

지상기준점을 이용한 IKONOS 위성영상의 정확도 분석

The Accuracy Analysis of IKONOS Image

using Rational Polynomial Coefficients and GCP

강준목¹⁾, Kang, Joon Mook · 최준석²⁾, Choi, Joon Suk · 박준규³⁾, Park, Joon Kyu

¹⁾ 충남대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 042-821-5678(E-mail:kang_jm@cnu.ac.kr)

²⁾ 충남대학교 토목공학과 박사과정 · 042-821-7747(E-mail:hivary@empal.com)

³⁾ 충남대학교 토목공학과 박사과정 · 042-821-7747(E-mail:surveyp@empal.com)

1. 서 론

현재 전세계적으로 위성영상의 수요가 끊임없이 증가함에 따라 국가기관 및 민간기업들을 중심으로 위성영상 관련산업이 발전하고 있으며 그에 따른 기술 개발을 추진하고 있다. 최초의 상업용 고해상도 위성인 미국 Space Imaging社의 IKONOS 위성영상은 1m 해상도의 panchromatic 영상과 4m 해상도의 multispectral 영상을 제공하고 있으므로 지형·지물의 분포 파악 및 추출에 적합하여 많은 분야에서 이를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, IKONOS 위성영상은 3차원 정보를 추출할 수 있는 위성센서의 위치와 자세에 대한 정보를 공개하지 않고 있어 영상의 3차원 정보 획득을 위해서는 영상에서 제공하는 유일한 자료인 RPC(Rational Polynomial Coefficients) 자료를 이용해야만 하는 실정이다. 본 연구에서는 IKONOS 위성영상이 제공하는 RPC 자료를 이용하여 3차원 지상자료 모델링 알고리즘을 구현하고, 이를 통한 3차원 지상자료 추출시 발생하는 오차를 지상기준점(Ground Control Point) 측량성과에 의해 보정하기 위해 지상기준점의 수와 배치 및 타원체고의 변화에 따른 IKONOS 위성영상의 기하학적 정확도 분석을 수행하므로써 고해상도 위성영상을 이용한 활용 분야에서의 측정 정확도 및 효율성을 향상시키고자 하였다.

2. 대상지 선정 및 지상기준점 선정

본 연구의 실험을 위한 대상지는 우리나라 중심부에 위치해 있고 적정 규모의 도시, 농지 및 임야가 발달되어 있으며 기존의 지형조사가 비교적 잘되어 있을 뿐만 아니라 국립지리원의 상시관측소가 편중되어 있지 않아 접근성 및 경중를 측면에서 가장 타당하다고 판단되는 대전근교를 적지로 선정하였다(그림 1). Test-field 에 대한 지상기준점은 위성영상의 기하학적 정확도 보정 및 수치고도모형(Digital Elevation Model)을 제작하기 위한 기본자료로도 사용될 수 있기 때문에 IKONOS 위성영상을 기반으로 지상기준점을 선정하였고 기본적인 지상기준점으로 사용할 점과 검사를 하기 위한 목적으로 사용할 점을 고려한 총 52점에 대하여 GPS 정지측량을 실시하여 획득하였다.

이때 사용된 장비로는 Trimble社 4700 및 4800 이주파 수신기를 이용하였으며, 본 실험을 위

해 선점된 점들은 1m의 공간해상도를 가지는 IKONOS 위성영상을 기반으로 하기 때문에 영상에서 식별이 용이한 도로 교차로, 교량 및 교통섬 등의 지형·지물을 선점하였다. 이때 사용한 영상은 2001년 11월 19일에 촬영한 것으로 지상기준점을 사용하지 않고 제작된 영상이며 본 연구에 사용한 IKONOS 영상과 영상에 대한 제원은 각각 그림 2와 표 1과 같다.

표 1. 사용영상(IKONOS)의 제원

영상 특성	데이터
Project Name	Daejeon_STEREO
Sensor	IKONOS-2
Acquisition Date	2001-11-19
Image Type	PAN
Spatial Resolution	1m
Bits per Pixel per Band	11 bits per pixel
Processing Level	Radiometrically Corrected
File Format	TIFF



그림 1. 연구대상지

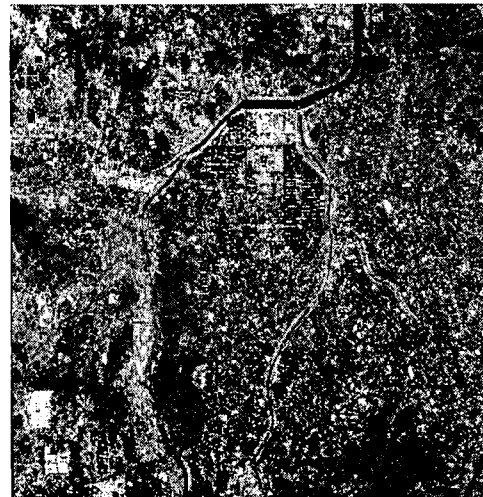


그림 2. 연구대상지 영상

3. 입체영상 RPC 자료를 이용한 3차원 지상자료 추출

IKONOS 위성영상은 지상기준점을 사용하지 않고도 영상에서 제공하는 RPC 자료를 이용하여 3차원 지상좌표의 추출을 가능하게 한다. 이때, 지상좌표를 추출하기 위해서는 RPC 자료의 해석 과정이 필요하며 이는 RFM(Rational Function Model)을 적용하여 해결할 수 있다.

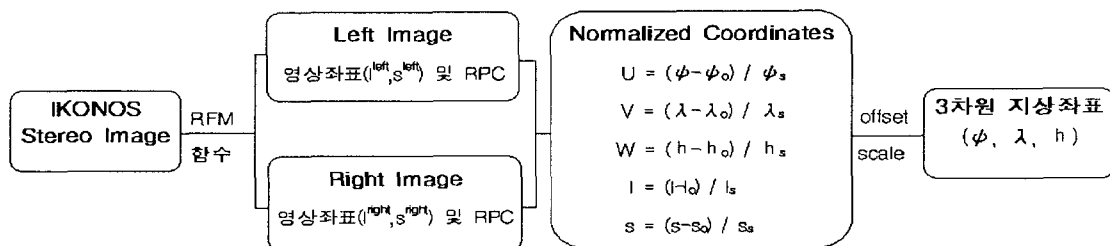


그림 3. 3차원 지상좌표 산출 알고리즘

원래 RFM은 지상좌표를 이용하여 영상좌표를 계산하는 상향식(Upward) 다항식이므로 입체영상으로부터 추출한 영상좌표를 이용하여 지상좌표를 계산하기 위해서는 하향식(Downward) 방식의 다항식이 필요하게 된다. 그러나 RFM은 이를 직접 지원해 주지 못하므로 상향식 다항식의 역함수를 이용하여 반복적인 방법으로 지상좌표를 계산해야 한다. 이 과정은 상향식 다항식에 Taylor's 이론을 적용시켜 지상좌표에 대해 편미분하여 선형화 시킨 후 지상좌표의 초기값과 함께 반복 계산을 실시하는 알고리

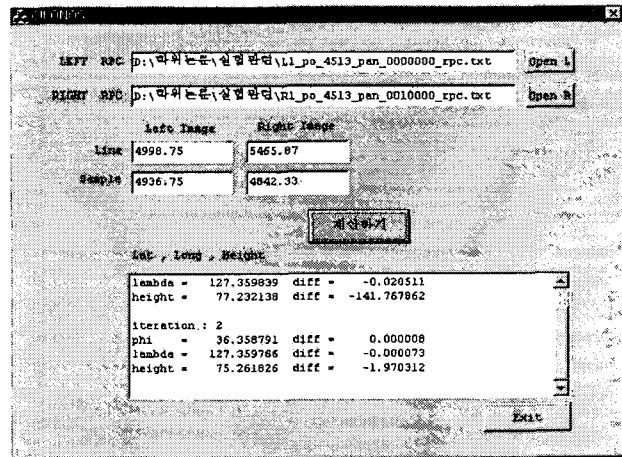


그림 4. 3차원 지상자료 추출 프로그램(CNU)

즘으로 구성하였다(그림 3). 본 연구에서는 객체지향프로그램인 Visual C++ 6.0을 이용하여 3차원 지상자료 추출 프로그램을 개발하였으며 IKONOS 입체영상에서 좌·우영상의 영상좌표 및 RPC 자료를 입력받아 3차원 지상좌표를 계산한다. 이때, 좌·우영상에서의 영상좌표는 영상처리 소프트웨어 ENVI를 이용하여 화소(pixel) 단위 이하로 직접 독취하였다. 본 연구를 위해 작성된 프로그램(CNU)의 수행성 평가를 위해 상용 영상처리 소프트웨어 ERDAS IMAGINE 8.5를 사용하여 획득한 결과와 비교·분석하므로써 정확도 검증을 수행하였다. 검증을 통하여 얻은 RMSE는 경도, 위도, 고도에서 각각 0.000021°, 0.000024°, 0.192090m 이고 이러한 값들은 본 연구의 수행을 위해 필요한 정확도를 갖는다고 판단되며 추출된 지상좌표 편차결과는 좌·우 영상좌표에 따른 (ERDAS 결과값 - CNU결과값)의 형태로 표 2에 제시하였다.

표 2. 3차원 모델링 결과 비교 (CNU 모델링 결과와 ERDAS Imagine 모델링 결과 비교)

점번호		1	2	3	4	5	6	7	8
좌영상	Line	619.9	5538.4	7211.1	2238.6	1880.9	1689.7	6003.9	5905.6
	Sample	6022.1	5098.3	3089.1	853.6	4402.9	718.7	5693.7	396.2
우영상	Line	619.7	5538.5	7211.1	2238.7	1880.9	1689.9	6004.0	5905.5
	Sample	6043.6	5089.7	3089.4	814.5	4428.5	746.3	5719.9	406.2
ERDAS	경도(deg)	127.016800	127.069200	127.083000	127.023000	127.027000	127.016300	127.075600	127.062300
	위도(deg)	37.444400	37.427000	37.406200	37.395500	37.483100	37.451000	37.486900	37.440200
	고도(m)	71.380500	111.940300	100.205100	154.450300	64.633900	62.214800	64.063400	87.119400
CNU	경도(deg)	127.016806	127.069180	127.082964	127.022980	127.026995	127.016331	127.075616	127.062284
	위도(deg)	37.444403	37.426989	37.406222	37.395500	37.483098	37.450974	37.486854	37.440236
	고도(m)	71.359120	112.120313	100.294475	154.707831	64.719292	62.592373	64.196867	86.976746
편 차 (ERDAS-CNU)	경도(deg)	-0.000006	0.000020	0.000036	0.000020	0.000005	-0.000031	-0.000016	0.000016
	위도(deg)	-0.000003	0.000011	-0.000022	0.000000	0.000002	0.000026	0.000046	-0.000036
	고도(m)	0.021380	-0.180013	-0.089375	-0.257531	-0.085392	-0.377573	-0.133467	0.142654

4. 지상기준점(GCP)을 이용한 정확도 분석

검증된 3차원 지상자료 추출 프로그램에 의해 산출한 3차원 지상좌표성과와 동일지점에 대한 GPS 측량성과와의 편차를 비교하므로써 지상기준점의 수량과 배치 및 타원체고 변화에 따른 IKONOS 위성영상의 기하학적 정확도를 분석하였으며 본 연구에서는 총 52점에 대하여 지상기준점 20점과 검사점 32점으로 분할 사용하였다.

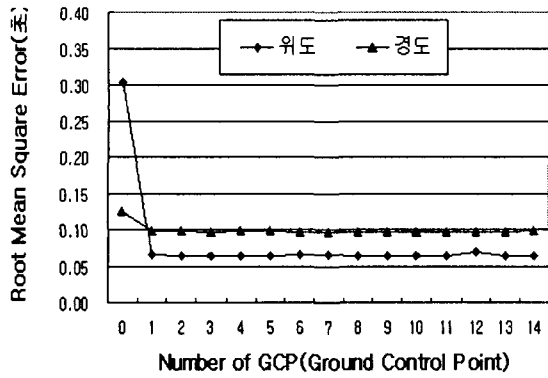


그림 5. GCP 수에 따른 정확도 분석 (경·위도)

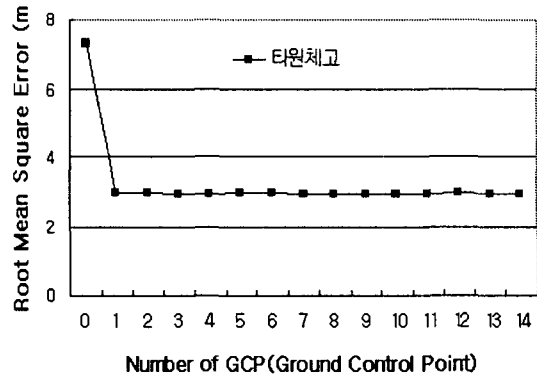


그림 6. GCP 수에 따른 정확도 분석(타원체고)

그림 5와 6은 IKONOS 위성영상의 기하학적 정확도 보정을 위해 실시한 실험의 결과로 지상 기준점의 수에 따른 정확도 변화를 나타내고 있다. 검사점 RMSE의 평균은 지상기준점이 없을 때 위도에서 0.303초, 경도에서 0.127초, 타원체고에서 7.303m의 다소 큰 오차를 보여주었지만 지상기준점이 존재할 경우에는 위도에서 0.065초, 경도에서 0.097초, 타원체고에서 2.950m로 정확도가 크게 향상됨을 확인할 수 있었으며 기준점의 수를 14점까지 증가시켜 분석을 수행하였을 경우에도 정확도의 향상은 나타났으나 1점을 사용하였을 경우와 거의 동일한 결과를 나타내었다. 이로부터 IKONOS 위성영상의 기하학적 정확도 보정을 위해서는 많은 수의 지상기준점을 사용하지 않고 단 1점의 지상기준점만을 사용하여도 충분한 요구정확도를 얻어낼 수 있다는 사실을 확인하였다. 이는 IKONOS 위성영상이 RPC 자료에 일정한 경향의 위치 편의를 가지고 있어 영상내의 3차원 정보들이 임의의 경향을 나타내며 Shift 되어 있음을 의미하는 것으로 사료된다.

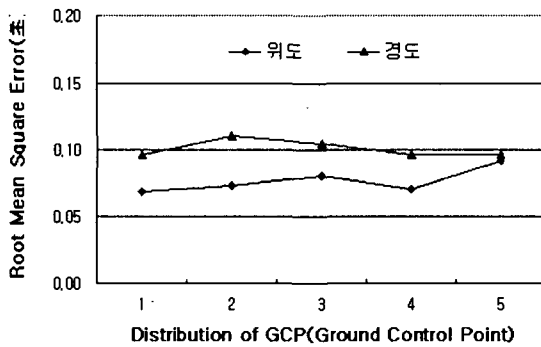


그림 7. GCP 배치에 따른 정확도 분석 (위·경도)

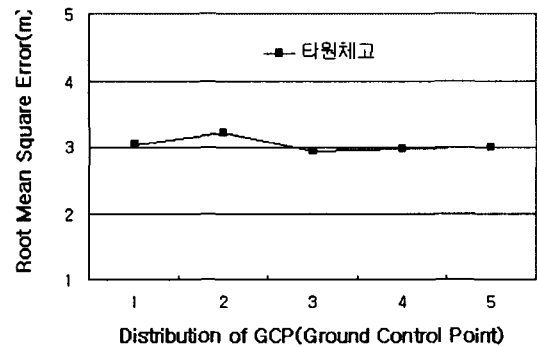


그림 8. GCP 배치에 따른 정확도 분석 (타원체고)

그림 7과 8은 지상기준점의 배치에 따른 정확도의 변화를 분석하기 위한 연구결과로서 지상기준점 1점을 사용하여 전체 영상내의 중앙(분포1), 좌측상단(분포2), 우측상단(분포3), 좌측하단(분포4), 우측하단(분포5)의 총 5곳을 선정하여 분석을 수행하였으나 정확도의 향상은 기대할 수 없었으며 이러한 결과는 IKONOS 위성영상 전체에 걸쳐 임의의 량의 편의 경향을 나타내고 있으므로 지상기준점의 배치 양상에 따라 정확도에는 큰 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

지상기준점의 선정시 지형적 특성에 대한 특징을 파악하기 위해 고도 변화가 잘 반영된 지상기준점 20점을 사용하여 검사점들의 변화량을 확인하였다(그림 9,10).

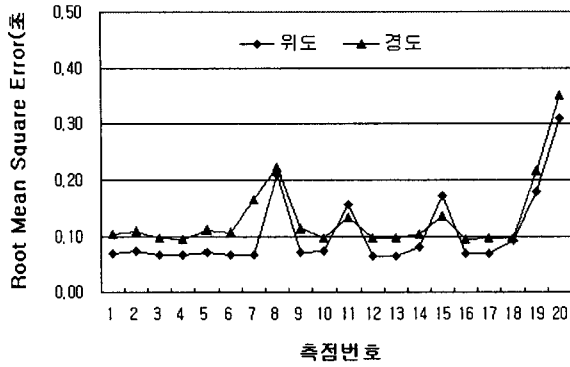


그림 9. 타원체고 변화에 따른 정확도분석(위·경도)

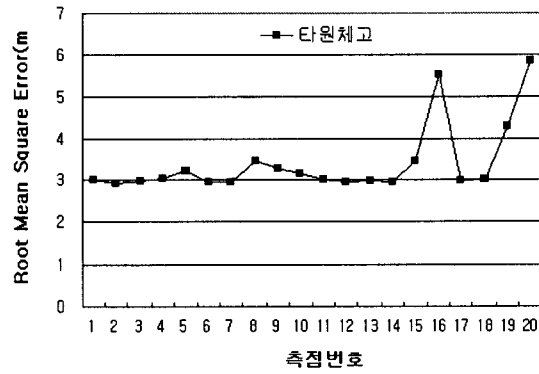


그림 10. 타원체고 변화에 따른 정확도분석(타원체고)

도심지 평지 측점인 8, 11, 15번은 위도, 경도에서 다소 큰 편차를 보이고 있으며, 경사가 급한 지역의 측점 16번은 위도, 경도의 편차에 비해 타원체고에서 큰 오차를 보이는데, 이는 모두 영상점 측정오차에서 기인된 것으로 사료된다. 또 측점 19, 20번은 대전광역시에 위치한 보문산내의 점으로 성과 관측시 어려움이 있었던 곳이다. 이러한 측점들은 산악지형에 분포되어 있는 점들로서 영상내에서 식별이 곤란하였고 현지측량시에도 선점한 측점들의 위치를 파악하는데 있어 오차를 포함할 것으로 판단되며 이들의 측정오차로 인해 발생한 것으로 추측된다. 이러한 결과는 IKONOS 위성영상의 기하보정에 있어 표고에 따라서는 큰 영향이 없었으며 지상기준점을 선점하는데 있어서의 중요성을 확인시켜주었다. 즉, 영상내 식별이 어려운 복잡한 도심이나 산악지형보다는 시야가 좋고 위치 식별이 용이한 측점들을 사용하는 것이 정확도 향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구는 3차원 지상자료 추출 프로그램을 구현하고 이를 통한 3차원 지상좌표 추출시 발생하는 오차를 지상기준점에 의한 보정을 위하여 지상기준점의 수와 배치에 따른 위성영상의 기하학적 정확도 분석을 수행함으로써 고해상도 위성영상을 이용한 측정정확도 및 효율성을 향상시키고자 한 것으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) IKONOS 위성이 제공하는 RPC(Rational Polynomial Coefficients) 정보를 이용하여 상용 영상 처리 프로그램보다 사용이 용이한 3차원 지형정보 추출 프로그램을 구현하였으며 이에 대한 정확도 검증을 실시하여 IKONOS 영상에 의한 지형의 3차원 모델링을 위해 충분한 측정정확도를 확보할 수 있었다.
- 2) IKONOS 위성영상의 기하학적 정확도를 보정하기 위하여 많은 수의 지상기준점을 사용하지 않고 단 1점의 GCP 사용으로도 충분히 정확도를 향상시킬 수 있으며 그 배치 양상에는 영향을 받지 않고 있음을 확인할 수 있었다.
- 3) 지상기준점을 통한 IKONOS 위성영상의 정확도 보정시 고도에 따른 영향은 거의 받고 있지 않으며 지상기준점 선점에 대한 중요성을 확인하였다. 즉, 지상기준점 선점시 영상내 식별이

어려운 산악지형보다는 시야가 좋고 영상내 식별이 확실한 측점의 지상기준점을 선점하는 것이 정확도 향상에 기여한다고 판단된다.

감사의 글

본 연구의 수행에 필요한 영상(IKONOS)데이터 자료 제공에 협조하여 주신 e-HD.com에 감사드립니다.

참고문헌

1. 이재빈 외 3인, "IKONOS 위성영상의 RFM을 이용한 3차원 지형자료의 구축에 관한 연구", 대한토목학회 학술발표논문집 CD-ROM, 2001.
2. 안기원 외 2인, "고해상도 인공위성 영상데이터의 기하보정을 위한 RFM의 적용", 한국측량학회지 제 20권 2호, 2002.
3. MxGlone. C, "Sensor modeling in image registration. In : Greve CW. Digital Photogrammetry", ASPRS, 1996.
4. Parker. J, "The Advantages of In-Track Stereo Acquisition from High-resolution Earth Resources Satellites", ASPRS, 1997.
5. Open GIS Consortium, "Topic 7 : The Earth Imagery Case", pp. 99~107, 1999.
6. Gene Dial, "IKONOS Satellite Mapping Accuracy", ASPRS, 2000.
7. C. Vincent Tao, Yong Hu, "Investigation On The Rational Function Model", ASPRS, 2000.
8. Toutin. T, P. Cheng, "Demystification of IKONOS", Earth Observavtion Magazine, Vol. 9, No. 7, 2000.
9. Space Imaging, "Space Imaging Catalog of Products and Services", Volume 1 Supplement, CO, 2000.
10. Kaichang Di, Ruijin Ma, Ron Li, "Deriving 3-D Shorelines From High Resolution IKONOS Satellite Images With Rational Functions", ASPRS, 2001.