

고해상도 영상을 이용한 샘플영역의 크기별

수종분류 정확도 향상을 위한 연구

허진성 · 양금철⁺

공주대학교 건설환경공학과

A study for Improvement the Accuracy of Tree Species Classification within Various Sizes of Training Sample Areas by Using the High-resolution Images

Jin Sung Hou · Keum Chul Yang⁺

Department of Civil & Environmental Engineering, Kongju National University, Cheonan, Korea

요 약

본 연구는 고해상도 위성영상과 항공영상을 이용하여 샘플영역의 크기 변화에 따른 수종분류 시 정확도와 신뢰도에 미치는 영향을 객관적으로 규명하고 그 경향성을 파악하는데 목적이 있다. 영상이 포함하고 있는 밴드들의 특성을 모두 고려하여 수종분류를 실시하기 위해 위성영상과 항공영상 각각에 대해 다중분광영상을 제작하였으며, 이를 기반으로 감독분류를 수행하였다. 그리고 정확도 검증단계에서 전체정확도를 산출하였으며, 그 결과 위성영상의 3*3에서 84.7%, 항공영상은 5*5에서 83%로 가장 높게 나타났으며 Kappa 계수는 각각 0.84, 0.82로 나타났다. 또한 두 영상의 샘플영역의 크기가 작아질수록 정확도가 높아지는 것으로 판단된다.

핵심용어 : 감독분류, 분광정보, 위성영상, 항공사진

Abstract

The purpose of this study was to investigate the objective impact in accuracy and reliability with tendency depend on training samples by using the high-resolution images. Supervised classification was performed based on multi-spectral images which made by each satellite and aerial images for considering all of bands' characteristics. The highest accuracy was 84.7% with satellite image(3*3) and 83% with aerial image(5*5) at the accuracy verification phase. Also, the overall accuracy with the consideration of Kappa coefficient were 0.84 for satellite images and 0.82 for aerial images. In all of the images, the smaller training sample was, the higher accuracy showed. Therefore, tree species classification accuracy was tended to rely on training sample size.

keywords : Supervised classification, Digital numbers, Satellite imagery, Aerial photography

1. 서론

1992년에 개최된 유엔환경개발회의(UNCED) 이후 제기된 '지속가능한 개발'의 원칙은 산림에 대한 가치관이 경제성과 함께 공익적 · 환경적 · 생태적 기능을 중시하는 방향으로 전환하는 계기를 마련하게 되었다(Chung, 2011). 하지만 약 100년간 지구 온난화로 인하여 지구상의 온도는 0.74℃ 상승하였으며, 우리나라의 평균 기온 상승률은 1.7℃로 지구 평균 기온 상승률 보다 높게 나타났다(IPCC, 2007). 우리나라는 주요 온실가스인 이산화탄소 배출량이 2013년도 세계 7위 국가로서, 온실가스를 감축하기 위해

흡수원을 확충해야 한다. 이에 따라 산림이 국토의 면적 약 65% 이상을 차지하고 있는 우리나라에서 산림현황을 체계적으로 조사관리 하는 것이 시급한 실정이며, 많은 연구들이 진행 중이다. 하지만 산림의 지형적, 구조적 특성상 사람에 의한 현장조사가 용이하지 않은 경우가 빈번하여 산림의 특성을 정량적, 정성적으로 파악하기 어렵다(Chang et al., 2006). 또한 2013년부터 기존 임상도 및 생태자연도의 조사 주기가 10년에서 5년 주기로 단축되어 연간 조사 도엽량이 크게 증가하기 때문에 이에 대한 효율적이고 체계적인 조사 방안 수립이 시급한 실정이다(Park et al., 2013).

⁺ Corresponding author : yangkc@kongju.ac.kr

따라서 고해상도 영상을 이용한 식생분류 (Vegetation Classification)가 시급하며 정확도 또한 요구되어지고 있다. 수행된 연구들은 토지피복분류 위주의 연구들 (Ha et al., 2002; Kwon et al., 2003; Oh et al., 2010; Lee et al., 2011; Kang, 2012)이며, 같은 이론적 개념을 바탕으로 수종분류(Tree Species Classification)를 위한 고해상도 영상을 활용한 연구들이 있다. Katoh(2004)는 고해상도 영상인 IKONOS 영상을 이용해 영상밴드별 분광특성을 분석하고 영상밴드와 식생지수를 조합하여 혼합림에서의 감독분류를 연구하였으며, Timothy et al(2012)은 사바나에서의 자동분류를 수행하였고, Brandtberg(2002)는 fuzzy 기준점을 설정하여 각 수종별 수관에 따라 객체를 구분하였다. 그러나 고해상도 영상을 이용하여 자동으로 수종분류 시 샘플영역의 크기에 따른 정확도 검증 및 신뢰도 차이에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 연구에서 사용된 영상들보다 높은 공간해상도를 가진 위성영상(0.5m)과, 항공영상(0.12m)을 활용하여 샘플영역의 크기 변화에 따라 수종분류 시 정확도와 신뢰도에 미치는 영향을 객관적으로 규명하고 그 경향을 파악하는데 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1 연구대상지역

본 연구는 고해상도 위성영상과 항공영상을 이용하여 수종분류 시 샘플영역의 크기가 감독분류에 정확도에 미치는 영향을 현지조사 결과와 비교·분석하여 자동분류의 가능성을 보다 효율적으로 제시하기 위한 목적이므로, 영상자료 획득이 가능하고 현지 접근이 용이하며 수종구성이 다양한 지역을 대상으로 선정하였다.

연구대상지는 환경부 자연마당 조성(서울지역) 대상지로서, 서울시 노원구 중계동 산42-3번지 일원에 위치하고 있다. 총 면적은 79,321.8m²(Fig. 1)이며, 대상지를 포함하고 있는 노원구 통계연보에 의하면, 1999~2012년의 연평균 기온은 12.7°C, 연강수량은 1576.2mm(Fig. 2)이다. 이러한 결과는 도심이 밀집한 강남, 강서지역에 비교하여 연평균 기온은 상대적으로 낮고, 연강수량은 지형성 강수의 영향으로 높게 나타난 것으로 판단된다.

현지조사 결과 상수리나무 군락이 우점하고 있는 것으로 나타났으며, 그 외에도 활엽수로는 신갈나무, 밤나무, 아까시나무 등과 침엽수로는 리기다소나무, 향나무, 스트로브 잣나무 등이 분포하고 있으며, 조사된 수종의 정보는 Table 1과 같다.

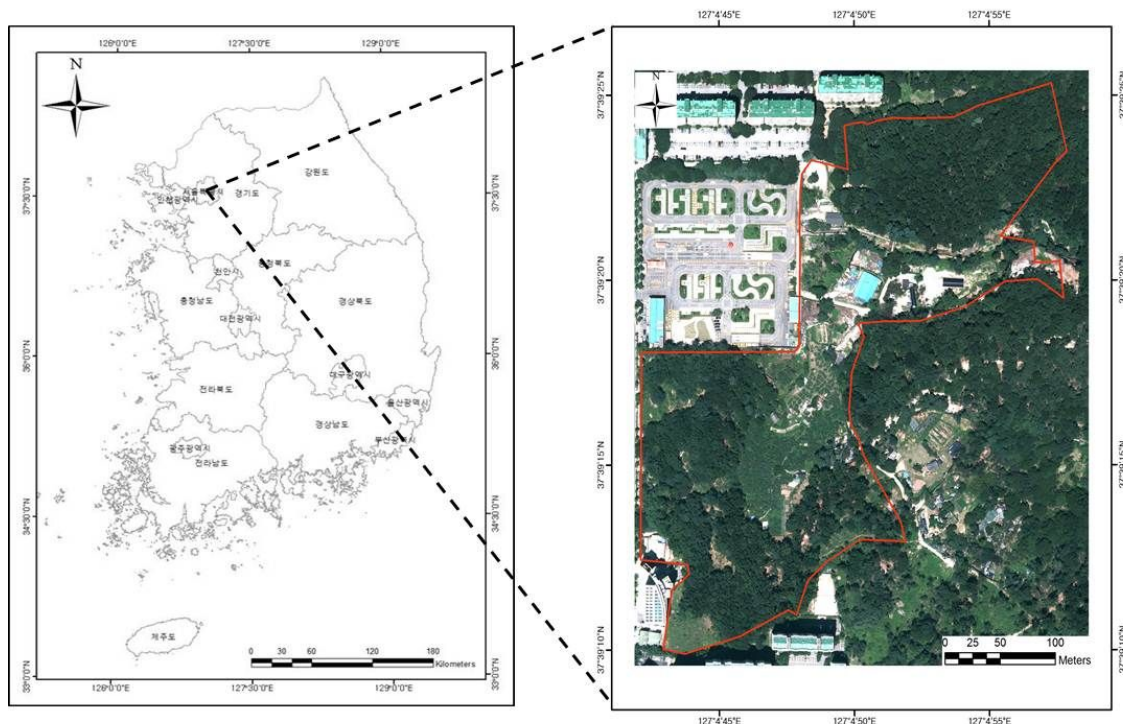


Fig. 1 Location of the study area in Nowongu, Seoul, Korea.

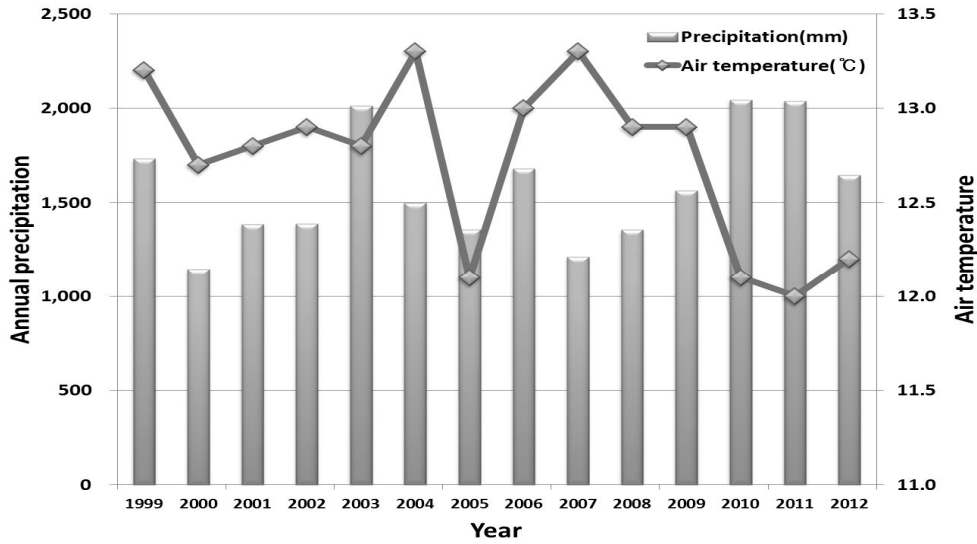


Fig. 2 A recent annual mean precipitation and air temperature in Nowongu(1999-2012).

Table 1. Tree species, its DBH (Diameter at breast height in centimeter), and crown diameter in meter in the study, and their abbreviations and their sample numbers in Nowon-gu, Seoul, Korea.

	Family	Tree species(Abbreviation)	DBH(cm)	Crown diameter(m)	Samples
Conifers	Ginkgoaceae	<i>Ginkgo biloba</i> (Gb)	39.3-109	7.8-16.9	3
	Pinaceae	<i>Pinus rigida</i> (Pr)	17-24	3.8-4.1	3
		<i>Pinus strobus</i> (Ps)	15.2-18.4	3.6-4.7	3
	Cupressaceae	<i>Juniperus chinensis</i> (Jch)	38.4-40.6	4.8-8.3	2
Deciduous trees	Fagaceae	<i>Castanea crenata</i> (Cac)	13-26.5	6.3-10.7	4
		<i>Quercus acutissima</i> (Qa)	32-47.5	5.6-16.8	3
		<i>Quercus mongolica</i> (Qm)	28	8.6	1
		<i>Quercus aliena</i> (Qal)	47.8	14.5	1
	Rosaceae	<i>Prunus sargentii</i> (Prs)	28	7.2	1
		<i>Pyrus pyrifolia</i> (Pp)	10.9-16.2	4.7-4.9	2
	Leguminosae	<i>Robinia pseudoacacia</i> (Rop)	37-40.8	3.9-6.6	3
	Scrophulariaceae	<i>Paulownia coreana</i> (Pc)	39.6-43.6	7-7.2	2
	Salicaceae	<i>Salix koreensis</i> (Sk)	26.4-31.5	6.9-7.8	2
	Ulmaceae	<i>Zelkova serrata</i> (Zs)	32.9-49.2	10-13.5	3

2.2 재료 및 방법

본 연구에 사용된 고해상도 위성영상과 항공영상의 공간해상도는 각각 0.5m, 0.12m이며, 위성영상은 2008년에 발사된 디지털글로브(Digital Globe)사의 GeoEye-1, 항공영상은 VEXEL사에서 개발된 Ultracam XP로 촬영되었다. 촬영 시기는 위성영상의 경우 2012년 8월, 항공영상은 2011년 7월이며, 각각의 영상은 5개의 밴드(Red, Green, Blue, NIR, PAN)를 포함하고 있다. 포함된 각각의 밴드는 서로 차별되는 특성을 가지게 된다. 또한 획득된 이미지는 공간해상도의 크기에 따라 이미지 자료의 크기가 결정된다(Lee, 2008). 두 영상이 포함하는 각각의 밴드별 파장값은

Table 2와 같다.

원격탐사를 이용한 다양한 분석을 위해서는 고해상도의 Multi-Spectral 영상을 사용하는 것이 이상적이지만, 센서의 물리적 한계로 인해 고해상도의 Multi-Spectral 영상은 불가능하다(Zhang, 2004). 이러한 이유로 위성영상은 영상융합을 이용하여 높은 공간해상도의 Panchromatic 영상으로 가시광선 영역의 Red, Green, Blue와 근적외선(NIR) 영상을 Pan-sharpening하여 공간해상도 0.5m로 생성 후 수행하였다.

대상물의 정확한 좌표는 Leica사의 GPS(Zeno-10)를 이용하였으며, 수관폭 및 흉고직경(DBH: Diameter at Breast Height)은 Diameter Tape(SL05002)를 이용하여

측정하였다. 조사결과는 Arc GIS 9.2를 이용하여 Data Base로 작성하였다. 또한 제공받은 위성영상과 항공 영상은 정사보정이 완료된 영상이므로 정사보정은 생략하였으며 ERDAS Imagine 9.1(2006)의 layer stack 기능을 이용해 고해상도의 다중분광 영상을 생성하였다. 이는 다중분광영상의 각각의 밴드가 가지는 특성을 모두 고려하여 수종분류를 하기 위함으로서 각 밴드들의 분광정보(DNs)는 Fig. 3과 같다. 이는 칼라합성영상의 개념으로 쓰이기도 하며 PAN을 제외한 4가지 밴드(Blue밴드, Green밴드, Red밴드, 근적외선 밴드(NIR))를 중첩한 영상이다. 또한 SPSS 12.0K(SPSS Inc., Chicago, USA)를 이용하여 각각 5개의 밴드에 대해 일원배치 일원분석(ANOVA: Analysis of variance)을 실시하였으며, 사후분석은 Turkey's 다중비교(Table 3)를 실시하였다.

Table 2. The wavelength for each band of high resolution imagery.

Electromagnetic		Wavelength(μm)		Spatial resolution	
		GeoEye-1	Aerial imagery	GeoEye-1	Aerial imagery
Visible spectrum	Blue	0.45~0.52	0.40~0.60	1.65m	0.12m
	Green	0.52~0.60	0.48~0.66		
	Red	0.63~0.70	0.58~0.72		
Infrared radiation	NIR	0.76~0.90	0.62~1.00		
Panchromatic		0.45~0.90	0.41~0.69	0.41m	0.12m

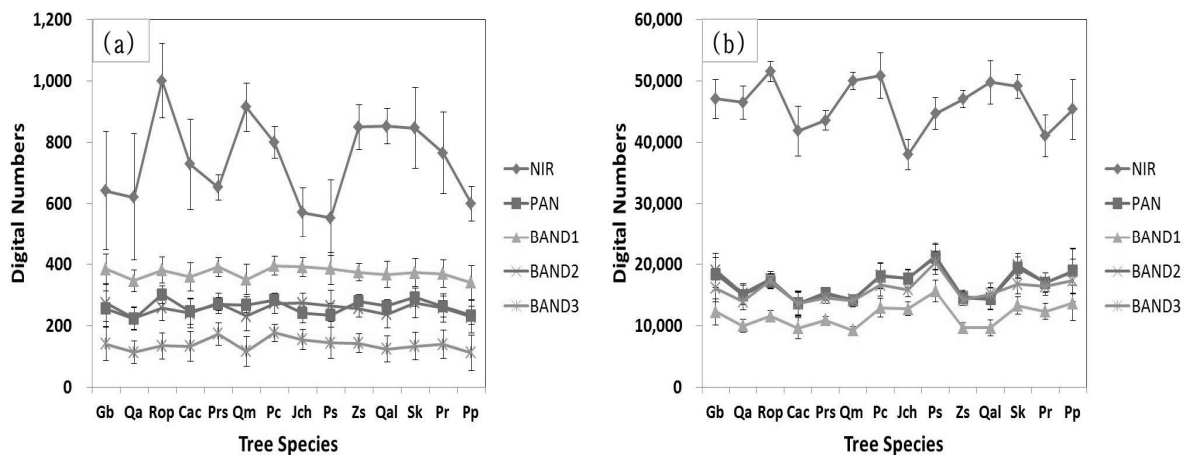


Fig. 3 DN's values of each tree species. (a) GeoEye-1 bands, (b) Aerial imagery bands.

(Gb; *Ginkgo biloba*, Pr; *Pinus rigida*, Ps; *Pinus strobus*, Jch; *Juniperus chinensis*, Cac; *Castanea crenata*, Qa; *Quercus acutissima*, Qm; *Quercus mongolica*, Qal; *Quercus aliena*, Prs; *Prunus sargentii*, Pp; *Pyrus pyrifolia*, Rop; *Robinia pseudoacacia*, Pc; *Paulownia coreana*, Sk; *Salix koreensis*, Zs; *Zelkova serrata*)

Table 3. Turkey's multiple comparison test of the GeoEye-1 bands and Aerial imagery bands.

Tree Species	Pan		Band1		Band2		Band3		Band4	
	Satellite	Aerial	Satellite	Aerial	Satellite	Aerial	Satellite	Aerial	Satellite	Aerial
<i>Ginkgo bilob</i> (Gb)	cd	f	cde	f	d	h	abc	ef	bc	f
<i>Pinus rigida</i> (Pr)	cde	d	bcde	f	bcd	e	abc	fg	d	b
<i>Pinus strobus</i> (Ps)	ab	i	cde	i	cd	j	bc	i	a	e
<i>Juniperus chinensis</i> (Jch)	abc	e	de	f	d	f	cd	e	ab	a
<i>Quercus acutissima</i> (Qa)	a	c	ab	b	a	d	a	ab	abc	f
<i>Castanea crenata</i> (Cac)	bc	a	abc	b	abc	a	abc	a	d	c
<i>Quercus mognilica</i> (Qm)	de	b	ab	a	bc	b	ab	bc	f	h
<i>Quercus aliena</i> (Qal)	cde	b	abcd	b	abc	b	ab	d	ef	gh
<i>Prunus sargentii</i> (Prs)	de	c	de	c	d	cd	d	c	c	d
<i>Pyrus pyrifolia</i> (Pp)	ab	f	a	f	ab	h	a	h	abc	e
<i>Robinia pseudoacacia</i> (Rop)	g	d	cde	d	bcd	f	abc	h	g	j
<i>Paulownia coreana</i> (Pc)	efg	ef	e	g	d	g	d	g	de	i
<i>Salix koreensis</i> (Sk)	fg	h	bcde	f	d	i	abc	g	ef	g
<i>Zelkova serrata</i> (Zs)	ef	b	bcde	b	bcd	bc	bc	bc	ef	f

수종분류시 감독분류 방법중 하나인 최대우도분류법(Maximum Likelihood Classification)을 적용하였으며, 샘플 영역은 수종 현지조사지역으로 하였다. 샘플 영역 설정시 두 영상의 공간해상도의 차이를 고려하여 위성영상은 3*3, 5*5, 7*7, 항공영상은 5*5, 12*12, 17*17로 하였다. 이후 수종분류 결과의 정확도를 검증하기 위해 200개의 샘플을 랜덤으로 추출하여 오차행렬표(Error Matrix)를 작성한후, 제작자 정확도, 사용자 정확도, 전체정확도를 산출하였다. 마지막으로 우연에 의한 일치 확률을 제거하기 위해 Cohen(1960)의 Kappa 검정을 실시하였다.

3. 연구결과

3.1 수종분류 결과

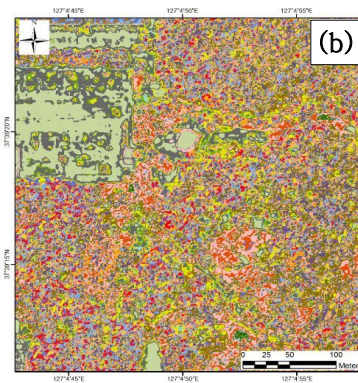
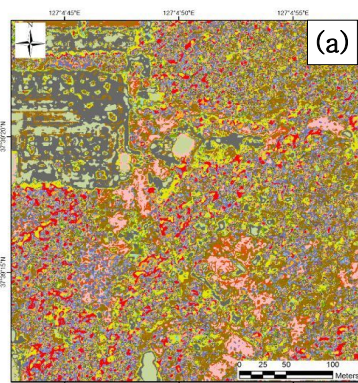
연구대상지의 현지조사 결과를 활용하여 고해상도 위성영상과 항공영상의 다중분광영상(칼라합성영상)을 제작한 후 샘플영역의 크기(위성영상: 3*3, 5*5, 7*7, 항공영상: 5*5, 12*12, 17*17) 별로 최대우도분류법을 적용하여 감독분류를 수행하였다. 그 결과는 Fig. 4와 같으며 위성영상의 경우 3*3의 샘플영역으로 수종분류한 결과 리기다소나무, 밤나무, 스트로브잣나무, 상수리나무 등의 순으로 많이 분포하였으며, 5*5는 밤나무, 상수리나무, 스트로브잣나무, 느티나무의 순으로, 7*7의 샘플 영역을 설정한 영상은 느티나무, 상수리나무, 밤나무, 은행나무의 순으로 나타났다.

항공영상의 경우, 5*5는 배나무, 밤나무, 리기다소나무, 느티나무의 순으로, 12*12는 밤나무, 상수리나무, 느티나무, 배나무, 17*17은 밤나무, 느티나무, 상수리나무, 은행나무의 순으로 분포하는 것으로 나타났다.

3.2 수종분류 정확도 검증

수종분류 정확도 검증은 위성영상과 항공영상으로 제작한 다중분광영상을 활용해 감독분류시 사용했던 샘플영역 200개를 무작위로 표본 추출하였으며, 표본은 오차행렬표(Error Matrix)를 작성하여 전체정확도, 사용자 정확도, 제작자 정확도를 산출하였다(Table 4). 그 결과, 모든 샘플영역의 건물과 나지에서 가장 높은 신뢰도를 보였다. 하지만 이러한 단순 비교 검증의 경우 우연에 의한 일치 확률을 내재하고 있어 정확한 검증에 문제가 발생할 요인을 배제하기 위해 Cohen(1960)의 Kappa 검정을 실시하여 우연에 의해 일치될 확률을 제거하였다. Table 5은 Kappa 통계값에 대한 분류 정확도를 나타낸다.

각 영상의 샘플영역 크기별 정확도를 살펴보면 위성영상은 3*3에서 전체정확도 84.7%, 5*5는 72.5%, 7*7은 65%로 나타났으며, Kappa계수는 0.84, 0.7, 0.62로 나타났다. 또한 항공영상의 전체정확도는 5*5에서 83%, 12*12는 70.2%, 17*17은 68.5%로 나타났고 Kappa계수는 0.82, 0.68, 0.66으로 Table 5에 의한 분류정도는 전체적으로 양호한 것으로 나타났다. 하지만 Kim(2005)의 연구에서는 토지피복분류 시 5*5, 9*9, 13*13, 17*17, 21*21, 25*25, 29*29의 샘플영역 중 중간정도의 크기인 17*17에서 가장 높은 정확도를 보여 본 연구의 결과인 가장 작은 크기의 샘플영역이 가장 높은 정확도를 보인 것과 상이하다. 그 이유로는 수종분류는 토지피복분류보다 대상물의 크기가 작아 그림자와 같은 외부요인의 간섭이 상대적으로 많기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 정량적인 측면에서 아직 고해상도 영상을 이용한 토지피복분류의 정확도에 비해 다소 낮은 정확도를 보이므로 추후 추가적인 연구를 통해 세부적인 원인파악이 필요할 것으로 사료된다.



A study for Improvement the Accuracy of Tree Species Classification within Various Sizes of Training Sample Areas by Using the High-resolution Images

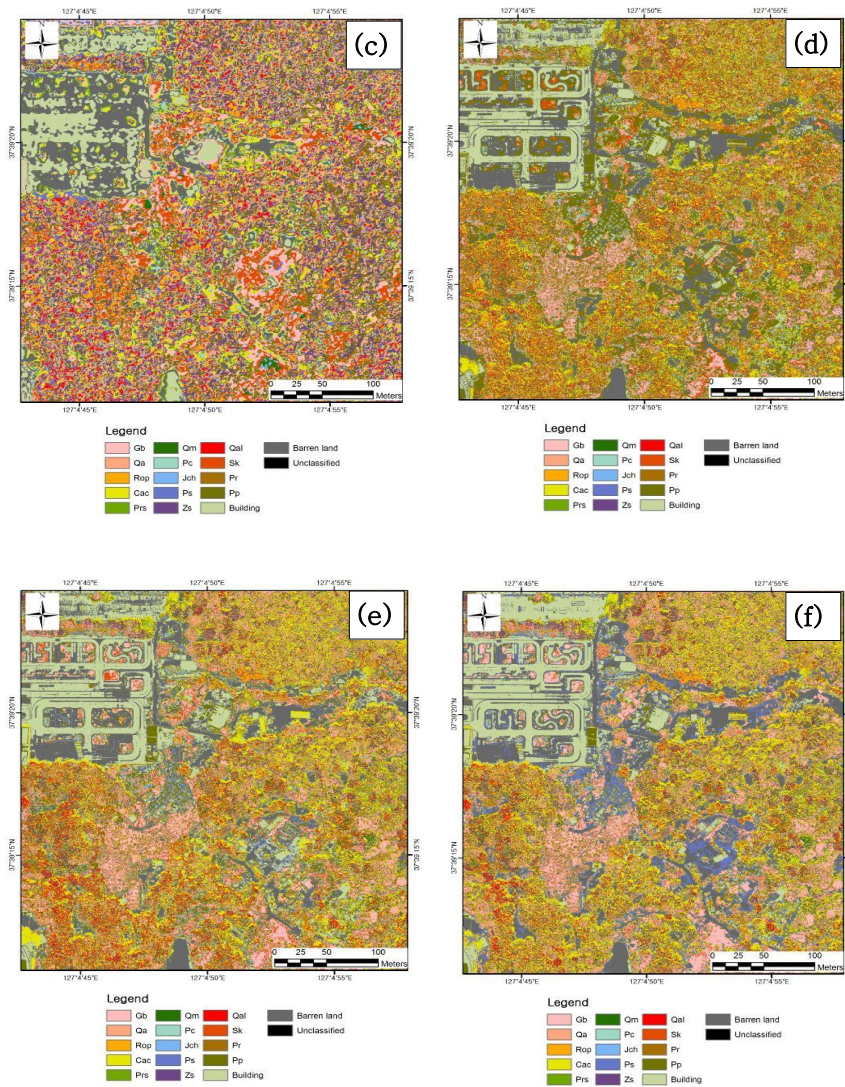


Fig. 4 Classification map of tree species by multi-spectral images. (a) GeoEye-1(3*3), (b) GeoEye-1(5*5), (c) GeoEye-1(7*7), (d) Aerial imagery(5*5), (e) Aerial imagery(12*12), (f) Aerial imagery(5*5). For species names, see table 1.

Table 4. Accuracy assessment of randomly selected 200 pixels.

(A)	Field survey data															Total	User's accuracy(%)		
	Gb	Qa	Rop	Cac	Prs	Qm	Pc	Jch	Ps	Zs	Qal	Sk	Pr	Pp	Building			Barren land	
GeoEye-1 classification data	Gb	15															17	88.2	
	Qa		12		1	1	1								1			18	66.7
	Rop			15														15	100
	Cac				17						2			1				20	85
	Prs				1	3					1			1				6	50
	Qm			1						4								5	80
	Pc										7			1				9	77.8
	Jch											10			1			11	90.9
	Ps				1									1				14	85.7
	Zs			2		1					1					1		15	66.7
	Qal																	5	100
	Sk																	8	100
	Pr													1				12	83.3
	Pp														1	7		10	70
	Building																20	20	100
	Barren land																15	15	100
	Total	15	15	15	20	5	5	10	10	15	15	5	10	15	10	20	15	200	84
Producer's accuracy(%)	100	80	100	85	60	80	70	100	80	66.7	100	80	66.7	70	100	100	84	85	

(B)		Field survey data															(5*5)		
		Gb	Qa	Rop	Cac	Prs	Qm	Pc	Jch	Ps	Zs	Qal	Sk	Pr	Pp	Building	Barren land	Total	User's accuracy(%)
GeoEye-1 classification data	Gb	11						2										13	84.6
	Qa		10		2		1	1	1	2								17	58.8
	Rop	2		12	1					2								17	70.6
	Cac		1		10													11	90.9
	Prs				2	3								1				6	50
	Qm		1				3				1				1			6	50
	Pc						1	7						1				9	77.8
	Jch							7	1					3	1			12	58.3
	Ps			1	1					9		3						14	64.3
	Zs		2	2	2	1		1		1	12				2			23	52.2
	Qal								1			2						3	66.7
	Sk	2								1			10					13	76.9
	Pr		1											8	2			11	72.7
	Pp				2			1							6			9	66.7
	Building					1										20		21	95.2
Barren land																15	15	100	
Total	15	15	15	20	5	5	10	10	15	15	5	10	15	10	20	15	200	71	
Producer's accuracy(%)	73.3	66.7	80	50	60	60	70	70	60	80	40	100	53.3	60	100	100	70.2	72.5	

(C)		Field survey data															(7*7)		
		Gb	Qa	Rop	Cac	Prs	Qm	Pc	Jch	Ps	Zs	Qal	Sk	Pr	Pp	Building	Barren land	Total	User's accuracy(%)
GeoEye-1 classification data	Gb	10		1														11	90.9
	Qa		10		1			2	1	1			1	1				17	58.8
	Rop	2		11	1				1		2							17	64.7
	Cac	1	1		8				1	1				1				13	61.5
	Prs				1	3										2		6	50.0
	Qm						3											3	100
	Pc							5							1			6	83.3
	Jch				2			1	5		1							9	55.6
	Ps		1						1	4		1						7	57.1
	Zs		2	1	4	2	2		3	3	11			4				32	34.4
	Qal			1								2						6	33.3
	Sk	1		1									10					12	83.3
	Pr	1			1					2				8	1			13	61.5
	Pp				2			2	1		1			1	7			14	50.0
	Building															18		18	100
Barren land		1														15	16	93.8	
Total	15	15	15	20	5	5	10	10	15	15	5	10	15	10	20	15	200	67.4	
Producer's accuracy(%)	66.7	66.7	73.3	40	60	60	50	50	26.7	73.3	40	100	53.3	70	90	100	63.8	65	

(D)		Field survey data															(5*5)		
		Gb	Qa	Rop	Cac	Prs	Qm	Pc	Jch	Ps	Zs	Qal	Sk	Pr	Pp	Building	Barren land	Total	User's accuracy(%)
Aerial Imagery classification data	Gb	13											2					15	86.7
	Qa		15		1		1			3								20	75
	Rop			15							1							16	93.8
	Cac				13		1	1		1				1	1			18	72.2
	Prs				1	5								1				7	71.4
	Qm				2		4				1							7	57.1
	Pc							6	1	2								9	66.7
	Jch							1	9						1			11	81.8
	Ps									13					1			14	92.9
	Zs				1						11	1		1				14	78.6
	Qal											3						3	100
	Sk	2						1					8					11	72.7
	Pr				2	1		1						12				16	75.0
	Pp														7			7	100
	Building															19		19	100
Barren land																13	13	100	
Total	15	15	15	20	6	6	10	10	15	16	5	10	15	10	19	13	200	82.7	
Producer's accuracy(%)	86.7	100	100	65	83.3	66.7	60	90	86.7	68.8	60	80	80	70	100	100	81.1	83	

(E)		Field survey data															(12*12)		
		Gb	Qa	Rop	Cac	Prs	Qm	Pc	Jch	Ps	Zs	Qal	Sk	Pr	Pp	Building	Barren land	Total	User's accuracy(%)
Aerial Imagery classification data	Gb	15							1			1					17	78.6	
	Qa		12		1	1	1		1	1				1			18	57.9	
	Rop			15													15	92.9	
	Cac				17						2			1			20	82.4	
	Prs				1	3					1			1			6	44.4	
	Qm		1				4										5	66.7	
	Pc							7			1			1			9	66.7	
	Jch								10					1			11	87.5	
	Ps				1					12			1				14	87.5	
	Zs		2			1	1				10				1		15	63.2	
	Qal											5					5	75.0	
	Sk												8				8	90.0	
	Pr									1				10	1		12	64.3	
	Pp								2						1	7	10	75.0	
	Building															20	20	100.0	
Barren land																15	15	100.0	
Total		15	15	15	20	5	5	10	10	15	15	5	10	15	10	20	15	200	77.0
Producer's accuracy(%)		77.3	73.3	86.7	70	80	40	60	77.8	93.3	80	60	90	60	60	100	75.3	84	78.5

(F)		Field survey data															(17*17)		
		Gb	Qa	Rop	Cac	Prs	Qm	Pc	Jch	Ps	Zs	Qal	Sk	Pr	Pp	Building	Barren land	Total	User's accuracy(%)
Aerial Imagery classification data	Gb	11	1										1				13	84.6	
	Qa		9		2								1	2			14	64.3	
	Rop			13			1				2						16	81.3	
	Cac		2		11	1	1	1									16	68.8	
	Prs				2	3		1						1			7	42.9	
	Qm						3				4						7	42.9	
	Pc	1						4				1	1	1			8	50	
	Jch		1		1			1	7	2					2		14	50	
	Ps			1				3		12					5		21	57.1	
	Zs		1	1	2	1					9	3		1			18	50	
	Qal				1							2		1			4	50	
	Sk	3	1										7				11	63.6	
	Pr				1			1		1				9			12	75	
	Pp							1	1						2		4	50	
	Building															20	20	100	
	Barren land																15	15	100
	Total		15	15	15	20	5	5	10	10	15	15	5	10	15	10	20	15	200
Producer's accuracy(%)		73.3	60	86.7	55	60	60	40	70	80	60	40	70	60	20	100	100	64.7	68.5

Table 5. Grade of Kappa statistics.

Kappa	Quality	Kappa	Quality
<0.00	Worst	0.40~0.60	Good
0.00~0.20	Poor	0.60~0.80	Very good
0.20~0.40	Reasonable	0.80	Excellent

4. 결론

본 연구는 효율적인 식생조사를 위해 고해상도 위성영상(GeoEye-1)과 Ultra Cam XP로 촬영된 고해상도 항공영상을 이용해 수종분류의 가능성을 제시하고 감독분류 시 샘플영역의 크기가 분류 정확도에 미치는 영향을 객관적으로 알아보고자 수행하였다. 그 결

과, 두 영상모두 샘플영역의 크기가 작아질수록 높은 정확도를 보였다. 하지만 Kim(2005)의 연구에서는 중간치에 해당하는 샘플영역의 크기에서 가장 높은 정확도를 보여 본 연구의 결과와 다소 상이하였다. 그 이유는 대상체의 크기의 차이에 따른 것으로, 수종 분류 시 토지피복분류에 비해 그림자와 같은 외부요인의 간섭이 상대적으로 많기 때문이다. 따라서 정확한 내·외부 요인의 제거 및 Panchromatic 영상의 texture를 추출하여 분류하고, 기여도가 높은 특징을 추출하기 위해 퍼지 기반의 γ 모델을 이용하여 분류 네트워크를 구성하고(Kwak et al., 1999) 분류하고자 하는 영역의 발기 분포도, 텍스처 특징 그리고 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)(Choi and Yang, 2012)를 분류에 사용될 특징으로 선택한다면 일정부분 정확도가 향상될 것으로 판단된다. 또한

감독분류시 본 연구에 사용된 다중분광영상은 분광흡수 특성이 매우 상이한 지표물을 구분하기에는 충분하지만 유사한 분광흡수특성을 가지는 식생의 수종 및 상태를 분석하기에는 한계가 있으므로(Lee, 2008), 다분광센서가 가지는 한계를 보완하고 가시광선에서 적외선 영역에 이르는 분광정보의 획득 및 이용을 위해 밴드 수가 100개 이상이면서 밴드별 파장범위가 좁은 고분광영상을 활용한 수종분류 연구가 필요할 것으로 사료된다. 그리고 더 많은 샘플영역의 크기를 고려한 연구가 수행된다면 보다 객관적이고 정량적인 결과를 도출할 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 환경부의 2012 차세대에코이노베이션기술 개발사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Brandtberg, T (2002). Individual tree-based species classification in high spatial resolution aerial images of forests using fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems* 132, pp. 287-371
- Choi, HM, Yang, KC (2012). Classification of tree species using high-resolution QuickBird-2 satellite images in the valley of Ui-dong in Bukhansan National Park. *J. of Ecology and Environment* 35(2), pp. 91-98
- Chung, SY (2011). *Study on the estimation of forest biomass using remote sensing data*, Ph.D. Dissertation, Kookmin University, Seoul, Korea.
- Cohen, J (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20, pp. 37-46
- ERDAS (1997). *ERDAS Field Guide. 4th Edition*. Erdas Publisher, Atlanta, Georgia.
- Ha, SR, Kyoung, CK, Park, SY, Park, DH (2002). Estimation of classification Accuracy of JERS-1 satellite imagery according to the acquisition method and size of training reference data. *J. of Korean Association of Geographic Information Studies* 5(1), pp. 27-37. [Korean Literature]
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). *Climate Change 2007. Synthesis Report. IPCC Fourth Assessment Report*. Geneva, Switzerland, 104p
- Jang, AJ, Yu, KY, Kim, YI, Lee, BK (2006). Estimation of individual tree and tree height using color aerial photograph and LiDAR data. *J. of Korean Remote Sensing* 22(6), pp. 543-551. [Korean Literature]
- Kang, NY, Park, JG, Cho, GS, Yeu, Y (2012). An analysis of land cover classification methods using IKONOS satellite Image. *J. of the Korean Society for GeoSpatial Information System* 20(3), pp. 65-71. [Korean Literature]
- Kwak, JH, Rhee, HJ, Lee, JW (1999). Feature selection of training set for supervised classification of satellite imagery. *J. of the Korean Society of Remote Sensing* 15(1), pp. 39-50 [Korean Literature]
- Katoh, M (2004). Classifying tree species in a northern mixed forest using high-resolution IKONOS data. *The Japanese Forestry Society and Spring-Verlag Tokyo* 9, pp. 7-14
- Kim, ES (2005). A study on improvement of classification accuracy using the texture information of high resolution panchromatic image, Master's Thesis, Inha University, Incheon, Korea, 53pp. [Korean Literature]
- Kwon, BK, Yamada, K, Niren, T, Jo, MH (2003). A study on the landcover classification using band rationing data of Landsat-TM. *J. of Korean Association of Geographic Information Studies* 6(2), pp. 80-91. [Korean Literature]
- Korea environment institute (2008). *Application of Hyperspectral Image Data for Vegetation Analysis*. KEI-2008-BA-06, Korea environment institute. [Korean Literature]
- Lee, HJ, Lu, JH, Kim, SY (2011). Land cover object-oriented base classification using digital aerial photo image. *J. of the Korean Society for GeoSpatial Information System* 19(1), pp. 105-113. [Korean Literature]
- Nowongu (1999-2011). *Nowon Statistical Yearbook*. 51-3100000-000001-10, Nowongu, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Oh, CY, Park, SY, Kim, HS, Lee, YW, Choi, CU (2010). Comparison of landcover map accuracy using high resolution satellite imagery. *J. of Korean Association of Geographic Information Studies* 13(1), pp. 89-100. [Korean Literature]
- Park, JG, Go, SY, Cho, GS (2013). Vegetation classification using KOMPSAT-2 imagery and high-resolution airborne imagery in urban Area. *J. of the Korean Society for GeoSpatial Information System* 21(4), pp. 21-27. [Korean Literature]
- Whitesid, TG, Boggs, GS, Maier, SW (2011). Comparing object-bases and pixel-based classifications for mapping savannas. *International J. of Applied Earth Observation and Geoinformation* 13, pp. 884-893.
- Zhang, Y (2004). Understanding image fusion. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 70(6), pp. 657-661.

- 논문접수일 : 2014년 03월 21일
- 심사의뢰일 : 2014년 03월 25일
- 심사완료일 : 2014년 07월 01일