

항공사진 영상과 위성 영상간의 지형지물 비교·분석

Comparison and Analysis of Features between Aerial Photo Image and Satellite Image

김감래¹⁾ · 김재연²⁾

Kim, Kam Lae · Kim, Jea Youn

Abstract

Practical use is increasing on the aerial ortho image recently, and much researches for geographic information system build that use high resolution satellite image cause this are progressing. Also many researches that use KOMPSAT-1 satellite image of resolution 6.6m are performing in these days, estimation for between aerial photo and satellite image is needed. In this treatise scanned image of aerial photo, using aerial photo resampling image of resolution equal with KOMPSAT-1 image using aerial photo, and KOMPSAT-1 satellite image use for experimental image making each orthoimage, classified feature for estimate. We evaluated to what level that an separation item could be able to estimate in each orthoimage. As result of estimation analysis, In the classified feature in aerial photo orthoimage with aerial photo resampling image orthoimage is about 61%, KOMPSAT-1 satellite image orthoimage is almost 41% could estimated. Through this investigation estimate, KOMPSAT-1 satellite sue to map updating, geographic information og non-approach area and environment inspect.

요 지

최근 항공사진 정사영상의 활용이 증가하고 있으며, 이에 맞추어 고해상도 위성영상을 이용한 지리정보시스템 구축을 위한 많은 연구가 진행 중에 있다. 또한 공간해상도가 6.6m급인 아리랑 1호 위성영상을 이용한 많은 연구가 시행중인 이즈음, 항공사진과 위성영상간의 판독성에 대한 평가가 필요하다. 이 연구에서는 항공사진을 스캔한 영상, 그 항공사진을 이용하여 아리랑 1호와 동일한 해상도로 재배열한 영상, 그리고 아리랑 1호 위성영상을 실험 영상으로 이용하여 각각 정사영상을 제작하고, 판독하려는 지형지물을 분류하였으며, 각각의 정사영상에서 그 분류항목에 대한 판독이 어느 수준까지 가능한지에 대한 평가를 하였다. 판독 분석결과, 판독을 위해 분류한 지형지물 중 항공사진을 이용한 정사영상에서 판독할 수 있는 지형지물의 양에 비해 항공사진 영상을 재배열한 영상의 정사영상에서는 대략 61%, 아리랑 1호 위성영상의 정사영상에서는 대략 41%를 판독할 수 있었으며, 이와 같은 실험연구를 통해 아리랑 1호 위성 영상은 지도갱신, 비접근지역에 대한 지형정보 획득, 환경감시 등의 분야에 활용할 수 있을 것으로 판단하였다.

핵심용어(Keywords) : 지형지물판독, 영상재배열, 아리랑 위성(KOMPSAT)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내 항공우주기술의 발전에 맞추어 위성영상을 이용한 지도제작과 국가지리정보시스템 구축에 대한 많은 연구가 수행중이다(김상철, 2001).

1999년 말 우리나라 자체 위성인 아리랑 1호(KOMPSAT-1)를 발사하였다. 그에 따라 위성영상자료를 이용함에 있어

시간적, 경제적 제한이 감소하였으며 위성영상자료 활용의 활성화 기반을 마련하였다(유복모, 2001 ; 연상호 등, 2001).

아리랑 1호가 탑재하고 있는 공간해상도 6.6m급의 전자광학카메라의 주된 임무는 한국영토를 원격 촬영하여 국토의 수치표고모델을 만들어 입체지도를 제작하는 것이다. 입체지도는 전자지도를 만드는 자료로 쓰이며, 지리정보시스템의 바탕이 되고 국토관리와 재해예방 등에 사용할 수 있다(안철호, 2001).

1) 명지대학교 토목환경공학과 교수(E-mail:kam@mju.ac.kr)
2) 명지대학교 토목환경공학과 석사(E-mail:firefrog@empal.com)

그러나 위성은 항공사진과 달리 기하학적 특성이 다르고 모델링에 따르는 다양한 방법을 적용할 수 있는 반면 정확도를 만족하기 위한 다양한 사전 연구를 수행하여야 한다. 또한 위치정확도와 관련한 정량적 해석이외에 실제 지형지물의 판독 가능성에 대한 분석이 필요하다. 특히, 현재 운영중인 위성에 대한 분석과 함께 향후 발사 예정인 다양한 위성의 해상도와 분광특성에 따른 평가가 필요하며 이는 장기적인 위성 운영의 활용계획에 중요한 역할을 담당할 수 있다.

따라서 이 연구에서는 현재 운영중인 아리랑1호 영상에 대한 판독 분석을 실시하고 비교 가능한 항공사진과의 특성 분석을 통해 그 정확도와 신뢰성을 판단하여 해상도에 따른 영상의 질적 평가 수준에 대한 기준을 제시하고자 한다. 연구목적 달성을 위해서 항공사진 영상, 재배열 영상 및 아리랑 1호 위성영상을 이용하여 정사영상을 제작하고 지형지물을 분류에 따른 판독 수준을 제시하며, 그 결과를 비교 분석하여 체계적이고 실용적인 향후 활용방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구방법

현재 운영중인 아리랑 1호 위성 영상에 대한 판독·분석을 실시하기 위해 1/20,000 흑백 항공사진과 흑백 아리랑 1호 위성 영상, 그리고 비교 영상으로 항공사진을 재배열한 영상을 사용하였다.

실험 대상지역은 대전 일부 지역으로 정사영상을 제작하여 비교한 부분은 가로 8.0km, 세로 8.2km 정도의 범위이다.

기준영상으로는 항공사진을 이용한 정사영상을 사용하였다. 중중복도 60%, 횡중복도 30%의 2 strip의 6장을 1200 DPI로 스캐닝하여 공간해상도가 0.4m인 항공사진영상을 제작하고 이 항공사진영상으로 공간해상도가 1.0m인 정사영상을 제작하였다(김감래, 1998 ; 유복모, 2001).

흑백 아리랑 1호 위성영상은 공간해상도가 6.6m이며 6.6m의 공간해상도를 갖는 정사영상을 제작하였다. 그리고 비교 영상을 만들기 위하여 1200 DPI로 스캐닝한 항공사진영상을 아리랑 1호 위성영상의 공간해상도와 같도록 재배열한 영상으로 공간해상도 6.6m인 정사영상을 제작하였다.

각각 정사영상을 제작한 후 제작 성과에 대하여 모델링 정확도와 정사영상의 정확도를 비교하고, 1/5,000 수치지도 작성작업규칙의 분류 항목 형식을 빌어 실험 분류 항목별로 세분류를 만들고 각 세분류에 대하여 전체 연구대상

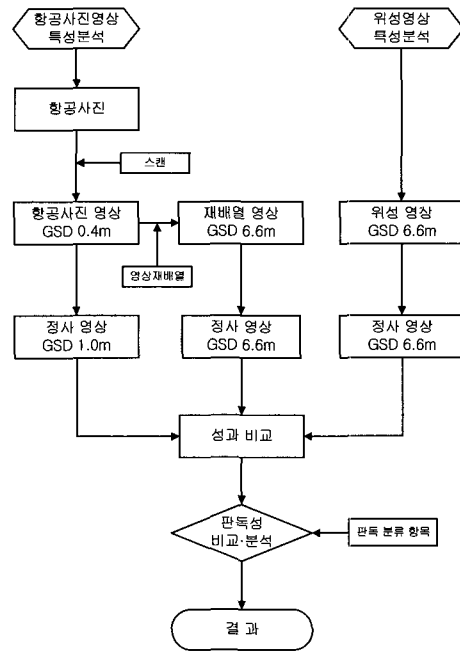


그림 1. 작업 공정 순서도

지역에 골고루 분포시켜 2~4개의 구역에서 지형지물을 선별하여 비교 샘플을 취득하여 판독성 표를 만든 후, 각각 영상의 판독 수준에 대한 평가를 하고, 그 결과를 분석하여 최종 결론을 도출하였다.

2. 실험 정사영상 제작

2.1 항공사진을 이용한 정사영상 제작

기존 항공사진을 고정밀 항공사진 전용 스캐너로 스캔하고, 스캔한 수치항공영상을 수치사진측량용 소프트웨어에서 영상의 기하학적 왜곡요소를 보정하고, 수치미분편위수정방법에 의하여 수치정사사진을 생성할 수 있다.

본 연구대상지역은 대전 일부지역으로 1999년 4월 촬영한 항공사진을 스캔한 데이터와 1/25,000 수치지도 4도엽, 1/5,000 수치지도 30도엽을 사용하여 1/5,000 정사영상을 제작하였다.

실험 대상지역은 가로 8.0km, 세로 8.2km이며, 그림 2와 같다. 또한 기준점으로 9개의 삼각점과 6개의 수준점을 사용하였으며, 29개의 검사점들은 정사영상의 정확도를 측정하기 위한 것으로, 대상영역에서 기준점들과 균형 있게 분포하도록 선정하였다. 그림 3에 기준점과 검사점의 분포를 나타내었다.

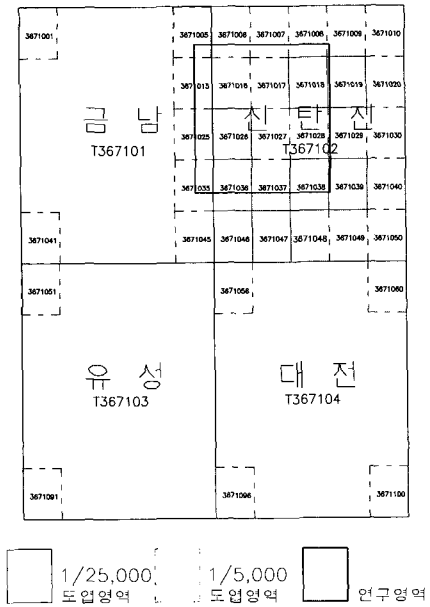


그림 2. 실험 대상 지역

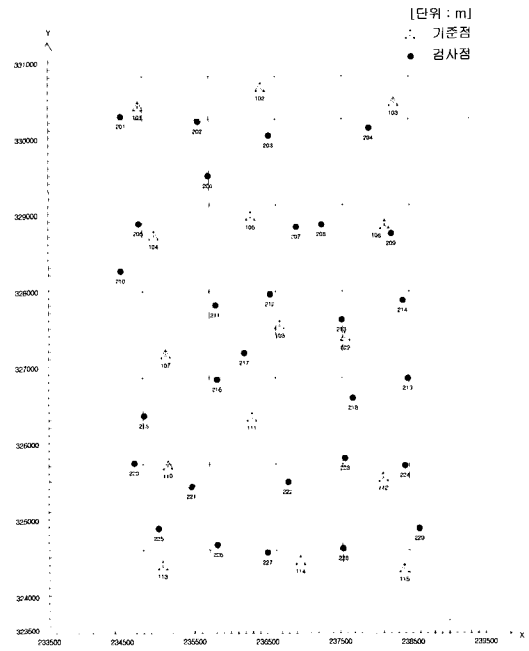


그림 3. 항공사진 기준점과 검사점의 분포도

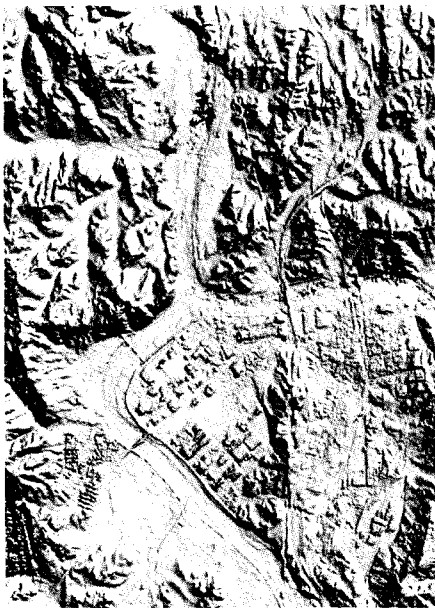


그림 4. 수치표고모델 음영기복도



그림 5. 항공사진을 이용한 정사영상(GSD 1.0m)

수치표고자료는 표고의 공간적분포를 수치적으로 표현한 것으로서 보통 2차원 평면상에서 일정 간격의 격자 형태 또는 불규칙 삼각망 형태를 이루며 그 응용분야가 광범위하다(Maune, 2001 ; Jensen, 1995). Virtuoz에서 격자

간격을 5m로 설정하여 3차원 수치표고모델을 제작하였고, 수치표고모델을 사용하여 제작한 음영기복도는 다음 그림 4와 같고, 항공사진영상을 사용하여 제작한 공간해상도 1.0m의 정사영상은 위의 그림 5와 같다.

2.2 항공영상 재배열 영상을 이용한 정사영상 제작
재배열 방법에는 최근린 보간, 공일차 보간, 공삼차 보간, 평균보간등이 있다. 그들의 특징은 아래 표 1과 같다.

표 1. 보간방법에 따른 비교

	사용 화소	육안판독결과	처리시간
최근린보간	1	양호	가장 빠름
공일차보간	4	양호	빠름
공삼차보간	16	양호	느림
평균 보간	보간시사용한 모든화소	최상	가장 느림

이 연구에서는 12544×12032개의 화소를 760×279개의 화소로 재배열하는데 표 1에서 보는 바와 같이 약 13점을 대표하기에는 평균보간법이 가장 합리적이므로 평균보간법을 적용하였다.

항공사진을 고정밀 항공사진 전용 스캐너로 스캔하여 얻은 공간해상도 0.4m의 영상을 아리랑 1호 위성의 공간해상도 6.6m에 맞추어 재배열하고, 이 재배열 영상으로 정사영상을 제작한다.

항공사진을 이용한 정사영상을 재배열하여 비교하지 않고 항공영상을 재배열하는 이유는, 정사영상을 제작하는

데 있어 정사영상의 정확도에 공간해상도가 어느 정도의 영향을 미치는지 알아보고, 항공사진의 기하학적 특성을 그대로 가지고 있는 상태에서 정사영상을 만들어 아리랑 1호 위성영상의 정사영상과 비교하기 위함이다.

항공사진영상을 재배열한 영상으로 공간해상도 6.6m의 정사영상을 제작하였다. 제작된 정사영상은 위의 그림 6과 같다.

2.3 위성영상을 이용한 정사영상 제작

수치정사영상 생성을 위한 각종 데이터 처리는 상용 시스템(Helava Socet System)을 활용하였다.

본 연구대상지역은 대전 일부지역으로 2001년 6월 촬영한 아리랑 1호 위성 영상과 1/25,000 수치지도 4도엽을 이용하여 1/5,000 정사영상을 제작하였다.

1/25,000 수치지도 : T367101~T367104

실험 대상지역은 가로 16km, 세로 27km이며, 다음 그림 7과 같다.

모델링 방법에 따라 차이는 있지만, 최소 1~3점만으로도 수학적으로는 해결이 가능하지만, 일반적으로 지상기준점에서 멀어질수록 정확도가 감소하는 특성으로 인해 안전을 고려하여 최소 기준점보다 많은 기준점을 사용한다. DLT의 경우 10점 이상을 사용하면 효율적인 모델링



그림 6. 항공사진영상을 재배열한 영상을 이용한 정사영상 (GSD 6.6m)

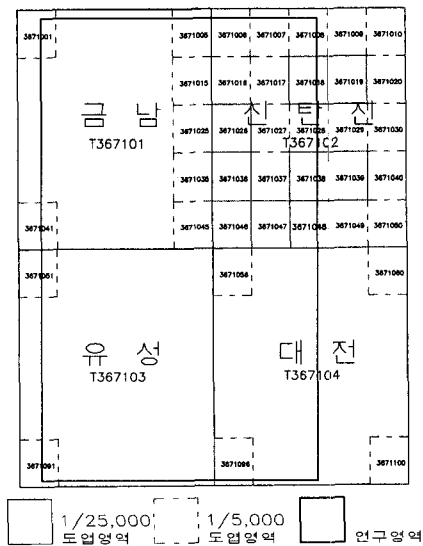


그림 7. 실험 대상 지역

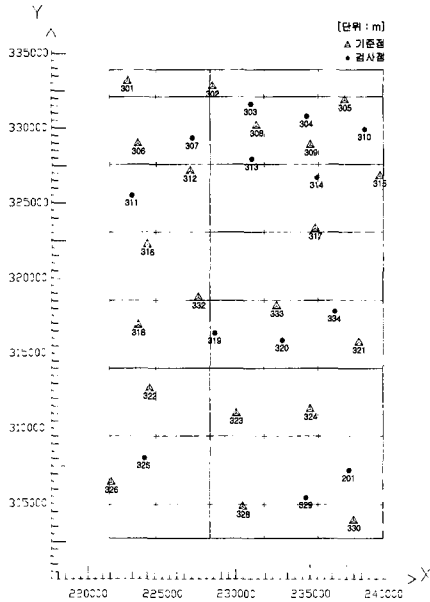


그림 8. 기준점 배치도



그림 9. 아리랑 1호 위성 영상을 이용한 정사영상(GSD 6.6m)

을 수행할 수 있다(유복모, 2001 ; Jensen, 1995).

다음 그림 9는 아리랑 1호 위성 영상을 이용한 공간해상도 6.6m의 정사영상이다.

3. 실험결과 비교·분석

3.1 모델링 정확도

모델링 정확도는 소프트웨어 내부에서 결정되어 나오는 수치로, 항공사진에 비해 상대적으로 공간해상도가 큰 재배열 영상과 위성 영상에서 평균제곱근 오차가 크게 나왔다.

표 2. 모델링 정확도 [단위 : m]

	RMSE(X)	RMSE(Y)
항공사진 영상	±1.88	±2.01
재배열 영상	±2.22	±2.38
위성 영상	±2.40	±2.60

3.2 정사영상 정확도

정사영상을 제작한 후 정사영상을 CAD MAP에서 불러들여 영상위에서 15개의 기준점과 29개의 검사점에 대한 지상좌표를 획득하여 1/5,000수치지도에서 추출한 좌표와 비교하여 정사영상의 정확도를 평가하였다. 각각의 정사

영상 제작 결과에 대한 정확도는 다음 표 3과 같다.

표 3. 정사영상 정확도 [단위 : m]

	기준점		검사점	
	RMSE(X)	RMSE(Y)	RMSE(X)	RMSE(Y)
항공사진 영상	±3.71	±3.08	±6.84	±4.42
재배열 영상	±6.06	±4.83	±7.66	±5.47
위성 영상	±7.35	±5.97	±9.47	±6.24

모델링 정확도에서는 거의 비슷한 정확도가 도출되었으나 정사영상의 정확도에서는 서로 큰 차이를 보이고 있다.

기준 영상의 정사영상과 비교했을 때 공간해상도가 큰 영상의 정사영상에서 평균제곱근 오차가 크게 나왔으며 위성 영상의 경우 평균제곱근 오차가 1회소 이상으로 나오고 있다.

같은 공간해상도를 가지고 있으나, 재배열 영상의 정확도가 위성 영상의 정확도 보다 좋게 나온 것은 영상을 재배열 하여도 항공사진 영상 자체가 가지고 있는 기하학적 우수성 때문이라고 판단된다.

3.3 판독성 평가

영상의 지형지물에 대한 판독성을 알아보기 위해 참고한 "1/5,000 지형도 도식적용 규칙"에서 정의하는 분류 항목을 정리한 것은 다음 표 4와 같다.

표 4. 1/5,000 지형도 도식적용 규칙

자료 : 측량협회

구분	항목	구분	항목	구분	항목
1	철도	5	각종목표물	9	지형
2	도로	6	특정지구	10	주기
3	경계	7	수부	11	난외사항
4	건물	8	지류(식물)		

분류 항목중에서 현지조사 또는 행정자료 또는 통계자료 등으로부터 얻어내는 경계, 주기, 난외사항 등의 항목들은 판독에서 제외하고 연구목적에 맞는 분류 항목에 대하여 영상의 지형지물 판독성에 대한 평가를 하게 된다. 이러한 기준에 의한 실험 분류항목은 다음 표 5와 같다.

표 5. 실험 분류 항목

항목	정의
도로	일반교통에 사용하는 지상 시설을 말하며 터널 및 교량 등의 시설을 포함한다.
철도	차량이 주행할 수 있도록 레일을 설치한 궤도를 말하며 여기에 부착되는 시설도 이에 포함한다.
건물	사람이 살고 있거나 또는 살 수 있는 가옥을 말하며 건물유사구조물 또는 부속건물도 이에 포함한다.
수부	하천등, 호지등, 해부로 나뉘며 도상면적 2.0mm ² 이상의 것을 표시한다.
지류	지표면에 식물이 자라고 있는 땅의 상태 또는 그 식물의 종류를 말한다.

판독등급은 미국의 IMINT(Image Intelligence)에서 작성한 NIIRS(National Imagery Interpretability Rating Scales)에 기술된 I(Identify : 확인), B(Distinguish : 구별), D(Detect : 탐지), N(Not Detect : 불탐지)의 4등급을 적용한다. 이들 항목을 간단히 정의하면 다음 표 6과 같다.

표 6. 판독 등급

등급	특성
I (확인)	대상물을 외형과 상세한 구성요소에 근거하여 형태나 계층별로 명명할 수 있는 경우를 말하는데, 외형과 구성요소에 대한 정보는 오직 영상을 통해 얻어진 것이어야함
B (구별)	탐지한 두 개의 대상물이 서로 다른 형태를 가지거나 다른 계층에 속해 있다는 사실을 하나 이상의 특색에 근거하여 밝힐 수 있는 경우
D (탐지)	대상물 중에 설치 시설, 특정 목적 대상 또는 관심 있는 항목이 현존하는가의 여부를 대상물의 일반적인 모양이나 영상 상의 인접한 다른 물체들과의 관계성에 근거하여 발견할 수 있는 경우
N (불탐지)	대상물을 다른 물체들과 구별할 수 없는 경우

샘플은 정사영상 상에서 가로 300m×세로 300m의 구역을 사용하였고 8배의 확대배율을 유지한 상태에서 추출하여 샘플들 간의 차이가 없도록 주위를 기울였다. 그리고 한 곳에 집중되지 않도록 연구대상지역에서 골고루 선택하여 한 항목당 1~4개를 준비하였다.

표 7. 샘플 영상

세부 항목	기준영상	재배열 영상	아리랑 1호 영상
고속도로			
선로			
독립 건물			
하천			

표 8. 판독결과 I

대분류	세분류	영상											
		기준영상				재배열 영상				아리랑 1호 영상			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
도로	고속도로	I	I	I	I	I	B	I	I	I	B	I	I
	4차선도로	I	I	I	I	I	B	I	B	B	B	B	B
	2차선도로	I	I	I	I	B	B	B	B	D	D	D	B
	소로	I	I	I	I	D	B	D	D	D	D	D	N
철도	선로	I	I	B	B	B	D	D	N	D	N	N	N
	역	I	-	-	-	B	-	-	-	D	-	-	-
건물	독립건물	I	I	I	I	I	I	I	B	I	B	I	B
	밀집건물	I	B	I	D	D	D	D	N	D	D	N	N
수부	용수로	B	-	-	-	D	-	-	-	N	-	-	-
	하천	I	I	I	I	I	I	B	D	I	D	D	N
지류 (식물)	논	B	B	B	B	D	D	B	D	D	D	D	N
	밭	B	B	I	B	D	B	N	D	D	D	N	N
	산림	I	I	I	I	I	B	D	B	B	D	D	B

각 판독 분류 항목별로 판독한 결과를 간단히 정리하면, 도로의 경우 고속도로는 모두 판독 가능하였고, 아리랑 1호 위성영상은 4m이상의 도로를 실폭으로 묘사할 수 있는데, 이는 3m이상을 실폭으로 표현하고 1.6m~3m의 도로를 실선으로 표현하도록 규정하는 1/5,000 지형도 도식적 용규정의 수준에 준한다고 할 수 있다(이호남, 1996 ; 박병욱, 2001).

건물의 경우 독립건물이면서 규모가 큰 건물(대부분 80m이상)은 모두 판독 가능하였고 아리랑 1호 위성영상에서는 밀집건물의 형태를 제대로 판독하기 힘든 수준이었지만, 재배열 영상에서는 대략적으로 판독할 수 있었다.

철도의 경우 재배열영상과 아리랑 1호 위성영상 모두에서 확연하게 판독할 수는 없었다. 선로는 복선묘사는 어려우며 구별은 할 수가 있는 수준이었다.

수부의 경우 넓은 강(대부분 50m 이상)은 판독이 모두 가능하였고, 좁은 하천의 경우에는 판독이 어려워 졌다. 용수로의 경우 거의 판독할 수 없었으며, 위성영상은 저수지의 형태를 실선으로 묘사할 수 있는 수준이었다.

지류의 경우 촬영시기가 4월이어서 논과 밭의 구별은 할 수 없었고, 아리랑 1호 위성에서는 판독하는데 어려웠다.

표 9. 판독결과 II

	확인	구별	탐지	불탐지	합계
기준영상	36개 75%	11개 23%	1개 2%	0개 0%	48개 100%
재배열 영상	14개 29%	15개 31%	16개 33%	3개 7%	48개 100%
아리랑 1호 영상	7개 15%	12개 25%	18개 37%	11개 23%	48개 100%

지도화 할 수 있는 수준을 'I'와 'B' 단계라고 할 때 정사영상으로 실험한 결과 항공사진 재배열 영상에서 61%, 아리랑 1호 위성영상에 대해서는 41%의 지형지물을 판독할 수 있었다.

지금까지 판독·비교한 것을 종합해볼 때, 철도는 4m, 건물은 10m등 각각 적당한 공간해상도가 필요함을 알 수 있었으며, 도로, 종합운동장과 같이 크기가 큰 요소들은 항공사진 재배열 영상과 아리랑 1호 위성영상에서 양호한 판독 특성을 가지며, 작은 건물의 경우 아리랑 1호 위성영

상에 비해, 항공사진 재배열 영상에서는 판독성고가 세밀하게 나타나는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

이 연구에서는 항공사진을 수치화하여 재배열한 영상과 아리랑 1호 위성영상을 정사화하여 지형지물의 판독과 분석을 실시하였으며 이를 토대로 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 정사영상으로 실험한 결과 항공사진 재배열 영상에서 61%, 아리랑 1호 위성영상에 대해서는 41%의 지형지물을 판독할 수 있었다.

2. 항공사진영상 재배열 영상과 아리랑 1호 정사영상에서 대부분 80m이상의 건물, 폭이 50m이상인 하천 등을 판독할 수 있었으며 이는 국가기본도 1/25,000에 해당한다.

3. 항공사진 재배열 영상은 흑백 위성영상에 비해 방사특성이 우수함을 알 수 있었으며 지형지물 판독 분석을 위한 시뮬레이션에서는 재배열 영상의 분광특성을 반드시 고려해야한다.

이 연구를 통해 향후 발사될 아리랑 2호 영상에 대한 품질 예측방법과 품질 향상을 위한 연구개발이 계속되어야 할것으로 판단된다.

참고문헌

김감래 (1998), 측량학, 제2판, 청문각, pp. 389-410.
 이호남 (1996), 수치지도에 의한 지도 일반화, 명지대학교 박사 논문.
 유복모 (2001), 사진측량학, 제4판, 문운당, pp. 6-9, pp. 131-134.
 안철호 (2001), 공간정보기술의 현황 및 전망-위성측지 및 원격탐사를 중심으로, 대한토목학회 학술발표회 논문집.
 연상호, 조명희, 이진덕 공저 (2001), 원격탐사입문, 구미서관, pp. 70-82.
 김상철 (2001), 고해상도 인공위성 영상데이터로부터 도로정보의 추출, 대한토목학회 학술발표회 논문집.
 박병욱 (2001), 고해상도 위성영상을 이용한 지도제작 시험연구, 대한토목학회 학술발표회 논문집.
 David F. Maune, PhD, CP (2001), *Digital Elevation Model Technologies and Application*, ASPRS, pp. 121-142.
 Jon R. Jensen (1995), *Introductory Digital Image Processing*, Prentice Hall, pp. 257-277.

(2003년 2월 20일 원고접수)