

사용자 중심적 GIS 인터페이스를 이용한 시계열적 원격탐사 영상의 변화탐지 기법의 개발

Development of Change Detection Technique Using Time Seriate Remotely Sensed Satellite Images with User Friendly GIS Interface

양인태¹⁾ · 한성만²⁾ · 윤희천³⁾ · 김흥규⁴⁾

Yang, In Tae · Han, Soung Man · Yun, Hee Cheon · Kim, Heung Kyoo

Abstract

The diversity, expansion of human activity and rapid urbanization make modern society to faced with problems like damage of nature and drain of natural resources. Under these circumstances rapid and accurate change detection techniques, which can detect wide range utilization changes, are needed for efficient management and utilization plan of national territory. In this study to perform change detection from remote sensing images, space analysis technique contained in Geographic Information System is applied. And from this technique, the software, that can execute new change detection algorithm, query, inquiry and analysis, is produced. This software is on the basis of graphic user interface and has many functions such as format conversion, grid calculation, statistical processing, display and reference. In this study, simultaneously change detection for multi-temporal satellite images can be performed and integrated one change image about four different periods was produced. Further more software user can acquire land cover change information for an specific area through querying and questioning about yearly changes. Finally making of every application module for change detection into one window based visual basic program, can be produced user convenience and automatic performances.

Keywords : Change detection, Geographic Information System, Remote sensing images, Space analysis technique, Graphic user interface

요 지

현대사회는 인간 활동 범위의 다양화와 영역확대에 따른 급속한 도시화로 자연환경의 파괴와 천연자원의 고갈이라는 문제에 봉착되었다. 이러한 상황에서 국토의 효율적인 관리와 이용 계획을 위해서 광범위한 토지이용에 따른 변화를 신속하고 정확하게 탐지할 수 있는 변화탐지기법이 요구되었다. 본 연구에서는 원격탐사 영상의 변화탐지를 실시하기 위해 지형공간정보 시스템이 갖고 있는 공간분석기법을 적용하여 새로운 변화탐지 알고리즘과 검색, 질의 및 분석 등의 기능을 수행할 수 있는 소프트웨어를 제작하였다. 이 소프트웨어는 그래픽 사용자 인터페이스를 기본으로 하여 파일변환, 그리드연산, 통계계산, 디스플레이, 검색 등의 기능이 포함되어 있다. 본 연구의 수행 결과 다중시기의 위성영상에 대한 변화탐지를 동시에 수행할 수 있었으며, 네 시기에 대한 통합된 변화영상을 제작할 수 있었다. 또한 사용자가 토지피복에 대한 년도별 변천 내용을 질의하고 검색할 수 있게 함으로써 특정지역의 토지피복에 대한 변천 정보를 획득할 수 있었다. 마지막으로 변화탐지 수행을 위한 개개 응용 프로그램의 각 모듈을 윈도우 기반의 Visual Basic으로 통합함으로써 사용자 편의 제공과 자동화를 가져올 수 있었다.

핵심용어 : 변화탐지, GIS, 위성영상, 공간분석기법, 그래픽 사용자 인터페이스

- 1) 정희원 · 강원대학교 토목공학과 교수(E-mail:intae@kangwon.ac.kr)
- 2) 연결저자 · 정희원 · 안산공과대학 토목과 조교수(E-mail:han6079@act.ac.kr)
- 3) 정희원 · 안산공과대학 토목과 조교수(E-mail:yoohc60@act.ac.kr)
- 3) 정희원 · (주)pGEOS 이사(E-mail:rsmaster@pgeos.com)

1. 서 론

인간 활동 범위의 다양함과 영역확대에 따른 급속한 도시화로 자연환경의 파괴와 천연자원의 고갈이라는 문제에 봉착되었다. 이러한 상황에서 국토의 효율적인 관리와 이용 계획을 위해서 광범위한 토지이용에 따른 변화를 신속하고 정확하게 탐지할 수 있는 변화탐지기술이 요구되었다. 초기에는 이러한 요구를 수용하기 위해서 주로 인공위성 영상을 이용한 공간정보 및 그의 변천과정을 추적하였고, 각종 영상을 활용한 탐지방법을 여러 분야에서 시스템개발 및 활용에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다(양인태, 1999). 일반적으로 이용되는 변화탐지를 단계별로 요약하면, 1단계, 변화탐지 목적 및 정의에서는 연구지역 및 탐지 빈도의 정의(계절, 연도 등), 분류체계를 이용한 분류항목 설정, 2단계, 변화탐지 수행 시 요구조건 고려에서는 원격탐사시스템(시간, 공간, 분광, 복사해상도) 및 환경적 요인을 고려하여, 3단계, 자료의 영상 처리를 하는데 자료의 획득, 전처리, 기법을 선정하여 영상분류 및 변화탐지를 수행한다. 4단계, 품질검증 및 수정을 통하여 통계적 정확도의 평가, 분류결과 및 변화탐지 산출물의 검증을 실시하고, 5단계, 최종결과는 수치적, 물리적 산출물을 생성하게 된다. 또한 변화탐지 알고리즘의 선정은 다음과 같은 9가지 이상의 변화탐지 알고리즘이 이용되고 있다(Jensen, 1996). • WFMI(Write Function Memory Insertion)를 이용한 변화탐지, • 다중시기 합성영상 변화탐지, • 영상 수치계산법(Image Algebra)을 이용한 변화탐지, • 시기 2에 적용된 2진 마스크를 이용한 다중시기 변화탐지, • 시기 1에 부가자료를 적용한 다중시기 변화탐지, • 수작업에 의한 스크린 디지털타이핑을 이용한 변화탐지, • 분광변화벡터분석(Spectral Change Vector Analysis), • 선분류 후비교법(Post-classification Comparison) 변화탐지, • 지식기반(Knowledge-Based) 시각시스템을 이용한 변화탐지 등이다. 위의 방법들은 원격탐사 틀을 이용한 변화탐지 방법으로 GIS 인터페이스를 이용한 배치 개념의 변화탐지는 아닌 것이다.

위성영상을 이용한 변화탐지수행이 광범위한 지역에 대한 변화탐지 뿐 만 아니라 기존의 토지피복 정보를 새롭게 갱신하는데 유리함에도 불구하고 각 인공위성영상에 의해 추출된 각각의 정보를 검색하고, 동시에 표현하며, 종합적으로 분석하는 것 등에는 많은 어려움이 발생되었다. 특히, 기존의 원격탐사 소프트웨어를 이용하여 위성영상을 처리할 경우, 여러 시기의 변화정보를 하나의 영상으로 처리하고 표현하는데 어려움이 있을 뿐만 아니라 정보를 관리, 검

색, 질의하는데 있어서도 많은 불편이 따르게 된다(Wang, 1991). 반면에 지리정보시스템(GIS)은 원격탐사 소프트웨어가 갖는 위와 같은 한계를 극복하고 쉽게 정보를 정리하고 이용목적에 따라 쉽게 표시하며, 정보의 검색, 분석, 해석을 효율적으로 행할 수 있다(양인태 등, 1999). 따라서 원격탐사가 갖는 문제점을 해결하기 위해 광범위한 지역의 정보 획득과 쉽게 과거 토지피복정보를 획득할 수 있는 원격탐사기법과 지리정보의 검색, 분석, 해석을 효과적으로 수행할 수 있는 지리정보시스템의 장점 등을 활용하여 좀더 효과적인 변화탐지를 수행하고자 하였다. 즉, 인공위성영상의 분류값을 각각 코드화하여 데이터베이스화하고, 이것을 GIS의 한 매개변수로 이용함으로써 인공위성에 내포된 공간정보를 대량으로 신속하게 처리할 수 있는 변화탐지알고리즘 개발하는데 목적을 두었다. 개발을 위한 세부 연구목표로는 첫째, 두 시기이상 다중시기의 영상에 대하여 개별적인 탐지가 아닌 동시적인 변화탐지를 실시하기 위한 알고리즘을 개발하고 둘째, 각 화소에 대한 토지피복의 시기별 변천과정을 쉽게 추적 할 수 있는 새로운 기법을 개발하고자 한다. 셋째, 토지피복에 대한 변화탐지를 하고자하는 사용자 입장에서 보다 쉽게 변화탐지를 수행 할 수 있도록 새로운 시스템을 개발하고 넷째, 그래픽 사용자들이 쉽게 접속하여(GUI 개념) 사용할 수 있는 소프트웨어를 개발하고자 한다.

2. 연구내용 및 절차

2.1 연구내용

이 연구에서는 다중시기의 위성영상에 대한 효과적인 변화탐지를 수행하기 위해 다음과 같은 내용으로 연구를 수행하였다.

2.1.1 변화탐지 알고리즘 개발을 위한 요구조건 분석

특정지역의 개개 화소가 무엇에서 무엇으로 변화하였는지에 대한 토지피복의 변천 정보를 제공할 수 있도록 하며, 다중시기에 대한 개별적 변화탐지 수행이 아니라 동시적 변화탐지 수행이 가능하도록 연구를 수행하였다. 즉, 두 시기별로 변화탐지가 수행되는 것이 아니라 다중시기에 대한 동시적 변화탐지가 수행되도록 하며, 다중시기에 대한 전체 변화정보를 담은 변화영상을 제작할 수 있도록 하였다. 또한 GIS를 활용한 토지피복 변화에 대한 질의, 검색을 위한 여러 기능을 갖도록 하였다.

2.1.2 변화탐지 시스템 개발

개발된 변화탐지 알고리즘을 기본으로 하여 변화탐지 시스템을 구축하기 위해 Visual Basic을 이용하였다. Visual Basic은 변화탐지 수행과 관련한 개개 응용프로그램의 각 모듈을 통합할 수 있도록 하였으며, 변화탐지 시스템은 그래픽 사용자 인터페이스를 기본으로 파일변환, 그리드연산, 통계계산, 디스플레이, 검색 등의 기능이 포함되도록 하였다.

2.1.3 시스템 적용

변화탐지 시스템을 적용하기 위하여 해당 지역의 위성영상을 취득하여 기하보정을 실시한 후 토지피복 분류를 실시하였다. 다음으로 네 시기의 토지피복분류영상을 입력 자료로 하여 시스템에 적용하였다. 입력된 개개 년도의 분류영상은 그리드 자료로 변환된 후 그리드 연산을 통해 하나 또는 그 이상의 그리드 자료로 병합하였으며, 병합된 그리드의 속성 값을 읽어 분류항목의 면적 변화 정보와 위

지정보를 통계계산 모듈을 이용하여 추출하였고 디스플레이 기능을 통해 변화영상의 출력과 검색 및 질의를 수행하였다.

2.2 연구 절차

GIS를 활용한 원격탐사 영상의 변화탐지 기법을 개발하기 위한 수행절차로 그림 1과 같이 알고리즘 개발 단계, 변화탐지 시스템 개발 단계, 시스템 적용 단계를 거쳐 연구를 수행하였다.

3. 시스템 적용 및 검증

3.1 연구대상지역

연구대상지역은 그림 2와 같이 경기도 남서부 해안에 위치한 안산시로, 2001년에 안산 신도시 2단계 개발지구인 고잔 플의 개발이 완료단계에 있어 현재 인구 58만의 서해안 중추도시로 발돋움하고 있다. 이처럼 급격한 도시개발 및 인구의 유입으로 발 빠른 도시화의 면모를 보여주고 있는 안산시는 변화탐지를 위한 최적의 조건을 제공한다. 안산시의 지리적 위치는 우리나라 남부의 중간적 성격을 나타내어 기후·식생·토양 등의 자연 환경 뿐만 아니라 토지이용, 기옥구조 등의 인문 환경에도 독특한 영향을 미치고 있다.

3.2 사용자료

이 연구에서는 안산시를 포함하는 위성영상과 수치지도를 취득하였다. 위성영상은 Landsat 위성으로부터 1987년, 1993년 1996년, 1999년에 각각 관측된 영상이며, 수치지도는 기하보정과 트레이닝 선정 및 정확도 검증을 위한 보조 자료로 국토지리정보원에서 제작·판매되는 1/5,000 수치지도 29도엽을 이용하였다.

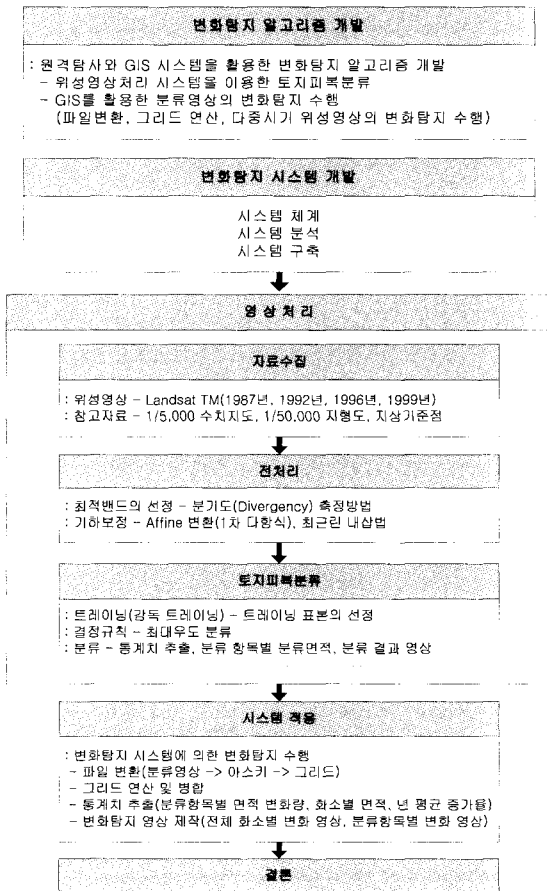


그림 1. 연구수행 세부절차

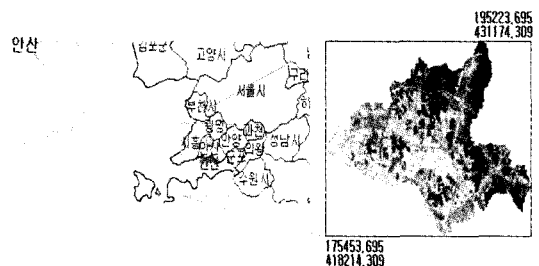


그림 2. 연구대상지역

3.3 영상처리

3.3.1 기하보정

위성영상의 기하보정을 실시하기 위하여 1/5,000 수치지도를 통해 지상 기준점 8개 지점을 선정하였다. 좌표변환은 Affine 변환 방정식을 이용하였고, 재배열은 가장 계산이 빠르고 간단하며, 원래 자료의 화소 값에 변질을 줄일 수 있고 주제도와 같은 8비트 영상의 재배열에 적합한 최근린 내삽법을 사용하였다(양인태 등, 2002). 기하보정을 실시한 결과 1999년 영상의 평균제곱근오차는 0.37화소(약 11m)로 나타났고, 1996년 영상은 0.20화소(6.0m), 1993년 영상은 0.21화소(약 6.3m), 1987년 영상은 0.23화소(약 6.9m)로 30m 해상도를 가진 Landsat TM 영상의 통상적 허용오차 0.5화소(약 15m)를 만족시켰다(Jensen, 1996).

3.3.2 분류를 위한 최적밴드의 선정

다중분광데이터를 이용하여 토지피복분류를 수행할 경우 효과적인 밴드 수를 결정하거나 분류목적에 맞게 밴드조합을 선정할 필요가 있다. 이는 정보 손실 없이 잉여분광정보를 분석에서 제거함으로써 차원감소 및 비용절감의 효과를 보게 된다. 따라서 최적밴드선정은 다중분광데이터를 이용한 토지피복 분류 시 매우 중요한 처리과정 중에 하나이다(Star 등, 1997). 이 연구에서는 Transformed Divergence로 분리도를 계산하여 토지 피복 분류에 가장 유효한 여섯 개의 밴드를 선정하였으며, 분리도 측정결과 1960 이상의 양호한 분리도 값을 갖는 1, 2, 3, 4, 5, 7 밴드를 선정하였다(Jensen, 1996).

3.3.3 트레이닝 표본의 선정

토지피복에 대한 감독분류를 수행하기 위해서 식별 가능한 토지피복을 6가지 항목(인공구조물, 내대지, 물, 산림, 농경지, 깃벌)으로 분류하여 표본 추출을 실시하였으며, 서로 이질적인 분광특성을 가진 화소들을 주어진 매개변수에 따라 유사한 분광특성만을 가진 화소로 자동표본추출해주는 Region Growing 기법을 이용하여 트레이닝 표본을 선정하였다(Lillesand, 1994).

3.3.4 최대우도 분류법에 의한 토지피복분류

이 연구에서는 매개변수 결정규칙 중 어떤 화소가 어떤 분류항목에 포함될 개연성에 기초한 방법인 최대우도 분류법을 이용하여 토지피복분류를 실시하였다.

3.3.5 분류정확도 검증

분류정확도 검증은 년도별 분류영상에 240개의 랜덤 포인트를 발생시켜 분류결과 영상과 각각의 랜덤 포인트를 모니터 상에 출력하고 축척 1/5,000 수치지도와 1/50,000 지형도를 참고하여 오차행렬을 통한 분류정확도를 평가하였다. 전체 정확도는 93.33%~95.12%로 나타났으며, 생산자 정확도는 90.63%~96.88%로 나타났고, 사용자 정확도의 경우는 87.10%~98.11%로 나타났다. 이와 같은 결과는 분류결과가 실제 토지피복과 대체로 일치함을 보여주며, 전체적으로 트레이닝 표본의 선정이 올바로 됐음을 보여준다.

3.4 변화탐지를 위한 GIS 구현

시스템구축은 그 주요 기능을 6가지로 구성하였다. 또한 주요 기능에는 각 기능별 하위메뉴를 위치하도록 하였으며, 주요기능에 대한 시스템의 메뉴 구성은 그림 3과 같다. 시스템의 메인 화면은 그림 4와 같은 메뉴로 보여 지고 있다.

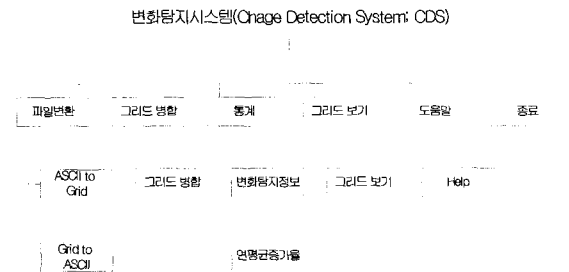


그림 3. 변화탐지 시스템의 메뉴 구성

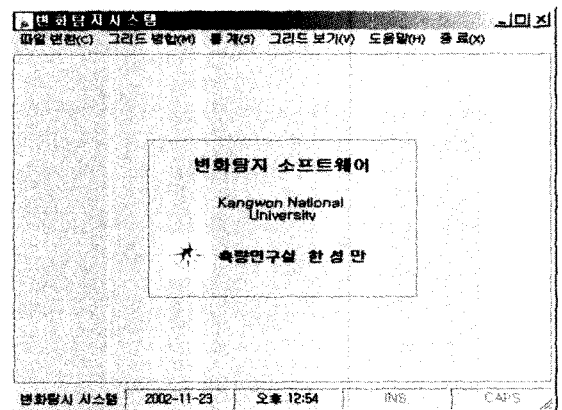


그림 4. 프로그램의 메인 메뉴

3.4.1 파일 변환

토지피복의 분류영상 자료를 시스템에 적용하기 위해 고유 포맷으로 파일을 변환한다. 변환기능은 ASCII to Grid 와 Grid to ASCII 두 가지 기능이 있다.

3.4.2 그리드 병합

각 시기의 변환된 그리드 자료를 통합하는 기능으로 두 시기 또는 그 이상의 그리드를 추가하여 하나의 통합된 그리드 자료를 생성한다. 그리드로 병합은 그리드의 Local 연산자 중 산술연산자를 이용하여 분류영상의 각 셀에 대한 계산을 실시한 후 이를 병합한다.

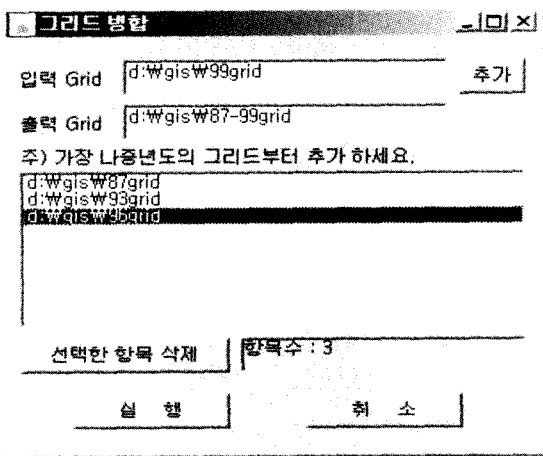


그림 5. 그리드 병합

3.4.3 통계

여러 시기가 통합된 그리드 자료의 입력을 통해 그리드의 속성정보를 읽어 들여 변화탐지 정보와 년 평균 증가율 계산한다. 계산된 결과는 텍스트 파일로 저장된다.

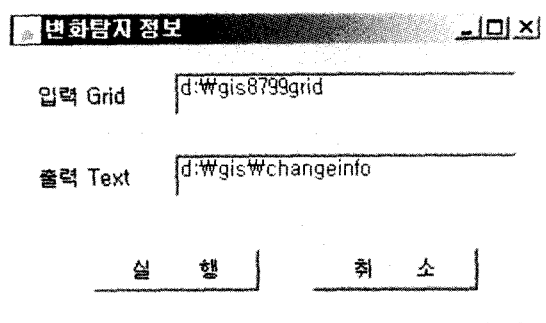


그림 6. 변화탐지 정보

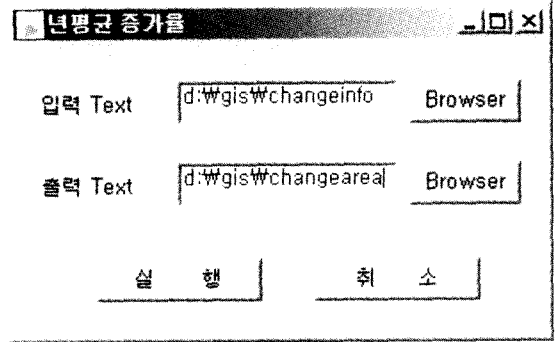


그림 7. 년 평균 증가율

3.4.4 그리드 보기

병합된 그리드 자료를 입력하여 모니터 상에 변화탐지 영상을 출력하는 기능으로 출력된 영상에 대해서 검색 및 질의가 가능하다.



그림 8. 변화탐지 영상보기

3.5 GIS를 이용한 분류영상의 변화탐지

변화탐지를 위해 이용되는 대부분의 원격탐사 소프트웨어는 8비트에서 12비트 영상만을 처리함으로써 변화탐지를 실시하는데 표현 가능한 범위가 256~4,096가지로 한정된다. 즉, 사용자가 요구할 수 있는 정보는 최대 4,096가지로 한정된다. 만일, 사용자가 10년이라는 기간 동안 1년 주기의 영상을 수집하여 다섯 개의 분류항목으로 변화탐지를 실시한다면 총 9,765,625($5 \times 5 \dots = 5^{10}$)가지의 경우의 수가 발생한다. 이를 기존의 원격탐사 소프트웨어를 이용하여 처리할 경우, 변화정보를 하나의 영상으로 처리하고

표현하는데 어려움이 있을 뿐만 아니라 정보를 관리, 검색, 질의하는데 있어서도 많은 어려움이 있다(박재국, 2000; 양인태 1997). 반면에 GIS는 공간분석 능력이 탁월하다. 공간분석 기능은 GIS내의 공간 및 속성 자료를 이용하여 현실세계에서 발생하는 각종 의문에 대하여 해답을 제시하며, 보다 복잡하고 난해한 모델이 더 나은 해답을 제공한다. 이 연구에서는 원격탐사기법에 의해 분류영상만을 제작하고 이를 그리드로 변환한 후, 그리드의 산술연산자를 이용하여 그리드의 셀 값을 재배열하였다. 이후 네시기의 그리드 자료를 통합하여 변화탐지를 실시하였다.

따라서 지리정보시스템의 장점만을 이용하여 분류결과를 지리정보의 속성정보로 입력하여 변화탐지를 수행할 수 있는 변화탐지 알고리즘을 개발하여 변화탐지를 실시하였다. 즉, 원격탐사의 변화탐지 기법 중 어떤 분류항목이 어떤 분류항목으로 변화가 있었는지에 대한 세부적인 정보 추출이 가능한 선분류 후비교법을 응용하여, 각 시기의 분류결과를 GIS의 한 매개변수로 이용함으로써 여러 시기의 변화정보를 동시에 추출할 수 있는 알고리즘을 개발하였고, 이 알고리즘을 통해 검색, 질의 및 분석 등의 기능을 수행할 수 있는 소프트웨어를 제작하였다.

그림 10과 표 1은 기존 방식의 두 시기 선분류 후비교법에 이용되는 변화탐지 행렬과 분류항목별 변화영상의 화

소값이다.

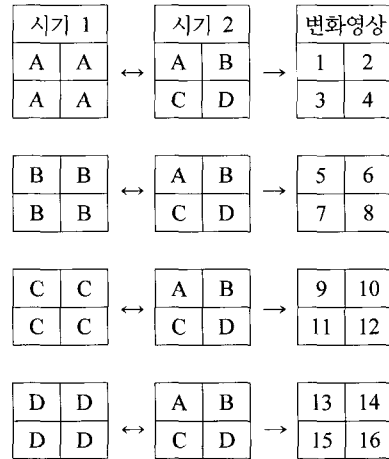


그림 10. 변화탐지 영상의 화소값

표 1. 변화탐지 행렬

구분	시기 1				
	A	B	C	D	
시기2	A	1	2	3	4
	B	5	6	7	8
	C	9	10	11	12
	D	13	14	15	16

지금까지의 선분류 후비교법은 두 시기 사이의 변화탐지만을 수행하고 있으나, 본 연구에서는 여러 시기의 변화탐지를 동시에 수행할 수 있는 변화탐지기법을 설계하고자 하였다.

위성영상의 변화탐지를 위해 제작된 소프트웨어를 이용하여 토지피복에 대한 변화탐지를 실시하기 위하여 다음과 같은 방법으로 연구를 수행하였다.

첫째, 정확한 변화탐지를 위한 선행조건들을 만족시키기 위해 동일 지역에 동일 위성 시스템에서 얻어진 영상을 이용하여 공간해상도, 분광해상도, 복사해상도를 만족시켰다. 또한 분류작업 전에 네 시기의 영상을 모두 허용오차 이내의 기하보정이 되도록 함으로서 분류결과 및 변화탐지에 미칠 수 있는 오차를 최소화하였다.

둘째, 최대우대 분류법에 의해 분류된 네 시기의 분류영상을 아스키파일로 변환한 후 이를 다시 그리드로 변환하였다.

셋째, 본 논문의 경우는 4개의 서로 다른 시간의 영상만 사용한 제한적인 식이므로, 이를 보편화하기 위해 다음과

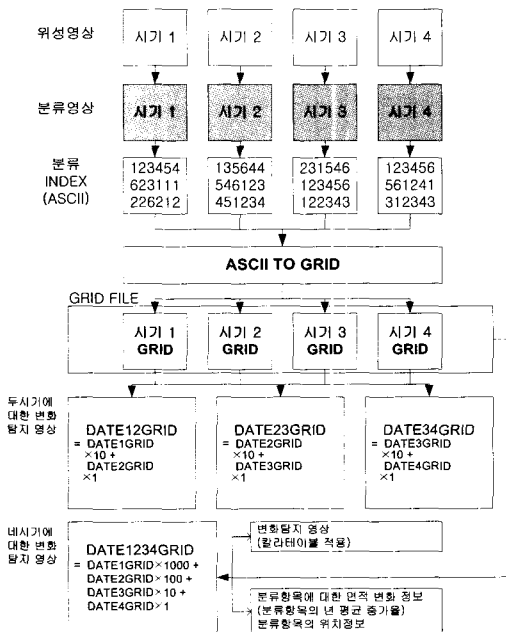


그림 9. GIS를 이용한 원격탐사 영상의 변화탐지 흐름도

같은 일반적인 식(generic form)을 나타내면

$$D_{ij} = \sum_{m=1}^N 10^{(m-1)} \cdot CV_{ij}(Y) \quad (1)$$

여기서,

- N = 사용된 영상의 수
- Y = 사용된 영상 (연도)

그런데, 본 논문에서는 4개의 영상을 사용하므로 연산과정은 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$D_{ij} = CV_{ij(1999)} \times 1000 + CV_{ij(1996)} \times 100 + CV_{ij(1993)} \times 10 + CV_{ij(1987)} \times 1 \quad (2)$$

여기서,

D_{ij} = 통합된 그리드(변화탐지영상) 값

$CV_{ij(1999)}$ = 1999년의 그리드 값

$CV_{ij(1996)}$ = 1996년의 그리드 값

$CV_{ij(1993)}$ = 1993년의 그리드 값

$CV_{ij(1987)}$ = 1987년의 그리드 값

i = line의 수

j = pixel의 수

넷째, 통합된 그리드 파일을 그리드 분석을 통해 변화영상과 년도별 면적 변화량 및 각종 통계 값을 생성하였다.

변화탐지 결과에 대한 토지피복의 년 평균 증가율은 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다.

$$Pt = Pn(1 + r)^{t-n} \quad (3)$$

여기서

Pt : 비교년도 자료

Pn : 기준년도 자료

t : 비교년도

n : 기준년도

r : 연평균증가율(%)

표 2는 변화탐지 결과 자료인 그리드의 각 속성 값에 대한 할당규범으로써 천 단위는 1999년에 대한 분류항목 속성 값으로 1부터 6까지 총 6개의 값으로 나타나며 그 의미는 각각 인공구조물, 나대지, 물, 산림, 농경지, 갯벌로 표현된다. 백 단위는 1996년, 십 단위는 1993년, 일 단위는 1987년으로 각각 1부터 6까지의 속성 값으로 각각의 분류항목을 표현한다. 즉, 그리드의 한 속성 값이 1526 이라면

표 2. 그리드의 각 속성 값에 대한 할당규범

코드값	분류속성			
	1999년	1996년	1993년	1987년
1111	인공물	인공물	인공물	인공물
1112	인공물	인공물	인공물	나대지
1113	인공물	인공물	인공물	물
1114	인공물	인공물	인공물	산림
1115	인공물	인공물	인공물	농경지
1116	인공물	인공물	인공물	갯벌
1121	인공물	인공물	나대지	인공물
1122	인공물	인공물	나대지	나대지
1123	인공물	인공물	나대지	물
1124	인공물	인공물	나대지	산림
.
.
.
6665	갯벌	갯벌	갯벌	농경지
6666	갯벌	갯벌	갯벌	갯벌

1987년에 갯벌(6)이었던 것이 1993년에 나대지(2)로 변하고 1996년에는 농경지(5)로 변하고 1999년에는 인공구조물(1)로 바뀌었다는 것을 의미한다. 이와 같이 네 시기의 영상 분류결과를 통합하였을 경우 총 1,296개의(6⁴) 변화 정보를 추출할 수 있으며, 특정 토지피복에 대한 년도별 변천 내용뿐만 아니라 사용자의 요구에 따른 다양한 정보를 쉽게 질의하고 검색하여 결과를 획득할 수 있다. 또한 다른 시기의 영상에 대한 분류결과를 계속적으로 추가할 수 있는 장점이 있다(Fung 등, 1998).

3.5.1 1987년에서 1993년까지의 변화탐지

두 시기의 변화탐지 정보는 9387 GRID파일로 저장되며 각 셀의 속성값은 두 자리로 표현된다. 첫째 자리는 1993



그림 11. 1987년 - 1993년 변화 영상

년에 대한 토지피복 정보를 나타내며, 둘째 자리는 1987년의 토지피복 정보를 나타낸다.

9387GRID의 변화탐지 정보를 살펴보면, 속성값 44, 55, 11순으로 면적이 가장 크게 나타났다. 즉, 산림에서 산림, 농경지에서 농경지, 인공구조물에서 인공구조물로 면적이 가장 크게 나타났다. 반면 속성 값이 32인 나대지에서 물로 변한 면적은 0.0108km²으로 가장 작게 나타났다.

3.5.2 1993년에서 1996년까지의 변화탐지

두 시기의 변화탐지 정보는 9693 GRID파일로 저장되며 각 셀의 속성 값은 두 자리로 표현된다. 첫째 자리는 1996년에 대한 토지피복 정보를 나타내며, 둘째 자리는 1993년의 토지피복 정보를 나타낸다.

9693GRID의 변화탐지 정보를 살펴보면, 속성 값 11, 44, 55순으로 면적이 가장 크게 나타났다. 즉, 인공구조물에서 인공구조물, 산림에서 산림, 농경지에서 농경지로 면적이 가장 크게 나타났다. 반면 속성 값이 46인 갯벌에서 산림으로 변한 면적은 0.0063km²으로 가장 작게 나타났다.

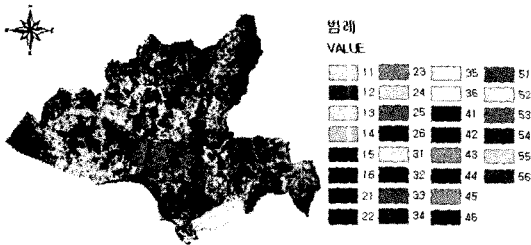


그림 12. 1993년 - 1996년 변화 영상

3.5.3 1996년에서 1999년까지의 변화탐지

두 시기의 변화탐지 정보는 9996 GRID파일로 저장되며 각 셀의 속성 값은 두 자리로 표현된다. 첫째 자리는 1999년에 대한 토지피복 정보를 나타내며, 둘째 자리는 1996년의 토지피복 정보를 나타낸다.

9996GRID의 변화탐지 정보를 살펴보면, 속성 값 11, 44, 55순으로 면적이 가장 크게 나타났다. 즉, 인공구조물에서 인공구조물, 산림에서 산림, 농경지에서 농경지로 면적이 가장 큰 것으로 나타났다. 반면 속성 값이 41인 인공구조물에서 산림으로 변한 면적은 0.0063km²으로 가장 작게 나타났다.

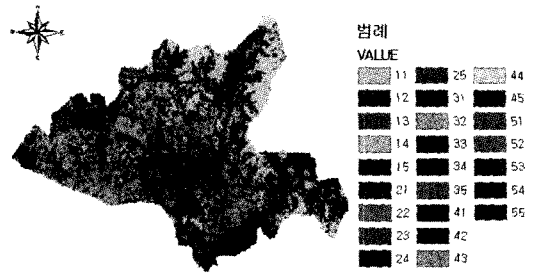


그림 13. 1996년 - 1999년 변화 영상

3.5.4 1987년에서 1999년까지의 변화탐지

네 시기의 변화탐지 정보는 9987 GRID파일로 저장되며 각 셀의 속성 값은 두 자리로 표현된다. 첫째 자리는 1999년에 대한 토지피복 정보를 나타내며, 둘째 자리는 1996년의 토지피복 정보, 셋째 자리는 1993년의 토지피복 정보, 넷째 자리는 1987년의 토지피복 정보를 나타낸다.

9987GRID의 변화탐지 정보를 살펴보면 총 664개의 속성정보를 표현하고 있다. 이는 이론적으로 계산될 수 있는 변화에 대한 경우의 수 1296개(6⁴)보다 632개가 적게 나타난 것이다. 9987 GRID의 속성 값 중 가장 큰 면적을 차지하는 것은 4444, 1111, 1112, 5555 순으로 나타났다.

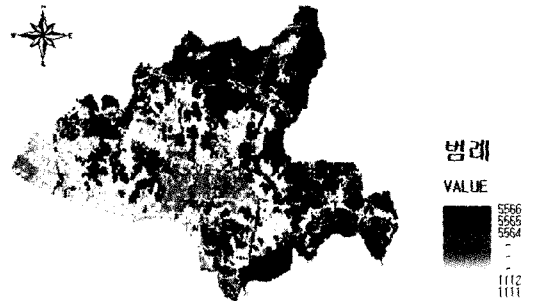


그림 14. 네 시기에 대한 변화 영상

3.6 변화탐지 결과의 검증

이 연구에서는 변화탐지결과에 대한 신뢰성을 평가하기 위해 오차행렬의 생산자 정확도를 이용하여 신뢰성을 평가하였다. 이 연구에서 사용자 정확도를 이용하여 신뢰성을 평가할 수 있었으나 생산자 정확도를 이용하여 신뢰성을 평가한 이유는 분석가가 특정지역을 얼마나 정확히 분류해 냈으며, 그 결과를 얼마나 신뢰할 수 있는지에 대해 초점을 두었기 때문이다.

그 결과 1987년에서 1993년 사이의 변화탐지 신뢰성은

0.78~0.95로 나타났으며, 1993년에서 1996년 사이에서는 0.79~0.94, 1996년에서 1999년에는 0.80~0.93으로 각각 나타났다. 전체적으로 최소 0.78에서 최대 0.94의 값의 변화탐지 신뢰성을 보여주고 있다.

4. 결 론

이 연구에서는 원격탐사 영상의 변화탐지를 수행하기 위해 개발된 변화탐지 알고리즘을 이용하여 검색, 질의 및 분석 등의 기능을 수행할 수 있는 변화탐지 시스템을 개발하였고 원격탐사 영상의 토지피복분류 결과를 변화탐지 시스템에 적용하여 변화탐지를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 네 시기의 위성영상을 변화탐지 시스템에 적용한 결과 기존에 사용되고 있는 프로그램보다 영상정보처리보다 쉽게 처리하게 함으로서 시계별 변화영상 제작과 면적 변화량 추출 및 각 화소에 대한 토지피복의 변천 과정을 효과적으로 추적할 수 있었다.
- (2) 이 연구에서 제안된 알고리즘을 통해 네 시기의 토지 피복정보를 하나의 그리드 자료로 통합할 수 있었으며, 하나로 통합된 그리드 자료의 속성정보 내에서는 총 1,296개의(6⁴) 속성정보 중 664개의 변화정보를 연구대상지역으로부터 추출할 수 있었고 나머지 632개는 변화정보가 없는 것으로 나타났다.
- (3) 기존의 변화탐지 수행은 두 시기의 분류결과를 아스키 파일의 단편적인 조각에 의해 변화탐지를 수행함으로써 처리비용과 시간이 많이 소요되며, 또한 아스키 파일 자체의 크기가 그리드 자료보다 상대적으로 크므로 자료의 저장과 백업에 많은 시간과 비용이 소요된다. 그러나 본 연구의 알고리즘은 그리드 자료를 입력 자료로 이용함으로써 이러한 경제적 손실을 줄일 뿐만 아니라 간단한 작업에 의해 시계별 변화정보를 계속적으로 추가할 수 있었다.
- (4) 개발된 변화탐지 시스템을 이용함으로써 사용자에게 다양한 정보를 제공할 뿐만 아니라 특정지역의 토지피복에 대한 년도별 변천사를 제공할 수 있었고, 사용자의 요구에 따라 질의하고 검색하여 새로운 정보를 획득할 수 있었다.

- (5) 각 모듈을 윈도우 기반의 Visual Basic으로 통합할 수 있었으며, 이로 인해 그래픽 사용자 인터페이스를 위한 사용자 편의 제공과 자동화를 가져올 수 있었다. 향후 고해상도의 위성영상을 이용함으로써 고품질, 고정밀도의 정보를 제공할 것으로 기대되며, 이 연구를 통해 개발된 알고리즘을 이용하여 다른 시기에 대한 정보를 계속적으로 추가함으로써 좀 더 개선된 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2003학년도 안산공과대학 학술연구비에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 박재국 (2000), 원격탐사 영상을 이용한 서해안 간척지의 변화 추적, 석사학위논문, 강원대학교 일반대학원, pp. 6-25.
- 양인태, 김연준 (1997), 수문 해석을 위한 DEM에 의한 지형의 경사도 분석에서 격자 크기의 영향, 한국측지학회지, 제15권 제2호, pp. 220-230.
- 양인태, 김홍규, 신계중 (1999), 피지집합 이론을 이용한 Landsat TM 영상의 감독분류 정확도 향상, 대한토목학회 논문집, 제19권, 제 III-3호, pp. 445-455.
- 양인태, 김홍규, 최영재, 박재훈 (1999), 원격탐사 영상의 피지 최대우도 분류결과를 이용한 GIS 데이터베이스 구축기법, 한국측지학회지, 제17권 제2호, pp. 189-198.
- 양인태, 한성만, 박재국 (2002), 원격탐사 영상의 분류정확도 향상을 위한 인공지능형 시스템의 적용, 한국측량학회지, 제20권 제1호, pp. 21-31.
- Fung, T. and LeDrew E. (1998), The Determination of Optimal Threshold Levels for Change Detection Using Various Accuracy Indices, *PE & RS*, Vol. 54, No. 10, pp. 1449-1454.
- Star Jeffrey L., Estes John E. and McGwire Kenneth C. (1997), *Integration of Geographic Information Systems and Remote Sensing*, Article Citations, pp. 37-53.
- Jensen John R. (1996), *Introductory Digital Image Processing 2 Edition*, Prentice Hall, pp. 240-243.
- Wang, F. (1991), Integrating GIS's and Remote Sensing Image Analysis System by Unifying Knowledge Representation Schemes, *IEEE Transaction on Geo-science and Remote Sensing*, Vol. 29, No. 4, pp. 656-665.
- Lillesand Thomas M., Kiefer Ralph W. (1994), *Remote Sensing and Image Interpretation 3rd Edition*.

(접수일 2004. 5. 19, 심사일 2004. 6. 3, 심사완료일 2004. 6. 25)