

LANDSAT TM과 JERS-1 OPS 영상을 이용한 도시지역의 토지이용 변화 검출

이진덕¹ · 연상호² · 유재엽³ · 김성길⁴

Detecting Land Use Changes in an Urban Area using LANDSAT TM and JERS-1 OPS Imagery

Jin-Duk Lee¹ · Sang-Ho Yeon² · Jae-Yup Ryu³ · Sung-Gil Kim⁴

요 약

위성영상으로부터 주기적으로 얻어지는 토지이용 및 토지피복 정보는 지표환경이 급변하는 도시지역의 변화를 검출하는데 효과적으로 활용될 수 있다. 또한 이들 정보는 도시정보시스템에서 공간데이터베이스 구축을 위한 베이스맵으로서, 그리고 바람직한 도시계획 및 개발방향을 위한 의사결정자료로서 활용될 수 있을 것이다. 본 연구에서는 구미시를 사례지로 하여 1991년과 1997년에 수집된 Landsat TM과 JERS-1 OPS 영상데이터로부터 토지이용에 대한 무감독 및 감독분류를 각각 행하고 토지이용 변화를 검출하였다.

주요어: 변화검출, 도시지역, LANDSAT TM, JERS-1 OPS, 토지이용분류

ABSTRACT

The land use/cover information, which is periodically obtained from satellite imagery, can be effectively applied to change detection in rapidly changing urban areas. Also it can be used not only as base maps for spatial database in urban information system but as decision-making data for desired urban planning and development direction. In this study, we carried out both unsupervised and supervised classification on land use from Landsat TM and JERS-1 OPS data, which were collected respectively in 1991 and 1997, covering Kumi City and then detected land use changes.

KEYWORDS: Change Detection, Urban Area, LANDSAT TM, JERS-1 OPS, Land Use Classification

1999년 4월 28일 접수 Received on April 28, 1999

1 금오공과대학교 토목환경건축공학부 (jdlee@knut.kumoh.ac.kr)

2 세명대학교 토목공학과

3 금오공과대학교 측량/지형정보연구실

4 금오공과대학교 대학원 토목공학과

서론

원격탐사는 지형도, 도시현황도, 지질도, 토양도, 녹지조사도 등의 주제도 작성은 물론, 도시 공간정보의 분석과 활용에 있어서 그 중요성이 증대되고 있는 GIS와의 통합과 도시환경의 변화 모니터링 등 여러 분야에서 그 활용이 기대된다. 최근 고해상도의 영상이 보급되면서 동일지역의 자료를 일정주기마다 반복적으로 관측하여 지리적, 정치적 이유로 접근이 불가능한 지역의 정보를 수집할 수 있다는 장점이 부각되고 있으며, 구름이나 기상조건의 불량으로 광학영상의 수신이 곤란한 문제를 해결하기 위하여 SAR 영상을 광학영상과 결합하여 분류하는 접근방법 등이 이용되고 있다.

도시개발은 긍정적인 측면과 더불어 환경파괴, 녹지감소라는 부정적인 면도 수반되게 마련이므로 도시지역의 토지이용패턴 및 토지피복상태 등의 도시환경 변화를 분석하는 것은 도시계획 및 개발을 기획·입안하는데 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다(박병욱, 1996). 이에 주기적으로 수치형태의 인공위성 영상데이터를 이용한다면 단시간내 토지이용 및 토지피복 분류도를 얻을 수 있으며, 특히 지표환경이 급변하는 도시지역에서의 최신의 토지이용정보를 갱신하여 표현·전달할 수 있는 효율적인 수단이 될 수 있을 것이다. 또한

토지이용/토지피복 분류도는 최근 그 중요성이 강조되고 있는 도시정보시스템의 데이터베이스 구축을 위한 베이스맵으로서 필수적이다.

또한 수치표고모형 및 위성영상을 활용하여 토목설계, 도시설계, 토지조사 등의 분야에서 활용될 수 있는 정사투영 영상, 조감도, 수계도, 경사구분도 등을 작성할 수 있다. 즉, 위성영상자료는 그 지역의 기존 벡터나 새로운 벡터의 관독, 분류, 수정에 대한 시각적인 참고 도구로서 사용될 수 있을 뿐 아니라 토지이용의 형태, 환경적으로 민감한 지역 및 기반시설에 대한 공간요소를 포함하는 지역의 토지이용, 운송, 환경문제 등을 심의하기 위한 시각적인 환경을 제공할 수 있다.

본 연구에서는 첨단 전자공업도시인 구미시를 대상지역으로 하는 Landsat TM (1991)과 JERS-1 OPS(1997) 인공위성 영상데이터에 대하여 영상처리과정을 거쳐 각각 토지피복에 대한 무감독 및 감독분류를 행하고, 관련 타 자료와의 비교를 통하여 도시지역의 토지이용 정보 및 경년변화를 추출하고자 하였다.

원격탐사 시스템 및 영상자료

본 연구에 사용된 위성데이터는 JERS-1 위성의 OPS와 Landsat 5호의 TM에 의한 것으로서 이들 센서의 제원은 다음과 같다.

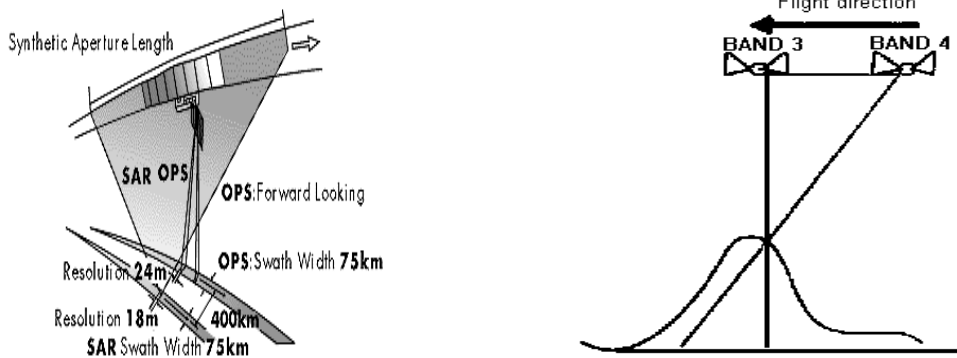


FIGURE 1. Basic operating configuration of JERS-1 SAR and OPS

TABLE 1. Characteristics of the JERS-1 OPS

Sensor		Wavelength(μm)	
VNIR (Visible & Near IR)	Visible	2	Band 1 0.52 ~ 0.60
	Near/mid/thermal IR	2/-/-	Band 2 0.63 ~ 0.69
	X/C/S/L Microwave		Band 3 0.76 ~ 0.86
			Band 4 0.76 ~ 0.86
SWIR (Short Wave IR)	Visible	-	Band 5 1.60 ~ 1.71
	Near/mid/thermal IR	-/4/-	Band 6 2.01 ~ 2.12
	X/C/S/L Microwave		Band 7 2.13 ~ 2.15
			Band 8 2.27 ~ 2.40
Swatch Width (km)		75	
Resolution (m)		18.3 × 24.2	
Stereo angle (band 4)		15.3°	

1. JERS-1 OPS

JERS-1 위성은 NASDA(National Space Development Agency of Japan)의 Tanegashima 우주센터로부터 1992년 2월 11일 발사되어 570km의 고도에서 97.7°의 궤도경사로 지구 주위를 약 96분 주기로 회전하고 있다. OPS는 18.3×24.2m의 지상해상도를 갖는 8개의 감지밴드를 탑재하고 있으며, 4개의 가시광 및 근적외선 영역(VNIR, Visible & Near Infrared)과 4개의 중적외선 영역(SWIR, Short Wave Infrared)의 밴드로 구성되어 있다. VNIR영역의 밴드 4는 입체시를 가능하게 해 주며 그림 1과 같이 전방 15.3°(forward-looking)를 주사한다. 여기에서 OPS(optical sensor)의 파장영역과 센서별 밴드 수는 표 1과 같다(RESTEC, 1998). 본 연구에서 이용한 JERS-1 OPS 자료 포맷은 Level 5의 BSQ로서 출력매체는 CD-ROM을 채택하였다.

2. Landsat TM

1984년 3월이래 활동 중인 Landsat 5호의 TM(Thematic Mapper)센서는 4호 이후에 탑재되었으며 TM의 IFOV는 열적외선 밴드(120m)를 제외하고는 모두 30m이다. 또한 궤도 경사각 98°의 태양동기 준회귀궤도를 취하고 있으며, 중복도가 적도에서 약 15%, 극지방에서 약

85%, 지상포함 면적 약 185km×185km의 넓이로 촬영되고 있다. 6호 이후에는 ETM(Enhanced Thematic Mapper)만 탑재되고, IFOV가 15m인 팬크로 밴드가 추가될 예정이었으나 6호의 발사 실패로 현재 활동하지 않으며, 7호가 열적외선 밴드의 해상도를 60m로 향상시킨 센서를 탑재하여 1999년 8월에 발사될 예정이다.

표 2는 TM 영상데이터에 대한 제원을 나타낸 것이다.

TABLE 2. Characteristics of the Landsat Thematic Mapper

Band	Channel	Wavelength(μm)	IFOV(m)
1	Blue-Green	0.45 ~ 0.52	30
2	Green	0.52 ~ 0.60	30
3	Red	0.63 ~ 0.69	30
4	Near IR	0.76 ~ 0.90	30
5	Mid IR	1.55 ~ 1.75	30
6	Thermal IR	10.40 ~ 12.50	120
7	Mid IR	2.10 ~ 2.35	30

3. 영상자료의 수집

본 연구에서 사용된 위성영상으로, 그 하나는 Landsat TM으로 수집된 115-35 scene 자료로서 1991년 11월 21일에 관측된 구름이 없는 영상이다. TM 자료의 공간해상력은 30m×30m

이나 지상수신소에서 사용자에게 공급되는 자료는 일련의 처리과정을 거쳐 모든 밴드에서 1화소가 나타내는 지상면적이 약 28.5m×28.5m가 된다. 다른 하나는 JERS-1 OPS로 수집된 240-85 scene 자료로서 1997년 9월 8일에 관측된 것이며, 구름이 전혀 없는 자료이었으나 위성자체의 센서 불안정에 기인하여 나타나는 줄무늬 현상(stripping)이 사용된 자료에서 발견되었다. 디텍터의 간격에 따라 규칙적으로 발생된 줄무늬 현상은 Fourier 변환을 통해 처리되었다(신동석과 이영란 1998). OPS자료는 원래 공간 해상력이 18.3m×24.2m 이었으나 자료를 공급한 인공위성센터에서 일련의 처리과정을 거쳐 각 밴드에서 1화소에 대응하는 지상면적이 18m×18m이며, 총 3개의 밴드로 구성되어 있다.

4. 시스템 개요

연구에 사용된 하드웨어는 Intergraph사의 TDZ-2000(Pantium-II 200MHz dual processor)과 CalComp TechJET 5536 플로터, GTCO SL II 디지털라이저이며, 소프트웨어로는 PCI 6.2, ER-Mapper 5.5 등을 사용하였다.

영상의 전처리

1. 영상의 기하학적 보정

위성영상은 위성의 자세, 지구의 자전, 위성 에 탑재된 센서 등 여러 요인에 의해 영상의 기하학적 형상이 달라지게 되며, 이에 대한 보정으로 영상에 포함되어 있는 수많은 기하학적 왜곡을 보정할 수 있는 system 보정과 scene 보정 방법이 있다. 발생된 왜곡을 보정하기 위하여 지구를 평면이라 보고, 2차원 평면좌표에 system 보정을 수행하지만, 본 연구에서 사용된 데이터는 지상수신소에서 system 보정을 거친 것으로서 scene 보정만을 행하였으며, 기하학적 왜곡에 대한 흐름도는 그림 2와 같다.

지상기준점을 이용한 기하학적 보정은 기하학적 왜곡을 포함하는 영상좌표계 u, v 와 지도좌

표계 x, y 간의 변환식에 의해 좌표변환을 행하는 것이다. 먼저 미보정된 영상에 대해 영상 대 지형도(Image to Map)방법에 의하여 기준점을 취한 후 보정을 행하고, 나머지 영상은 보정된 영상을 이용한 영상 대 영상(Image to Image) 방법으로 보정을 수행하였다. 이 때 양쪽 좌표계에서 명확히 인지할 수 있는 교량이나 도로의 교차점, 견고한 제방과 같은 점의 선정이 기하학적 보정의 정도를 좌우하기 때문에 GCP(ground control points)의 선정에 신중을 기하였다. GCP는 가능한 한 랜덤하게, 어떤 특정한 지역에 치중하지 않고 영상 전체에서 고른 분포로 선정하였으며, 본 연구에서는 JERS-1 OPS에서 42개, Landsat TM에서 41개의 GCP를 선정함으로써 최소제곱법에 의해 변환식의 매개변수들을 결정할 수 있었다(그림 3). 특히 GCP의 위치를 정확히 인지하기 위하여 단일 밴드의 영상보다는 위색 컬러영상과 플로터에 의한 농담영상을 출력시켜 그 위치를 정확히 도출하였다. 영상좌표에서 지도좌표로의 좌표변환을 위하여 최소자승법에 의한 Affine 변환을 행한 결과, 각 GCP에 대한 RMSE는 OPS 영상에서 0.46, 0.52 pixel, TM 영상에서 0.49, 0.46 pixel의 값을 각각 나타내었다.

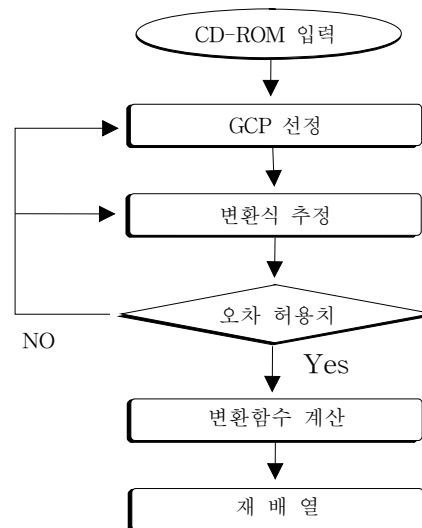


FIGURE 2. Flow diagram of geometric correction

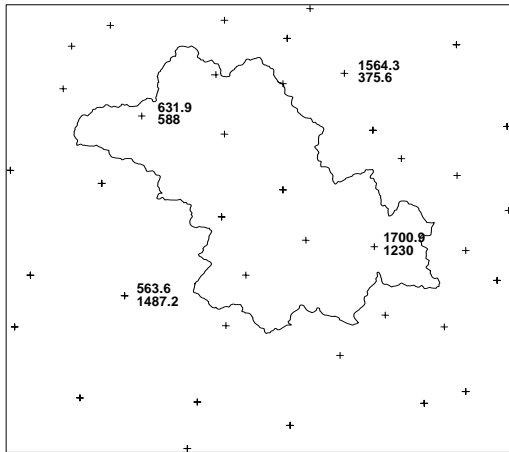


FIGURE 3. Configuration of forty-two ground control points

2. 영상강조

일반적으로 영상강조 방법에는 명암증폭, 영상간 연산, 필터링, 데이터 압축, 칼라합성 등이 있으며, 본 연구에서는 선형증폭(linear stretch)과 영상간 연산, 필터링 처리에 의하여 영상강조를 행하였다. 밴드간 연산에서는 두개의 영상에서 나타나는 불필요한 자료를 억제, 서로 다르게 나타나는 자료에 대해 세밀화를 통한 강조, 그림자 영향의 보정, 그리고 시간적 변화 정도의 유추를 기대하기 위해 Band Ratioing을 행하였다. 특히 이 방법은 식물의 활력도에 대한 조사나 대상과 Band Ratio값간의 회전분석을 통하여 식물량을 정량화하는 데 쓰이며, 좋은 분석결과를 얻기 위하여 3색 합성을 행하기도 한다. 이것을 행하기에 앞서 이전의 결과와 파장대들의 특성을 고려하여 가장 유효한 파장대를 선택·적용하였다.

필터링 처리는 취득한 OPS VNIR센서 영상의 along-track 방향과 across-track 방향 줄무늬를 제거하기 위해 행해졌으며, 기존 영상정보를 최대한 보존하기 위하여 종래의 반복연산 방법이 아닌 한번의 수행과정을 통해 줄무늬의 지역 평균을 맞추어 주는 방법을 사용함으로써 영상

내의 정보 밝기값의 변화를 최대한 줄일 수 있었다.

또한 디지털이저를 이용하여 1/25,000 지형도상의 행정구역 경계를 획득한 후, 대상지역인 구미시만을 절출하여 토지이용에 대한 분류를 행하였다.

토지피복 분류

1. 분류항목 및 표본영역 선정

JERS-1 OPS 영상과 Landsat TM 영상에 대한 기하보정의 과정에 있어서 OPS 데이터는 근적외를 포함한 위색칼라(false color)영상이므로 TM 데이터 역시 동일조건에서 GCP 선점작업을 행하기 위하여 밴드 4, 3, 2에 적, 녹, 청색 필터를 조합하여 위색칼라로 합성하였다. 일반적으로 위색칼라사진에서 산림은 붉게 나타나며, 도시지역은 옅은 하늘색으로, 수역은 남색으로, 나지는 백색으로 나타난다.

이러한 전처리 과정을 거쳐 사전확률을 이용하는 Bayesian 최대우도법을 적용하여 토지피복분류를 실시하였으며, 이 때 OPS 3개 밴드와 TM 6개 밴드를 사용하여 분류를 행하였다. 여기에서 사전확률은 분류항목간의 가중치를 의미하는 것으로서, 이 방법은 표본영역의 조정으로도 미진한 부분을 항목간 가중치를 다르게 부여하여 해결할 수 있어 분류정확도를 높일 수 있다.

분류항목은 Anderson(1976)이 제안한 Level I의 분류항목에 따라 분류하였으나, Landsat TM과 JERS-1 OPS 센서에 의한 두 개의 다른 위성데이터를 사용하여 공통적으로 분류할 수 있는 Urban/Built-up land, Forest, Grass, Agriculture, Water, Mud, Sand, Barren land의 8가지 항목으로 재설정하였으며, 실제 분류과정에서는 분류항목간의 분리도를 고려하여 좀 더 세분화하여 분류한 후 다시 표 3에 제시된 최종 항목으로 통합하였다. 시가지 중에서 대체적으로 주거밀집지역들은 영상이 공장지역에 비하여 약간 어둡게 나타나는 경향을

TABLE 3. Land-use and land-cover classification system

Level I from Anderson	Classification in this study	land category
Urban	Urban	도로, 철도, 제방, 공장용지, 종교용지
Agricultural land	Agriculture	전, 답, 과수원
Rangeland	Grass	목장지, 대지, 공원, 묘지
Forest land	Forest	임야
Water	Water	하천(강, 저수지)
Wetland	Mud	하천(진흙으로 이루어진 지역)
	Sand	하천(강모래로 이루어진 지역)
Barren land	Barren Land	잡종지, 학교용지, 체육용지

보이나 주거지와 공장지의 혼재로 인하여 명확한 구분을 할 수가 없었다.

JERS-1 OPS 9월 영상의 농경지에 있어서 는 논과 밭이 비슷한 영상으로 나타나므로 하나의 항목으로 묶어 처리하였고, Landsat TM 11월 영상에서는 나지와 논, 밭이 일부 동일한 항목으로 나타나는 경향이 있는 관계로 어려움이 있었으며, 운동장과 일반 나지는 Barren land 항목으로 묶어서 분류하였다. 간혹 수역의 일부가 주거밀집지역과 비슷한 영상으로 나타나는 경향이 있어 Band Ratioing을 통해 수역을 별도로 뽑아 처리하였으며, 삼림은 다시 Forest와 Grass로, 수역은 Water, Mud, Sand로 분류하였다. 표본영역의 선정에는 1/25,000과 1/5,000 지형도를 이용하였으며, 미흡한 부분에 대해서는 현지조사를 행하였다.

2. 분류과정의 설명

1) 무감독 분류

무감독 분류는 영상에 나타나 있는 지역에 대한 사전정보 없이 수학적인 도구를 사용하여 분류하는 방법으로서, JERS-1 OPS 데이터의 3개 밴드와 Landsat TM의 7개 밴드 중 6번 밴드를 제외한 6개의 밴드에 대하여 Band Ratioing 작업을 행한 다음, 10~40개의 임의

항목을 정하여 무감독 분류를 반복수행하였다. 이 후 각 항목에 대하여 1/25,000과 1/5,000 지형도 및 사전답사를 통하여 각 항목에 대하여 동일 항목으로 묶어 나가는 방법을 사용하였다.

2) 감독 분류

가. 해석 대상영역

보다 정확한 분류를 위하여 밴드 수가 적은 OPS 데이터의 경우 Ratio된 영상만을 사용하여 감독분류를 행하였으며, TM 데이터의 경우 Ratio와 PCA 분석을 이용하여 감독분류를 행하였다. 분류항목은 각 영상자료에 있어서 Forest, Grass, Urban/Built-up land, Agriculture, Water, Sand 및 Mud, Barren land 등 8개 항목으로 정하여, 도시지역을 중심으로 주변에 공존하는 기타 지역에 대한 변화까지 얻어내고자 하였다.

해석대상영역을 디스플레이한 후 모든 항목에 대하여 각 항목마다 그것을 대표할 수 있는 몇 개의 표본영역을 선정하여야 하며, 이때 표본영역의 화소 수가 많을수록 평균과 분산의 정도는 높아지지만 일반적으로 한 개의 표본영역 크기는 사용밴드 수의 10~100배의 화소 수가 되도록 하는 것이 좋다.

나. 밴드의 선정

OPS데이터의 경우 3개 밴드를 모두 사용한 반면, TM의 경우에는 6개의 밴드를 모두

사용하면 분리정확도는 향상되지만 작업효율과의 평형이 문제시 된다.

본 연구에서는 2개 밴드의 조합만으로도 충분한 항목간 분리정확도를 얻을 수 있다는 연구 결과(안철호, 1991)를 토대로 TM 데이터의 가장 유효한 밴드의 조합으로 밴드 3, 5와 밴드 5, 6을 선정하였다. 또한 주성분 분석결과에서는 밴드 4와 밴드 5를 사용했을 때 항목간 분리정확도가 높게 나타났다. 선정작업에는 주성분분석을 이용하여 각 표본영역에 대한 분석 결과를 토대로 밴드를 선정하였다. 영상간 연산을 통해 크게 삼림, 도시역과 수역으로 구분하여 분류 작업을 거쳤기에 주성분 분석으로 선정된 밴드 4, 5 조합과 밴드 3, 5 조합만을 사용하였다. 특성상 밴드 4, 5는 삼림의 구분에 효과적이며, 밴드 3, 5는 도시와 그 외 지역의 구분에 효과적이고, 밴드 5, 6은 기타 지역에 있어서 좋은 결과를 얻을 수 있다고 판단하고 밴드 3, 4, 5, 6에 대한 화소값의 분산도를 디스플레이하여 본 결과, 밴드 3과 밴드 4의 조합이 좋은 결과를 나타내었다. 따라서 TM데이터의 경우에는 밴드 3, 4를 사용하였다.

다. 토지이용분류

분류항목의 설정범위는 있어서는 연구의 목적 및 사용 데이터의 특성 등을 고려하여 결정하여야 한다. 본 연구에 사용된 두 가지의 위성영상 자료는 약 3개월의 차이를 갖고 있으며, 시기적으로 식생활력이 왕성한 여름과 늦가을 영상이므로 분류할 수 있는 항목의 중

류가 상당히 다르게 나타났다. 따라서 분류 후 결과의 통합과 비교를 고려하여 최종적인 분류항목을 8개로 설정하였다. 실제 분류작업에 있어서는 세분화하여 더 많은 항목으로 분류하였으며, 표본영역의 예비분석 등 시행착오를 거쳐 항목 수를 줄여나갔다.

분류 결과의 분석

1. 분류방법별 비교 및 변화검출

분류결과에 신뢰도는 표본영역에 대한 confusion 매트릭스에 의해 평가할 수 있다. 300개 이상의 표본픽셀을 무작위 추출하여 각 픽셀에 대해 분류결과에 관계없이 분류항목에 따른 피복현황을 결정하고 그 결과를 confusion 매트릭스로 표현하여 각 항목별 정확도를 평균으로 산출하는 통계적 매트릭스 연산을 거쳐 정확도를 평가하였다(PCI Inc, 1996).

무감독 분류의 평가결과, OPS 데이터는 99.3%, TM 데이터는 98.0%의 정확도를 나타냄으로써 표본영역의 선정 및 분류항목간 분리도가 양호함을 알 수 있다.

그림 4, 그림 6은 구미시에 대한 두 가지 유형의 위성데이터로부터 각각 무감독분류를 행하여 얻어진 토지피복분류의 결과를 비교도시한 것으로서 다른 시기에 얻은 다른 위성영상으로부터 약 6년간에 걸친 토지피복의 8가지 분류항목별 경년변화를 도출해낼 수 있었다.

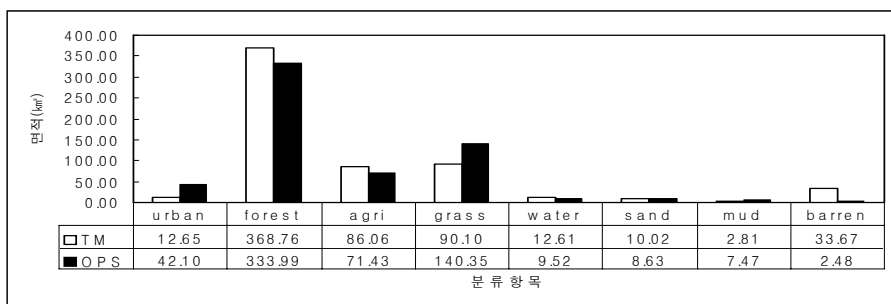


FIGURE 4. The detection fo land-use changes based on unsupervised classification of Landsat TM('91) and JERS-1 OPS('97) imagery

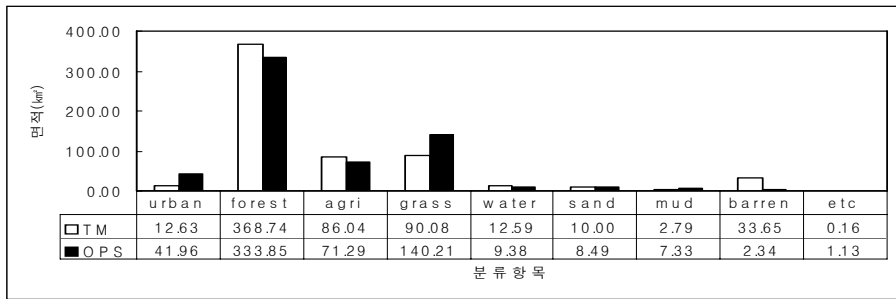
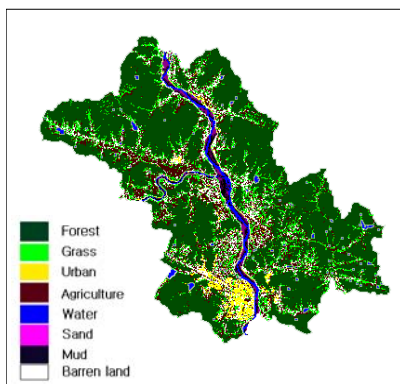
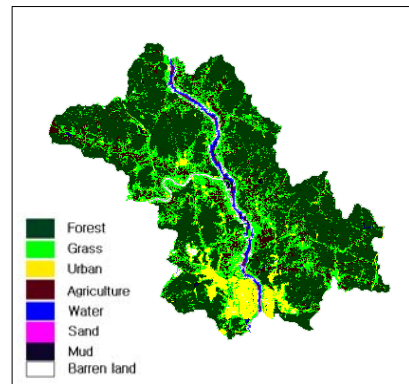


FIGURE 5. The detection of land-use changes based on supervised classification of Landsat TM('91) and JERS-1 OPS('97) imagery

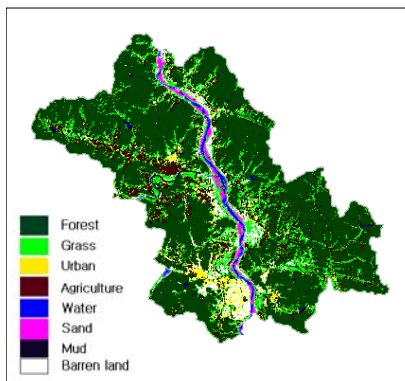


Landsat TM (1991. 11)

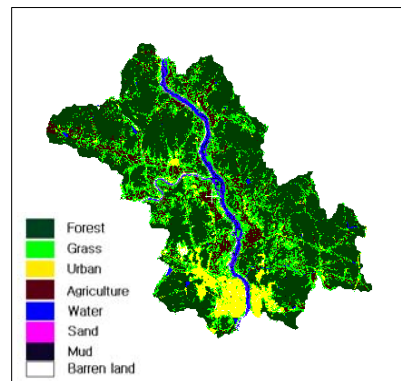


JERS-1 OPS (1997. 9)

FIGURE 6. Land-use maps of Kumi City based on unsupervised classification



Landsat TM (1991. 11)



JERS-1 OPS (1997. 9)

FIGURE 7. Land-use maps of Kumi City based on supervised classification

TABLE 4. The change of area in each land-use category based on unsupervised and supervised classification

Categories	Unsupervised classification			Supervised classification		
	분포율(%)		변화율(%)	분포율(%)		변화율(%)
	TM(91)	OPS(97)		TM(91)	OPS(97)	
Urban	2.05	6.84	4.79	2.05	6.81	4.76
Forest	59.80	54.22	-5.58	59.79	54.20	-5.59
Agriculture	13.96	11.60	-2.36	13.95	11.57	-2.38
Grass	14.61	22.78	8.17	14.61	22.76	8.15
Water	2.04	1.55	-0.49	2.04	1.52	-0.52
Sand	1.62	1.40	-0.22	1.62	1.38	-0.24
Mud	0.46	1.21	0.75	0.45	1.19	0.74
Barren land	5.46	0.40	-5.06	5.46	0.38	-5.08

그림 5, 그림 7은 역시 두 가지 유형의 위성데이터로부터 행한 감독분류의 결과를 나타낸 것이며, 표 4는 무감독분류 및 감독분류에 의한 분포율과 6년간 변화율을 나타낸 것으로서 이들은 대상지역의 전체면적에 대한 비율이다. 무감독분류와 감독분류의 결과가 비슷한 양상으로 나타나고 있으며 대체적으로 무감독분류의 결과값이 미소하게 큰 값으로 나타난 것은 감독분류에서 표본영역의 선정시 미분류 항목이 표본영역의 어느 곳에도 속하지 못하는 것에 기인하는 것으로 판단된다. 무감독분

류에서는 이러한 결과를 고려하여 최초 분류 항목 수를 최종 분류항목 수보다 크게 설정해 줌으로써 해결할 수 있었으며, 필요에 따라 보다 세분하거나 혹은 개략적인 분류를 통하여 지역의 토지패턴을 보다 신속히 파악하는데 효과적으로 이용될 수 있을 것이다. 이러한 면들을 고려한다면 토지피복 분류에 있어서 무감독분류 방법 또한 유용한 도구가 될 수 있을 것으로 사료된다.

토지피복분류 결과에 대한 변화된 정도를 시각적으로 분석하기 위해 그림 4와 그림 5에

TABLE 5. Land category on cadastral statistical data of Kumi City

Categories	통계연보(1991년)		통계연보(1997년)	
	면적(km ²)	분포율(%)	면적(km ²)	분포율(%)
Forest	353.669	57.25	351.386	56.93
Grass	32.655	5.29	34.937	5.66
Urban/built-up land	25.813	4.18	33.145	5.37
Water	45.724	7.40	44.728	7.25
Agriculture	153.718	24.88	148.514	24.06
Barren land	6.133	0.99	4.453	0.72
Total	617.730	100.00	617.205	100.00

정량화하여 나타내었다. 또한 분류결과와 양상이 무감독분류나 감독분류에 있어서 비슷한 정도의 증감을 보이고 있는데, 대체적으로 도시는 증가하는 반면, 삼림과 농경지는 감소하는 추세를 보이고 있다. 이것은 도시와 유원지 개발에 따른 것으로 판단되며, 초지가 큰 증가를 보이는 것은 절기상 '91년도 영상은 초본식물들이 사멸하는 시기에 획득된 늦가을 영상이며, '97년도 영상은 식물의 활력도가 왕성한 시기에 획득된 영상에 따른 것이다.

2. 분류 결과와 지적통계자료의 비교

표 5는 구미시의 통계연보 자료(1991, 1997)의 토지 지목별 현황자료를 위성영상에 의한 분류결과와 비교하기 위하여 적절한 항목끼리 통합하여 항목별 면적 및 분포율로 제시한 것이다. 즉, 위성자료 분류시에 도로, 철도, 공장용지, 제방, 종교용지 등이 비슷하게 나타나므로 Urban/Built-up land라는 항목으로 묶었으며, 목장용지, 묘지, 대지, 공원 등은 Grass, 논, 밭, 과수원은 Agriculture, 메마른 토양이 주를 이루는 잡종지, 학교용지, 체육용지 등은 Barren land라는 항목으로 각각 통합하였다.

그림 4와 표 5의 항목별 분포면적과 비교해 볼 때 Grass와 Agriculture에서 비교적 큰 차이를 보이고 있다. 이는 지목별 면적이 실제의 토지이용상태와 차이가 있기 때문인 것으로 사료된다. Grass 항목을 추가한 것은 다른 지목으로 분류된 것이 그 실제 사용용도가 초지로 남아 있거나 영상분류에서 초지의 형태로 나타났기 때문이다.

결 론


각기 다른 시기에 얻어진 두 가지 유형의 위성영상 Landsat TM과 JERS-1 OPS 데이터로부터 각각 밴드간 연산과 주성분 분석에 의한 상관밴드를 선정하여 분류함으로써 데이터의 혼재를 감소시키고, 분류 정확도의 향상

을 기할 수 있었다.

토지피복별 분류결과로부터 변화검출을 행한 결과, 도시(urban)는 구미시 전체면적에 대하여 약 4.8%의 증가를 나타낸 반면, 삼림(forest)은 5.6%, 농경지(agriculture)는 2.4% 정도의 감소를 나타내는 등 도시화의 진행과정을 추적할 수 있었다.

급속한 도시화에 따른 토지이용패턴의 추출 및 변화검출을 위하여 인공위성데이터를 사용하는 것은 합리적이며, 바람직한 도시계획의 방향 설정 및 도시정보시스템(UIS)의 공간데이터베이스 구축을 위한 속성자료로서 중요한 자료가 될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구를 위하여 JERS-1 OPS 데이터를 제공해 준 인공위성 연구센터 관계자에 감사드립니다. 

참고문헌

- 박병욱. 1996. Landsat TM 자료를 이용한 광주시 환경변화 분석. 한국지형공간정보학회 논문집 4(1):31~41.
- 신동석, 이영란. 1998. JERS-1 OPS영상의 줄무늬현상 제거 알고리즘. 대한원격탐사학회지 14(1):95~101.
- 안철호. 1991. 인공위성(LANDSAT) data에 의한 서울시에 있어서의 도시지역의 변화의 검출. 한국측지학회지 9(1):97~111.
- 조명희. 1990. Landsat TM영상에 의한 토지피복분류 -낙동강 하구지역을 사례로-. 경북대 박사학위논문.
- Green, K., D. Kempka and L. Lackey. 1994. Using Remote Sensing to Detect and Monitor Land-Cover and Land-Use Change. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 1(12):331~338.

- Jensen, J.R. 1996. Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective. Prentice Hall. 2nd Edition.
- PCI Inc. 1996. Using PCI Software. Vol 2. pp.270~272.
- RESTEC home page. Japanese Earth Resources Satellite-1 & LANDSAT. WWW Pages. <http://www.restec.or.jp/ENGLISH/INTRO/SATELITE>
- Thomas, E.A. and L.B.Graydon. 1992. Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation. Prentice-Hall.
- Zhuang, X., B.A. Engel, X. Xiong and C. J. Johannsen. 1995. Analysis of Classification Result of Remotely Sensed Data and Evaluation of Classification Algorithms, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 1(12):427~434. **KAGIS**