

연구논문

# 영상의 차연산과 비연산 기법에 의한 도시지역의 토지피복 변화탐지 Detecting Land Cover Change in an Urban Area by Image Differencing and Image Ratioing Techniques

이진덕\* · 조창환\*\*

Lee, Jin-Duk · Jo, Chang-Hwan

## 요 旨

본 연구에서는 두 가지의 다른 센서에 의하여 획득된 다시기 항공사진과 KOMPSAT-1 EOC 위성영상을 이용하여 급속하게 변화하는 도시지역의 변화를 검출하고자 하였다. 모든 영상에 대한 1, 2차 기하보정을 통하여 좌표계와 축척을 일치시킨 다음, 동일한 조건 하에서 변화를 검출하기 위하여 7m의 공간해상도로 영상을 재배열하였다. 팬크로매틱 항공사진과 KOMPSAT-1 EOC 영상에 대하여 영상의 차연산 기법과 비연산 기법을 각각 적용하여 건물, 구조물, 도로, 기타 인공지물 등 변화를 검출할 수 있었으며, 다른 유형의 센서 영상을 이용한 시계열적 변화탐지의 잠재성을 확인할 수 있었다. 또한 영상의 차연산과 비연산 기법에 의한 변화탐지에 있어서 최적의 임계값을 제시하였다.

**핵심용어** : 변화탐지, 영상 차연산, 영상 비연산, 항공사진, KOMPSAT-1 EOC 위성영상

## Abstract

This study presents the application of aerial photographs and the Korea Multi-Purpose Satellite, KOMPSAT-1 Electro-Optical Camera(EOC) imagery in detecting change in an urban area that has been rapidly growing. For the study, we used multi-temporal images which were acquired by two different sensors. Image registration and resampling were carried out before performing change detection in a common reference system with the same spatial resolution. for all of the images. Results from image differencing and image ratioing techniques show that panchromatic aerial photographs and KOMPSAT-1 EOC images collected by different sensors have potential to detect changes of urban features such as building, road and other man-made structure. And the optimal threshold values were suggested in applying image differencing and image ratioing techniques for change detection.

**Keywords** : Change Detection, Image Differencing, Image Ratioing, Aerial Photos, KOMPSAT-1 EOC Satellite Imagery

## 1. 서 론

토지이용에 대한 정보의 효율적인 관리는 도시와 국가의 발전현황을 알려줄 뿐 아니라 도시계획 및 국가발전의 기초로서 미래의 발전계획을 수립하는데 있어서도 중요한 자료로 활용될 수 있기 때문에 토지이용(land use)과 토지피복(land cover)에 대한 정확하고 신속한 데이터베이스 구축은 매우 중요하다. 토지피복 및 토지이용에 대한 많은 변화탐지 방법들이 개발되어 왔다.

비연산 변화분석법은 Todd가 Georgia주 Atlanta지역에서 실시한 토지이용변화 연구에서 91%의 정확도로

분류한데서 처음 사용되었다(Todd, 1977). Friedman 등은 도시지역과 비도시지역의 변화를 구명하는데 필요한 임계값을 결정하기 위하여 히스토그램을 분석하였다(Friedman, 1980). 동일한 사물이라도 지형조건, 그림자, 계절에 따른 태양의 각도와 조도의 변화 등에 의해 때때로 차이를 보이는 경우 비연산(ratio transformation)을 사용하여 영향을 감소시킬 수 있으며, 비연산을 통하여 환경의 영향을 감소시키고 동시에 한 밴드에서는 얻지 못하는 토양과 식생을 구분하는 독특한 정보를 얻을 수 있음을 알게 되었다(Friedman, 1980; Atterwhite, 1984). Royal은 영상 차연산법을 이용하였고 평균에서 표준편

2004년 5월 10일 접수, 2004년 6월 1일 채택

\* 정희원, 금오공과대학교 토목환경공학부 교수 (jdlee@kumoh.ac.kr)

\*\* 금오공과대학교 토목환경공학부 측량및지형정보공학연구소 (civil0@empal.com)

차를 계산하고 이러한 값이 올바르게 선정이 되었는지 경험적으로 테스트하여 결정하기 위해 대상지역에 대한 최적의 임계값을 찾을 때까지 반복적으로 진행하였다 (Royal, 1980).

Kass Green 등은 지표면의 모니터링과 토지이용변화를 발견하기 위하여 원격탐사를 사용하였을 뿐만 아니라 R. M. Fuller 등은 Landsat TM 데이터를 이용한 자동화 분류기법을 제시하였다(Kass Green 외, 1994; Fuller, 1994). Xin Zhuang과 Bernard A. Engel은 원격탐사 자료의 토지피복분류 결과를 분석하고 분류 알고리즘을 평가하였으며, Troy P. Tady는 Colville National Forest에 대한 식생분류를 기초로 한 식생의 특성별 분포면적과 분포형태 등에 주안점을 두고 분류를 수행하여 GIS와의 접목을 시도하였다(Xin Zhuang & Bernard, 1995; Troy P. Tady, 1997).

국내에서도 변화검출에 관한 연구들이 꾸준히 진행되어 왔다. 지질자원연구원에서는 우리나라 여건에 맞는 지표현황 변화탐지의 자료처리 기법을 개발하였고, 다량의 위성영상을 이용하여 넓은 지역의 토지피복 분류를 효율적으로 수행하는 방법을 제시하였다(한국지질자원연구원, 2001; 박성미 등, 2001). Landsat과 JERS-1 OPS 영상데이터로부터 감도 및 무감도분류를 실시하여 도시지역의 변화를 탐지하였고, 수치위성자료를 이용한 광역적 토지이용 변화, 토지피복분류에 있어서 영상재배열의 영향에 관한 연구 등이 있었다(이진덕 외, 1998; 박병욱, 1996; 양인태 외, 1993). 또한 다시기 KOMPSAT EOC 영상을 이용한 토지피복 정보 추출 및 변화탐지에 관한 방법들이 제시되었다(Ha 외, 2002).

본 연구에서는 도시지역에 대하여 각각 다른 시기에 얻어진 항공사진 및 KOMPSAT EOC 위성영상의 처리 과정을 통하여 도시화에 따른 토지피복의 변화탐지를 시도하였다. 국내 최대의 전자공업도시로서 최근의 불경기에도 불구하고 1995년 이후 연 16.5%의 성장률을 보이며 제 4 산업단지 조성 등으로 도시의 확대를 가속화하고 있는 구미시의 일부지역을 연구지역으로 하였다.

변화탐지 기법으로서 영상 차연산기법과 영상 비연산 기법을 각각 이용하여 연구지역에 대하여 시계열적 변화탐지를 행하고 그 특성을 비교 분석하였으며, 또한 다른 센서로부터 얻어진 다중시기의 팬크로매틱 영상으로부터 변화탐지의 잠재성을 검토하였다.

## 2. 변화 강조 기법

변화강조는 다중시기 영상의 분광반사도 값을 직접 비교함으로써 변화영역을 탐지하는 방법이다. 이 방법은

지표의 변화가 위성센서가 받아들이는 복사량에 변화를 유발한다는 원리에 근거하는데, 이는 복사량의 변화가 대기 조건이나 태양각, 토양의 수분함량과 같은 다른 요인에 의한 복사량의 변화보다 크다는 기본적인 가정에 의한다.

이 방법을 통해서 변화된 위치와 수량을 알 수 있으나, 변화의 특성, 즉 속성의 변화는 알 수 없다. 화소값의 직접적인 비교를 수행하기 때문에, 전처리 과정으로 대기 보정 및 정확한 기하보정이 요구된다. 또한 변화된 화소와 변화되지 않은 화소를 구분해 주는 적절한 임계값(threshold value)이 필요하다. 변화강조기법으로는 영상 차연산(image differencing), 영상 비연산(image ratioing), 변화벡터 분석(change vector analysis), 주성분 분석(principal component analysis) 등이 많이 사용되고 있다.

### 2.1 영상 차연산 기법

영상의 차연산 기법(image differencing technique)은 두 시기 사이의 변화를 영상에 나타내기 위해 공통좌표계를 갖는 두 영상에서 화소값을 빼 주는 방법이다. 연산 결과가 양의 값이나 음의 값을 가지는 경우는 변화가 생긴 경우이며 0인 경우에는 변화가 없는 경우이다. 화소값이 0에서 255까지 분포하는 경우 -255에서 255까지의 연산 결과값이 생길 수 있다. 연산 결과는 일반적으로 상수 C를 더하여 양의 값으로 변환을 한다. 이러한 과정은 수학적으로 식 (1)과 같이 표현된다(Singh, 1989).

$$\Delta x_{ijk} = BV_{ijk}(1) - BV_{ijk}(2) + C \quad (1)$$

여기서  $\Delta x_{ijk}$  : 화소값의 변화량

$BV_{ijk}(1)$  : 시기 1에서의 화소값

$BV_{ijk}(2)$  : 시기 2에서의 화소값

C : 상수(예를 들면 255)

(i, j, k) : (행 번호, 열 번호, 밴드 번호)

차연산 기법에서 중요한 사항은 히스토그램 상에서 변화된 화소와 변화되지 않은 화소를 결정하는 임계값을 결정하는 것이다. 일례로 평균에서 표준편차를 계산하고 이러한 값이 올바르게 선정이 되었는지 경험적으로 테스트하여 결정을 할 수 있다. 이러한 과정은 대상지역에 대한 가장 적절한 임계값을 찾을 때까지 반복적으로 진행이 된다. 화소값을 비교하는 방법 대신에 식생지수(vegetation index)를 계산하여 이에 대한 차연산을 수행할 수도 있다.

이 방법은 주로 단일 밴드에 적용되어 왔는데, 다중분광밴드를 가지는 영상을 처리할 때는 각 밴드별 차연산 결과의 통합이 필요하다. 또한 다른 변화강조 기법과 마

찬가지로 임계값의 설정에 따라 추출되는 변화지역의 질이 결정된다. 그러나 이 방법은 다른 방법보다 간편하고 해석이 용이하기 때문에 일반적으로 많이 사용되고 있다.

**2.2 영상 비연산 기법**

영상의 비연산 기법(image ratioing technique)은 차연산 기법과는 달리 두 시기 영상의 비를 취함으로써 변화 영역을 탐지하는 방법이다. 그림자, 태양고도의 계절에 따른 변화 등 촬영조건의 변화는 사물을 정확하게 분류하는 능력을 감소시키나 비연산값은 변화하지 않은 채 남아 있게 된다. 특히 비연산은 환경에 의한 영향을 줄이기 때문에 여러 시기의 영상 분석에 유용하다. 이러한 요인을 잘 조절할 수록 정확한 변화분석의 확률은 높아진다. 비연산은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다(Singh, 1989).

$$\Delta r_{ijk} = \frac{BV_{ijk}(1)}{BV_{ijk}(2)} \quad (2)$$

여기서  $BV_{ijk}(1)$  : 시기 1에서의 화소값  
 $BV_{ijk}(2)$  : 시기 2에서의 화소값  
 (i, j, k) : (행 번호, 열 번호, 밴드 번호)

기본적으로 토지피복이 변하지 않는 화소는 두 시기 동안 동일한 반사값을 가지며 연산결과는 1.0이 되고 회색으로 표현이 될 것이다. 여러 시기의 화상에서 변화가 발생한 지역은 1.0보다 높거나 낮은 연산결과를 보이게 된다. 따라서 차연산 방법과 유사하게 양쪽 끝이 변화된 지역을 나타내는 히스토그램을 만들 수 있다. 이 방법도 최종 변화지역을 추출하기 위해 적절한 임계값의 설정이 필요하며, 경험에 의하여 결정하게 된다.

**3. 영상의 기하보정과 전처리**

**3.1 영상자료**

1972년에 국가산업단지를 조성하기 시작하여 세계적인 전자공업도시로 발전하고 있는 구미시는 현재 190만 평 규모의 제 4공단이 조성되는 등 도시가 확대되고 있다. 특히 제 4공단 조성지역과 배후주거단지인 구평지구 등은 현재 가장 급속한 변화를 보이고 있는 지역으로서 본 연구의 변화탐지를 위한 대상지역으로 선정하였다.

연구에 사용된 대상지역의 항공사진은 1982년과 1996년에 각각 촬영된 자료로서 중증복도는 각각 60%~65%, 횡중복도는 약 30~40%이다. 대상지역을 포함하는 항공사진은 1982년과 1996년 각각 1 스트립당 3장씩, 3개 경로에 대하여 9장이다. 축척 1:20,000의 양화필름을 필름 전용스캐너인 Carl Zeiss사의 PhotoScan TD 상에서 1200dpi(21 $\mu$ m)의 해상도로 스캐닝하여 수치사진

을 얻었다. 따라서 수치항공사진의 지상해상도는 1 픽셀 당 약 42cm이다. 또한 공간해상도 6.6m의 KOMPSAT-1 EOC 영상은 2000년 1월 27일과 2002년 6월 6일에 촬영된 것이다.

그림 1은 각 영상별 대상지역을 나타낸 것이다.

**3.2 영상의 기하보정**

변화탐지기법으로서 영상의 차연산 기법과 비연산 기법을 각각 적용하였으며, 본 연구를 위한 전반적인 처리 과정은 그림 2와 같다.

변화탐지는 반드시 기하보정을 거쳐서 기본 좌표계에 맞추고 동일한 조건을 만든 후에야 비로소 적용이 가능하다. 실험에 사용된 모든 항공사진과 위성영상들에 대하여 국립지리원 발행(1996년) 1:5000 축척의 수치지도를 control map으로 하는 Image to Map 방식에 의하여 1차 다항식(Affine 변환식)을 적용하여 1차 기하보정을 행하였다.

1차 기하보정된 항공사진과 위성영상들에 대하여 영상간 위치오차를 없애고 동일한 변화탐지 경계를 부여하기 위하여 2차 다항식을 적용하여 2차 기하보정을 행하였다. 2차 기하보정에서는 변화탐지 대상지역인 제 4공단과 제 3공단 및 구평지구에 해당하는 각 4개 년도의 영상을 1차 기하보정된 1996년 항공사진을 control map으로 하는 Image to Image 방식을 이용하였다.

1, 2차 기하보정에서 기준점(GCP)으로서 변화가 없는 특징점들을 선정하는데 어려움이 있어 충분한 갯수의 기준점을 이용할 수 없었으며 각 영상마다 최소 7점 이상을 적용하였다. 1, 2차 기하보정 결과의 정확도는 표 1과 표 2에 제시하였다. 단, 1차 기하보정 결과는 '96년 항공사진 9매의 경우만 제시하였다.

1차 기하보정에서 잔차의 RMS는 0.2픽셀 이내의 양호한 정확도로 나타났으며, 2차 기하보정에서는 0.5픽셀 전후의 정확도로 나타남으로써 변화탐지 목적에 부합하는 정확도로 판단되었다.

**3.3 영상의 대조처리 및 재배열**

다중 시기의 영상을 이용하여 정확한 변화탐지 결과를 얻기 위해서는 영상 상호간의 공간 및 분광학적 전처리가 매우 중요하다. 변화탐지를 위한 최적 조건을 만들어 주기 위하여 전처리로서 밝기값을 조정하고 영상대조처리를 행하여 분석정확도를 최대한 높이고자 하였다.

본 연구에 사용된 영상들은 다른 공간해상도를 가지고 있고, 시계열적인 차이에 의해 다른 분광특성을 가지고 있으므로 전처리(pre-processing)을 통하여 비교 화상의 특성을 같게 하였다. 우선 시계열적 차이를 줄이기 위하여

표 1. 1차 기하보정의 정확도('96년 항공사진)

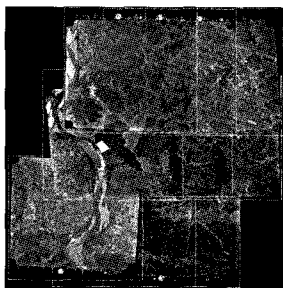
단위: pixel

photo No.	1368	1369	1370	1467	1468	1469	1566	1567	1568
GCP									
1	0.0305	0.0318	0.2515	0.2376	0.0131	0.1105	0.1085	0.4196	0.0184
2	0.2269	0.0041	0.0086	0.1201	0.0099	0.0364	0.1239	0.0125	0.0050
3	0.2921	0.0126	0.1067	0.2901	0.4594	0.0415	0.0743	0.0037	0.0460
4	0.0831	0.0428	0.0792	0.0449	0.5170	0.0369	0.3674	0.0624	0.0006
5	0.2069	0.3117	0.0943	0.0383	0.0735	0.2072	0.2917	0.0146	0.0108
6	0.6256	0.0511	0.2676	0.0380	0.0232	0.3194	0.3665	0.0026	0.1455
7	0.0477	0.3267	0.0669	0.3630	0.0105	0.3740	0.3834	0.3833	0.1667
RMSE	0.1898	0.1363	0.1443	0.1642	0.1623	0.1637	0.2021	0.1463	0.0967

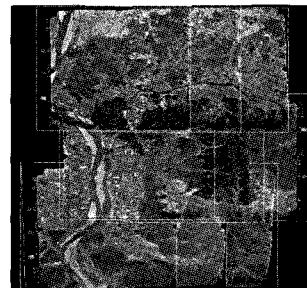
표 2. 2차 기하보정의 정확도

단위: pixel

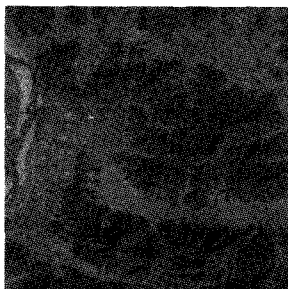
image GCP	3공단 및 구평지구			4공단		
	Air Photo('82년)	Kompsat('00년)	Kompsat('02년)	Air Photo('82년)	Kompsat('00년)	Kompsat('02년)
1	0.0017	0.0600	0.5572	1.2193	1.0443	0.2940
2	1.4463	0.2386	0.2219	1.7595	1.9748	0.3685
3	0.3879	0.9149	0.0015	0.3703	0.9624	0.0123
4	0.1798	0.6202	0.0236	1.0696	1.3907	1.3479
5	0.5648	1.1918	0.6942	0.1846	0.7029	0.1790
6	0.0774	1.0388	0.4607	0.2659	1.2755	0.3583
7	1.1627	0.0369	1.4682	0.2914	1.5017	1.4854
8	-	-	-	-	0.5669	-
RMSE	0.5561	0.4796	0.5053	0.6122	0.4253	0.5870



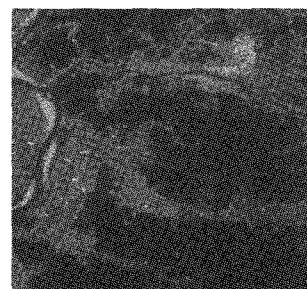
(a) 1982년 항공사진



(b) 1996년 항공사진



(c) 2000년 EOC 영상



(d) 2002년 EOC 영상

그림 1. 연구지역의 항공사진과 EOC 영상

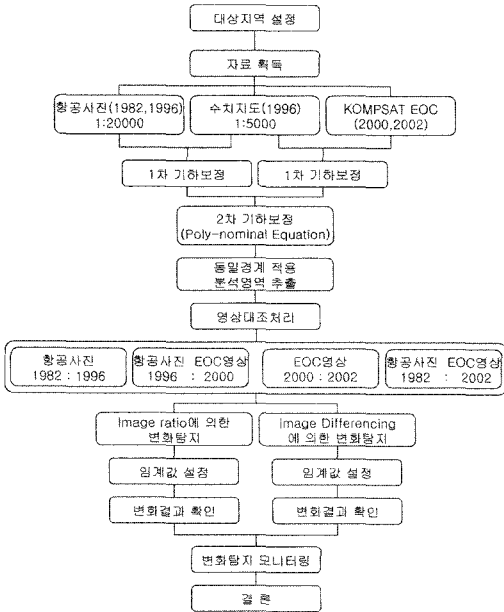
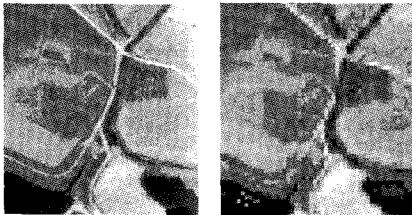


그림 2. 연구과정 개요도



(a) 항공사진 (43cm ⇒ 7m)



(b) EOC 영상 (6.6 ⇒ 7m)

그림 3. 영상 재배열에 의한 해상도 조정

영상자료의 강조처리와 같은 전처리 과정에서 명도를 조절하여 비교 영상간에 비슷한 밝기값을 가지도록 하였다. 특히 밝기값의 분포가 항공사진과 크게 다른 KOMPSAT 영상은 강조처리가 되지 않은 원영상으로 변화탐지를 시도하는 경우 그 결과가 전체 연구지역에 대하여 특징 없이 많이 분포되어 나타났고, 밝기값에 대한

전처리 과정 수행 후에는 도로 및 인공지물의 변화에 대한 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있었다.

또한 다른 공간해상도를 가지는 항공사진과 KOMPSAT EOC 영상간에 동일한 기하조건을 갖게 하기 위하여 KOMPSAT 영상을 기준으로 항공사진영상을 coregistration하여 변화탐지 결과의 신뢰도를 향상시키고자 하였다. 그림 3과 같이 화소값의 변화를 최소화할 수 있는 최근린내삽법(Nearest neighbor interpolation)을 적용하여 모든 영상의 해상도를 7m로 재배열해 주었다.

1차, 2차 기하보정과 대조처리, 재배열을 거친 영상들은 두 대상지역의 범위에 맞추어 일정한 모양과 크기로 절출하였다(그림 4).

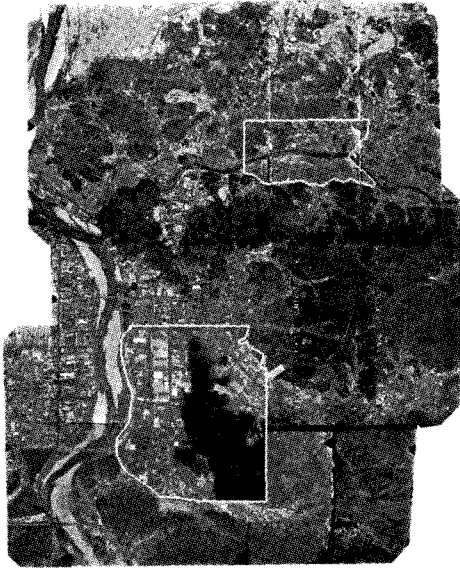
#### 4. 변화탐지 및 분석

##### 4.1 임계값 선정 및 변화탐지 영상의 표현

영상의 차연산(Image Differencing) 기법은 다른 두 시기의 영상에서 화소값을 밴드별로 차연산하여 변화를 탐지하는데 적용될 수 있는 방법으로서 비교적 단순한 방법이지만 정확한 결과를 보여주는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 축척 1:20000의 수지항공사진 및 KOMPSAT-1 EOC 위성영상을 원데이터로 하여 Intergraph MGE의 IA(image Analyst) 영상처리 모듈을 사용하여 대상지의 변화영역과 그 추이를 판별하고자 하였다.

영상의 차연산 및 비연산 방법으로 실제 변화한 지역을 추출함에 있어 기준이 되는 임계값의 선정은 중요한 부분일 것이다. 본 연구에서 변화탐지 연산결과는 영상 차연산의 경우 -255에서 255 사이의 값으로 표현된다. 비연산의 경우는 0에서 무한대 사이의 값을 가지며, 이러한 연산결과는 8 bit 영상의 밝기값의 영역인 0에서 255값을 가지는 LUT(Look Up Table)로써 표현될 수 있다.

일반적으로 변화탐지 결과 히스토그램이 정규분포 형태를 가지기 때문에 최초의 임계값은 밝기값 0에서 255의 중간값인 128로 설정되어 있고, 변화탐지를 위한 차연산, 비연산 방법에 의한 계산결과를 정규화 시키면 정규분포 형태의 히스토그램을 가지기 때문에 이에 기반을 두고 중간값(128)을 가장 먼저 적용하게 된다. 그 다음에 도로 및 공장지대와 같은 인공지물의 특성을 잘 반영하는 지역의 임계치를 결정하기 위해 계산 결과치에 근거를 두고 반복수행하는 방법으로 가장 적절한 변화탐지의 임계치를 결정하였다. 이 때 분석자가 현장조사와 대상지역의 과거 및 현재에 대한 정보를 바탕으로 변화탐지가 가장 적절하다고 판단되는 기준지역을 선정하는 것은 중요하다.



(a) 전체지역

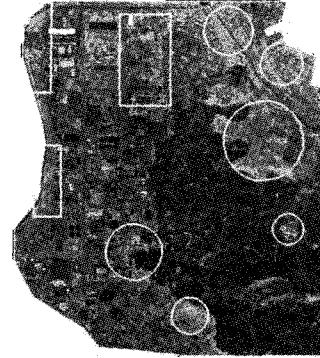


(b) 3공단과 구평지구



(c) 4공단 지역

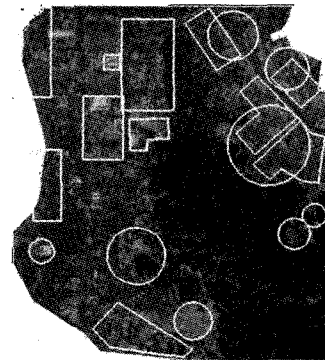
그림 4. 실험대상지역 절출



(a) 1996~1982



(b) 2002~2000



(c) 2002~1982

그림 5. 영상 차연산에 의한 변화탐지 결과(3공단 및 구평지구)

이에 본 연구에서는 도로의 확장 및 신설 공장지역의 변화 등을 기준으로 변화탐지를 실시하였으며, 특히 토지이용의 변화에 중점을 두었다. 임계치는 연구대상지에 대한 사전 지식에 기반을 두고 분석자의 판단에 의해

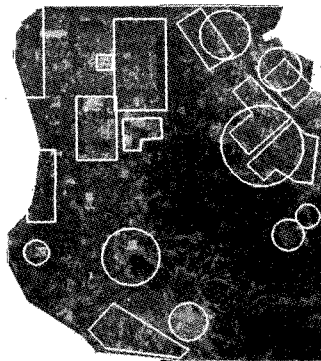
128에서 255사이를 등간격으로 나누어 반복적으로 연산을 수행하여 가장 변화를 잘 반영하는 밝기값 136에서 140의 범위로 결정하였다. 비연산에서도 임계값 선정은 차연산의 경우와 같은 방법을 적용하였으며, 실제 결정



(a) 1996~1982



(b) 2002~2000



(c) 2002~1982

그림 6. 영상 비연산에 의한 변화탐지 결과(3공단 및 구평지구)

된 임계값 또한 차연산의 경우와 같은 범위(136~140)에서 나타났다.

임계값을 136으로 선정한 것은 LUT가 136에서 255사이의 밝기값에 해당되는 지역을 변화가 발생한 지역으로 간주함을 의미한다. 변화탐지 연산결과 생성된 영상과

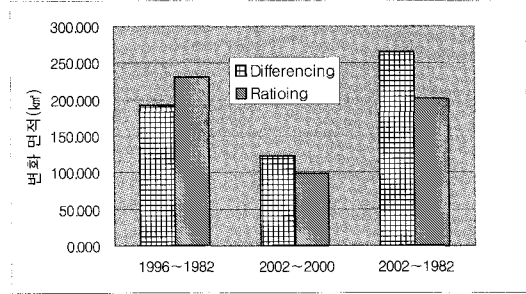


그림 7. 3공단 및 구평지구의 변화탐지 결과

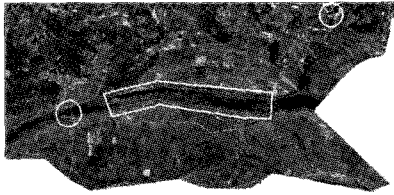
입력영상을 RGB 칼라로 합성하였다. 이 때 Red 밴드는 변화탐지 결과를, Green 및 Blue 밴드는 공통의 입력영상을 조합함으로써 회색조의 영상에 붉은 색으로 변화탐지 결과가 나타나도록 하였다.

#### 4.2 3공단과 구평지구의 변화탐지

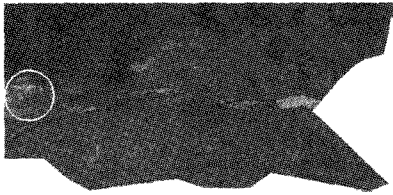
1982년과 1996년의 항공사진, 2000년 및 2002년의 위성영상을 이용하여 시계열적 차이뿐만 아니라 공간해상도가 상이한 센서를 통해 획득한 영상들을 변화탐지에 적용해 보았다. 지금까지도 주거지와 상가 조성 등으로 활발한 변화를 보이고 있는 3공단 및 구평지구는 953.11km<sup>2</sup>의 면적에 해당하고 변화모습은 1982년 영상을 제외한다면 나머지 1996년 항공사진, 2000년 및 2002년 KOMPSAT EOC 영상 모두에서 보여지고 있다.

그림 5는 영상 차연산기법에 의해 변화탐지 결과를 나타내고, 그림 7은 영상 비연산기법에 의한 변화탐지 결과를 나타낸 것이다. 그림 5(a)와 그림 6(a)의 변화탐지 결과 1982년과 1996년의 항공사진 비교에서 3공단의 형성과 구평지구 개발로 인해 넓은 범위의 변화를 탐지할 수 있었고 낙동강 주변을 따라 1998년에 개원을 한 동락공원이 이 시기에 조성되기 시작한 것을 탐지하였다. 그리고 산 정상부분에 국가시설이 세워진 것을 탐지할 수 있었다.

그림 5(b)와 6(b)의 2000년과 2002년의 KOMPSAT EOC 위성영상의 비교에서는 영상의 오른쪽 지역인 구평지구 부분에서 1996년에 형성했던 모습이 도로의 정비 등으로 점차 일정한 틀을 갖추며 변화한 모습이 확연히 나타났다. 또한 영상 좌측의 3공단 중앙부분에 위치하고 있는 ○○반도체와 그 우측에 위치한 ○○맥주에서 구조물의 증축 및 변형이 탐지되었다. 그리고 3공단 아래쪽에 위치한 칠곡군과의 경계지역인 시미동에 1982년과 1996년의 비교에서 나타났던 대규모 단지에 일정한 규칙적인 변화가 탐지함으로써 이 지역에 아파트단지가



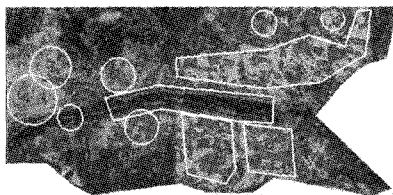
(a) 1996~1982



(b) 2000~1996

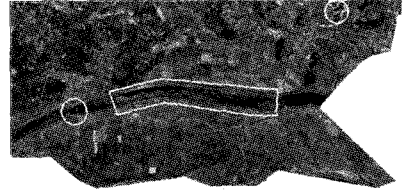


(c) 2002~2000



(d) 2002~1982

그림 8. 영상 차연산에 의한 변화탐지 결과(4공단 지역)



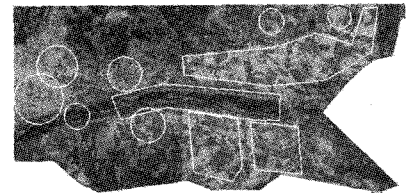
(a) 1996~1982



(b) 2000~1996



(c) 2002~2000



(d) 2002~1982

그림 9. 영상 비연산에 의한 변화탐지 결과(4공단 지역)

조성됨을 확인할 수 있었고 맞은편에 새로운 주택지가 형성되었음을 확인할 수 있었다.

그림 5(c)와 그림 6(c)의 1982년과 2002년의 변화탐지에서도 위의 결과가 확연히 증명되었다. 이는 센서가 상이한 팬크로매틱 영상들간에 변화탐지의 효과를 보여 준다.

그림 7은 3공단 및 구평지구의 1982년부터 2002년 사이의 기간별 차연산과 비연산 기법별 시계열적 변화량을 나타낸 것이다. 전체면적 953.11km<sup>2</sup> 중 1982년 이후 2002년까지 변화된 면적이 24% 전후로 나타났으며 2000년 이후 2년간 변화면적은 10~13%인 것으로 나타났다.

#### 4.3 4공단 지역의 변화탐지 및 분석

그림 8(a)과 그림 9(a)의 1982년과 1996년의 항공사진의 비교에서는 영상의 위 부분에 소규모 단지가 형성되었음을 알 수 있고 강줄기를 따라 도로가 형성되어 줄모양의 변화 탐지가 이루어졌음을 확인하였다. 그림 8(b)와 그림 9(b)의 1996년 항공사진과 2000년 EOC영상과의 비교에서는 왼쪽부분에 단지가 형성되었음을 탐지하였으나 1999년에 착공을 시작한 공단부지에 있어 전반적으로 변화 탐지가 이루어지지 않았음을 확인할 수 있었다. 두 영상 모두 단일 밴드로서 다중 밴드보다 식별의 범위가 작고 특히 2000년 EOC 영상이 전반적으로 어두운 밝기값을 가지고 있어서 이러한 결과가 나온 것



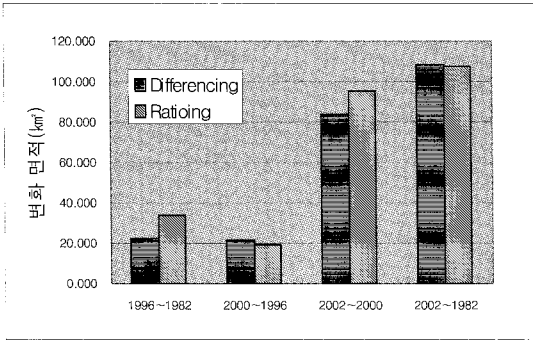


그림 10. 4공단 지역의 변화탐지 결과

으로 사료된다.

물론 전처리를 통하여 분석에 앞서 밝기값을 조정하였지만 원데이터 고유의 특성으로 인해 변화탐지의 한계가 있음을 확인하였다. 또한 강줄기를 따라 변화가 탐지되었는데 이것은 1996년 항공사진은 4월에 획득한 것이고 2000년 EOC영상은 1월에 획득한 것으로서 계절적인 차이에 의해 나타난 것이다.

그림 8(c)와 그림 9(c)는 2000년과 2002년의 EOC 영상의 비교로서 2002년 영상에서 신설된 도로들이 탐지되었고 새롭게 조성된 4공단의 형태를 뚜렷하게 탐지할 수 있었다. 또한 1982년과 1996년 항공사진의 비교 및 1996년 항공사진과 2000년 EOC 위성영상을 비교해 보았을 때 오른쪽 상단의 소규모 단지지역이 시기적으로 1982년과 1996년 사이에 형성되었다가 2000년 이후에 사라진 것을 확인할 수 있었다.

그림 8(d)와 그림 9(d)의 1982년 항공사진과 2002년 EOC영상의 비교에서는 대상지역의 대부분에 변화가 있음을 탐지할 수 있다. 이것은 20년의 긴 시간차와 대규모 4공단의 조성으로 인해 나타난 결과이며, 이들의 비교 역시 상이한 특성을 가진 영상들의 조합에서 나온 결과이므로 이중센서 영상의 이용 효과가 충분하다 하겠다.

그림 10은 4공단 지역의 1982년부터 2002년 사이의 차연산과 비연산 기법별로 탐지된 시계열적 변화량을 분석한 결과이다. 1982년 이후 2002년까지 4공단지역 전체 면적 289.07km<sup>2</sup> 중 약 108km<sup>2</sup>(변화면적비 약 37%)의 지표부분에 변화가 있었으며, 그 중 2000년 이후 2년간의 변화면적비가 29~33%를 점유하는 것으로 나타남으로써 이 기간에 집중적인 개발이 이루어져 왔음을 알 수 있다.

## 5. 결 론

다시기의 항공사진 및 KOMPSAT EOC 영상으로부터

지형 및 인공지물의 변화를 탐지함으로써 단일밴드의 팬 크로매틱 영상만으로 변화를 검출해 낼 수 있었다. 영상간의 차연산 또는 비연산 기법을 적용하여 변화하는 시설의 변화탐지가 가능하였으며, 수치지형도 및 GIS 데이터베이스 갱신에 적절히 활용될 수 있을 것으로 보여진다.

특히 항공사진과 전자광학카메라(EOC) 등 상이한 센서의 영상을 통한 변화탐지를 위해서는 영상의 기하보정과 대조처리, 그리고 영상재배열을 통하여 좌표계 일치, 밝기값 조정, 픽셀크기 일치 등 다른 시기의 영상들이 동일한 조건을 갖도록 해 주는 사전작업이 선행되어야 할 것이다.

영상의 차연산법 및 비연산 기법으로 변화탐지한 결과에서 변화 유무를 판단함에 있어 기준이 되는 임계값(threshold value)의 선정은 중요한 부분이다. 도로 및 공장지대와 같은 인공지물의 특성을 잘 반영하는 지역의 임계값을 결정하기 위해 계산결과값에 근거를 두고 반복수행하는 방법으로 가장 적절한 변화탐지의 임계값을 결정할 수 있었으며, 이 때 분석자가 현장조사와 대상지역의 과거 및 현재에 대한 정보를 바탕으로 변화탐지가 가장 적절하다고 판단되는 기준지역을 선정하는 것은 중요하다.

본 연구에서 임계값은 대상지역에 대한 사전지식을 가진 분석자의 판단에 의해 128에서 255사이를 등간적으로 나누어 반복적으로 연산을 수행함으로써 변화를 가장 잘 반영하는 밝기값 136을 결정할 수 있었다.

## 사 사

본 연구는 금오공과대학교 2002년도 장기해외연수 지원에 의해 수행되었기에 이에 사의를 표합니다.

## 참고문헌

1. 박병욱, 1996, "수치위성자료를 이용한 광역의 토지피복분류 기법", *한국측지학회지*, 한국측지학회, 제 14권, 제 1호, pp. 39-47.
2. 박성미, 임정호, 사공호상, 2001, "다량의 Landsat 위성영상처리를 통한 광역 토지피복분류", *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 17, No. 3, pp.189-197.
3. 양인태, 김연준, 1993, "토지피복분류에 있어서 이미지재배열이 영향에 관한 연구", *지형공간정보*, 한국지형공간정보학회, 제 1권, 제 1호, pp. 181-192.
4. 이성순, 2002, "인공지형지물 변화모니터링을 위한 다중축적 영상자료 정밀보정기법 연구", 박사학위논문, 충남대학교.
5. 이진덕, 연상호, 유재엽, 김성길, 1998, "LANDSAT TM과 JERS-1 OPS 영상을 이용한 도시지역의 토지이용 변화 검출", *한국지리정보학회지*, 한국지리정보학회, 제 2권, 제 1호, pp. 73-83.

6. 한국지질자원연구원, 2001, *공간정보를 이용한 지표현황 변화 탐지 및 통합기술 개발*.
7. Atterwhite, M.B., 1984, "Discriminating Vegetation and Soils Using Landsat MSS and Thematic Mapper Bands and Band Ratios", *Technical Papers*, 50th Annual Meeting of the American Society of Photogrammetry, Vol. 2, pp. 479-485.
8. Friedman, S.Z., 1980, "Mapping Urbanized Area Expansion through Digital Image Processing of Landsat and Conventional Data", Publication, pp. 79-113.
9. Fuller, R.M., Groom G.B. and Jones A.R., 1994, "The Land-Cover Map of Great Britain: An Automated Classification of Landsat Thematic Mapper Data", *PE&RS, ASPRS*, Vol. 1-12, pp. 553-562.
10. Ha, S.R, Ahn, B.W., and Park, S.Y. 2002, "Change Detection of Land-Cover from Multi-Temporal KOMPSAT-1 EOC Imagery", *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 18, No. 1, pp. 13-23.
11. Kass Green, Dick Kempka and Lisa Lackey, 1994, "Using Remote Sensing to Detect and Monitor Land-Cover and Land-Use Change", *PE&RS, ASPRS*, Vol. 1-12, pp. 331-338.
12. Royal, J.A., 1980, *Change Detection Method Development Census Urban Area Application Pilot Test*. Final Report Contract NAS5-35707, Belts Ville, Md.: General Electric Company.
13. Singh, W.J., Gloves, J.E. and Olmsted, C., 1989, "Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed Data", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 10, pp. 989-1003.
14. Tady, T.P., 1977, "Comparing Landsat TM Based Vegetation Classifications for the Colville National Forest", *ACSM/ASPRS*, Vol. 3.
15. Todd, W.J., 1977, "Urban and Regional Land Use Change Detected by Using Landsat Data", *Journal of Research, U.S. Geological Survey*, Vol. 5, pp. 529-534.
16. Toll, D.L., Royal, J. A. and Davis J. B., 1980, "Urban Area Update Procedures Using Landsat Data", *Technical Papers*, Annual Meeting of the American Society of Photogrammetry.
17. Zhuang X., Engel, B.A., Xiong X. and Johannsen C.J., 1995, "Analysis of Classification Result of Remotely Sensed Data and Evaluation of Classification Algorithms", *PE&RS, ASPRS*, Vol. 1-12, pp. 427-434.