위성영상으로부터의 비점오염원 정보추출: 우포늪 유역을 대상으로

Information Extraction on the Nonpoint Pollution from Satellite Imagery for the Woopo Wetland Area

서동조
서울디지털대학교 컴퓨터공학부

Seo Dong-Jo
Seoul Digital University

요약

국내 최고의 자연습지인 경상남도 창녕군 우포늪은 생태보전지역으로 지정되어 관리되고 있지만 생태계보전지역만을 대상으로 한 소극적인 관리로 인해 여러 생태 환경의 문제가 대두되고 있다. 따라서 우포늪 유역 전체에 대한 생태 보전을 위해 위성영상에 의한 효율적 관리가 요구되고 있다. 이 논문에서는 위성영상으로부터 비점오염원 정보를 추출하기위한 분류항목을 설정하고, 규칙기반 분류기법을 적용하여 우포늪 유역의 토지피복 분류를 수행하였다. 이를 통하여 비점오염원 유출모형에서 사용되고 있는 유출곡선지수, 식생피복인자, 조도계수 등의 인자에 위성영상으로부터 분류, 추출된 토지피복정보를 적용할 수 있는 방안을 제시하였다.

Abstract

It was investigated what is the reasonable landcover classification system for the nonpoint pollution models. According to the parameters of the nonpoint pollution models, runoff curve number, crop management factor and Manning's roughness coefficient, the landcover classification system was proposed to manage the drainage basin of the Woopo wetland. Also, the rule-based classification method was adopted to extract the landcover information for this study area.

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라 최고(最古)의 자연습지인 우포늪은 람사협약에 등록되어, 생태계보전지역과 습지보호지역으로 지정되어 관리되고 있는 매우 중요한 습지이다. 그러나 유역 내 비점오염원으로 인한 수질오염과 홍수로 인한 범람으로 생태보전의 문제가 상존하고 있으며, 생태계보전지역 만을 대상으로 한 소극적 관리로 생태자원의 관리 문제는 더욱 심각하게 대두되고 있다[1][2].

이와 같은 습지의 문제를 해결하기 위한 연구로 Landsat TM과 IKONOS 영상을 이용한 습지의 유형분류[3][4], 습지 주변의 토지이용을 평가하여 수질관리방향을 설정[5] 등이 다양하게 수행되어왔다. 그러나 이 들의 연구는 습지 자체만을 대상으로 한 유형분류와 도면화에만 관심이 집중되어 있으며, 습지 주변지역에 대한 토지피복 분류 항목은 단순화되어 있는 한계가 있다. 또한 위성영상은 개략적인 습지의 가능성과 분포 현황을 파악하기 위한 육안해석(interpretation)용, 현지답사를 위한 계획 수립용으로만 활용되고 있는 한계가 있다.

[표 1] 위성영상이 적용된 각 국의 토지이용/토지피복 분류체계

설정 국가	분류체계	해상도 (m)	적용된 위성 영상
미국	The USGS land use/land cover classification system	200	Landsat
	The global land cover characteristics database	1,000	Advanced Very High Resolution Radiometer(AVHRR)
	The USGS National Gap Analysis Program(GAP)	30	Landsat TM
	The Multi-Resolution Land Characteristics (MRLC) Consortium	30	Landsat TM
유럽 연합	The Coordination of Information on the Environment(CORINE)	500	Landsat TM, SPOT
아시아	The Land Cover Working Group(LCWG) of the Asian Association on Remote Sensing (AARS)	1,000	AVHRR
대한 민국	환경부의 토지피복 분류체계	30	Landsat TM, IRS-1C

위성영상의 토지피복 분류항목 설정에 관한 연구로는 [표 1]의 위성영상이 적용된 각 국의 토지이용/토지피복 분류체계와 같이 각 대륙별, 국가별, 지역별 특성을 반영하여 구분되어 있음을 알 수 있다. 그러나 이 분류체계들은 위성영상의 반사특성을 고려한 토지피복 항목이라고 하기보다는 토지이용 항목이 혼용되어있어 위성영상의 분류체계 설정에 적절하지 못하

다. 특히 환경부 토지피복지도의 경우 중분류는 수작업에 의한 육안분류기법에 의해 작성되고 있어 위성영상이 지니고 있는 분광학적 특성을 잘 반영한 효율적인 토지피복 분류는 이루어지지 못하고 있음을 알 수 있다[6].

따라서 비점오염원 유출모형 등에서 사용하고 있는 여러 인자를 고려하여 비점오염원을 관리하는데 적절한 토지피복 분류체계를 설정하고, 다중 시기 위성영상의 토지피복 분류를 위한 규칙기반분류기법을 제시하는 것을 목표로 연구를 수행하였다.

2. 연구의 과정 및 방법

연구의 방법으로는 우선 비점오염원 유출모델의 주요인자, 선행연구에서 사용되었던 토지피복 항목 등에 대해 조사하여 비점오염원 관리를 위한 토지피복 분류항목 체계를 설정하는 것이 우선이다. 다음으로 연구 대상지의 효율적인 토지피복 분류를 위하여 규칙기반 분류기법을 제시하고 적용하는 것이다. 이후 답사를 통하여 연구대상지의 훈련자료 및 참조자료를 수집하고 토지피복 분류정확도를 검증하는 것이다.

II. 연구 대상지 및 재료

1. 연구 대상지

연구대상지인 우포늪은 우리나라 최대의 내륙습지생태계로서 행정구역상 경상남도 창녕군 이방면, 대합면, 유어면 등에 위치하고 있다. 우포늪이 속한 유역은 토평천 유역으로 유역면적 120.2㎢, 유로연장 29.5km의 낙동강의 제 1지류이다. 우포늪의 상류에는 토평천 본류 이외에 초곡천, 평지천, 대합천과 중대천, 도야천 등이 직접 혹은 합류되어 우포늪으로 유입되고 있는데 토평천 유역의 하폭과 하상계수는 대합천과 우포합류점까지는 비교적 넓고 완만하나, 대합천 상류부로 올라갈수록 하폭은 좁고 하상경사는 증가되고 있다.

주요 산업구조는 농업 및 서비스산업의 특성을 내포하고 있으며, 낙동강역 평야지대를 중심으로 하는 전형적인 농업중심구조로 농어가 구성비가 58.4%를 점유하고 있다[7].

2. 연구 재료

연구를 위해 사용한 위성영상은 SPOT-5와 Landsat ETM Plus 영상이다. 이외에 보조자료로 토지이용도, 하천망도 등을 사용하였으며, Erdas Imagine과 ArcView GIS 소프트웨어를 사용하여 자료를 처리하였다. 이 내용을 정리하면 [표 2]의 내용과 같다.

[표 2] 연구 재료

	내용	특징
위성영상	SPOT-5	수집일 : 2003. 3. 20
	Landsat ETM Plus	수집일 : 2002. 6. 8
보조자료	토지이용도	축척 1/5,000 (창녕군 이방면)
	하천망도	축척 1/25,000
	행정구역도	축척 1/25,000
자료처리용 소프트웨어	Erdas imagine	v.8.4
	ArcView GIS	v.3.2

III. 토지피복분류기법

1. 토지피복 분류항목의 설정

비점오염원에 의한 오염물질량을 계산하는 방법을 기존 연구사례에 의해 구분하면 다음의 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 토지이용별 비점오염원의 원단위를 산정하는 것으로, 1990년대부터 오염총량관리제 시행을 위한 기초자료 확보차원에서 가장 많은 연구가 수행된 것이다[8-12]. 두 번째로는 기존에 개발된 모형을 그대로 사용하거나 우리나라의 상황에 맞게 수정하여 사용하는 것으로, 도시지역에서는 SWMM(Storm Water Management Model)[13] 등의 모형을 주로 사용하고[14], 비도시 지역에는 HSPF(Hydrologic Simulation Program Fortran)[15]나 AGNPS(Agricultural Nonpoint Source Pollution Model)[16] 등의 유역 모형을 이용하여 단기 강우사상에서의 비점 오염원에 의한 수질변화 특성을 예측하는 것이다[17][18]. 세 번째로는 유역에서의 유량과 부하량의 실측치를 통계적 분석에 의하여 하나의 식으로서 나타내는 유량-부하량 관계식에 의한 계산법이다. 그러나 유량-부하량 관계식에 의한 오염물질량 산정은 실측치가 있는 기간에 대해서만 적용이 가능하며, 유역의 오염원이 증감되거나 환경기초시설 설치 등 오염물질 배출여건이 변화되는 기간에 대해서는 그 적용에 한계가 있는 방법이다[19].

[표 3]과 같이 원단위에 의한 방법은 비점오염원에 해당하는 토지이용항목은 논, 밭, 임야, 대지, 기타 등 총 5개이며, 목장이나 골프장을 따로 분류하기도 한다. 이때 밭은 지목별 면적 중 전과 과수원을 포함하며, 대지는 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 철도용지, 체육용지(골프장제외), 유원지, 종교용지, 사적지 등을 포함한다. 기타에는 광천지, 염전, 제방, 구거, 유지, 수도용지, 공원, 묘지, 잡종지 등이 포함된다[20].

[표 3] 토지이용에 따른 비점오염원 발생 원단위 항목

제안 기관 및 문헌	원단위 항목						
	전	답	임야	대지	목장	골프장	기타
국립환경연구원(1983)	○	○	○				○
환경청(1986)	○	○					
한국수자원공사(1991)	○	○	○	○	○		○
환경부(1995)	○	○	○	○	○		
환경부(1998)	○	○	○	○	○		○
환경부(1999a)	○	○	○	○	○	○	
한강유역환경관리청(2001)	○	○	○	○			○
국립환경연구원(2002)	○	○	○	○			○
한국환경정책평가연구원(2004)	○	○	○	○		○	○

수문유출모형을 사용하는 경우 유출곡선지수 SCS-CN(Soil Conservation Service-Curve Number)을 이용한 강우유출 등급 산정, 토양유실량 예측공식에 의한 부하량 추정, Manning의 조도계수(Manning's roughness coefficients) 등의 내용이 토지피복 정보와 관련해서 각 모형에 공통적으로 적용되고 있는 내용이다. 따라서 각 인자의 내용을 통합하고 있어서 공통으로 적용할 수 있는 항목이 되어야 하는 것을 원칙으로 [표 4]와 같은 내용의 토지피복 분류항목을 설정하였다.

이 외에도 비점오염원 유출모델에서 사용하고 있는 토양, 토지이용, 식생 등의 항목을 고려하여 위성영상의 반사특성에 적합하도록 재 분류하여 사용할 수 있어야 하며, 세분류의 수준은 분석에 사용된 위성영상의 공간 해상도에서 추출할 수 있는 내용이 되도록 하며, 중분류와 대분류는 일관된 속성이 유지되도록 통합할 수 있어야 하고, 또한 연구 대상지의 특성을 반영한 분류 항목이 되어야 하며, 다른 지역에도 적용될 수 있는 내용이 될 수 있고, 서로 다른 시기에 수집된 위성영상의 사용에도 적용 가능한 분류체계가 되도록 고려하였다.

[표 4] 토지피복 분류항목의 설정

대분류(5)	중분류(13)	세분류(18)
시가화/건조지역	건폐지	건폐지
	교통시설	포장
		비포장
나지	습한 토양	습한 토양
	마른 토양	마른 토양
농업지역	논	휴경지
		이모작 농경지
	밭	휴경지
		이모작 농경지
	과수원	과수원
	기타 작물	기타 작물
	비닐하우스	비닐하우스
식생	초지	초지
	산림	저 활력도
		중 활력도
		고 활력도
수역	하천	하천
	저수지	저수지

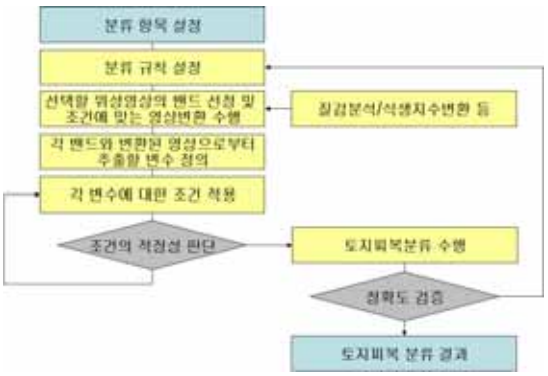
2. 토지피복분류 수행

이상의 토지피복 분류항목에 대해 규칙기반 분류기법을 적용하여 분류를 수행하였다. 규칙기반 분류기법은 분류하고자 하는 대상 집단을 의사결정 규칙에 따라 단계적으로 몇 개의 소 집단으로 분류하는 것으로, 어떠한 속성들이 각각의 분류항목에 어떠한 영향을 주는가를 규칙으로 적용하는 분류기법이다. 따라서 각 항목에 속한 데이터의 분포에 대한 가정이 불필요하고, 해상도 등의 척도가 다른 자료 처리도 가능한 장점이 있다.

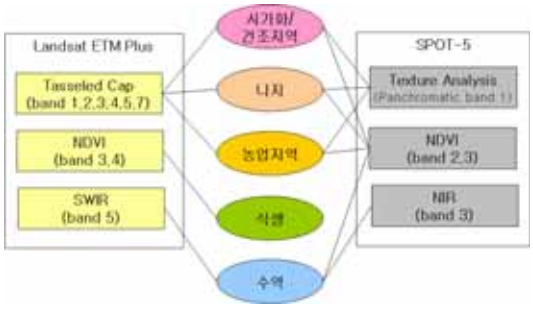
[그림 2]는 이러한 규칙기반 분류기법의 처리과정을 정리한 것이다. 그리고 연구에 사용한 위성영상으로부터 각 각의 분류항목에 적절한 정보추출 기법을 적용한 것이 [그림 3]과 같다. 그리고 이러한 과정을 거쳐 최종적으로 분류된 결과가 [그림 4]이다.

IV. 결 론

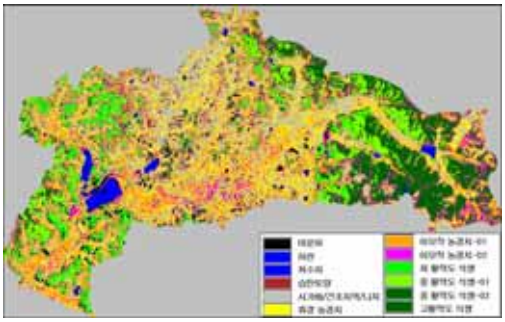
우포늪 토평천 유역의 수질 및 비점오염원 관리를 위해 필요한 위성영상으로부터 비점오염원 정보를 추출하는 연구를 수행하였다. 이 과정에서 비점오염원과 토지피복 분류항목 간의 상관관계를 밝혀, 위성영상으로부터 활용할 수 있는 비점오염원 정보를 효과적으로 추출할 수 있었다.



▶▶ 그림 1. 자료 처리 과정



▶▶ 그림 2. 각 분류 항목에 따른 정보추출 기법



▶▶ 그림 3. 분류 결과

▌참 고 문 헌▐

[1] 환경부(2002),「창녕 우포늪 생태계보전지역 보전·관리대책수립」.

[2] 환경부(2003),「습지보호지역 보전계획」.

[3] 구본학(2002), 습지유형분류 및 도면화 방법에 관한연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문.

[4] 주위홍(2002), 두반강 하류와 DMZ 동부 습지유형 및 분포특성 비교연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문.

[5] 송은엽(2002), 내륙습지의 관리를 위한 기능평가에 관한 연구 : 야생동물 서식처 기능을 중심으로, 서울대학교 대학원 석사학위논문.

[6] 환경부(2001),「토지피복지도 제작지침」.

[7] 창녕군(2004),「통계연보」.

[8] Jain, C.K., K.K.S. Bhatia and S.M. Seth(1998), “Assessment of Point and Non-point Sources of Pollution Using a Chemical Mass Balance Approach,” Hydrological Sciences, 43(3):379-390.

[9] Johnes, P.J. and P.E. O'Sullivan(1989), “The natural history of Slapton Ley Nature Reserve XVIII: Nitrogen and phosphorus losses from the catchment - an export coefficient approach,” Field Studies, 7:285-309.

[10] 김성수, 김종석, 방기연, 권은미, 정욱진(2002), “경안천 유역의 강우사상별 비점오염원 유출특성 및 원단위 조사,”「대한환경공학회지」, 24(11):2019-2017.

[11] 박연희, 박석순(2004), “강우강도에 따른 토지이용별 비점오염원 부하량 산정 함수 연구,”「대한환경공학회지」, 26(10): 1070-1078.

[12] 신창민, 최지용, 박철휘(2004), “도시지역에서의 토지이용별 비점오염물질 유출특성,”「대한환경공학회지」, 26(7):729-735.

[13] Huber, W.C.(1992), Storm Water Management Model(SWMM) Ver. 4; User's Manual, Environment Research Laboratory Office and Development, Corvallis, Oregon, USA.

[14] 김도연(1995), STORM 모형을 이용한 비점오염원 부하의 규모와 특성에 관한 연구, 서울대학교 보건대학원 석사학위논문.

[15] Johanson, R.C., J.C. Imhoff, H.H. Davis, J.L. Kittle, and A.S. Donigian(1981), User's Manual for Hydrologic Simulation Program-Fortran (HSPF), Release 7.0. Athens, GA: U.S. Environmental Protection Agency.

[16] Young, R.A., C.A. Onstda, D.D. Bosch, and W.P. Anderson(1987), AGNPS, Agricultural Non-Point Source Pollution Model. A Watershed Analysis Tool. USDA, Conser Res. Report 35.

[17] 송동하(1999), 일일 오염 부하량 예측을 위한 분포형 유역 모형 개발, 서울대학교 대학원 박사학위논문.

[18] 강문성(2002), 인공신경망 원격탐사기법과 비점오염모델을 이용한 오염총량모의시스템 개발, 서울대학교 대학원 박사학위논문.

[19] 엄명철(2004), 하구담수호 유역의 시공간적 오염물질 배출구조 해석, 서울대학교 대학원 박사학위논문.

[20] 한강유역환경관리청(2001),「한강수변구역관리 기본계획 및 설계 종합 보고서」, 환경부.