

연구논문

# 평행투영모형에 의한 IKONOS 위성영상의 수치고도모형 생성 DEM Generation from IKONOS Imagery by Using Parallel Projection Model

김의명\* · 김성삼\*\* · 유환희\*\*\*

Kim, Eui Myoung · Kim, Seong Sam · Yoo, Hwan Hee

## 요 旨

정사영상 생성, 도시 공간의 모형화 등 도면화의 다양한 응용분야에 적용을 위해서는 위성영상으로부터 수치고도모형을 생성하는 것은 중요하며, SPOT-5, IKONOS, QUICKBIRD, ORBVIEW 등의 고해상도 위성영상은 효율적이고 경제적으로 수치고도모형을 생성할 수 있는 정보를 제공하고 있다. 그러나, 이들 고해상도 위성영상으로부터 수치고도모형을 생성하기 위해서는 센서모형화, 에피폴라 영상 생성 그리고 영상정합에 대한 사전지식이 필요하다. 이들 중 에피폴라 영상생성은 중요한 인자이며 이에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 뿐만 아니라, IKONOS 위성영상으로부터 수치고도모형을 생성하는 연구는 다항식비례모형에 기반한 연구가 주로 이루어졌다. 이에 본 연구에서는 센서 독립적이면서 적은 수의 기준점만으로 센서모형화와 에피폴라 영상생성이 가능한 평행투영모형을 이용하여 수치고도모형을 생성하는 일련의 처리과정을 새롭게 제안하였다. 제안된 방법론은 IKONOS 위성영상을 이용하여 적용하고 평가하였다.

**핵심용어** : 수치고도모형, 평행투영모형, 에피폴라 영상생성, 센서모형화, 고해상도 위성영상

## Abstract

Digital Elevation Model (DEM) generation from remotely sensed imagery is crucial for a variety of mapping applications such as ortho-photo generation, city modeling. High resolution imaging satellites such as SPOT-5, IKONOS, QUICKBIRD, ORBVIEW constitute an excellent source for efficient and economic generation of DEM data. However, prerequisite knowledge in the areas of sensor modeling, epipolar resampling, and image matching is required to generate DEM from these high resolution satellite imagery. From the above requirements, epipolar resampling emerges as the most important factors. Research attempts in this area are still in high demand and short supply. Another cause that adds to the complication of the problem is that most studies of DEM generation from IKONOS scenes have been based on rational function model. In this paper, we proposed a new methodology for DEM generation from satellite scenes using parallel projection model which is sensor independent, makes it possible for sensor modeling and epipolar resampling by only few control points. The performance and feasibility of the developed methodology is evaluated through real dataset captured by IKONOS.

**Keywords** : Digital Elevation Model, Parallel Projection Model, Epipolar Resampling, Sensor Modeling, High Resolution Satellite Scene

## 1. 서 론

고해상도 위성영상의 등장으로 인해 위성영상으로부터 경제적이고 효과적으로 수치고도모형 (DEM : Digital Elevation Model)을 생성할 수 있게 되었으며, 이를 위해 위성의 자세와 위치를 결정하는 센서모형화, 에피

폴라(epipolar) 영상생성, 영상정합 및 형상정보 추출(feature extraction) 등에 대한 연구가 선행되어야 한다.

고해상도 위성영상 중 IKONOS 위성영상의 경우 센서모형화는 영상공급자(Space Imaging)가 제공하는 다항식비례모형계수(RPC : Rational Polynomial Coefficients)를 추가적인 지상기준점을 이용하여 갱신하거나 편

2005년 3월 15일 접수, 2005년 3월 24일 채택

\* 주저자, 정회원, University of Calgary, Department of Geomatics Engineering, Post-doc (emkim@ucalgary.ca)

\*\* 준회원, Gyeongsang National University, Department of Urban Engineering, Ph. D student (kimss333@netian.com)

\*\*\* 교신저자, 정회원, Gyeongsang National University, Department of Urban Engineering(ERDI), Professor (hhyoo@gsnu.ac.kr)

의(bias)를 수정하는 방법이 활용되고 있다(Fraser and Hanley, 2003). 다항식비례모형(RFM : Rational Function Model)은 기존의 복잡한 센서모형이 없더라도 다항식을 통해 3차원 위치의 결정이 가능한 장점이 있는 반면에 다항식비례모형계수의 정확도 수준에 따라 생성된 지형 정보의 정확도가 결정되는 단점을 가지고 있다.

국내에서도 자체 지구관측위성의 보유에 따라 센서모형화 기법에 대한 연구는 상당부분 진전이 되었으나 위성영상에서 수치표고모형을 생성하기 위한 전처리(pre-processing) 단계의 에피폴라 영상생성에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다(방기인 등, 2002; 손흥구 등, 2002).

또한, 고해상도 위성영상으로부터 수치표고모형을 생성하는 연구는 주로 다항식비례모형에 기반을 둔 연구가 주로 이루어졌으나, 본 연구에서는 센서 독립적이면서 적은 수의 기준점만으로 센서모형화와 에피폴라 영상생성이 가능한 평행투영(parallel projection) 모형을 이용하여 수치표고모형을 생성하는 방법을 구현하였다.

고해상도 위성영상 중 특히 IKONOS 위성영상의 촬영기하 특성과 평행투영모형의 이론부분은 2장에서 기술하였으며 3장의 1절 부분에서는 에피폴라 영상의 생성과정에 대해 설명하였다. 또한 3.2절에서는 x-시차의 분석을 통해 영상정합과정에서 오정합을 줄이는 방법에 대해 설명하였다. IKONOS 영상을 이용하여 수치표고모형을 생성한 일련의 처리과정은 4장에 기술하였으며 5장에서는 본 연구에서 도출된 결론을 기술하였다.

## 2. IKONOS 위성의 센서모형화

### 2.1 IKONOS 위성의 촬영기하

위성의 센서모형화란 위성영상 내의 제 점간의 위치와 실제 공간의 상호관계를 규명하는 것으로 고해상도의 위성영상을 이용해 수치표고모형, 지도 및 정사영상을 제작하기 위해서는 필수적인 과정이라 할 수 있다. IKONOS 위성의 센서특성을 살펴보면 초점거리가 길고(약 10m) 촬영고도(약 681km)에 비해 촬영시야각(AFOV : Angular Field Of View)이 1° 미만으로 좁고 입체영상 취득은 대부분 앞뒤회전각(pitch angle)을 이용하고 있다(Gruen, 2000).

엄밀 센서모형화를 위해서는 궤도매개변수(orbit parameters), 센서플랫폼(sensor platform), 위치추산자료(ephemeris data), 기복변위, 지구곡률, 대기굴절, 렌즈왜곡 등 영상취득을 위한 매개변수가 필요하다. 그러나 IKONOS의 경우는 물리적인 센서모형을 비공개하고 있기 때문에 위성의 센서정보를 사용하지 않는 다항식비례모형이 주로 이용되어 왔다. 그러나 다항식 비례모형은 RPC 계수

의 정확도 수준에 따라 지형정보의 정확도가 결정되는 단점을 가지고 있을 뿐만 아니라 영상정합을 효율적으로 수행하기 위해 필요한 에피폴라 영상을 생성하기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 적은 수의 기준점만으로도 센서모형화를 수행할 수 있을 뿐만 아니라 에피폴라 영상을 생성할 수 있는 평행투영모형을 이용하였다.

### 2.2 평행투영모형

평행투영모형(또는 2차원 부등각사상변환)에서 지상과 사진좌표와의 관계는 식 (1)과 같이 비선형식 또는 식 (2)와 같이 선형식으로 나타낼 수 있다. 그림 1에서 점  $O(0, 0, 0)$ 는  $X, Y, Z$ 축을 가진 지상좌표계의 원점을 나타내고 지상의 한 점  $P = (X, Y, Z)^T$ 는 영상좌표계에서  $p = (u, v, 0)^T$ 로 투영된다. 여기서, 지상좌표계에 대한 단위투영벡터는  $(I, J, K)^T$ 이라 하고 벡터  $V_1, V_2, V_3$ 의 관계를 이용하여 지상좌표계와 사진좌표계(또는 프레임좌표계)  $(x, y, z)^T$ 간의 관계를 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 평행투영된 영상좌표계를 사진좌표계로 변환하기 위해서는  $u, v, w$ 축을 각각  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  만큼 이동시켜야 하나 평행투영의 특성상  $\Delta z$ 값이 변하여도 동일한 영상을 얻기 때문에  $\Delta x, \Delta y$  만 고려한다. 지상과 영상과의 축척관계는  $s$ 로 나타내면 지상과 사진과의 관계는 평행투영변환을 이용하여 나타낼 수 있다(김의명, 정원조, 2004; Morgan et al, 2004, Okamoto et al, 1998).

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ 0 \end{pmatrix} = s\lambda M \begin{pmatrix} I \\ J \\ K \end{pmatrix} + sM \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

- 여기서,  $x, y$  : 사진좌표
- $X, Y, Z$  : 지상좌표
- $s, \lambda$  : 축척계수
- $I, J, K$  : 단위투영벡터
- $\Delta x, \Delta y$  : 이동량
- $M$  : 회전행렬

$$M = M_x M_y M_z$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \phi \cos \alpha & \cos \phi \sin \alpha + \sin \phi \sin \phi \cos \alpha & \sin \phi \sin \alpha - \cos \phi \sin \phi \cos \alpha \\ -\cos \phi \sin \alpha & \cos \phi \cos \alpha - \sin \phi \sin \phi \sin \alpha & \sin \phi \cos \alpha + \cos \phi \sin \phi \sin \alpha \\ \sin \phi & -\sin \phi \cos \phi & \cos \phi \cos \phi \end{bmatrix}$$

평행투영모형은  $(I, J, \omega, \phi, \alpha, \Delta x, \Delta y, s)$ 의 8개의 매개변수를 이용하여 식 (1)과 같이 비선형식으로 나타낼 수 있으며 이를 선형식으로 나타내면 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} x &= A_1 X + A_2 Y + A_3 Z + A_4 \\ y &= A_5 X + A_6 Y + A_7 Z + A_8 \end{aligned} \quad (2)$$

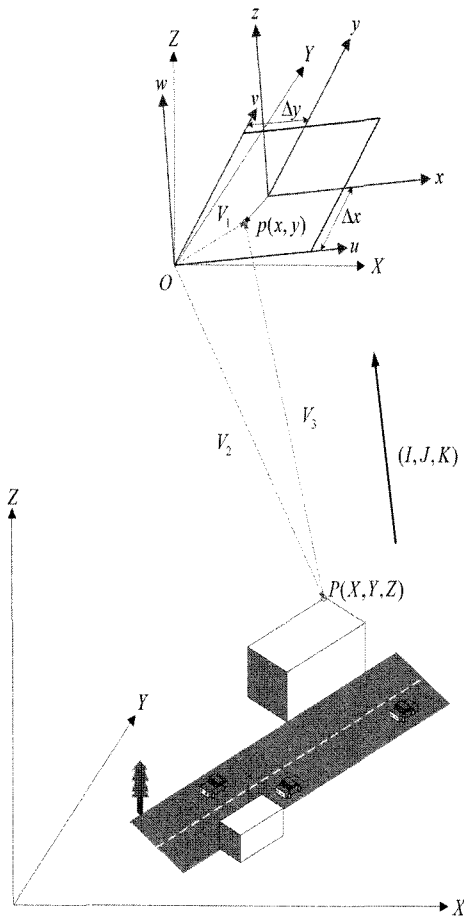


그림 1. 지상과 영상의 평행변환

여기서,

$$\begin{aligned} A_1 &= s(m_{11} - m_{31}U) & A_5 &= s(m_{21} - m_{31}V) \\ A_2 &= s(m_{12} - m_{32}U) & A_6 &= s(m_{22} - m_{32}V) \\ A_3 &= s(m_{13} - m_{33}U) & A_7 &= s(m_{23} - m_{33}V) \\ A_4 &= \Delta x & A_8 &= \Delta y \end{aligned}$$

$$U = \frac{m_{11}I + m_{12}J + m_{13}K}{m_{31}I + m_{32}J + m_{33}K}$$

$$V = \frac{m_{21}I + m_{22}J + m_{23}K}{m_{31}I + m_{32}J + m_{33}K}$$

### 3. 위성영상을 이용한 에피플라 영상생성 및 영상정합

#### 3.1 평행투영모형에 의한 에피플라 영상생성

항공사진뿐만 아니라 위성영상에서도 영상정합의 효율성과 정확도를 향상시키고 수치고도모형을 생성하기 위해서는 에피플라 영상을 생성해야 한다. 에피플라 영

상은 y-시차가 소거된 영상을 의미하며 영상재배열을 통해 에피플라 영상을 생성할 수 있으며 공액점이 동일한 행(row)에 존재하기 때문에 탐색공간을 2차원에서 1차원으로 줄일 수 있다. 에피플라 영상은 다음과 같은 과정을 통해 생성할 수 있다(정원조 등, 2004; Habib et al, 2004; Ono et al, 1999).

- 선형 평행투영식(식 2)과 영상 및 지상기준점을 이용하여 ( $A_1 \sim A_8$ )를 결정한다.
- $A_1 \sim A_8$ 로부터 좌우영상의 평행투영계수 ( $I, J, \omega, \phi, x, \Delta x, \Delta y, s$ )를 결정한다.
- 좌우영상의 평행투영계수로부터 에피플라 영상을 생성하기 위한 새로운 평행투영계수 ( $I_n, J_n, \omega_n, \phi_n, x_n, \Delta x_n, \Delta y_n, s_n$ )를 결정한다. 이 단계에서 평행투영계수는 공액점간의 y-시차는 소거되고 x-시차는 공액점간의 높이값에 비례하게 결정된다.
- 새롭게 결정된 평행투영계수를 이용하여 원 영상으로부터 밝기값을 에피플라 영상에 재배열 시킨다.

일반적으로  $s_n, \Delta x_n, \Delta y_n$  값은 좌우영상의 평행변환 계수의 평균값으로 결정되며 영상의 투영벡터는 좌우영상에서 변하지 않도록 설정한다. 또한 회전각에 해당하는  $x_n$  값은 식 (3)과 같이 계산할 수 있고, 평행변환을 가정하였기 때문에  $\omega_n, \phi_n$  값은 0으로 가정할 수 있다.

$$x_n = \tan^{-1} \left( \frac{K_1 J_2 - J_1 K_2}{K_1 I_2 - I_1 K_2} \right) \quad (3)$$

여기서,  $I_1, J_1, K_1$  : 좌측영상의 단위투영벡터

$I_2, J_2, K_2$  : 우측영상의 단위투영벡터

#### 3.2 영역기준정합

영상정합과정은 최적 기준영역, 탐색영역, 그리고 임계값의 설정 등을 필요로 한다. 기준영역의 크기는 특징점 추출연산자를 이용하여 좌우 에피플라 영상으로부터 건물의 모서리, 도로의 경계점 등의 특징점을 추출한 후 기준영역을  $7 \times 7, 9 \times 9, 11 \times 11, 13 \times 13$  등으로 변화시켜가며 정합을 수행하여 최적의 기준영역을 설정하였다. 탐색영역은 공액점이 정합점으로 선택될 영역의 범위를 결정하는 것으로 에피플라 영상을 이용하여 영상정합을 수행할 때, 탐색영역의 라인 위치는 기준영역의 라인 위치와 동일하게 설정할 수 있으나 공액점간의 y-시차가 정확하게 0이 된다는 보장이 없기 때문에 에피플라 영상 생성시 기준점과 검사점에 대해 계산된 y-시차의 평균값을 고려하여 탐색영역의 크기는 기준영역의 크기보다 다소 크게 설정하였다. 예를 들어 기준점과 검사점에 대한

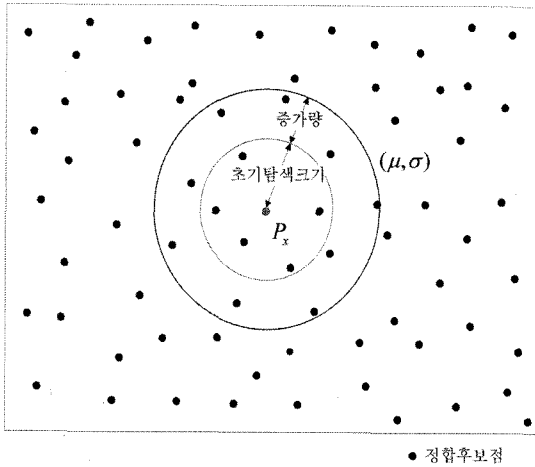


그림 2. 정합후보점의 x-시차 분석

y-시차의 평균값이 각각 0.41과 0.78이고 기준영역의 크기가 11×11이라면 탐색영역의 행방향 크기는 기준점과 검사점 중 y-시차가 큰 값인 0.78을 정수화 +/-를 더한 13으로 설정하였다.

영역기준정합에서 정합점의 유사도는 상관계수법이나 최소제곱정합법을 이용하여 결정할 수 있으나 본 연구에서 사용된 영상은 동일한 위성에서 짧은 시간에 관측한 영상으로 좌우 영상의 방사학적인 특성이 크게 차이가 나지 않는다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 상관계수법을 이용하여 영상정합을 수행하였으며 정합점의 신뢰도를 높이기 위하여 다음과 같은 방법을 제안하였다.

- 에피플라 영상에 대해 상관계수법을 이용하여 영상 정합을 수행하여 정합후보점을 결정한다.
- 각각의 정합후보점을 대상으로 동심원으로 인접 정합후보점을 적절하게 검색하여 x-시차( $P_x$ )의 평균과 표준편차를 계산한다.
- 정합후보점에 대해  $\frac{|P_x - \mu|}{\sigma} > 임계값$  식을 적용하여 선택된 정합후보점의 x-시차가 인접한 정합후보점과 크게 차이가 있을 경우 정합후보점을 오정합점으로 처리하여 정합의 신뢰도를 높인다(그림 2).

#### 4. 실험 및 결과분석

##### 4.1 센서모형화

연구대상지역은 그림 3과 같이 IKONOS 위성에서 취득된 좌우 원 영상에서 도시지역 및 산악지역이 동시에 포함되어 있는 지역을 선정하였다. 평행투영변환을 위한



(a) 좌측영상



(b) 우측 영상

그림 3. IKONOS 위성영상

센서모형화는 7개의 지상기준점을 이용하였으며 모형화의 평가는 4점의 검사점을 이용하였다. 검사점에 대한 XY, Z 방향에 대해 평균제곱근오차는 각각  $\pm 0.9, \pm 1.4$  영상소(pixel)로 나타났으며 대상지역에 대한 센서모형화는 1 영상소 내외로 성공적으로 수행된 것을 알 수 있다.

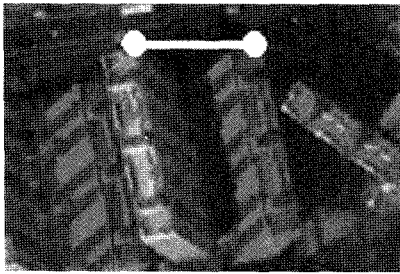
그림 4 (a)는 3.1절에서 언급한 에피플라 영상을 생성하는 방법을 통해 좌우 에피플라 영상을 만든 후 입체시 영상을 생성한 것이다. 생성된 에피플라 영상에서 기준점과 검사점의 y-시차의 절대값은 각각 0.19와 0.78 영상소로 나타났으며 그림 4의 (b), (c)의 예를 통해서도 y-시차가 소거된 것을 알 수 있다.

##### 4.2 영상정합

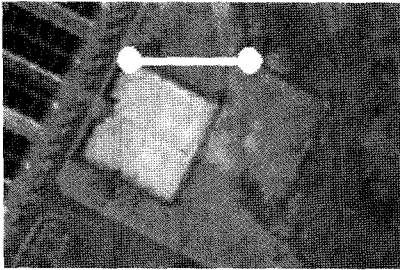
영상정합에서는 최적의 기준영역, 탐색영역의 설정과 정합의 성공률을 높이는 것이 가장 큰 문제이다. 본 연구에서는 연구대상지역에서 Förstner 연산자를 이용하여



(a) 입체시 영상



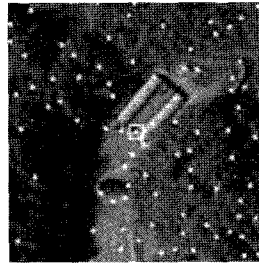
(b) y-시차가 소거된 예 1



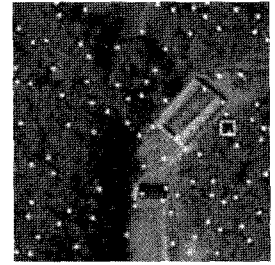
(c) y-시차가 소거된 예 2

그림 4. 평행변환을 이용하여 생성된 에피플라 영상

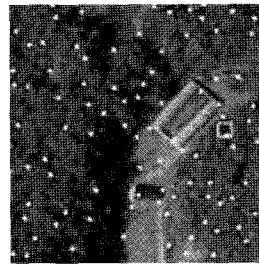
좌우 영상에 대해 특징점을 추출하고 최적의 기준영역을 설정하기 위해서 기준영역 크기를 5×5, 7×7, 9×9, 11×11, 13×13, 15×15에 따라 변화시켜가며 영상정합을 수행하였으며 그림 5에 나타난 것과 같이 기준영역의 크기가 9×9 이상일 경우 영상 정합이 성공적으로 수행되었다(손흥규 등, 2004; Förstner and Gülch, 1987). 그러



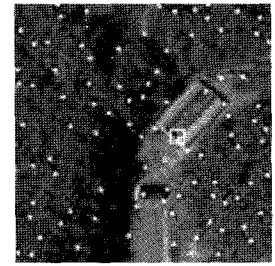
(a) 좌측영상



(b) 5×5 기준영역



(c) 7×7 기준영역



(d) 9×9 기준영역

그림 5. 기준영역의 크기 변화에 따른 영상정합

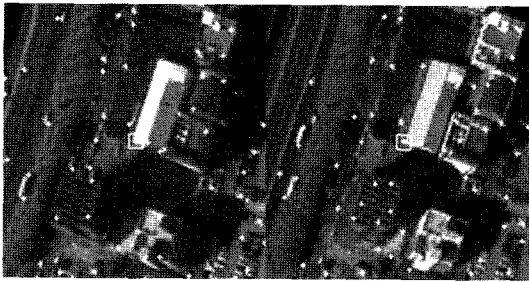
나 연구대상지역내에는 도시지역, 산악지역 등 서로 다른 특성을 가지는 영역이 존재하기 때문에 9×9 크기보다 좀 더 큰 기준영역이 필요하다. 따라서 11×11, 13×13, 15×15 등의 기준영역을 이용할 수 있으나 기준영역이 커질 경우 정합의 식별성은 떨어지지만 기하학적인 왜곡이 생길 수 있기 때문에 본 연구에서는 11×11 크기의 기준영역을 이용하였다(Schenk, 1999).

좌우 영상에서 추출된 특징점은 상관계수정합법을 이용하여 영상정합을 수행하였으며 상관계수값이 0.7 이상이 되는 점을 정합 후보점으로 선정하였다. 선정된 정합 후보점은 3.2절에서 설명한 것과 같이 x-시차의 평균, 표준편차를 계산하여  $|x_{시차} - x_{시차평균}| > 임계값$ 이면 정합 후보점에서 제외시켰다. 표 1은 연구대상지역에 대한 영상정합 결과로 추출된 2,500여 특징점에 대하여 1,900점이 정합되어 약 77%의 정합율을 보였다.

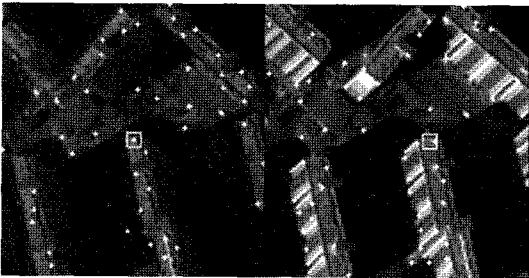
그림 6은 특징점에 대한 영상정합의 예를 나타내는 것으로 도시지역에서도 영상정합이 성공적으로 수행된 것을 알 수 있다.

표 1. 영상정합 결과

특징점 수		정합점수	비정합점수
좌측영상	우측영상		
2,464	2,486	1,901(77%)	40(2%)



(a)



(b)

그림 6. 특징점에 대한 영상정합

### 4.3 수치고도모형 생성

이전단계에서는 영상정합시 발생하는 오정합률을 낮추는 방법을 제안하였으며 또한 특징점을 이용하여 영상정합과정에 대한 검증은 거쳤으므로 좌우영상에서 5 영상소간격으로 영상정합을 수행하여 수치고도모형을 생성하고자 하였다. 이를 위해 정합된 영상좌표를 공간전방교선법을 이용하여 3차원좌표를 결정한 후 크리깅(Kriging) 보간을 적용하여 그림 7과 같이 약 4m의 지상해상도를 갖는 수치고도모형을 생성하였다. 생성된 수치고도모형은 정합점으로서 식별성이 뛰어난 점을 찾기 어려운 일부 산악지역을 제외한 도시지역과 농경지지역에서는 대체로 잘 만들어진 것을 알 수 있다. 향후 대상지역내에 라이다(LIDAR)를 이용한 수치고도모형이 관측될 경우 본 연구에서 생성된 수치고도모형과의 비교가 필요하리라 사료된다.

## 5. 결 론

본 연구는 평행투영변환을 이용하여 고해상도 위성영상에서 에피플라 영상을 생성하고 영상정합을 거쳐 수치고도모형을 생성하는 일련의 과정을 제안한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

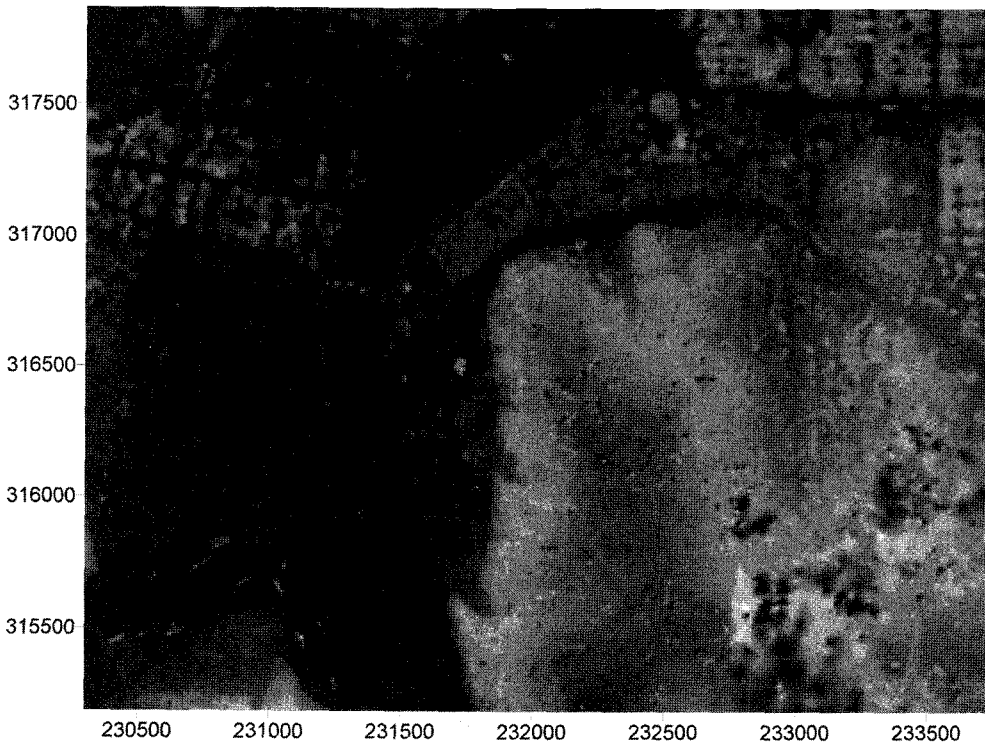


그림 7. 4m 지상해상도로 생성된 수치고도모형

평행투영모형은 위성의 센서에 대한 정보(예를 들면, 내부표정요소, 외부표정요소)를 필요로 하지 않기 때문에 센서 독립적으로 모형화를 수행할 수 있을 뿐만 아니라 적은 수의 기준점으로도 센서모형화를 수행할 수 있다. 또한 고해상도 위성영상으로부터 y-시차가 소거된 에피폴라 영상을 효율적으로 생성할 수 있다. 생성된 에피폴라 영상은 영상정합을 위한 탐색영역을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 정합을 효율성을 높인다.

영상정합과정에서 정합후보점 주변의 x-시차의 평균과 분산의 분석을 통해 오정합을 줄일 수 있는 방법을 제안하였으며 제안된 방법은 정합후보점 주변의 x-시차에 대한 간단한 통계적인 분석을 통해 수행할 수 있으며 정합의 신뢰도를 높일 수 있다.

영상정합후에는 공간전방교선법을 통해 대상물의 3차원 좌표를 결정할 수 있으며, 수치고도모형은 일정한 간격으로 정합된 점을 이용하여 지상좌표를 결정한 후 이를 보간하여 생성하였다. 생성된 수치고도모형은 향후 정사영상 생성 및 도시지역의 공간분석에 활용할 수 있으리라 사료된다.

### 감사의 글

이 논문은 한국과학재단의 2003년도 전반기 해외 Post-doc. 연수지원에 의하여 연구되었으며 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 김의명, 정원조, 2004, 영상좌표 보정을 통한 SPOT 위성영상의 모형화 개선, *대한토목학회논문집*, 제24권 제4호, pp. 641~648.
2. 방기인, 정수, 김경옥, 조우석, 2002, 지상기준점 추가에 의한 IKONOS RPC 갱신, *한국지형공간정보학회지*, 제10권, 제4호, pp. 41~50.
3. 손흥규, 박정환, 정진석, 2002, 고해상도 위성의 센서모델링

-SPOT과 KOMPSAT 영상을 중심으로, *대한토목학회논문집*, 제22권, 제1-D호, pp. 151~160.

4. 손흥규, 김의명, 송영선, 박정환, 2004, 영상정합을 위한 특징점 추출 연산자들의 정확도 평가, *대한토목학회 정기학술대회 발표논문 초록집*, Vol. 1B, p. 317.
5. 정원조, 김의명, 유복모, 유환희, 2004, 고해상 위성영상 에피폴라 기하특성 분석, *대한토목학회 정기학술대회 발표논문 초록집*, Vol. 1B, p. 310.
6. Gruen, A., 2000, Potential and limitations of highresolution satellite imagery, *21st Asian Conference on Remote Sensing*, Taipei, 4-8 December, Keynote Presentation : [http://www.photogrammetry.ethz.ch/general/persons/AG\\_pub/Potential\\_Aasian\\_conf\\_2000.pdf](http://www.photogrammetry.ethz.ch/general/persons/AG_pub/Potential_Aasian_conf_2000.pdf)
7. Förstner W. and Gülch, 1987, A Fast Operator for Detection and Precise Location of Distinct Points, Corners and Centres of Circular Features, *ISPRS Intercommission Conference on Fast Proceeding of Photogrammetric Data*, Interlaken, Switzerland, pp. 281~305.
8. Fraser, C.S. and Hanley, H.B, 2003, Bias Compensation in Rational Functions for IKONOS Satellite Imagery, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(1), pp. 53~57.
9. Habib, A., E. M. Kim, M. Morgan, I. Couloigner, 2004, DEM Generation from High Resolution Satellite Imagery Using Parallel Projection Model, *XXth ISPRS Congress*, Istanbul, Turkey, Commission 1, TS: HRS DEM Generation from SPOT-5 HRS Data, pp. 393~398.
10. Morgan, M., K. Kim, S. Jeong, A. Habib, 2004, Parallel Projection Modelling for Linear Array Scanner Scenes, *XXth ISPRS Congress*, Istanbul, Turkey, PS WG III/1: Sensor Pose Estimation, pp. 52~57.
11. Ono, T., Honmachi, Y., and Ku, S., 1999, Epipolar Resampling of High Resolution Satellite Imagery, *Joints Workshop of ISPRS WG I/1, I/3 and IV/4 Sensors and Mapping from Space*, Hanover, September, (CD-ROM)
12. Okamoto, A., Fraser, C., Hattori, S., Hasegawa, H., and Tetsu, Ono, 1998, An Alternative Approach to the Triangulation of SPOT Imagery, *IAPRS International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 32, B4, 457~462.
13. Schenk, T., 1999, *Digital Photogrammetry Volume I*, Terra-Science.