

임분 특성에 따른 고해상도 위성영상의 Texture 정보 분석

Analysis of Texture Information of forest stand on High Resolution Satellite Imagery

김태근*, 이규성

Tae-Geun Kim*, Kyu-Sung Lee

인하대학교 지리정보공학과
g2021540@inhavision.inha.ac.kr

요약

고해상도 위성영상을 이용한 산림의 분석은 기존의 중·저해상도 영상의 분석과 다른 접근이 필요하다. 본 연구는 임분 특성을 해석하는데 중요한 판독기준인 texture를 이용하여 영상 안에서 임상, 임목직경급, 수관유효도 등에 따른 Texture 정보를 비교 분석하고자 한다. 울산 일부 산림지역을 대상으로 3개의 가시광선 밴드와 1개의 근적외선 밴드의 1m IKONOS 영상을 이용하여 Texture 정보를 추출하는데 일반적으로 사용되는 통계적인 방법 중에 하나인 GLCM(Gray-Level Co-occurrence matrix)을 통해 Texture 분석을 하였다. 또한 1996년도에 제작된 4차 임상도를 통해 추출된 산림 특성별 Texture 정보를 비교 검토하여 고해상도 위성영상을 활용하여 산림 특성을 해석하는데 최적의 Texture 정보를 제시하고자 하였다. 고해상도 영상에서 나타나는 임분의 특성별 질감 정보는 임상, 직경, 임목밀도에 따라 다양하게 나타났다.

1. 서론

최근 원격탐사 센서기술 발달로 공간해상도가 개선된 고해상도 위성영상이 활발하게 보급되고 이로 인해 분류의 정확성을 향상시키기 위한 공간적 특성의 활용도가 높아지고 있다(Xu and Gong, 2001). 또한 항공사진과 더불어 고해상도 영상을 활용하여 산림 특성을 해석하는데 질감(texture)분석은 영상을 처리, 분류,

판독하는데 더욱 중요한 역할을 한다. 고해상도 영상 자료에서 지표의 특정 대상물은 단지 하나의 픽셀이 아닌 여러 개의 픽셀로 표현된다. 이는 하나의 픽셀로 영상자료를 해석하는데 상대적으로 어려움을 갖게된다. 따라서 고해상도 영상자료의 더 나은 해석을 위해 분광반사도를 나타내는 화소의 명암과 함께 인접화소간의 차이를 고려하는 질감을 고려해야 한다 (He and Wang, 1990). 이와 같이 고해상도를 이용하여 산림 지역의 정보를 분석

하는데 있어서도 기존의 중·저해상도 영상을 이용한 분석 방법과 다른 접근이 요구된다. 식생 및 토지피복 분류 등과 같은 기존의 분석과는 달리 보다 자세한 식생 분류와 수종구성, 수관 율폐도, 영급, 경급, 밀도와 같은 임분 특성의 정량적 분석이 고해상도 위성 영상자료를 통해 가능하게 되었다 (Kayitakire 등, 2002; 산림청, 2001). 따라서 본 연구는 고해상도 위성영상을 이용한 산림 지역의 정량적 정보를 추출하는데 중요한 판독기준의 하나인 Texture를 이용하여 임분 특성에 따른 Texture 정보를 비교 분석한 후, 임분 특성을 해석하는데 유용한 최적의 texture 척도를 추출하고자 하였다. 이를 바탕으로 고해상도 위성영상의 보급 확대에 따른 산림자원 조사, 분류 및 관리에 있어서 실무적인 정보를 제공하고, 임상 분류에 있어서 기존의 분류방법과 더불어 분류 정확도 향상 및 분류기준으로 제시하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구지역 및 자료

항공사진 촬영 및 현지조사 시기와 위성영상 촬영시기가 근접한 다양한 종류의 산림 특성을 구비한 울산 북구와 경주시 양남면, 외동읍에 걸쳐있는 산림지역을 주 대상으로 하였다 (그림 1). 연구에 사용된 영상은 2001년 8월 23일에 획득된 IKONOS 위성에서 얻어진 3개의 가시광선 밴드와 1개의 근적외선 밴드로 1m 해상도의 고해상도 영상자료이다. 이 영상자료의 주사폭은 약 11km에 이르며, 각 화소값은 16bit의 범위를 갖는다. 활용된 영상자료 이외에 texture 정보를 비교 분석하기 위한 참조자료로서, 임종구성, 영급,

경급, 밀도에 따라 산림을 분류한 임상도를 사용하였다. 국립지리원에서 발행한 1:5000의 수치지도를 이용하여 영상 자료를 지도좌표에 등록 후 임상도와 중첩 사용하여 임분 특성별 자료를 추출 하였다. 주요 연구 대상인 산림지역은 수종별 소나무림, 활엽수림, 침활혼효림, 인공소나무림, 낙엽송림 등으로 구성되어 있고, 영급별로는 2,3,4등급으로 구성되어 있으며, 경급별로 1,2,3,등급인 소경목, 중경목, 대경목으로 구성되어 있고, 임목밀도를 나타내는 수관율폐도는 소, 중, 밀의 세 등급으로 되어 있다.

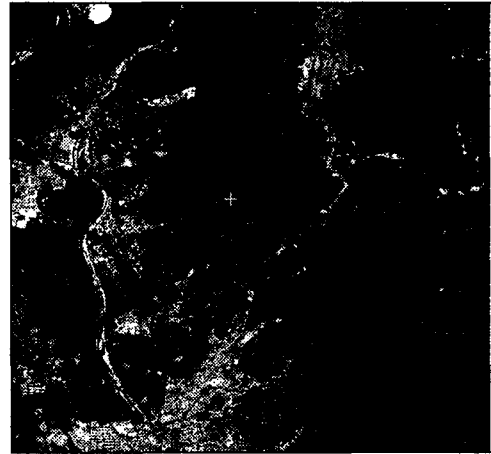


그림 1. 연구 대상 지역

2. Texture 영상 자료 구축 및 분석방법

Texture 분석 방법으로는 일반적으로 많이 알려진 Grey-Level co-occurrence matrix (GLCM)를 이용하여 질감정보를 추출하였다(Partio 등, 2002). GLCM을 구성하는 각각의 행렬요소는 영상자료의 일정한 영역에서 어떤 기준 픽셀과 그와 이웃하는 픽셀간의 공간적인 관계에 따라 음영단계별 발생 빈도이다. Texture 분석 방법을 적용하기 위해 고려할 사항으로, 적

용하는 질감척도(Texture Measure)와 분광밴드, 그리고 영상 안에서 각 화소간의 공간적 관계와 기준픽셀과 이웃픽셀의 발생빈도 영역이다. 이에 본 연구에서 사용된 질감 척도로는 Contrast, Angular Second Moment (ASM), 그리고 Correlation이며 각 척도를 도출하는 식은 다음과 같다.

Contrast :

$$\sum_{i=0}^{quant_k} \sum_{j=0}^{quant_k} (i-j)^2 \times P(i,j)^2$$

ASM :

$$\sum_{i=0}^{quant_k} \sum_{j=0}^{quant_k} P(i,j)^2$$

Correlation:

$$\sum_{i=0}^{quant_k} \sum_{j=0}^{quant_k} \frac{(i-\mu)(j-\mu)P(i,j)^2}{\sigma^2}$$

여기서 $P(i,j)$ 는 GLCM 기준픽셀과 이웃픽셀간의 공간 관계에 따른 발생빈도를 말하면 $quant_k$ 는 분광 밴드 K에서 하나의 픽셀이 갖는 음영값의 범위를 일컫는다. 본 연구에서 사용된 음영값의 범위는 16단계로 시행하였다. 분광밴드로는 적색광 밴드와 근적외선 밴드가 사용되었으며 GLCM을 구성하기 위한 윈도우 크기는 5x5, 25x25, 51x51의 세 가지를 사용하였다.

GLCM을 이용한 구축된 세 가지 Texture 영상에 수치임상도를 중첩하여 비교 분석할 표본점을 선정하였다. 표본점은 임상별, 영급별, 경급별, 밀도별, 윈도우크기별로 다양하게 배분하여 약 700개의 질감값을 얻었다. 질감영상에서 각 표본점에 해당하는 지점을 중심으로 3x3 화소값들을 읽어 평균값을 질감척도로 사용

하였다. 연구지역에 분포하는 임분은 임종 구성에서 소나무림(D), 소나무인공림(PD), 활엽수림(H), 침활혼효림(M), 낙엽송인공림(PL)이 있으며, 영급은 주로 2,3,4영급으로 구분되었으며, 경급은 소경목, 중경목, 대경목으로 구분하였다. 수관 점유 면적으로 구분되는 소밀도로는 중밀도, 밀밀도로 구분하였다. 세 가지 GLCM 질감영상은 IKONOS영상의 근적외선 밴드와 적색광밴드를 이용하여 각각 도출되었다.

700여개의 표본점에서 추출된 세 종류의 질감척도가 임분의 특성에 따라 뚜렷한 차이가 있는지를 분석하기 위한 통계 분석을 실시하였다. 먼저 질감척도가 각각의 임분 특성에 따라 유의성이 있는 차이를 검증하는 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 단일의 임분특성인자(임종, 영급 등) 내의 등급간 평균값의 차이를 비교분석하기 위한 다중평균비교(Bonferroni multiple range test)를 실시하였다.

4. 결과 및 고찰

임분의 특성인 임종, 영급, 경급, 밀도, 그리고 분광밴드 및 윈도우 크기에 따라 분산분석한 결과 세 종류의 질감척도 영상에서 모두 윈도우 크기를 제외한 나머지 인자에서는 통계학적 유의성이 있는 차이점을 보여주었다(표 1). 즉 contrast, correlation, ASM의 질감척도가 임종, 영급, 경급, 밀도에 따라 다르게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 다만 Contrast 질감은 윈도우 크기에 따라 차이가 있다고 할 수 없으며, 반면에 윈도우크기에 따른 질감은 Correlation와 ASM에서는 차이가 있는 것으로 나타났다. 분광 밴드별 유의성 있는 차이는 세 가지 질감척도 모두에서 나타났다.

표 1. 분산분석 결과

	Contrast	ASM	Correlation
	F	F	F
수중별	65.532*	52.149*	10.372*
영급별	32.634*	18.954*	0.564
경급별	70.215*	97.607*	9.336*
밀도별	27.841*	6.483*	0.185
분광밴드별	598.439*	54.789*	606.578*
원도우크기별	0.741	231.827*	154.169*

* $\alpha \leq 0.05$ 수준에서 유의

이러한 차이를 보다 세부적으로 살펴보기 위해 사후 검증을 위한 다중범위비교 (multiple range test)를 시행한 결과 Contrast 질감척도에서 임상별로 살펴보면 낙엽송림과 혼효림, 인공 소나무림과 소나무림에서는 질감의 차이를 보이지 않았으며 그 밖의 조합에서는 질감의 차이를 보여주고 있다 (표 2). 영급별로 보면 3영급과 4영급에서는 차이가 없었고, 2영급과 3, 4영급의 비교에서 유의한 차이는 거의 없었다(표 3). 경급에 따라 분석해보면 소경목, 중경목, 대경목 모두 유의한 차이를 보였다(표 4). 밀도별로 보면 중밀도가 밀밀도 보다 평균값이 높게 나왔으며, 분광 밴드별로 보면 적색광 밴드에서 평균값이 높게 나왔다. 원도우 크기에 따라서는 질감의 차이가 나지 않았다.

ASM(Angular Second Moment) 질감척도에서 임상에 따라 비교한 경우, 낙엽송림, 혼효림, 활엽수림, 그리고 인공 소나무림 모두가 소나무림과 질감이 서로 다르게 나타났고, 낙엽송림은 혼효림 및 활엽수림과 질감의 차이가 없었으며, 혼효림은 활엽수림과의 질감의 차이가 없다고 분석되었다(표 2). 영급에 따라서 모든 영급간 유의적인 차이로 질감의 차이가 나타난 것으로 분석되었으며(표 3), 경급 또

한 모든 등급간 유의적인 차이를 보였다(표 4). 그리고 밀도에 따라 다중 범위 비교한 결과, 중밀도 질감평균값이 밀밀도 질감평균값보다 다소 낮게 산출되었다. 적색광 밴드에서 산출된 질감평균값이 근적외선 밴드에서 산출된 질감평균값보다 다소 낮았다. 원도우 크기에 따라서는 25×25 크기와 51×51크기의 경우에 질감의 차이가 보이지 않았다.

표 2. 임상별 영상 질감

(Contrast, ASM, Correlation)의 다중범위 비교결과
PL:낙엽송림, PD:인공 소나무림,
M:혼효림, H:활엽수림, D:소나무림

	PL	PD	M	H	D
PL		**	**	N	**
		**	N	N	**
		**	N	N	N
PD			**	**	N
			**	**	**
			**	**	**
M				**	**
				N	**
				N	N
H					**
					**
					N

** $\alpha \leq 0.01$ 수준에서 유의, N = 유의성 없음

표 3. 영급별 영상 질감

(Contrast, ASM, Correlation)의 다중범위 비교결과

	2영급	3영급	4영급
2영급		**	**
		**	**
		N	N
3영급			N
			**
			N

** $\alpha \leq 0.01$ 수준에서 유의, N = 유의성 없음

표 4. 경급별 영상 질감
(Contrast, ASM, Correlation)의 다중범위 비교결과

	소경목	중경목	대경목
소경목		**	**
중경목		**	**
		**	N
대경목			**
			**
			N

** $\alpha \leq 0.01$ 수준에서 유의, N = 유의성 없음

Correlation 질감척도에서는 영상별 다중 범위 비교한 결과 인공 소나무림과 다른 모든 수종간의 경우에 유의적인 차이를 보였고(표 2), 영급에 따라서는 모든 영급간에 유의적이 차이가 없었다(표 3). 경급에 따라서는 질감의 차이가 소경목과 중경목 사이에 나타났으며(표 4), 윈도우 크기에 따라서는 25×25크기와 51×51크기를 비교한 경우를 제외한 모든 경우에서 질감의 차이를 보였다. 분광 밴드에 따라서는 적색광 밴드에서의 질감 평균값이 근적외선 밴드에서의 질감 평균값보다 비교적 낮게 산출되었다. 밀도에 따른 질감 차이에서 중밀도의 평균질감값과 밀밀도의 평균질감값이 거의 유사하게 산출되었다. 윈도우 크기에 따라서는 25×25와 51×51크기 이외의 비교에서 유의적인 차이가 나타났다.

위의 결과에서, 영상별 질감의 차이는 유사한 구조적 특성을 가진 영상(예, 소나무림과 소나무인공림)간의 경우에 그 차이가 나타나지 않았다. 영급의 경우에서 어린 수종과 다 자란 수종과의 질감의 차이를 보였는데 이는 어린 수종일수록 수종간 간격의 폭이 넓어 주변의 영향을 상대적으로 많이 받기 때문이라고 생각되며, 밀도별 질감의 차이 또한 어느 정도 수관이 자란 후에는 수종이 차지하는 면적이 거의 일정한 상태를 유지하기 때문이라

사료된다. 분광 밴드별로 질감의 차이를 보이는 것은 분광정보에 따른 차이에 의해 나타난 것으로 생각되며, 윈도우 크기에 따라서는 윈도우 크기가 작을수록 서로 다른 질감평균값을 가진 여러 픽셀이 동일한 하나의 대상물을 나타내기 때문에 크기가 큰 윈도우에서 나타난 질감과의 차이가 나타난 것으로 생각된다.

5. 결론

본 연구 결과는 세 가지 질감척도에서 영상별, 영급별, 경급별로 다중범위비교한 결과 모두 유사한 결과를 산출하였는데 영상에 따라서는 낙엽송림과 인공 소나무림의 질감의 차이가 상대적으로 높게 나타났고, 영급에서는 2영급과 4영급에서 상대적으로 높은 질감의 차이를 보였다. 그리고 경급의 경우에 있어서는 Contrast와 ASM 질감척도에서는 1등급과 3등급간의 질감의 차이가 상대적으로 높게 나타난 반면에 Correlation 질감척도에서는 1등급과 2등급간의 질감차이를 보였다.

영상에서 질감정보의 추출은 사용되는 파장밴드의 종류, GLCM의 윈도우크기, 질감척도의 종류 등에 따라 그 결과가 매우 다양하게 나타나며, 각각의 인자에 대한 보다 추가적인 분석이 요구되는 실정이다. 본 연구에서는 임분의 특성에 따라 질감의 차이가 있는가를 기초적인 통계분석을 통하여 검증한 결과, 임종, 영급, 경급, 밀도 등에서 다소의 차이는 있지만 어느 정도 유의성있는 차이점을 보여주고 있다. 또한 단일의 질감척도만의 임분의 특성을 파악하기보다는 여러 종류의 질감척도를 함께 이용함으로써 다양한 임분의 특성을 얻는 방안이 검토되어야 할 것이다.

이와 같이 질감정보는 고해상도 위성영

상에서 산림특성을 해석하는데 있어서 기존의 방법과 다른 형태의 정보를 추출하는 데 유용하리라 판단된다. 고해상도 영상에서 나타나는 질감정보에 대한 보다 정량적인 분석을 통하여 산림자원 조사, 분류 및 관리에 있어서 고해상도 위성영상자료의 활용이 기대된다.

참고문헌

- 산림청, 2001. 위성영상을 이용한 산림자원 관리방안
- Baraldi, A. and F. Parmiggiani, 1995. An Investigation of the Textural Characteristics Associated with Gray Level Co-occurrence Matrix Statistical Parameters, IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing, Vol. 33, No. 2
- de Kok, R., T. Schneider, M. Baatz, U. Ammer, 1990. Object based image analysis of high resolution data in the alpine forest area.
- Hay, G. J., K. O. Niemann, and G. McLean, 1996. An Object-Specific Image-Texture Analysis of H-Resolution Forest Imagery, Remote Sensing of Environment, 55: 108-122
- He, D. and L. Wang, 1990. Texture Unit, Texture Spectrum, and Texture Analysis, IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing, Vol. 28, No. 4
- Kayitakire, F., C. Farcy, and P. Defouny, 2002. IKONOS-2 imagery potential for forest stands mapping, Presented at ForestSAT Symposium Heriot Watt University, Edinburgh, August 5th-9th
- Franklin, S.E., A.J. Maudie, and M.B. Lavigne, 2001. Using Spatial Co-Occurrence Texture to increase Forest Structure and Species Composition Classification Accuracy, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67(7): p.849-855
- Franklin, S.E., Wulder, M.A. and G.R. Gerylo, 2001. Texture analysis of IKONOS panchromatic data for Douglas-fir forest age class separability in British Columbia. International Journal of Remote Sensing, 22, pp 2627-2632
- Partio, M., B. Cramariuc, M. Gabbouj, and A. Visa, 2002. Rock Texture Retrieval Using Gray Level Co-occurrence Matrix, Tampere University of Technology
- Wang, L. and D.C. He, 1990. A new statistical approach for texture analysis, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56(1) : p.61-66
- Xu, B. and P. Gong, 2001. A Comparison of Reduced Texture Spectrum Approach with Gray Level Reduction Schemes for Land-Use Classification With Sampled IKONOS Imagery, IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing.