

수목차폐율을 고려한 자동상관매칭 수치고도 결과 분석  
어 양 담\*

**Analysis of Ground Height from Automatic Correlation Matching  
Result Considering Density Measure of Tree**

Yang-Dam Eo\*

**요 약**

수치고도자료를 생성하기 위해서, 항공기 혹은 위성에 탑재된 센서로부터 획득한 입체영상으로부터 자동상관매칭기법에 의해 고도값을 획득하는 연구가 수행되어 왔다. 자동상관매칭에 의한 결과값은 센서의 각도 및 수목 등에 의해 지표고도를 직접 추출하는데는 한계가 있고 영상내 지형지물 분포에 의해 고도값의 수정, 편집량이 결정된다. 본 연구는 수목차폐율과 수목고도자료가 자동상관매칭 고도 결과값에 미치는 영향을 분석하였다.

주요어 : 수치고도자료, 자동상관매칭, 수목차폐율, 수목고

**ABSTRACT** : To make digital terrain data, automatic correlation matching by stereo airborne/satellite images has been researched. The result of automatic correlation matching has a limit on extracting exact ground height because of angle of sensor, tree of height. Therefore, the amount of editing works depend on the distribution of spatial feature in images as well as image quality. This paper shows that the automatic correlation matching result was affected by density and height of tree.

**Keywords** : digital terrain data, automatic correlation matching, density of tree, height of tree

---

\*국방과학연구소 제3기술연구본부 선임연구원

## 1. 서론

관측용 위성영상의 해상도가 높아짐에 따라 접근지역은 물론 비접근지역의 상세한 지형지물 추출 및 대축척 지도 제작에 고해상도 위성영상을 활용하는 사례가 증가하고 있다.(국토연구원, 2004) 고해상도 위성영상을 처리할 수 있는 디지털 사진측량 관련 장비와 기술이 발달함에 따라 수치표고 모델 제작, 정사영상 제작, 도로/하천/건물 등의 3차원 위치자료 제작 관련 자동화 기술개발분야의 연구도 계속 진행중이나, 현격한 처리율에도 불구하고 수치적 방식을 이용하여 영상매칭을 수행한 결과가 촬영당시의 기후여건이나 지형 특성에 의한 상관특징 결함에 의해 매칭 오류가 발생하며 이를 수정하기 위한 장시간의 편집 수작업이 필요하다(Lemmens, 1988).

10m이하의 공간해상도를 보유한 위성영상으로부터 획득한 고도계산시 고려하지 않았던 여러 가지 영향요소가 고해상도 위성영상을 대상으로 하는 경우 고도계산 결과값에 많은 영향을 미치게 되므로 이에 대한 영향요소별 연구가 필요하다. 자동상관매칭에 의한 지형고도 추출에서 발생하는 오차 요인으로는 영상촬영각, 지표경사, 수목차폐 및 수목고 등이 있으며 특히 수목의 경우 영상매칭이 지표면상 표고가 아닌 수목위 혹은 수목중간에 이루어질 수 있으므로 일관성 있는 DEM(Digital Elevation Model)이나 DSM(Digital Surface Model) 값을 결정하는데 어려움이 따른다. 따라서 이에 대한 영향

을 분석하고 이를 보정할 수 있는 추정값을 적용, 기준 등고선 자료와 비교, 유용성을 검토하여야 한다.

본 연구에서는 15km × 15km 연구대상지역을 포함한 SPOT5 입체영상에 대하여 다수의 기준점을 이용, 3차원 센서모델링을 하고 자동상관매칭에 의한 10m간격의 수치고도를 생성하였다. 상관매칭된 수치고도와 기준자료의 차이에 대하여 수목차폐율(DMT : Density Measure of Trees)과 수목고 영향을 분석하였다

## 2. 대상지역 및 연구자료 제작

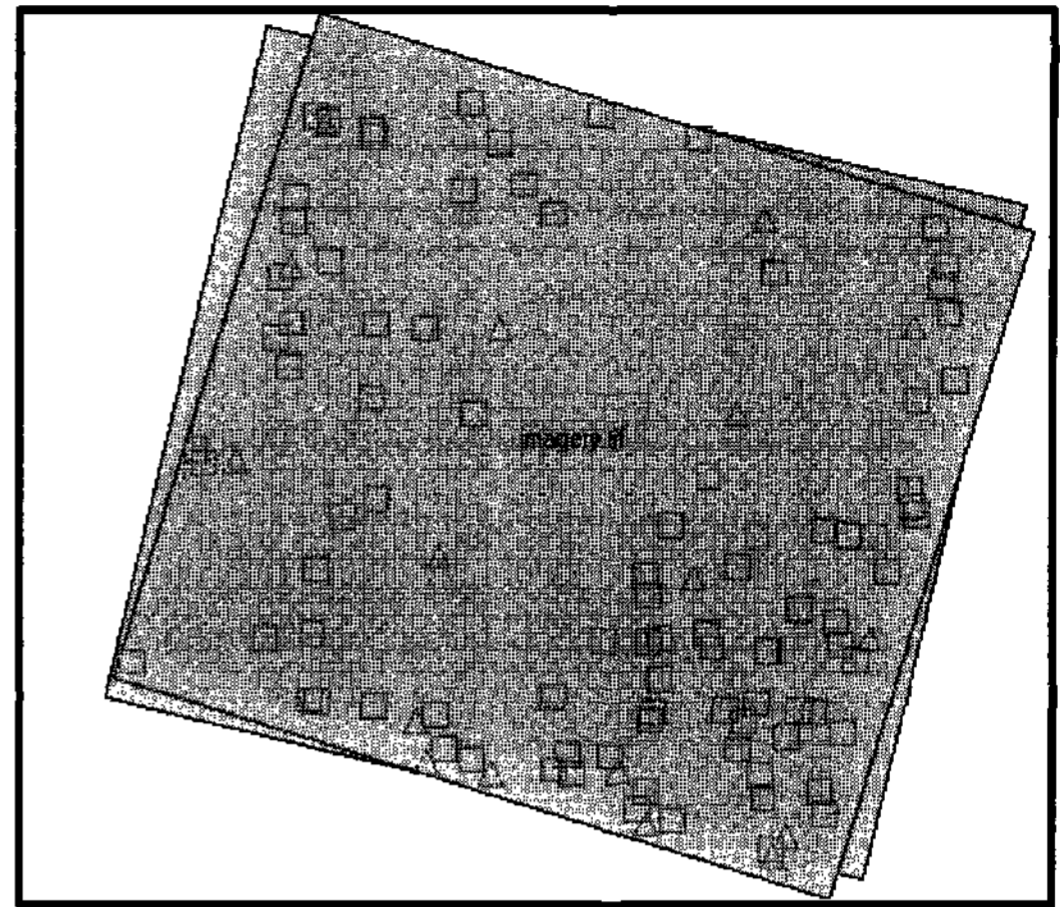
### 2.1 위성영상 모델링

연구대상지역의 위성영상은 SPOT-5로서 2003년 10월 30일, 11월 3일에 각각 촬영된 K-J 303-273 입체영상 모델을 사용하였고, 대상지역 일부가 접근불능지역으로서 국방과학연구소와 국토지리정보원이 보유하고 있는 삼각점 조서를 지상기준점 자료로 사용하였다. 3차원 센서 모델링은 촬영당시의 기하를 재현하는 과정으로 실제 지형과 영상간의 관계를 수학적인 함수로 표현한다. 함수의 종류에 따라 다양한 모델링 방법이 존재하며 본 연구에서는 Socetset 5.0을 이용하여 공선조건식에 기초한 엄밀모델링 방법을 적용하였다.

또한 기준점의 배치가 기하학적으로 균등하게 분포되도록 16개 기준점과센서모델의 강인성을 위해 92개의 접합점(Tie Point)을 추가하였다. [그림 2]는 기준점과 접합점의 영상분포를 보여준다. 3차원 모



[그림 1] 실험지역의 SPOT-5 영상



[그림 2] 기준점 배치도

텔링은 정확도 기준을 만족할 때까지 반복 계산하게 되는데, 기준점에 대한 조정 결과 RMSE(Root Mean Square Error)는 X, Y, Z에 대해서 각각 0.72m, 0.45m, 0.26m로 계산되었다. 또한 모델링 정확도 평가를 위해 실시한 현지 GPS 측량 성과와 비교한 결과, X, Y에 대하여 각각 2.4m, 1.8m로서 1개 화소크기 이내이다(이용웅 외, 2007).

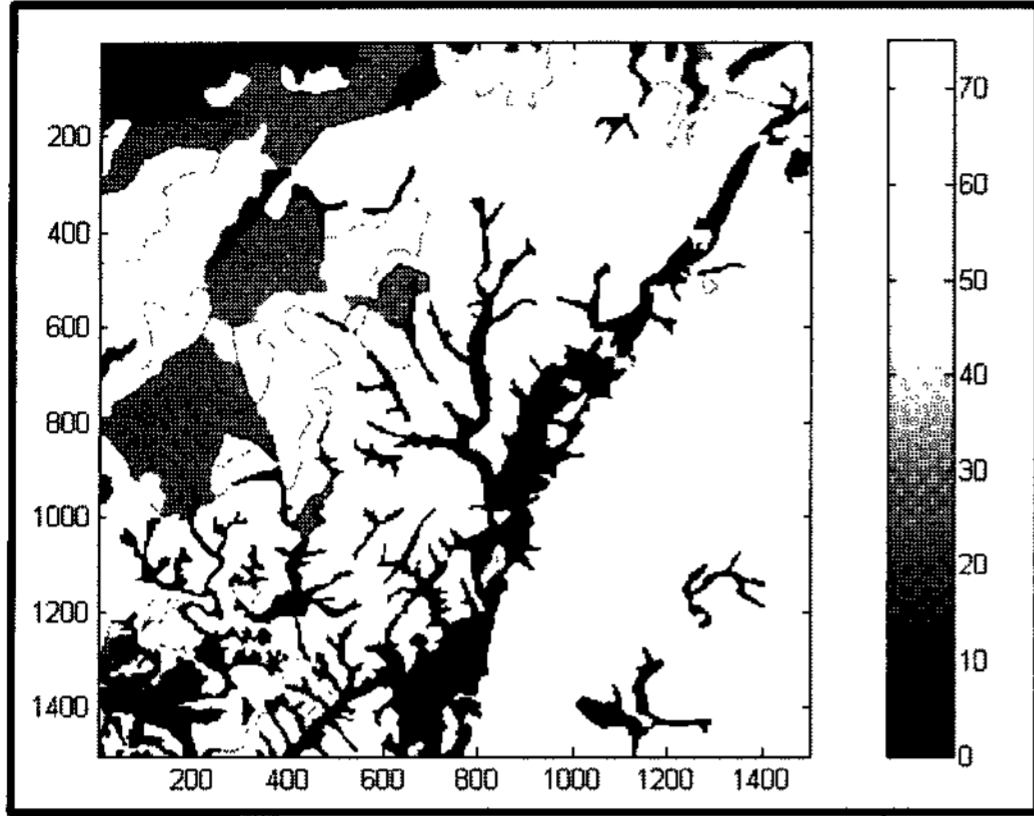
## 2.2 수목차폐율 및 높이 제작

수목차폐율과 수목고는 DIGEST FACC (Digital Geographic Information Exchange Standard Feature and Attribute Coding Catalogue) 규약을 준수하여 제작된 DMT (Density Measure of Tree)와 PHT(Predominant Height of Tree) 속성자료를 구축하고 사용하였다. 수목차폐율은 한여름의 지표에 대한 식생차폐비율을 나타내는 것으로서 촬영된 영상을 입체로 도시하고 0%, 25%, 50%, 75% 이상의 기준으로 판독하여 폴

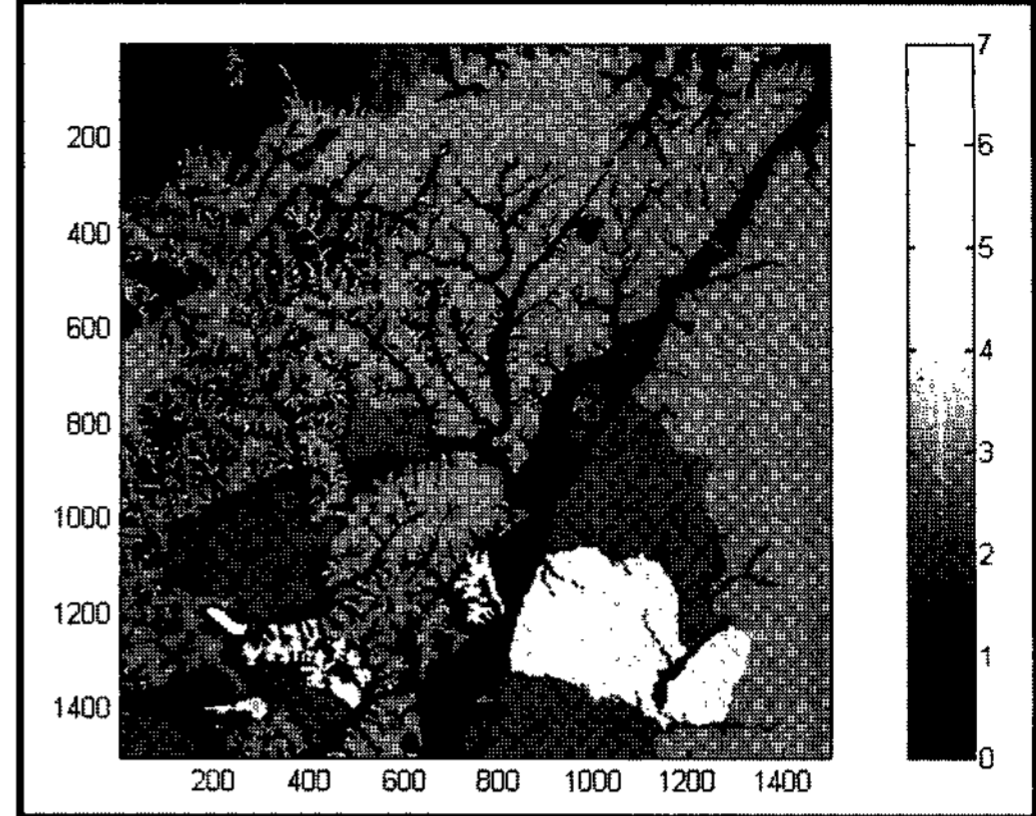
리곤을 구축하였다. 차폐율 제작에서는 기존의 지형분석도(VITD : Vector Interim Terrain Data)와 수목의 종류를 참고로 하였다. 수목고는 입체측정이 가능한 지역 즉, 수목 주변에 지표가 노출된 길, 묘지 주위나 암성 노출 지역을 들 수 있고, 이외의 지역에서도 촬영시기가 여름을 지나 지표가 보여지는 지역은 수목고 측정이 가능하였다. 수목고는 차폐율과 마찬가지로 폴리곤으로 구축, 측정값을 입력하며 판독자의 주관적 판단에 의해 해당 폴리곤의 평균 수목고를 입력하였고 기존 지형분석도를 보조자료로 활용하였다. 수목차폐율과 수목고는 shape 형식의 벡터형식으로 저장되었으며 수치고도자료의 적용을 위해 ArcMap S/W를 이용, 10m간격의 1500×1500개 화소의 래스터(tiff) 형식으로 변환하였다.

## 2.3 기준자료 제작

대상영역의 정밀한 고도자료 제작을 위



[그림 3] 대상지역 수목차폐율



[그림 4] 대상지역 수목고 분포

해 10m 간격의 등고선을 입체 수치도화를 수행하였다. 도화용 핸들, 콧디스크가 장착된 SOCETSET 스테레오 모니터에서 입체로 관측하였고, BAE system에서 제작한 VrOne 도화용 소프트웨어를 사용하였다. 국방과학연구소의 별도의 과업을 위해 제작된 자료의 일부로서 전체 제작기간을 산술적으로 계산하면 대상영역에 대하여 전문도화사 1인 기준 약 4주 정도의 기간이 소요되었다.

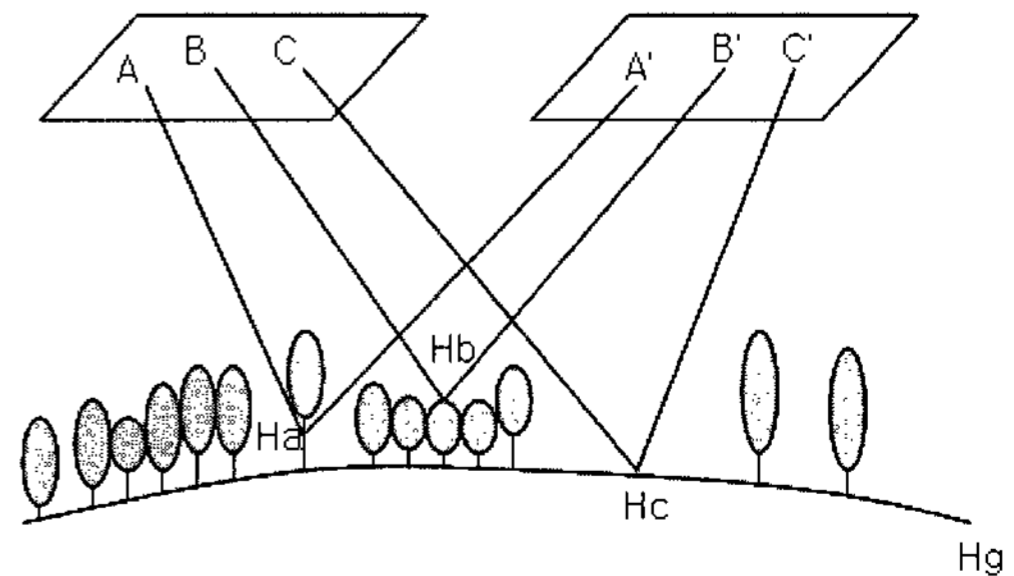
### 3. 자동상관매칭 고도와 수목고

대축척 지도에서는 거의 모든 영상 획득이 DEM 생성이 목적인 경우 낙엽의 영향을 고려하여 수목이 우거진 시기를 피하여 제작하며, 소축척지도에서는 산림차폐 유무(Leaf On/Off)를 고려하지 않고, 평균 수목고를 빼서 지표의 표고로 한다. 디지털 정사사진 생산을 위해서만 고도의 높이를 구하고자 하는 경우엔 낙엽유무가 고려되지 않는다(David, 2001). 이론적으로

본다면 매칭고도는 다음 식으로 고려할 수 있다.

$$H_m = H_g + \alpha h_T + \beta$$

여기서,  $H_m$ 은 자동상관매칭에 의한 고도,  $H_g$ 는 지표고도,  $h_T$ 는 수목높이이다. 산림지역의 자동상관매칭은 매칭 방법, 탐색창의 크기 및 수목 패턴 등 다양한 영향으로 오차를 포함하게 되며 해상도가 높아질수록 매칭점이 수목위에서만 생성되는 것이 아니라 [그림 5]와 같이 지표, 수목사이에서도 일어나게 된다(Peter Reinartz, 2005).



[그림 5] 수목에 따른 매칭점 생성 개념도

따라서  $\alpha$ 는 수목높이에 대하여 여러 가지 영향에 의한 변화율을 나타내며,  $\beta$ 는 촬영각과 지표 경사에 의한 영향으로 정리할 수 있다. 본 연구에서는  $\alpha$ 에 대하여 산림차폐율별 비례값을 계산하고 이를 다시 수목고별로 세분화시켜 차폐율이 상관매칭고도에 미치는 영향을 분석하였다

자동상관매칭은 SocetSet S/W의 ATE (Automatic Terrain Extraction) 기능을 사용하여 수행하였다. 일반적으로 상관매칭으로 고도를 구하는 경우 매칭 오류를 줄이기 위해 이미지 피라미드 매칭을 구현하는데, SocetSet에서도 이를 채용하며, 사용자 개입 정도에 따라 Adaptive와 non-Adaptive로 구분된다. non-Adaptive 기법을 적용하는 경우엔 지형의 경사도, 영상질 등에 따라 여러 가지 옵션을 적용하게 되는데, 본 연구에서는 일반적인 adaptive ATE 기능을 사용하여 자동상관매칭고도를 생성하였다.

## 4. 실험 결과

### 4.1 고도자료 처리

연구대상지역에 대한 자동상관매칭 고도자료와 수치도화 결과는 <표 1>과 같다. 매칭오류에 의한 화소를 배제하기 위해 매칭고도와 수치도화 결과 차이가  $3\sigma$  범위를 초과하는 화소는 실험대상에서 배제하였다. <표 1>에서 보듯이 원자료는 기준자료와 비교하여 최대 435m의 고도 차이를 가지므로 이에 대한 보정이 필요하며  $3\sigma$  범위를 초과하는 화소 배제한 경우에도 매칭고도와 도화고도의 평균차이

가 수목고 평균을 초과하고 있으나 본 연구의 결과가 수목고와 차폐율의 매칭고도 영향을 분석하기 위한 목적이고, 실험결과의 객관성을 고려하여  $2\sigma$  이상의 과도한 화소 배제는 수행하지 않았다.

### 4.2 수목차폐율에 따른 고도차

해상도가 높아짐에 따라 영상매칭 위치별 특성을 고려하게 되었으며, 이론적으로 수목차폐가 클수록 수목위에서 매칭이 이루어지게 된다. 만약 100% 수목차폐인 지역에 대한 매칭고도가 정확히 이루어지고 수목고를 보유하고 있는 경우엔 지표고도를 계산할 수 있게 된다. 수목차폐가 적을수록 지표에 대한 매칭이 이루어질 확률이 높아지는 것이다. 수목차폐율이 0%보다 큰 영역을 대상으로 한 계산 결과는 <표 2>와 같다.

대체로 수목차폐율이 증가함에 따라 수목고가 향상되고 있으나 차폐율 25% → 50% 증가시 매칭고도에서 수목고와 도화고도를 함께 감한 결과는 0에 보다 근접함으로써 매칭점이 수목위에서 많이 이루

<표 1> 고도자료 처리 결과

항 목	평 균	표준편차	최대값	최소값
	원 자료 (m)			
매칭고도(A)	218.2	118.7	904	-96
도화고도(B)	216.1	117.6	870	30
수목고(C)	2.0	1.5	7	0
3 $\sigma$ 초과 화소배제 후 (m)				
매칭고도(A)	217.0	117.5	902.3	-19.8
도화고도(B)	214.8	116.6	870	30
수목고(C)	2.0	1.5	7	0

<표 2> 수목차폐율별 고도차 계산 결과

수목차폐율	25%	50%	75%이상
매칭고도-수목고-도화고도(m)	-1.0648	-0.0824	-0.4323
매칭고도-도화고도(m)	0.2491	1.8000	2.0746
수목고 차(m)	1.3139	1.8824	2.5069

<표 3> 수목차폐율별 고도차 계산 결과

수목고 차폐율	2m	3m	4m	7m
25%	-1.4225	-2.5409	×	×
50%	-1.0483	-1.6712	0.0555	×
75%이상	-0.0784	-1.0636	-1.7877	-7.4095

차폐율 및 평균 수목고 폴리곤의 정확성과 세분화가 추가될 경우, 향상된 결과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

### 5. 결론 및 향후 연구과제

어지고 있음을 보여준다. 차폐율 50% → 75% 증가시 오히려 음의 값으로 차이가 증가하였는데, 이것은 산림지역에서의 매칭오류와 비접근 산림지역의 차폐율 75% 이상 지역의 등고선 도화시 지표면상의 위치를 정확히 도화하는데 어려움에 따라 도화 고도자료도 함께 오차를 포함하고 있는 것으로서 판단된다.

#### 4.3 수목차폐율과 수목고를 고려한 고도차

본 대상영역에서는 1m, 4m, 5m 수목고 속성은 입력되지 않았으므로 2m, 3m, 4m, 7m 수목고에 대한 수목차폐율별 매칭고도 영향을 계산하였다. 실험결과, 실험지역의 대부분을 차지하는 2m, 3m 수목고에 대해서는 동일 수목고에 대하여 산림차폐율이 증가할수록 고도차가 줄어드는 경향을 뚜렷이 나타내고 있다. 다만, 4m와 7m 수목고의 경우 매칭오류 혹은 기준자료의 도화 오차에 의해 고도차가 증가하는 것으로 판단하며, 이외에도 수목

본 연구는 고해상도 위성영상으로부터 자동상관매칭에 지형고도를 추출할 때 발생하는 여러 가지 오차요소 중 수목고에 의한 영향을 수목차폐율을 적용 분석하였다. 실험결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 본 연구에서 사용된 원자료 및 매칭오류에 과대오차 배제 자료와의 비교를 통해 자동상관매칭에 의해 생성된 고도는 수치도화에 의한 등고선 결과에 대하여 수목을 포함한 매칭에 영향을 미치는 요소에 의해 차이가 발생한다. 둘째, 수목차폐율별 매칭고도와 기준자료와의 차이 계산 결과 차폐율이 증가할수록 그 차이가 증가하고 있다. 셋째, 수목고와 수목차폐율을 동시에 고려하여 매칭고도를 분석한 결과 기준자료에 대하여 수목고별로 수목차폐율이 클수록 수목위에서 매칭이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

향후 자동상관매칭 고도에 대한 수목고 및 차폐율의 보편적인 상관관계 확립을 위해서는 보다 다양한 수목 특성을 보유

한 실험지역의 확보, 수목관련 속성 획득을 위한 자동화 기법 적용, 관측각에 따른 영향 연구가 지속적으로 수행되어야 한다.

### 감사의 글

본 연구수행에 필요한 수치도화자료 및 자동상관매칭 고도생성에 도움을 주신 중앙항업(주)의 김진광 박사, 박두열 선임연구원께 감사드립니다.

### 참고문헌

- 국토연구원, 2004, “접근불능지역의 지리정보 구축방법 연구”, pp. 25-29.
- 이용웅 · 송현승 · 최선용 · 어양담 · 유향미, 2007, “경계지역 정밀지형자료 제작”, 국방과학연구소, TEDC-508-070105, pp. 9-19.
- BAE SYSTEMS, 2003, “SocetSet User’s Manual version 5.0,” pp. 32\_1-32\_32.
- David F. Maune, 2001, “Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual,” American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, p. 135.
- Lemmens, M. J., 1988, “A Study on Stereo Matching Techniques,” International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Commission V, vol. 27, pp. 11-23.