

## 토지피복 변화탐지력 제고를 위한 의사결정방법 도입에 관한 연구

### A Study on Applying SDSS to Landcover Change Detection for Enhanced Performance

김선수\* · 허 용\*\* · 유기윤\*\*\* · 김용일\*\*\*\*

Kim, Sun Soo · Heo, Yong · Yu, Ki yun · Kim, Yong II

#### 要　旨

토지피복 변화탐지는 광범위한 지역을 일정한 주기로 변화 과정에 대해 묘사할 수 있다는 장점 때문에, 군사적, 행정적, 연구적 측면에서 중요한 의미를 갖는다. 변화탐지 시, 어떤 방법을 사용하여 변화탐지를 할 것인가는 중요한 의사결정 사항이다. 또한 변화/비변화에 대한 임계값 설정 역시 중요하다. 지금까지 변화탐지 방법을 선택할 때, 주로 사용자의 경험에 따라, 또는 사용자의 변화탐지 대상에 따라 변화탐지 방법을 선택하였으며, 임계값의 설정 역시 경험적, 실험적으로 결정하는 경우가 많았다. 이러한 경우, 변화탐지 연구 사례 중에서 정확도가 높았던 변화탐지 방법을 선택하는 과정과 임계값 선택과정을 지원할 수 있는 시스템의 필요성이 제기되었다. 또한, 변화탐지 방법 간의 탐지결과에 차이가 있기 때문에 변화탐지 방법 간의 특성을 통합하여 특정 변화탐지 대상에 상관없이 정확도 및 시각적 효과를 향상시킬 수 있는 변화탐지 통합분석 역시 필요하게 되었다. 이에 본 연구에서는 변화탐지 방법과 임계값 선택에 있어서 의사결정을 지원하고, 변화탐지 사례를 제공하는 변화탐지 의사결정과정을 제안하고, 각 변화탐지의 특성을 통합하는 변화탐지 통합분석 방법을 제안·평가하고자 한다.

핵심용어 : 토지피복 변화탐지, 공간의사결정기법, 통합분석, 탐지임계값

#### Abstract

Change detections are widely used for its usefulness. During the process two factors are important; one is which method is to be adopted and the other is what should be the appropriate critical value. Until far, these factors are mostly decided by users based upon their knowledge from past experiences. In this paper we propose a set of methodologies that allow users maintaining optimal decisions on which change detection method is the desirable one, what might be the suitable critical value, and what does the introducing SDSSs(Spatial Decision Support Systems) to change detections means.

Keywords : Landcover Change Detection, Spatial Decision Support Systems, Integrated analysis, Threshold value

## 1. 서　론

토지피복 변화탐지는 일정한 주기로 대상 지역의 토지 형태를 조사하고, 그 변화 과정을 묘사할 수 있다. 그러므로 토지 피복의 변화를 탐지하는 것은 군사적인 측면뿐만 아니라, 정부 행정 계획, 민간 응용 측면에서도 중요한 의미를 가지고 있다.

지금까지 변화탐지 방법을 선택할 때 주로 사용자의 경험, 또는 변화탐지 분석대상에 따라 변화탐지 방법을 선택하였으며, 임계값의 결정 역시 경험적, 실험적으로 결정하는 경우가 많았다. 이 과정에서 변화탐지 연구사

례 중 정확도가 높고 적합한 변화탐지 방법을 선택하는 과정을 도와주는, 그리고 임계값 설정 과정을 도와주는 시스템의 필요성이 제기되었다.

이에 본 연구에서는 변화탐지 방법과 임계값 선택에 있어 의사결정자에게 의사결정을 지원하며 변화탐지 사례를 제공하는 의사결정과정을 제안하고, 특정한 변화탐지 방법의 수행을 원하지 않을 경우, 각 변화탐지의 특성을 통합하는 변화탐지 통합분석 방법을 제안한다. 또한, 제안된 변화탐지 통합분석 방법을 실제 위성영상 을 이용한 변화탐지에 적용해보고 그 가능성을 평가하고자 한다.

2005년 3월 15일 접수, 2005년 5월 28일 채택

\* 주저자, 서울대학교 공간정보연구실 석사 (frog992@empal.com)

\*\* 서울대학교 공간정보연구실박사과정 (hy21262@dreamwiz.com)

\*\*\* 서울대학교 공간정보연구실 조교수 (kiyun@snu.ac.kr)

\*\*\*\* 서울대학교 공간정보연구실 부교수 (yik@snu.ac.kr)

## 2. 변화탐지

변화탐지 방법은 크게 영상 분류(classification) 전 변화 탐지와 영상 분류 후 변화탐지로 나눠진다. 분류 전 변화 탐지는 영상 분류를 수행하지 않고 원영상의 영상소 값 자체를 이용하여 변화탐지를 수행하는 방법이다. 분류 후 변화탐지는 영상을 각각 분류한 후, 분류된 영상소의 클래스(class) 차를 이용하여 변화탐지를 수행하는 방법이다.

일반적으로 분류전 변화탐지기법에는 영상소차 변화탐지(Image Differencing), 영상소비 변화탐지(Image Ratiointerpretation), 식생지수(NDVI) 변화탐지, PCA(Principal Component Analysis) 변화탐지, CVA(Change Vector Analysis) 변화탐지 등이 있다(김선수, 2003). 그리고 분류후 변화탐지를 위한 분류기법에는 최대우도 분류기법, Mahalanobis 분류기법, Isodata 분류기법 등이 있다.

### 3. 변화탐지 의사결정과정

변화탐지 시, 어떤 방법으로 변화탐지를 수행할 것인가와 어떤 임계값을 적용하는가는 가장 중요한 의사결정사항이다. 변화탐지 방법에 따라 탐지 정확도에 차이가 있을 수 있으며, 변화탐지 대상에 대한 변화탐지 방법의 정확도 역시 차이가 나기 때문이다. 그렇기 때문에 특정한 변화탐지 방법을 원하지 않을 경우 변화탐지 방법 간의 특성을 통합하여 특정 변화탐지 대상에 상관없이 변화탐지 정확도 및 시각적 효과를 향상시킬 수 있는 변화탐지 통합분석 방법이 필요하다.

본 연구에서는 제안하는 변화탐지 의사결정과정의 시작은 기존 변화탐지기법 적용사례를 검색하여 탐지대상, 사용영상, 탐지정확도 등의 정보를 이용하여 사용자가 탐지기법 및 적용방법 등을 선정하는 것에서 시작한다. 이를 수행하기 위해서는 먼저 기존 변화탐지사례에 대한 충분한 자료구축이 선행되어야 한다.

그림 1은 사례검색에서 시작하여 4종류의 변화탐지 의사결정 방법으로 나뉘어지는 논리적인 구조를 보여준다. 결과적으로 이 구조는 사례검색 후 사용자가 선택한 단일 변화탐지 방법을 실행하는 Step 2, 분류 전 변화탐지 방법들 간의 통합분석을 하는 Step 3, 분류 후 변화탐지 방법들 간의 통합분석 Step 4, 분류전 변화탐지 방법들과 분류후 변화탐지 방법들을 모두 통합하여 분석하는 Step 5로 구성된다.

사례검색을 통하여 제시되는 방안은 기존 변화탐지 사례를 바탕으로 구축한 데이터베이스(Data Base)로부터 정확도가 높았던 방법을 선택하게 된다. 또한, 임계값 설정에 있어서 기존 사례의 임계값 설정에 따른 정확도를

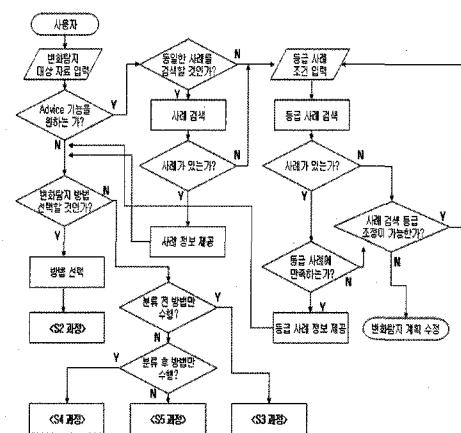
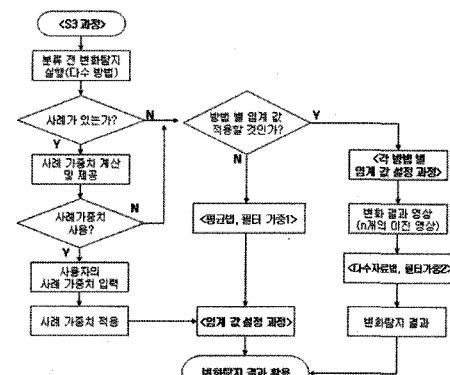


그림 1. 사례검색 및 탐지기법선정

제시함으로써 정확도를 추정하여 실제 탐지과정에 참고하게 된다. 이 과정을 통하여 사용자는 수행하고자 하는 변화탐지에 적합한 몇몇 탐지방법 및 임계값들을 얻게 된다. 이중 어떤 한 가지 방법을 선택·적용하거나(Step2), 복수의 탐지방법을 종합하여 보다 향상된 정확도를 제공하는 통합분석 의사결정과정(Step3, Step4, Step5)을 수행하게 된다.

### 3.1 분류전 변화탐지 통합분석(Step 3)

분류전 변탐지 방법들간의 통합분석은 앞의 단계와 같이 과거 사례를 바탕으로 경증률 및 임계값을 선택하는 과정에서 시작한다. 그렇지 않은 경우 개별 탐지기법을 적용하고 이를 기법의 특성을 종합하여 변화/비변화를 탐지하는 방법(평균법, 필터경증률1방법), 개별 변화탐지기법의 변화/비변화 결과를 통합하여 정확도를 향상시키는 방법(다수자료법, 필터 경증률2방법)을 적용할 수 있다.



## 그림 2. 분류전 변환탐지 통합분석 과정

### 3.2 분류후 변화탐지 통합분석(Step 4)

영상 분류후 결과물을 이용하여 변화/비변화로 판별한다는 점 이외에는 분류전 변화탐지 통합분석의 개별 변화탐지기법의 변화/비변화 결과를 통합하여 정확도를 향상시키는 방법과 동일한 과정을 따른다.

### 3.3 분류 전/후 변화탐지 통합분석(Step 5)

분류전 변화탐지 결과와 분류후 변화탐지 결과를 다수자료법과 필터 경중률2 방법을 적용하여 통합변화탐지를 수행한다.

## 4. 변화탐지 통합분석 방법

### 4.1 다수자료법

개별 탐지기법의 결과를 통합하는 방법으로 다수자료법(majority rule)을 이용한다. 다수자료법은 각 영상소에 대

한 변화 결과 영상들의 결과 중 많은 쪽의 결과를 따르는 방법이다. 개별 탐지기법 결과를 취합한 결과가 어떤 임계값 이상일 경우 최종 결과는 ‘변화’로 결정된다. 예를 들어 3가지 변화탐지방법에 의한 결과가 있을 때, 3개의 결과 중 2개 이상이 변화일 경우 변화로 판단하는 방법이다.

$$\sum DN_i \geq l \text{ 이면 } DN_{new} = 1 \quad (1)$$

$$\sum DN_i < l \text{ 이면 } DN_{new} = 0 \quad (2)$$

$DN_i$  : 입력영상의 영상소값 또는 연산값<sup>1)</sup>

$DN_{new}$  : 다수자료법 적용 후 변화 결과영상의 영상소값

$l$  : 임계값(사용자의 판단에 따라 조정)

변화탐지기법의 통합분석은 기본적으로 다수자료법을 이용하여, 처리상의 필요성이나 정확도 향상을 위한 추가작업으로 정규화과정, 경중률 결정과정, 필터 경중률1 과정, 필터 경중률2 과정 등이 선택적으로 사용될 수 있다.

### 4.2 정규화 과정

다수자료법을 적용하는 과정에서 개별 변화탐지기법을 통합분석하기 위해서는 연산값의 형태가 일정해야 한다. 즉 정규화과정이 필요하며(Lorrenzo, 2003), 본 연구에서는 다음과 같은 과정을 수행하였다.

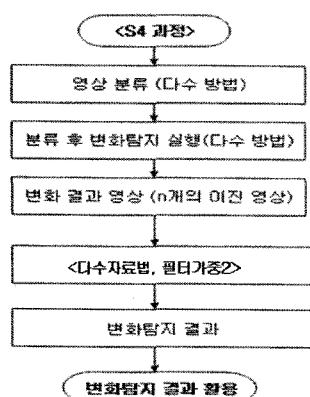


그림 3. 분류후 변화탐지 통합분석 과정

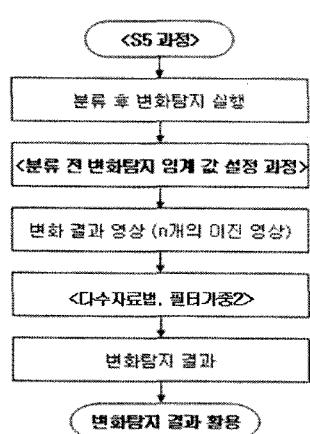


그림 4. 분류전/후 변화탐지 통합분석 과정

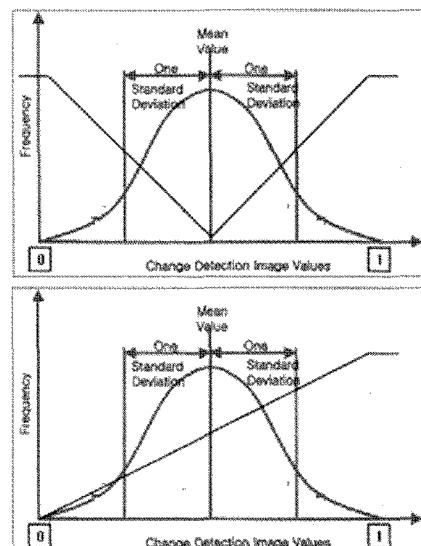


그림 5. 경중률 적용 전의 기본 조건

1) 변화탐지기법은 동일한 지점의 변화유무 판별을 위하여 영상 간 영상소값 차이, 영상소값 비율 등 서로 다른 물리량을 가지는 지수를 이용하며, 이러한 지수를 본 연구에서는 연산값으로 표현한다.

영상소차 변화탐지, 영상소비 변화탐지, PCA 변화탐지, NDVI 변화탐지의 경우, 영상에서 연산값들의 분포가 정규분포를 이룬다는 가정하에 평균과 표준편차를 이용하여 0~1사이의 값으로 변환할 수 있다. 즉, 평균을 중심으로 표준편차 배수만큼의 범위( $\mu - a\sigma \sim \mu + a\sigma$ ,  $a$ 는 상수)를 0에서 1값으로 선형화하는 것이 가능하다. 단, CVA의 경우에는 변화 벡터의 크기에 따른 변화탐지를 시행하므로, 앞의 4가지 방법과는 다르게 그래프의 처음과 끝을 0~1의 범위로 적용한다.

#### 4.3 경중률 결정법

개별 변화탐지기법들을 정확도 및 우선순위에서 차이를 가지고 있다. 따라서 분석에 있어 경중률을 적용할 필요가 있다. 하지만 경중률을 결정하기 위해서는 정확도 평가가 선행되거나 기존 사례를 바탕으로 추정되어야 하며, 다음과 같은 4가지 종류를 사용하였다(Malczewski, 2003).

##### 4.3.1 순위 총합경중률(rank sum weights) 방법

순위 총합 경중률 방법은 규준, 즉 탐지기법별 정확도 순서(rank)를 기반으로 경중률을 적용하는 방법이며 식(1)과 같이 표현된다.

$$w_j = \frac{n-r_j+1}{\sum(n-r_k+1)} \quad (3)$$

$w_j$  : j번째 규준에 대한 경중률  
 $n$  : 고려의 대상인 규준의 개수  
 $r_j$  : 규준의 순위

##### 4.3.2 순위 상호경중률(rank reciprocal weights) 방법

순위상호경중률 방법은 순위의 역수를 이용하여 경중률을 결정하는 방법이다.

$$w_j = \frac{1/r_j}{\sum(1/r_k)} \quad (4)$$

$w_j$  : j번째 규준에 대한 경중률  
 $r_j$  : 규준의 순위

##### 4.3.3 순위지수법(rank exponent method)

순위지수법은 순위에 대한 경중률에 지수를 적용시키는 방법이다. 지수  $p$ 에 따라 순위가 강조되거나 완화되는 효과를 가져온다. 본 연구에서는  $p$ 의 값을 3으로 적용하였다.

$$w_j = \frac{(n-r_j+1)^p}{\sum(n-r_k+1)^p} \quad (5)$$

$w_j$  : j번째 규준에 대한 경중률  
 $n$  : 고려의 대상인 규준의 개수  
 $r_j$  : 규준의 순위  
 $p$  : 지수( $p$ 에 따라 경중률이 달라짐)

#### 4.3.4 비율법(rating method)

본 연구의 비율법은 점 할당법(point allocation approach)으로 사용자 임의의 경중률을 0부터 100까지 할당하여 최종적인 경중률을 결정하는 방법이다. 본 연구에서는 현장 자료를 이용하여 평가된 정확도를 이용하여 비율법을 사용하였다.

$$w_j = \frac{a_j}{\sum a_k} \quad (6)$$

$w_j$  : j번째 규준에 대한 경중률  
 $a_j$  : j번째 규준의 전체 정확도(%)

#### 4.4 필터 경중률1(Weighted filter 1) 적용

필터 경중률1 방법은 토지피복의 변화특성을 고려한 필터링 과정이다. 일반적으로 토지피복 변화는 연속적인 경우가 많기 때문에 개별 영상소만을 고려하지 않고 주위 영상소를 같이 고려하여 변화의 유무를 판단하는 것이 효과적이다. 단, 여기에서의 영상소란 원영상의 영상소값이 아닌 변화탐지 과정에서 얻어진 연산값으로 구성된 영상의 영상소를 의미한다.

주변 영상소들의 평균이 필터 중앙 영상소값보다 크면 중앙 영상소의 변화 가능성을 높여주는 의미로 일정 상수( $k$ )를 곱하며, 주변 영상소들의 평균이 필터 중앙의 영상소값보다 작으면 중앙 영상소의 변화가능성을 낮추는 의미로 일정 상수( $k$ )로 나누어 준다.

$k$ 값에 따라 변화 결과 영상의 시각적인 효과가 달라지게 되며, 변화영상의 noise (비 변화를 변화로 판단하는 경우, 변화를 비 변화로 판단하는 경우)에 해당하는 결과값을 줄여주는 역할을 할 수 있다.

$$DN_{center} < \frac{\sum DN_i}{8} \quad \text{이면 } DN_{center} = kDN_{center} \quad (7)$$

DN1	DN2	DN3
DN4	DN'	DN5
DN6	DN7	DN8

그림 6. 필터의 적용 예

$$DN_{center} > \frac{\sum DN_i}{8} \text{ 이면 } DN_{center} = \frac{1}{4} DN_{center} \quad (8)$$

$$DN_{center} = \frac{\sum DN_i}{8} \text{ 이면 } DN_{center} = DN_{center} \quad (9)$$

각 변화탐지 방법의 연산값 영상에 필터 경중률1 과정을 수행한 결과를 다수자료법의  $DN^i$ 로 적용하거나  $DN^i$ 을 산술평균하여 통합결과 영상을 생성하게 하게 된다.

#### 4.5 필터 경중률2(Weighted filter 2) 적용

필터 경중률2 방법은 대상 영상소를 포함한 주변 9 영상소들 중 변화로 나타난 지역의 합이 비변화의 지역보다 많을 경우 변화로 판단하는 방법이다. 주위의 영상소에 따라 중앙 영상소의 변화/비 변화에 대한 확률을 높여주는 의미에서 필터 경중률1과 유사한 접근방법이다.

$$\sum DN_i \geq m \text{ 이면, } DN^i = 1 \text{ (변화)} \quad (10)$$

$$\sum DN_i < m \text{ 이면, } DN^i = 0 \text{ (비변화)} \quad (11)$$

$DN^i$  : 방법간 연산영상에 대한 필터 경중률 적용 후 연산영상의 영상소값

$m$  : 임계값(사용자의 판단에 따라 조정)

하지만 필터 경중률1 방법이 변화/비변화를 구분하기 전단계인 0~1로 표현된 연산값을 대상으로 수행된다면, 필터 경중률2 방법은 이미 변화/비변화(1 또는 0)로 판별된 결과물을 대상으로 수행된다는 점에서 차이가 있다.

## 5. 실험 및 적용

### 5.1 실험 대상 지역 및 제원

실험에 사용된 영상은 Landsat TM영상으로, 1992년 6월 2일, 1997년 6월 16일에 촬영된 영상이다. 실험 대상 지역은 서울 중서부, 일산, 안양지역을 포함한  $20\text{km} \times 27\text{km}$  넓이의 지역이다. 이 지역은 1990년대 일산의 신도시 개발 및 많은 토지 피복변화가 있었던 지역이다. 본 연구에서는 계절의 변화에 따른 식생의 오차를 줄이기 위해, 같은 계절(6 월)의 영상을 사용하였고, 방사보정 및 기하보정 등의 전 처리를 수행하였다.

DN1	DN2	DN3
DN4	DN5	DN6
DN7	DN8	DN9

그림 7. 필터의 적용 예

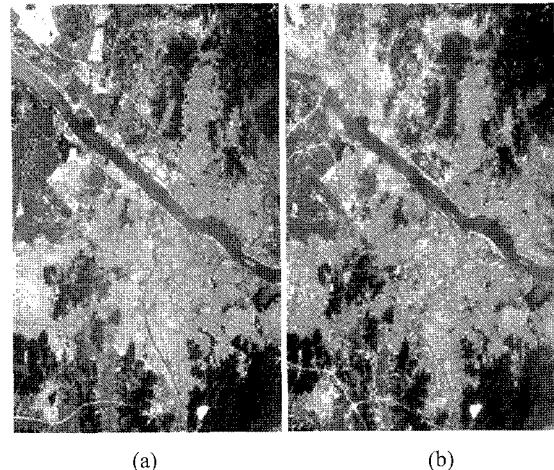


그림 8. 실험대상지역, 1992년 6월 2일 영상(a), 1997년 6월 16일 영상(b)

### 5.2 실험 방법

본 연구에서는 크게 4가지 실험을 수행한다. 첫 번째는 경중률 결정법을 적용하여 5가지 변화탐지기법에 경중률을 할당하고 각각의 결과를 통합 분석하였다. 둘째, 필터 경중률1 방법을 적용하여 변화를 강조한 것이 변화탐지에 어떤 영향을 미치는 가를 분석하였다. 셋째, 영상분류를 수행한 후 필터경중률2 방법을 적용하였을 경우의 영향을 분석하였다. 마지막으로 분류전, 분류후 영상자료를 다수자료법 및 필터 경중률2방법을 적용 분석하였다.

앞에서 언급한 바와 같이 서로 다른 형태의 연산값을 이용하는 문제점을 해결하기 위하여 정규화과정을 수행하고 변화/비변화를 구분하는 임계값은 정규화한 형태에서  $1.8\sigma$ 와  $2.0\sigma$ 에 해당하는 값을 사용하였다.

표 1. 영상제원

	1992년 6월 2일영상	1997년 6월 16일영상
공간해상도	30m	
태양방위각	88.94 도	89.24 도
태양고도각	65.1 도	66.2 도
촬영시각	11시 02분	11시 03분
영상크기	884*671	
촬영고도	약 904km	약 905km

## 6. 결과 평가

### 6.1 경증률 및 평균법 적용(Step 3)

먼저, 표 2에 있는 5가지 변화탐지기법을 수행, 정확도를 평가하였다. 이를 바탕으로 결정된 경증률을 반영하여  $1.8\sigma$ 와  $2.0\sigma$ 를 임계값 1로 사용한 결과를 다수자료법에 적용한 결과는 다음과 같다. 평균법은 동일한 경증률을 적용한 경우이다.

변화탐지 결과와 비교해보면, 경증률 적용 후 정확도가 비교적 높은 정확도를 보여주는 것을 확인할 수 있다.

$2\sigma$ 를 임계값으로 적용한 경우, 순위총합경증률 적용 결과의 경우에 분류전 변화탐지 결과 중 가장 정확도가 높았던 CVA 기법에 비하여 정확도가 더 높게 나타난다.

단순히 정확도만을 비교했을 경우에는 개별 변화탐지 기법에 비해 비약적인 성능향상은 나타나지 않는다. 하지만 시각적인 비교에 있어서는 차이점을 보인다.

안양천의 경우 CVA변화탐지 방법은 정확하게 변화를 잡아내지 못한 것에 비해서, 비율법에 의한 변화탐지 영상은 1992~1997년 간의 안양천의 변화를 비교적 명확히 탐지한 것을 확인할 수 있다.

안양 채식장의 경우, 92~97년 간의 변화가 이루어지지 않았으나, CVA변화탐지 결과영상의 경우, 변화로 탐지 를 하였다. 그러나, 비율법에 의한 변화결과 영상의 경우, 비변화로 올바르게 판단한 것을 알 수 있다.

표 2. 경증률 적용 결과 정확도

전체 정확도(%)	임계값	
	$1.8\sigma$	$2.0\sigma$
순위총합경증률	80.37	82.22
순위상호경증률	79.07	81.85
순위지수	77.04	80.00
비율법	81.10	81.85
평균법(average)	80.55	81.67
CVA 변화탐지	81.48	81.85
영상소차 변화탐지	78.70	80.55
영상소비 변화탐지	78.51	80.37
PCA 변화탐지	78.33	79.26
NDVI 변화탐지	77.96	78.90

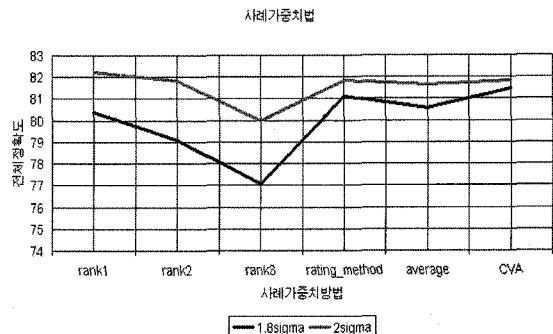


그림 9. 경증률 적용 정확도 그래프

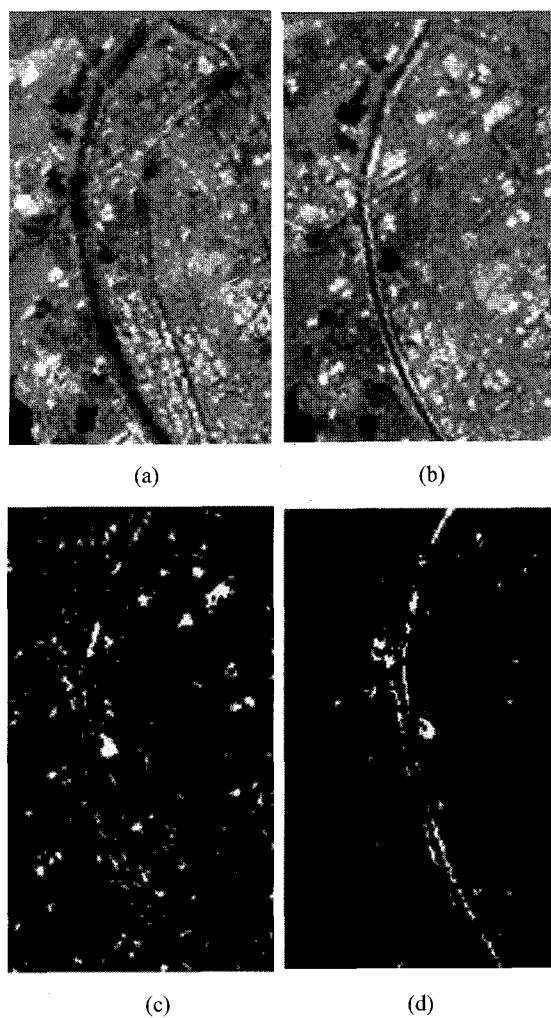


그림 10. 92년 안양천(a), 97년 안양천(b) CVA 변화탐지 결과영상의 안양천(c), 비율법 적용 결과영상의 안양천(d)

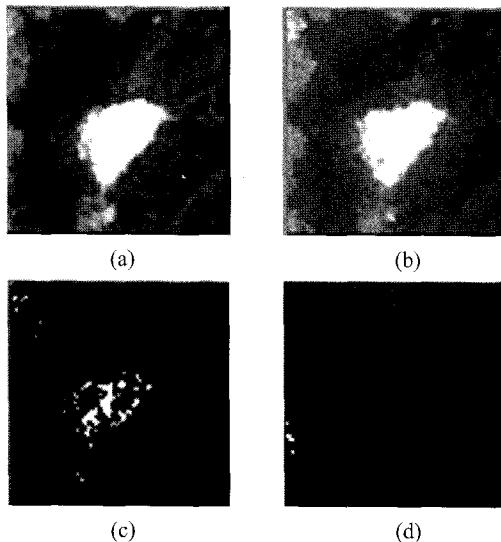


그림 11. 92년 안양 채석장(a), 97년 안양 채석장(b), CVA 결과 안양 채석장(c), 비율법 결과 안양채석장(d)

## 6.2 필터 경중률1 방법 적용(Step 3)

필터 경중률1 방법의 효과를 분석하기 위하여 5가지 변화탐지 결과에 적용, 평균법을 이용하여 최종적인 변화탐지결과를 계산하고 정확도를 평가하였다.

$k$ 의 값을 1.1~1.5로 대입시켜보면서 적용한 결과, 두 임계값의 경우 모두  $k = 1.2$ 일 때의 정확도가 가장 높았다.

20임계 값의 경우,  $k = 1.2$ 일 때, 기존의 변화탐지 방법 보다 높은 정확도를 보이는 것을 확인할 수 있으며,  $k$ 의 값이 일정값이 지나서 커질수록 전체정확도는 낮아지는 것을 알 수 있다.

표 3. 필터 경중률 적용 정확도 평가

필터 경중률	임계값별 정확도	
	1.8 $\sigma$	2.0 $\sigma$
1.1	80.55	81.67
1.15	80.93	81.67
1.2	<b>80.93</b>	<b>82.04</b>
1.25	80.37	81.67
1.3	80.55	81.48
1.4	80.19	81.11
1.5	80.00	80.74
CVA	81.48	81.85

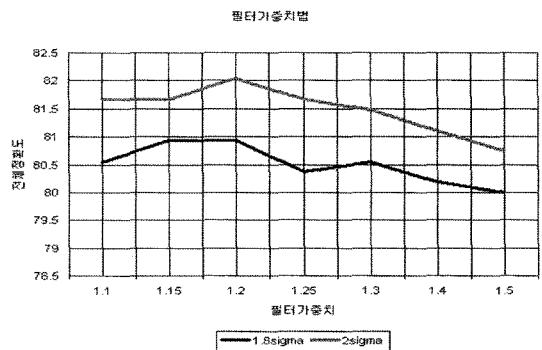


그림 12. 필터 경중률 적용 정확도 평가

## 6.3 분류전 변화탐지 통합분석 비교

제안된 방법의 정확도 순위는, 경중률(비율법) 적용, 필터 경중률1 적용, 평균법 적용의 순서이다. 전체적으로 제안된 방법 3가지의 정확도는 가장 정확도가 높았던 CVA 변화탐지와 큰 차이가 나지 않았으며, CVA 변화탐지를 제외한 단일 방법에 비하여 비교적 정확도가 높은 것을 볼 수 있었다.

제안된 변화탐지 의사결정과정에서 탐지기별별 정확도를 알고 있을 경우, 경중률 적용 방법을 쓸 수 있고, 그렇지 않은 경우에 필터 경중률1 방법을 적용하는 것보다 효과적인 분류전 변화탐지 통합분석을 할 수 있을 것으로 평가된다.

## 6.4. 필터 경중률2 방법 적용(Step 4)

분류후 변화탐지에 있어  $m$ 값을 5에서 9로 증가시키면서 필터 경중률2 방법을 적용한 결과,  $m$ 의 값에 따라 전체 정확도가 차이가 나는 것을 확인할 수 있다(표4). 참고로 단순히 분류 후 변화탐지를 수행했을 때의 정확도는 MLC, Mahalanobis, ISODATA 별로 70.55, 69.81, 65.92 였다.

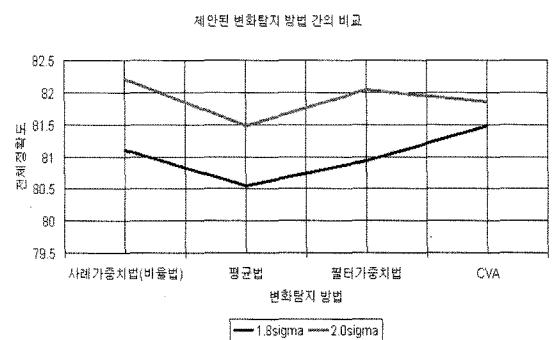


그림 13. 분류전 변화탐지 통합분석 비교

**표 4. 필터 경중률2 적용후 정확도비교**

1 : MLC, 2 : Mahalanobis, 3 : ISODATA, 4 : 필터  
경중률2 방법 적용후 다수자료법적용

적용 기법	필터 경중률2				
	m=5	m=6	m=7	m=8	m=9
1	72.78	75.92	78.15	80.00	79.81
2	71.11	75.92	79.26	80.18	81.11
3	70.55	74.63	77.22	79.26	80.37
4	<b>74.26</b>	<b>76.67</b>	<b>79.07</b>	<b>80.18</b>	<b>80.37</b>

그리고 3가지 분류기법 적용후 수행한 각각의 결과를 다시 다수자료법(=2)에 적용했을 때 정확도가 다소 향상하는 것을 알 수 있다.

여기서  $m$ 이 클수록 전체정확도는 올라가지만 변화 판단 지역이 줄어드는 경향을 보인다(그림14). 이는 비변화에 대한 정확도가 증가하여 전체 정확도가 상승하기 때문에,  $m=5\sim7$  사이의 결과가 변화탐지에 있어서 시각적인 판단을 고려하였을 때 좋은 결과를 보인다고 볼 수 있다.

또한  $m$ 의 값에 따라 변화 결과 영상의 시각적 차이가 뚜렷한 것을 확인할 수 있다. 단순한 다수자료법에 비해 필터 경중률2 방법을 적용하였을 때 변화의 유무를 더욱 명확히 확인할 수 있다.  $m$ 의 값이 커질수록 확실한 변화 지역에 대한 정보를 얻을 수 있다는 것을 예측할 수 있다.

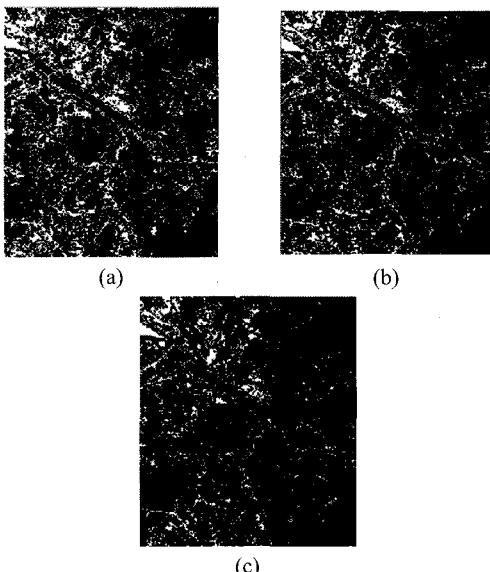


그림 14. 필터 경중률2 적용시  $m$ 의 변화에 따른 결과영상  
 $m=5(a)$ ,  $m=6(b)$ ,  $m=7(c)$

### 6.5 다수자료법 및 필터경중률2 적용(Step 5)

모든 변화탐지 방법을 통합시켰기 때문에 모든 변화탐지 결과 영상에서의 공통적인 변화 영역을 탐지하는 특징을 보인다. 그리고,  $l$  값이 커질수록 변화 영상소일 확률이 높은 부분을 탐지하는 특징을 보인다.

가장 정확도가 높았던 CVA 변화탐지의 정확도가 77.41%임을 감안할 때,  $l=6$  이후에 좋은 결과를 보인다고 볼 수 있다. 그러나,  $l=8$ 일 때에, 변화 판단 지역이 역시 상대적으로 적어지기 때문에,  $l=6\sim7$ 사이의 결과를 비교적 좋은 결과로 판단할 수 있다.

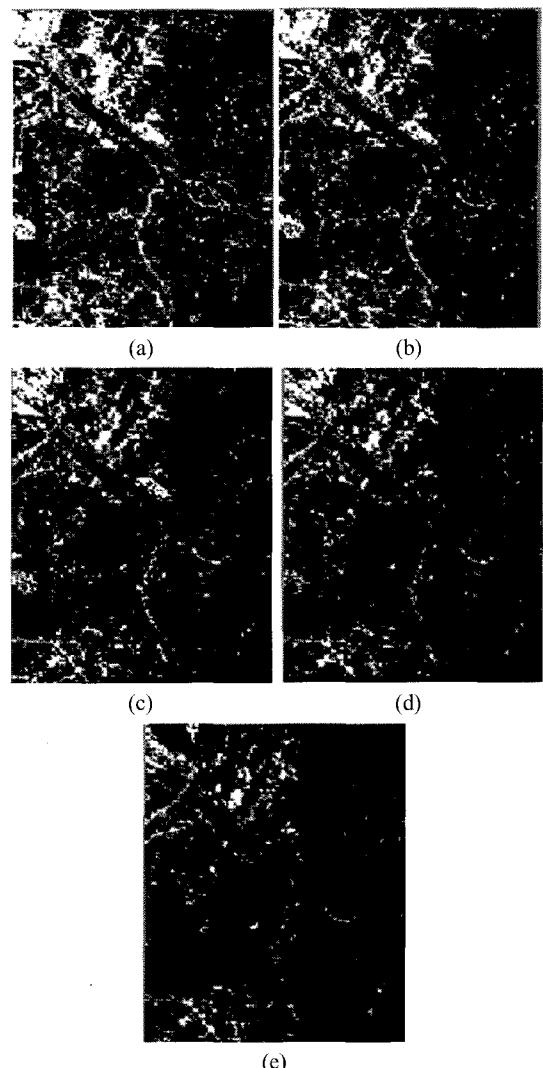


그림 15. 필터 경중률2 적용결과 영상(Step5)  
(a)  $m=5$ ,  $l=3$  , (b)  $m=5$ ,  $l=4$ , (c)  $m=5$ ,  $l=5$ ,  
(d)  $m=5$ ,  $l=6$ , (e)  $m=5$ ,  $l=7$

**표 5. 다수자료법( $m=5$ ) 적용(Step 5) 평가**

다수자료법 적용 후 정확도	
1 = 3	72.04
1 = 4	74.63
1 = 5	76.67
1 = 6	79.26
1 = 7	80.92
1 = 8	82.22

## 6.6 분류 후 변화탐지 통합분석 방법과 분류 전/후 변화 탐지 통합분석 (Step 4, Step 5) 방법 간의 비교

분류후 변화탐지 통합분석(Step 4)에서 통계적, 시각적 정확도가 높았던( $m=6$ ,  $l=2$ ) 정확도는 76.67%로, MLC 분류후 변화탐지에 비하여 6.12% 정확도 상승이 이루어진 것을 확인할 수 있다. 또한 그리고, 다수 자료법만을 적용하는 경우보다, 필터 경중률2를 적용하였을 때가 정확도가 약간 향상된 것을 확인할 수 있다.

## 7. 결 론

본 연구에서는 변화탐지시 의사결정사항에 대하여 사용자의 의사결정을 돋기 위하여 변화탐지 방법 선택 및 임계값 설정을 돋는 변화탐지 의사결정과정과 변화탐지 통합분석 방법을 제안하고 서울 중서부 및 외곽 지역의 인공위성 영상을 이용하여 적용, 평가를 수행하였다. 본 연구에서 제안된 변화탐지 통합분석 방법에 대하여 실험 적용한 결과를 통해 얻게 된 경험적 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 분류전 변화탐지의 통합분석의 경우, 경중률 적용법 중 비율법 적용이 가장 높은 정확도를 보여줬으며, 필터 경중률1 방법을 적용하였을 때 정확도 다소 향상되는 결과를 보였다. 이로 보아, 분류전 변화탐지 방법간의 통합분석을 하고자 할 때에, DSSCD 내의 사례 자료가 검색될 경우 경중률을 적용하여 통합분석을 하고, 사례 자료가 없을 경우, 필터 경중률1을 적용하여 통합분석을 하는 방법이 바람직할 것으로 판단이 된다.

둘째, 분류후 변화탐지 통합분석의 경우 다수자료법 적용과 필터 경중률2 방법의 적용시 정확도가 다소 상승하였다. 분류후 변화탐지결과의 이진영상에 대하여 다수 자료법만을 적용하였을 경우보다 필터 경중률2방법을 적용한 후에 다수자료법을 적용하는 경우가 시각적으로 그리고 통계적으로 우수한 결과를 보였다. 이 때  $m$ 값에

따라 변화 결과 영상의 변화지역에 대한 강조효과가 조정이 되는 것을 확인할 수 있다. 이는 통계적 정확도를 높임과 동시에, 확실한 변화지역에 대한 시각적 판단을 높임으로 사용자에게 변화탐지를 효율적으로 판단할 수 있는 틀을 제공하였다.

셋째, 분류전 변화탐지와 분류후 변화탐지 방법에 대하여 통합분석을 수행하였을 경우 역시 정확도의 향상을 보인다. 필터 경중률2 방법을 적용하였을 경우, 8가지 변화탐지 방법 중 가장 정확도가 높았던 CVA 변화탐지의 전체정확도에 비해 정확도가 향상됨과 동시에 모든 변화탐지 방법의 시각적인 결과의 특성을 고루 담고 있는 것으로 나타났다.

넷째, 변화탐지 통합분석을 수행하였을 경우 단일방법의 변화탐지 결과에 비해, 정확도가 떨어지지 않으면서 단일 방법 변화탐지의 시각적 판단의 단점을 보완하는 것을 확인할 수 있다. 다시 말해서 단일방법의 결과영상에서 잘못 탐지한 부분에 대하여 통합분석 결과영상에서 바르게 탐지를 하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 사용자가 특정한 변화탐지 대상을 위해 단일 방법을 선택할 경우가 아닐 때에, 변화탐지 통합분석과정에 따라 변화탐지를 수행하는 것이 효과적이라고 판단된다.

하지만 본 연구에서 제안된 통합분석 방법에 대하여 정확도가 향상된다는 것을 일반화 시키기 것이 용이치 않다. 적용과정에서 사용된 대상지역과 제원이 특정 지역과 특정 종류의 영상이라는 한계가 있기 때문에, 변화탐지 통합분석 방법의 정확도 향상 여부 판단은 앞으로 많은 지역과 다양한 제원을 통한 실험이 더 이루어져야 할 것으로 보인다.

## 감사의 글

본 연구를 위하여 재정적 및 자료 지원을 해 준 서울대학교 공학연구소에 감사 드린다.

## 참고문헌

- 김선수, 김해진, 김용일, 2003, “Landsat TM 영상을 이용한 CVA변화탐지와 NDVI 화소차 변화탐지”, *대한토목학회 학술대회논문집*, 대한토목학회, pp. 1103-1112.
- 조규현, 이인성, 2001. “도시공원 입지선정을 위한 GIS기반의 의사결정지원시스템의 개발”, *한국GIS학회지*, 한국GIS학회, Vol. 9, No. 1, pp. 91-105.
- 하성룡, 배명순, 이병호, 1999. “GIS를 이용한 광역상수도 최적 관경 설정을 위한 의사결정지원시스템 구축”, *건설기술연구소 논문집*, 건설기술연구소, 제 18권, 제2호
- 황보주원, 2004. “위성영상분류기법 선정을 위한 의사결정지원

- 시스템”, 서울대 공학석사 학위
5. Arampatzis, G. 2004. “A GIS-based Decision Support System for planning urban transportation policies”, *European Journal of Operational Research*, Association of European Operational Research Societies, Vol. 152, No.2, pp. 465–475.
  6. Lillesand, Thomas M., Kiefer, Ralph W., 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley & Sons, Inc., pp. 568–575.
  7. Lorrenzo Bruzzone, 2003. “An Adaptive Approach to Reducing Registration Noise Effects in Unsupervised Change Detection”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, IEEE, Vol. 41, No. 11, pp. 2455–2465.
  8. Malczewski, Jacek, 1999. *GIS and Multi-criteria Decision Analysis*, John Wiley & Sons, Inc.
  9. Seffino, Laura A. and Claudia Bauzer Medeiros, 1999. “WOODSS—a spatial decision support system based on workflows”, *Decision Support Systems*, Vol. 27, pp. 105–123.