

연구논문

# 부등각사상변환을 이용한 저고도 UAV 영상의 지형보정 Geocoding of Low Altitude UAV Imagery using Affine Transformation Model

김성삼\* · 정재훈\*\* · 김의명\*\*\* · 유환희\*\*\*\* · 손홍규\*\*\*\*\*

Kim, Seong Sam · Jung, Jae Hoon · Kim, Eui Myoung · Yoo, Hwan Hee · Sohn, Hong Gyo

## 要 旨

위성측량이나 기존의 항공측량에 비해 경제적이면서 기상영향을 덜 받는 저고도 고해상 영상의 취득과 항공사진측량의 많은 수요를 충족하기 위해 신속한 맵핑을 위한 UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 기술 개발이 요구되고 있으며, 특히 효율적인 지형보정에 관한 연구가 중요한 이슈로 부각되고 있다. 그러나, 민간분야 활용을 위한 UAV의 높은 잠재력에 비해 최근까지 직접 지형보정과 같은 사진측량측면에서의 기술개발은 초기 단계에 머물고 있으며, 지속적인 연구와 추가적인 기술개발 노력이 필요하다. 본 연구에서는 최소한의 지상기준점 정보를 이용하여 간편한 부등각사상변환식과 부등각사상변환의 블록조정에 의해 자동으로 저고도 UAV 영상을 기하보정하는 기법을 제안하였으며, 상용 프로그램 처리결과와 비교를 통하여 UAV 정지영상 기하모형식으로서의 적용가능성을 평가하였다.

**핵심용어** : 저고도 UAV, 부등각사상변환, 블록조정, 기하보정, 기하모형, 기하보정, 지상기준점, 신속 맵핑, GPS 측량

## Abstract

There has been a strong demand for low altitude UAV development in rapid mapping not only to acquire high resolution image with much more low cost and weather independent, compared to satellite surveying or traditional aerial surveying, but also to meet many needs of the aerial photogrammetry. Especially, efficient geocoding of UAV imagery is the key issue. Contrary to high UAV potential for civilian applications, the technology development in photogrammetry for example direct georeferencing is in the early stage and it requires further research and additional technical development. In this study, two approaches are supposed for automatic geocoding of UAV still images by simple affine transformation and block adjustment of affine transformation using minimal ground control points and also evaluated the applicability and quality of geometric model compared to geocoded images generated by commercial S/W.

**Keywords** : Low altitude UAV, Affine transformation, Block adjustment, Geometric model, Geocoding, Ground control point, Rapid mapping, GPS survey

## 1. 서 론

지형공간정보를 취득하기 위한 다양한 관측센서와 플랫폼 개발, 대용량의 자료를 처리할 수 있는 컴퓨팅 기술의 발전으로 GIS의 공간영상정보에 대한 중요성이 부각되고 있으며, 다양한 관측시스템에서 취득된 공간영상정보의 활용연구가 활발히 이루어지고 있다. 다양한 관측

센서로부터 수집된 원격탐측 자료로부터 자료처리나 분석을 통하여 지형공간에 대한 필요한 정보를 추출함으로써 국토 및 환경모니터링, 피복 분류나 추출, 대축척 맵핑, 3차원 지형지물 모형화, 자원 탐사 등의 분야에 활용되고 있다.

2004년 이스탄불에서 개최된 ISPRS 학술회의에서 현재와 미래의 UAV 관측센서 조사와 민간 활용분야에 대

2008년 11월 25일 접수, 2008년 12월 23일 채택

- \* 교신저자·연세대학교 건설공학연구소 Post-Doc 연구원 (samskim@yonsei.ac.kr)
- \*\* 학생회원·연세대학교 사회환경시스템공학부 석사과정 (Bk21, lionheart\_kr@yonsei.ac.kr)
- \*\*\* 정회원·남서울대학교 지리정보공학과 전임강사 (kemyoung@nsu.ac.kr)
- \*\*\*\* 정회원·경상대학교 건설공학부 도시공학전공 교수 (BK21, ERDI)(hhyoo@gnu.ac.kr)
- \*\*\*\*\* 정회원·연세대학교 사회환경시스템공학부 부교수 (shon1@yonsei.ac.kr)

한 분류와 문서화, UAV와 탑재 센서의 성능 조사, 국제 공동체를 위해 ISPRS 조사 결과의 보고 등에 대한 결의안 I.1을 채택한 이후로(Everaerts, 2008), 2008년 베이징에서 개최된 ISPRS 학술회의에서는 「UAV를 활용한 맵핑」이라는 주제로 16편의 논문이 발표되었다. 주요 내용으로 저고도 및 고고도 UAV 플랫폼과 카메라 마운트 개발, GPS/IMU/INS/Laser scanner 등 관측센서 통합을 위한 검정(calibration) 및 정확도 평가, UAV 특성을 고려한 자료처리 및 항공삼각측량 기법 개발, UAV 자료의 대측척 맵핑 등의 연구결과가 발표되었다(Colomina et al, 2008; Nebiker et al, 2008; Wu et al, 2008).

위성측량이나 기존의 항공측량에 비해 경제적이고 기상의 영향을 덜 받으며 저고도에서의 근접촬영과 다양한 각도에서의 고해상 항공영상의 취득과 맵핑을 수행하기 위한 UAV 기술 개발이 요구되고 있으며, 특히 효율적인 지형보정에 관한 연구가 중요한 이슈로 부각되고 있다. 그러나 민간분야 활용을 위한 UAV의 높은 잠재력에 비해 최근까지 사진측량측면에서의 기술개발은 초기 단계에 머물고 있으며, 지속적인 연구와 추가적인 기술개발 노력이 필요하다(Grenzdörffer et al; Masahiko et al, 2008).

본 연구의 사전 연구로서 유환희 등(2006)은 대상지역을 신속하고 경제적으로 관측할 수 있는 저고도촬영시스템을 개발하여 영상자료를 취득하고, 기하보정과 영상모자이크 기법을 적용하여 영상지도를 제작하는 방안을 제시하였으며, 김성삼 등(2007)은 비디오 영상에서 프레임을 추출하고 KLT 연산자를 이용하여 추출된 특징점을 인접프레임에서 추적한 후 영상정합을 수행하여 연속된 비디오 영상을 영상등록하여 영상지도를 제작하였다.

1초당 29.9 프레임으로 저장되는 비디오 영상은 인접 프레임간 중복도가 높은 연속영상을 취득할 수 있어 시설물 조사나 모니터링, 도시 시설물 관리 및 재해 분야에서 현장정보를 신속하게 제공하기 위한 자료로 널리 활용되고 있다. 하지만 정지영상(still image)에 비해 비디오 자료 특성상 처리해야 할 자료가 방대하며, 프레임당 촬영대상 면적이 좁아 광역지역에 대한 영상자료 구축 과정이 다소 복잡하고, 동영상 캡처시 압축방식에 따라 영상의 해상도가 저하되기도 한다. 특히, 화소의 수로 표현되는 영상의 해상도는 카메라 센서와 압축방식에 따라 차이가 있지만 일반적으로 비디오 영상에 비해 정지영상의 해상도가 월등히 높다.

따라서 본 연구에서는 해상도가 높은 UAV 정지영상을 활용하여 직접지형보정(direct georeferencing)을 수행할 수 없는 현재의 UAV 기술 여건에서 실시간에 가깝게 후처리를 수행함으로써 UAV 정지영상 자료의 활용성을

높이고자 하였다. 이를 위하여 소수의 지상기준점과 부등각사상변환(affine transformation), 부등각사상변환의 블록조정(block adjustment)을 통해 자동으로 기하보정을 수행할 수 있는 기법을 제안하였으며, 수동으로 기준점을 선정후 처리하는 상용 프로그램 결과와 비교를 통하여 UAV 영상에 대한 기하모형식으로서의 적용가능성을 평가하였다.

## 2. 부등각사상변환을 이용한 저고도 영상 기하보정

저고도 영상자료의 2차원 맵핑을 위한 부등각사상변환식은 다음 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned}x &= a_0 + a_1X + a_2Y + v_x \\y &= b_0 + b_1X + b_2Y + v_y\end{aligned}\quad (1)$$

여기서,  $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ 는 부등각사상변환 매개변수,  $v_x, v_y$ 은 영상좌표의 관측오차,  $X, Y$ 는 지상의 2차원 좌표를 나타내고 있다.

블럭조정 방법에 의해 부등각사상변환의 매개변수를 결정하기 위한 관측방정식은 식 (2)와 같다.

$$v + \dot{B}\dot{\Delta} + \ddot{B}\ddot{\Delta} = f \quad (2)$$

여기서,  $\dot{\Delta}$ 는 각 영상의 변환을 위한 6개의 매개변수  $\Delta a_0, \Delta a_1, \Delta a_2, \Delta b_0, \Delta b_1, \Delta b_2$ 이고,  $\ddot{\Delta}$ 는 대상물의 2차원 좌표  $\Delta X, \Delta Y$ 이다. 이 때, 관측값은 오차가 포함된 영상좌표이다.

그림 1과 같이 블럭조정 방법으로 변환 매개변수를 결정하기 위해 2장의 영상에서 4개의 지상기준점과 4개의 접합점을 관측할 경우, 지상기준점과 접합점의 배치방식은 그림 1과 같다.

이 때, 계산해야 할 관측방정식은 32개( $8_{\text{points}} \times 2_{\text{frame}} \times 2_{f(x,y)}$ ), 미지수는 20개( $6_{\text{affine 계수}} \times 2_{\text{frame}} + 4_{\text{tiepoints}} \times 2_{(X,Y)}$ ), 잉여도는 12(관측방정식 수 - 미지수)이다.

식 (2)의 관측방정식은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$v_{ij} + \dot{B}_{ij}\dot{\Delta}_i + \ddot{B}_{ij}\ddot{\Delta}_j = f_{ij} \quad (3)$$

여기서, 결정해야 될 미지수  $\dot{\Delta}_i$ 은  $i$ 번째 영상의 부등각사상변환 매개변수의 보정값을 포함하고 있고,  $\ddot{\Delta}_j$ 는  $j$ 번째 대상물의 2차원 좌표에 대한 보정값을 포함하고 있다.

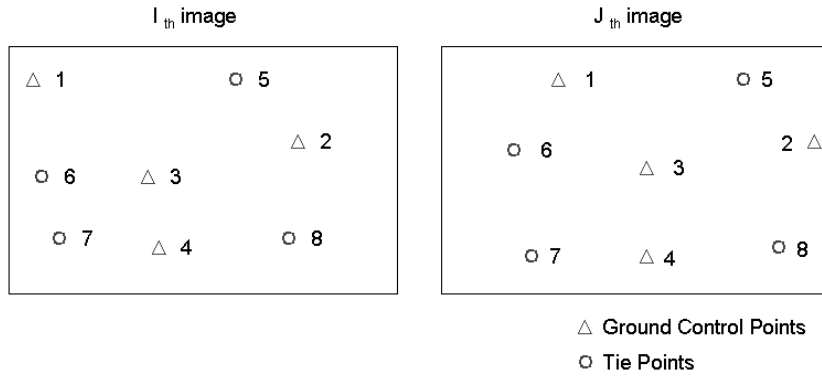


그림 1. 지상기준점과 접합점의 배치

표 1. Nikon D70의 사양

구 분	CCD 크기/종류	최대해상도	화소크기	유효화소(수)	카메라렌즈
Nikon D70	23.7×15.6(mm) (standard DX)	3,008×2,000	7.8μm	6,016,000	20mm 광각렌즈

식 (3)을 행렬식으로 나타내면 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \dot{B}_{ij}^T W_{ij} \dot{B}_{ij} & \dot{B}_{ij}^T W_{ij} \ddot{B}_{ij} \\ \ddot{B}_{ij}^T W_{ij} \dot{B}_{ij} & \ddot{B}_{ij}^T W_{ij} \ddot{B}_{ij} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\Delta}_i \\ \dot{\Delta}_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{B}_{ij}^T W_{ij} f_{ij} \\ \ddot{B}_{ij}^T W_{ij} f_{ij} \end{bmatrix} \quad (4)$$

식 (4)를 간략하게 표현하면 식 (5)와 같다.

$$\begin{bmatrix} \dot{N}_i & \overline{N}_{ij} \\ \overline{N}_{ij}^T & \dot{N}_j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\Delta}_i \\ \dot{\Delta}_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{t}_i \\ \dot{t}_j \end{bmatrix} \quad (5)$$

식 (5)로부터 최종적인 정규방정식은 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\dot{N}\dot{\Delta} + \overline{N}\dot{\Delta} = \dot{t} \quad (6a)$$

$$\overline{N}^T \dot{\Delta} + \ddot{N}\dot{\Delta} = \ddot{t} \quad (6b)$$

식 (6b)로부터  $\ddot{\Delta} = \ddot{N}^{-1}(\ddot{t} - \overline{N}^T \dot{\Delta})$  이고, 이를 식 (6a)에 대입하여 정리하면

$(\dot{N} - \overline{N}\ddot{N}^{-1}\overline{N}^T)\dot{\Delta} = \dot{t} - \overline{N}\ddot{N}^{-1}\ddot{t}$ 이다. 위 식은 순차적 최소제곱법(unified least square method)을 통하여 효율적으로 조정이 가능하다(Mikhail et al, 2001).

### 3. UAV 정지영상 기하보정

#### 3.1 UAV 시스템 특성

기존의 항공촬영용 비행기나 최근 개발되고 있는 국외의 UAV와는 달리 정밀한 GPS나 INS, IMU와 같은 항법 관측센서가 탑재되어 있지 않은 현재 국내의 UAV 개발 수준으로는 직접지형보정을 수행하기가 어려운 실정이다.

본 연구에 사용된 UAV는 김성삼 등(2006)의 기존 연구에서 개발된 Yamaha Motor사의 RMAX(Type II G)에 비측량용 카메라인 Nikon D70에 20mm 광각렌즈를 탑재하여 3008×2000 크기의 영상을 취득하였다. 사용된 니콘 D70 카메라는 크기가 23.7×15.6(mm)인 표준 DX타입의 CCD(Charge Coupled Device)가 내장되어 있으며, 단위 화소의 크기는 7.8μm이다.

기존 UAV의 자료취득과정에서 로터의 회전운동으로 발생했던 짐벌의 떨림과 그로 인한 취득 영상의 저하, 원격으로 카메라를 조작하고 촬영하는 데 어려움이 있었으나, 추가적인 실험실 및 실제 현장 테스트 등을 통해 짐벌 등 시스템을 보완하였다. 회전익 UAV의 기체 진동을 감쇄시키기 위해 짐벌에 방진장치인 이중 인장형 고무땀퍼와 추가적인 진동감쇄 장치를 설치하였다. 또한, 대상지역에 대한 정지영상을 촬영할 때 UAV에 탑재된 DSLR 카메라의 지상 촬영범위를 확인하고 지상통제시스템을 통해 모니터링할 수 있도록 짐벌에 CCD 카메라 및 영상 송수신 장치를 추가적으로 설치하였다(그림 2).

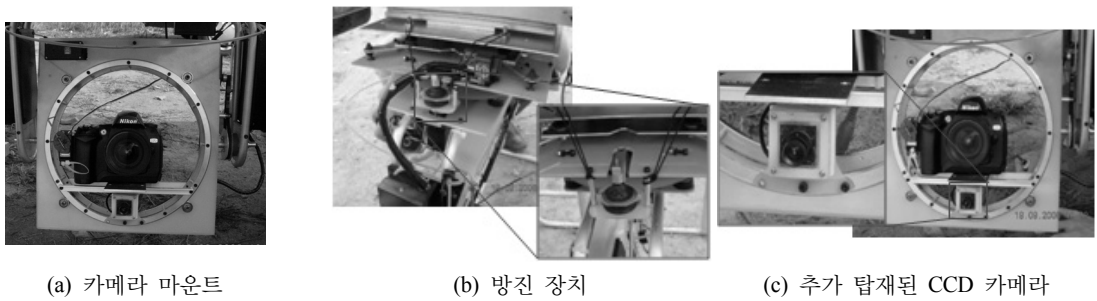


그림 2. 정지영상 촬영을 위한 카메라 집벌 성능 개선

표 2. 측점별 GPS 측량 결과

구분	Path 1		Path 2		Path 3	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
측점 11	218658.574	390329.684	218769.8634	390303.2373	218905.4617	390317.017
측점 10	218652.547	390239.963	218762.2603	390192.5688	218918.2672	390213.892
측점 9	218650.469	390062.717	218769.7771	390085.3586	218933.0654	390111.008
측점 8	218676.766	389968.230	218775.4783	389979.5922	218880.5472	389994.984
측점 7	218690.229	389870.918	218784.5586	389857.3951	218902.6360	389871.704
측점 6	218682.176	389722.939	218793.6883	389741.3481	-	-
측점 5	218706.615	389634.312	218816.9547	389661.2882	-	-
측점 4	218753.448	389536.041	218859.0276	389578.5453	218965.7301	389587.903
측점 3	218793.552	389428.207	218883.2044	389474.0700	-	-
측점 2	218803.067	389345.143	218892.8595	389366.3682	219033.4401	389385.701
측점 1	218807.082	389241.506	218897.5286	389258.0085	-	-

3.2 대상지역 촬영 및 지상 기준점 측량

실험 대상지역은 경기도 안성시 공도읍 안양천 일부 지역으로 하천을 따라 항공촬영 전에 우선 지상에서 기준점을 선점하여 지상에 대공표지를 설치하였으며(그림 3(b)), 인접 영상간 약 35~70%의 중중복도를 갖는 연속된 5장으로 구성된 스트립 영상을 취득하였다(그림 3(c)). 지상기준점을 취득하기 위한 GPS 측량은 3대의 이동국을 운용하여 Rapid static 방식에 의해 관측 지점별로 약 10분간 GPS 위성신호를 수신하였으며, 관측지점별로 취득된 X, Y 좌표는 표 2와 같다. 그림 3(d)는 GPS 측량을 위한 지상기준점 배치 계획도와 대상지역의 비행촬영계획을 나타내고 있다.

3.3 기하보정 및 정확도 평가

하천지역인 대상지역의 지형적인 특성상 충분한 지상 기준점을 취득하지 못하여 자체검정 광속조정법이나 직접선형변환(DLT) 등의 다양한 기하모형식을 적용하기에

다소 어려움이 있었다.

따라서, 본 연구에서는 UAV의 장점 중에 하나인 신속한 자료 취득과 자료 처리 2가지 측면에서 현 시점에서는 복잡한 모형식의 적용보다는 보다 효율적인 부등각사상 변환 방법에 의한 지형보정방법을 택하였다. 이를 위하여 수집된 지상기준점과 단일영상과의 관계를 부등각사상변환을 통하여 설정한 후 개별 영상을 기하보정하는 방법과 여러 장의 영상을 하나의 블록(block)으로 설정하여 블럭조정을 통해 기하보정을 수행하였다. 스트립 영상의 기하보정을 위해 사용된 실험영상의 지상기준점 위치는 그림 4와 같으며, 실험영상별 지상기준점의 영상 및 지상좌표는 표 3과 같다.

각각의 영상에서 추출된 영상좌표와 GPS 측량을 통해 산출된 관측점의 지상좌표를 이용하여 영상별로 부등각사상변환식에 의해 기하보정을 수행하였다. 실험 영상별 3~4개 지상기준점을 이용하여 자동으로 계산된 부등각사상변환 매개변수는 표 4와 같으며, 매개변수를 통해 생

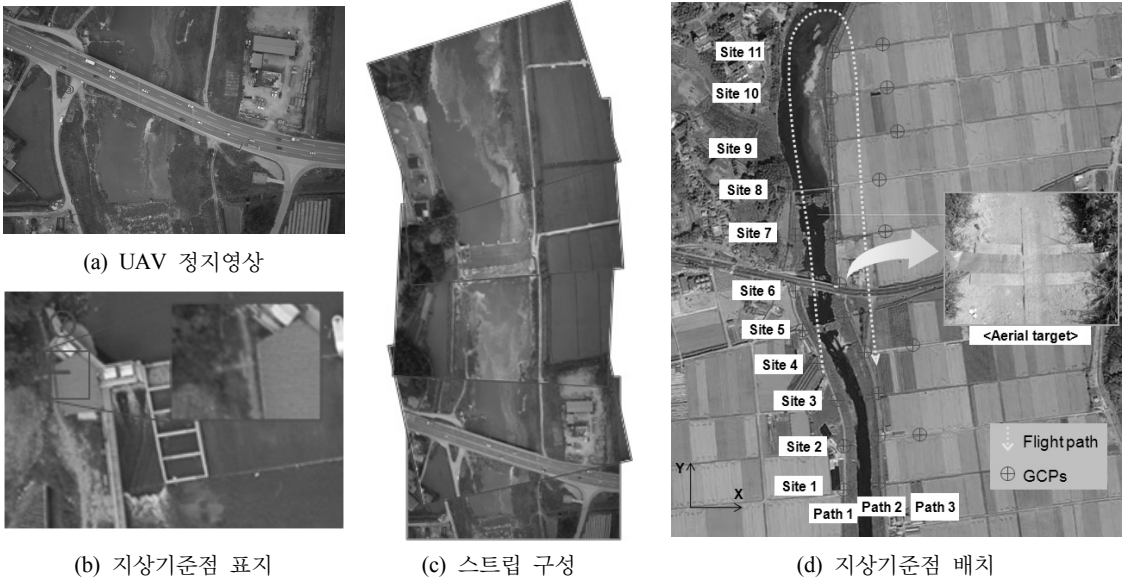


그림 3. 저고도 영상 스트립 및 지상기준점 배치도

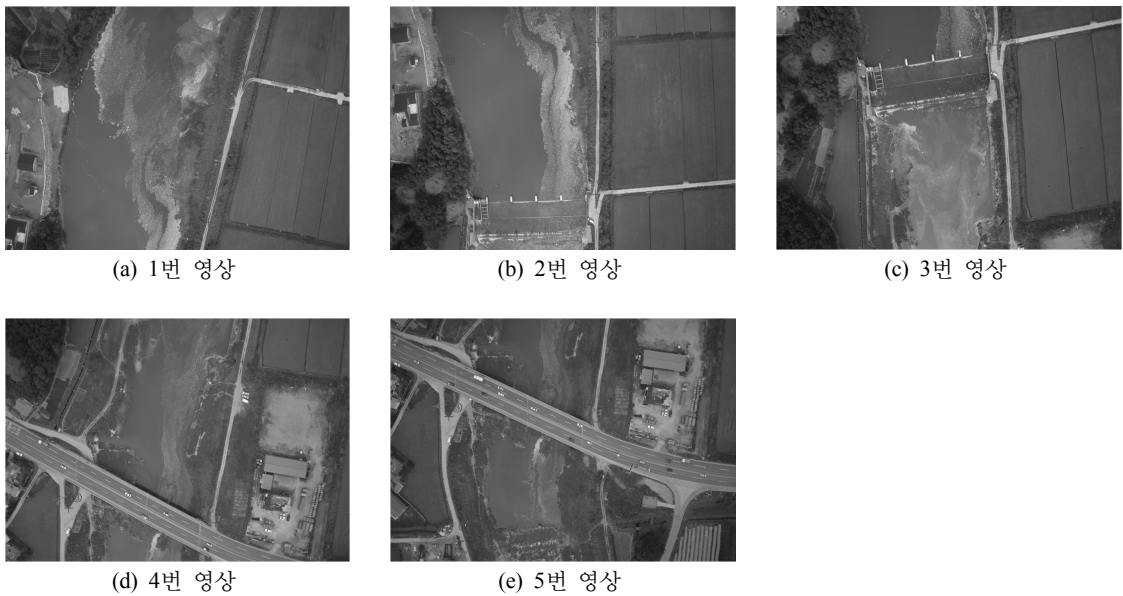


그림 4. 영상별 지상기준점 배치

성된 기하보정 영상은 그림 5와 같다.

5장의 UAV 정지영상으로 구성된 스트립에서 11개의 지상기준점과 18개의 접합점을 활용하여 2장에서 서술한 블록조정에 의해 부등각사상변환 매개변수를 자동으로 계산하고 기하보정을 수행하였다. 그림 6은 블록조정을 위해 영상에 지상기준점 및 접합점을 배치한 모습을 나타내고 있으며, 표 5는 블록조정을 통해 계산된 부등각

사상변환식의 매개변수값을 나타내고 있다.

각 영상별 부등각사상변환과 블록조정에 의해 자동으로 각각 계산된 매개변수값을 상용 프로그램의 결과와 비교분석하였다. 이를 위해 ERDAS Imagine의 Image Geometric Correction 모듈에서 표 3의 영상 및 지상기준점 좌표를 이용하여 부등각사상변환 매개변수를 표 6과 같이 계산하였다.

표 3. 영상별 지상 기준점의 영상 및 지상 좌표

PID	영상 좌표		지상 좌표		영상번호
	Column	Row	X(m)	Y(m)	
1	600	1830	218706.62	389634.31	5
2	1868	1785	218816.95	389661.29	
3	508	805	218682.18	389722.94	
4	1804	853	218793.69	389741.35	
3	550	1559	218682.18	389722.94	4
4	1836	1684	218793.69	389741.35	
5	2076	356	218784.56	389857.40	
5	2046	1768	218784.56	389857.40	3
6	964	1635	218690.23	389870.92	
7	699	522	218676.77	389968.23	
8	1919	320	218775.48	389979.59	
7	652	1591	218676.77	389968.23	2
8	1788	1547	218775.48	389979.59	
9	417	492	218650.47	390062.72	
10	1810	302	218769.78	390085.36	
9	437	1564	218650.47	390062.72	1
10	1777	1776	218769.78	390085.36	
11	2085	583	218762.26	390192.57	

표 4. 개별 영상에 대해 계산된 부등각사상변환 매개변수

	a0	a1	a2	b0	b1	b2
1	218569.4977	0.084584199	0.028138083	390178.1335	0.029893331	-0.082148411
2	218611.266	0.086710046	0.005785892	390102.0985	0.005394683	-0.085878198
3	218617.9532	0.083618837	-0.00362488	390014.2503	-0.003536045	-0.085032787
4	218601.1268	0.084558894	0.022156502	389840.5281	0.022415111	-0.083333865
5	218623.5292	0.086511333	0.017408304	389784.2247	0.017805418	-0.087639098

기하보정방식에 따라 각각 계산된 표 4, 5, 6의 매개변수값을 비교해볼 때, 매개변수값이 약간의 차이가 있긴 하지만 상용프로그램에서 계산된 매개변수와 각 영상별 부등각사상변환에 의해 자동으로 계산한 매개변수값은 유사하나, 블록조정 경우에는 상대적으로 다소 큰 차이를 보였다. 이를 정량적으로 분석하기 위해 각각의 영상에 대한 부등각사상모형식과 부등각사상블록모형식에 대해  $\hat{\sigma}_0 \sqrt{\frac{V_1^2}{DOF}}$ 을 비교하여 잔차를 분석하였다. 각각의 영상에 대해 부등각사상 변환을 수행한 결과,  $\hat{\sigma}_0$ 은 11.477에서 37.897로 계산된 반면, 블록조정 경우에는  $\hat{\sigma}_0$ 이 31.277에서 접합점 수를 늘려 갈수록 증가하는 것

으로 나타났다. 이는 영상간 중중복도가 높지 않을 뿐만 아니라, 영상에 고르게 접합점을 분포시킬 수 없는 것이 하나의 원인으로 판단된다. 뿐만 아니라 촬영된 영상이 지상의 대상물을 기준으로 기울어졌을 때 2차원적인 지상좌표(X, Y)와 영상좌표와의 관계만으로는 이를 부등각사상변환식 만으로는 충분히 설명할 수 없기 때문인 것으로 판단된다. 개별 영상에 대한 부등각 사상변환의 경우에는 주어진 지상기준점과 각각의 영상과의 관계를 나타내면 되지만, 블록조정 경우에는 영상과 영상간의 관계와 영상과 지상기준점과의 관계 또한 수학적으로 설명되어야 하기 때문이다.

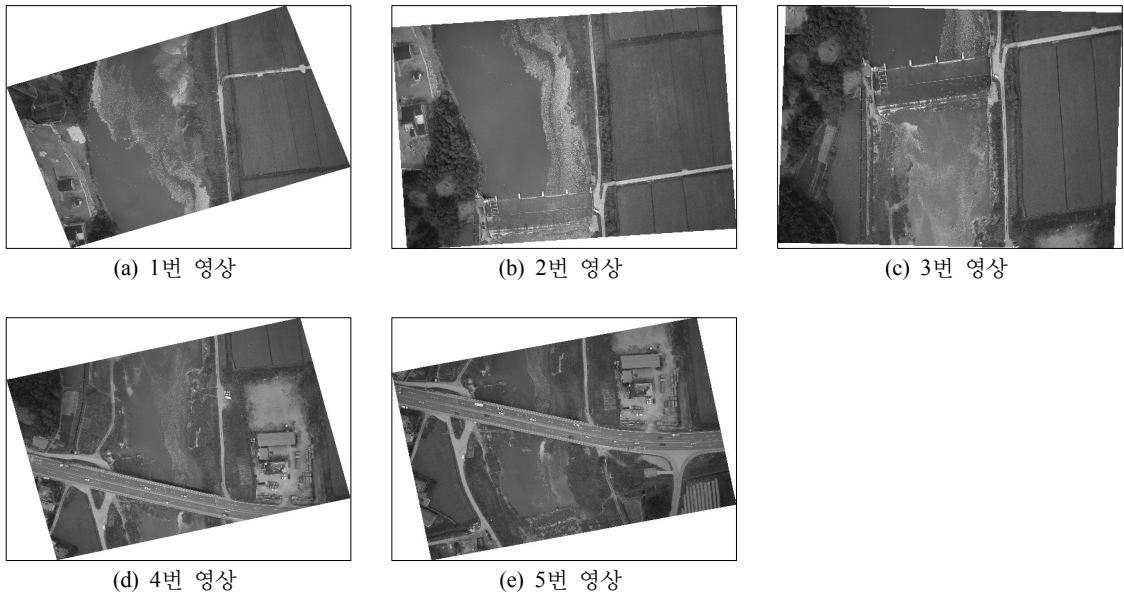


그림 5. 개별 영상에 대한 부등각사상변환에 의한 기하보정 영상

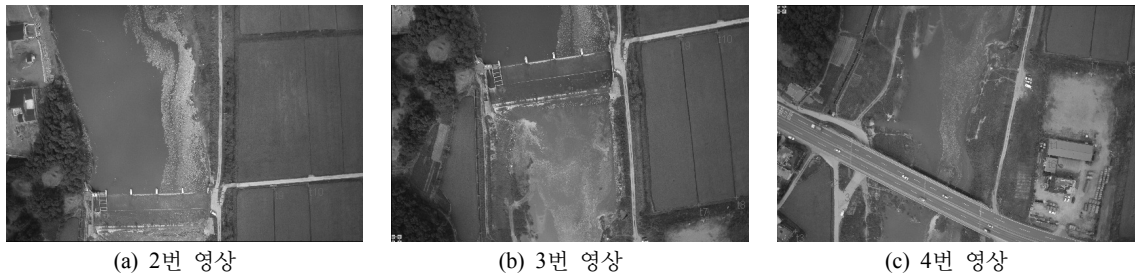


그림 6. 블록조정을 위한 기준점 및 접합점 배치

표 5. 블록조정에 의해 계산된 부등각사상변환 매개변수

	a0	a1	a2	b0	b1	b2
1	218740.1196	0.084210585	-0.00259753	389925.0144	-0.003118481	-0.085200385
2	218747.5592	0.08757724	0.006398705	390024.7197	0.005022099	-0.085857804
3	218724.6586	0.084584268	0.028138099	390141.2475	0.02989341	-0.082148456
4	218771.6671	0.085772646	0.017895281	389721.8797	0.017353541	-0.086415167
5	218749.9023	0.084134664	0.022634396	389789.7657	0.022490036	-0.084303426

3.4 정확도 평가 및 고찰

계산된 매개변수값을 이용하여 세 가지 방식으로 각각 기하보정 후 생성된 모자이크 영상에 대해 시각적 판독에 의한 정성적인 정확도를 비교 평가하였다. 촬영대상지가 주로 하천과 농경지로서 충분한 수의 검사점(check point)의 추출이 어려워 저고도 영상의 기하보정에 대한 정량적인 정확도 분석은 이루어지지 못했다.

ERDAS Imagine에서 수동방식으로 수행된 기하보정 영상(그림 7 (a))과 비교했을 때, 본 연구에서 제안한 부등각사상변환에 의한 자동 기하보정은 비교적 정확했으나(그림 7 (b)), 블록조정에 의한 방법은 상대적으로 스트립 중간부분의 영상에서 오류가 크게 나타났다(그림 7 (c)). 본 연구에서 제안한 부등각사상변환에 의한 자동 기하보정을 통해 생성된 모자이크 영상을 1: 5,000 수치지

표 6. 상용 프로그램에서 계산된 부등각사상변환 매개변수

	a0	a1	a2	b0	b1	b2
1	218569.6441	0.084584268	0.028138099	390178.5558	0.02989341	-0.082148456
2	218609.9918	0.08670967	0.005785862	390101.8386	0.005394659	-0.085878152
3	218618.0945	0.083618894	-0.00362489	390014.8819	-0.003536049	-0.085032844
4	218600.6224	0.08455863	0.022156369	389839.3825	0.02241495	-0.083333613
5	218622.9302	0.086511132	0.017408212	389783.0967	0.017805322	-0.087638855

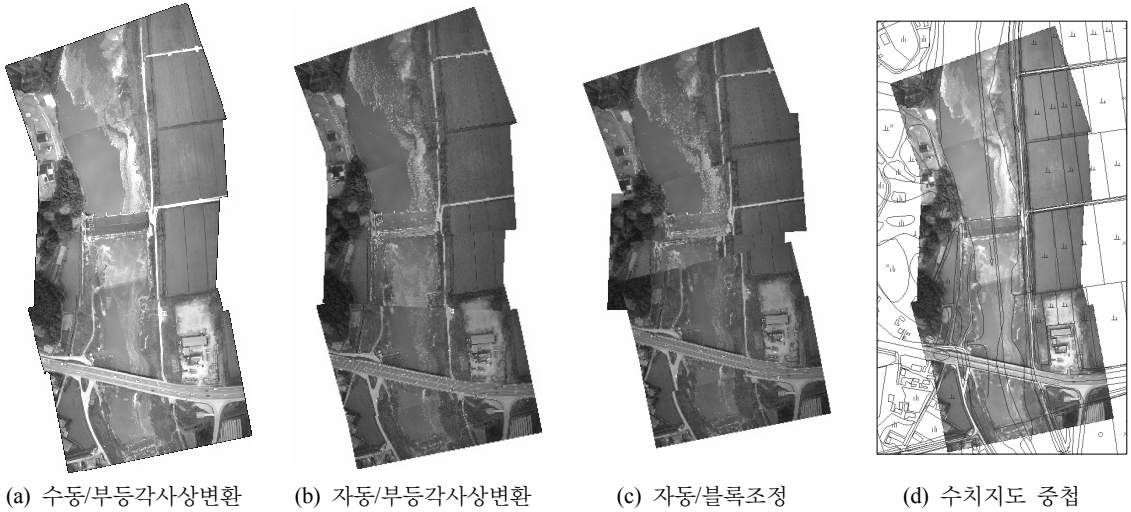


그림 7. 스트립 영상 생성



그림 8. Quickbird Pan. 영상과 UAV 영상 통합

행도를 중첩시켜 정확도를 평가했을 때, 수치지형도 상의 도로 선형이나 논둑의 경계가 대체적으로 잘 일치하는 것을 확인할 수 있었다(그림 7 (d)).

그림 8은 안성지역의 기하보정된 Quickbird 전정색 영상과 동일 지역의 UAV 모자이크 영상을 통합한 그림을 보여주고 있다. 광역지역에 대한 위성영상과 재난/재해 피해지역과 같은 긴급 맵핑이 필요한 소규모 지역의 고해상의 UAV 영상의 중첩을 통하여 피해지역 정보 추출과 지형 변화탐지나 모니터링, 영상처리 및 GIS 공간분석을 통한 재해 주제도 작성 등 다양한 분야에서 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

고해상 UAV 정지영상의 신속한 맵핑을 위해서 최소한의 지상기준점 정보를 이용하여 간편한 부등각사상변환식과 블록조정에 의해 자동으로 저고도 UAV 영상을 기하보정하는 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.



첫째, 신속한 대상지역의 맵핑을 위하여 영상별 3점 정도의 지상기준점과 부등각사상변환식을 통해 자동으로 저고도 영상을 기하보정하는 방법과 연속 촬영된 영상들을 접합점을 이용하여 하나의 스트립으로 구성한 후 블록조정을 통하여 자동으로 기하보정을 수행하였다. 블록조정을 통해 기하보정을 수행할 경우 충분한 중중복도를 고려한 촬영계획 수립과 지상기준점에 대한 적절한 배치가 우선되어야 할 것으로 판단된다.

둘째, 하천지역인 대상지역의 지형적인 특성상 충분한 지상기준점을 취득하지 못하여 검사점을 통한 정확도 분석 대신 대상지역의 모자이크 영상을 1/5,000 수치지형도를 중첩하여 기하보정 정확도를 평가한 결과, 본 연구에서 제안한 부등각사상변환을 통해 자동으로 생성한 기하보정 모자이크 영상의 경우 1/5,000 수치지형도에서 추출한 도로 선형이나 논둑의 경계가 대체적으로 잘 일치하는 것을 확인할 수 있었다.

셋째, 기하보정된 위성영상과 항공사진, 고해상의 UAV 영상간의 영상통합을 통하여 재난/재해 피해지역과 같은 긴급 맵핑이 필요한 피해지역 정보 추출과 지형변화탐지나 모니터링, 영상처리 및 GIS 공간분석을 통한 재해 주제도 작성 등 다양한 분야에서 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 다만, 부등각사상변환의 블록조정만으로는 충분한 정확도의 맵핑이 불가능하므로 향후 추가적인 실험을 통해서 사진측량에서 일반적으로 적용하는 광속조정법 또는 직접선형변환 등을 이용하여 효과적으로 지형보정에 관한 연구가 수행되어야 한다. 이를 위해 다수의 지상기준점 정보와 자체검정 광속조정법 등을 통하여 사진기의 내부표정요소를 결정하는 과정도 필요하다.

최근 국토해양부의 1~2cm 정도를 갖는 가상기준점(VRS; Virtual Reference Station)서비스를 활용할 경우, 대상지역의 지상기준점 정보를 기존의 GPS측량에 비해 신속하게 취득함으로써 재해/재난 지역의 공간영상정보를 정밀하고 실시간적으로 처리할 수 있을 것으로 기대된다. 아울러, 충분한 지상기준점을 확보하여 UAV 비행특성과 외부표정요소(EOP)를 추정하고 보다 정밀한 기하모형식에 대한 연구를 추가적으로 수행하여 UAV 정지영상의 3차원 위치결정 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2008년 서울시 산학연 협력사업(10540) “도시방재 정보 기술” 연구비지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

## 참고문헌

1. 김성삼, 신성웅, 김의명, 유환희, 2007, 영상지도제작을 위한 항공 비디오 영상 등록, 한국측량학회지, 25권 4호, pp. 279-287.
2. 김성삼, 심재현, 손홍규, 유환희, 2006, 저고도 UAV를 이용한 자연재해 모니터링, 2006년 한국공간정보시스템학회 추계학술회의 논문집, pp. 221-226.
3. 유환희, 박장환, 심재현, 김성삼, 2006, 저고도촬영시스템을 이용한 영상지도 제작, 한국지형공간정보학회지, 14권 1호, pp. 37-47.
4. Colomina, I., Blázquez, M., Molina, P., Parés, M. E. and Wis, M., 2008, Towards A New Paradigm for High-Resolution Low-Cost Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS XXI Congress, 2008.6, Beijing China, pp. 1201-1206.
5. Everaerts, J., 2008, The Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Remote Sensing and Mapping, ISPRS XXI Congress, 2008.6, Beijing China, pp. 1187-1191.
6. Grenzdorffer, G. J., Engel, A., Teichert, B., 2008, The Photogrammetric Potential of Low-Cost UAVs in Forestry and Agriculture, ISPRS XXI Congress, 2008.6, Beijing China, pp. 1207-1213.
7. Lin Zongjian, 2008, UAV for Mapping—Low Altitude Photogrammetric Survey, ISPRS XXI Congress, 2008.6, Beijing China, pp. 1183-1186.
8. Nebiker, S., Annen, A., Scherrer, M., Oesch, D., 2008, A Light-Weight Multispectral Sensor for Micro UAV - Opportunities for Very High Resolution Airborne Remote Sensing, ISPRS XXI Congress, 2008.6, Beijing China, pp. 1193-1199.
9. Masahiko Nagai, Tianen Chen, Afzal Ahmed, Ryosuke Shibasaki, 2008, UAV Borne Mapping by Multi Sensor Integration, ISPRS XXI Congress, 2008.6, Beijing China, pp. 1215-1221.
10. Mikhail, E. M., Bethel, J. S., McGlone, J. C., 2001, Introduction to Modern Photogrammetry, 2001, John Wiley & Sons, Inc, pp. 130-133.
11. WU Yundong, ZHANG Qiang, LIU Shaoqin, 2008, A Contrast among Experiments in Three Low-altitude Unmanned Aerial Vehicles Photography: Security, Quality & Efficiency, ISPRS XXI Congress, 2008.6, Beijing China, pp. 1223-1227.