

국토변화탐지를 위한 지형분류체계 개선안

Proposal of Feature Classification System for Land Change Detection

박준구* · 노명종** · 조우석*** · 방기인****

Park, Jun Ku · Noh, Myoung Jong · Cho, Woo Sug · Bang, Ki In

要 旨

국내 여러 기관에서 토지피복분류체계, 토지이용현황분류체계 등 국토의 정확한 현황 파악을 위해 다양한 지형분류체계를 활용 중에 있다. 그러나 이러한 분류체계로 국토변화를 탐지하기에는 적용성이 떨어지며, 변화지역을 추출하기에도 적합하지 않다는 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 국토에 대한 자연적, 인위적 변화요소들을 모두 효과적으로 나타낼 수 있는 표준 지형분류체계를 제안하고자 한다. 이를 위해 국내외 유사 지형분류체계에 대한 비교·분석을 수행하고, 이를 바탕으로 표준 지형분류 항목을 제안하였다. 자동 지형분류 적용 가능성을 평가하기 위하여 감독분류 기반의 자동 지형분류와 선행지식 기반의 자동 지형분류를 수행하여 정확도를 평가하였다.

핵심용어 : 지형분류체계, 국토변화탐지, 토지피복

Abstract

For the exact status of the land such as land cover classification and land use classification, feature classification system has been utilized in several organizations and agencies. However, those classification systems are limited to detection of land change and it's also not suited for the extraction of land changed. In this study, we would proposed a standard feature classification system which presents both in natural and artificial change of land effectively. Based on comparison and analysis of domestic and foreign relevant feature classification system, we proposed a standard feature classification system. In order to validate the applicability of the proposed feature classification system, we evaluated the accuracy with using automatic feature classification based on supervised classification and pre-knowledge hierarchical classification

Keywords : Feature classification systems, Change Detection of national land, Land Cover

1. 서 론

정책방향의 변화, 경제의 발달 및 인구의 이동 등으로 빠르게 변화하고 있는 국토의 모습을 신속·정확하게 탐지함으로써 시기적절한 국토 이용계획의 수립이 필요하다. 현재 국내 여러 기관에서 국토의 정확한 현황 파악을 위해 사용하고 있는 토지피복분류체계나 토지이용현황분류체계 등에 적용되는 지형분류 항목은 국토 관리나 국토 이용계획수립 등을 목적으로 하고 있기 때문에 국토 변화를 탐지하는 경우, 적용성이 떨어지며 변화지역을 추출하기에도 적합하지 않다는 문제점을 가지고 있다.

국토의 변화탐지를 위해 다양한 방법들이 적용되고 있으나, 각각의 시기에 대한 정확한 지표면의 이용형태 또는 물리적 피복형태를 결정한 후 비교를 통해 변화지역을 추출하는 방법이 가장 일반적이다. 그러나 이와 같은 방법은 분류작업을 수행하는 기관이나 사용자에 따라 서로 다른 기준을 적용하는 경우, 정확한 변화정보를 획득할 수 없는 문제점을 가지고 있으므로 표준화된 지형분류체계의 수립이 선행되어야 한다.

본 연구는 기존 분류체계의 문제점을 보완하여 효율적인 국토변화탐지를 위한 표준 지형분류체계를 제시하고자 하며, 지형분류 항목의 적절성과 자동화 가능성에 대한 분석을 수행하고자 한다.

2011년 2월 25일 접수, 2011년 3월 29일 채택

* 정회원 · 인하대학교 지리정보공학과 박사과정(june@inhaian.net)

** 교신저자 · 정회원 · 인하대학교 지리정보공학과 박사후과정(nmj@inhaian.net)

*** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 교수(wcho@inha.ac.kr)

**** 인하대학교 토목공학과 겸임교수(bkikse@gmail.com)

2. 지형분류체계 개선안

분류 등을 위한 지형분류체계를 마련하고 있다.

국토해양부는 국토의 변화를 정량적으로 분석하기 위하여 2005년부터 전 국토를 대상으로 국토변화탐지 모니터링 사업을 진행 중에 있으며, 국내외 여러 기관에서도 토지피복지도 제작, 전파관리시스템 지형특성

2.1 국내외 유사 지형분류체계 비교 분석

미국, 유럽연합, 네덜란드 등 선진 외국의 5개 지형분류체계와 환경부, 국토해양부 등 국내 지형분류체계 4개에 대한 분석을 수행하였다. 미국, 유럽연합, 네덜란드

표 1. 국내외 유사 지형분류체계

분류체계	제작목적	사용자료	기본축척	분류항목	제작방법
Anderson (미국 지질조사국)	• 환경감시 • 국토관리 • 도시관리	• 위성영상 • 항공사진	• 1/500,000 • 1/62,500 • 1/24,000	• 1단계: 9개 • 2단계: 37개 • 3, 4단계: 지역특성 고려	• 1단계: 다중밴드 영상을 이용한 감독분류 • 2단계: 위성영상의 육안판독을 통한 스크린 디지털 타이핑 • 3, 4단계: 항공사진 육안판독 및 현장조사
NLCC (미국 지질조사국)	• 환경감시 • 국토관리	• 위성영상	• 1/100,000 (30m 격자단위)	• 1단계: 9개 • 2단계: 21개	• 위성영상의 무감독 분류 후, 수치표고모델, 통계자료 및 주제도 등을 참고하여 결정
CORINE (유럽연합)	• 환경정책 개발·수행 • 환경정보 통합·교류	• 중해상도 위성영상 • 수치지도	• 1/100,000	• 1단계: 5개 • 2단계: 15개 • 3단계: 44개	• 1단계: 중해상도 위성영상 위에 수치지도, 주제도, 통계자료 등을 중첩한 후 지표피복의 경계를 스크린 디지털 타이핑 • 2, 3단계: 항공사진을 보조자료로 추가하여 판독
국립통신 관리국 (스웨덴)	• 전파분석	• 중해상도 위성영상	• 1/100,000 (50m 격자단위)	• 1단계: 13개	• 중해상도 위성영상의 육안판독 후, 스크린 디지털 타이핑
LUCC (네덜란드 ITC)	• 토지이용과 토지피복의 개념 적 차이 정립	• 위성영상 • 항공사진	-	• 1단계: 토지피복: 7개 토지이용: 7개 • 2단계: 토지피복: 19개 토지이용: 26개	• 분류단계에 따라 중해상도 위성영상 또는 항공사진의 육안판독 후 스크린 디지털 타이핑
토지피복 (환경부)	• 환경관리	• Landsat • SPOT-5 • 항공사진	• 1/50,000 • 1/25,000 • 1/5,000	• 대분류: 7개 • 중분류: 22개 • 세분류: 41개	• 1단계: 다중밴드 영상을 이용한 감독/무감독 분류 • 2단계: 육안판독 및 현장조사 • 3단계: 육안판독 및 현장조사
토지이용현황 (국토해양부)	• 국토이용계획	• 항공사진	• 1/25,000	• 1단계: 4개 • 2단계: 14개 • 3단계: 38개	• 항공사진 도화 및 현장조사
전파관리 시스템 지표특성 (방송통신 위원회 전파관리소)	• 전파분석	• 위성영상 • 건물 고도자료	• 1/25,000 (30m 격자단위) • 1/5,000 (30m 격자단위)	• 1단계: 9개	• 위성영상과 건물 고도자료를 중첩하여 육안판독 후 스크린 디지털 타이핑 • 도심지의 경우, 1m급 고해상도 위성영상 사용
건설표준품셈 (국토해양부)	• 국토변화	• SPOT-5 • Landsat-7 • 수치지도	• 1/25,000	• 1단계: 6개	• 수치지도와 위성영상을 이용하여 지형 분류 및 면적 산출 • 동일 지역에 대하여 시점이 다른 자료를 이용하여 지형이 변화된 곳 탐지 및 면적을 산출

드 등 선진 외국의 경우 미국지질조사국, 유럽환경청, ITC 등 관련 전문기관을 주관기관으로 선정하여 표준적인 지형분류체계를 구축하고 있으며, 국내의 경우에도 환경부, 국토해양부, 방송통신위원회 전파관리소, 국방부 등에서 독자적인 지형분류체계를 수립하여 토지피복이나 이용현황 등에 대한 데이터베이스를 구축하고 있다.

이들 기관들은 표 1에서와 같이 대부분 단계적으로 분류항목을 세분화해 나가는 계층적 분류체계를 채택하는 공통점을 가지고 있지만, 각 단위별 분류항목이나 세부적인 분류항목의 구성, 제작방법 등은 제작목적이나 사용자, 축적 등에 따라 차이를 나타내고 있다. 그러나 기본적으로 대분류는 위성영상이나 항공사진 등 원격탐사 자료를 이용하여 구축할 수 있는 토지피복적인 특성을 기준으로 구분하고 있으며, 세분화 될수록 보조자료의 도움이 필요한 토지이용적인 특성을 나타내는 항목들로 구성되어 있다. 제작방법은 대부분 육안판독을 통해 지형을 분류하고 있으며, 따라서 활용목적에 따른 분류의 차이 이외에 작업자의 경험적 판단에 따라 동일한 활용목적의 분류항목에 대해서도 서로 다르게 분류되는 문제점을 가지고 있는 것으로 나타났다.

국내의 유사 지형분류체계를 분석하여 도출된 특징들은 크게 세 가지로 정리하여 나타낼 수 있다.

첫 번째 대부분의 지형분류체계에서 지표피복의 물리적 상태를 대표하는 항목들은 1단계(대분류) 항목으로 선정함으로써 토지피복 중심의 분류형태를 나타내고 있다. 대부분의 분류체계는 하위단계로 갈수록 항목을 점차 세분화하는 계층적 분류체계를 채택하고 있으며, 이와 같은 특징으로 인해 상위단계에서 선정된 토지피복 위주의 분류항목들은 하위단계로 갈수록 점차적으로 토지이용적인 특징으로 강하게 나타난다. 또한, 대부분의 분류체계에서 선정된 1단계 항목들은 위성영상자료만을 이용하는 경우에도 분류항목 간의 구분이

명확하여 작업자의 주관적인 판단에 의한 오류를 최소화 할 수 있는 특징을 가지고 있다. 표 2는 국내의 유사 지형분류체계의 활용목적과 접근방법간의 상관관계로 환경관리나 광범위한 국토관리를 목적으로 하는 경우, 토지피복 중심의 분류체계를 이용하고 있는 것으로 나타났다.

두 번째 대부분의 분류체계들은 육안판독을 통한 스크린 디지털링 방법을 이용하는 수동 분류방법을 표준적인 작업방법으로 규정하고 있다는 점이다. 미국 지질조사국의 Anderson과 NLCC(National Land Cover Characterization Project) 분류체계, 환경부 토지피복 분류체계 등 환경관리를 목적으로 하는 분류체계들의 경우, 1단계 분류항목들에 대해 국한적으로 자동 분류 알고리즘을 적용하고 있는 것으로 조사되었으나, 2단계(중분류) 이하의 세분류를 위해서는 작업자의 육안판독에 의존한 스크린 디지털링 방법을 수행하도록 하고 있다. 스크린 디지털링 방법을 규정하고 있는 국내의 분류체계들은 작업자의 육안판독 정확도를 향상시키기 위하여 위성영상이나 항공사진 등의 영상자료뿐만 아니라 추가적으로 수치지도나 각종 주제도, 인구센서스 등의 통계자료들을 부가정보로 함께 사용할 것을 권고하고 있으며, 특히 세분류 작업의 수행을 위해서는 대축척 자료, 현장조사 자료 및 항공사진 등을 사용하여 작업을 수행하도록 하고 있다.

마지막으로 각각의 지형분류체계는 활용목적에 따라 최적화된 분류항목을 수립하고 있다는 점이다. 환경관리나 환경정책수립 등을 주목적으로 수립된 분류체계는 다른 분류체계들에 비해 상대적으로 식생이 존재하는 피복들에 대한 항목을 세분화하고 있으며, 대분류 항목에서 습지를 별도의 분류항목으로 구분하고 있다. 특히 미국 지질조사국 NLCC 분류체계의 경우, 전체 9개 대분류 항목 중 비자연 목본지역, 비자생성 초본지역, 산림고지, 관목지, 자연/반자연 초본고지, 습지 등

표 2. 지형분류체계의 활용목적과 접근방법간 상관관계

접근방법 분류목적	토지피복 중심 (물리적 상태)	토지피복과 토지이용의 혼합	토지이용 중심 (인위적 이용 상황)
환경관리	<ul style="list-style-type: none"> • 환경부 1단계 • 미국 지질조사국 Anderson 1단계 • 미국 지질조사국 NLCC 1단계 • 유럽연합 CORINE 1단계 • 네덜란드 ITC LUCC 토지피복 1, 2단계 	<ul style="list-style-type: none"> • 환경부 2단계 • 미국 지질조사국 Anderson 2단계 • 미국 지질조사국 NLCC 2단계 • 유럽연합 CORINE 2단계 	<ul style="list-style-type: none"> • 환경부 3단계 • 네덜란드 ITC LUCC 토지이용 1, 2단계
토지이용계획	<ul style="list-style-type: none"> • 국토해양부 1단계 	<ul style="list-style-type: none"> • 국토해양부 2, 3단계 	-
도시관리	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • 미국 지질조사국 Anderson 3, 4단계

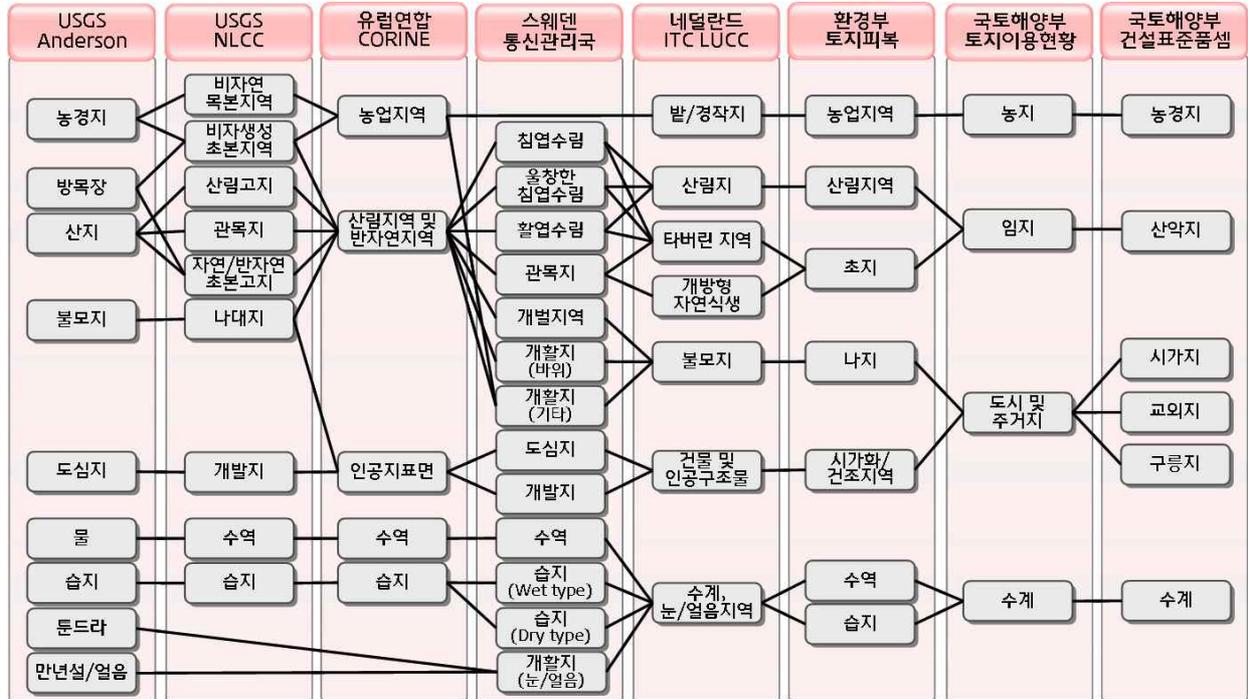


그림 1. 국내외 유사 지형분류체계의 항목간 상관관계(대분류)

절반이 넘는 6개 항목을 식생관련 항목으로 지정하고 있다.

반면에 전과분석을 주목적으로 하는 지형분류체계들의 경우에는 식생에 대한 고려가 전혀 없는 것으로 나타났다. 예로 모든 전과분석용 분류체계에서 농경지, 초지, 나대지 등은 별도로 구분하지 않고, 하나의 개활지(Open Area) 항목으로 통합하여 분류하고 있다. 그러나 건물이 밀집되어 있는 시가지 지역은 상당히 세분화하고 있으며, 이때 건물의 용도나 크기 등과는 상관없이 전과의 차폐에 영향을 주는 건물고도와 밀도만을 기준으로 항목을 세분하고 있다.

국토관리 및 계획수립을 주목적으로 하고 있는 국토해양부의 토지이용현황 분류체계는 농지, 임지, 도시 및 주거지, 수계 등으로 대분류는 간략하게 구분하고 있지만, 중분류 항목으로 세분화됨에 따라 토지피복보다는 토지이용에 보다 중점을 두고 있는 것으로 나타났다.

그림 1은 국내외 유사 지형분류체계의 대분류 항목간 상관관계를 나타낸다. 그림에서와 같이 대부분 유사한 지형지물에 대하여 분류체계를 마련하고 있으며, 각각의 활용목적에 따라 세분화 하여 지형분류체계를 수립하고 있는 것으로 나타났다.

2.2 지형분류체계 개선안

지형분류의 효율성 및 활용성 향상을 위하여 다음의 6가지 표준화 원칙을 고려하여 지형분류체계 개선안을

마련하였다.

2.2.1 지형분류체계의 표준화 원칙

(1) 기존 기술 활용 및 다양한 분야에의 활용도 제고
 국토해양부 건설표준품셈 ‘구릉지(경사 5° 이내의 낮은 산림, 교외지 및 농경지 주변의 낮은 동산, 초지, 모래밭, 습지, 염전, 갯벌, 나지)’ 항목의 경우, 정의에 포함되는 지표면의 종류가 너무 포괄적이며, 그림 2에서와 같이 경사 5° 이내의 낮은 산림은 산악지와 구분이 어려워 작업자가 오분류 하는 등의 문제점이 발생하는 것으로 나타났다.

따라서 표준 지형분류체계 마련을 위해 지형분류 항목에 대한 재정립이 필요하다. 지형분류 항목의 결정을

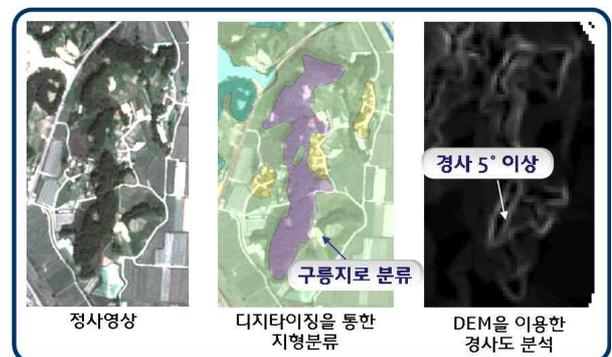


그림 2. ‘구릉지’ 항목의 오분류(건설표준품셈)

위해 기존의 기술을 이용하여 구축 가능한 항목만을 우선적으로 고려하였으며, 이를 통해 별다른 전제조건이나 새로운 기술의 개발, 기술적 경험축적의 필요성 등과 같은 제약조건 없이 적용할 수 있도록 하였다.

‘수계’ 항목의 경우, 대다수 분류체계들이 수계에 포함되는 지형지물의 범위를 하천, 호소 등 실제로 물이 존재하는 지역뿐만 아니라 그 주변에 존재하는 습지, 갯벌, 염전, 댐, 백사장 등의 지형지물까지 포함하여 포괄적으로 적용하고 있으나, 환경부 토지피복 분류체계의 경우, ‘수역’과 ‘습지’로 나누어서 관리하고 있다. 반면 국토해양부 건설표준품셈의 경우, 실제 물이 존재하지 않는 주변지역의 지형지물은 ‘구릉지’ 항목으로 분류하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 향후 활용성 확보나 환경부, 국토해양부 등 타 기관과의 자료공유 등을 고려했을 때 모두 적용 가능한 항목으로 분류하여 선정하였다.

(2) 분류항목간의 명확성 확보

국토해양부 건설표준품셈의 ‘교외지(도심 외곽 또는 중/소도시의 주택 및 공장이 비교적 밀도가 낮게 분포한 지역)’ 항목은 정의가 불분명하여 실제 작업 시 작업자의 개인적 판단에 의해 ‘시가지(주택 및 공장 등이 밀집한 지역으로 대도시 및 중/소도시에서 밀집상권이나 주거지가 형성된 지역)’와 혼동될 소지가 있으며, 자동화 기법을 적용하여 지형분류를 수행하는 경우에도 시가지와 교외지의 구분이 사실상 불가능하다. 방송통신위원회 전파관리소의 전파관리시스템 지표 특성에서도 교외지와 시가지는 각각 ‘교외’, ‘밀집 교외지’, ‘도심지’, ‘밀집 도심지’로 구분되어 있어, 분류항목간 명확성이 매우 떨어지는 것으로 나타났다.

따라서 각 분류항목 간 명확성이 결여되어 작업자의 주관적인 판단에 따른 오분류나 혼동의 가능성이 높은 문제에 대한 근본적인 해결방안을 제시하기 위하여 국내외 유사 지형분류체계 분석을 토대로 분류항목을 선정하였다. 또한 타 기관에서 구축한 자료를 효율적으로 통합·활용하기 위하여 여러 항목에 걸쳐 서로 중복되지 않고 명확하게 부합시킬 수 있는 분류항목을 선정하였다.

(3) 변화 가능성이 높은 지역을 기준으로 분류항목 설정

국토의 효율적이고 빠른 변화탐지를 주된 목적으로 하는 경우, 상대적으로 변화 가능성이 높은 지형지물을 주요 대상으로 분류항목을 설정하는 것이 중요하다. 일반적으로 국토의 변화는 울창한 산림이나 도심지 등에

비해 도시 주변의 나지, 초지, 농경지 등에서 보다 활발히 일어나기 때문에 이들 지형지물을 우선적으로 고려하여 선정하였다.

(4) 토지이용을 기준으로 토지피복을 고려하여 분류 항목 도출

국내외 유사 지형분류체계에 대한 비교·분석 결과 일반적으로 지형분류는 크게 지표면 피복에 대한 물리적인 상태를 기준으로 하거나, 지표면의 이용 상태를 기준으로 하여 분류하고 있다. 변화탐지는 대부분 국토의 변화관측을 통해 국토관리나 계획수립 등을 주된 목적으로 하고 있기 때문에 영상을 촬영한 시점의 물리적인 피복상태보다는 전반적인 이용 상태를 파악하는 것이 보다 중요하다고 할 수 있으며, 분류하고자 하는 지형지물에 대한 항목도 이에 적합하도록 선정하는 것이 중요하다. 그러나 지표면의 이용 상태에 대한 분류는 아직까지 영상자료만을 이용하여 수행하기에는 어려우며, 수치지도, 각종 주제도, 통계자료 및 현장조사 자료 등 보조자료의 도움을 통해 작업자가 육안으로 판단하고 있다. 따라서 축척 1/25,000 수치지도 레이어 항목에 대하여 대·중·소·세분류하여 지형분류에 적합한 항목을 선정하였다. 특히 수치지도에 포함되어 있는 정보들은 토지피복의 물리적 상태에 대한 정보뿐만 아니라 토지의 이용 상태에 대한 정보까지도 함께 포함하고 있기 때문에, 그 효용 가치가 매우 높다고 할 수 있다. 또한 국토해양부는 1972년부터 전국을 대상으로 축척 1/25,000 토지이용현황도를 제작하고 있다. 토지이용현황도는 국토관리와 국토이용계획 수립을 목적으로 제작되었다는 점에서 국토변화탐지에 가장 밀접한 상관관계를 가지고 있다는 것으로 판단되기 때문에 이를 활용하여 지형분류 항목을 선정하였다.

컴퓨터를 이용한 분류 알고리즘을 적용하여 빠르게 개략적인 국토의 변화를 파악한다거나, 향후 기술의 발전에 따른 자동화 방법의 적용 등을 위해서는 대다수 유사 지형분류체계들에서 채택하고 있는 토지피복에 대한 정보를 이용하여서도 분류할 수 있도록 분류항목을 선정하였다.

(5) 향후 자동화 기술의 적용 가능성 검토

표 1에서와 같이 국내외 모든 지형분류체계는 대부분 작업자의 육안판독에 의한 스크린 디지털이징 방법을 적용하여 지형지물에 대한 지형분류를 수행하고 있다. 그러나 이 방법은 작업자의 개인적 판단에 의해 오분류나 혼동의 가능성 및 많은 작업 시간이 소요되는 문제점을 가지고 있다. 그러나 현재와 같이 빠르게 기

표 3. 표준 지형분류체계 항목과 축척 1/25,000 수치지도 레이어와의 상관관계

지형분류 항목	지형분류 항목별 관련 축척 1/25,000 수치지도 레이어
도시 및 주거지	4112(주택), 4113(연합주택), 4115(아파트), 4119(집단가옥경계), 4611(공장), 4411(학교), 4321(시장), 6357(양식장), 5323(운동장), 5335(온천)
농경지	5211(논), 5212(밭), 5213(과수원), 5214(목초지), 8213(농공단지), 8214(축산단지)
산림지	9151(식생), 9153(산/산맥), 5216(조림지), 5231(활엽수), 5232(침엽수), 5233(혼합림), 8221(자연환경보전지역)
초지	9152(평야, 들), 5321(골프장), 5311(묘지), 5312(공동묘지), 5316(유적지), 5221(잔디), 5222(화단), 5223(정원수), 8231(문화재보호구역)
나지	5215(황무지), 5345(쓰레기매립지), 5331(채석장), 5334(광산), 5341(공지)
수계	8223(상수원보호구역), 9131(하천), 2114(호수, 저수지), 2318(댐/유역계), 2261(해수욕장), 2314(염전)
도로	3111(고속국도), 3112(일반도로), 3114(특별시도, 광역시도)
보안지역	-

술이 진보하고 있는 환경에서는 향후 기술개발 수준에 따라 지형분류의 자동 지형분류 가능성을 고려하여 분류항목을 선정하였다.

(6) 다양한 분야에서의 활용도 제고

지형분류 결과를 다른 기관이나 관련 부서들에서 효율적으로 활용하기 위해서는 각 기관들의 업무목적에 대한 분석을 토대로 분류항목을 보다 세분화하는 것이 필요하다. 그러나 항목이 너무 세분화되는 경우 작업의 효율성 및 정확도 저하 등의 부수적인 문제가 발생할 소지가 있고, 국토변화탐지의 본래 목적이 희석될 수도 있으므로, 이에 대한 적절한 고려와 절충을 통해 지형분류 항목을 선정하였다.

2.2.2 지형분류체계 개선안

표준화 원칙에 따라 선정된 지형분류 항목은 다음과 같다.

- (1) 도시 및 주거지 : 주거지역, 상업지역, 공업지역, 대규모 경기장, 공공시설, 교통시설, 교육시설, 편의시설 등이 형성되어 있는 지역
- (2) 나지 : 채석장, 매립지, 기타 나지 등 지표가 노출되어 있고 식생의 분포가 25% 이하인 지역으로써 용도가 명확하지 않은 지역
- (3) 농경지 : 농작물 재배지역으로 논, 밭, 과수원 등이 분포되어 있는 지역
- (4) 초지 : 지표면의 75% 이상을 자연 또는 반자연의 초본이 차지하는 비농업 지역으로 골프장, 공원, 묘지, 유원지 등이 형성되어 있는 지역을 포함
- (5) 산림지 : 산림(활엽수, 침엽수)이 형성된 지역
- (6) 수계 : 하천, 호수, 바다 등의 지역과 그 주변에 존재하는 습지, 백사장, 갯벌, 염전, 댐 등을 포함하는 지역
- (7) 도로 : 4차선 이상의 간선도로와 신규도로 지역
- (8) 보안지역 : 보안지역

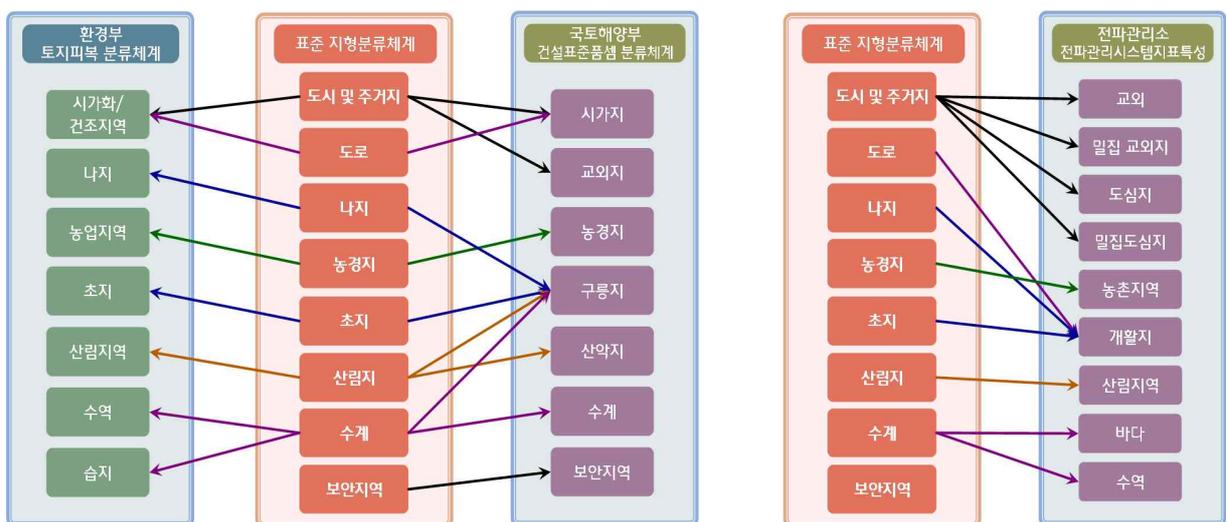


그림 3. 표준 지형분류체계와 국내 타 분류체계 항목과의 상관관계

그림 3은 본 연구에서 제시한 표준 지형분류체계와 국내 타 분류체계 항목과의 상관관계를 비교한 결과이다. 국토해양부 건설표준품셈의 ‘구릉지’는 분류를 더욱 명확히 할 수 있도록 ‘나지’, ‘초지’, ‘산림지’ 및 ‘수계’로 정의하였으며, 방송통신위원회 전파관리소 전파관리시스템 지표특성의 ‘개활지’는 ‘초지’와 ‘나지’로, ‘교외’, ‘밀집 교외지’, ‘도심지’ 및 ‘밀집 도심지’는 ‘도시 및 주거지’로 정의하였다. ‘도로’는 국토지리정보원 “1/25,000 지형도도식적용규정”의 제85조(취사선택의 기준) 국토변화탐지의 효용성을 참조하여 새롭게 정의하였다.

표 3은 표준 지형분류체계 항목과 축척 1/25,000 수치지도 레이어와의 상관관계를 보여준다.

3. 표준 지형분류체계의 자동 지형분류 가능성 분석

표준 지형분류체계 항목의 제작 및 자동 지형분류 가능성을 평가하기 위하여 감독분류 기반의 자동 지형분류와 선행지식 기반의 계층적 자동 지형분류를 수행하였으며, 그 결과를 실제 스크린 디지털이징을 수행한 결과와 비교함으로써 정확도를 평가하였다.

3.1 실험자료

대전광역시 일원의 SPOT-5 영상을 대상으로 선행지식 기반의 계층적 자동 지형분류를 위해 항공 LiDAR 자료와 감독분류 기반의 자동 지형분류를 위한 트레이닝 사이트(Training Site) 자동 선정을 위해 보조자료로 수치지도 Ver.2.0, 환경부 중분류 토지피복분류도를 함께 사용하였다. SPOT-5 영상은 2005년 4월, LiDAR 자료는 2005년 2월에 Optech사의 ALTM 3070 시스템에 의해 취득되었다.

3.2 감독분류 기반의 자동 지형분류

표준 지형분류 항목에 대하여 자동으로 결정된 트레이닝 사이트의 분광특성(Spectral Signature)을 기준으로 퍼지(Fuzzy)기반의 감독분류를 수행하였으며, 그 결과는 그림 4와 같다. 감독분류의 정확도 향상을 위하여 전처리 과정을 통해 도출된 객체기반 영상, 수계영상, 텍스처(Texture) 분석결과 영상, 식생지수 영상, LiDAR nDSM(Normalized DSM) 영상 및 LiDAR 반사강도 영상 등을 입력밴드 영상으로 사용하였다.

지형분류 결과에 대한 정량적인 평가를 위하여 영상 전체에 대해 일정 간격으로 총 225점의 검사점을 선정 한 후, 이들에 대한 육안판독 결과를 감독분류 기반의 자동 지형분류 결과와 비교함으로써 정확도를 검증하였으며, 결과는 표 4와 같다.

감독분류 기반의 자동 지형분류 결과, 전체적으로 약 77.8%의 정확도를 갖는 것으로 나타났다. 특히 산림지, 도로, 도시 및 주거지, 수계 항목의 경우 모두 85% 이상의 높은 정확도를 나타냈다. 또한, 정성적 분석에서도 LiDAR 자료를 추가함으로써 도심지 부분의 분류정확도가 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 도심지의 경우 건물지붕의 색상이나 페인트 등의 영상으로 인해 초

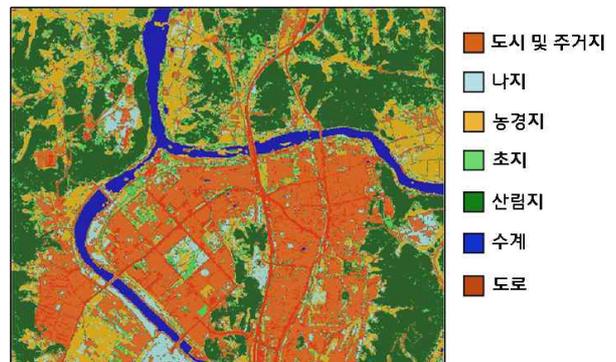


그림 4. 감독분류 기반의 자동 지형분류 결과

표 4. 감독분류 기반의 자동 지형분류 결과 정확도

항목	농경지	나지	산림지	초지	도로	도시 및 주거지	수계	계	사용자 정확도
농경지	22	0	1	7	1	0	0	31	71.0%
나지	7	20	0	2	0	1	0	30	66.7%
산림지	0	0	49	2	0	0	0	51	96.1%
초지	1	0	5	14	0	2	0	22	63.6%
도로	0	0	0	0	18	4	0	22	81.8%
도시 및 주거지	3	11	0	1	2	44	0	61	72.1%
수계	0	0	0	0	0	0	8	8	100%
계	33	31	55	26	21	51	8	225	-
제작자 정확도	66.7%	64.5%	89.1%	53.9%	85%	86.3%	100.0%	-	-

* 전체 분류정확도(Overall Accuracy) : 77.8%

표 5. 선행지식 기반의 자동 지형분류 결과 정확도

항목	농경지	나지	산림지	초지	도로	도시 및 주거지	수계	계	사용자 정확도
농경지	22	2	0	7	0	0	0	31	71.0%
나지	1	20	0	0	0	1	0	22	90.9%
산림지	3	0	53	1	0	0	0	57	93.0%
초지	0	0	2	17	0	0	0	19	89.5%
도로	1	0	0	1	20	1	0	23	87.0%
도시 및 주거지	6	9	0	0	1	49	0	65	75.4%
수계	0	0	0	0	0	0	8	8	100.0%
계	33	31	55	26	21	51	8	225	-
제작자 정확도	66.7%	64.5%	96.4%	65.4%	95.2%	96.1%	100%	-	-

* 전체 분류정확도(Overall Accuracy) : 84.0%

지나 나지로 오분류되는 현상이 현저히 감소하였으며, 그림자 영역이 수계로 오분류되거나 미분류 항목으로 남는 현상도 완전히 제거되었다. 그러나 초지와 농경지, 나지와 도시 및 주거지 항목들 간에 서로 중첩이 발생하여 상호 간의 오분류 비율이 다른 항목들에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 이 결과는 시험 영상의 촬영시기가 4월 중순을 식생의 생장이 활발하지 않고, 토양이 상대적으로 건조한 시기이므로 서로 간의 반사특성에 명확한 차이가 발생하지 않기 때문인 것으로 판단된다.

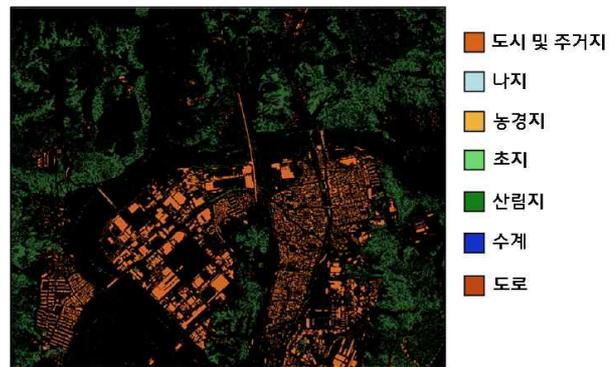


그림 6. 비지면 영역에 대한 자동분류 결과

3.3 선행지식 기반의 자동 지형분류

LiDAR 자료로부터 제작한 nDSM을 이용하여 지면 점과 비지면점을 구분한 뒤, 감독분류 기반의 자동분류와 동일한 접근방법으로 선행지식 기반의 자동 지형분류를 수행하였다. 이때 지면의 경우 그림 5와 같이, 표준 지형분류 항목에 대해 Spectral Signature를 결정하여 작업을 수행하였으며, 비지면의 경우에는 그림 6과 같이 2가지 분류항목(건물, 산림지)을 선정한 후 작업을 수행하였다. 지형분류 결과는 그림 7과 표 5와 같다.

선행지식 기반의 계층적 자동 지형분류 결과, 감독분

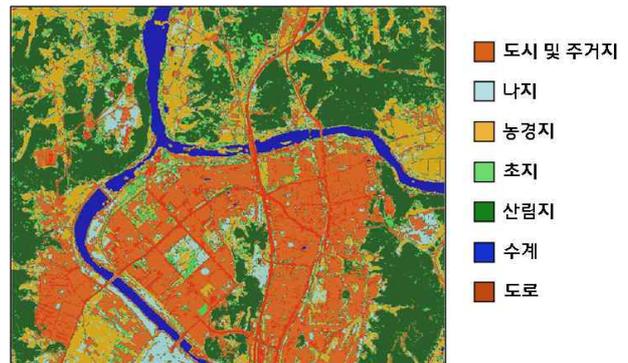


그림 7. 선행지식 기반의 자동 지형분류 결과

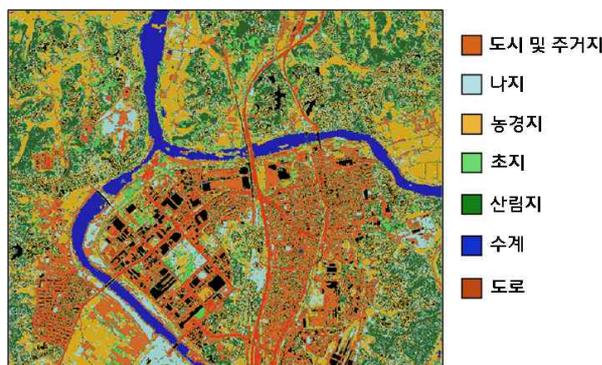


그림 5. 지면 영역에 대한 자동분류 결과

류 결과보다 나지와 초지 항목의 분류정확도가 크게 향상된 것으로 나타났으며, 나지, 초지 및 농경지 사이의 구분이 보다 명확해짐에 따라 전체 분류정확도 역시 84.0%로 향상되었다. 이 결과는 작업자가 육안으로 지형을 관측한 후, 디지털타이핑을 통해 수동으로 작업을 수행하는 경우와 비교해도 떨어지지 않는 뛰어난 성능을 나타내고 있다. 오히려 작업자의 개인적인 관측 오류나 실수 등의 현상을 방지할 수 있다는 점에서 보다 효

울적이라고 할 수 있으며, 이를 통해 실무에의 직접적인 적용도 가능할 것으로 판단된다.

4. 결과 고찰

제안한 표준 지형분류체계를 기반으로 이중센서를 이용한 자동 지형분류 수행 시, 산림지, 도시 및 주거지, 도로, 수계 항목에 대해서는 90% 이상의 높은 정확도를 나타내는 것으로 확인하였으며, 이를 통해 작업자의 실수나 착오에 의해 발생할 수 있는 오차범위 이내에서 지형분류의 자동화가 가능하다는 것을 확인하였다. 다만, 상대적으로 낮은 정확도를 나타내는 농경지, 초지, 나지 등의 분류항목은 영상의 촬영시기나 계절 등의 외부적 요인에 의해 다른 반사특성을 나타낼 수 있으므로, 자동분류를 수행한 후, 이를 참고자료로 하여 작업자에 의한 수동 디지털이징 방법을 적용하는 것이 보다 효율적일 것이라 판단된다.

5. 결 론

현재 국내에서는 환경부(국토환경계획, 토지적성평가 등), 농업과학기술원(토지이용변화, 토양자원활용 등) 및 국토해양부(국토이용계획, 토지이용계획, 국가기본도 수정을 산출 등) 등 여러 기관에서 활용목적에 따라 분류항목을 수립하여 활용 중에 있다. 그러나 효율적인 국토변화탐지 및 통합 구축의 기반을 마련하기 위해서는 산출항목의 표준화 및 연계화가 필요하다.

표준 지형분류체계는 국토의 자연적, 인위적 변화요소들을 보다 효율적으로 표현하기 위한 목적을 가지고 있다. 제안한 8개 분류항목들은 국토변화의 다양한 양상을 모두 반영할 수 있고, 국토의 모든 영역을 중복이나 누락 없이 명확하게 구분하여 표현할 수 있다는 측면에서 상당히 적절하다고 할 수 있다.

6가지 기본원칙을 모두 만족하도록 선정한 표준 지형분류 항목은 토지피복과 토지이용적인 특성을 모두 반영할 수 있으며, 자동화된 분류가 가능하기 때문에 제안한 표준 지형분류체계를 통해 국토변화탐지를 수행하는 것이 가장 효과적일 것이라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발 사업·지능형 국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(06국토정보B01)과 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었습니다.

참고 문헌

1. 건설교통부, 2002, *국토모니터링체계구축 기술개발에 관한 연구*.
2. 건설교통부, 2004, *국토모니터링체계구축 기술개발에 관한 연구*.
3. 국토지리정보원, 2000, *토지이용현황도 수치지도화 사업 활용도 제고방안 연구*.
4. 정보통신부전산관리소, 2002, *지형정보를 이용한 전파관리시스템 DB개선 용역 사업 보고서*.
5. 환경부, 1999, *인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류*.
6. 환경부, 2002, *인공위성영상자료를 이용한 토지피복지도 구축*.
7. 김은석, 2005, 고해상도 위성영상을 이용한 토지피복 분류정확도 향상에 관한 연구, 석사학위논문, 인하대학교.
8. 민숙주, 2005, 수치지형도와 고해상도 위성영상을 활용한 도시지역 토지이용 분류기법, 박사학위 논문, 인하대학교.
9. 정재욱, 2005, LiDAR 데이터와 디지털 항공영상을 이용한 건물의 자동추출에 관한 연구, 석사학위논문, 인하대학교.
10. Lewiński, S. and Zaremski K., 2004, "Examples of Object-oriented Classification Performed on High Resolution Satellite Images", *WARZAWA 2004, Miscellanea Geographica*, Vol.11.
11. Xiaoxia, S., Jixian, Z. and Zhengjun, L., 2004. "An Object-oriented Classification Method on High Resolution Satellite Data". *ACRS. 25th ACRS 2004*, Chiang Mai, Thailand.
12. Zhange, Q., Wang, J., Gong, P. and Shi, P., 2003, "Study of Urban Spatial Patterns from SPOT Panchromatic Imagery using Textural Analysis", *INT. J. REMOTE SENSING*, Vol.24.