

위성영상을 이용한 난대림 식생 분류와 관리 시스템^{1a}

조성민² · 오구균³

Classification of Warm Temperate Vegetation Using Satellite Data and Management System^{1a}

Sung-Min Cho², Koo-Kyoon Oh³

요 약

본 연구의 목적은 1991년 위성 데이터와 2002년의 위성 데이터의 비교 분석을 통한 전남 완도의 난대림 식생 변화추이를 밝히는 데 있다. 이를 위해 1991년 Landsat TM영상과 2002년 Landsat ETM 영상이 이용되었으며, 이 이미지 프로세싱은 ENVI를 이용하였다. GIS를 이용한 난대림 관리 시스템 개발은 Arc/Info와 ArcView를 이용하여 완성되었다. 영상 데이터의 촬영시기 차이와 TM 영상의 해상도(Resolution)가 정밀하지 못해 복잡한 지형특성을 지닌 곳에서는 정확한 변화추이를 파악하기는 불가능하였으나, 2002년 영상을 이용하여 분석된 완도의 상록활엽수림 면적은 약 2,027ha로 산출되었다. 상록활엽수림과 상록침엽수림은 11년 전에 비해 소폭으로 증가하였으나 낙엽활엽수림은 큰 폭으로 감소하였다. 식생분류를 위한 기준은 상록활엽수림, 상록침엽수림, 낙엽활엽수림, 기타로 구분하였으며 감독분류기법을 통해 식생이 분류되었다. 완도의 공간 데이터는 녹지자연도, 현존식생도, 산림토양도, 훼손유형도, 지형도, 토지소유현황도로 분류되었고, 이에 대한 속성 데이터베이스는 Arc/Info와 ArcView를 이용하여 완성되었다. 데이터를 관리하고 필요한 정보를 색인 분석하는 사용자 GUI(Graphic User Interface)는 Avenue를 이용하여 개발되었다.

주요어 : 식생변화, 영상 데이터

ABSTRACT

Landsat satellite images were analyzed to study vegetation change patterns of warm-temperate forests from 1991 to 2002 in Wando. For this purpose, Landsat TM satellite image of 1991 and Landsat ETM image of 2002 were used for vegetation classification using ENVI image processing software. Four different forest types were set as a classification criteria; evergreen broadleaf, evergreen conifer, deciduous broadleaf, and others. Unsupervised classification method was applied to classify forest types. Although it was impossible to draw exact forest types in rocky areas because of differences in data detection time and rough resolution of image,

1 접수 2월 16일 Received on Feb. 16, 2004

2 호남대학교 조경학과 Honam Univ., Department of Landscape Architecture (506-714) Seobongdong Gwansangu Gwangju (mincho@honam.ac.kr)

3 호남대학교 조경학과 Honam Univ., Department of Landscape Architecture (506-714) Seobongdong Gwansangu Gwangju (ohkk@honam.ac.kr)

a 이 논문은 호남대학교와 산림청 지원 연구비에 의한 연구 논문임.

2002 data revealed that total 2,027ha of evergreen broadleaf forests were growing in Wando. Evergreen broadleaves and evergreen conifers increased in total areas compared to 11 years ago, but there was sharp decrease in deciduous broadleaves. GIS-based management system for warm-temperate forest was done using Arc/Info. Geographic and attribute database of Wando such as vegetation, soils, topography, land owners were built with Arc/Info and ArcView. Graphic user interface which manages and queries necessary data was developed using Avenue.

KEY WORDS : WARM TEMPERATE, SATELLITE DATA

서론

한반도의 남단에 분포하는 난대림은 독특한 경관 이외에도 환경오염에 대한 내성이 강해 풍치림이나 조경수 등으로 이용되고 있으며, 또한 약재나 장식재, 천연도료, 방향제, 방부제로서의 경제적 가치가 높은 귀중한 생물자원이다(오구균과 김용식, 1997). 이러한 높은 가치를 지닌 난대림에 대해 과학적인 분석과 평가를 통한 보전대책을 수립하고 지속적인 모니터링체계를 마련하는 방안으로 인공위성 영상을 활용하는 원격탐사 기법의 적용이 필요하다. 원격탐사(Remote Sensing)란 인공위성에 탑재된 센서(Sensor)를 이용하여 지표와 지상, 지하에 존재하는 물체에서 반사되는 전자파를 감지, 분석한 후 사용자의 필요에 따라 천연자원, 군사, 시설물, 환경 등에 대한 정보를 도출해 내는 응용기법이다. 즉, 센서에 감지된 전자기파(Electromagnetic Wave)는 영상처리(Image Processing)과정을 통해 아날로그에서 디지털 데이터로 변환된 후 다양한 응용과 분석에 이용되는 수치 지도로 변화된다(Laurini and Thomson, 1988). 인공위성 영상은 현장조사에 소요되는 시간과 경비를 줄일 수 있는 이점이 있으며, 단 시간 내에 광범위한 지역의 자연자원의 변화에 대한 과학적인 분석을 가능하게 하는 장점을 제공한다. 또한 접근이 불가능한 지역에 대한 조사와 정보수집이 가능하고, 장기간의 시간과 인력, 노력이 필요한 지질도, 지형도, 토양도, 식생 분포도, 토지 이용도 등을 원격탐사 기법을 이용하여 쉽고 정확하게 완성할 수 있다(Thomas, 1994). 국토이용계획을 수립하거나 정책을 결정하는 데 크게 도움이 되는 원격탐사는 최소의 비용과 인력으로 대규모의 산림과 토지이용도를 파악하여 국토자원의 효율적이고 안정적인 보존을 위해 필요한 시스템이며 그 이용도는 향후 더욱 증가할 것이다. 본 연구의 목적은 1991년과 2002년의 Landsat TM과 Landsat ETM 인공위성 영상을 이용하여 완도에 대한 난대림 식생분석과 분류를 통해 11년간에 나타난 식생변화를 분석하는 데 있다. 또한 분석된 자료를 데이

터베이스로 구축하여 난대림의 식생변화 파악 및 복원과 보존, 그리고 체계적인 관리를 할 수 있는 관리 시스템을 구축하는데 있다.

재료 및 방법

1. 연구 방법

본 연구는 난은대 기후대에 속한 전라남도 완도군의 완도 본섬을 연구 대상으로 선정하였다(Figure 1). 관리시스템 개발과 난대림 식생분석은 위성영상 분석 프로그램인 ENVI(Intersys, 2001)와 GIS 프로그램인 Arc/Info(ESRI, 1996)와 ArcView를 이용하여 완성되었으며, 사용자 메뉴인 GUI(Graphic User Interface)는 Avenue를 이용하여 완성되었다. 식생 분석을 위한 위성영상은 해상도가 $30 \times 30m$ 인 1991년 8월의 Landsat TM(Thematic Mapper)영상과 2002년 8월의 Landsat ETM(Enhanced Thematic Mapper)영상을 사용하였다. Landsat TM 영상은 가시광선에서 적외선 분

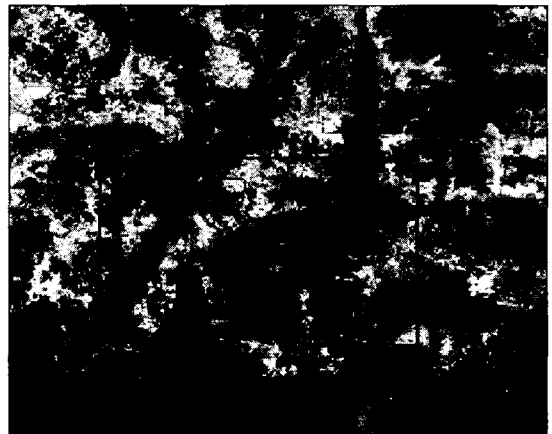


Figure 1. Map of study area showing Wando island

광을 감지하는 7개의 밴드로 구성되어 있으며 주로 자연자원탐사에 활용되는 영상이다(Jensen, 1996). 난대림 분석과 식생별 분류를 위한 영상분석은 분류지역에 대한 사전 정보 없이 분석 데이터를 가장 미세한 계층(Class)별로 분류하는 무감독분류(Unsupervised Classification) 방법을 적용하는 대신, 현지 조사된 연구지의 식생자료(오구균과 김용식, 1997)를 기준으로, 영상데이터에 나타난 화소(Pixel)값을 기준으로 식생별로 분류하는 감독분류(Supervised Classification) 방법을 이용하였다. 조사된 식생 데이터는 식생별로 분류된 공간 Database와 연계하여 입력하였으며, Arc/Info에서 관계형 데이터베이스로 완성되었다. 예를 들어 현존 식생도에 대한 속성데이터는 데이터의 특성을 식생별로 구분하여 현존 식생과 산림유형으로 분류하여 입력하였다. 현존 식생은 난온대림 서식지, 농경지/주거지, 벌채지, 조림지 등으로 구분하였고, 산림유형은 상록활엽수림, 낙엽활엽수림, 상록침엽수림, 기타 등 4개의 항목으로 구분하였다(산림청, 2000). Figure 2는 영상 분석과 난대림 관리 시스템 개발과정을 나타낸다.

영상데이터와 현지 조사된 데이터의 좌표값을 일치시키기 위한 기하학적 보정은 Arc/Info에 디지털아이징된 지형도를 TM(Transverse Mercator)투영법으로 변환시킨 후, 영상에 표시한 기준점과 연구 대상지의 좌표값을 상호 보정하여 RMS(Root Mean Square)값이 1 이상 되는 지역을 제거하여 이루어졌다(Burrough et al., 1996). 영상과 현지 조사된 연구지역의 좌표를 통일하기 위한 기하보정을 위해 필요한 좌표의 지상 기준점인 GCP(Ground Control Point)는 15개를 선정하

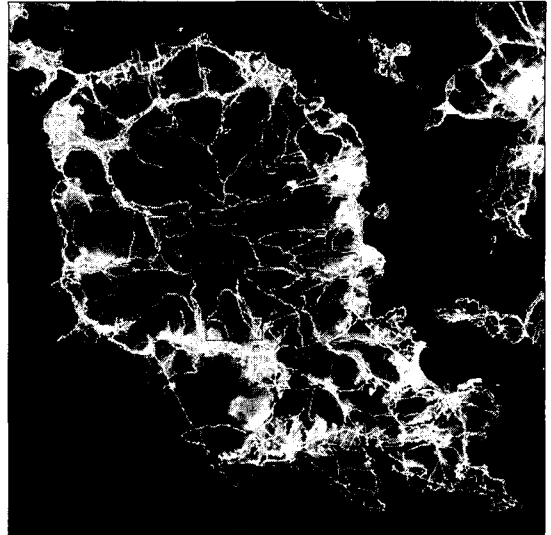


Figure 3. Geo-referenced map from field surveyed data

였으며, RMS(Root Mean Square)값의 평균은 0.3이내로 하였다. 이러한 절차에 의해 분석된 영상데이터의 결과는 Arc/Info로 변환시킨 후 중첩(Overlay)과정을 통해 분석된 영상의 식생과 현지 조사를 통해 만들어진 식생도를 비교, 분석하였다. 수치지도에 의해 보정된 1991년 위성 영상(Figure 3)을 이용하여 같은 방식으로 2002년 영상에 직접 GCP를 등록시켜 2002년 위성 영상을 보정하였다.

결과

식생분류의 항목의 기준이 되는 임상도와 직접 현장 조사된 현존 식생도는 상세하게 분류되어 있으나 이러한 데이터를 위성영상분석에 그대로 사용하는 데는 문제가 있었다. 예를 들어 곰솔림과 리기다 소나무림은 인공위성 영상에서 그 파장특성이 유사하며, 마찬가지로 낙엽활엽수인 상수리 나무림과 굴참나무림도 파장특성이 유사하게 나타난다. 혼효림의 경우, 두 가지 이상 수종의 분광값이 차이가 있다면 그 평균값으로 나타나고 영상 분류시 그 혼합되어 있는 비율에 따라 가장 가까운 분류항목으로 분류될 것이다. 또한 임상도에 과수원이나 농경지, 묘포장으로 표시된 지역의 분광특성은 비슷하여 겨울에 촬영된 영상에서는 그와 같은 상세한 분류가 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 파장대 특성을 고려하여 곰솔군락, 붉가시나무 군락, 후

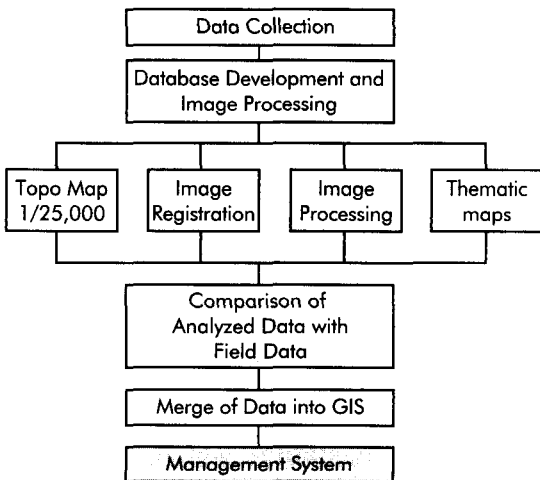


Figure 2. Development procedures of warm-temperate forest management system

박나무군락 등으로 상세하게 분류된 현존 식생도를 이용하여 이를 다시 상록활엽수림, 침엽수림, 낙엽활엽수림으로 구분하고 나머지 분류항목은 기타로 분류하였다. 산림유형 분석은 영상 분류방법 중 가장 일반적으로 사용하는 감독 분류방법인 최대 우도법(Maximum Likelihood Classification)을 통해 이루어졌다. 최대 우도법은 개개의 픽셀값을 서로 다른 식생 분류항목에 속할 확률을 구하여 분류하는 방법이며, 여기서의 확률

은 Training Data에서 구해진 각 분류항목의 평균과 분산을 기준으로 하여 계산된다(Jensen 1996; Burrough 1998). 이 방법이 가장 정확하고 일반적으로 적용되기 때문에 본 연구에서도 적용되었다. 감독분류기법을 이용한 영상자료의 분류를 위해서는 관심 대상 영역(ROI, Region Of Interest)을 선정해야 한다. ROI는 정밀 분석을 하기 위한 관심영역을 의미하며 위성 영상 분석에서는 분류항목의 설정과 이에 대한 Training Data를 생성하는 데 사용된다. 상록 활엽수림과 침엽수림의 분류항목에 대한 ROI는 Figure 4와 같이 상록 활엽수림(906 pixel), 침엽수림(817 pixel), 낙엽활엽수림(281 pixel), 기타(622 pixel)를 완도에 골고루 분포하도록 선정하였다. Figure 5는 최종적으로 분류된 완도 지역의 산림유형을 나타내고 있다. 난대림 식생은 1991년에 비해 2002년 식생의 분포면적이 줄어들었으나 Landsat TM 영상의 해상도가 낮아 정확한 분포영역을 분석하기는 불가능하였다.

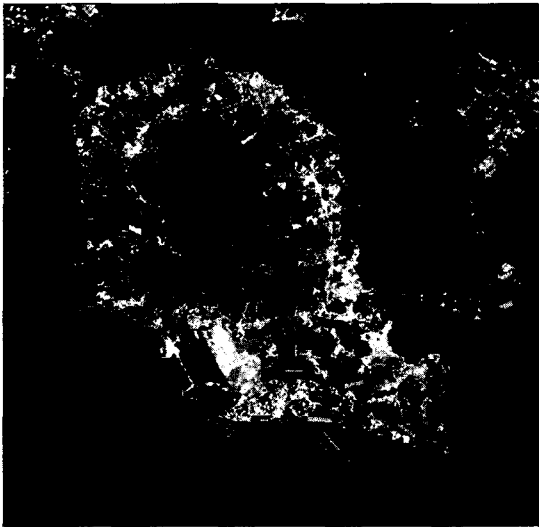


Figure 4. Map showing 15 ROI points on the study area

2002년 영상을 이용하여 분석된 완도의 상록활엽수림 면적은 약 2,027ha로 산출되었으며, 오구균과 김용식(1997)에 의해 산출된 면적인 1,799ha와 비교하면 약 248ha의 면적차이가 있으나, 상층부에 상록활엽수림이 우점하고 있는 혼효림을 상록활엽수림으로 간주한다면 산출은 면적은 거의 유사하다고 판단된다. 또한 임업 연구원에서 항공사진을 분석하여 만든 식생 분포도를 토대로 작성한 임상도를 기준으로 2000년에 현지 정밀 조사된 자료를 보완하여 만든 현존 식생도(산림청, 2000)와 난대림 식생의 변화추이를 분석한 결과 상록활엽수림과 상록침엽수림은 11년 전에 비해 소폭 증가하였으나 낙엽활엽수림은 큰 폭으로 감소하였다(Table 1).

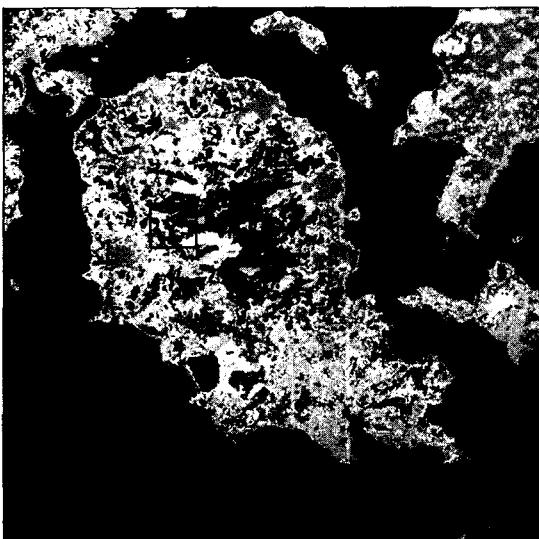


Figure 5. Classified image of the study area based on different vegetation types

산림유형별로 분석된 영상은 격자형태의 래스터데이터(Raster Data)이므로 이를 선의 형태인 벡터데이터(Vector Data)로 변환해야 한다. 이를 위해서 래스터를 벡터로 변환이 가능한 DXF(Data Exchangeable Format)포맷으로 변환, 오류데이터를 수정 후 각각의 레이어로 구분하여 Arc/Info와 ArcView를 이용하여 GIS 데이터베이스로 통합하였다. DXF파일은 AutoCAD 2000에서 만들어졌으며 이는 다시 Arc/Info 포맷으로

Table 1. Comparison of vegetation changes between 1991 and 2002

식생분류기준	1991년	2002년	증감 차이
상록활엽수림	1,817.8	2,027.2	+ 209
상록침엽수림	2,010.9	2,154.4	+ 144
낙엽활엽수림	3,998.9	2,854.5	-1,144
기타	3,440.6	3,852.3	+ 412

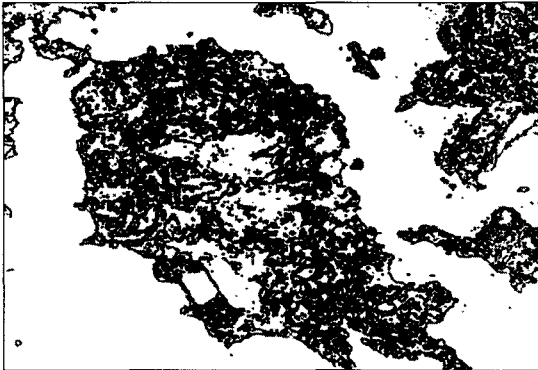


Figure 6. Vector data of the study area made from raster image data

변환되었다. Figure 6은 위성영상에서 분류된 산림 식생유형도를 벡터데이터로 변환한 결과를 나타내는 이미지다.

고찰 및 제언

난대림의 보존과 관리를 위해서는 시간과 인력을 절감할 수 있는 원격탐사기법과 지리정보시스템에 의한 난대림 관리시스템의 개발이 필수적이다. 본 연구에서는 Landsat TM 데이터를 활용하여 완도군 지역을 중심으로 11년 동안의 난대림 분포 변화추이를 파악하기 위해 1991년 데이터와 2002년 데이터를 비교 분석하였다. 영상 데이터의 촬영시기 차이와 TM 영상의 해상도(Resolution)가 정밀하지 못해 복잡한 지형특성을 지닌 곳에서는 정확한 변화추이를 파악하기는 불가능하였다. 2002년 영상을 이용하여 분석된 완도의 상록활엽수림 면적은 약 2,027ha로 산출되었으며, 상록활엽수림과 상록침엽수림은 11년 전에 비해 소폭으로 증가하였으나 낙엽활엽수림은 큰 폭으로 감소하였다. 관리시스템은 4개의 모듈로 구성된다. 이는 분석된 인공위성 영상과 구축된 GIS 도면을 직접 화면에 띄울 수 있는 공간데이터의 Display모듈, 공간정보와 연계된 속성데이터를 색인하고 수정, 편집할 수 있는 분석모듈, 도면을 출력하여 원하는 난대림의 식생과 유형, 복원지를 선택할 수 있는 중첩모듈, 원하는 결과

물을 그래프, 도면, 테이블 등으로 출력할 수 있는 모듈로 구성된다. 관리 시스템이 완성되면 사용자는 난대림의 분포도, 복원방법과 복원지 등에 대한 검색과 수정을 컴퓨터 화면에 나타난 도면을 통해 속성자료를 직접 입력하고 편집할 수 있게 된다. 인공위성 영상은 넓은 지역에 대한 식생분석과 변화, 토지이용 등의 요소를 단시간 내에 분석할 수 있는 장점이 있으나 해상도가 높지 않은 경우에는 정밀한 결과를 얻을 수가 없다. 그러나 넓은 지역 내의 단일수종이 분포하는 지역(인공 조림지)을 대상으로 한 식생 분류에는 영상 데이터가 효과적일 수 있다. 해상도가 매우 뛰어난 IKONOS 데이터 등을 이용한다면 난대림의 정확한 식생변화와 분포상황을 파악할 수 있을 것이다. IKONOS 데이터가 비교적 고가이긴 하나 현존하는 난대림에 대한 정확한 분석을 위해서는 향후 반드시 필요한 연구사항이다.

인용문헌

- 산림청 (2000). 난대림 생물 산업화를 위한 개발 산·학·관 협동 실연 연구 (II). 산림청. 95pp.
- 오구균, 김용식(1997) 난대 기후대의 상록활엽수림 복원 모형(1). 환경생태학회지. 10(1): 87-102.
- Burrough P, A. and R. McDonnel(1998) Principles of Geographical Information System. Oxford Univ. Press. London. 186pp.
- ESRI(1996) Understanding GIS. ESRI, Inc. Redlands, USA, 36pp.
- ENVI(2001) ENVI Tutorials, Research Systems, Inc. USA, 27pp.
- Jensen R. J(1996). Introductory Digital Image Processing: A Remote. Sensing Perspective. 2nd Ed. Prentice Hall, pp. 22-23.
- Laurini R., and D. Thompson(1988) Fundamentals of Spatial Information Systems. Academic Press. San Diego, CA, pp 150-156.
- Thomas M. L and R. W. Kiefer(1994) Remote Sensing and Image. Interpretation. 3rd Ed. John Wiley, New York, 98pp.