

항공사진을 이용한 수치표고모형 생성과 활용방안

Utilization Methods and Generation DEMs by Using Aerial Photographs

최 현*, 홍순헌**

경남대학교 토목공학과*, 부산대학교 산업토목학과**

Hyun Choi(hchoi@kyungnam.ac.kr)*, Soon-Heon Hong(hsh1963@pusan.ac.kr)**

요약

기상이변으로 매년 발생하는 홍수는 산사태를 유발한다. 그리고 지진으로 인해 발생하는 지형의 변화는 기존의 수치지도로 지형분석이 불가능하게 된다. 본 논문은 지형의 변화가 발생하였을 경우 신속하게 항공사진을 수치화 한 후 수치표고모형을 생성하고 그 활용방안에 관한 연구를 수행하였다. 항공사진을 수치화 하여 수집된 입체영상으로 수치표고모형의 생성이 가능하였으며 생성된 수치표고모형의 표준편차는 0.864m로 다소 높게 나타났으나 실제 지형을 반영하고 있는 것으로 나타났다. 연구결과 지형변화가 발생했을 경우 항공사진으로 수치표고모형의 생성이 가능할 것으로 보인다.

■ 중심어 : | 수치지도 | 항공사진 | 수치표고모형 | 입체영상 |

Abstract

The flood caused landslide disaster each year because of climate change. And the change of topography from an earthquake makes topographical analysis impossible. This paper performed an investigation about a utilization methods and generation DEM(Digital Elevation Model) after digital aerial photographs quickly when the topographical change happens. Stereo imagery that was collected through digital aerial photographs made a generation of DEM possible. A standard deviation of generated DEM is 0.864m which is somewhat high but shows the real topography. As a result, it should be possible to generate DEM by using aerial photographs in case of the change of topography.

■ keyword : | Digital Map | Aerial Photographs | DEM(Digital Elevation Model) | Stereo Imagery |

1. 서론

최근 기상이변으로 매년 발생하는 홍수는 산사태를 유발하고 있으며 지각변동으로 인한 지진으로 인한 지형변화는 기존의 수치지도로는 지형분석이 불가능하게 된다.

과학 기술의 발달로 신속한 지형분석을 위해 효율적인 지형자료 수집, 처리 그리고 분석을 위해서 많은 방법이 도입되고 있으며 가장 효율적인 지형정보를 획득하는 방법으로 LiDAR(Light Detector and Ranging) 데이터를 들 수 있다[1]. 그러나 LiDAR 데이터는 최근에 측량비용

* 본 연구는 2007년도 경남대학교 학술장여금을 지원받았습니다.

이 많이 낮아 졌으나 아직까지는 접근이 쉽지 않으며 시간적, 경제적 비용이 만만치 않은 것이 현실이다. 이와 같은 문제로 인하여 항공사진을 이용한 각종분석에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다[2-4].

수치표고모형의 생성은 지형도의 등고선이나 항공사진을 이용하여 반자동으로 이루어지고 있으며 인공위성 영상자료를 활용한 연구도 이루어지고 있다[5]. 우리나라에서의 항공사진에 의한 수치정사사진제작에 관한 연구로 미분편위수정에 대한 연구로 PC와 광학주사기를 이용하여 항공사진을 정사투영으로 제작한 것이 처음이다[6]. 최근에는 항공영상에서 그림자 경계 탐색 및 복원 기법에 관한 연구가 이루어졌으며, 소규모지역에서의 3차원 정사사진 구현을 위한 GPS와 EDM의 적용에 관한 연구가 이루어 졌다[7][8].

항공사진은 상대적으로 높은 지상분별력을 가지고 있기 때문에 지형지물에 대한 이해를 쉽게 할 수 있을 뿐만 아니라 동일한 지역에 대해 주기적인 촬영이 가능하므로 그 지역의 시간에 따른 변동 상황을 파악하는데 아주 유용한 자료로 활용이 가능하다. 그리고 현재 공공기관에서는 각각의 이용목적에 따라 일정한 축척의 항공사진을 주기적으로 수집하기 때문에 상대적으로 쉽게 접근이 가능하다고 할 수 있다. 이와 같은 장점에도 불구하고 아직까지 보안, 유통상의 문제로 활성화 되지 못하고 있으며, 자료를 이용하는데 있어 관련된 전문지식을 요하기 때문에 활용도가 떨어지고 있다. 각 기관에서 주기적으로 획득하는 항공사진은 아직 까지 육안 관독을 하는 것이 대부분이며 사진 자료의 형태 또한 필름이나 인화지 형태로 되어 있기 때문에 효율적인 관리가 이루어 지지 못하고 있다. 국토지리정보원, 지방자치단체, 정부투자기관에서 보유하고 있는 항공사진은 약 100만매에 이르고 있으며 보관, 관리비용증대, 시간경과에 따른 품질저하 등의 문제를 해결하기 위해 항공사진의 수치화를 수행하고 있으나 그 활용도는 극히 미미하다고 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 항공사진을 수치화 한 다음 전처리 후 수치표고모형(DEM; Digital Elevation Model)을 생성하고 활용방안에 대해서 연구하고자 한다.

II. 본 론

1. 항공사진의 일반적인 특성

항공사진은 정사투영방식을 취하고 있는 지도와는 달리 중심투영방식을 취하고 있다. 중심투영은 투영중심점이 위치한 사진의 중심부에서는 지도와 비슷한 형태를 나타내지만 사진의 외곽으로 갈수록 지형지물의 상이 옆으로 기울게 된다. 이와 같이 항공사진은 몇 가지 요인에 의해 영상자료의 절대위치차이를 나타내는 기하학적 왜곡이 발생하게 되는데 왜곡의 원인을 살펴보면 항공기의 자세, 지표중심과 주점과의 왜곡, 렌즈왜곡, 필름의 평탄성, 필름의 신축, 대구굴절, 스캐닝 정밀도 등으로 나타난다.

획득된 수치항공사진은 사진측량시스템, 태양광등 여러 가지 요인에 의해 왜곡이 발생하게 되는데 촬영 당시의 상태로 변환하는 작업을 수치영상의 전처리라 한다. 전처리에는 기하보정과 방사보정이 있다. 방사보정은 대상지역에 대한 영상자료를 취득하는 과정에서 여러 가지 원인에 의하여 지표의 밝기값 변화나 노이즈가 발생하며 이는 모자이크 처리 시 접합오류나 전체영상에 시각적인 이질감을 발생 시키므로 밝기값 조정이나 노이즈 제거와 같은 영상개선기법을 적용해야 한다. 영상에서 시각적인 이질감을 제거하기 위해서는 모자이크 전 단계에서 영상의 상호 밝기값에 대한 보정이 이루어 져야 한다. 입력된 영상에 대한 전체적인 영상소의 밝기를 조정하기 위해서는 기준 영사의 영상소 범위에 맞추어 나머지 영사의 영상소 값 범위를 조정한다. 기하보정은 수치사진과 렌즈의 투영중심 그리고 대상물간의 기하학적 관계를 이용하여 대상물이 지니고 있는 특성을 분석하는 기본원리는 중심투영을 기준으로 사진과 대상물간의 상관관계를 해석하는 것으로 공선조건식, 광속조정법, 에피플라기하학(Epipolar Geometry) 등의 이론에 의해 해석된다[9].

2. 에피플라기하학

에피플라기하학은 수치사진측량에서 가장 기본적인 처리과정 중의 하나이며 수치사진측량 기술의 발달과 더불어 입체사진에서 공액점을 찾는 공정은 점차 자동화되어 가고 있으며, 공액요소 결정을 위해 이용된다.

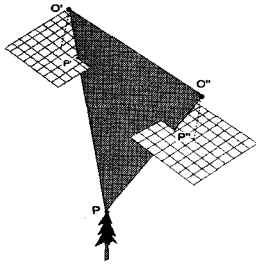


그림 1. 에피폴라 기하학

[그림 1]과 같이 두 장의 사진이 중심투영으로 취득되었을 때, 각 사진의 투영 중심 O' , O'' 과 지상점 P 를 연결하면 하나의 평면이 형성된다. 이와 같이 형성된 면을 공면이라고 하며, 공면이 사진면과 교차되었을 때 생기는 선분을 공선이라고 한다.

사진 위에 나타난 두 점 P' , P'' 를 연결한 선은 비행 방향과 평행하게 되는데 이를 에피폴라라기라고 한다. 두 장의 사진을 이용하여 에피폴라기하 영상을 구현하는 방법에는 독립적 상호표정인자와 종속적 상호표정인자를 이용하는 방법으로 나눌 수 있다. 모델공간에서 항공삼각측량을 이용하여 각 사진에서의 외부표정요소를 동시에 구할 경우, 각 사진은 서로 다른 투영중심의 좌표를 가지게 되며 각 모델마다 기선의 회전요소를 고려해야 하므로 종속적 상호표정인자를 이용한 에피폴라영상 구현과 동일한 방법을 사용한다. 에피폴라 기하영상 구현 과정은

- ① 사진좌표와 영상좌표의 좌표변환 매개변수 결정
- ② 독립적·종속적 상호표정 또는 항공삼각측량을 수행하여 외부표정인자 결정
- ③ 표정요소를 이용한 회전매트릭스 계산
- ④ 직접투영변환과 역투영 변환계수 결정
- ⑤ 투영변환식을 이용하여 에피폴라영상 생성으로 나눌 수 있다.

에피폴라기하 영상을 구현 후 다중영상접합의 표정을 실시해야 한다. 다중영상정합의 표정(Orientation)이란 여러 다른 사진들과 대상물에 관련된 각 사진의 카메라 위치와 회전요소에 대한 계산이며, 표정점에 대한 대상

물 좌표를 계산하는 것으로서 내부표정과 외부표정으로 구분할 수 있다.

III. 수치표고모형생성

1. 수치표고모형 생성방법

항공사진처럼 필름형태로 존재하는 영상을 수치표고모형을 생성하기 위해서는 전용스캐닝을 통한 수치화 과정이 필수적이다. 최근에는 항공사진측량용 디지털카메라가 개발되었으나 초기비용이 많이 들기 때문에 아직까지는 우리나라에서는 거의 보급되지 못하고 있다. 그러나 유지비용이나 작업 과정의 간소화로 정확도의 향상면에서는 많은 장점을 가지고 있기 때문에 머지않아 항공사진측량용 디지털 카메라가 보급될 것으로 판단된다. 수치화된 영상을 취득한 후에는 표정요소를 구하기 위해 표정작업을 해야 한다. 표정작업에는 내부표정과 외부표정, 항공삼각측량이 있다. 표정을 마치고 나면 수치도화와 수치표고모형생성이 가능하다. 본 연구의 작업과정을 요약하면 [그림 2]와 같다.

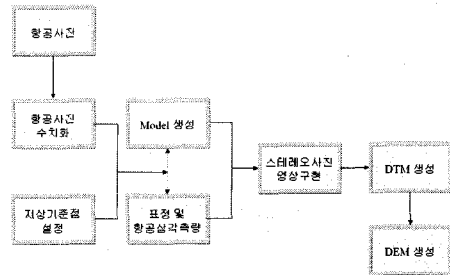


그림 2. 연구 방법

2. 수치표고모형생성을 위한 항공사진 취득

본 연구에서는 수치화된 항공사진(1/20,000)을 이용하여 수치표고모형생성에 관한 연구로 경상남도 창원시 북면에 위치하고 있는 2001년 12월에 촬영된 항공사진을 획득하였다. 항공사진의 정보는 [표 1]에서 보는바와 같으며 촬영고도는 3070.54m이고 초점거리는 153mm, 촬영에 이용된 항공사진용 카메라는 RMK TOP15기종이다. [그림 3]은 취득된 항공사진을 보여준다. [그림 4]은

수치항공사진의 기하보정을 위해 사용된 수치지도이다.

표 1. 이용된 항공사진 기본 정보

대상지역	경상남도 창원시 북면
사진축척	1 : 20,000
초점거리	153mm
촬영고도	3070.54m
촬영카메라	RMK TOP 15
촬영년도	2001. 12. 3
자동측취기 기종	Intergraph PhotoScan TD

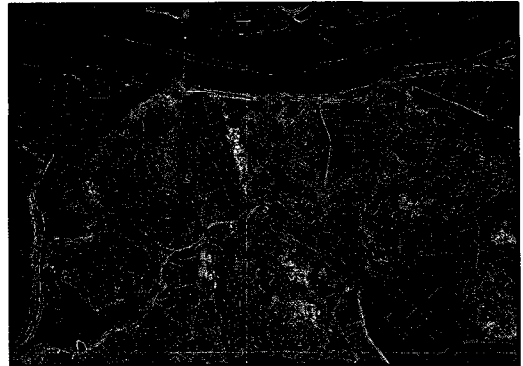
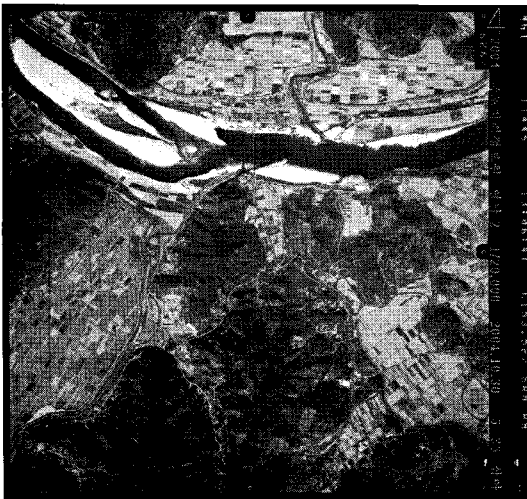
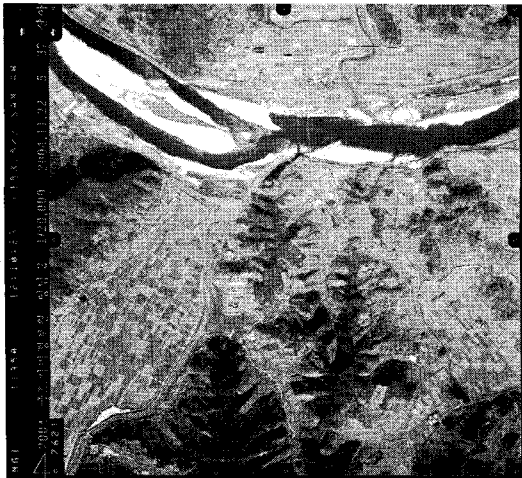


그림 4. 기하보정을 위한 수치지도(1/5,000)



(a) 좌측영상



(b) 우측 영상

그림 3. 연구에 이용된 항공사진(1/20,000)

기하보정을 위해서는 GPS, 광파기 등의 측량장비를 이용하여 삼각수준측량을 실시하여 획득된 지상기준점을 활용하여야 정밀한 수치표고모형을 제작할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 신속한 수치표고모형의 생성방안에 관한 연구이므로 삼각수준측량과정을 생략하고 수치지도를 활용하여 항공사진의 정사보정을 위해 필요한 지상기준점을 수치지도로부터 추출하였다. 수치지도의 정확도 규정을 살펴보면 표준편차는 수평 1.0m, 수직 0.5m 이고 최대오차는 수평 2.0m, 수직 1.0m이다. 따라서 수치지도를 활용하더라도 개략적인 수치표고모형의 생성은 가능할 것으로 판단된다. 지상기준점은 항공사진의 정사보정 작업 시 영상 자료의 위치보정을 위한 기초자료로 활용되기 때문에 정밀도가 작업 전체 정밀도 유지에 절대적인 영향을 미친다. 따라서 지상기준점의 선정 시 최대한 정확도 유지에 주의를 기울여야 하며, 한 화소이내의 위치 정보를 획득할 수 있도록 영상과 수치지도를 10 배 이상 확대하여 작업을 수행하였다.

3. 항공사진 표정

본 연구는 항공사진을 이용해서 수치표고모형(DEM)을 생성하는 것으로 자연재해로 인해 지형이 변한지역에서의 지형정보를 신속하게 획득하고자 함에 목적이 있다. 기존의 수치지도는 짧게는 3년부터 길게 5~7년 정도 지난 노후화된 지형자료들로 변화하게 마련이다. 또한 공사현장에 따른 중·소규모지역의 지형지물 변화는 시시각각으로 바뀌고 있는 실정이므로 정확한 지형정보를 취득하기 위해서는 제약이 따른다. 이러한 문제를 해

결하기 위해서는 기존의 수치지도보다 항공사진을 이용해서 3차원 지형정보를 획득하는 것이 효율적으로 판단된다. 본 연구에서는 Intergraph의 수치사진측량시스템인 MicroStationV8기반으로 구동되는 Image-Station Z을 이용하여 수치표고모형을 생성하였다.

3.1 내부표정

영상에서 관측된 대상물의 영상좌표를 카메라의 투영 중심을 원점으로 하는 사진 좌표로 변환하는 과정이며 대응되는 4점 이상인 사진지표의 영상좌표와 사진좌표를 사용하여 최소제곱법으로 좌표변환식의 계수를 결정하여 8점을 선택하였다. 내부 표정 하는 과정은 [그림 5]에서 나타내었다.

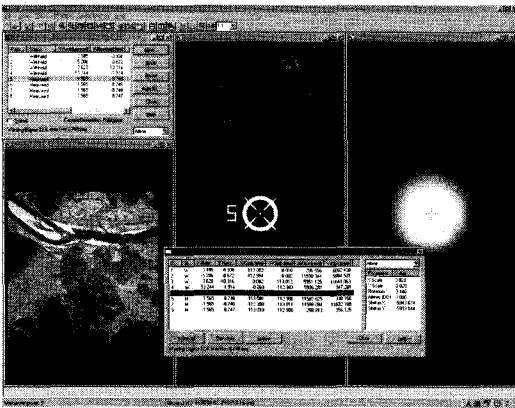


그림 5. 내부표정 작업과정

3.2 외부표정

외부표정은 입체모형을 구성하는 두 장의 사진 사이의 상대적 위치관계를 결정하는 과정으로 5개의 상호표정요소를 결정하는 과정도 이에 포함된다. 입체모형에 나타나는 y-parallax를 제거함으로써 임의의 공간상에 3차원 입체서 구현이 가능하다. [표 2]는 외부표정결과를 나타낸다.

표 2. 외부표정 결과

ID	camera(mm)		Observed(pixel)		Residuals(um)	
	x	y	x	y	vx	vy
1	113.003	0.01	296.656	6002.438	3.185	-0.938
2	-112.994	0.002	11590.34	5984.531	-5.206	-0.672
3	0.002	113.012	5951.125	11641.06	3.628	-10.316
4	-0.06	-112.983	5936.281	347.281	53.244	-1.914
5	112.998	113.013	304.719	11648.91	1.565	8.748
6	-113.001	-112.98	11582.63	338.156	1.565	8.748
7	-112.998	113.011	11598.09	11632.19	-1.565	-8.748
8	113.01	-112.988	288.813	356.125	-1.565	-8.747

[그림 6]은 상호표정의 작업 모습이다. 상호표정을 통해 모든 시차가 소거된 한 쌍의 사진은 완전한 실체 모델을 형성하게 되지만, 이 모델은 왼쪽 사진을 고정시킨 상태에서 두 사진의 상대적인 관계를 규정한 것이므로 축척과 수평이 제대로 맞지 않으며, 실제의 지형과 정확한 상사관계를 이루지 못하고 있다. 따라서 이 모델을 실제 지형과 일치시키기 위해서는 3차원 가상 좌표인 모델좌표를 대상 좌표(Object Space Coordinate System)로 변환하는 과정이 필요하며 이러한 과정을 절대표정이라 한다.

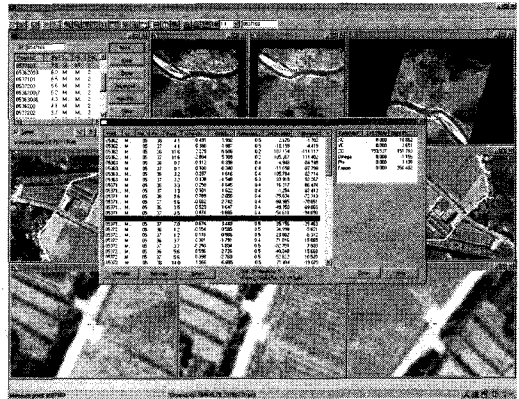


그림 6. 상호표정 작업과정

[그림 7]은 지상기준점을 찍어주는 과정으로 지상기준점(GCP)의 좌표와 종류(Full, Planar, Vertical) 등을 알맞게 설정하는 과정을 나타낸다.

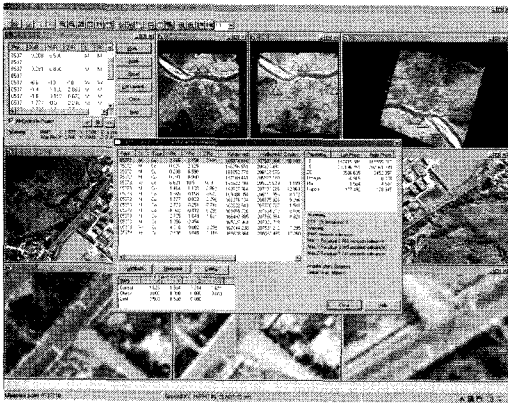


그림 7. 절대표정 작업과정

3.3 수치표고모형 생성

[그림 9]은 항공사진에서 추출된 지형데이터를 Dwg파일로 변환 후 AutoCad상에 디스플레이된 것이다. 본 연구에서는 사실적인 지형의 재현을 위해 불규칙삼각망모델(TIN; Triangulated Irregular Networks)을 이용하였다.

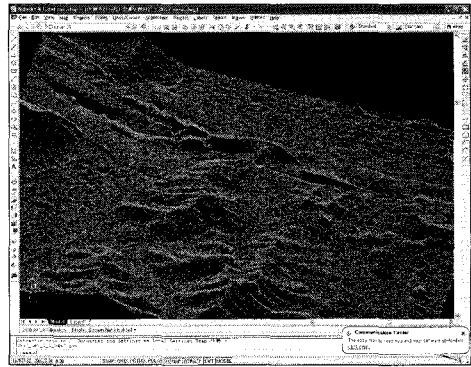
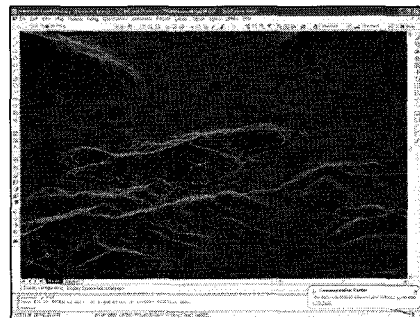
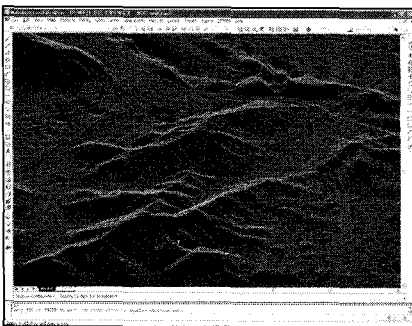
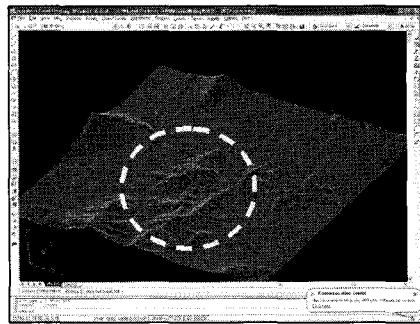
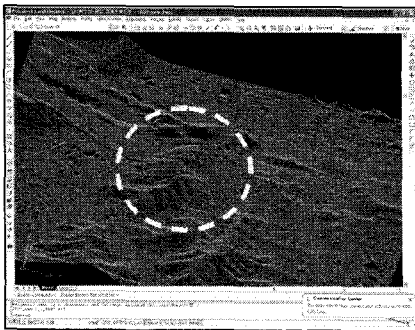


그림 9. Auto CAD에서 나타낸 수치표고모형

불규칙 삼각망은 인접하고 겹쳐지지 않는 삼각형 면을 이용하여 표면을 나타내며 생성하는데 많은 시간이 걸리기 때문에 처리과정이 격자모형 보다 비효율적이다. 격자모형은 지역단위의 소축척에서 많이 이용되고, 불규칙 삼각망 모형은 보다 자세한 대축척에서 이용된다.

만일 소스데이터의 위치가 정확하지 않거나 도로, 하



(a) 항공사진에서 생성된 수치표고모형

(b) 수치지도에서 생성된 수치표고모형

그림 8. 생성된 수치표고모형의 지형형상 비교

친과 같은 선형 형상들을 정확하게 나타낼 필요가 없다면 격자모형을 이용하는 것이 좋으며, 소스데이터의 정확도를 유지하고 정확한 선형 형상들을 나타낼 필요가 없다면, 불규칙 삼각망 모형을 이용하는 것이 좋다. [그림 8]의 (a)는 항공사진에서 생성된 수치표고모형을 확대한 것이고 (b)는 수치지도에서 생성된 수치표고모형을 확대한 것이다.

3.4 수치표고모형의 표준편차 분석 및 고찰

생성된 수치표고모형의 정확도를 분석하기 위해 1/5,000 수치지도에서 생성된 수치표고모형과 중첩시켜 무작위 방식으로 20점을 측정하여 분석을 실시하였다. 최소 0.01m에서 최대 1.53m의 오차를 보였으며 표준편차는 0.864m로 나타났다. 항공사진측량작업 내규 66조에서 제시한 표고점에 대한 표준편차는 0.5m 이나 본 연구에서는 지상기준점을 수치지도를 참조하였기 때문에 편차가 다소 크게 나타난 것으로 판단된다. 비록 편차가 다소 발생하였으나 수치지도에서 생성된 수치표고모형과 비슷한 지형형상을 보이므로 실제지형을 반영한다고 할 수 있다.

표 3. 생성된 수치표고모형의 편차 분석 (단위:m)

TM 좌표				
X	Y	Z1 (수치지도)	Z2 (항공사진)	ΔZ
165462.042	206299.651	6.63	5.97	0.66
165190.885	205160.836	16.59	17.45	-0.86
169180.900	208907.275	9.17	9.07	0.10
168548.337	209251.115	2.59	3.14	-0.55
169261.279	207977.093	12.33	11.87	0.46
169174.547	206863.188	13.87	14.51	-0.64
168450.246	206819.133	11.21	12.31	-1.10
169328.956	205456.500	11.23	10.21	1.02
168245.291	205014.654	29.65	31	-1.35
166263.711	207152.765	4.85	4.51	0.34
166149.428	205672.404	12.47	13.21	-0.74
167552.810	208556.649	1.71	3.17	-1.46
167401.252	206903.870	76.62	75.14	1.48
167769.745	208956.168	7.14	6.51	0.63
167796.950	208926.841	6.46	5.99	0.47
166703.901	207234.385	5.98	7.51	-1.53
167220.013	205142.498	37.16	37.15	0.01
167534.720	209073.278	5.05	5.09	-0.04
167383.267	208825.874	10.25	10.17	0.08
165206.122	208183.748	5.99	5.8	0.19
표준편차				0.864

3.5 수치항공사진의 활용방안

현재 항공사진의 이용은 국토관련정책의 효율적인 수립, 자연/인문/사회과학분야 연구자료, 소송관련자료, 국방목적 활용, 국토변화에 따른 각종 행정서비스등에 국한되어 활용되어 오고 있다.

최근 발표된 제 3차 국가 GIS기본계획에 따라 3차원 GIS에 대한 관심이 어느 때보다 높아지고 있다. 특히 수치표고모형의 활용은 가시권분석, 수리수문해석, 각종 지형수치 모델링, 3차원 입체지형도 제작등 많은 부분에서 활용을 하고 있으며 최근에는 컴퓨터의 발달로 3D-GIS의 기본 자료로도 활용이 되고 있다. 그러나 대부분의 수치표고모형은 수치지도로부터 생성되고 있기 때문에 각종자연재해에 따른 지형이 변형이 되었을 경우 수치표고모형을 생성하기 위해 GPS, 광파기 등을 활용하여 지형자료를 획득하게 되는데 시간적·경제적 손실이 크게 된다. 또한 인공위성영상으로부터 생성하는 방법이 있으나 고정밀 수치표고모형을 생성한다는 것은 거의 불가능에 가깝다고 할 수 있다. 따라서 지형변화가 발생한 곳에 대한 정보를 획득하기 위해서는 의 항공사진을 활용한다면 경제적이고 신속한 수치표고모형의 생성이 가능할 것이다. 그리고 다년간 축적된 항공사진을 분석한다면 기보관된 자료만으로도 지형변화의 경년변화 분석으로 무허가건축물 판독, 비건물, 부수, 옥탑 시설 등의 비(比)건물의 경우에도 판독이 가능할 것으로 보인다.

IV. 결론

본 연구는 항공사진을 이용한 수치표고모형 생성과 활용방안에 관한 연구이다. 항공사진을 수치화 하여 수집된 입체영상으로 수치표고모형의 생성이 가능하였으며 생성된 수치표고모형의 편차는 0.864m로 다소 높게 나타났다. 그러나 실제 지형을 반영하고 있는 것으로 판단된다. 생성된 수치표고모형은 지형정보의 중요한 기본 자료로 쓰이게 되며 그 자체로도 국토개발에 활용되며 군사용으로도 용도가 크며 최종적인 정밀수치정사사진제작이 가능하다.

수치표고모형은 지형을 격자형태로 만들어 각 좌표점

마다 지형 정보가 계산되는데, 여기에는 높이, 경사 및 방향 등이 포함되기 때문에 수문학적 (Hydrological)인 분야뿐만 아니라, 국토계획으로부터 토사붕괴와 홍수 피해지역 예측 등의 각종 지형관련 업무에 이용될 수 있을 것으로 보인다. 그리고 다년간 축적된 항공사진을 분석하여 기존에 보관된 자료를 효율적으로 활용한다면 지형 변화의 경년변화분석으로 무허가건축물 판독, 비건축물, 옥탑 시설 등의 비(比)건축물의 경우에도 판독이 가능할 것이다. 또한 유적 탐사와 인공위성영상의 정밀한 기하 보정도 가능 할 것이다.

참고 문헌

[1] 김형태, 심용운, 박승룡, 김용일, "LIDAR데이터를 이용한 수치정사사진의 제작", 한국측량학회지, 제 20권, 제2호, pp.33-39, 2002.

[2] 최현, 강인준, 홍순헌, 박동성, "항공사진을 이용한 수치지적도의 수정 및 갱신", 한국측량학회지, 제 19권, 제4호, pp.357-363, 2001.

[3] 유복모, 진경혁, 유환희, "항공사진을 이용한 3차원 도시모형생성", 한국측량학회지, 제23권, 제3호, pp.233-238, 2005.

[4] 권혁춘, 이병걸, "산악지역에서의 수치사진측량에 의한 DEM추출과 GIS를 이용한 3차원 도시모델레이션에 관한 연구", 한국측량학회지, 제24권, 제1호, pp.123-130, 2006.

[5] L. Zhang and A. Gruen, "Automatic DSM Generation form Linear Array Imagery Data," IAPRS, Vol.34, Part B3, 2004.

[6] 김광래, 황보상원, 임건혁, 박세진, "항공사진에 의한 수변구역 수치정사영상지적도 제작에 관한연구", 한국측량학회지, 제22권, 제4호, pp.349-357, 2004.

[7] 정용주, 장영운, 최연웅, 조기성, "항공영상에서 그림자 경계탐색 및 복원기법연구", 한국측량학회지, 제26권, 제4호, pp.327-334, 2006.

[8] 최현, "소규모지역에서 3차원 정사사진 구현을 위한 GPS와 EDM의 적용", 한국해양정보통신학회 논문지, 제10권, 제5호, pp.890-896, 2006.

[9] Z. Zhang, R. Deriche, O. D. Faugeras, and Q. T. Luong, "A robust technique for matching two uncalibrated images through the recovery of the unknown epipolar geometry," Artificial Intelligence, Vol.78, pp.87-119, 1995.

저자 소개

최 현(Hyun Choi)

정회원



- 1998년 2월 : 부경대학교 토목공학과(공학사)
- 2004년 2월 : 부산대학교 대학원 토목공학과(공학박사)
- 현재 : 경남대학교 토목공학과 전임강사

<관심분야> : 사진측량, GIS, 도로공학, 원격탐사

홍 순 헌(Soon-Heon Hong)

정회원



- 1985년 3월 : 동아대학교 토목공학과(공학사)
- 1993년 3월 : 동아대학교 대학원 토목공학과(공학박사)
- 현재 : 부산대학교 산업토목학과 부교수

<관심분야> : 도로계획, 도시계획, GIS