

2009년 국가 토지피복도와 통계연보의 지목 자료를 활용한 2000년 토지피복별 면적 추정 방법*

박종철** · 김장수***

A Method for Area Estimation about Each Land-cover in the Year 2000 Using a National Land-cover 2009 Map and Land Category Data of Statistical Yearbooks*

Jongchul Park** · Jangsoo Kim***

요약 : 한국의 환경부에서 제작하여 배포한 국가 토지피복도(2000, 2009년)는 수문, 생태, 자연재해 취약성 평가 등 다양한 연구의 기초정보로 활용되고 있다. 하지만 2000년 국가 토지피복도의 정확도가 부족하기 때문에 국가토지피복도를 활용하여 토지피복 변화를 분석하는데 어려움이 있다. 이에 본 연구는 통계연보의 지목 자료와 환경부의 2009년 토지피복도를 활용하여 2000년 토지피복별 면적 추정 방법을 연구하였다. 이 연구는 본 연구에서 설계한 방법의 타당성을 평가하기 위해 그 방법을 덕유산 인근에 위치한 6개 읍·면의 2000년 토지피복별 면적을 추정하는데 적용하였다. 연구 결과 본 연구에서 추정한 2000년 토지피복별 면적은 통계연보와 전반적으로 6.12km²의 차이를 보였다. 이에 비해 토지피복도를 활용하여 산정한 토지피복별 면적은 통계연보와 전반적으로 13.10km²의 차이를 보였다. 토지피복도만을 이용하여 분석한 2000~2009년 토지피복별 면적 변화 경향은 통계연보와 54.2% 일치하였다. 반면에 본 연구에서 추정한 변화 경향은 통계연보와 95.8% 일치하였다. 이와 같은 결과는 본 연구에서 제안하는 방법이 토지피복도만을 활용했을 때에 비해 2000년 토지피복별 면적을 추정하는데 유용할 수 있다는 것을 보여주었다.

주요어 : 환경부, 토지피복, 추정, 통계연보, 지목

Abstract : The national land-cover maps (2000 and 2009) produced by Korea Ministry of Environment are used as a basic information in various studies such as hydrological, ecological study, and vulnerability assessment of natural hazard. However, the difficulty lies in using the national land-cover maps for analysis of land-cover change due to the lack of accuracy in the national land-cover 2000 map. This study aimed to make a method to estimate the area about each land-cover in the year 2000 using a national land-cover 2009 map and land categories data of statistical yearbooks. We applied the method to estimate the area of each land-cover classification for evaluating the efficiency of the method in 6 sites near the DukYuSan (mountain). In the results, the difference between the estimated area of the year 2000 and the area in a statistical yearbook was overall 6.12 km², compared to 13.10 km² between a national land-cover 2000 map and the area in a statistical yearbook. Trends of land-cover changes (2000~2009) in the national land-cover maps correspond to the trends in the statistical yearbooks 54.2%, compared to 95.8% for the estimated changes. The results show that suggesting estimation method in this study can be useful to estimate the area about each land-cover in the year 2000 rather than using only national land-cover maps.

Key Words : Korea Ministry of Environment, Land-cover, Estimation, Statistical yearbook, Land categories

*본 논문은 2013년도 정부재원(교육부)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2013-S1A5B5A02-032023).

**공주대학교 지리정보과학연구소 연구교수(Research Professor, Institute of Geographic Information Science, Kongju National University, jcp@kongju.ac.kr)

***국립환경과학원 자연환경연구과 박사후연구원(Post doctor, Natural Environment Research Division, National Institute of Environmental Research, matra99@korea.kr)

I. 서론

토지피복은 지구 표면의 물리적 형태를 의미하며(Fisher and Unwin, 2005), 그 분류에는 산림, 초지, 수역 등이 있다. 토지피복은 사회경제적 현상을 지도화 할 때 내적 변동성 재현의 향상을 위해 활용할 수 있으며(이상일 · 김강영, 2007), 국토관리 계획 수립(환경부, 2007; 정재준 · 이수현, 2010), 공간구조 형성과 확산(정재준, 2010; 이경주, 2013), 수문학적 연구(박종철, 2009), 자연재해 발생 가능성 평가(장동호 등, 2004) 등 다양한 연구를 위한 기초정보이기도 하다.

특정 지역의 토지피복 현황은 야외조사, 토지피복도 또는 정부에서 발행하는 통계연보의 지목 자료로부터 획득할 수 있다. 지목 자료는 연구지역이 행정구역과 일치하고 토지피복의 면적 현황이 필요할 때 유용하게 활용되고 있다. 이에 반해 연구지역이 유역 또는 집수구역과 같이 행정구역과 일치하지 않거나 토지피복의 공간적 분포 양상이 필요한 연구에는 토지피복도가 더 유용하게 활용되고 있다.

토지피복도는 자가 제작하여(박정재 등, 2007; 구자용, 2011; 김현옥 · 염종민, 2012; 차상인 · 장동호, 2012; 김장수 등, 2013) 획득할 수 있으며 공공기관에서 제작하여 배포한 국가 토지피복도를 활용할 수도 있다(김만규, 2008; 한승희, 2008; 박종철 · 김만규, 2010; 박종철 등, 2013). 하지만 자가 제작의 경우 토지피복도 제작에 많은 비용과 시간을 할애해야 하는 어려움이 있다. 이러한 측면에서 국가 토지피복도는 연구자들에게 많은 도움을 줄 것으로 기대되고 있다(박종철 · 김장수, 2014a).

국내에서 국가 토지피복도는 환경부에서 2000년과 2009년에 배포한 토지피복도가 있다. 환경부 토지피복도는 남한 대부분의 지역에 대해 구축되어 있고 최근에는 군사분계선 인근 지역도 구축되고 있다. 아울러 그 갱신 주기도 점차 짧아지고 있어(환경부 환경공간정보서비스, <http://egis.me.go.kr>) 토지피복 변화 관련 연구에서 폭넓게 활용될 것으로 기대된다.

하지만 모든 토지피복도는 영상 분류의 오차를 내재하고 있으며 국내 · 외 연구자들은 다양한 방법을 통해 토지피복 분류의 정확도를 높이려고 하였다. Folly *et al.* (1996)은 스페인에서 두 계절의 Landsat TM 영상과 GIS를 이용하여 토지피복을 분류하고 지식기반 접근 방법을 통하여 토지피복 분류의 정확도를 높이고자 하였다. Okamoto and

Fukuhara (1996)은 Landsat TM 영상의 혼합 셀 면적비를 통하여 토지피복 면적을 추정하는 연구를 수행하였다. 국내의 경우 오치영 등(2010)이 네 종류의 고해상도 원격탐사자료를 이용하여 토지피복도를 제작하고 영상 종류와 토지피복도의 분류에 따른 정확도를 비교하였다. 최병구 등(2013)은 Landsat TM 영상을 이용하여 강원도 고성군 비무장지대 일원의 토지피복변화를 탐지하는 과정에서 감독분류 기법인 최대우도법과 최단거리법, SVM(Support Vector Machine)별로 토지피복을 분류하고 이 중 최대우도법의 정확도가 우수하다고 보고하였다. 그러나 여전히 토지피복 분류의 정확도 향상은 연구자들에게 난제 중 하나이다.

환경부 토지피복도에도 영상 분류의 오차가 내재되어 있으며 최근 제시된 몇몇 연구들은 이 때문에 환경부 토지피복도를 토지피복 변화 분석에 활용할 때 유의할 필요가 있음을 보여주었다. 박종철 · 김장수(2014a)는 충청남도의 시 · 군을 대상으로 환경부 토지피복도를 활용하여 토지피복 변화를 분석하고 그 결과를 통계연보 지목자료와 비교하였다. 그들은 두 자료를 비교한 결과 토지피복 면적 변화량에 많은 차이를 보이는 지역들이 있었으며 토지피복별 면적 변화 경향이 상이한 지역도 있다고 밝혔다. 특히 토지피복별 면적 변화 경향이 통계연보의 지목 자료와 상이하게 나타나는 것이 연구자들이 환경부 토지피복도를 토지피복 변화 분석 등 관련 연구에 활용할 때 어려움으로 작용할 것이라고 지적하였다. 나아가 박종철 · 김장수(2014b)는 덕유산 인근의 구량천 유역을 대상으로 2000년과 2009년 환경부 토지피복도를 활용하여 토지피복 변화 지역을 분석하고 그 정확도를 평가하였다. 이 연구에서 토지피복 변화 지역의 전반적인 정확도는 33.2%에 불과하였으며 그 주요한 원인은 2000년 토지피복도의 낮은 정확도인 것으로 파악되었다. 2009년 토지피복도에서 토지피복 변화 지역의 전반적인 정확도는 84.4%이었지만 2000년 지도에서는 44.2%에 불과하였기 때문이다.

위와 같이 기존 연구들은 환경부 토지피복도만을 활용하여 토지피복 변화를 분석했을 때 그 결과는 면적 뿐 아니라 토지피복별 변화 경향에서도 신뢰하기 어렵다는 점을 지적하였다. 그럼에도 불구하고 여전히 환경부 토지피복도는 연구자들이 토지피복 현황을 획득하기 위해 활용할 수 있는 매우 유용한 자료라는 점은 주지의 사실일 것이다. 이러한 측면에서 박종철 · 김장수(2014a)는 환경부 토지피복도의 추후 정확도 향상을 위한 노력도 필요하지만 기

배포된 토지피복도를 토지피복 변화 분석에 어떻게 활용할 것인가에 대한 연구의 필요성도 함께 역설하였다.

이에 본 연구는 유역과 같이 연구지역이 행정구역과 일치하지 않는 지역의 토지피복 변화를 분석할 때 기 배포된 환경부 토지피복도를 활용할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서는 상대적으로 정확도가 높았던 2009년 환경부 토지피복도와 장기간의 자료를 확보할 수 있는 통계연보의 지목 자료를 함께 활용하여 2000년 토지피복을 추정할 수 있는 방법에 대하여 연구하였다.

II. 연구방법

1. 2000년 토지피복별 면적 추정방법

본 연구에서는 행정구역과 일치하지 않는 유역의 2000년 토지피복별 면적을 추정하기 위해 다음과 같은 방법을 설계하였다(그림 1). 먼저 2009년 환경부 토지피복도를 활용하여 유역과 시·군의 토지피복별 면적을 계산한다. 다음으로 시·군의 2009년 토지피복별 면적을 2009년 통계연보의 지목 자료와 일치시킬 수 있는 보정계수를 산정한다. 이 보정계수는 유역의 토지피복별 면적을 보정하는데 사용한다.

박종철·김장수(2014a)의 연구결과에 의하면 환경부 토지피복도에서 농업지역, 주거지역, 교통지역 등의 오분류가 충청남도의 여러 시·군에서 나타나고 있었다. 이는 환경부 토지피복도에서 나타나는 오분류가 특정 지역에 편중되어 있는 것이 아니라 공간상에 고르게 나타나고 있을 가능성을 암시한다. 이에 본 연구에서는 환경부 토지피복도의 분류 오류가 공간상에 유사하게 분포하고 있다면

시·군에서 파악된 토지피복별 면적의 보정 값을 그 하위 유역에도 적용할 수 있을 것으로 기대하였다.

아울러 본 연구에서는 시·군의 통계연보 지목 자료에서 나타난 토지피복별 변화 경향 역시 특정 지역에 집중되어 나타난 것이 아니고 공간상에서 유사하게 나타난다면 통계연보에서 파악된 변화 경향을 활용하여 그 하위의 유역에서 나타난 토지피복별 변화 경향을 추정할 수 있을 것으로 기대하였다. 이에 시·군의 2000~2009년 통계연보 지목 자료를 분석하여 토지피복별 변화 경향을 분석하고 이 변화 경향을 유역의 보정된 2009년 토지피복별 면적에 적용하여 2000년 토지피복별 면적을 추정할 수 있을 것으로 기대하였다.

한편 본 연구에서는 ‘통계연보의 지목 자료는 실제의 토지피복 현황을 반영하고 있다’는 기본가정을 설정하였다. 지목이란 지적법에 의거한 토지의 종류이며, 토지를 주된 이용 목적에 따라 분류한 것이다(성춘자·임익성, 2007). 비록 지목이 토지피복과 반드시 일치하는 것은 아니지만 토지의 이용목적에 포함하고 있는 지적도를 기반으로 산정되기 때문에 토지피복도의 타당성을 검증하는 자료로서 최근 활용도가 높아지고 있다(차상인·장동호, 2012; 김장수 등, 2013; 박종철·김장수, 2014a). 이에 본 연구에서는 통계연보의 지목 자료가 현실적인 토지피복 현황을 반영하고 있다고 가정하고 2009년 토지피복도의 피복별 면적을 통계연보의 지목 자료를 활용하여 보정하였다.

2. 추정방법의 타당성 평가 방법

본 연구에서 제안하는 추정방법은 유역과 같이 행정구역과 일치하지 않는 지역의 과거 토지피복별 면적을 추정하기 위한 것이다. 하지만 유역의 경우에는 추정된 면적을 검증할 수 있는 자료가 없기 때문에 유역을 연구지역으로 제안하는 방법의 타당성을 평가하기는 어렵다. 이에 본 연구는 분석하고자 하는 유역을 포함하고 있는 읍·면지역을 대상으로 추정방법의 타당성을 평가하였다. 즉, 읍·면지역은 유역과 마찬가지로 시·군의 하위에 있기 때문에 이 지역에 추정방법을 적용하고 평가함으로써 유역에 대한 적용 가능성을 평가할 수 있을 것으로 판단하였기 때문이다. 이는 본 연구에서 제안하는 추정방법의 기본 아이디어가 상위 지역에서 얻어진 정보를 이용하여 하위 지역 정보를 유추하는 것에 있기 때문이다.

본 연구는 덕유산 인근에 위치한 6개 읍·면을 연구지역

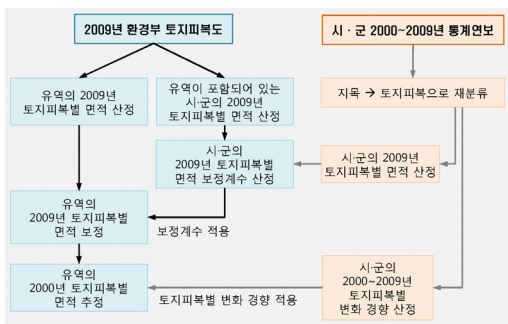


그림 1. 토지피복별 면적 추정방법

으로 선정하고 2000년 토지피복별 면적을 추정한 후 이를 2000년 통계연보의 지목 자료와 비교하였다. 아울러 환경부 토지피복도만을 활용하여 연구지역의 2000년 토지피복별 면적을 산정한 후 이를 통계연보의 지목 자료와 비교하였다. 최종적으로 본 연구에서는 환경부 토지피복도만으로 산정한 토지피복별 면적과 본 연구에서 추정한 면적 중 통계연보의 면적과 변화 경향이 동일할수록 더 신뢰할 수 있는 자료인 것으로 가정하였다. 이 연구는 통계연보의 지목 자료가 2000년 토지피복도에 비해 실제의 토지피복 현황에 가깝다는 기본가정을 사용하기 때문이다.

2000년과 2009년 각 시기의 면적 정확도가 향상되면 두 시기의 변화량 추정 결과 역시 향상될 것으로 기대되기 때문에 면적과 변화 경향을 비교하는 것은 내용상 중복되는 면이 있다. 하지만 면적의 정확도 향상이 변화 경향의 정확도 향상에 정량적으로 얼마나 기여하는지 확인하기 위해 본 연구에서는 면적과 함께 변화 경향에 대한 평가도 수행하였다.

연구지역은 덕유산 인근 4개 구역(무주남대천 구역, 구량천 구역, 거창위천 구역, 남강상류 구역)에 완전히 포함되지 않는 6개 읍·면으로 무주군의 무주읍, 적상면, 진안군의 동향면, 장수군의 계북면, 함양군의 안의면, 거창군의 거창읍이다(그림 3). 덕유산 주변 구역은 장기간의 수문 및 기상자료를 획득할 수 있으며 농업용 저수지 9곳의 일 저수율 자료를 확보할 수 있어 산지농업구역의 수문학적 연구에서 주목할 만한 지역이다. 이 지역에서 각 구역의 신뢰할 수 있는 토지피복 변화를 획득하는 것은 수문모형을 이용한 물수지 분석 결과의 신뢰도와 직결되어 있기 때문에 매우 중요하다.

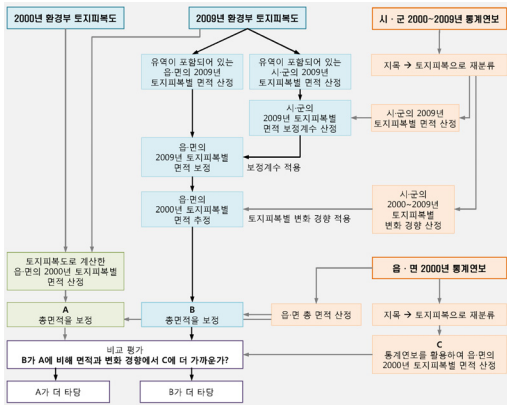


그림 2. 추정방법의 타당성 평가 방법

이 구역들은 약 16개 읍·면에 걸쳐 있으며 이 중 9개 지역은 유역에 완전히 포함되어 있다. 유역에 완전히 포함되어 있는 지역의 토지피복 면적 변화 정보는 통계연보의 지목 자료를 활용하여 획득할 수 있고 유역에 완전히 포함되지 않은 7개 읍·면의 토지피복 면적 변화 정보는 토지피복도로부터 획득할 수 있다. 하지만 서론에서 언급한 것과 같은 문제점들로 인하여 토지피복도만을 활용하여 토지피복 면적 변화를 분석하였을 때 신뢰할 수 있는 정보를 획득하는데 한계가 있었다. 이에 본 연구에서는 토지피복 면적 변화 정보를 획득할 수 있는 새로운 방법을 설계하고 그 타당성을 평가하였다.

본 연구에서는 유역에 완전히 포함되지 않은 7개 읍·면 중 극히 일부분만 포함되어 있는 1개 면은 연구에서 제외하고 6개 읍·면을 연구지역으로 하였다. 연구에서 제외한 거창군 고제면은 무주남대천 유역의 산지경계가 행정경계와 불일치하면서 무주남대천 유역에 포함된 지역이다. 이 지역은 토지피복 변화 가능성이 낮은 능선 주변의 산림지역이며 그 면적도 유역의 극히 일부이다. 따라서 토지피복도만을 활용하여 토지피복 변화 정보를 획득하여도 유역의 전반적인 토지피복 변화에 영향을 미치지 않을 것으로 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 거창군 고제면을 제외한 6개 읍·면을 연구지역으로 선정하였다.

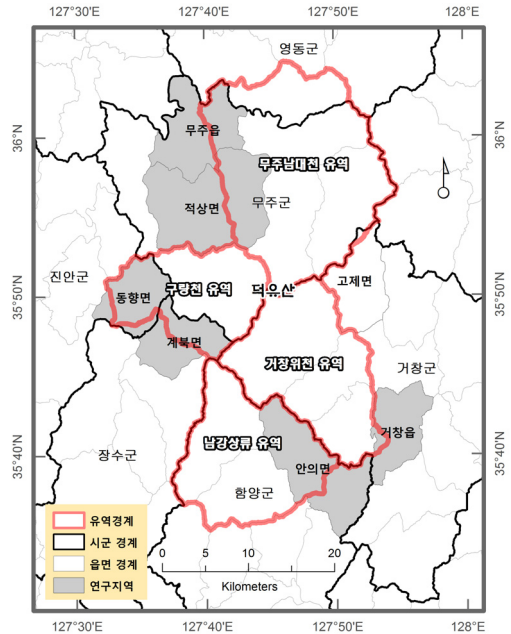


그림 3. 연구지역

표 1. 본 연구에서 사용한 토지피복 분류

환경부의 중분류 토지피복 분류	통계연보의 지목 분류	본 연구의 토지피복 분류
주거지역	대지	시가화·건조지역
상업지역	광천지	
공업지역	공장용지	
교통지역	주차장	
문화·체육·휴양지역	주유소용지	
공공시설지역	창고용지	
	도로	
	철도용지	
	제방	
	수도용지	
	체육공원	
	종교용지	
	사적지	
	잡종지	
기타나지 자연나지	학교용지	나지
논	답	논
밭	전	밭
시설재배지 기타재배지		
과수원	과수원	과수원
활엽수 침엽수 혼효림	임야	산림지역
인공초지 자연초지	목장용지 유원지 공원 묘지	초지
내륙습지 연안습지 내륙수 해양수	유지 양어장 하천	수역

본 연구에서는 통계연보의 지목 자료와 환경부 중분류 토지피복도를 표 1과 같이 시가화·건조지역, 나지, 논, 밭, 과수원, 산림지역, 초지, 수역의 8가지 토지피복으로 재분류하여 사용하였다.¹⁾ 본 연구에서 사용한 토지피복 분류는 수문학적 연구에서 증발산, 침투 등과 관련하여 주로 사용하는 분류이다(박종철, 2009).

3. 토지피복별 면적 추정방법 예시

다음은 본 연구에서 제안하는 토지피복별 면적 추정방법을 함양군 안의면에 적용한 구체적 사례를 들어 설명한 것이다. 표 2는 2009년 안의면의 토지피복별 면적을 보정하는 과정 및 결과를 보여주고 있다. 표에서 A는 2009년 함양군 통계연보의 면적이고 B는 2009년 토지피복도의 면적을 보여주고 있다. C는 토지피복도의 면적을 통계연보와 일치시키기 위한 보정계수이며 이 값은 A를 B로 나누어 산정하였다.

함양군 2009년 통계연보의 시가화·건조지역 면적은 토지피복도에 비해 1.46배가 많다. 나지는 토지피복도의 0.12배 수준이며 논과 밭은 각각 0.82배와 0.79배 수준이다. 표 2에서 E 항목은 2009년 안의면의 토지피복도 면적(표에서 D 항목)에 이 보정계수를 곱한 결과이다.

최종적으로 보정된 안의면의 토지피복별 면적은 E의 항목에 1,0270을 곱하여 산정하였다. 1,0270은 2009년 통계연보의 안의면 총면적과 토지피복도의 총면적 사이의 차이를 보정하기 위한 계수이다. E의 총면적은 96,54km²이지만 2009년 통계연보의 안의면 총면적은 99,15km²(본 논문에서는 미제시)이었다. 따라서 E의 각 면적에 총면적의 비율(99.15/96.54=1.0270)을 곱해 토지피복도의 안의면 총면적이 통계연보의 면적과 동일하도록 보정하였다.

표 3은 2000년 토지피복별 면적을 추정하는 과정 및 결

표 2. 2009년 함양군 안의면의 토지피복별 면적 보정

	시가화· 건조지역	나지	논	밭	과수원	산림	초지	수역
A. 함양군 통계연보 면적(km ²)	27.32	0.65	67.81	34.16	3.19	563.50	3.50	24.74
B. 함양군 토지피복도 면적(km ²)	18.70	5.36	83.20	43.15	12.43	539.34	10.21	6.36
C. 보정계수(A/B)	1.46	0.12	0.82	0.79	0.26	1.04	0.34	3.89
D. 안의면 토지피복도 면적(km ²)	2.47	0.47	12.86	6.06	2.20	71.64	0.85	0.49
E. 안의면 토지피복도 면적 보정 1차(D×C)	3.60	0.06	10.48	4.80	0.56	74.85	0.29	1.90
F. 안의면 토지피복도 면적 보정 2차(E×1,0270)(km ²)	3.70	0.06	10.76	4.93	0.58	76.87	0.30	1.95

과를 보여주고 있다. 2000년과 2009년 함양군의 통계연보 면적을 분석하면 각 토지피복별 변화율(I)을 산정할 수 있다. 이 변화율을 표 2의 F에 곱해 2000년 안의면의 토지피복별 면적을 추정하였다.

하지만 이 면적의 총합(99.20km²)은 2000년 안의면 통계연보의 총면적(99.17km², 본 논문에서는 미제시)과 차이가 있다. 이와 같은 차이가 발생하는 데는 두 가지이유가 있다. 첫 번째 이유는 통계연보에서 안의면의 총면적이 변했기 때문이다. 추정되는 2000년 안의면의 총면적은 2009년 총면적과 유사하다. 하지만 안의면 통계연보의 2000년 총면적이 2009년과 다르다면 추정된 총면적과 통계연보의 총면적이 다를 수 있다. 두 번째 이유는 함양군 총면적의 변화가 반영된 토지피복별 변화율을 안의면에

적용하였기 때문이다. 이 두 원인은 복합적으로 발생하여 표에서 E의 총면적이 통계연보의 2000년 안의면 면적과 차이를 발생시킨다. 이를 보정하기 위해 K에서는 통계연보의 안의면 총면적을 J의 총면적으로 나눈 보정계수(99.17/99.20=0.9997)를 적용하였다.

III. 연구결과

1. 토지피복별 면적 비교

본 연구에서 환경부의 2000년 토지피복도를 활용하여 산정한 6개 읍·면의 토지피복별 면적은 통계연보의 지목 자

표 3. 함양군 안의면의 2000년 토지피복별 면적 추정

	시가화· 건조지역	나지	논	밭	과수원	산림	초지	수역
G.2000년 함양군 통계연보 면적(km ²)	22.52	0.68	69.93	35.17	2.64	565.84	3.45	24.81
H.2009년 함양군 통계연보 면적(km ²)	27.32	0.65	67.81	34.16	3.19	563.50	3.50	24.74
I.변화율(1-(H-G)/G)	0.82	1.04	1.03	1.03	0.83	1.00	0.99	1.00
J.2000년 안의면의 토지피복별 면적 추정(F×I)	3.05	0.06	11.10	5.08	0.48	77.19	0.29	1.96
K.J를 2000년 안의면 통계연보 총면적으로 보정(J×0.9997)	3.05	0.06	11.09	5.07	0.48	77.16	0.29	1.96

표 4. 산정방법에 따른 2000년 토지피복별 면적과 통계연보 지목 자료와의 면적 차이

(단위: km²)

읍면	산정방법	시가화· 건조지역	나지	논	밭	과수원	산림	초지	수역	합
진안군	토지피복도	0.2	0.4	1.3	5.4	0.6	6.5	0.8	1.8	16.9
	추정방법	0.2	0.0	1.2	2.9	0.1	2.8	0.2	1.7	9.1
무주군	토지피복도	0.2	1.1	0.2	0.9	0.2	0.2	0.1	2.3	5.1
	추정방법	0.1	0.1	0.6	1.4	0.0	1.8	0.3	0.5	4.7
무주읍	토지피복도	0.4	1.8	0.5	0.8	0.3	0.0	0.4	3.4	7.6
	추정방법	0.1	0.1	0.0	1.9	0.0	1.6	0.0	0.4	4.1
함양군 안의면	토지피복	0.5	0.3	2.4	2.3	1.6	4.1	0.3	2.4	14.0
	추정방법	0.2	0.0	0.4	0.6	0.0	0.2	0.0	0.9	2.3
장수군 계북면	토지피복도	0.6	0.7	1.6	4.4	0.1	5.4	0.7	1.2	14.6
	추정방법	0.1	0.0	0.4	1.8	0.1	1.7	0.1	0.1	4.3
거창군 거창읍	토지피복도	1.3	1.1	0.8	4.3	2.6	7.6	0.0	2.5	20.3
	추정방법	3.5	0.2	1.7	1.7	0.5	3.7	0.0	0.8	12.1
평균	토지피복도	0.53	0.91	1.12	3.01	0.89	3.98	0.38	2.28	13.10
	추정방법	0.71	0.07	0.71	1.71	0.13	1.97	0.11	0.73	6.12

료와 전반적으로 13.10km²의 차이를 보였다. 이에 비해 추정방법으로 산정했을 때 2000년 토지피복별 면적은 통계연보의 지목 자료와 전반적으로 6.12km²의 차이를 보였다(표 4).

진안군 동향면에서 환경부 토지피복도로 산정한 시가화·건조지역의 면적은 통계연보와 0.2km²의 차이를 보였으며 본 연구에서 추정한 시가화·건조지역의 면적 역시 통계연보와 0.2km²의 차이를 보였다. 그러나 나지, 논, 밭 등 다른 토지피복의 면적은 모두 본 연구에서 추정된 면적이 통계연보와 더욱 작은 차이를 보였다. 나지의 면적은 토지피복도의 면적이 0.4km²의 차이를 보인 것에 비해 추정방법은 차이가 없었다. 논과 밭의 면적은 토지피복도의 면적이 각각 1.3km²와 5.4km²의 차이를 보였으며 추정방법의 면적은 각각 1.2km²와 2.9km²를 보였다. 산림의 면적은 토지피복도가 6.5km²의 차이를 보였고 추정방법의 면적이 2.8km²의 차이를 보였다.

무주군 적상면에서는 토지피복도로 산정한 면적이 대체로 통계연보에 가까운 것으로 나타났다. 환경부 토지피복도로 산정한 시가화·건조지역과 나지의 면적은 본 연구에서 추정된 면적에 비해 통계연보와 더욱 큰 차이를 보였다. 하지만 논, 밭, 산림의 면적은 본 연구에서 추정된 면적에 비해 통계연보와 더욱 가까웠다. 토지피복도로 산정한 논 면적은 통계연보와 0.2km²의 차이를 보였으며 추정된 면적은 통계연보와 0.6km²의 차이를 보였다. 토지피복도로 산정한 밭의 면적은 통계연보와 0.9km²의 차이를 보였으며 추정된 면적은 1.4km²의 차이를 보였다. 토지피복도의 산림 면적은 통계연보와 0.2km²의 차이를 보였고 본 연구에서 추정된 방법은 1.8km²의 차이를 보였다.

무주군 무주읍에서 밭과 산림의 면적은 토지피복도로 산정했을 때 통계연보에 더욱 가까웠으며 시가화·건조지역, 나지, 논, 과수원 등의 면적은 추정방법으로 산정했을 때 통계연보에 더욱 가까웠다. 함양군 안의면과 장수군 계북면에서는 모든 토지피복에서 본 연구에서 추정된 면적이 토지피복도로 산정했을 때에 비해 통계연보에 더욱 가까운 것으로 나타났다. 거창군 거창읍에서는 토지피복도로 산정한 시가화·건조지역과 논 면적이 통계연보와 더욱 가까웠으며 그 외 토지피복의 면적은 추정방법으로 산정했을 때 통계연보와 더욱 유사하였다.

각 읍·면 지역에서 산정 방법에 따른 토지피복별 면적을 통계연보와 비교했을 때 총 48개의 사례 중 토지피복도로 산정했을 때 통계연보와 더욱 유사한 사례는 8개인 것으로 나타났다. 40개의 사례는 추정방법으로 산정한 면적

이 통계연보와 더욱 유사하였다.

아울러 모든 지역에서 추정방법의 면적이 토지피복도만을 활용했을 때에 비해 통계연보와의 전반적인 면적 차이가 더욱 작은 것으로 나타났다. 진안군 동향면에서 토지피복도로 산정했을 때 통계연보와 차이를 보이는 면적의 합은 16.9km²이었으며 추정방법을 사용했을 때는 9.1km²이었다. 무주군 적상면에서는 토지피복도만을 활용했을 때 그 값이 5.1km²이었으며 추정방법을 사용했을 때는 4.7km²이었다. 무주읍에서는 그 값이 각각 7.6km²와 4.1km²이었으며 함양군 안의면에서는 14.0km²와 2.3km²로 추정방법으로 산정한 면적이 통계연보와 차이를 보이는 면적의 합이 더욱 작았다. 장수군 계북면에서도 토지피복별로 통계연보와 차이를 보인 면적의 합이 토지피복도로 산정했을 때는 14.6km²인 것에 비해 추정방법으로 산정했을 때는 4.3km²에 불과하였다. 거창군 거창읍에서는 두 값이 각각 20.3km²와 12.1km²로 나타났다. 따라서 6개 읍·면의 토지피복별 평균적인 면적 차이 역시 추정방법이 토지피복도에 비해 작은 것으로 나타났다. 단, 시가화·건조지역의 면적은 추정방법에 비해 토지피복도로 산정한 면적이 통계연보에 가까운 것으로 나타났다. 이는 거창군 거창읍에서 추정방법으로 산정한 시가화·건조지역의 면적이 통계연보와 큰 차이를 보였기 때문이다.

본 연구에서 추정된 거창읍 2000년 시가화·건조지역의 면적이 통계연보와 많은 차이를 보인 원인을 파악하기 위해 거창군의 시가화·건조지역 변화 경향을 상세히 살펴보았다. 2000~2009년에 거창군에서는 시가화·건조지역이 평균 15.9% 증가하였다. 이를 읍·면별로 살펴보면 거창읍의 시가화·건조지역 면적은 35.2% 증가하였고 주상면에서는 33.0% 증가하였으며 마리면에서는 25.1% 증가한 것으로 분석되었다. 그 외 면지역에서는 시가화·건조지역의 면적이 2000년에 비해 10% 내외에서 증가한 것으로 분석되었다. 거창군에서 시가화·건조지역 증가율은 주로 거창읍과 주상면, 마리면에서 집중되어 나타난 것이다.

이는 본 연구의 추정방법 설계 시 기대하였던 '시·군의 통계연보 지목 자료에서 나타난 토지피복별 면적 변화 경향은 공간상에서 유사하게 나타난다'는 조건을 만족하지 않는 사례이다. 따라서 본 연구에서 추정된 2000년 거창읍의 시가화·건조지역 면적은 통계연보와 차이를 보였다. 거창읍의 시가화·건조지역 면적 증가율이 거창군의 평균에 비해 2배 이상 높기 때문에 거창군의 증가율을 적용

표 5. 산정방법에 따른 2000년 토지피복별 면적과 통계연보 면적의 평균적인 차이

(단위: %)

산정방법	시가화· 건조지역	나지	논	밭	과수원	산림	초지	수역
토지피복도	-3.0	729.4	15.9	58.6	192.9	-6.4	117.3	-75.4
추정방법	18.2	-24.2	-0.4	10.3	-19.8	-1.4	-15.5	-5.4

하여 추정한 2000년 거창읍의 시가화· 건조지역 면적은 통계연보에 비해 매우 높아진 것이다.

표 5는 각 방법으로 산정한 2000년 토지피복별 면적과 통계연보 면적의 차이를 각 토지피복별 면적에 대한 비율로 나타낸 것이며 6개 읍·면의 분석결과를 평균한 것이다. 이를 살펴보면 2000년 토지피복도에서 산정된 시가화· 건조지역의 면적은 통계연보 면적에 비해 전반적으로 3% 작았다. 이에 비해 추정방법에서는 전반적으로 18.2% 과대 추정하고 있었다. 추정방법에서 시가화· 건조지역이 크게 과대 추정된 것으로 나타난 것은 거창군 거창읍의 추정결과가 큰 영향을 미쳤다. 거창군 거창읍을 제외한 5개 읍·면에서 추정방법으로 산정한 시가화· 건조지역의 면적은 통계연보와 1% 미만의 차이를 보였다.

2000년 토지피복도에서 나지의 면적은 통계연보에 비해 700% 이상 많은 것으로 나타났으며 추정방법의 나지 면적은 통계연보에 비해 24.2% 작은 것으로 나타났다. 토지피복도에서 나지가 통계연보에 비해 크게 높게 나타난 원인은 크게 2가지로 판단된다. 첫 번째는 2000년 토지피복도에서 하도 내 사력퇴 습지가 대부분 나지로 오분류되어 있는 것이 원인으로 판단된다. 박종철·김장수(2014b)에 의하면 연구구역 중 하나인 구량천 유역의 하천에 분포하는 사력퇴 습지는 2000년 환경부 토지피복도에서 대부분 나지로 오분류되어 있었다. 이는 토지피복도의 나지가 통계연보의 나지에 비해 매우 높게 나타난 주요한 원인인 것으로 판단된다. 두 번째 원인으로서는 건설 중인 도로의 토지피복 분류 차이를 들 수 있다. 토지피복도에서는 건설 중인 도로를 나지로 분류하지만(박종철·김장수, 2014b), 통계연보에서는 이 지역을 도로, 즉 시가화· 건조지역으로 분류하기 때문이다.

토지피복도에서 논 면적은 통계연보에 비해 15.9% 높게 산정하는 반면 추정방법은 0.4% 과소 추정하는 경향이 있었다. 토지피복도에서 밭의 면적은 전반적으로 통계연보 면적의 58.6% 많았으며 추정방법에서 밭의 면적은 통계연보에 비해 10.3% 많았다. 과수원은 토지피복도에서의 면적이 통계연보에 비해 192.9% 많았으며 추정방법에

서의 면적은 통계연보에 비해 19.8% 적었다. 산림지역과 초지, 수역 면적 역시 토지피복도를 활용했을 때에 비해 추정방법으로 산정했을 때 통계연보와의 차이가 매우 작은 것으로 나타났다.

2. 토지피복별 변화 면적 비교

본 연구에서 추정한 2000년 토지피복별 면적과 환경부 토지피복도로 산정한 2009년 토지피복별 면적을 비교하여 연구지역의 2000~2009년 토지피복별 변화 면적을 산정하였다. 아울러 2000년과 2009년 토지피복도를 활용하여 토지피복별 변화 면적을 산정하였다. 표 6은 두 자료를 2000~2009년 통계연보로 산정한 토지피복별 변화 면적과 비교한 결과이다.

진안군 동향면의 통계연보에서는 시가화· 건조지역과 밭, 초지, 수역이 과거에 비해 증가한 것으로 나타났으며 나지, 논, 산림은 과거에 비해 감소한 것으로 나타났다. 하지만 토지피복도에서는 밭과 과수원, 초지가 오히려 과거에 비해 감소하였고 산림은 증가한 것으로 나타나 통계연보의 면적 변화와 반대경향을 보였다. 무주군 적상면에서는 토지피복도에 나지, 과수원, 산림, 초지의 변화 경향이 통계연보의 변화 경향과 상반되게 나타났다. 함양군 안의 면에서는 토지피복도의 과수원, 산림, 초지 변화 경향이 통계연보와 반대로 나타났으며 장수군 계북면에서는 나지, 산림, 초지 변화 경향이 통계연보와 반대로 나타났다. 거창군 거창읍에서는 토지피복도에 나지, 과수원, 산림, 수역의 변화 경향이 통계연보와 반대로 나타났다. 이에 비해 무주군 동향면을 제외한 5개 지역에서 추정방법의 토지피복별 면적 변화 경향은 모두 통계연보와 일치하고 있었다. 무주군 동향면에서는 추정방법으로 분석한 밭과 산림의 변화 경향이 통계연보와 반대로 나타났다.

토지피복도로 분석했을 때의 토지피복별 면적 변화 경향과 통계연보의 토지피복별 면적 변화 경향이 일치하는 비율은 54.2%(총 48개 사례 중 26개 사례 일치)로 나타났다(그림 4). 이에 비해 추정방법으로 분석했을 때의 토지

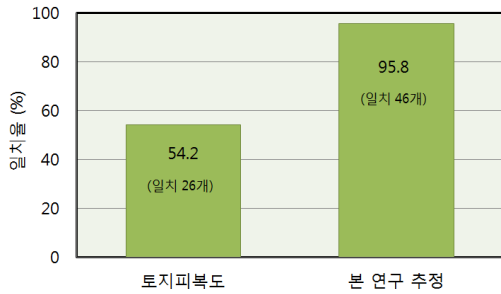


그림 4. 토지피복 변화경향이 통계연보와 일치하는 비율

피복별 면적 변화 경향과 통계연보의 토지피복별 면적 변화 경향이 일치하는 비율은 95.8%(총 48개 사례 중 46개 사례 일치)로 나타났다.

토지피복별 변화 면적에서도 추정방법의 변화 면적이 토지피복도의 변화 면적에 비해 통계연보의 변화 면적과 더욱 유사한 것으로 나타났다. 표 6에서 동향면을 사례로 살펴보면 시가화·건조지역이 통계연보에서는 0.24km² 증가하였다. 통계연보에서는 시가화·건조지역이 0.77km²

증가하였으며 추정방법에서는 0.38km²증가하여 추정방법의 변화 면적이 통계연보와 더욱 유사한 것으로 분석되었다. 나지는 토지피복도에서 0.44km²감소하였으나 통계연보와 추정방법에서는 0.01km²감소한 것으로 나타났다. 논은 통계연보에서 0.12km²감소하였고 토지피복도와 추정방법에서는 각각 0.91km²와 0.85km²감소한 것으로 분석되었다. 따라서 동향면의 시가화·건조지역, 논, 나지의 변화 면적은 토지피복도에 비해 추정방법이 통계연보에 더욱 유사한 것으로 나타났다.

그림 5는 통계연보와 토지피복도, 통계연보와 추정방법의 토지피복 변화 면적의 상관관계를 보여주고 있다. 추정방법의 변화 면적은 통계연보와의 1:1 라인에 상대적으로 유사하게 분포하고 있으며 결정계수(R²)는 0.6으로 분석되었다. 이에 비해 토지피복도에서의 변화 면적은 통계연보와의 1:1라인에 거의 수직 방향으로 분포하고 있다. 이를 통해 토지피복도로 분석한 토지피복별 변화 면적에 비해 본 연구의 추정방법으로 산정한 토지피복별 변화면적이 통계연보의 값과 더욱 유사하였음을 알 수 있다.

표 6. 2000~2009년 토지피복별 변화 면적의 비교

(단위: km²)

		시가화· 건조지역	나지	논	밭	과수원	산림	초지	수역
진안군 동향면	통계연보	0.24	-0.01	-0.12	0.05	0.00	-0.30	0.28	0.11
	토지피복도	0.77	-0.44	-0.91	-3.09	-0.43	4.38	-0.54	0.53
	추정방법	0.38	-0.01	-0.85	-0.52	0.02	0.70	0.05	0.49
무주군 적상면	통계연보	1.42	0.00	-0.60	-0.44	0.00	-0.97	0.03	0.48
	토지피복도	0.81	-1.01	-1.13	-2.52	-0.13	0.83	-0.13	3.21
	추정방법	0.77	0.00	-0.42	-0.18	0.02	-0.72	0.08	0.39
무주군 무주읍	통계연보	1.59	0.00	-0.72	-0.52	0.00	-0.60	0.05	0.20
	토지피복도	1.22	-1.88	-0.91	-2.95	-0.27	0.51	-0.15	4.42
	추정방법	0.94	0.00	-0.48	-0.23	0.03	-1.04	0.23	0.54
함양군 안의면	통계연보	0.43	-0.01	-0.28	-0.14	0.11	-0.14	0.00	0.01
	토지피복도	1.33	-0.33	-2.37	-1.86	-1.51	3.57	-0.37	1.53
	추정방법	0.65	-0.01	-0.33	-0.15	0.10	-0.29	0.00	0.00
장수군 계북면	통계연보	0.09	0.00	-0.21	-0.10	0.03	-0.23	0.03	0.35
	토지피복도	0.90	-0.68	-1.35	-2.81	0.00	3.46	-0.81	1.25
	추정방법	0.46	0.00	-0.19	-0.22	0.00	-0.25	0.04	0.12
거창군 거창읍	통계연보	1.04	0.06	-0.59	-0.24	0.03	-0.50	0.23	-0.05
	토지피복도	2.90	-1.24	-2.80	-2.76	-2.99	3.53	0.03	3.31
	추정방법	0.72	0.01	-0.29	-0.19	0.08	-0.39	0.07	-0.02

* 음영 : 토지피복 면적 변화 경향이 통계연보의 면적 변화 경향과 일치하지 않는 사례

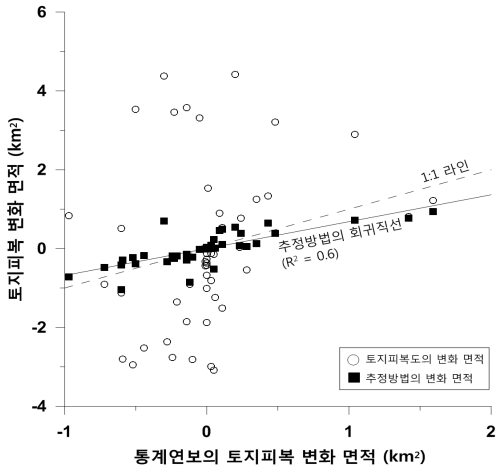


그림 5. 2000~2009년 토지피복별 변화 면적의 비교

IV. 토의 및 결론

본 연구는 덕유산 인근 6개 읍·면의 2000년 토지피복별 면적을 추정하고 이를 통계연보 지목 자료의 면적과 비교·분석하였다. 그 결과 본 연구에서 추정한 토지피복별 면적은 2000년 환경부 토지피복도로 산정한 토지피복별 면적에 비해 대부분의 지역에서 통계연보의 면적과 더욱 유사하였다. 2000년 환경부 토지피복도의 토지피복별 면적이 통계연보의 면적과 전반적으로 13.10km²의 차이를 보인 것에 비해 본 연구에서 추정한 토지피복별 면적은 전반적으로 6.12km²의 차이를 보였다.

2000년과 2009년 환경부 토지피복도로 분석한 토지피복별 변화 경향과 본 연구에서 추정한 토지피복별 변화 경향을 통계연보의 변화 경향과 비교 분석한 결과 본 연구에서 추정한 토지피복별 변화 경향이 통계연보와 매우 유사한 것으로 나타났다. 토지피복도의 변화 경향과 통계연보의 변화 경향이 일치하는 비율은 54.2%에 불과하였지만 추정방법의 변화 경향과 통계연보의 변화 경향은 95.8%가 일치하였다.

위와 같은 연구 결과는 본 연구에서 사용한 과거 토지피복 추정방법이 연구지역 하위에 있는 유역의 2000년 토지피복별 면적을 추정하는데 활용할 수 있으며, 나아가 이 자료를 토지피복 변화에 활용하였을 때 토지피복도로 분석한 결과에 비해 더욱 신뢰할 수 있는 결과를 도출할 수 있다는 것을 방증하는 것으로 판단된다.

나아가 본 연구에서 추정한 2000년 논, 밭, 산림의 면적

은 2000년 토지피복도를 활용하여 산정한 면적에 비해 통계연보와 매우 유사하였다. 특히 토지피복도만을 활용했을 때는 6개 읍·면에서 산림이 모두 과거에 비해 증가한 것으로 분석되었지만 이는 통계연보에서 산림이 감소한 것과 반대의 경향이였다. 하지만 추정방법에서 산림 면적의 변화는 통계연보와 마찬가지로 감소하는 것으로 나타났다. 대부분의 농촌 유역에서 논, 밭, 산림은 유역 총면적의 70% 이상을 차지하고 있으며, 이 토지피복은 농업 및 산림 유역의 물순환에서 중요한 부분을 차지한다. 따라서 본 연구의 추정방법을 통해 이 토지피복 지역의 신뢰할 수 있는 면적과 변화 경향을 획득할 수 있게 된 것은 향후 수문학 분야에서 물수지 분석 결과의 신뢰도를 향상하는데 기여할 것으로 기대된다.

하지만 본 연구에서 제안한 방법은 2000년 토지피복도를 새롭게 작성하거나 직접적인 개선을 통해 토지피복별 면적을 추정하는 것이 아니기 때문에 적용상의 한계가 있다. 거창군 거창읍의 시가화·건조지역 분석 사례에서와 같이 시·군의 토지피복별 변화가 그 하위의 몇몇 지역에서 집중되어 나타난 경우에는 추정된 결과가 실제와 많은 오차를 보일 수 있다. 이는 본 연구에서 제안한 방법이 '시·군의 통계연보를 통해 파악된 토지피복별 면적 변화 경향이 공간상에서 유사하게 일어난다'는 전제조건을 만족했을 때 적용할 수 있는 한계가 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서 제안한 방법을 연구에 사용하기에 앞서 본 연구에서 수행한 것과 같은 검증 과정을 반드시 거쳐야 할 것으로 판단된다.

그럼에도 불구하고 본 연구의 결과에서 거창읍을 제외한 5개 읍·면의 2000년 시가화·건조지역의 면적과 그 변화 면적 역시 토지피복도에 비해 통계연보의 값과 유사하였다는 점은 본 연구에서 제안한 추정방법이 토지피복 변화가 급변하지 않는 많은 농촌지역에서는 폭넓게 활용할 수 있는 가능성을 보여준 것으로 판단된다.

한편 본 연구에서는 지목과 토지피복이 실제로는 일치하지 않을 수 있음에도 지목 자료를 참값으로 사용하고 있다는 한계가 있다. 향후 참값으로 사용할 수 있는 자료의 획득이 가능하게 되면 본 연구에서 제안하는 방법에 대한 추가 검증이 필요할 수도 있다. 다만 지목에 비해 더욱 신뢰할 수 있는 토지피복 자료를 획득하기 전까지는 본 연구에서 제안한 2000년 토지피복별 면적 추정방법이 행정구역과 일치하지 않는 연구지역의 토지피복 현황을 획득하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

註

1) 본 연구에서 토지피복 분류는 대분류와 중분류가 혼재되어 사용되었다. 이는 수문학적 연구에서 주로 사용되고 있는 토지피복 분류를 준용하였기 때문이다. 본 연구의 방법론을 일반화하여 다른 연구에 적용할 때 토지피복의 분류는 통계연보 지목 자료와의 매칭가능 범위에서 본 연구와는 다르게 설정할 수 있을 것이다.

참고문헌

구자용, 2011, “해상도별 위성영상을 이용한 체계적 토지피복 분류에 관한 연구,” 국토지리학회지, 45(3), 375-386.
 김만규, 2008, “충청도 병천천 유역에 대한 “물리결정 물수지 모델-BROOK90”의 지형, 식생, 토양 parameter 획득 연구와 a priori simulation 결과 해석,” 한국지형학회지, 15(1), 37-52.
 김장수·장동호·김찬수, 2013, “해수면 상승에 따른 침수 취약지의 토지피복 변화 예측 - 태안군을 사례로,” 한국 사진지리학회지, 23(4), 205-222.
 김현욱·염종민, 2012, “농촌지역 토지피복분류를 위한 객체기반 영상분석기법 연구,” 한국지리정보학회지, 15(4), 26-41.
 박정재·구자용·김병선, 2007, “위성영상을 이용한 중분류 토지피복도의 제작과정 개선,” 한국GIS학회지, 15(1), 67-80.
 박종철, 2009, “환경변화가 구량천 유역의 물수지에 미치는 영향 예측,” 한국지형학회지, 16(3), 113-126.
 박종철·김만규, 2010, “시계열 자료를 활용한 야산의 토지 이용 변화 분석,” 한국지리정보학회지, 13(3), 102-118.
 박종철·김장수, 2014a, “토지피복 변화탐지에서 국가 토지 피복도의 활용과 한계: 충청남도를 사례로,” 한국사진지리학회지, 24(1), 19-34.
 박종철·김장수, 2014b, “환경부 다중시기 토지피복도로 탐지한 토지피복 변화 지역의 정확도 평가: 구량천 유역을 사례로,” 한국지도학회지, 14(1), 61-75.
 박종철·이지수·서애숙·김만규, 2013, “국지적 규모의 도시 확장과 극한기후지수와의 상관성,” 기후연구, 8(3), 185-201.

성춘자·임익성, 2007, “천안시 토지이용의 시,공간적 변화,” 한국사진지리학회지, 17(3), 57-66.
 오치영·박소영·김형석·이양원·최철웅, 2010, “고해상도 위성영상의 토지피복분류와 정확도 비교 연구,” 한국지리정보학회지, 13(1), 89-100.
 이경주, 2013, “공간통계지수를 이용한 외연적 도시 확장 과정의 시공간 패턴고찰에 관한 연구: 미국 버펄로 지역을 중심으로,” 한국지도학회지, 13(1), 155-165.
 이상일·김감영, 2007, “GIS-기반 대시메트릭 매핑(dasymetric mapping) 기법을 이용한 서울시 인구밀도 분포의 재현,” 한국지도학회지, 7(2), 53-67.
 장동호·박노욱·지광훈·김만규·CHUNG, Chnag-Jo F., 2004, “GIS 기반 베이지안 예측모델을 이용한 보은지역의 산사태 취약성 분석,” 한국지형학회지, 11(3), 13-23.
 정재준·이수현, 2010, “국토 모니터링을 위한 지표설정과 방법론 개발에 관한 연구,” 한국지도학회지, 10(1), 65-74.
 정재준, 2010, “서울의 도시 지역 변화 탐지를 위한 식생지수의 활용,” 한국지도학회지, 10(2), 79-90.
 차상인·장동호, 2012, “원격탐사자료와 GIS 공간자료를 활용한 서산시 토지피복 변화 예측에 관한 연구,” 한국 사진지리학회지, 22(3), 183-198.
 최병구·박정목·이정수, 2013, “Landsat TM 위성영상을 활용한 토지피복변화탐비 및 파편화 분석-강원도 고성군의 DMZ지역 일원을 대상으로-,” 한국사진지리학회지, 23(1), 75-85.
 한승희, 2008, “행정중심복합도시 재해경감대책을 위한 토지피복분류,” 한국방재학회 논문집, 8(5), 77-83.
 환경부, 2007, 「지방자치단체 환경보전계획 수립지침(개정)」.
 Fisher, P. and Unwin, D. eds., 2005, *Re-Presenting GIS*, Chichester: Wiley.
 Folly, A., Bronsveld, M.C., and Clavaux, M., 1996, Acknowledge-Based Approach for C-factor Mapping in Spain Using Landsat TM and GIS, *International Journal of Remote Sensing*, 17(12), 1401-1415.
 Okamoto, K. and Fukuhara, M., 1996, Estimation of Paddy Field Area Using the Area Ratio of Categories in Each Pixel of Landsat TM, *International Journal of Remote Sensing*, 17(9), 1735-1749.
 환경부 환경공간정보서비스, <http://egis.me.go.kr>.

박종철 · 김장수

교신 : 김장수, 404-708, 인천시 서구 환경로 42, 국립환경과
학원 자연환경연구과(이메일: matra99@korea.kr)

Correspondence : Jangsoo Kim, Natural Environment Division,
National Institute of Environmental Research, 42
HWangyong-ro, Seogu, Incheon 404-708, Republic
of Korea (Email: matra99@korea.kr)

투 고 일: 2014년 7월 15일

심사완료일: 2014년 7월 23일

투고확정일: 2014년 8월 1일