130	353925.88940	4200739.65573	0.69405

재배열의 차수는 영상이 가지는 국부적인 연속성을 가정하는데 따라 달라지지만 보통 nearest-neighbor, bilinear, cubic 내삽법이 주로 많이 사용된다. 재배열 방법 중에

$$\begin{aligned} x_0 &= A + Bx + Cy + Dx^2 + Exy + Fy^2 \\ &\quad + \dots + Qx^i y^j + \dots + \Psi x^n + \Omega y^n \\ y_0 &= A' + B'x + C'y + D'x^2 \\ &\quad + E'xy + F'y^2 + \dots + Q'x^i y^j + \dots \\ &\quad + \Psi'x^n + \Omega'y^n \end{aligned}$$

(1)

nearest-neighbor 방법은 간단한 재배열 방법으로 새로운 화소 위치에서 가장 가까이 있는 기존 화소의 값을 새로운 위치의 화소 값으로 취하는 방법이다. 이와 같이 새로운 좌표에 가장 가까이 있는 기존의 좌표를 찾으므로 복잡

한 계산을 하지 않아 처리 시간이 빠르며, 기존에 존재하고 있는 화소 값을 그대로 사용하므로 $\pm \frac{1}{2}$ 화소의 범위 내에서 실제의 영상에 있는 값이 그대로 새로운 영상으로 재현된다는 장점이 있다(유복모와 Schenk, 2001). 그러나 가장 가까이 있는 기존 화소를 취하기 때문에 동일한 화소가 여러 번 중복되는 block 효과(또는 commission 효과)가 나타날 수도 있으며, 화소가 사라지게 되는 omission 효과가 나타날 수 있다(Wolf와 Dewitt, 2000). 따라서 대상이 되는 수치 영상을 재배열할 때 어떤 방법을 사용할지는 대상 영상의 성격과 사용 가능한 컴퓨터 시간에 따라 결정해야 한다. 본 연구에서는 구축한 LANDSAT 위성영상이 가진 밝기 특성을 분석하거나 영상 분류

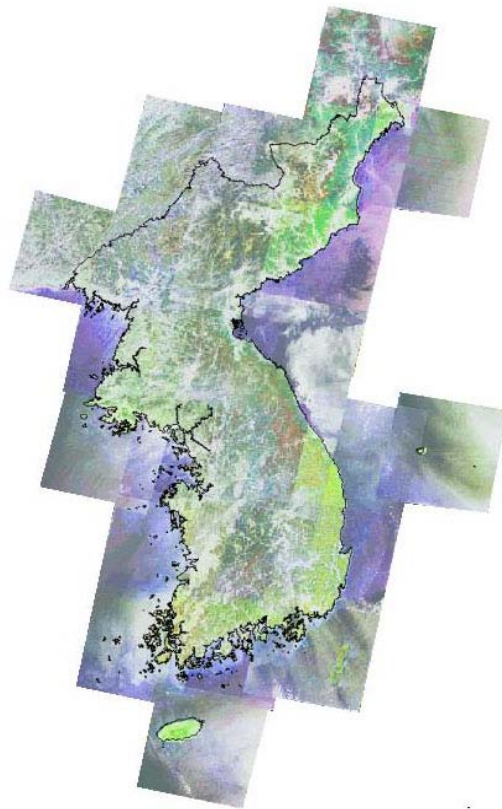


FIGURE 5. Mosaic image of LANDSAT ETM+

를 하고자 하는 연구에 활용되리라 예상되므로 새로운 밝기 값을 생성하는 bilinear나 cubic 방법보다 nearest-neighbor 방법을 사용하여 밝기 값이 변하지 않도록 재배열을 하였다. 또한 재배열 방법에 따라 상당한 계산 시간 차이를 나타내므로 요구되는 시간도 같이 고려하였다. 반면 시각적 분석을 위한 자료인 경우 또는 고도 자료나 온도 분포 자료와 같이 국부적인 영역에서 화소 값의 연속성이 충분히 예견되는 자료의 경우에는 bilinear나 cubic을 사용할 수 있다. 한반도를 1회 커버하는 25장에 대하여는 지상기준점 데이터베이스를 이용하여 기하보정을 하였으며, 나머지 영상은 기하보정된 영상을 이용하여 image-to-image registration을 수행하였다. 화소 간격은 30m이고 UTM 투영법과 WGS84 타원체를 기준으로 기하보정을 하였으며 표 2는 기하보정을 수행할 때 사용한 방법에 대하여 나타낸다. 표 1의 총 165 장을 기하보정을 하였으며, 표 3은 그 중에 116path와 34row 지역의 LANDSAT TM (1999년 3월 2일 촬영) 영상을 기하보정을 하기 위한 좌표 값과 RMS 오차를 보여준다.

LANDSAT 영상의 모자이크

앞 절에서 기하보정을 수행한 총 165장에 대하여 연도별로 모자이크를 실시하였으며, 총 7장의 모자이크 영상을 구축하였다. 영상 한 장당 용량이 열 밴드(밴드 6)를 제외하면 약 250MB 정도이므로 20여장을 모자이크했을 때는 대략 5GB가 초과하게 된다. 따라서 이러한 대용량 파일을 처리할 수 없기 때문에 화소 간격을 120m로 재배열하여 파일 용량을 줄인 뒤 작업을 수행하였다. 그림 5는 7장의 모자이크 영상 중에 2000년 ETM+ 영상을 중심으로 한반도 지역을 모자이크한 영상이다.

결론 및 제언

본 연구에서는 한반도 전역에 대한 LANDSAT 위성영상의 기하보정 데이터 구축을 수행하였다. 먼저, 기하보정을 하기 위한 지상기준점 선정 작업을 하였으며, 이를 위해 남한 지역은 1:25,000 지형도와 수치지도를 중심으로 사용하였고 북한지역은 1:50,000 지형도를 사용하였다. 선정된 지상기준점은 다른 시기의 LANDSAT 영상이나 다른 위성영상의 기하보정 작업을 할 때 image-to-map rectification 할 수 있도록 데이터베이스로 구축하였다. 또한, 지상기준점을 이용하여 연도별로 구분된 LANDSAT MSS, TM, ETM+의 7set, 총 165 장을 기하보정을 수행하였다. 수행된 기하보정 영상도 다른 영상의 기하보정을 수행 할 때 image-to-image registration할 수 있도록 구축하였다. 마지막으로 기하보정된 영상을 이용하여 한반도 지역에 대한 모자이크를 실시하였으며, 총 7장의 한반도 모자이크 영상을 제작하여 구축하였다.

본 연구를 통하여 한반도 지역의 지난 30여 년간의 LANDSAT 위성영상과 관련한 기하보정 데이터베이스를 구축할 수 있었으며, 올해부터 수신할 LANDSAT-7 위성영상과 연계를 통하여 지속적인 영상데이터 관리에 기여를 할 것으로 기대한다. 이러한 한반도의 LANDSAT 위성영상 기하보정 데이터는 정밀도 검증이 수행이 되면 도시발전 및 토지이용 변화 등과 같은 많은 분야의 연구 수행에 기초 자료로 활용할 수 있다. 또한, 중저해상도 위성영상자료를 토대로 고해상도 영상과의 접목을 통한 데이터베이스 정확도를 높일 수 있는 기회도 제공할 수 있다. **KAGIS**

참고문헌

- 유복모, T. Schenk. 2001. 현대 디지털 사진측량학. 문운당. 100-103쪽.
- 이영관, 신동석, 이해연. 1998. 위성영상 보정을 위한 GCP 데이터베이스 구축, 검색 및

- 활용. 한국지리정보학회지 1(1):8-17.
- 정보통신부. 2002. 위성영상정보 통합관리 사업. 47쪽.
- 해양수산부. 2000. 위성영상을 이용한 연안변화탐지 기술개발 용역. 30쪽.
- 환경부. 1999. 인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류. IV2-3쪽.
- ERDAS IMAGINE. On-Line Manuals Version 8.5.
- Jensen, J.R. 1995. Introductory Digital Imaging Processing: A Remote Sensing Perspective. Prentice Hall. NJ, USA. 316pp.
- Jensen, J. R. 2000. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Prentice Hall. NJ, USA. 544pp.
- Kim, T., Y.J. Im and J.S. Kim. 2002. Automatic satellite image registration by GCP chips and RANSAC. The 6th World Multiconference on Systemics, Cybermatics and Infomatics. Orlando, FL, July 14-18, 2002. pp.134-139.
- Wolf, P.R. and B.A. Dewitt. 2000. Elements of Photogrammetry with Applications in GIS. 3rd edition. McGraw-Hill. USA. 624pp.
- Yun, Y.B., G.W. Yoon and J.H. Park. 2003. An automatic approach for geometric correction of Landsat 7 ETM+Images. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference. Anchorage, AK, May 5-9, 2003. (unpublished). [KAGIS](#)