

생태계 서비스 기능평가를 위한 중분류 토지피복지도 산림지역 경계설정 개선 방안*

전성우¹⁾ · 김재욱²⁾ · 김유훈²⁾ · 정휘철²⁾ · 이우균¹⁾ · 김준순³⁾

¹⁾ 고려대학교 환경생태공학부 · ²⁾ 한국환경정책·평가연구원 · ³⁾ 강원대학교 산림경영학과

Improvement of Forest Boundary in Landcover Classification Map(Level - II) for Functional Assessment of Ecosystem Services*

Jeon, Seongwoo¹⁾ · Kim, Jaek²⁾ · Kim, Yuhon²⁾ · Jung, Huicheul²⁾
Lee, Woo-Kyun¹⁾ and Kim, Joon-Soon³⁾

¹⁾ Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University,

²⁾ Korea Environment Institute,

³⁾ Department of Forest Management, Kangwon National University.

ABSTRACT

Interests in ecosystem services have increased and a number of attempts to perform a quantitative valuation on them have been undertaken. To classify the ecosystem types landcover classification maps are generally used. However, some forest types on landcover classification maps have a number of errors. The purpose of this study is to verify the forest types on the landcover map by using a variety of field survey data and to suggest an improved method for forest type classifications. Forest types are compared by overlaying the landcover classification map with the 4th forest type map, and then they are verified by using National Forest Inventory, 3rd National Ecosystem Survey and field survey data. Misclassifications of forest types are found on the forest on the forest type map and farm and other grassland on the landcover map. Some errors of forest types occur at Daegu, Busan and Ulsan metropolitan cities and Gangwon province. The results of accuracy in comprehensive classification

* 이 논문은 2014년도 환경부 차세대 에코이노베이션 기술 개발사업의 지원으로 수행되었음(과제번호: 2012-00021-0001).

First author : Jeon, Seongwoo, Korea University, 145, Anam-ro, Seongbuk-Gu Seoul 136-713, Korea,

Tel : +82-2-3290-3043, E-mail : eepps_korea@Korea.ac.kr

Corresponding author : Kim, Jaek, Korea Environment Institute, 370, Sicheong-daero, Sejong-si 339-007, Korea,

Tel : +82-44-415-7853, E-mail : jukim@kei.re.kr

Received : 2 February, 2015. **Revised** : 27 February, 2015. **Accepted** : 25 February, 2015.

show that deciduous forest is 76.1%; coniferous forest is 54.0%; and mixed forest is 22.2%. In order to increase the classification accuracy of forest types a number of remote sensing images during various time periods should be used and the survey period of NFI and the National Forest Inventory and National Ecosystem Survey should be consistent. Also, examining areas with wide forest patch should be prioritized during the field survey in order to decrease any errors.

Key Words : *Forest types, Inner boundary, Classification accuracy, Quantitative valuation.*

I. 서 론

최근 생태계가 우리에게 제공하는 서비스의 가치가 주목 받기 시작하면서 이를 정량적으로 평가하기 위한 노력이 많이 이루어지고 있다. 정량적인 평가를 위해서는 생태계의 유형 및 기능 분류가 매우 중요한데, 여러 가지 주제도 가운데 토지피복지도가 생태계의 유형을 구분하는데 많이 활용되고 있다(Burkhard et al., 2009; Liu et al., 2010).

토지피복지도란 지표면의 지형지물의 형태를 일정한 생태학적 기준에 따라 분류하여 동일한 특성을 지닌 지역을 지도의 형태로 표현한 환경 주제도를 말하며, 지표면의 현 상황을 가장 잘 반영하기 때문에 정책수립의 효율성과 과학성을 높이는데 많은 기여를 하고 있다(Lee et al., 2003; Park et al., 2007).

정밀한 토지피복지도를 제작하기 위해서는 높은 공간해상도, 유형을 구분지을 수 있는 분광분해능의 향상 등을 필요로 한다. 공간해상도의 문제는 고해상도 위성자료를 활용하여 어느 정도 해소되었으나, 분광분해능의 문제점은 아직까지 충분한 해결방안이 마련되지 못하고 있기 때문에 중분류 토지피복지도는 자동분류에 의한 제작이 이루어지지 않고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 중분류 토지피복지도는 육안판독법(On Screen Digitizing)으로 제작되고 있는데 분류 기준이 애매하고 작업자의 능력에 따라 주관적인 판단이 개입될 수 있기

때문에, 수치지형도, 임상도, 토지이용현황도 등 참조자료를 이용하여 각 분류항목의 경계선과 속성을 판독하고 있다(Lee et al., 2003; Park et al., 2007).

중분류 토지피복지도의 산림은 침엽수림, 활엽수림, 혼효림 등 임상에 대한 자료만 제공하고 있기 때문에, 생태계 서비스를 평가하기 위한 정보가 매우 부족하다. 따라서, 임상도에 포함된 임종, 임상, 영급 등 산림의 질적 특성을 활용하여 생태계 서비스를 평가할 필요가 있다(Jeon et al., 2013).

임상도는 중분류 토지피복지도 제작시 활용하여 산림 유형구분에 활용되고 있으나, 직접 4차 임상도와 중분류 토지피복지도를 비교해 본 결과, 전국적으로 약 540,000ha의 오차가 발생하였다(Jeon et al., 2013). 중분류 토지피복지도를 구축하는 과정에서 참조자료가 제대로 활용되지 못하고 있는 것으로 판단된다. 이러한 오차는 생태계 서비스의 기능을 과소평가할 수 있기 때문에 중분류 토지피복지도의 산림 내부 경계를 재설정할 필요가 있다. 또한 산림정보와 관련된 연구자들에게 동일한 정보를 제공함으로써 연구결과에 대한 신뢰도를 높일 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 중분류 토지피복지도와 4차 임상도 자료를 비교한 후에 현장조사 자료를 이용하여 실제 임상 정보를 확인하고, 문제점들을 파악하여 중분류 토지피복지도 산림 유형 구분을 위한 개선 방안을 제안하고자 한다.

II. 연구방법

중분류 토지피복지도의 산림경계를 살펴보기 위하여 4차 수치임상도의 임상정보를 활용하였다. 4차 수치임상도의 임상 중 미립목지, 제지, 벌채적지, 황폐지, 임간나지 등은 무립목지로 재정의 하였고, 목장, 경작지, 수채 등은 비산림으로 구분하여 중분류 토지피복지도 유형과 4차 수치임상도 임상의 일치 여부를 전국적으로 검토하였다. 또한, 향후 산림지역 경계설정 개선을 위한 지역별 우선순위를 결정하기 위해 행정구역별로 구분하여 추가적으로 분석하였다.

산림의 실제 임상을 파악하기 위하여 전국 196개 지점에 대한 현장조사 자료를 임상으로 재분류 하여 토지피복지도 중분류와 4차 수치임상도의 일치 여부를 검증하였다. 전국 196개 지점에 대한 현장조사는 도별로 4~6개 지점을 Random 추출한 후에 주변의 서로 다른 임상을 중심으로 조사지역을 선정하고 임상 및 영급 등 기초 산림조사를 2013년부터 2014년까지 2년에

걸쳐 실시하였다.

그러나 전국의 196개 지점 자료가 우리나라 산림을 대표한다고 볼 수 없다고 판단하여 산림청의 국가산림자원조사(National Forest Inventory), 환경부의 3차 전국자연환경조사(3rd National Ecosystem Survey) 자료를 추가적으로 검토하였다. 산림청의 국가산림자원조사는 2005년부터 2010년까지 4km×4km 간격으로 구분한 표본점을 중심으로 전국의 산림을 조사한 자료이며, 환경부의 3차 전국자연환경조사는 2006년부터 2012년까지 1 : 25,000 지형도를 이용하여 전국 조사를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

4차 수치임상도의 침엽수림 중 중분류 토지피복지도와 일치하지 않는 유형은 밭이 약 92,000ha(3.51%), 기타초지가 약 32,000ha(1.22%) 등으로 나타났으며, 활엽수림과 혼효림 역시 밭(활엽수림: 1.22%, 혼효림: 2.18%)과 기타초지(활엽수림: 0.77%, 혼효림: 0.88%)의 비중이 높았다. 이러한 현상은 산림 개간을 통한 농경지(논, 밭)로의 전용 때문에 발생한 것인데, 4차 수치임상도와 중분류 토지피복지도에 최신의 정보가 반영되어야 할 것으로 판단된다.

또한 4차 수치임상도의 죽림과 무립목지가 토지피복지도 중분류의 침엽수림, 활엽수림, 혼효림으로 구분되기도 하였다(Table 1).

중분류 토지피복지도 유형과 4차 수치임상도의 임상을 비교하여 행정구역별로 구분한 결과, 서울과 인천의 산림 유형에 대한 분류가 정확한 것으로 나타났고 상대적으로 대구광역시, 부산광역시, 울산광역시, 강원도 지역은 오분류가 많은 것으로 나타났다. 산림의 유형별로는 침엽수림이 가장 잘 일치하였고 혼효림의 경우에는 대부분의 지역에서 일치하지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 중분류 토지피복지도를 갱신할 경우 현장조사 지역 및 대상 유형에 대한

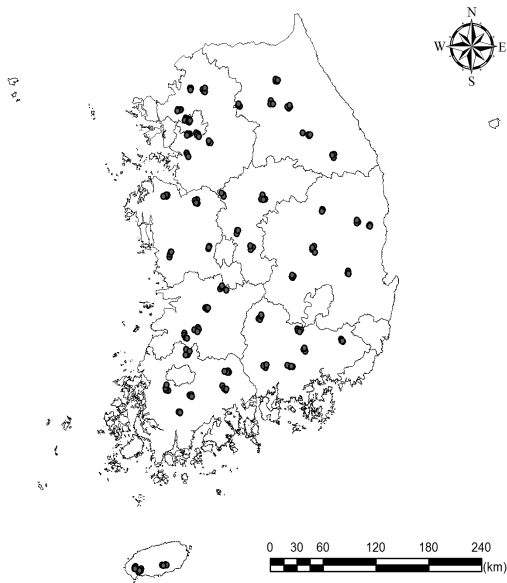


Figure 1. Field survey for identification of forest types.

Table 1. Comparing landcover classification map and 4th forest type map. (Units: ha)

Forest type map Landcover classification map	Coniferous Forest	Deciduous forest	Mixed Forest	Bamboo Forest	Denuded area	Total
Residential area	7,448.16	2,273.75	4,114.51	533.13	398.31	14,767.86
Manufacturing area	2,275.64	666.76	1,734.13	6.48	235.14	4,918.15
Commercial area	900.07	290.32	554.79	4.98	64.54	1,814.70
Recreational facilities	475.99	236.84	278.63	1.96	331.57	1,324.99
Traffic facility	5,674.34	1,957.99	3,354.66	21.04	605.24	11,613.27
Public facilities	2,608.96	1,506.41	2,186.32	11.31	874.68	7,187.68
Paddy field	29,654.84	7,143.47	14,832.98	217.45	1,080.78	52,929.52
Dry field	92,646.32	19,215.81	40,212.49	805.10	4,365.78	157,245.50
Plastic greenhouse	356.96	132.57	215.02	3.22	21.43	729.20
Orchard	7,918.25	4,169.77	4,966.07	51.93	343.88	17,449.90
Other cultivation	2,114.38	773.69	1,290.82	10.55	99.95	4,289.39
Deciduous forest	195,771.83	1,099,707.27	321,104.47	1,985.01	16,366.04	1,634,934.62
Coniferous Forest	1,873,973.82	187,140.30	453,402.85	1,712.35	24,412.97	2,540,642.29
Mixed Forest	347,990.47	226,407.69	963,152.43	536.79	17,354.23	1,555,441.61
Natural grassland	11,117.38	4,584.33	4,424.14	33.59	4,743.46	24,902.90
Golf course	1,436.03	578.61	953.83	2.87	5,014.90	7,986.24
Other grassland	32,271.86	12,135.09	16,304.82	107.02	12,390.03	73,208.82
Inland wetland	757.08	325.42	640.06	11.47	39.91	1,773.94
Coastal wetland	275.91	35.33	63.28	0.00	38.40	412.92
Mining site	1,323.33	643.74	1,025.83	1.49	3,559.63	6,554.02
Other barren	16,428.03	5,364.64	9,753.43	46.28	3,813.83	35,406.21
Fresh water	1,978.07	1,053.41	1,611.95	21.96	409.56	5,074.95
Ocean water	681.30	116.47	233.13	0.17	314.14	1,345.21
Total	2,636,079.02	1,576,459.68	1,846,410.64	6,126.15	96,878.40	6,161,953.89
Statistical Yearbook of Forestry	2,580,629.00	1,718,916.00	1,864,925.00	7,039.00	197,334.00	6,368,843.00

Source. Ministry of Environment, Korea Forest Service

우선순위를 선정할 때 참고할 수 있을 것으로 판단된다(Table 2).

특히 경남 창원과 창원지역을 대상으로 한 현장조사에서는 상대적으로 넓은 면적의 초지

와 기타나지에서의 오분류가 많이 나타났는데, 이는 중분류 토지피복지도 제작 시 속성정보 입력 실수에 의한 것으로 판단된다. 또한 평균적으로 약 1,400m²의 좁은 면적에서 발생하는 오

Table 2. Classification accuracy of forest types between landcover classification map and administrative district. (Units: %)

Area	Coniferous Forest	Deciduous forest	Mixed Forest	Area	Coniferous Forest	Deciduous forest	Mixed Forest
Seoul	89.8	88.0	94.1	Gangwon	63.3	69.4	53.0
Busan	69.0	65.2	58.2	Chungbuk	75.0	57.2	54.5
Daegu	65.8	32.8	55.5	Chungnam	82.4	71.3	64.5
Incehon	97.6	96.5	93.2	Jeonbuk	74.5	72.1	45.8
Gwangju	83.2	52.5	35.8	Jeonnam	80.9	62.0	56.0
Daejeon	96.2	72.9	71.4	Gyeongbuk	73.4	64.5	69.0
Ulsan	69.9	75.0	50.9	Gyeongnam	74.9	65.2	66.4
Gyeonggi	96.2	77.6	85.9	Jeju	57.7	72.6	29.7

분류는 주로 논과 밭의 유형에서 나타났는데, 이러한 경우는 Vector 자료의 경계 불일치에 의해서 발생한 것으로 판단된다.

중분류 토지피복지도와 NFI 자료를 비교한 결과, 가장 높은 분류정확도를 나타낸 임상은 활엽수림으로서 약 68.8%가 일치하였다. 침엽수림에서는 약 48.0% 정확도를 나타내었고, 혼효림에서 37.7%로 가장 낮게 나타났다.

3차 전국자연환경조사 자료에서는 활엽수림이 현장조사 자료 중 가장 높은 83.3% 분류정확도를 나타내었다. 침엽수림은 60.5% 일치하였으며, 혼효림이 가장 낮은 8.1%만 토지피복지도 중분류의 혼효림과 일치하는 것으로 나타났다.

마지막으로 전국 196개 지점에 대한 현장조사 결과와 토지피복지도 중분류 유형을 비교한 결과는 침엽수림이 가장 높은 63.2%가 일치하였고, 활엽수림이 61.0%, 다른 현장조사 결과와 마찬가지로 혼효림이 38.6%로 가장 낮은 결과를 보였다.

현장조사 결과와 중분류 토지피복지도 유형을 비교한 결과를 종합해 보면, 활엽수림이 76.1%(1,592/2,092), 침엽수림이 54.0%(1,611/2,983), 혼효림이 22.2%(468/2,108)의 분류정확도를 나타내었다(Table 3).

이러한 결과를 바탕으로 임상별 중분류 토지피복지도 유형의 분류정확도를 높이기 위해서는 다양한 시기의 영상자료를 활용해야 하고,

Table 3. Verifying landcover classification map and field survey. (Units: Pixel count)

LCC	National Forest Inventory				3 rd National Ecosystem Survey				Field Survey			
	C	D	M	Total	C	D	M	Total	C	D	M	Total
C	752	371	445	1,568	792	471	46	1,309	67	15	24	106
D	73	669	231	973	144	898	36	1,078	8	25	8	41
M	236	361	362	959	394	622	89	1,105	8	19	17	44
Total	1,061	1,401	1,038	3,500	1,330	1,991	171	3,492	83	59	49	191

※ C: Coniferous forest, D: Deciduous forest, M: Mixed forest

현장조사 결과로 활용할 수 있는 NFI 자료와 전국자연환경조사 시점이 일치해야 할 것으로 판단된다.

활엽수림과 침엽수림과 경우 같은 장소에서 여름철 영상과 겨울철 영상을 비교하면 분류정확도를 더욱 높일 수 있으며, 혼효림의 경우에는 수관 점유면적 기준인 25% 이상, 75% 미만을 정확하게 적용할 수 있도록 해야 할 것이다.

또한, 전국 단위의 현장조사 결과인 NFI와 전국자연환경조사를 비슷한 시기에 실시하여 중분류 토지피복지도 유형의 검증을 강화해야 할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

토지피복지도는 생태계 서비스의 유형으로 국내외에서 활용되고 있는데 자연자산의 대부분을 차지하고 있는 산림지역의 세부유형 경계가 일치하지 않아서 약 8.69% 가량인 538,599ha의 면적을 반영하지 못하여 생태계 서비스 기능이 저평가 되었다.

중분류 토지피복지도의 갱신이 주로 개발이 이루어지고 있는 시가화지역 또는 개발지역을 중심으로 이루어지고 있기 때문에 그동안 상대적으로 산림지역에 대한 유형구분은 미흡했던 것으로 판단된다. 앞으로는 산림에 대한 자료 갱신을 통해 산림 경계에 대한 재검토가 필요할 것으로 판단된다.

산림 경계 재설정을 위해서 다음과 같이 제안하고자 한다.

첫째, 자료를 제작하는 시기는 다르더라도 중분류 토지피복지도에 활용되는 위성영상 시기와 임상도 제작에 이용되는 항공사진이나 위성영상 자료의 시기가 일치되어야 한다. 가장 기본이 되는 자료의 시기가 다르다면, 현장조사 또는 자료 제작시 발생한 문제를 해결하기 어렵기 때문이다.

둘째, 중분류 토지피복지도는 육안판독 방법

으로 제작되기 때문에 인위적으로 오차가 발생할 확률이 높다. 따라서 참고자료를 이용하여 현장조사 지역을 결정할 때 산림면적의 패치가 넓은 지역을 우선적으로 검토해야 한다. 좁은 면적에서 발생하는 오차는 자료의 형태를 변화하는 과정에서 발생할 수도 있기 때문에 큰 면적의 오류를 줄이는 일이 선행되어야 한다.

셋째, 혼효림 지역에 대한 오분류가 가장 많이 나타났는데, 침엽수림과 활엽수림과 달리 2가지 임상이 혼재되어 있기 때문에 분류하는데 어렵기 때문으로 판단된다. 따라서, 혼효림 지역에 대한 오류를 보완하기 위해서는 다양한 시기의 영상 자료를 활용해야 한다.

본 연구에서는 여러 환경조건의 제약으로 인해 산림 패치의 한 지점을 대상으로 현장조사가 이루어졌기 때문에 조사지점의 위치나 조사지점의 수에 대한 대표성의 문제가 제기될 수 있기 때문에 추후 더 많은 지역에서의 현장조사가 이루어져야 하며, 자료 구축과 관련된 유관기관의 협조가 꼭 필요할 것으로 판단된다.

References

- Burkhard, B. · F. Kroll · F. Müllner and W. Windhorst. 2009. Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services-a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online* 15: 1-22. DOI:10.3097/LO.200915.
- Jeon SW · Kim JU and Jung HC. 2013. A Study on the Forest Classification for Ecosystem Services Valuation - Focused on Forest Type Map and Landcover Map. *J. Korean Env. Res. Tech.* 16(3): 31-39.
- Lee SI · Lee CS · Cho JG and Yoon YS. 2003. Mapping of Land Cover Map using Satellite Imagery Data - Focusing on the Ministry of Environment Land Cover Map(Level II). *Proceeding of Geographic Information Systems*

- Association of Korea 629-636.
- Liu, S. · R. Costanza · A. Troy · J. D'Aagostino and W. Mates. 2010. Valuing New Jersey's Ecosystem Services and Natural Capital : A Spatially Explicit Benefit Transfer Approach. *Environmental Management* 45(6): 1271-1285.
- Park JJ · Ku CY and Kim BS. 2007. Improvement of the Level-2 Land Cover Map with Satellite Image. *The Journal of GIS Association of Korea* 15(1): 67-80.
- You BO · Kim CC and Kim SH. 2011. Development of FAPIS(Forest Aerial Photograph Interpretation System) for Digital Forest Cover Type Mapping(Version 1.0). *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 14(2): 128-137.