

GIS를 이용한 원격탐사영상의 변화탐지기법 개발

The Development for Change Detection Technique in the Remotely Sensed Images by GIS

양인태¹⁾, In-Tae Yang · 한성만²⁾, Soung-Man Han · 박재국³⁾, Jae-Kook Park · 천기선⁴⁾, Gi-Sun Chun

¹⁾ 강원대학교 공과대학 토목공학과 교수, Professor, Dept, of Civil, Univ. of Kangwon

²⁾ 안산공과대학 토목과 교수, Professor, Dept, of Civil, Ansan College of Technology

³⁾ 강원대학교 공과대학 토목공학과 박사과정, Doctor Course, Dept, of Civil, Univ. of Kangwon

⁴⁾ 강원대학교 공과대학 토목공학과 박사과정, Doctor Course, Dept, of Civil, Univ. of Kangwon

SYNOPSIS : The information about land use presents future development and vision being the basis of nation development; therefore, it is necessary to more active research that can detect wide land use and changes for the information and efficient management about land use.

In this study, we wished to analyze effectively land use changes to Ansan city that is fast changing land use by the latest national land development and urbanization. this study executed land-cover classification using 4 year's Landsat TM images including Ansan city, and efficiently could manage the result of land-cover changes through Arc/Info GRID analysis. Especially, by using change detection system that is developed in this research, we could variously detect land-cover changes, and query and search easily past land-cover changes of pixels that correspond to specific region.

Key word : Change Detection, Land Cover Classification, Geographic Information System

1. 서론

현대사회는 인간 활동 범위의 다양함과 영역확대에 따른 급속한 도시화로 자연환경의 파괴와 천연자원의 고갈이라는 문제에 봉착되었다.

특히, 지리적인 여건 및 인구집중 현상에 따른 도시지역의 확산은 급속한 지형변화와 환경변화에 따른 대기 및 수질오염 등의 자연생태계 파괴로 나타나 심각한 사회적 문제로 대두되고 있는 실정이다.

이러한 상황에서 국토의 효율적인 관리와 이용 계획을 위해서 광범위한 토지이용에 따른 변화를 신속하고 정확하게 탐지할 수 있는 변화탐지기법이 요구되었다. 이러한 요구를 수용하기 위해서 주로 인공위성 영상을 이용한 공간정보 및 그의 변천과정을 추적하였고, 각종 영상을 활용한 탐지기법을 여러 분야에서 시스템개발 및 활용에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

기존의 원격탐사 소프트웨어를 이용하여 위성영상을 처리할 경우, 여러 시기의 변화정보를 하나의 영상으로 처리하고 표현하는데 어려움이 있을 뿐만 아니라 정보를 관리, 검색, 질의하는데 있어서도 많은 불편이 따르게 되었다. 반면에 지리정보시스템은 원격탐사 소프트웨어가 갖는 위와 같은 한계를 극복하고 쉽게 정보를 정리하고 이용목적에 따라 쉽게 표시하며, 지리정보의 검색, 분석, 해석을 효율적으로 행할 수 있었다. 따라서 위성영상으로부터 추출된 각각의 정보를 지리정보시스템을 통해 데이터베이스화하고 이를 분석하는 방법으로 연구가 진행되고 있다.

이 연구에서는 원격탐사 영상의 변화탐지를 실시하기 위해 지형공간정보시스템이 갖고 있는 공간분석 기법을 적용하여 새로운 변화탐지 알고리즘을 개발하였다. 이 알고리즘을 통해 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.

이 변화탐지 소프트웨어를 이용하여 변화탐지를 수행하기 위해 먼저 원격탐사 영상의 토지피복분류를 수행하였고, 그 결과를 변화탐지 소프트웨어에 적용함으로써 다양한 변화정보를 추출할 수 있었다.

이 연구의 수행 결과 다중시기의 위성영상에 대한 변화탐지를 동시에 수행할 수 있었으며, 네 시기에 대한 통합된 변화영상을 제작할 수 있었다. 또한 사용자가 토지피복에 대한 연도별 변천 내용을 질의하고 검색할 수 있게 함으로써 특정지역의 토지피복에 대한 변천 정보를 획득할 수 있었다. 마지막으로 변화탐지 수행을 위한 개개 응용프로그램의 각 모듈을 윈도우 기반의 Visual Basic으로 통합함으로써 사용자 편의 제공과 자동화를 가져올 수 있었다.

2. 연구방법

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. 세부적 절차는 그림 2에 나타내었다.

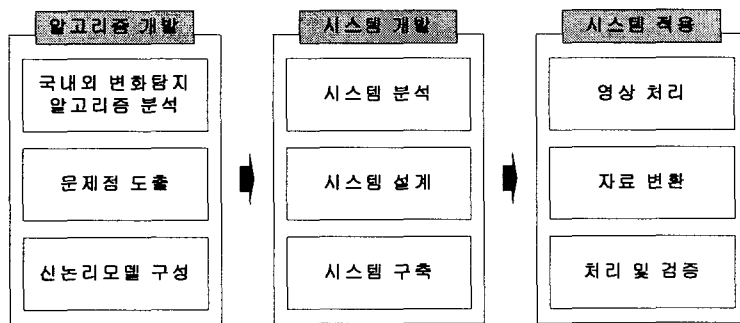
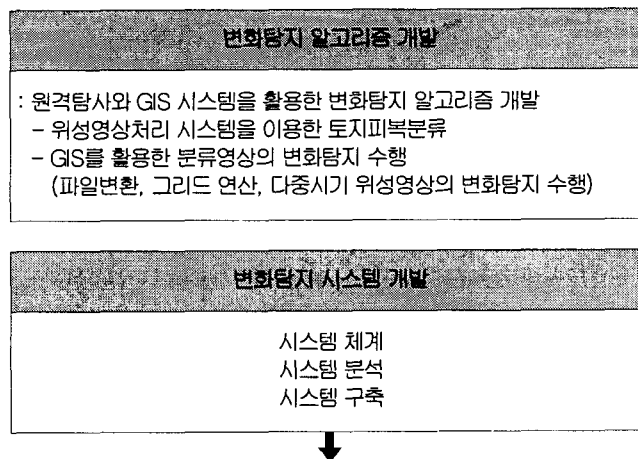


그림 1. 연구수행 절차



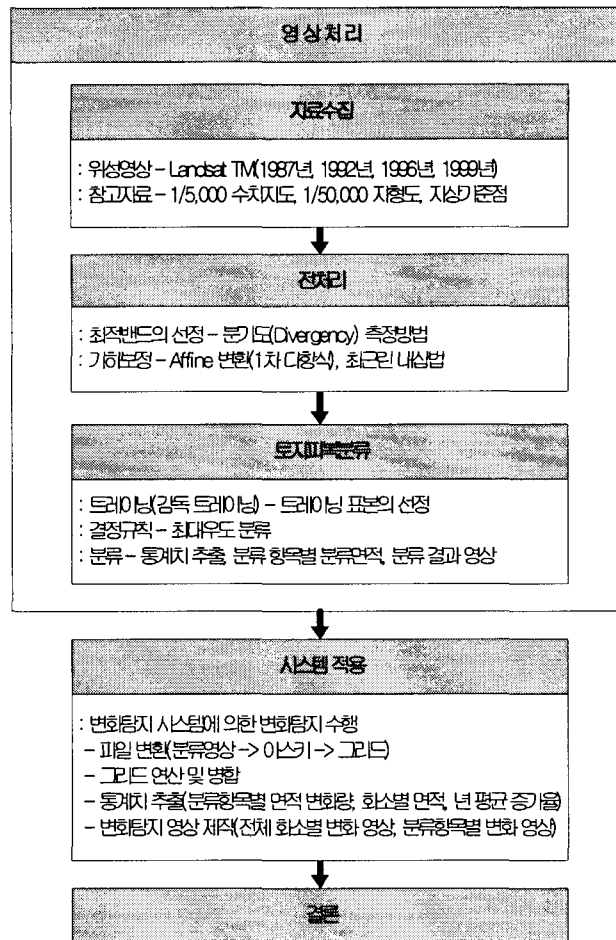


그림 2. 연구수행 세부절차

3. 변화탐지 알고리즘 개발

특정지역에서 각각의 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. 변화탐지 알고리즘은 그림 3과 같다.

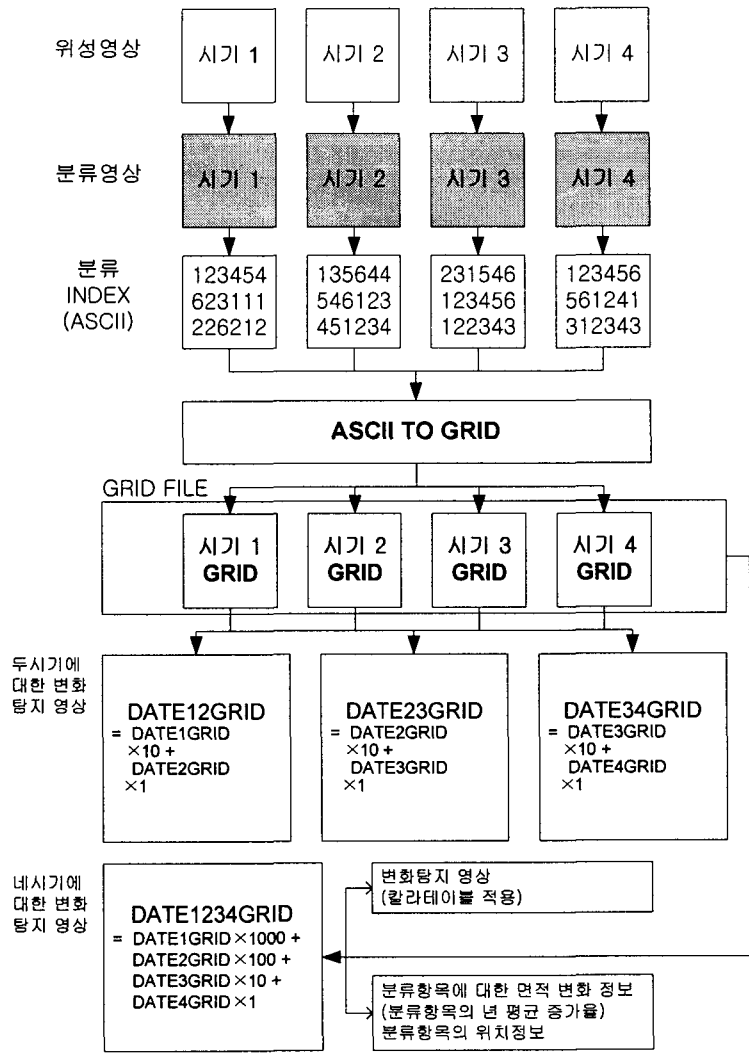


그림 3. 변화탐지 알고리즘

4. 시스템 개발

위성영상의 변화탐지를 수행하기 위한 시스템 개발을 위해 GIS의 공간자료의 수집, 저장, 검색, 분석 및 화면출력 기능을 시스템에 적용하여 개발하였다.

시스템 체계는 크게 4단계로 구성하였으며, 첫 번째 단계로 기존의 자료를 시스템에 적용할 수 있도록 포맷을 변환하는 파일 변환 기능이 있고, 두 번째 단계인 각 시기의 변환된 자료를 통합하는 자료의 병합 기능을 두었다. 세 번째 단계로 여러 시기가 통합된 자료를 통해 다양한 변화탐지 정보와 년 평균 증가율을 계산하는 통계추출 기능을 두었으며, 마지막으로 변화탐지 영상을 모니터에서 출력하고 검색 및 질의 기능을 수행할 수 있는 기능을 갖도록 시스템체계를 구성하였다.

변화탐지 시스템은 Microsoft의 Visual Basic 6.0과 Arc/Info에서 지원하는 ArcPlot, 그리드 컴포넌트를 이용하였다.

변화탐지 시스템에 입력할 초기 데이터인 토지피복분류영상은 원격탐사 소프트웨어인 ENVI Ver 3.0을 이용하여 자료를 획득하였다.

변화탐지 시스템을 흐름을 나타내는 구성도를 그림 4에 나타내었으며, 이 연구를 통해 구축하고자 하는 시스템 개발은 펜티엄급 PC를 기반으로 하였다.

표 1은 시스템 개발을 위한 하드웨어와 소프트웨어를 기술하였다.

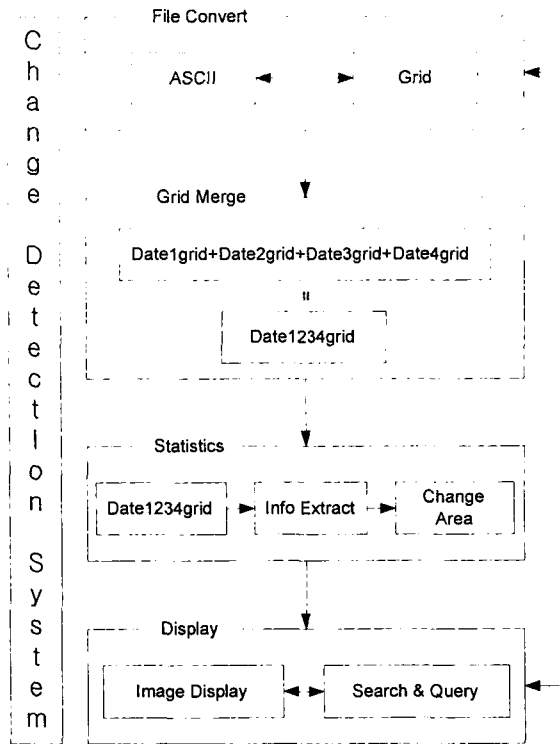


그림 4. 변화탐지 시스템의 구성도

표 1. 시스템 개발 사양

분 류	장 비	기 종	상 세 설 명
하드웨어	컴퓨터	펜티엄 III 850	- 256MB Main Memory - 40GB HDD - 17" Color Monitor
	입력 장비	스캐너	- Tangent Scanner
		디지털타이저	- Calcomp 9100 - A1 Size
소프트웨어	O/S	Windows 2000	- Ver 5.0
	데이터 구축	ENVI	- Ver 3.0
	개발 도구	Arc/Info	- Version 7.0.3 - Core & GRID Module
		Microsoft Visual Basic	- Ver 6.0

4.1 시스템 구축

시스템구축은 그 주요 기능을 6가지로 구성하였다. 또한 주요 기능에는 각 기능별 하위메뉴를 위치하도록 하였으며, 주요기능에 대한 시스템의 메뉴 구성은 그림 5와 같다.

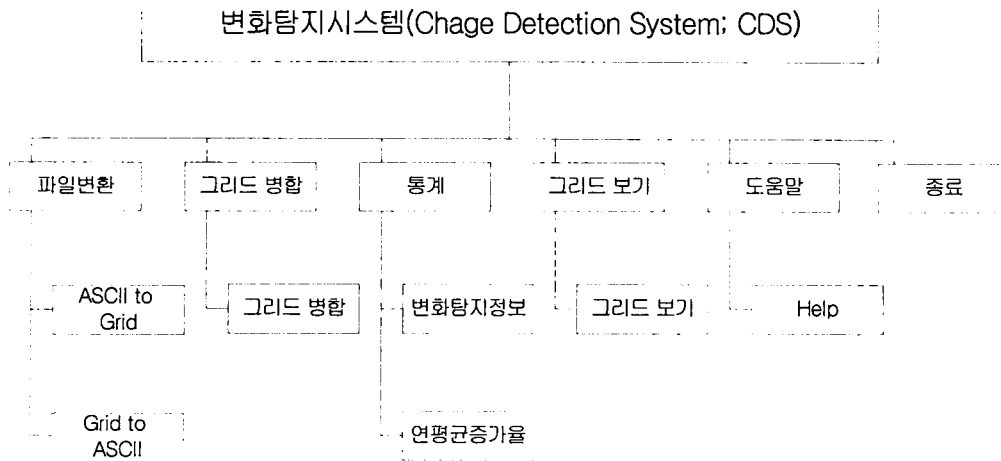


그림 5. 변화탐지 시스템의 메뉴 구성

4.1.1 파일 변환

토지피복의 분류영상 자료를 시스템에 적용하기 위해 고유 포맷으로 파일을 변환한다. 변환 기능은 ASCII to Grid와 Grid to ASCII 두 가지 기능이 있다.

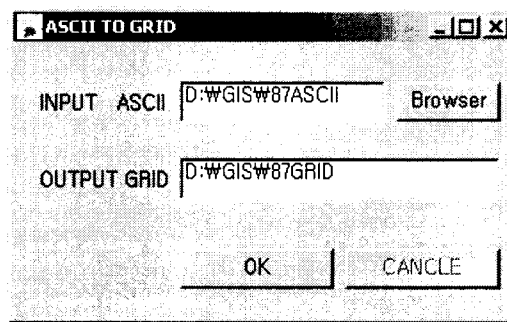


그림 6. ASCII TO GRID

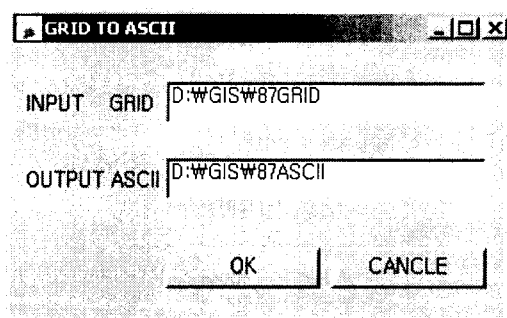


그림 7. GRID TO ASCII

4.1.2 그리드 병합

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

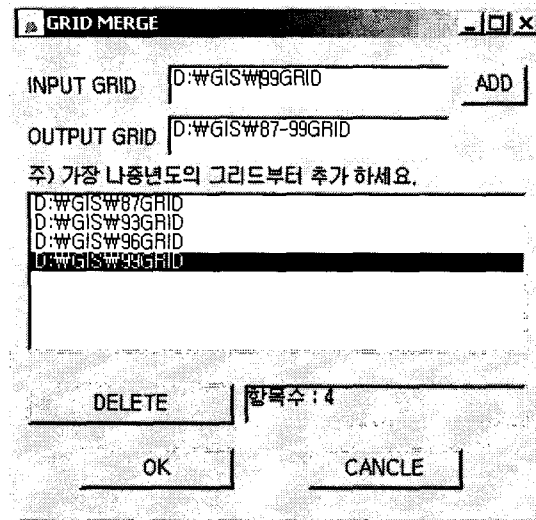


그림 8. 그리드 병합

4.1.3 통계

여러 시기가 통합된 그리드 자료의 입력을 통해 그리드의 속성정보를 읽어들이 변화탐지 정보와 년평균 증가율을 계산한다. 계산된 결과는 텍스트 파일로 저장된다.

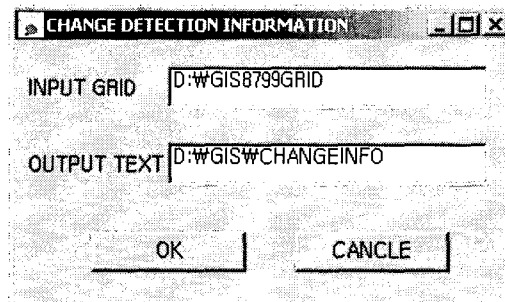


그림 9. 변화탐지 정보

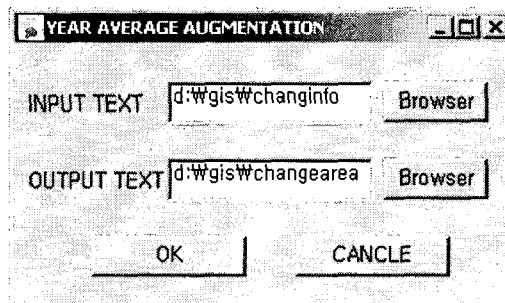


그림 10. 년평균 증가율

4.1.4 그리드 보기

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



그림 11. 그리드 보기

그림 12는 그리드 보기 기능을 수행하여 변화탐지 영상을 나타낸 것이다.

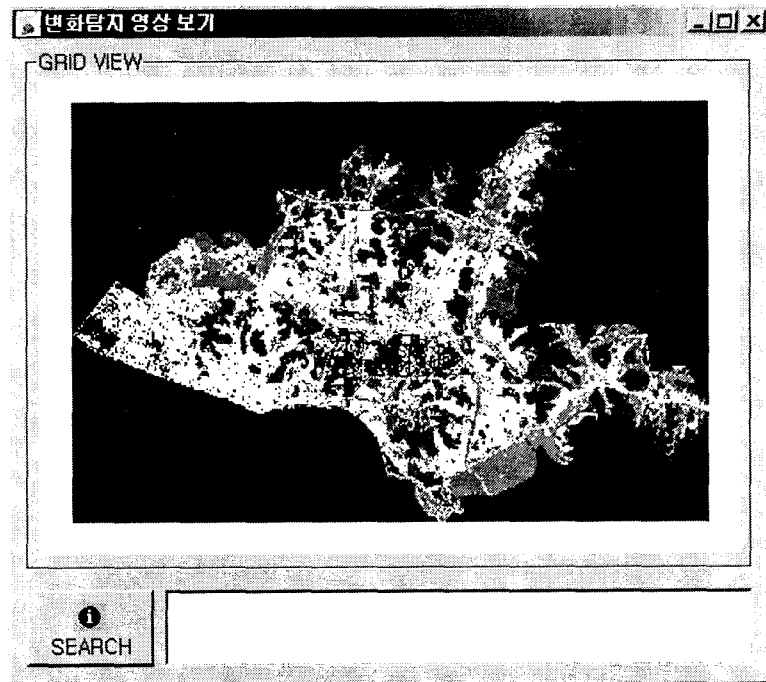


그림 12. 변화탐지영상 보기

5. 영상처리

5.1 연구지역

1980년대 이후 급격한 도시개발 및 인구의 유입으로 발빠른 도시화의 면모를 보여주고 있는 안산시를 연구대상지역으로 선정하였다.

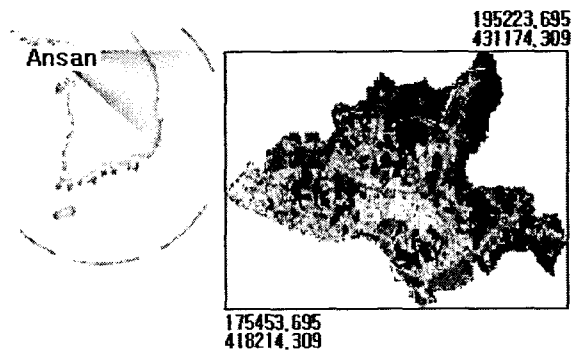


그림 13. 연구대상지역

5.2 영상처리

5.2.1 기하보정

이 연구에서는 1/5,000 수치지도를 통해 지상 기준점 8개 지점을 선정하여 미보정 영상의 기하보정을 수행하였다. 이때 좌표변환은 Affine 변환 방정식을 이용하였고 재배열은 가장 계산이 빠르고 간단하며, 원래 자료의 화소값에 변질을 줄일 수 있는 최근린 내삽법을 사용하여 30×30m로 재배열하였다. 4개 년도의 기하보정 수행 결과 Landsat TM 영상의 통상적 허용오차 0.5화소(약 15m)를 만족시켰다.

표 2. Landsat TM의 기하보정 정보

구 분	1987년 영상	1993년 영상	1996년 영상	1999년 영상
GCP	8점			
좌표변환	AFFINE 변환			
평균제곱근 오차	0.23화소 (6.9m)	0.21화소 (6.3m)	0.20화소 (6m)	0.37화소 (11m)
재배열	최근린 내삽법			
기하보정	영상 대 영상		지도 대 영상	영상 대 영상

5.2.2 토지피복분류

토지피복에 대한 감독분류를 수행하기 위해서 식별 가능한 토지피복을 6가지 항목인 인공구조물, 나대지, 물, 산림, 농경지, 갯벌로 분류하여 표본 추출을 실시하였다. 이때 유사한 분광특성만을 가진 화소로 자동표본추출 해주는 Region Growing 기법을 이용하여 트레이닝 표본을 선정하였으며, 분류항목간 공분산 행렬, 평균벡터, 표준편차 등의 통계 계산치를 추출하였다. 이후 최대우도 분류 결정규칙을 이용하여 토지피복분류를 실시하였다.

표 3은 토지피복의 분류정확도를 나타낸 것이다. 분류정확도는 년도별 분류영상에 240개의 랜덤 포인트를 발생시켜 분류결과 영상과 각각의 랜덤 포인트를 모니터 상에 출력하고 축척 1/5,000 수치지도와 1/50,000 지형도를 참고하여 평가되었다. 전체 정확도는 표 3에서와 같이 93.33%~95.12%로 나타났다.

표 3. 전체정확도

(단위 : %)

년도	분류 화소수	검증 화소수	전체정확도
1987	224	240	93.33
1993	227	240	94.58
1996	229	240	95.12
1999	224	240	93.33

6. 시스템 적용

이 연구에서 개발된 변화탐지시스템을 이용한 변화탐지 수행과정은 다음과 같다.

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, 그리드로 변환된 4개의 파일을 그리드 연산을 통해 하나의 통합된 그리드 파일로 만들었다. 그 연산과정은 다음과 같은 수학적 방정식으로 표현할 수 있다.

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

여기서,

D_{ij} = 통합된 그리드(변화탐지영상) 값

$BV_{ij(1999)}$ = 1999년의 그리드 값, i = line의 수, j = pixel의 수

넷째, 통합된 그리드 파일을 그리드 분석을 통해 변화영상과 년도별 면적 변화량 및 각종 통계값을 생성하였다. 변화탐지 결과에 대한 토지피복의 년 평균 증가율은 다음과 같은 식 (2)를 이용하여 계산하였다.

$$P_t = P_n(1 + r)^{t-n} \quad (2)$$

여기서,

P_t : 비교년도 자료, P_n : 기준년도 자료, t : 비교년도, n : 기준년도, r : 연평균증가율(%)

표 4는 변화탐지 결과 자료인 그리드의 각 속성 값에 대한 할당규범 예로써 천 단위는 1999년 분류항목 속성 값으로 1부터 6까지 총 6개의 값으로 나타내며, 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 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 영상의 분류결과를 통합하였을 경우 총 1,296개의(6⁴) 변화정보를 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 추가 할 수 있는 장점이 있다.

표 4. 그리드 속성값에 대한 할당규범(예)

속성값	년도별 분류항목			
	1999년	1996년	1993년	1987년
1111	인공구조물	인공구조물	인공구조물	인공구조물
1112	인공구조물	인공구조물	인공구조물	나대지
.
2111	나대지	인공구조물	인공구조물	인공구조물
2112	나대지	인공구조물	인공구조물	나대지
4322	산림	물	나대지	나대지
.
6665	갯벌	갯벌	갯벌	농경지
6666	갯벌	갯벌	갯벌	갯벌

6.1 변화탐지

네 시기의 변화탐지 정보는 9987GRID파일로 저장되며 각 셀의 속성값은 네 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 경우의 수 1296개(6⁴)보다 632개가 적은 것이다.

9987GRID의 속성값 중 가장 큰 면적을 차지하는 것은 4444, 1111, 1112, 5555 순이며, 변화정보의 일부를 표 5에 나타내었다.

표 5. 네 시기에 대한 속성별 면적 변화량

(단위 : km²)

속성값	화소수	면적
4444	23552	21.197
1111	13587	12.228
1112	12188	10.969
5555	5572	5.015
2255	3037	2.733
5355	2440	2.196
1122	2327	2.094
1115	2213	1.992
1255	2118	1.906

표 6은 네 시기의 대한 토지피복의 분류항목별 년 평균 증가율이며, 그림 14은 네 시기 동안 변화된 토지피복을 하나의 변화영상으로 나타낸 것이다. 즉, 1111부터 5566까지의 속성값에 개별적으로 색을 부여하여 그림으로 나타낸 것이다. 여기서 천 자리와 백 자리에 6이 없는 이유는 1999년과 1996년에 갯벌 항목이 없었기 때문이다.

표 6. 1999년~1987년 분류항목별 년 평균 증가율(%)

분류항목	1987-1993	1993-1996	1996-1999
인공구조물	15.31	3.97	2.71
나대지	-7.43	15.24	-12.39
물	-12.75	96.90	70.63
산림	-0.95	1.13	-2.88
농경지	-1.77	-11.42	-9.83
갯벌	0.89	-33.33	0.00

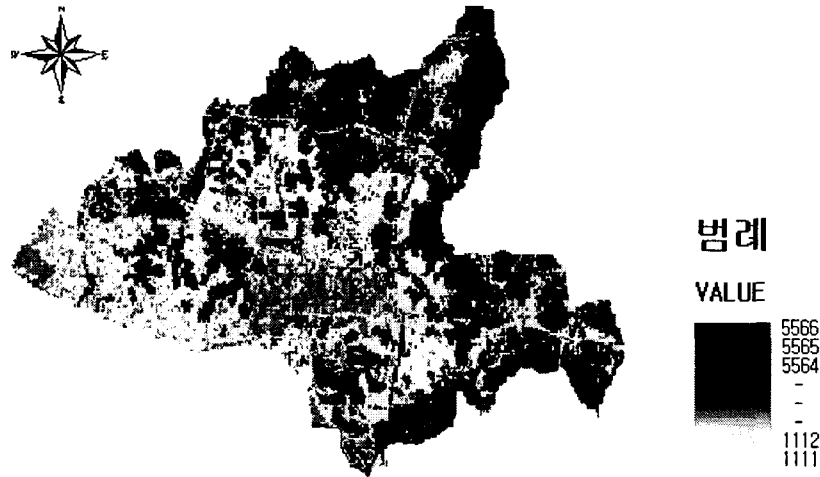


그림 14. 네 시기의 변화탐지 영상

7. 결론

1. 네 시기의 분류영상을 변화탐지 시스템에 적용한 결과 시계별 변화영상 제작과 면적 변화량 추출 및 각 화소에 대한 토지피복의 변천과정을 효과적으로 추적할 수 있었다.
2. 기존의 변화탐지 수행은 두 시기의 분류결과를 아스키 파일의 단편적인 조작에 의해 변화탐지를 수행함으로써 처리비용과 시간이 많이 소요되며, 또한 아스키 파일 자체의 크기가 그리드 자료보다 상대적으로 크므로 자료의 저장과 백업에 많은 시간과 비용이 소요되었으나, 이 연구의 알고리즘은 그리드 자료를 입력 자료로 이용함으로써 시간적, 경제적 손실을 줄일 뿐만 아니라 간단한 작업으로 시계별 변화정보를 계속적으로 추가할 수 있었다.
3. 개발된 변화탐지 시스템을 이용함으로써 사용자에게 다양한 정보를 제공할 뿐만 아니라, 특정지역의 토지피복에 대한 연도별 변천사를 제공할 수 있었고, 사용자의 요구에 따라 질의 및 검색을 통해 새로운 정보를 획득할 수 있었다.
4. 개별적으로 이루어지던 변화탐지 과정을 윈도우 기반의 Visual Basic으로 통합함으로써 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.

참고문헌

1. Fung, T. and E. LeDrew(1998), "The Determination of Optimal Threshold Levels for Change Detection Using Various Accuracy Indices", PE & RS, Vol.54, No.10, pp.1449~1454
2. Green, K., D. Kempka, and L. Lackey(1994), "Using Remote Sensing to Detect and Monitor Land-Cover and Land-Use Change", PE & RS, Vol.60, No.3, pp.331~337
3. Jeffrey L. star, John E. estes, Kenneth C.McGwire(1997), "Integration of Geographic Information Systems and Remote Sensing", pp.37~53
4. John R. Jensen(1996), Introductory Digital Image Processing 2 Edition, Prentice Hall, pp.240~243