

Daum Map API를 이용한 위성영상의 기하보정 정확도 평가*

A Study on the Geometric Correction Accuracy Evaluation of Satellite Images Using Daum Map API

이성근** · 이호진*** · 김태근**** · 조기성*****
Lee, Seong-Geun · Lee, Ho-Jin · Kim, Tae-Geun · Cho, Gi-Sung

Abstract

Ground control points are needed for precision geometric correction of satellite images, and the coordinates of a high-quality ground control point can be obtained from the GPS measurement. However, considering the GPS measurement requires an excessive amount of time and efforts, there is a need for coming up with an alternative solution to replace it. Therefore, we examined the possibility of replacing the existing GPS measurement with coordinates available at online maps to acquire the coordinates of ground control points. To this end, we examined error amounts between the coordinates of ground control points obtained through Daum Map API, and them compared the accuracies between three types of coordinate transformation equations which were used for geometric correction of satellite images. In addition, we used the coordinate transformation equation with the highest accuracy, the coordinates of ground control point obtained through the GPS measurement and those acquired through Daum Map API, and conducted geometric correction on them to compare their accuracy and evaluate their effectiveness. According to the results, the 3rd order polynomial transformation equation showed the highest accuracy among three types of coordinates transformation equations. In the case of using mid-resolution satellite images such as those taken by Landsat-8, it seems that it is possible to use geometrically corrected images that have been obtained after acquiring the coordinates of ground control points through Daum Map API.

Keywords: Statistical GIS(SGIS), Open Platform, Server Architecture, Cloud, High Availability

* 본 논문은 2016년 전북대학교 산업기술대학원 이성근의 석사학위논문을 수정·보완한 논문입니다.

** 전북대학교 토목공학과 석사 Department of Civil Engineering, Chonbuk National University (First author: lsk9335@hanmail.net)

*** 전북대학교 토목공학과 석사과정 Department of Civil Engineering, Chonbuk National University (hojin0600@naver.com)

**** 청주대학교 환경공학과 교수 Department of Environmental Engineering, Cheongju University (ktkenv@cju.ac.kr)

***** 전북대학교 토목공학과 교수 Dept. of Civil Engineering, Chonbuk National University, RCIT, (Corresponding author: gscho@jbnu.ac.kr)

1. 서 론

지구관측위성을 이용하여 광범위한 대상에 대해 주기적으로 취득이 가능한 위성영상의 활용범위는 군사, 첩보, 환경, 산업 등 점차 그 범위가 확산되고 있다. 대표적인 지구관측 위성으로는 NASA(National Aeronautics and Space Administration)가 쏘아올린 Landsat 위성이 있으며, 그 중 2013년 2월에 지구관측 및 지구자원탐사의 목적으로 쏘아올려진 Landsat-8 위성이 대표적이라고 할 수 있다. Landsat-8 위성은 15m의 공간해상도를 갖는 흑백(Panchromatic) 영상과 30m 공간해상도의 가시광선, 근적외선, 단파적외선 등 9개의 다중분광영상을 제공하고 있다. Landsat-8과 같은 중해상도 위성은 화산 폭발, 연안의 기름유출 등 고해상도 위성에 비해 광역관측이 가능하다는 이점을 살려 재해 대응과 같은 광역관측이 필요한 분야에 대해 활용도가 높다. 또한, 고해상도 위성은 전 세계적으로 IKONOS, QuickBird, Orbview 등이 있으며, 우리나라도 1999년 6.6m의 공간해상도를 나타내는 KOMPSAT-1 (Korea Multi-Purpose Satellite)를 발사한 이후, 2006년에는 1m 해상도의 KOMPSAT-2가 발사되었으며, 2012년 5월 KOMPSAT-3가 발사되어 0.7m 해상도의 흑백영상과 2.8m 해상도의 다중분광 영상을 제공하고 있다. 고해상도 위성영상은 높은 공간해상도를 나타내는 만큼 주로 지도 제작, 지형·지물 파악 등 국토공간정보 분야에서 사용되어 높은 기하학적 정확도를 요구하기 때문에 영상의 위치 오차를 최소화하기 위한 정밀한 기하보정이 필요하다(이성근 2016).

또한, 위성영상의 정밀한 기하보정을 위해서는 GPS를 통한 지상기준점 측량이 필수적이지만 이 작업에는 현장답사, 지상기준점 선정, GPS 상시관측소 조사 등의 사전작업들이 뒤따르며, GPS 측량을 하는 과정에서 많은 시간과 노력이 필요하다(정동장 2015). 따

라서 이러한 과정들을 대체할 수 있는 다른 대안에 대해 연구할 필요가 있다.

2000년대 이후 고해상도 위성영상의 활용 범위가 넓어짐에 따라 위성영상의 기하학적 정확도를 높이기 위한 연구가 활발하게 진행되어왔다. 류영수(2011)는 수치지도와 KOMPSAT-2 단일영상, 지상기준점을 이용하여 RPC(Rational Polynomial Coefficient)를 보정하고, 부등각사상변환을 통해 RPC를 개선하여 개선된 식으로 KOMPSAT-2 위성영상의 기하보정 및 재배열을 수행하여 평균제곱근오차를 비교하여 KOMPSAT-2 위성영상의 오차를 줄이기 위한 연구를 진행하였으며, 오관영(2011)은 RFM(Rational Function Model)을 보정하여 산출된 영상좌표, 지상좌표와 실제 좌표 사이의 오차를 분석하고 지상기준점의 수에 따른 정확도 변화를 실험하여 모델의 정확도를 검증하였다. 또한, KOMPSAT-3 위성영상의 위치 정확도 관한 대표적인 연구로 정재훈 등(2014)은 1m LiDAR 자료로부터 기준점을 추출하고 KOMPSAT-3 위성영상의 초기 위치 정확도와 정밀센서모델, 스테레오 및 다중센서 모델의 정확도를 평가한 결과 1m 이내의 3차원 위치 정확도를 나타낸다는 결과를 얻었다. 특히, 지상기준점의 GPS 측량을 대체하는 연구로 정동장(2015)은 웹 포털사이트의 스카이뷰 지도와 로드뷰 지도를 이용하여 국가기준점을 식별하고 KOMPSAT-3 위성영상의 RPC를 표정하여, 오차를 산출한 결과 한 픽셀 내외(1m 이내)의 평균제곱근오차를 나타낸다는 결과를 얻었지만, 이 외의 지상기준점 좌표를 취득하기 위한 GPS 측량을 대체하는 연구 사례는 찾아보기 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 웹 포털 사이트인 Daum에서 제공하는 Daum Map API를 이용하여 지상기준점의 좌표를 취득하고 위성영상을 기하보정 하였으며, 현장에서 GPS를 통해 취득한 지상기준점 좌표로 기하보정 한 영상과 검사점의 좌표를 이용하여 정확도를 비교하여 그 효용성을 분석하였다. 또한, 그 과정에서 affine 변환식과 polynomial 2차 변환식, polynomial

3차 변환식을 통해 기하보정을 수행하여, 변환식들 간의 정확도를 비교하였다.

2. 이론적 배경

2.1. 영상의 기하보정

인공위성을 이용한 영상자료 수집 과정에서는 위성의 자세 및 속도의 변화, 지구의 자전에 의한 왜곡, 지구의 곡률에 의한 왜곡, 주사경의 회전속도 변화 등 여러 가지 원인에 의해 영상자료의 기하학적 왜곡이 발생할 수 있다. 왜곡이 포함된 영상자료는 분석 과정에서 오차를 발생시키는 요인으로 작용하여 취득된 위성의 원본 영상자료는 적절한 보정 과정 없이는 바로 사용할 수 없다. 취득된 위성영상의 다양한 왜곡을 줄여주는 과정을 전처리 과정이라고 하는데, 일반적으로 기하학적 왜곡을 포함하여 대기의 효과로 인한 왜곡, 센서의 기능저하로 인한 왜곡 등이 전처리 과정의 대상이 된다(강승수 2007).

기하학적 왜곡은 영상 자료의 각 점들의 위치 변동을 의미하며, 기하보정을 통해 지상의 절대좌표와 일치시켜주는 과정이 필요하다. 기하보정의 방법은 기하학적 오차의 원인을 분석한 후, 이를 이용하여 왜곡을 보정하는 시스템 보정 방법과 Affine 변환식, polynomial 변환식, Helmert 변환식 등 다양한 변환식을 이용하는 수학적 모델을 통해 보정하는 방법이 있다(Bernstein, 1983; 조미수, 2015). 이 중 수학적 모델을 통해 보정하는 방법은 지상기준점의 좌표와 영상 좌표를 이용하여 변환식을 성립하고, 변환식을 통해 영상의 왜곡된 각 점들의 좌표를 정확한 위치의 좌표로 보정해 주는 방법이다(Buiten and Putten 1997; Jensen 2002).

2.1.1. Affine 변환

Affine 변환은 2차원 부등각 사상변환이라고도 하

며, 2차원 등각사상변환에 대한 축척에서 x, y방향으로 축척인자가 미소한 차이를 가질 때 사용하는 변환으로, 축척 변환, 축의 비직교성 보정, 회전변환, 평행이동으로 나눌 수 있으며, 식은 다음 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} X &= a_0 + a_1x + a_2y \\ Y &= b_0 + b_1x + b_2y \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, a0, b0는 평행 이동량을, a1, a2, b1, b2는 축의 비직교성과 축척 및 회전 변환을 고려한 매개변수를, X, Y는 영상좌표, x, y는 지상좌표를 나타낸다.

2.1.2. Polynomial 변환

위성영상의 취득 과정에서 발생하는 정오차 변형이나 오차 전파를 보정하기 위해 다항식(polynomial) 변환이 사용된다. 다항식의 차수는 일반적으로 식(2)와 같은 2차 다항식과 식(3)과 같은 3차 다항식을 사용한다. 다항식 변환에 있어 필요한 지상기준점의 수는 다항식의 차수에 따라 달라진다.

$$\begin{aligned} X &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 \\ Y &= b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} X &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 \\ &\quad + a_5y^2 + a_6x^2y + a_7xy^2 \\ &\quad + a_8x^3 + a_9y^3 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} Y &= b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 \\ &\quad + b_5y^2 + b_6x^2y + b_7xy^2 \\ &\quad + b_8x^3 + b_9y^3 \end{aligned}$$

3. 적용 및 분석 결과

3.1. 연구 대상지역 및 영상자료

본 연구는 대청호를 대상 지역으로 연구하였으며, Figure 1과 같이 대전광역시 동구와 충청북도 옥천군 인근 지역이다. 또한, 원 영상자료에서 윤량과 지상기 준점의 분포를 고려하여 약 110km²(10.5km*10.5km)에 해당하는 부분을 절취하여 사용하였다.

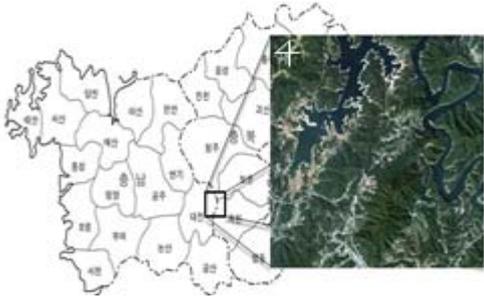


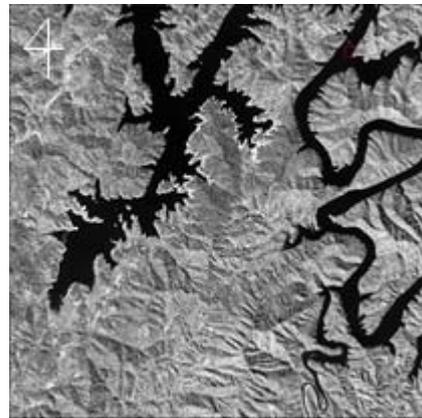
Figure 1. Study area

3.1.1. KOMPSAT-3

1990년 12월 KOMPSAT-1호를 성공적으로 발사한 이후, 2006년에 발사된 KOMPSAT-2를 통해 우리나라도 1m급 해상도를 보유한 국가가 되었다. 또한, 2012년 5월 KOMPSAT-3를 발사하여 서브미터급 위성을 보유하게 되었다. KOMPSAT-3 위성은 직하점(Nadir)에 대해 0.7m 해상도의 흑백영상과 2.8m 해상도의 다중분광 영상을 동시에 취득하는 고해상도 지구관측위성으로, 도시환경, 농작물의 재배면적 및 분포조사, 수치지형모델 생성, 수자원 분석 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.



(a) K-3 141025



(b) K-3 151014

Figure 2. Panchromatic images of KOMPSAT-3

Table 1. The properties of KOMPSAT-3 panchromatic images

| Content | Description | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | K-3 141025 | K-3 151014 |
| Acquisition Date | 2014-10-25 04:25 UTC | 2015-10-14 04:34 UTC |
| Image Type | Panchromatic | Panchromatic |
| Map Projection/Datum | UTM, N, 52 Zone / WGS-84 | UTM, N, 52 Zone / WGS-84 |
| Bits per Pixel | 14 | 14 |
| Spatial Resolution(col/row) | 0.75m/0.81m | 0.68m/0.73m |
| Satellite Altitude | 688.77km | 688.86km |

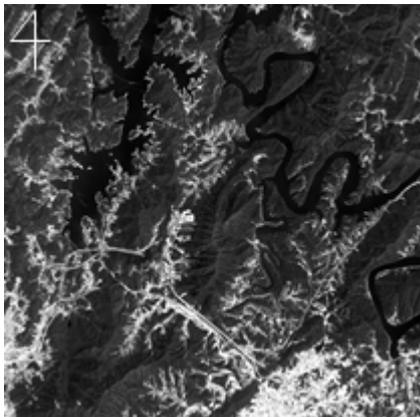
연구에 사용된 KOMPSAT-3 위성영상은 Figure 2와 같으며, 그 제원은 Table 1과 같이 2014년 10월 25일과 2015년 10월 14일에 취득한 영상자료 중 흑백 영상을 사용하였다. 사용된 영상자료의 처리레벨은 노이즈 제거 등의 방사보정과 지구타원체로 보정한 단순기하보정과정을 거친 Level_1R 영상자료이며, 위성영상은 영상처리 소프트웨어인 ERDAS IMAGINE 9.2를 이용하여 기하보정을 수행하였다.

3.1.2. Landsat-8

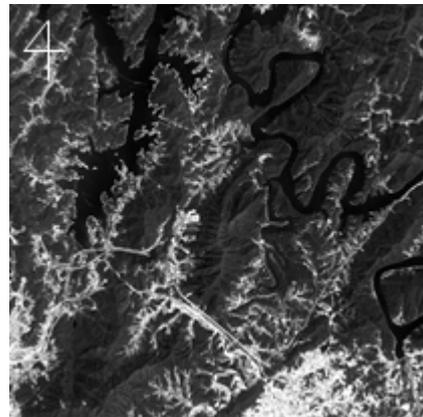
Landsat 위성은 미국항공우주국(NASA)이 1967년 지구의 환경 및 자원분포 자료를 우주로부터 얻기 위해 수립한 ERTS(Earth Resources Technology Satellites)

계획을 수립하고 1972년 ERTS-1(후에 Landsat으로 개명)을 발사한 이후로 총 8개의 위성이 발사되었다. 현재는 Landsat 7, 8호만 운용 중에 있으며, Landsat-7 위성의 경우 SLC(Side-Looking Correct) 고장으로 데이터가 손상된 상태로 취득 중에 있다.

Landsat-8 위성영상은 Figure 3과 같이 2015년의 130일인 5월 10일과 2015년의 146일인 5월 26일에 취득한 영상을 사용하였으며, Table 2에 영상의 제원을 나타내었다. 이러한 영상의 정보는 영상과 함께 제공되는 메타데이터를 통해 얻을 수 있으며, Landsat-8 위성영상 또한 KOMPSAT-3 위성영상과 동일한 지역을 절취하여 사용하였다.



(a) Landsat-8 130

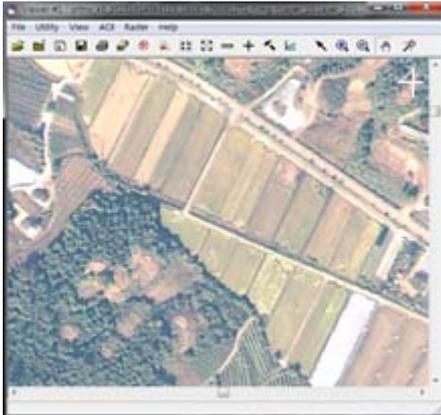


(b) Landsat-8 146

Figure 3. Panchromatic images of Landsat-8

Table 2. The properties of Landsat-8 panchromatic images

| Content | Description | |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| | Landsat-8 130 | Landsat-8 146 |
| Sensor | OLI_TIRS | OLI_TIRS |
| Acquisition Date | 2015-05-10 05:03 UTC | 2015-05-26 04:38 UTC |
| Scene ID | LC81150352015130LGN00 | LC81150352015146LGN00 |
| Image Type | Panchromatic | Panchromatic |
| Map Projection/Datum | UTM, N, 52 Zone/WGS-84 | UTM, N, 52 Zone/WGS-84 |
| Spatial Resolution (Panchromatic) | 15m | 15m |



(a) KOMPSAT-3 satellite image



(b) Daum sky-view map

Source: Daum 2016

Figure 4. Example of selected ground control points

3.2. 지상기준점 및 검사점 취득

지상기준점은 대상물 또는 지상의 특정 지점에 대한 위치정보의 기준이 되는 점을 뜻하며, 원격탐사를 통해 쉽게 식별이 가능하고 시간에 따라 변하지 않는 위치로 지정한다. 또한, 지상기준점의 좌표가 정확하다면 많은 수의 지상기준점을 보다 넓은 부분에 고르게 분포하는 것이 좌표 변환의 정확도를 높여준다.

위성영상의 기하보정에 사용되는 지상기준점의 좌표는 현장에서의 GPS 측량과 Daum Map API를 통해 취득하였다. 또한, 기하보정의 정확도를 판단하기 위해 사용되는 검사점의 좌표는 GPS 측량을 통해서 취득한 좌표만 사용하였다. 본 연구에서는 17개의 기준점을 사용하였는데, Figure 4와 같이 KOMPSAT-3 위성영상과 Daum Map API의 기반이 되는 웹 지도인 Daum 스카이뷰 지도에서 쉽게 식별이 가능한 도로의 갈림길과 같은 점을 기준점으로 선정하였다. 또한 기준점의 분포는 Figure 5에 나타내었다.

3.2.1. 현장 GPS 측량

영상의 기하보정에 사용되는 10개의 지상기준점과 기하보정된 영상의 정확도를 평가하기 위해 사용하는

7개의 검사점의 좌표를 취득하기 위해 GPS를 이용하여 Network-RTK(Real Time Kinematic)의 한 가지 방법인 VRS(Virtual Reference Station)측량을 실시하였다. Table 3은 10개의 지상기준점과 7개의 검사점에 대한 GPS 측량 결과이다.

3.2.2. Daum Map API를 이용한 좌표 취득

웹 포털 사이트인 Daum에서는 Daum 지도를 기반으로 하여 외부 개발자들이 응용프로그램을 개발할 수 있는 API(Application Program Interface)를 제공

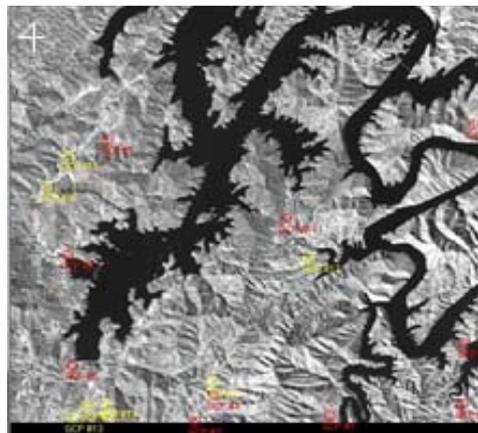


Figure 5. Distribution of GCPs

Table 3. Coordinates of the ground control points in the study area(GPS)

| ID | N(m) | E(m) | Description | Note |
|----|-------------|-------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 1 | 416703.3061 | 250108.0064 | forked road | Ground control points |
| 2 | 417552.1831 | 253223.6974 | forked road | |
| 3 | 415967.9599 | 246906.6157 | The corner of the end of the bridge | |
| 4 | 416747.1060 | 247170.0286 | forked road | |
| 5 | 416918.4117 | 243531.2201 | forked road | |
| 6 | 419819.5990 | 242645.5508 | forked road | |
| 7 | 422983.8316 | 242846.2394 | forked road | |
| 8 | 424933.1443 | 251590.1906 | Corner of the paddy path | |
| 9 | 419146.8728 | 252840.6359 | forked road | |
| 10 | 421685.9567 | 247712.8686 | Corner of the parking area | |
| 11 | 417053.6877 | 247051.8401 | forked road | Check points |
| 12 | 415926.5577 | 244142.0583 | forked road | |
| 13 | 415556.7405 | 243885.5024 | forked road | |
| 14 | 416062.8074 | 244616.6230 | Corner of the tennis court | |
| 15 | 422423.9673 | 241986.1102 | forked road | |
| 16 | 421512.1461 | 241673.3233 | The corner of the end of the bridge | |
| 17 | 420744.5272 | 248530.9848 | forked road | |

하고 있다. 이를 이용하여 맞춤형 지도를 제작하거나, 웹 사이트 및 모바일 앱에서의 약도 표시 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 또한 Daum Map API의 기반이 되는 Daum 지도는 50cm급 항공영상을 최대 1:500의 축척으로 제공하고 있어 찾고자 하는 지물을 눈으로 쉽게 식별할 수 있는 장점이 있다. 하지만 Daum Map API를 통해 취득하는 좌표는 모니터를 통해 좌표를 취득하기 때문에 지정해주는 위치에 따라 좌표가 달라질 수 있으며, 이는 좌표 취득 과정에서 생기는 개인적인 오차로 볼 수 있다. 이러한 오차는 원인이 불명확하고, 제거할 수 없기 때문에 오차를 최소화하기 위해 각 지점별로 10회씩 취득하고 정규화 과정을 거쳤다. Table 4는 10회씩 취득한 지상기준점 좌표의 평균과 평균제곱근오차를 산출한 결과이다.

지상 기준점에 대해 10회씩 좌표를 취득하여 평균과 평균제곱근오차를 산출한 결과, 수평방향으로 약

Table 4. Mean and RMSE of coordinates obtained via the Daum Map API

| ID | | Mean(m) | RMSE(m) |
|---------|---|-------------|---------|
| 1 | N | 416702.9804 | 0.207 |
| | E | 250109.4142 | 0.196 |
| 2 | N | 417553.6854 | 0.239 |
| | E | 253224.9391 | 0.181 |
| 3 | N | 415967.4378 | 0.184 |
| | E | 246907.4916 | 0.188 |
| 4 | N | 416746.4678 | 0.227 |
| | E | 247170.3917 | 0.025 |
| 5 | N | 416917.7002 | 0.155 |
| | E | 243531.6391 | 0.115 |
| 6 | N | 419820.5203 | 0.204 |
| | E | 242648.1542 | 0.159 |
| 7 | N | 422983.2478 | 0.042 |
| | E | 242846.8067 | 0.225 |
| 8 | N | 424932.8378 | 0.235 |
| | E | 251590.7941 | 0.115 |
| 9 | N | 419146.5354 | 0.151 |
| | E | 252841.4165 | 0.204 |
| 10 | N | 421688.4603 | 0.262 |
| | E | 247713.3642 | 0.199 |
| Mean(m) | | N | 0.112 |
| | | E | 0.095 |

Table 5. A result of the geometric correction using GPS coordinates

| Formula | Check Point | K-3 141025 | | | K-3 151014 | | |
|-------------------------------|-------------|------------|--------|-------|------------|--------|-------|
| | | dX(m) | dY(m) | dL(m) | dX(m) | dY(m) | dL(m) |
| affine transformation | GCP11 | 1.191 | -0.925 | 1.508 | -1.265 | -0.399 | 1.327 |
| | GCP12 | 1.235 | 0.273 | 1.264 | -1.032 | -0.600 | 1.194 |
| | GCP13 | -0.649 | 1.352 | 1.499 | 0.449 | -1.807 | 1.863 |
| | GCP14 | -0.724 | -0.651 | 0.974 | -0.397 | 0.671 | 0.780 |
| | GCP15 | -1.308 | -0.549 | 1.419 | -0.105 | 0.943 | 0.949 |
| | GCP16 | -0.593 | 1.363 | 1.486 | -0.071 | 0.679 | 0.683 |
| | GCP17 | -0.595 | 0.843 | 1.032 | -1.437 | 0.073 | 1.439 |
| | Ave. | 0.899 | 0.851 | 1.312 | 0.680 | 0.739 | 1.176 |
| | RMSE | 0.949 | 0.930 | 1.329 | 0.854 | 0.894 | 1.236 |
| polynomial-2nd transformation | GCP11 | -0.652 | 1.101 | 1.279 | 1.342 | 0.728 | 1.527 |
| | GCP12 | -0.482 | 1.328 | 1.413 | 0.383 | 0.883 | 0.962 |
| | GCP13 | -0.968 | -0.439 | 1.062 | 0.438 | 1.239 | 1.314 |
| | GCP14 | -0.143 | -0.859 | 0.871 | 0.222 | 0.869 | 0.897 |
| | GCP15 | 1.285 | 0.262 | 1.311 | -1.140 | -0.325 | 1.186 |
| | GCP16 | 1.541 | 0.102 | 1.545 | -0.628 | 0.108 | 0.638 |
| | GCP17 | -0.190 | 1.026 | 1.044 | 0.548 | 0.001 | 0.548 |
| | Ave. | 0.751 | 0.731 | 1.218 | 0.672 | 0.593 | 1.010 |
| | RMSE | 0.900 | 0.849 | 1.237 | 0.773 | 0.729 | 1.062 |
| polynomial-3rd transformation | GCP11 | -0.762 | -0.212 | 0.791 | 0.354 | 0.921 | 0.987 |
| | GCP12 | -0.357 | 1.248 | 1.298 | 0.394 | 0.639 | 0.751 |
| | GCP13 | -0.526 | -0.663 | 0.846 | 0.583 | 0.869 | 1.047 |
| | GCP14 | 0.011 | -1.094 | 1.094 | -0.084 | 0.642 | 0.647 |
| | GCP15 | 1.189 | 0.809 | 1.438 | -0.435 | -0.243 | 0.498 |
| | GCP16 | -0.476 | 0.539 | 0.719 | -0.444 | -1.301 | 1.375 |
| | GCP17 | -0.780 | 0.706 | 1.052 | 0.888 | 0.555 | 1.047 |
| | Ave. | 0.586 | 0.753 | 1.034 | 0.455 | 0.739 | 0.907 |
| | RMSE | 0.680 | 0.818 | 1.064 | 0.508 | 0.800 | 0.948 |

0.147m에 해당하는 오차가 발생하였다. Daum Map API를 통해 취득한 10개의 지상기준점 좌표는 위성영상의 기하보정 과정에서 10회 취득한 값의 평균값을 affine 변환식, polynomial 2차 변환식, polynomial 3차 변환식에 적용하였으며, 변환식을 통해 기하보정된 영상의 정확도는 GPS 측량을 통해 취득한 검사점

을 이용하여 산출하였다.

3.3. KOMPSAT-3 위성영상의 기하보정

3.3.1. GPS 좌표를 이용한 기하보정

선정된 10개의 지상기준점에 대해 현장에서 GPS

측량을 실시하였고, 측정된 좌표값을 이용하여 2장의 KOMPSAT-3 위성영상에 기하보정을 실시하였다. 또한, 위성영상의 기하보정에 사용된 좌표 변환식은 affine 변환식, polynomial 2차 변환식, polynomial 3차 변환식을 사용하였다. 기하보정된 영상의 정확도는 Table 5와 같으며, GPS 측량을 통해 취득한 7개의 검사점을 이용하여 산출하였고, 2장의 영상의 공간해상도가 다르기 때문에 모든 오차는 m단위로 나타내었다.

3.3.2. Daum Map API 좌표를 이용한 기하보정

2장의 KOMPSAT-3 위성영상에 대해 3가지 좌표 변환식과 Daum Map API를 통해 취득된 지상기준점의 좌표를 이용하여 기하보정을 수행하였다. 10개의 지상기준점에 대해 10회 측정된 좌표값들의 평균값을 기하보정에 사용하였다. 기하보정의 정확도 산출을 위해 사용된 검사점은 GPS 측량을 통해 측정된 좌표값을 이용하였으며, Table 6과 같다.

3.3.3. 기하보정 정확도 비교

2장의 KOMPSAT-3 위성영상을 현장 GPS 측량과 Daum Map API를 통해 취득한 지상기준점의 좌표를 이용하여 기하보정을 실시하였으며, 기하보정 과정에서 3가지 좌표변환식을 사용하였다. 기하보정된 영상의 정확도는 현장에서 GPS 측량을 통해 취득한 7개의 검사점 좌표를 이용하여 산출하였다. Figure 6와 Figure 7는 검사점에 대한 평균제곱근 오차를 그래프로 나타난 그림이다.

기하보정에 사용된 3가지 좌표 변환식들 간에 정확도를 비교해 볼 때, 전체적으로 polynomial 3차 변환 높은 식을 사용한 영상이 가장 정확도를 나타냈으며, 그 다음으로는 polynomial 2차 변환식을 사용한 영상

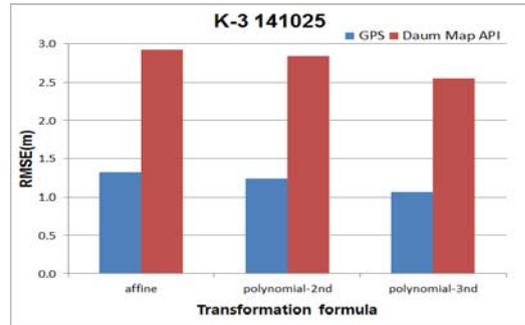


Figure 6. RMSE of the geocorrected K-3 141026 image

이 높게 나왔고, affine 변환식을 통해 기하보정된 영상에서 가장 낮은 정확도를 나타내었다. 가장 높은 정확도를 나타낸 polynomial 3차 변환식을 이용하여 보정한 영상과 가장 낮은 정확도를 나타낸 affine 변환식을 이용하여 보정한 영상의 정확도를 비교해보면, GPS 좌표를 사용했을 때, affine 변환식을 사용한 영상에서는 1.329m, 1.236m의 평균제곱근 오차를 나타내었으며, polynomial 3차 변환식을 사용한 영상은 1.064m, 0.948m의 평균제곱근 오차를 나타내었다. 그리고 Daum Map API를 통해 취득된 좌표를 사용했을 때, affine 변환식을 이용한 영상은 2.922m, 2.652m의 평균제곱근오차를 나타내었으며, polynomial 3차 변환식을 사용한 영상은 2.549m, 2.293m의 평균제곱근 오차를 나타내었다. 따라서 affine 변환식을 사용한 영상이 polynomial 3차 변환식을 사용한 영상 0.3m의 평균제곱근오차가 더 발생하는 것을 알 수 있었다.

또한, GPS를 통해 취득한 좌표로 기하보정한 영상과 Daum Map API를 통해 취득한 좌표로 기하보정한 영상 간의 평균제곱근오차 차이값을 Table 7에 나타내었다. Table 7에서 보면 알 수 있듯이, Daum Map API를 통해 취득한 좌표로 기하보정한 영상이 1.3m에서 1.6m의 평균제곱근오차가 추가로 발생하였으며, 이는 픽셀단위로 약 2픽셀에 해당하는 오차이다.

Table 6. Results geometric correction using coordinates obtained through the Daum Map API

| Formula | Check Point | K-3 141025 | | | K-3 151014 | | |
|-------------------------------|-------------|------------|--------|-------|------------|--------|-------|
| | | dX(m) | dY(m) | dL(m) | dX(m) | dY(m) | dL(m) |
| affine transformation | GCP11 | 1.358 | -2.185 | 2.572 | -1.774 | -2.435 | 3.013 |
| | GCP12 | 1.013 | 3.783 | 3.916 | 0.727 | -1.588 | 1.747 |
| | GCP13 | -1.928 | 2.948 | 3.522 | 2.686 | -2.640 | 3.766 |
| | GCP14 | -2.200 | -1.194 | 2.503 | 1.075 | -1.433 | 1.791 |
| | GCP15 | -2.147 | -1.563 | 2.655 | 1.835 | 1.726 | 2.519 |
| | GCP16 | -2.363 | 1.458 | 2.777 | 3.084 | -0.989 | 3.239 |
| | GCP17 | -1.855 | -0.971 | 2.094 | -1.430 | -0.912 | 1.696 |
| | Ave. | 1.838 | 2.014 | 2.863 | 1.802 | 1.675 | 2.539 |
| | RMSE | 1.892 | 2.227 | 2.922 | 1.963 | 1.784 | 2.652 |
| polynomial-2nd transformation | GCP11 | -1.498 | -1.461 | 2.092 | 0.369 | -2.037 | 2.070 |
| | GCP12 | 0.849 | -1.315 | 1.565 | 2.351 | 0.996 | 2.553 |
| | GCP13 | 1.456 | 0.910 | 1.717 | 1.048 | 1.230 | 1.616 |
| | GCP14 | 2.774 | -1.913 | 3.370 | 1.207 | -0.912 | 1.513 |
| | GCP15 | -0.703 | 2.639 | 2.731 | 0.983 | -2.161 | 2.374 |
| | GCP16 | 0.828 | 3.485 | 3.582 | 0.664 | -3.896 | 3.952 |
| | GCP17 | -2.249 | -3.151 | 3.871 | -2.001 | -1.010 | 2.241 |
| | Ave. | 1.479 | 2.125 | 2.704 | 1.232 | 1.749 | 2.331 |
| | RMSE | 1.648 | 2.311 | 2.839 | 1.395 | 2.013 | 2.449 |
| polynomial-3rd transformation | GCP11 | 2.018 | -2.304 | 3.062 | 1.266 | -2.109 | 2.460 |
| | GCP12 | -2.073 | 0.247 | 2.088 | 2.234 | 2.174 | 3.118 |
| | GCP13 | -1.403 | -0.962 | 1.701 | 0.728 | 2.533 | 2.636 |
| | GCP14 | -0.405 | -3.014 | 3.041 | 1.193 | 0.408 | 1.261 |
| | GCP15 | 1.189 | 2.252 | 2.546 | 0.698 | -1.672 | 1.812 |
| | GCP16 | 2.975 | -0.731 | 3.064 | 0.018 | -2.791 | 2.791 |
| | GCP17 | -1.303 | -1.432 | 1.936 | 0.326 | -1.145 | 1.191 |
| | Ave. | 1.624 | 1.563 | 2.491 | 0.923 | 1.833 | 2.181 |
| | RMSE | 1.791 | 1.814 | 2.549 | 1.143 | 1.988 | 2.293 |

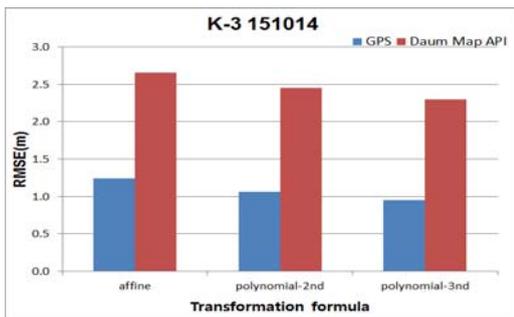


Figure 7. RMSE of the geocorrected K-3 151014 image

Table 7. The value of the difference between the RMSE (unit : m)

| Transformation equation | K-3 141025 | K-3 151014 |
|-------------------------|------------|------------|
| affine | 1.593 | 1.416 |
| polynomial-2nd | 1.602 | 1.387 |
| polynomial-3rd | 1.485 | 1.345 |

Table 8. The geolocation accuracy of the geocorrected Landsat-8 images

| Coordinates | Check Point | Landsat-8 130 | | | Landsat-8 146 | | |
|--------------|-------------|---------------|---------|--------|---------------|---------|--------|
| | | dX(m) | dY(m) | dL(m) | dX(m) | dY(m) | dL(m) |
| GPS | GCP11 | -3.705 | 17.595 | 17.981 | 26.490 | -18.315 | 32.205 |
| | GCP12 | 15.945 | -2.145 | 16.089 | 4.440 | 16.080 | 16.682 |
| | GCP13 | 19.635 | 0.930 | 19.657 | -21.720 | 0.795 | 21.735 |
| | GCP14 | 4.425 | 14.130 | 14.807 | 2.130 | -7.035 | 7.350 |
| | GCP15 | 15.480 | -7.110 | 17.035 | -1.740 | -13.890 | 13.999 |
| | GCP16 | -1.935 | -13.230 | 13.371 | 9.735 | -22.485 | 24.502 |
| | GCP17 | -0.990 | 13.935 | 13.970 | -7.500 | -3.360 | 8.218 |
| | Ave. | 8.874 | 9.868 | 16.130 | 10.536 | 11.709 | 17.813 |
| | RMSE | 11.448 | 11.554 | 16.265 | 13.896 | 13.907 | 19.660 |
| Daum Map API | GCP11 | -3.705 | 17.595 | 17.981 | 26.490 | -18.315 | 32.205 |
| | GCP12 | 15.945 | -2.145 | 16.089 | 4.440 | 16.080 | 16.682 |
| | GCP13 | 19.635 | 0.930 | 19.657 | -21.720 | 0.795 | 21.735 |
| | GCP14 | 4.425 | 14.130 | 14.807 | 2.130 | -7.035 | 7.350 |
| | GCP15 | 15.480 | -7.110 | 17.035 | -1.740 | -13.890 | 13.999 |
| | GCP16 | -1.935 | -13.230 | 13.371 | 9.735 | -22.485 | 24.502 |
| | GCP17 | -0.990 | 13.935 | 13.970 | -7.500 | -3.360 | 8.218 |
| | Ave. | 8.874 | 9.868 | 16.130 | 10.536 | 11.709 | 17.813 |
| | RMSE | 11.448 | 11.554 | 16.265 | 13.896 | 13.907 | 19.660 |

3.4. Landsat-8 위성영상의 기하보정

2장의 Landsat-8 위성영상을 GPS 측량과 Daum Map API를 통해 취득된 10개의 지상기준점의 좌표를 이용하여 기하보정을 수행하였다. Landsat-8 위성영상의 기하보정에는 3가지 좌표 변환식 중 상대적으로 정확도가 높게 산출된 polynomial 3차 변환식을 사용하여 기하보정을 수행하였다. 또한, 기하보정된 위성영상의 정확도는 GPS 측량을 통해 취득된 검사점의 좌표를 이용하여 산출하였으며, 산출된 결과는 Table 8과 같다. 연구에 사용된 Landsat-8 위성영상은 모두 15m의 공간해상도를 나타내며, 오차는 m 단위로 나타내었다.

현장에서 GPS를 통해 취득된 좌표로 기하보정한 영상은 각각 16.265m, 19.660m의 평균제곱근오차를 나타내었으며, 이는 픽셀단위로 1.084픽셀, 1.311픽셀에 해당하는 오차이다. 또한 Daum Map API를 통해 취득된 좌표로 기하보정한 영상에서는 23.856m, 21.687m의 평균제곱근오차를 나타내었으며, 1.590픽셀, 1.446 픽셀에 해당하는 오차이다.

KOMPSAT-3 위성영상의 경우 2가지 좌표취득 방법에 따라 2픽셀이내의 평균제곱근오차의 차이를 보였지만, Landsat-8 위성영상의 경우에는 0.5픽셀 이내의 차이를 나타내어, 2가지 방법으로 취득된 지상기준점의 좌표로 기하보정한 영상 간의 평균제곱근오차 차이량이 크지 않음을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 현장에서 GPS 측량을 통해 취득한 지상기준점의 좌표와 Daum Map API를 통해 취득한 지상기준점의 좌표를 이용하여 KOMPSAT-3 위성영상과 Landsat-8 위성영상을 affine 변환식, polynomial 2차 변환식, polynomial 3차 변환식을 사용하여 기하보정을 수행하였다. 또한, 기존의 지상기준점 좌표 취득 방법인 GPS 측량에서 웹 사이트 지도를 이용한 지상기준점 좌표 취득 방법으로 대체하는 가능성을 평가하기 위해 기하보정 된 영상의 정확도를 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, KOMPSAT-3 위성영상에 대해 affine 변환식, polynomial 2차 변환식, polynomial 3차 변환식을 이용하여 기하보정을 실시하였다. 그 결과, GPS를 통해 취득한 지상기준점의 좌표로 기하보정했을 때와 Daum Map API를 통해 취득한 지상기준점의 좌표로 기하보정을 수행했을 때 모두 polynomial 3차 변환식이 가장 높은 정확도를 나타내었다. 향후 지상기준점의 수와 배치분포에 따라 정확도를 산출하는 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

둘째, KOMPSAT-3 위성영상을 대상으로 3가지 좌표 변환식 중 정확도가 가장 높게 나온 polynomial 3차 변환식을 이용하여 기하보정할 때, GPS 측량을 통해 취득한 지상기준점의 좌표를 사용했을 경우 1m 이내(1픽셀 내외)의 평균제곱근오차를 나타내었고, Daum Map API를 통해 취득한 지상기준점의 좌표를 사용했을 경우는 2.5m 내외(3픽셀 내외)의 평균제곱근오차를 나타내었다. 또한, GPS 측량 성과와 Daum Map API를 통해 취득한 지상기준점의 좌표 간에 수평방향으로 최대 2.76m의 오차가 발생하여 KOMPSAT-3와 같이 0.7m급 고해상도 영상의 경우 Daum Map API를 통해 취득된 좌표로 영상의 기하보정을 수행하는데 어려움이 있다고 판단된다.

셋째, 중해상도 위성영상인 Landsat-8 위성영상에

대해 polynomial 3차 변환식을 이용하여 기하보정을 수행하였다. GPS를 통해 취득한 지상기준점의 좌표를 사용했을 때는 1픽셀 내외의 평균제곱근오차를 나타내었고, Daum Map API를 통해 취득한 지상기준점의 좌표를 사용했을 때는 1.5픽셀 내외의 평균제곱근오차를 나타내었다. 두 가지 지상기준점 좌표 취득 방법의 결과의 차이가 0.5픽셀로 크게 나타나지 않아, Landsat-8과 같은 중해상도 위성영상의 경우에는 Daum Map API를 통해 지상기준점의 좌표를 취득하고 이를 이용하여 영상의 기하보정에 사용할 수 있음을 알 수 있었다.

마지막으로 본 연구 성과를 통하여 영상의 기하보정에 필요한 지상기준점의 좌표를 취득하는 기존의 방법을 대체할 대안이 될 수 있을 것으로 판단되며, 향후에는 기하보정 과정에서 사용되는 좌표 변환식의 미지수를 고려하여 좌표 변환식을 변환하고 정확도를 높이는 연구와 지상기준점의 수와 배치분포에 따라 정확도를 높이는 연구를 수행할 계획이다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-우주핵심기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2015M1A3A3A04027614)

참고문헌

References

- 강승수. 2007. Landsat TM과 ETM+ 영상자료를 이용한 도시지역의 토지피복에 따른 열 분포 해석. 석사학위논문. 금오공과대학교 산업대학원.
- Kang SS. 2007. *Analysis of Thermal Distribution According to Landcovers in an Urban Area Using Landsat TM and ETM+ Data* [Thesis]. Kumoh National Institute of Technology.

- 류영수. 2010. KOMPSAT-2 위성영상의 RPC보정 및 개선 방법에 관한 연구. 석사학위논문. 국민대학교 대학원.
- Ryu YS. 2010. *A Study of RPC Correction and Refinement Method for KOMPSAT-2 Satellite Imagery* [Thesis]. Kookmin University.
- 오관영, 정형섭, 이원진, 이동택. 2011. KOMPSAT-2 RPC를 이용한 3차원 위치결정 정확도 분석. 한국측량학회지. 29(1):1-9.
- Oh KY, Jung HS, Lee WJ, Lee DT. 2011. 3D Geopositioning Accuracy Assessment Using KOMPSAT-2 RPC. *The Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*. 29(1):1-9.
- 이성근. 2016. Daum Map API를 이용한 위성영상의 기하보정에 관한 연구. 석사학위논문. 전북대학교 산업기술대학원.
- Lee SG. 2016. *Study on the Geometric Correction of Satellite Images Using Daum Map API* [Thesis]. Chonbuk National University.
- 정동장. 2015. 국가기준점을 이용한 KOMPSAT-3 위성영상의 표정과 수치표고모델 작성. 석사학위논문. 경상대학교 대학원.
- Jeong DJ. 2015. *KOMPSAT-3 Satellite Image Orientation Using the National Control Points and DEM Generation* [Thesis]. Gyeongsang National University.
- 정재훈, 김재인, 김태정. 2014. KOMPSAT-3 영상의 기하정확도 분석. 한국원격탐사학회지. 30(1):37-45.
- Jeong JH, Kim JI, Kim TJ. 2014. Analysis of Geolocation Accuracy of KOMPSAT-3 Imagery. *Korean Journal of Remote Sensing*. 30(1):37-45.
- 조미수. 2015. 원격탐사 및 GIS 기반의 토사유실 분석 연구. 박사학위논문. 전북대학교 일반대학원.
- Cho MS. 2015. *The Study of Soil Erosion Analysis based on Remote Sensing and GIS*[dissertation]. Chonbuk National University.
- Bernstein R. 1983. Image Geometry and Rectification. *American Society of Photogrammetry*. 1:875-881.
- Buiten HJ, Putten BV. 1997. Quality Assessment of Remote Sensing Registration Analysis and Testing of Control Point Residuals. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*. 52:5-73.
- Daum. 2016. Daum Map[Internet]. [http://map.daum.net]. Last accessed 24 November 2016.
- Jensen. 2002. *Introductory Digital Image Processing*. United States of America: Prentice Hall.

2016년 10월 04일 원고접수(Received)

2016년 11월 01일 1차심사(1st Reviewed)

2016년 11월 22일 2차심사(2st Reviewed)

2016년 12월 07일 게재확정(Accepted)

초 록

위성영상의 정밀한 기하보정을 위해서는 지상기준점이 필요하며, GPS 측량은 양질의 지상기준점 좌표 취득을 위해 필수적이다. 하지만 GPS 측량을 하는 과정에서 많은 시간과 노력이 필요하기 때문에 이를 대체할 다른 대안을 연구할 필요가 있다. 이에, 본 연구에서는 지상기준점의 좌표를 취득하기 위한 기존의 GPS 측량을 웹 사이트 지도에서 제공하는 좌표로 대체하는 가능성에 대해 연구하였다. 이를 위해 Daum Map API를 통해 취득한 지상기준점의 좌표들 간의 오차량을 확인하였으며, 위성영상의 기하보정에 사용되는 3가지 좌표 변환식의 정확도를 비교하였다. 또한 가장 정확도가 높게 나온 변환식을 이용하여 GPS 측량을 통해 취득한 지상기준점의 좌표와 Daum Map API를 통해 취득한 지상기준점의 좌표를 이용하여 위성영상을 기하보정하고 그 정확도를 비교하여 그 효용성을 평가하고자 하였다. 그 결과, 3가지 좌표 변환식 중 polynomial 3차 변환식이 가장 높은 정확도를 나타내었으며, Landsat-8과 같은 중해상도 위성영상을 사용하는 경우에는 Daum Map API를 통해 지상기준점의 좌표를 취득하고 이를 영상의 기하보정에 사용할 수 있음을 알 수 있었다.

주요어 : 위성영상, 기하보정, 지상기준점, Daum Map API