

## 지형식별정보를 이용한 입체위성영상매칭

### Stereo Matching For Satellite Images using The Classified Terrain Information

방 수 남\*

Bang, Soo Nam

조 봉 환\*\*

Cho, Bong Whan

### 要 旨

수치표고모델(DEM, Digital Elevation Model)을 컴퓨터를 이용하여 자동으로 생성할 때 입체영상매칭(stereo matching) 연산은 많은 수행시간이 소요된다. 매칭연산은 일반적으로 상관계수(correlation)에 의한 방법이 사용되고 있으며, 매칭점 분포가 균등한 지역기반방식(area-based method)이 주로 이용되고 있다.

본 논문에서는 지형을 식별하여 매칭연산에서 검색영역(search area)과 기준윈도우(mask window)의 크기를 조정하여 효율적인 매칭을 수행하는 방안을 제시하였다. 영상을 분할하기 위하여 경계보호평활화 필터(edge-preserving smoothing filter)를 사용하여 전처리를 수행하였으며, 필터를 거친 영상에 대해서 영역성장 알고리즘을 적용하였다. 분할된 영역은 MRF(Markov Random Field) 모델에 의한 식별과정을 통하여 산악, 평야, 수계지역으로 식별된다.

영상매칭은 예비시차(predicted parallax) 계산과 상세매칭(fine matching)의 두단계를 거치며, 예비시차를 이용하여 상세매칭단계에서 검색영역의 위치를 결정한다. 검색영역과 기준윈도우의 크기는 화소에 대한 지형식별정보에 의해 결정된다. 주변화소와 시차가 유사한 평야지역과 수계지역의 검색영역을 축소함으로써 매칭연산시간을 단축시켰다.

대전-금산지역의 10km×10km(1024×1024)영상을 4개 사용하여 실험한 결과 지형식별정보를 이용하지 않았을 경우보다 영상매칭 수행시간이 25%~35%정도 단축시킬 수 있음을 보였다.

### ABSTRACT

For an automatic generation of DEM(Digital Elevation Model) by computer, it is a time-consuming work to determine adequate matches from stereo images. Correlation and evenly distributed area-based method is generally used for matching operation.

In this paper, we propose a new approach that computes matches efficiently by changing the size of mask window and search area according to the given terrain information. For image segmentation, at first edge-preserving smoothing filter is used for preprocessing, and then region growing algorithm is applied for the filtered images. The segmented regions are classified into mountain, plain and water area by using MRF(Markov Random Filed) model.

Matching is composed of predicting parallax and fine matching. Predicted parallax determines the location of search area in fine matching stage. The size of search area and mask window is determined by terrain information for each pixel. The execution time of matching is reduced by lessening the size of search area in the case of plain and water.

For the experiments, four images which are covered 10km×10km(1024×1024 pixel) of Taejeon-Kumsan in each are studied. The result of this study shows that the computing time of the proposed method using terrain information for matching operation can be reduced from 25% to 35%.

\* 정회원, 국방과학연구소 연구원

\*\* 정회원, 국방과학연구소 선임연구원

### 1. 서론

입체위성영상으로부터 수치표고모델 (Digital Elevation Model; DEM)을 생성하기 위해서는 2개의 입체영상에서 매칭점(match)을 찾아내야 한다. 매칭점이란 두 개의 영상에 존재하는 동일위치에 해당하는 점을 말하는 것으로, 주변의 화소와의 연관성을 측정함으로써 매칭점을 계산할 수 있다. 입체영상에서 매칭점을 발견하기 위한 유사성 측정방법으로는 상관계수를 가장 널리 사용하고 있다<sup>1)2)</sup>.

수치표고모델생성을 위한 영상매칭 방법은 지역기반방식과 특징기반방식으로 분류되며, 일반적으로 매칭점이 균일하게 분포되는 지역기반방식을 사용한다<sup>3)</sup>. 지역기반방식은 영상에 균등한 정사각형 격자를 구성하고, 모든 격자점에 대하여 매칭점을 발견하는 방식이다. 이방식은 계산시간이 오래 걸린다는 단점이 있으나, 영상의 균등한 매칭점의 분포 때문에 보간에 의한 오차가 적다는 장점을 갖는다.

반면 특징기반 방식은 명암의 변화가 큰 경계화소에 대해서만 매칭점을 계산하므로, 들판이나 평지와 같이 특징이 적은 지역에 대한 매칭을 줄이고 변화가 심한 산악지역에 대한 매칭은 세밀하게 할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 넓은 지역에 걸쳐 매칭점이 존재하지 않을 경우 표고계산시 보간에 의한 오차가 커질 수 있다는 단점을 갖고 있다.

본 연구에서는 이러한 두가지 방법의 장점을 살리기 위하여 지형특성에 따라 적절한 매칭 파라미터를 구성하는 방법을 제안하였다. 즉, 입체영상매칭을 수행하기 전에 영상에서 산악지역, 평야지역, 수계지역을 식별하여 매칭점 계산과정에서 검색영역(search area)의 크기와 기준윈도우(mask window)의 크기를 결정하는 데에 이용하였다.

그림 1.1 은 본논문에서 제안된 영상식별정보를 이용한 입체영상매칭과정의 구성도를 보여주고 있다. 좌측의 지형식별과정을 통해 구성되는 지형정보는 입체영상매칭과정에서 검색영역의 크기를 결정하기 위해 사용되며, 우측의 축소영상에 대한 입체영상매칭을 통하여 예비시차를 계산함으로써 검색영역의 중심값

을 설정하는데 이용한다.

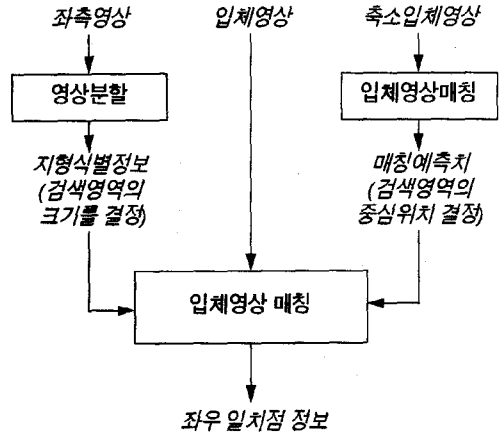


그림 1.1 영상식별정보를 이용한 입체영상매칭구조

실험대상은 SPOT 위성에서 획득한 대전 및 금산 지역의 단색영상(panchromatic image)이며, 254개의 화소밝기값으로 이루어져 있다. 실험에 사용된 컴퓨터는 SGI Workstation 중 Indigo2 모델이며 CPU 클럭속도는 200MHz이다. 입력영상의 크기는 1024×1024(10km×10km)이다.

2절에서는 지형정보를 얻기 위한 지형식별과정에 대하여 설명하고, 3절에서는 입체영상매칭과 예비시차의 구성방법을 설명하고, 4절에서는 실험결과를 보였다.

### 2. 지형 식별

본 연구에서 지형식별의 목적은 3가지 지형을 분류함으로써 각 화소의 검색영역의 크기를 결정하는 데에 도움을 주고자 하는 것이다. 이러한 이유로 산악지역, 평야지역, 수계지역의 3가지 지형을 설정하였다. 산악지역은 전체적으로 화소밝기가 어두우며, 평야지역은 밝고, 수계지역(강)은 매우 균일한 밝기값을 갖

는 특징이 있다. 이러한 특징을 이용하기 위하여 지형식별을 위한 특성으로 화소밝기값을 사용하며, 보다 정확한 식별을 위하여 질감(texture) 특성을 함께 이용하였다.

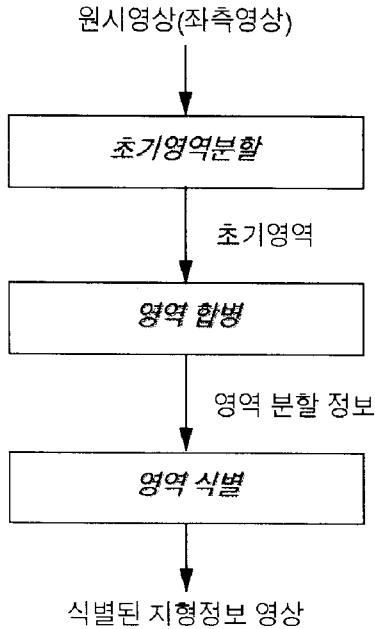


그림 2.1 지형식별과정

그림 2.1에서는 영상에서 지형정보를 식별하기 위한 영상분할과정과 식별과정을 보였다. 입력영상은 영역초기화 과정을 통해 더 이상 쪼갤 수 없는 작은 영역으로 분할되며, 초기영역들은 유사한 특성을 갖는 인접한 영역과의 합병을 통하여 큰영역으로 성장시키는 과정을 거친다. 영역합병에 의해 최종분할된 영역들은 MRF 모델을 이용한 식별과정을 거쳐 3가지 지형으로 분류된다. 분류된 지형정보는 코드화되어 영상형태로 구성되며, 입체영상매칭과정에서 검색영역과 기준윈도우의 크기를 결정하는데에 이용된다.

그림 2.2는 지형식별의 실험에 사용된 원시영상이다. 영상매칭을 위한 입체영상의 크기는 1024×1024의 해상도를 갖고 있으나, 상세한 지형식별 결과가 필요하

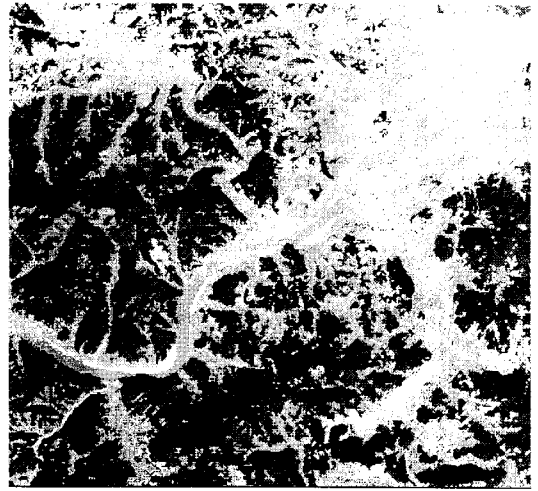


그림 2.2 원시영상

지는 얇기 때문에 512×512영상을 사용하였으며, 잡음의 영향을 줄이기 위해 2×2화소를 평균함으로써 축소영상을 생성하였다.

### 2.1. 영역초기화

영역성장방법에 의해 영역을 분할하기 때문에, 초기의 영역생성은 더 이상 분할할 필요가 없는 작은 영역들로 구성되어야 한다. 앞으로 기술할 알고리즘을 보다 효과적으로 적용하기 위하여, 전처리 과정으로 경계보호 평활화 필터(edge-preserving smoothing filter)<sup>4)</sup>중 성능이 좋은 것으로 알려진 MMRDD(Median in Minimum Rankorder Difference Direction) 필터<sup>5)</sup>를 사용한다. 경계보호 평활화 필터는 잡음을 제거하고 서로 다른 영역사이의 경계부분에서 밝기값 차이를 명확하게 해주는 기능을 가지고 있으므로 영역초기화 과정을 도와준다.

영역초기화 과정은 인접한 화소간의 화소밝기값의 차이가 임계치  $T_{init}$ 보다 작을 경우에 두 개의 화소를 하나의 영역으로 묶는 과정을 반복함에 의해서 초기영역을 생성하는 것이다<sup>6)</sup>. 임계치  $T_{init}$ 가 0이면 같은 화소밝기값을 갖는 화소들로 초기영역이 구성되며 지나치게 많은 초기영역이 생성될 수 있다. 반대로  $T_{init}$ 가 너무 큰 값이 되면 초기영역의 수는 적어지지

만 분리되어야 할 영역이 생기기 때문에 영역성장방법에 적합하지 않다. 실험에서 사용된 SPOT 영상에서는  $T_{init}$ 의 값으로 5 이하를 사용하면 초기영역 분할에 적합하며, 실험에서는  $T_{init} = 2$ 를 사용하였다.

알고리즘에서 GP는 화소  $P = (x, y)$ 의 밝기값, LP는 화소 P의 레이블이다.  $U = (x, y-1)$ 는 P의 윗화소,  $L = (x-1, y)$ 은 P의 왼쪽화소이며, 이들 각각에 대해 화소 P와의 밝기값의 차이를  $DU = |GP - GU|$ ,  $DL = |GP - GL|$ 로 표현한다. 영역초기화 알고리즘은 다음과 같다.

영상을 좌상단에서 우하단으로 스캔하며 화소 P에 대해 다음을 적용한다

```

IF ( $DU > T_{init}$  and  $DL > T_{init}$ )
    LP = 새로운 레이블
IF ( $DU \leq T_{init}$  and  $DL > T_{init}$ )
    LP = LU
IF ( $DU > T_{init}$  and  $DL \leq T_{init}$ )
    LP = LL
IF ( $DU \leq T_{init}$  and  $DL \leq T_{init}$ )
    IF ( $|GL - GU| < T_{init}$ )
        LP = LU
        LU와 LL을 같은 레이블로 등록
    ELSE
        IF ( $DU < DL$ )
            LP = LU
        ELSE
            LP = LL
    
```

그림 2.3은 원시영상에 대한 영역초기화 이후 생성된 영역들을 보여주고 있다.  $T_{init}=2$ 의 값으로 영역이 초기화 되었으며, 약 40,000개의 초기영역이 생성되었다.

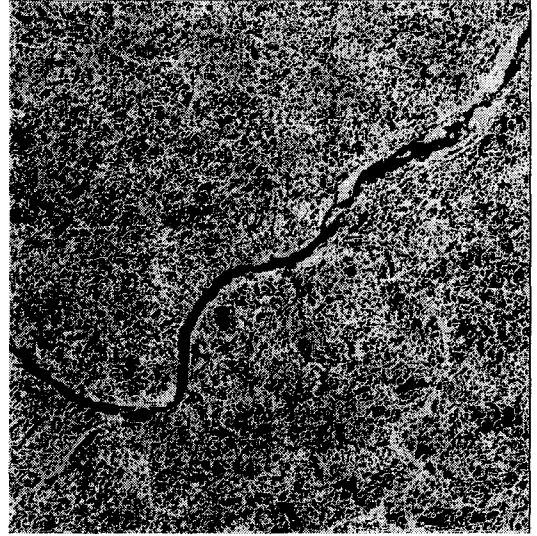


그림 2.3 초기영역

## 2.2. 영역성장

현재 가장 많이 이용되고 있는 분할방법중의 하나는 초기분할과 영역성장예 의한 방법이다. 이 방법의 기본 개념은 영상을 충분히 작은 영역으로 분리한 후에 적절한 합병규칙을 사용하여 작은 영역들을 큰영역으로 성장시켜 나가는 것이다. 여기서 초기에 분리된 영상은 이후에 오직 합병연산만이 적용되므로, 초기분할은 상당히 세밀하게 분리하여 다른 영역이 하나의 영역으로 구성되는 일이 없게 해야 한다.

일반적으로 영역합병 규칙을 위한 유사성 측정은 영역에 대한 통계정보를 이용하는 것이다. 가장 일반적으로 사용되는 방법은 표준편차를 이용하는 방법으로서, 두 영역을 합병하였을 경우의 표준편차가 임계치보다 작을 경우에는 합병을 허락하는 방식이다. 두 영역을 합병한 이후의 표준편차를  $\sigma_{merge}$ 라하고 임계치를  $T_\sigma$ 라 할때, 합병조건을 수식으로 나타내면 다음의 식과 같다.

$$\sigma_{merge} < T_\sigma$$

영역합병과정에서는 영역초기화 과정을 통해서 생

성된 초기영역들 중에서 서로 인접한 영역쌍의 합병이득을 계산하여 합병리스트를 작성한다. 합병리스트의 영역쌍들 중에서 가장 합병이득이 큰 합병쌍에 대해 합병을 수행하고, 합병된 영역에 대한 이웃영역과의 합병이득을 계산하여 합병리스트를 갱신한다. 이러한 합병과정은 합병리스트에 영역쌍이 존재하지 않을 때까지 계속한다. 여기서, R1과 R2를 인접한 영역쌍이라 하고, 두영역을 합병한 영역과 합병한 영역의 표준편차를 각각 R3와  $\sigma_3$ 라 할때, 합병이득 G(R1, R2)을 계산하는 식을 다음과 같이 정의하였다.

$$G(R_1, R_2) = \log \left( \frac{\sigma_3}{T_\sigma} \right)$$

합병이득 G는 영역 R3의 표준편차가 임계치  $T_\sigma$ 와 같을 때 0이되며  $T_\sigma$ 보다 작을 때 양수의 값을 갖게 된다. 합병 알고리즘은 다음과 같다.

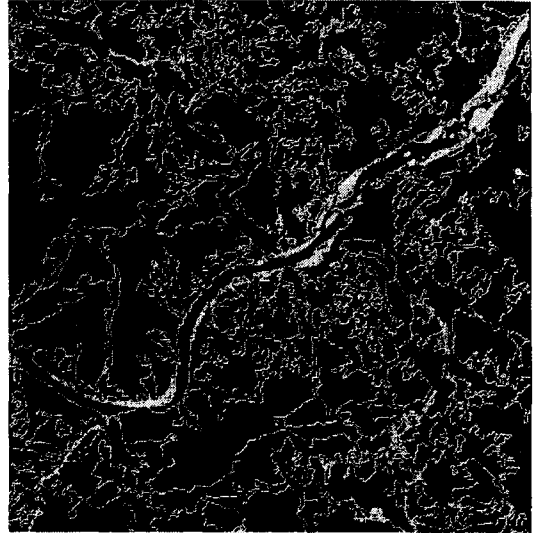


그림 2.4 영역분할결과

- 단계 1** 영상내에 존재하는 인접한 모든 영역쌍에 대하여 합병이득을 계산하여 값이 양수인 쌍에 대해서 합병리스트를 구성한다.
- 단계 2** 합병리스트에서 가장 큰 합병이득을 갖는 영역쌍을 하나의 영역으로 합병한다.
- 단계 3** 합병이된 두 영역에 관련된 합병리스트의 항목을 삭제하고, 합병된 영역에 대한 인접영역쌍의 합병이득이 양수인 경우는 합병리스트에 삽입한다.
- 단계 4** 더이상 합병리스트에 영역쌍이 없을 때까지 단계 2와 단계 3을 반복한다.

그림 2.4 는 영역합병을 실행한 후의 영역분할 결과이며, 약 1,000개 정도의 영역이 생성되었다. 영역합병과정에서 너무 작은 영역들을 생성하지 않기 위해서 화소의 개수가 16개 이하인 영역들은 강제로 이웃영역과 합병하였다.

### 2.3. 영역식별

영역식별과정에서는 학습된 지형클래스의 특성지식을 이용하여 각 영역을 MRF 모델(7)(8)(9)을 적용하여 지형클래스를 분류한다.

MRF 모델은 분할된 영역을 각 노드로 하고 영역사이의 공간적 인접성을 바탕으로 구성된 영역 인접 그래프(RAG) 위에서 정의된다.9)  $G=(R,E)$ 는 분리된 영역의 집합 R과 인접 관계 집합 E로 구성된 그래프이고,  $n(R_i)$ 를 영역  $R_i$ 에 인접한 영역들의 집합이다.  $n = \{n(R_1), n(R_2), \dots, n(R_N)\}$ 는 그래프 G 위에서의 이웃 시스템(neighborhood system)이며,  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_N\}$ 가 각 영역에 부여된 레이블 인스턴스(label instance)의 집합이라고 정의한다.

이때 영역  $R_i$ 가 어떤 레이블  $I_i$ 로 식별될 가능성이 오직 영역  $R_i$ 의 특성정보와 영역  $R_i$ 에 인접한 영역들이 어떤 물체로 식별되었는가에 의해서만 영향을 받을때, I를 n에 대한 G상에서의 MRF라 한다. MRF를 위와 같이 정의 하였을 때, 각 영역에 대한 레이블 인스턴스 I에 대한 확률 밀도 함수 P[I]는 다음 식과 같

은 Gibbs 분포의 형태를 갖는다.

$$P [I] = \frac{1}{Z} e^{-U(I)}$$

$$U(I) = \sum V_c(I) \quad \text{for all } c \in C(G),$$

$$Z = \sum e^{-U(I)} \quad \text{for all instance } I$$

여기서  $U(I)$ 는 에너지 함수,  $V_c(I)$ 는 클릭 함수,  $C(G,n)$ 은 그래프  $G$ 와  $n$ 위에서 정의된 클릭(clique)의 집합을 나타낸다. 결국 영상해석은  $P(I)$ 를 최대화 하는 것이고, 이는 에너지 함수  $U(I)$ 를 최소화하는 것과 같은 의미이다. 또한  $U(I)$ 의 최소화는 클릭함수  $V_c(I)$ 의 최소화에 의해 이루어 진다. 그러므로, 좋은 영상 해석 결과를 얻기 위해서는 클릭함수의 정의가 중요하다.

산악, 평야, 수계의 세가지 클래스의 이웃관계에 의한 제한사항이 없으므로, 지형식별에서는 단일노드에 대한 클릭함수만이 사용된다. 단일노드의 클릭함수는 영역  $R$ 에 부여된 물체의 특성 및 영역의 특성과의 차이에 대한 벌점으로 규정할 수 있다. 벌점값  $T$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$T = B_i(I(R); K, X_i(R))$$

여기서  $X_i(R)$ 는 특성  $i$ 에 대한 영역  $R$ 의 특성 값이며,  $I(R)$ 은 영역  $R$ 에 부여된 레이블이고,  $K$ 는 레이블(물체, 본논문에서는 지형)의 특성지식을 표현한다.  $B_i$ 를 해당 클릭함수의 기초함수(basis function)라 하며 벌점값의 형태를 결정하는 역할을 한다. 특성의 수가  $m$ 일때, 단일 노드에 대한 클릭함수는 다음과 같다.

$$V_c(I(R); K, X(R)) = \sum_{i=1}^m B_i(I(R); K, X_i(R))$$

기초함수  $B_i$ 는 특성과 모델지식과의 차이가 클수록 벌점의 값도 커지도록 설계되어야 한다. 벌점값을 계산하는 함수로 그림 2.5에 보여진 Gaussian 함수나 piecewise linear 함수등이 주로 이용되고 있으며, 실험에서는 Gaussian 함수를 적용하였다.

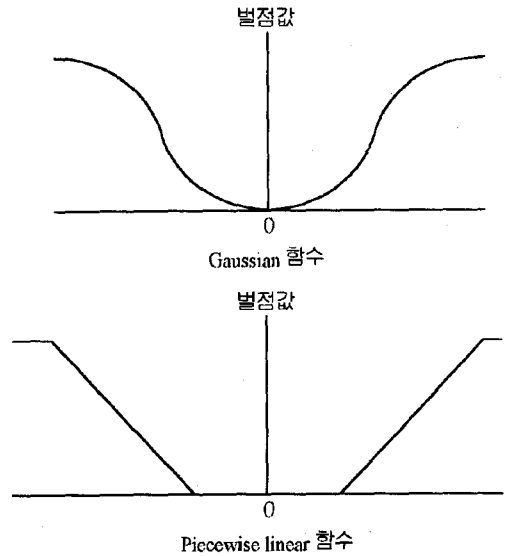


그림 2.5 기저함수의 예 (Gaussian 함수와 Piecewise Linear 함수)

실험에서 특성지식은 명암값과 질감정보에 대해 각각 0.5의 가중치(weight)를 적용하였다. 질감은 GLDM(Gray Level Difference Method)10)11) 특성을 이용하였다.

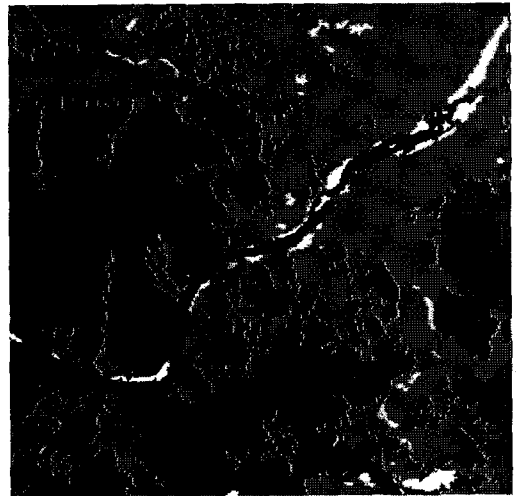


그림 2.5 지형식별결과

그림 2.5는 지형식별결과를 보여준다. 분할된 각

영역에 대해 지형을 분류하여 영상으로 표현한 것으로, 검정색은 강을 나타내며, 짙은 회색은 산악지역을 나타내고, 옅은 회색은 평야지역을 나타내며, 흰색은 미식별지역을 나타낸다.

채운다. 이 과정을 통해 256×256 해상도를 갖는 예비시차를 짧은 시간에 구성할 수 있다. 이와 같은 과정을 거쳐 구성된 256×256 크기의 예비시차를 그림 3.1에 보였다.

### 3. 입체영상매칭

산악지역에 해당하는 점들은 이웃점들과의 표고차이가 큰 특징을 가지며, 평야지역과 수계지역은 이웃점들과의 표고차이가 거의 없는 특징을 갖는다. 평야지역 중에서 농경지나 도심지에 해당하는 영역은 고주파성분이 많아서 매칭오류의 원인이 되기도 한다. 이러한 성질들을 이용하여 지형정보에 따라 매칭작업시의 기준윈도우와 검색영역의 크기를 조정함으로써 효율적인 매칭을 수행할 수 있다.

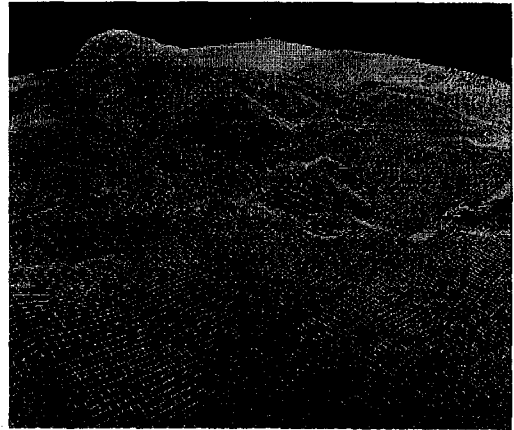


그림 3.1 예비시차

#### 3.1. 예비시차

앞절에서 설명한 지형정보에 의한 특성을 이용하려면 예비시차(predicted parallax)나 계층적인 구조를 이용하여야 한다. 본 논문에서는 예비시차를 적용하였다. 예비시차를 계산할 때 매칭오류를 줄이기 위하여 평균값에 의해 축소된 영상을 이용하였다. 영상을 축소시키는 과정에서 4개 화소의 평균값을 이용하기 때문에 오류를 포함한 화소의 영향이 줄어들게 된다.

예비시차 계산에서의 오류가 매칭에 영향을 끼칠 수 있으므로, 예비시차를 계산할 때의 매칭 상관계수 값이 임계치보다 작은 경우에는 예비시차를 무시하고 기준영상의 화소위치와 같은 위치에 중심점을 잡고 최대 시차를 포함할 수 있는 검색영역을 설정하여 재계산을 수행한다. 실험에서 임계치는 0.7을 사용하였다.

본 실험에서는 매칭예측치를 계산하기 위하여 영상 폭과 높이가 각각 1/4 크기인 256×256영상을 이용하였으며, 이 축소영상에 대해 4화소 간격으로 예측치를 계산하였다. 4화소 간격의 예측치를 이용하여 선형 보간을 함으로서 예측치를 계산하지 않은 곳도 모두

#### 3.2. 식별정보를 이용한 입체영상 매칭

표 3.1 식별정보에 의한 기준영역과 검색영역의 크기 설정

식별 클래스	기준윈도우 크기	검색영역 크기
미식별	31×31	8×3
산악지역	25×25	8×3
평야지역	37×37	4×2
수계지역	37×37	4×2

표 3.1은 실험에서 적용된 영역 분할 정보에 따른 기준윈도우와 검색영역의 크기이다. 미식별 지역일 경우의 검색영역 크기는 99%이상의 매칭점을 포함하도록 설정된 것이며, 예비시차 값이 검색영역의 중심 위치가 된다. 주변 화소들과의 표고변화가 심한 산악

지형은 미식별지역과 같은 크기를 적용하였으며, 평야 지역과 수계지역은 예측시차 생성시의 오차만을 감안하여 작은 크기를 적용하였다.

SPOT영상은 한 번에 입체영상을 획득할 수 없기 때문에 좌우 영상의 획득시기가 다르다. 도심지나 농경지와 같은 지역은 획득시점이 같지 않으면 같은 지점의 화소밝기값이 달라질 수 있다. 이러한 점을 감안하여 평야지역과 수계지역의 매칭정확성을 유지하기 위해 큰 기준원도우를 적용하였다.

#### 4. 실험

표 4.1 식별정보에 의한 기준영역과 검색영역의 크기 설정

식별 클래스	기준원도우 크기	검색영역 크기
미식별	31×31	8×3
산악지역	25×25	8×3
평야지역	37×37	4×2
수계지역	37×37	4×2

식별정보는 입체영상 매칭시에 보조자료로 이용되며 공간해상도가 중요하지 않기 때문에 영상매칭의 공간해상도보다 폭과 너비가 각각 반으로 축소된 512×512 영상을 사용하였다. 표 4.1 은 4개의 영상에 대한 영상분할 및 식별에 소요되는 시간을 보여주고 있는데, 각각의 영상에 대한 분할과 식별시간의 총합이 1분 40여초의 짧은 시간에 수행됨을 볼 수 있다. 이것은 입체영상 매칭시간이 15분에서 20분까지 소요되는 것에 비하여 약 8%~10% 정도이다.

표 4.2 는 식별정보를 적용하지 않은 경우와 적용한 경우의 매칭 수행시간을 비교한 것이다. 식별정보를 적용하였을 경우 약 25~35% 정도 시간이 단축되었음을 알 수 있다.

표 4.2 식별정보에 의한 기준영역과 검색영역의 크기 설정

식별 클래스	기준원도우 크기	검색영역 크기
미식별	31×31	8×3
산악지역	25×25	8×3
평야지역	37×37	4×2
수계지역	37×37	4×2

여기서, 영상 3은 표고가 심한 산악지형을 포함하고 있으며 두 개의 입체영상사이의 명암차이가 심해서, 검색영역안에 일치점이 없거나 일치점이 있을 경우에도 상관계수가 임치치보다 작은 경우가 많다. 이러한 점들에 대해서는 매칭정확도를 높이기 위해서 기준원도우와 검색영역의 크기를 넓혀서 재계산을 수행하기 때문에 시간이 오래 걸린다. 참고로 영상 1, 2, 4번은 1%정도의 재계산율을 보였으며, 영상 3번은 6%의 재계산율을 보였다.

매칭오차를 측정하기 위해 참고문헌(12)에서 사용된 항공사진제작 DEM을 사용하였다. 이 DEM은 1991년 국방과학연구소에서 실험지역을 포함하는 도엽에 대해 항공사진으로부터 시험제작한 것이다. 이 DEM에 대하여 60개의 검사점에 대해 항공사진 DEM상에서 측정된 위치자료와 GPS(Global Positioning System) 위성측정장비를 이용한 지상측량 자료를 비교한 결과 수평오차와 표고 정확도가 모두 A급으로 평가된 것이다.

정확도를 측정하기 위하여 항공사진제작 DEM을 기준으로 같은 좌표의 표고차이  $\Delta H$ 에 대해 평균  $\mu\Delta H$ 과 표준편차  $\sigma\Delta H$ 를 구하여 90%의 오차점을 포함하는 표고오차를 계산하였다. 매칭정확도를 평가하기 위하여 평가점은 250개 정도 사용되었다. 표 4.3 는 지형식별정보를 적용한 경우와 안한 경우에 각각 생성된 40m급 DEM의 정확도를 비교한 것으로 정확도에는 큰 차이가 없었다.



표 4.3 식별정보에 의한 기준영역과 검색영역의 크기 설정

식별 클래스	기준원도우 크기	검색영역 크기
미식별	31×31	8×3
산악지역	25×25	8×3
평야지역	37×37	4×2
수계지역	37×37	4×2

그림 4.1 은 지형식별정보를 이용하여 입체영상매칭을 수행하여 구해진 수치표고모델을 보인 것이다.

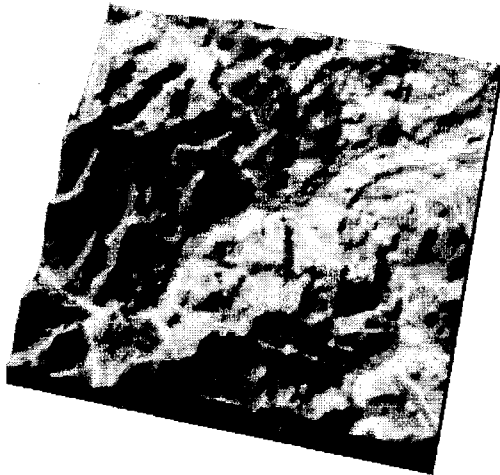


그림 4.1 생성된 수치표고모델

## 5. 결론 및 향후 연구방향

본 연구에서는 영상으로부터 지형정보를 미리 분류하여 입체영상매칭을 수행할 때 지형정보를 이용하는 방법을 제안하였다. 지형정보를 식별하기 위하여 단일대역 영상을 사용하였으며, 화소밝기값만으로는 정

확한 식별이 어렵기 때문에 질감정보도 함께 이용하였다. 평야지역과 수계지역에 해당되는 화소를 매칭할 때 검색영역을 약 1/3로 축소하여 사용함으로써 매칭정확도를 유지하면서 수행시간을 25%~35%까지 단축시킬 수 있었다.

본 논문에서 제시한 방법외에도 평야지역과 수계지역의 매칭격자점의 간격을 조정하거나, 바다나 호수와 같이 매칭이 불가능한 지역을 처리하기 위하여 지형식별정보가 이용될 수 있다. 또한 SPOT 영상은 단일대역 영상과 다중대역영상을 동시에 획득할 수 있으므로, 지형정보를 식별하기 위하여 다중대역영상을 이용함으로써 보다 정확한 식별결과를 얻을 수 있다.

## 참 고 문 헌

1. 조봉환, 신대식, 박완용, "SPOT 위성영상을 이용한 수치지형모델 자동생성 및 응용", MSDC-408-92492, 국방과학연구소, 1992. 10.
2. 이쾌희 외 5인, "위성 수치 영상을 이용한 수치 지형 표고 추출 연구", MSDC-408-92491, 국방과학연구소, 1992. 10.
3. Doug C. Brockelbank 외 1인, "Stereo Elevation Determination Techniques for SPOT Imagery", PE & RS, Vol. 57, No. 8, August 1991, pp. 1065-1073.
4. Susan B. Abramson and Robert A. Schowen-gerdt, "Evaluation of edge-preserving smoothing filters for digital image mapping", Journal of P & RS, Vol. 48, No. 2, 1995, pp. 2-17.
5. He-Ping Pan, "Two-level Global Optimization for Image Segmentation", Journal of P & RS, Vol. 49, No. 2, 1994, pp. 21-32.
6. Dana H. Ballard and Christopher M. Brown, Computer Vision, Prentice-Hall Inc., 1982. pp151-152.
7. Stuart Geman and Donald Geman, "Stochastic

- Relaxation, Gibbs Distributions, and the Bayesian Restoration of Images", *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 6, No. 6, November 1984, pp. 721-741.
8. J. W. Modestino and J. Zhang, "A Markov Random Field Model-Based Approach to Image Interpretation", *SPIE Visual Communications and Image Processing IV*, Vol. 1199, 1989, pp. 328-339.
  9. 원강연, 양현승, 김동윤의 7인, "신호/영상처리를 위한 Robust Filter에 관한 연구", *ATRC-417-940889*, 국방과학연구소, 1995. 2.
  10. Joan S. Weszka, Charles R. Dyer, and Aziel Rosenfeld, "A Comparative Study of Texture Measures for Terrain Classification", *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 6, No. 4, April 1976, pp. 269-285.
  11. Richard W. Connors and Charles A. Harlow, "A Theoretical Comparison Texture Algorithms", *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 2, No. 3, 1980, pp. 204-222.
  12. 조봉환, 이용웅, 신대식, "SPOT 3중 입체위성영상을 이용한 수치표고모형의 정확도 개선", *대한 지형공간정보학회*, 3권, 1호, 1995. 6, pp. 55-66