Web 기반의 산림형태 모니터링시스템 개발

김진수* · 서동주**

Development of Monitoring System for Forests Type Based on Web

Kim, Jin-Soo* · Seo, Dong-Ju**

요 약

광범위한 지역의 주기적인 정보 획득이 가능한 인공위성 영상은 환경탐사분야에서 새로운 대안으로 받아들여지고 있으며, 산림 분석에서도 활용될 수 있다. 이러한 인공위성 영상을 활용한 우리나라의 산림식생을 고려한 연구 이외에, 산림형태의 구분을 통한 지속적인 관리시스템에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 Landsat TM 위성영상을 이용하여 산림을 형태별로 분류한 후, 촬영시기가 3년 뒤인 다른 영상에서 나타난 산림형태의 변화를 분석하고 지속적인 모니터링을 위한 변화 추적시스템의 적용을 제시하고자 한다. 이를 위해 식생분류에 유리한 다중분광센서를 탑재한 Landsat TM 위성영상을 이용하여 산림형태의 변화를 분석하고, 이를 Web 상에서 주기적으로 모니터링 할 수 있게 하였다.

ABSTRACT

In recently, researches which appling satellite image are introduced target to the forest area. Especially, it is satellite image analysis's advantage that collecting information of terrain at the direct accesses are dangerous and impassible area. But, the studies approaching to a inflectional paradigm of forests and change detection system for the distinguished forests type are leaves much to be desired. In this study, therefore, change of forests type was analyzed using Landsat TM satellite image which have multi-spectral bands. Furthermore, change detection system for forests type was constructed on web for the periodical monitoring.

키워드

Satellite Image, Landsat TM, Forest Type, Change Detection System, Web

Ⅰ. 서 론

국토가 좁은 반면 산지가 많은 우리나라는 국가지리정보체계 관리 또는 산림자원의 개발과 보전에 대한 중요성이 매우 크다. 산지가 많은 국토의 특성상 광범위한 산림지역으로 구성되어 있으며, 이러한 산림지역을 지속적으로 모니터링 하기 위해서는 다양한 시기의 자료가 필요하다. 또한 체계적인 현장조사를 통한 자료의 축적이 필수적이나, 산림과 같은 넓은 지역을 일시에 현장조사를 통하여 관리하는 것은 비효율적이며, 많은 시간적 비용을 요구한다. 따라서 최근에는 산림지역을 대상으로 한 인공위성 영상의 활용 연구가 소개되고 있다[1].

위성영상은 지구자원의 탐사와 환경감시를 비롯하여 지형정보의 수집 및 분석 등 다양한 분야에서 높은 활용도를 보이고 있으며, 특히 직접 접근이 불가능하거나 까다로운 지역의 지형지물에 대한 다양한 정보의 취득

* 부경대학교 공과대학 공학연구원

** 부경대학교 공과대학 공학연구원 - 교신저자

접수일자 : 2007. 11. 22

이 가능하다는 장점을 지닌다. 광범위한 지역의 주기적인 정보획득이 가능한 위성영상은 환경탐사분야에서 새로운 대안으로 받아들여지고 있으며, 산림분석에도 활용될 수 있다[2],[3],[4].

국외의 경우 혼재된 픽셀의 산림 식생을 분석하기 위하여 인공신경망을 이용하고, 최대우도 분류방법과 비교·분석한 연구가 수행되었다[5]. 국내의 경우 Landsat TM 영상을 이용하여 제주도와 주변 해양 식생분류에 관한 연구가 수행된 바 있으며[6], 위성영상을 이용한 식생분류의 정확도 검증에서 감독분류, 무감독분류, 반복적 무감독분류, 계층적 무감독분류를 실시하고, 무감독분류 중 계층적 무감독분류가 전반적으로 정확도가 더 높았다고 제안하였다[7].

이상과 같이 광범위한 산림환경 변화분석에 인공위성 영상자료가 활용되고 있으며, 분류에 의한 면적변화뿐만 아니라 식생지수를 활용하는 연구도 많았다. 하지만 산림형태를 분류한 후 이를 바탕으로 지속적인 관리를 위한 접근은 다소 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 산불이 발생된 바 있는 산림지역의 산불 전후 Landsat TM 위성영상을 이용하여 산림을 형태별로 분류한 후, 산림형태의 변화를 분석하고 지속적인 모니터링을 할 수 있는 시스템의 개발하고자한다.

Ⅱ. 이론적 배경

영상분류는 원격탐사에서 가장 중요한 분석 기법으로써 영상을 구성하는 각각의 화소들 중 비슷한 분광 특성을 갖는 것끼리 집단화시켜 주는 방법이다. 이와 같이 구성된 각각의 집단을 클래스(class)라고 하며, 한 클래스 내의 화소는 다른 클래스 내의 화소보다는 서로 더 큰 유사성을 지니지만 동일 집단 내의 화소라 할지라도 어느 정도 편차를 지닌다.

분류된 각각의 집단은 그 종류에 따라 정보 집단과 분광 집단 두 가지로 대별된다. 정보 집단은 산림, 수역, 침엽수, 활엽수 등과 같이 인간에 의해 명명된 자연물을 의미한다. 이는 영상 분류 작업을 통해 최종적으로 얻고자 하는 것이며, 여기에 색을 주거나 속성을 부여함으로써 가시적인 분류 효과를 줄 수 있다. 그러나 이와 같은 하나의 정보 집단 내에는 여러 가지의 다양성이 존재한다. 즉, 산림이라는 하나의 정보 집단 내에는 사실 수종이나 밀도, 수령 등에 따라 여러 가지 다른 요소들이 존재하고 있는 것이 사실이며, 산림 속에서 반사되는 전자파는 이들 요소에 따라 각기 다른 파장을 나타내게 된다. 이와 같이 각각의 분광 특성에 의해 형성되는 집단을 분광 집단이라고 하며, 여러 가지의 분광 집단이 합쳐져서 결국 하나의 정보 집단을 형성하게 되는 것이다. 이와 같은 영상 분류 기법은 토지이용도나 식생형태, 토양수분 함유량 등 여러 가지 분석에서 필수적으로 사용되고, 분류 주체에 따라 감독분류와 무감독분류로 크게 대별된다. 이는 위성영상 분류기법을 말하는 데에 대표적인 구분법이며, 사용자가 미리 가지고 있는 정보가 언제 개입되느냐에 따라 나누어진다. 그림 1은 영상분류 과정을 나타낸 것이다[8].

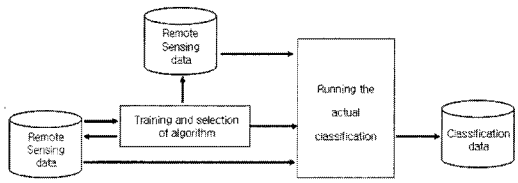


그림 1. 위성영상 분류 과정
Fig. 1. A process of satellite image classification

Ⅲ. 위성영상의 처리 및 분류

3.1. 영상의 전처리

본 연구의 대상지는 부산시에 소재한 침엽수림, 활렵수림, 그리고 혼효림이 넓게 분포하는 구월산 지대를 연구 대상산림으로 선정하였다. 본 대상지는 두 영상의 시기 사이에 큰 산불이 두 차례 발생하였고, 이로 인한 산림형태 변화를 분석하기 매우 적합한 곳이다.

영상분석에 사용된 인공위성 자료는 1997년 5월 17일과 2000년 4월 23일의 Landsat TM 영상이다. 식물의 분광특성은 시계열에 따라 다르기 때문에 비슷한 시기의 영상을 사용하였다. 또한 영상자료 분석에는 Intergraph 사의 Image Analyst를 사용하였다.

먼저 대기에 의한 영향을 알아보기 위해 근적외선 밴드인 4번 밴드를 이용하여 밝기값을 분석하였으며, 히스토그램을 이용한 대상지역의 밝기값 분포는 그림 2와 같다. 밝기값이 0에 가까운 좌측의 분포는 대

상지 내의 저수지 수역에 해당되며, 히스토그램에서 물에서의 밝기값이 0에 가까운 분포값을 나타낸다.

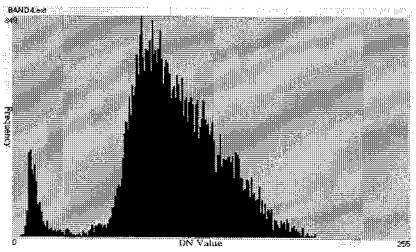


그림 2. DN값의 히스토그램 (Band 4)
Fig. 2. Histogram of DN value (Band 4)

따라서 본 연구에서 사용된 위성영상은 대기에 의한 영향이 적은 것을 알 수 있으며, 다음 단계인 기하보정을 실시하였다.

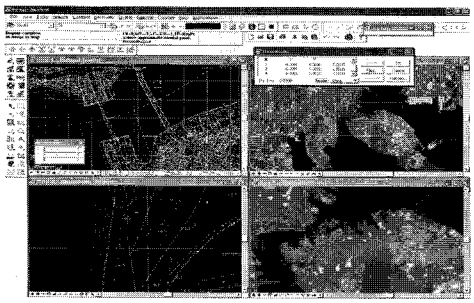


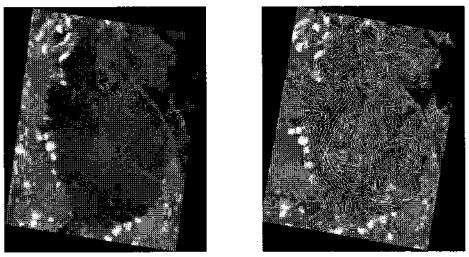
그림 3. 수치지도와 위성영상간의 기하보정
Fig. 3. Geometric correction by map to image

표 1. 지상기준점 비교 결과
Table 1. Comparative result of ground control point

GCP No.	수치지도		위성영상		오 차		RMSE
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	
1	208659.81	193476.02	208651.57	193482.30	-8.24	6.28	10.36
2	208450.68	192866.39	208459.88	192872.62	9.20	6.23	11.11
4	209732.64	193963.57	209724.39	193969.25	-8.25	5.68	10.02
7	208917.44	191535.36	208922.41	191526.08	4.97	-9.28	10.53
8	210398.65	192069.82	210390.83	192080.24	-7.82	10.42	13.03
10	210619.52	193930.23	210626.91	193936.76	7.39	6.53	9.86
12	210679.73	191377.78	210675.45	191382.53	-4.28	4.75	6.39
평 균							10.19

그림 3은 수치지도와 위성영상간의 기하보정 모습을 나타낸 것이며, 수치지도와 위성영상간의 지상기준점 성과는 표 1과 같이 10.19m(약 0.34화소)의 평균 RMSE를 나타내었다.

동일한 방식을 이용하여 지상기준점을 등록시키고, 2000년 위성영상을 그림 4와 같이 보정하였으며, 보정된 영상이 수치지도와 부합됨을 표현한기 위하여 수치지도를 중첩시켜 나타내었다.

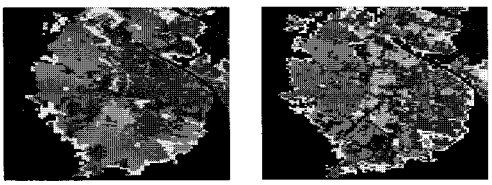


(a) (b)

그림 4. 보정된 영상(a)과 수치지도를 중첩한 영상(b)
Fig. 4. Correction image(a) and image overlaid with digital map(b)

3.2. 영상 분류 및 정확도 검증

본 연구에서는 파장대 특성을 고려하여 대상 산림을 활엽수림, 침엽수림, 혼효림으로 구분하고, 나머지는 기타로 분류하였다. 식생분류에 주로 사용되는 2, 3, 4번 밴드(RGB 432)를 조합한 적외선 컬러사진, 즉 위색합성(false-color)을 실시하였다. 그리고 수종별로 Training Sample을 선정한 후 최대우도법을 이용하여 감독분류를 실시한 후, 산림지대의 수종별 항목 및 수역 등을 포함한 클래스 수를 고려하여 ISODATA 기법의 무감독분류를 실시하였다.



(a) (b)

그림 5. 감독분류(a) 및 무감독분류(b) 결과
Fig. 5. Result of supervised(a) and unsupervised(b) classification

그림 5는 최대우도법에 의해 감독분류된 영상(a)과 ISODATA 기법의 무감독분류된 영상(b)을 각각 나타낸 것이다.

분홍색은 활엽수림, 연두색은 침엽수림, 짙은 녹색은 혼효림, 노란색은 기타 항목을 나타내며, 파랑색은 대상지역 내의 저수지로 분류된 항목을 나타낸다. 그림 9는 2000년에 촬영된 대상지역의 영상을 무감독분류한 결과를 나타낸 것이다.

본 연구에서는 대상지역에 대한 산림 수종별 분류정확도를 평가하기 위해 토지피복도 참조자료를 사용하여 평가 검증하였다. 분류 결과의 정확도를 평가하기 위해서는 모든 화소에 대한 검증을 필요로 하지만, 이는 현실적으로 불가능하기 때문에 적은 오차를 가지는 훈련지역 혹은 시험영역의 정확도를 평가하는 것이 일반적이다. 그러나 본 연구에서는 대상지역이 2.3km× 3.8km의 비교적 협소한 지역이므로, 참조자료와 대조하여 전체 픽셀을 사용한 분류 정확도를 평가하였다. 분류된 항목이 참조자료의 해당 항목 영역에 해당되는 픽셀 수를 계산하여, 정확도를 %로 나타내었다. 또한 감독분류와 무감독분류의 결과를 비교하여 보다 정확도가 높은 결과를 나타낸 감독분류 결과를 Web 기반의 데이터베이스로 사용하였다.

표 2. 감독분류 정확도 분석 결과
Table 2. Result of supervised classification accuracy

항 목	총 화소수 [reference data] (ha)	분류된 화소수 [image data] (ha)	정확도 (%)
활엽수림	349	184	52.72
침엽수림	2,393	1,517	63.39
혼효림	2,759	1,722	62.41
기 타	210	149	70.95
합 계	5,711	3,572	62.55

표 3. 무감독 분류 정확도 분석 결과
Table 3. Result of unsupervised classification accuracy

항 목	총 화소수 [reference data] (ha)	분류된 화소수 [image data] (ha)	정확도 (%)
활엽수림	349	221	63.32
침엽수림	2,393	1,193	49.85
혼효림	2,759	739	26.79
기 타	210	164	78.10
합 계	5,711	2,317	40.57

표 2와 표 3은 각각 감독분류와 무감독분류의 정확도 분석 결과를 나타낸 것이다.

그 결과, 감독분류 정확도가 무감독분류의 정확도보다 21.98% 향상된 값을 나타내었고, 산림형태의 변화추적을 위한 데이터베이스로 감독분류로 처리된 영상을 사용하기로 결정하였다.

Ⅳ. Web 기반의 모니터링 시스템 개발

4.1. 분류항목별 면적 산정

분류된 영상에서 항목별 면적을 산출하기 위해 레스터 형식의 영상이미지를 벡터 형식인 shp(shape) 파일로 변환하였다. 그리고 ArcView를 이용하여 속성테이블에 각 분류항목별 면적을 합산하여 속성을 부여하였다.

표 4는 대상 산림지역에 대한 감독분류된 영상의 수종별 면적과 참조자료의 수종별 면적의 차이를 나타낸 것이다. 감독분류된 영상에서 차지하는 분류항목의 총 면적을 산출하여 참조자료의 항목별 면적과 비교하였다. 대상 산림지역에 해당하는 참조자료의 항목별 총면적은 약 514ha이며, 감독분류된 영상의 항목별 총면적은 약 526ha로 약 12ha의 차이가 나타났다. 이는 영상이 감독분류 되면서 기타항목으로 구성된 나지, 자연초지 및 기타 재배지 등이 산지의 경계 부분에 다소 포함되어 분류되어 발생된 차이로 판단된다.

표 4. 위성영상자료와 참조자료의 면적 비교
Table 4. Comparison of image data value to area of reference data

항 목	참조자료 면적(ha)	분류된 영상 면적(ha)	차 이 (ha)
활엽수림	32	31	1
침엽수림	215	219	4
혼효림	248	229	19
기타	19	47	28
합 계	514	526	12

4.2. 산림형태의 변화분석

본 연구에서는 산림형태의 변화분석을 위해 1997년과 2000년 영상에서 대상 산림의 수종별 면적을 비교하였으며, 그 결과는 표 5와 같다.

표 5. 각 시기별 위성영상자료와 참조자료의 면적 비교
Table 5. Comparison of image data value to area of reference data in 1997 and 2000

항 목	1997년 영상면적(ha)	2000년 영상면적(ha)	차 이 (ha)
활엽수림	36	31	- 5
침엽수림	257	219	- 38
혼효림	201	229	+ 28
기타	39	47	+ 8
합 계	533	526	- 7

먼저 활엽수림의 면적은 1997년 약 36ha에서 2000년 약 31ha로 약 5ha 정도 감소된 것을 알 수 있었다. 침엽수림의 경우 1997년 약 257ha에서 2000년 약 219ha로 약 38ha 감소하였다. 혼효림은 1997년 약 201ha에서 2000년 229ha로 약 28ha 증가했음을 알 수 있었다. 침엽수림과 혼효림의 면적차이가 두드러진 이유는 여러 가지 원인이 있을 수 있으나 다음과 같은 몇 가지로 유추해 볼 수 있다. 먼저 본 연구에 사용된 두 영상의 시기가 서로 비슷한 4월 23일과 5월 17일이지만, 약 20여일 이상의 차이가 나며 이 시기에는 활엽수림의 식생활력 성장이 짧은 시간에 비하여 많이 증가되는 시기이다. 따라서 1997년 5월 17일의 영상에서는 활엽수림의 분포가 잘 드러나고, 2000년 4월 23일 영상에서는 아직 왕성해지지 못한 식생활력 영향으로 인해 활엽수림이 다소 감소된 분광특성을 보일 수 있다. 마찬가지로 혼효림의 면적의 증가도 20여일 이상의 영상 촬영시기 차이에 따른 활엽수림의 식생활력 영향으로 인하여 혼효림으로 포함된 분광특성을 보인 것으로 판단된다.

또한 분류항목 중 기타 항목의 증가가 두드러지게 나타남을 알 수 있다. 조사에 따르면, 대상 산림지역 산지 남쪽부근에서 두 차례 이상의 산불로 인하여 약 5.2ha 이상이 유실된 것으로 나타났다. 따라서 산불피해 산림지역 면적에서 산림의 분광특성이 감소되어 기타 항목으로 추가된 것으로 판단된다. 그리고 부산시의 2000년 환경백서의 자료에 따르면, 97년부터 99년 사이에 산불뿐만 아니라 병해충으로 인한 피해목 제거로 부산시의 총 산림면적이 줄어들었으며, 임목도가 극히 낮거나 고사목 또는 불량수목이 산재하는 산림 내에 화목류 및 유실수를 연차적으로 심는 산림경관 개선계획의 영향도 있었으리라 판단된다. 그 밖에도 특정 수종의 자연적 천이에 따른 영향과 참조자료 작성 시 오류 및 오차도 고려해 볼 수 있겠으나 무엇보다도 한 픽셀만 어긋나도 그 영향이 30m 가 되는 해상도를 지닌 Landsat 영상의 한계점이 반영된 오차로 인한 영향도 역시 크다고 볼 수 있다.

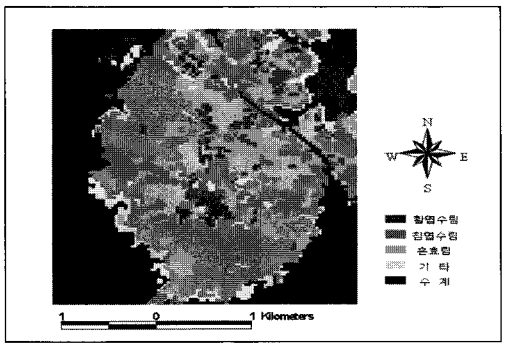


그림 6. 항목별로 분류된 결과 영상 (1997년)
Fig. 6. Result of image classified by item in 1997

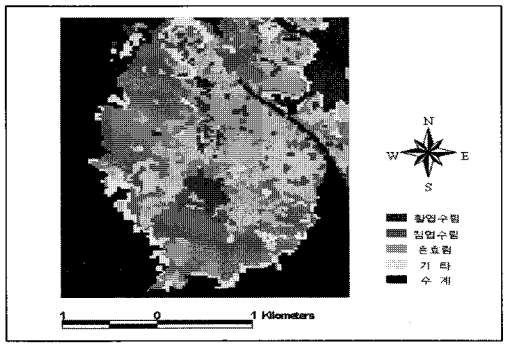


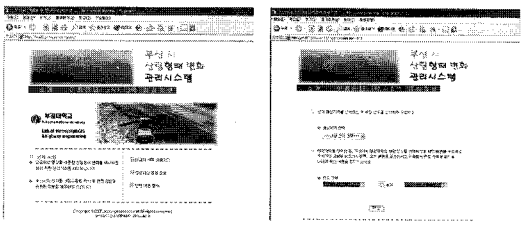
그림 7. 항목별로 분류된 결과 영상 (2000년)
Fig. 7. Result of image classified by item in 2000

그림 6과 그림 7은 각각 1997년과 2000년 대상 산림지역의 수종별 분류 결과 영상의 모습을 나타낸 것이며, 시각적으로도 혼효림 수종의 분포가 두드러지게 증가된 반면, 침엽수림은 매우 감소되었음을 알 수 있다. 산림의 지속적인 변화를 모니터링하기 위해서는 한 시점의 자료만으로는 불가능하며, 체계적인 조사를 통한 데이터의 축적이 필수적이다. 특히 본 연구의 결과에서도 알 수 있듯이 봄 계절의 영상뿐만 아니라 활엽수와 침엽수림의 분광특성이 두드러지는 가을 등의 시계열 분석이 뒷받침 되어야 할 것이다. 따라서 변화가 발견된 지역에 대해서 위성영상 자료의 지속적인 모니터링과 현장조사를 통한 관리가 필요하며, 이를 바탕으로 임상도 등의 자료를 보완해가면 보다 효과적인 자료로서 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

4.3. Web 기반의 모니터링 시스템 개발

본 연구에서는 인공위성 영상을 이용한 산림형태의 수종별 변화 분석뿐만 아니라, 데이터베이스화된 자료를 토대로 지속적인 변화를 모니터링하기 위한 변화추적시스템을 Web 기반에서 구축하였다. 현재 산림청 및 부산시에서는 산림통계를 내고 있으나, 이는 침엽수림, 활엽수림, 혼효림 등에 대한 전체적인 면적 통계일 뿐, 특정 지역에 대한 변화량을 시각적으로 제공하지는 않고 있다. 부산시의 환경백서 자료에 따르면, 산지녹화 및 산림보호의 목적으로 조림 및 병해충 방제, 그리고 산불 발생현황 등의 자료를 해마다 제공하고 있으나, 시 전체에 대한 통계일 뿐, 특정 산지에 대한 수종별 증감 데이터는 제공하지 않고 있다. 따라서 특정 산지의 수종별 위치정보와 변화에 대한 관리 정보는 시민들에게 제공하지 못하고 있는 단점이 있다.

국가적 지리정보체계 측면뿐만 아니라 산림의 보호 및 조림계획, 수종별 위치와 변화상태, 그리고 자연적 천이상태를 지속적으로 모니터링하고 관리하는 것은 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 누구나 쉽게 변화되는 산림정보를 검색할 수 있는 Web 기반의 변화추적시스템을 구현하였다.



(a) (b)

그림 8. 산림형태 변화추적시스템 메인화면(a)과 대상 산림 검색화면(b)

Fig. 8. Main screen of developed system(a) and screen of searching the object forest(b)

본 연구에서 구축된 변화추적시스템의 메인화면은 그림 8(a)와 같고, 사용자가 대상 산림의 지역 및 산지를 선택하는 모습은 그림 8(b)와 같다.

본 시스템은 대상 산림 검색 이후, 탐색 시기를 선택하게끔 되어있으며, 그림 9와 같이 대상 산림의 시기별 주제도 정보를 비교할 수 있도록 구성하였다.

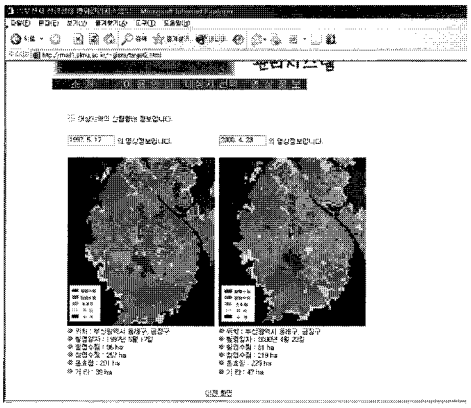


그림 9. 대상 산림의 주기별 변화 정보

Fig. 9. Periodic change information of the object forest

따라서 대상 산림의 수종별 면적 증감을 시각적으로 쉽게 파악할 수 있으며, 정량적인 분석도 가능하게 하였다. 이 밖에도 변화추적시스템 사이트의 소개메뉴와 이용안내 메뉴, Landsat 위성영상의 정보 내용이 담긴 메뉴 항목을 구성하여, 사용자가 쉽게 해당 정보를 이해할 수 있도록 하였다.

V. 결 론

본 연구에서는 산림의 식생분류에 자주 사용되는 감독분류를 통해 산림 형태별 항목을 분류한 결과, 무감독분류의 정확도 보다 21.98% 향상된 값을 나타내었다. 또한 단일 수종의 분포면적이 비교적 넓은 대상 산림지역의 산림형태를 분류한 결과, 1997년과 2000년 사이에 활엽수림이 3년 전에 비해 약 5ha, 침엽수림은 약 38ha 감소하였으며, 혼효림과 기타 항목은 각각 약 28ha와 약 8ha가 증가한 것으로 해석되어 위성영상을 이용하여 산림형태 변화를 정량적으로 해석할 수 있었다.

분석된 분류자료를 바탕으로 주기별 산림 분포면적의 변화추이를 쉽게 알아보기 위하여 Web 기반의 모니터링시스템을 개발, 구축한 결과, Web을 활용한 관리를 통하여 산림형태의 식생구조변화 추세를 시각적으로 쉽게 지속적으로 모니터링 할 수 있으며, 임상도 등의 참조자료와 현장조사 자료보완에도 효율적인 자료로 제공될 수 있을 것으로 판단된다.

향후 고해상도 위성영상 자료를 이용한 보다 정확한 분석이 수행될 경우 산림식생의 주요 수종을 더욱 세분화하여 분석할 수 있을 뿐만 아니라, 식생분류의 정확도도 더욱 향상될 것으로 판단된다. 또한 분류의 정확도를 향상시키기 위한 시계열분석과 지속적인 현장조사를 통한 확인절차가 병행될 경우, 더욱 효율적이며 신뢰성 있는 자료로 제공될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] 조명희, 조윤원, 위성영상기반 전자주제도 작성 및 관리시스템 개발 -산림행정업무지원서비스를 사례 연구로-, 한국지리정보학회지 제9권 제1호, pp. 89-100, 2006.

[2] Benediktsson, J.A., Swain, P.H., and Ersoy, O.K., Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol.28, No.4, pp.540-552, 1990.

[3] Bischof, H., Schneider, W., and Pinz., A.J., Multi-spectral classification of LANDSAT images using neural networks. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol.30, No.3, pp.482-490, 1992.

[4] Kamata, S., and Kawaguchi, E., Application of neural network approach to classify multi- temporal LANDSAT images, IGRASS93, pp.716 -718, 1993.

[5] Foschi, P.G., and Smith, D.K., Detecting subpixel woody vegetation in digital imagery using two artificial intelligence approaches, PE&RS, Vol.63, No.5, pp.493-500, 1997.

[6] 이병걸, 강인준, 원격탐사기법을 이용한 제주도와 주변 해양 식생분류기법에 관한 연구, 제주대학교 해양연구논문집, Vol.23, pp.151-159, 1999.

[7] 이승희, 인공위성 영상자료를 이용한 식생분류 정확도 검증, 서울시립대학교, 석사학위논문, pp.56- 59, 2003.

[8] Janssen, L.L.F., and Huurneman, G.C., Principles of Remote Sensing, ITC Education Textbooks Series; 2, Second Edition, 2002.

저자소개

김 진 수(Jin-Soo Kim)

2007년 2월 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사
2007년 3월-2007년 현재 부경대학교 공과대학 공학연구원
※관심분야 : 사진측량학, 원격탐사, GIS, GPS

서 동 주(Dong-Ju Seo)

2003년2월 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사
2004년3월-2007년 현재 부경대학교 공과대학 공학연구원
※관심분야 : 사진측량학, 원격탐사, GIS, GPS