

Landsat TM 영상에서 요인분석과 군집분석을 이용한 산불 피해정도 분류 Classification of Fire Damaged Degree Using the Factor Analysis and Cluster Analysis from the Landsat TM Image

김성학¹⁾ · 김열²⁾ · 최승필³⁾ · 최철순⁴⁾

Kim, Sung Hak · Kim, Yeol · Choi, Seung Pil · Choi, Cheol Soon

¹⁾ 관동대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail:sung-hak37@hanmail.net)

²⁾ 관동대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail:kim-yeol@hanmail.net)

³⁾ 관동대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail:spchoi@kd.ac.kr)

⁴⁾ 관동대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail:ccsoon@kd.ac.kr)

Abstract

After the forest fire, as access is not easy, forest damage degree are determined with Landsat TM image rather than visual inspection. Therefore in this study, damaged areas are extracted with factor analysis and cluster analysis. Second factor analysis was performed for areas suspicious as forest fire damage areas to evaluate accuracy after separating into strong, medium and light forest fire areas.

1. 서론

산불의 여러 가지 특징 중에서도 광범위한 지역에 신속하게 피해를 입히는 특성을 감안하여 보면, 시간이 경과한 후에 실시하게 되는 육안에 의한 조사는 한계가 있음을 알 수가 있으며, 육안조사에 의한 한계를 보완하기 위해 많은 위성영상 자료를 이용한 산불 피해 조사 등이 이루어 지고 있다.

그러므로 위성영상 자료를 이용하여 통계학적 해석으로 산불 피해 정도를 분류하는 것이 가능하다. 위성영상 자료에 의하여 산불피해도 분류를 연구할 때, 통계적 방법인 요인분석과 군집분석에 의한 것이 있다. 이 방법은 산불피해지역을 추출할 때 많은 영역으로 분류하게 되면 이러한 영역들의 정보손실은 최소화 하면서 소수의 영역으로 압축한다. 이렇게 압축된 소수의 영역으로 산불피해지역을 피해정도 별로 분류하는 것이 가능하다.

이들 중 요인분석은 다수의 변수들간의 상관관계를 기초로 많은 변수들 속에 내재하는 체계적인 구조를 발견하는 기법으로 요인들 사이에 유사한 특징을 지닌 대상을 하나로 묶는 기법이다. 또한 군집분석은 다 차원 공간에 포진하고 있는 개체들을 유사한 성격을 지닌 소수의 군집으로 구분하는 각 군집을 대표하는 군집중심이나 데이터 구조를 이용해 자료의 성격을 파악하는 기법이다.

그러므로 본 연구에서는 산불피해지역에 접근하지 않고 LANDSAT TM영상 자료만으로 요인 및 군집분석을 실시하여 산불피해지역을 분류하고, 피해 정도를 추출하였다. 또한 IKONOS 영상을 이용하여 산불피해도 분류의 정확도를 검증하고자 한다.

2. 연구대상지역

지난 2000년 4월 산불이 발생하여 피해를 입은 강릉시 사천면을 연구대상지역으로 선정하였고(그림 1), 이 지역은 산불발생당시 편(foehn)현상으로 고온 건조한 바람이 순간 최대풍속 27m/sec로 불어 산불이 빠르게 확산되었다.

위성영상자료는 산불 발생 직후인 2000년 5월 25일에 촬영된 LANDSAT TM 영상을, 분류된 피해도를 검증하기 위하여 2001년 10월 14일 촬영된 IKONOS 영상을 이용하였다. 이 영상의 제원을 표 1에 나타내었다.

표 1. 위성영상 제원

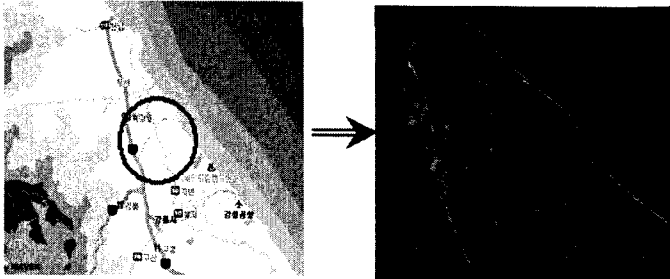


그림 1. 연구대상지역

위성명	센서명	공간 해상도	분광 해상도	방사 해상도	촬영 일자	비고
LANDSAT	TM	30m X 30m	7band	8bit	2000.5.25	산불발생 직후
IKONOS	Pan, MS	1m X 1m	4band	11bit	2001.10.14	검증영상

3. 요인분석

산불피해정도를 분류하기 위하여 식생의 분류, 식생의 활력도 및 함수상태 등을 나타내는 Landsat TM 3, 4, 5, 7 4개의 밴드의 DN값 평균을 이용하여, 27개의 영역으로 나누어 요인분석을 하였다.

요인분석시 최적의 요인수를 결정하기 위하여 스크리도표를 작성하였다. 이 도표에 의하면 고유값이 1이상 되는 요인수가 2자리까지이므로 요인수를 2로 결정하여 분석하였다.

각 축에 해당하는 요인을 구분하기 위하여 각 밴드별 요인수에 대한 영역을 추출하고 회귀분석을 실시하여 1차 회전성분행렬을 표 2에 나타내었다. 요인 1과 밴드 사이의 상관계수가 비교적 큰 값을 나타내는 것은 TM Band 3, 5, 7이며, 요인 2와 밴드 사이의 상관계수가 가장 크게 나타난 것은 TM Band 4이다.

요인 1을 X축, 요인 2를 Y축으로 하여 각 영역들을 도시한 것이 그림 2이다.

요인 1에서 TM Band 3은 식생과 물에 매우 민감하게 반응한다. 또한 TM Band 5, 7은 중간적의 파장대로 수분에 잘 반응을 하므로 식생 및 토양의 수분함유 상태의 추정에 유효하다. 따라서 요인 1은 식생 및 토양의 함수상태와 관련이 있으며, 값이 작을수록 식생 및 토양의 수분 함유량이 높아지는 것을 알 수 있다.

요인 2에서 TM Band 4는 식생의 상태와 물 영역의 구분 등에 적합한 근적외 파장대와 관련이 있다. 따라서 값이 클수록 식생의 활성이 높아지는 것을 알 수 있다.

I 평면에 표시된 영역은 가시영역, 근적외, 중간적외의 파장대에서 높은 DN값을 나타내므로, 반사율이 높은 나대지 등으로 분류될 가능성이 높다. II 평면에 표시된 영역은 식생의 활성상태가 좋고 비교적 수분함유량이 많은 산림지역으로 분류될 가능성이 있다. III 평면에 표시된 영역은 낮은 반사율을 나타내고, 수분 함유량이 어느 정도 있는 것으로 판단되어 논이나 수역으로 판단된다. IV 평면에서 표시된 영역은 식생의 활력이 낮고 수분도 거의 포함하고 있지 않으므로, 산불 피해 지역으로 분류될 가능성이 높다. 그러나 연소정도가 심각한 구역은 검고 두꺼운 재에 둘러싸여 있으므로, 전체적으로 DN값이 적게

표 2. 1차 회전성분행렬

	요인	
	1	2
Band 3	0.972783	0.023024
Band 4	0.063685	0.997473
Band 5	0.959745	0.240574
Band 7	0.986897	-0.03023
Cumulative Variance	71.398%	97.493%

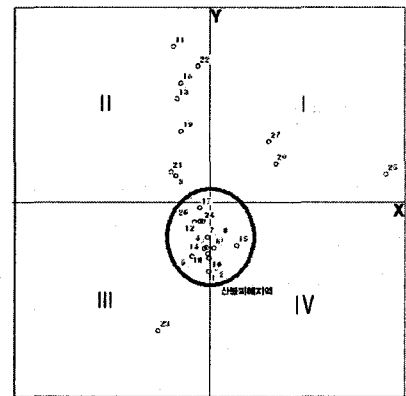


그림 2. 1차 영역 분포도

표 3. 2차 성분행렬

	요인	
	1	2
Band 3	0.976741	-0.06225
Band 4	-0.05367	0.997374
Band 5	0.980258	0.115439
Band 7	0.921052	-0.36731
Cumulative Variance	70.861%	97.826%

나타날 수도 있다고 예상되어 III평면도 산불피해지역이 포함될 가능성이 있으므로 다음과 같이 검토하였다. 모든 밴드에서 DN값이 낮은 23영역은 1차 영역 분포도에서 볼 때, 수역으로 판단된다. 그리고 23영역을 제외한 III평면에 있는 모든 영역은 IV평면의 2, 8영역과 비슷한 반사특성 곡선을 나타내고 있어서 산불피해지역으로 분류하는 것이 가능하다.

산불 발생지역의 피해정도를 알기 위해 산불발생지역에 해당하는 영역에 대하여 2차 요인분석을 실시하여 그에 따른 2차 회전성분행렬을 표 3에 나타내었고 이것을 토대로 그림 3에 도시화하였다. 1차 요인분석에서 얻어진 16개 영역은 산불피해 의심지역으로 분류되었기 때문에 II평면에 표시된 4개의 영역은 습윤이 있고, 식생의 활력도가 높다고 판단되지만 화재피해지역으로 분류된 특성으로 인하여 산불피해정도가 경미하다고 판정이 되어 피해지역 소로 정할 수 있다. 또한 III, IV평면에서 표시된 영역은 전체적으로 DN값이 낮으므로 이것은 산불발생으로 두껍고 검은 재에 둘러싸여 있다고 할 수 있으므로 피해지역 강으로 판정할 수 있으며, I 평면에서 표시된 3개 영역은 두 평면의 중간적인 성질을 나타내며 피해지역 중으로 판단된다.

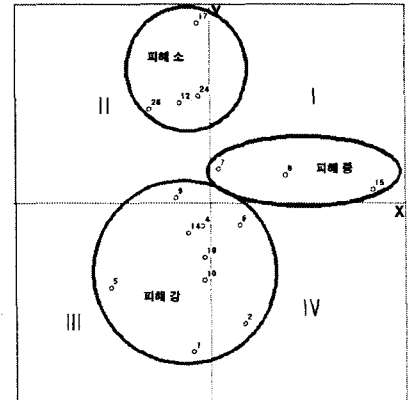


그림 3. 2차 영역 분포도

4. 군집분석

16개 영역에서 정규식생지역을 구하여 이 식생지역을 대상으로 군집분석을 실시하였다. 그 전처리 과정으로 거리행렬을 구한 후 군집을 형성하기 위하여 Average Linkage Method로 분석을 실시하여 산불피해도에 따른 분류를 하였다. 이러한 군집분석에 의하여 피해정도별로 3가지로 분류 하는 것이 가능하며 군집분류 과정의 피해도별 유형을 나타낸 것이 표 4이다.

표 4. 영역별 피해도 유형

영역	Dentrogram	피해도 유형
7 14 4 5 9 10 18		I
6 8		II
2 15 1		III

5. 산불피해도 분류정도 검증

산불피해도 분류를 검증하기 위하여 강릉시 사천 지역의 IKONS영상을 이용하였다. IKONS영상은 2001년 10월에 촬영된 영상으로서 산불 직후인 2000년 5월 25일 LANDSAT TM 영상과 시간적인 차이가 있으나 IKONS영상에서 산불피해정도의 구별이 가능하고 또한 산불발생지역에 새로운 나무를 심기 위하여 불에 탄 지역에 대하여 벌목을 하였기 때문에 육안으로 피해정도를 구분하는데 문제가 없었다. 연구대상지역 중에서 산불피해가 전혀 없는 산림지역과 주택지, 논, 수역을 제외하고 영역별로 피해정도를 판정하였다. 지표에 검게 탄 나무 등이 산재하여 검은 재가 IKONOS 영상에서 식별이 가능한 정도를 피해 강(I)로 하고, 약간의 녹색이 남아있는 상태를 피해 중(II), 지표 또는 나무의 일부가 탄 상태를 피해 소(III)로 분류하였다. IKONS영상에 10개의 지상기준점을 잡아 LANDSAT TM 영상과 위치를 일치시켜 영역별로 산불피해정도를 나타낸 것이 표 5이다.

IKONOS 영상에서 육안으로 평가한 것과 TM 영상에서 1영역의 피해정도가 강에서 18화소, 중이 2화소, 소가 2화소 포함되어 있다. 다른 피해정도의 화소가 혼재하고 있는 것도 있지만 본 논문에서는 화소 수가 많은 것에 의해 피해정도를 판정하였다.

표 5. 영역별 산불피해 등급

TM 영상 IKONOS 영상	TM 영상																Total (화소수)
	1	2	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	17	18	24	26	
피해 강	18	19	16	26	25	2	6	19	18	1	26	4	2	18	1		201
피해 중	2	3	5	4	6	19	34	3	3	2	4	18	2	4	1		110
피해 소	2	2	3	4	4	2	5	2	2	18	2	1	19	3	6	7	82
피해 無	3	1	1	2	1	2	4	1	2	4	4	2	2		1	2	32
Total	25	25	25	36	36	25	49	25	25	25	36	25	25	25	9	9	425
산불피해 등급	요인	I	I	I	I	I	II	II	I	I	III	I	II	III	I	III	III
	군집	II	II	I	I	I	I	I	I	I	III	I	II	III	I	III	III

본 연구에서는 요인과 군집분석에 의해서 분류된 등급을 IKONOS 영상을 기준으로 정확도를 평가하여 표 6에 나타내었다.

표 6. 요인 및 군집분석에 의한 분류 정확도

IKONOS 영상 TM 영상	피해 강		피해 중		피해 소		피해 無		Total	
	요인	군집	요인	군집	요인	군집	요인	군집	요인	군집
피해 강	185(92.04%)	156(77.61%)	34	82	24	27	15	17	258	282
피해 중	12	41	71(64.55%)	23(20.91%)	8	5	8	6	99	75
피해 소	4	4	5	5	50(60.98%)	50(60.98%)	9	9	68	68
Total	201	201	110	110	82	82	32	32	425	425

요인분석에 의한 산불피해 분류정확도는 피해 강, 피해 중, 피해 소에서 92.04%, 64.55%, 60.98%로 각각 나타났으며, 군집분석에 의한 산불피해 분류정확도는 피해 강, 피해 중, 피해 소에서 각각 77.61%, 20.91%, 60.98%로 나타났다.

이것을 볼 때, 요인분석이 군집분석보다 분류정확도가 비교적 높은 것을 알 수 있다.

6. 결론

Landsat TM 영상에서 요인분석과 군집분석을 이용하여 산불피해정도를 분류한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 위성영상 자료로 산불피해지역을 27개 영역으로 분류하여 1차와 2차에 걸쳐 요인분석을 한 결과 1차 요인분석으로 산불피해 의심지역, 피해 없는 지역, 주택지, 도로, 논, 수역 등으로 분류가 가능하였으며, 산불피해 의심지역에 대하여 2차 요인분석을 실시하여 피해정도가 심한지역, 중간지역, 경미한 지역으로 분류할 수 있었다.

둘째, 요인분석에 의한 산불피해 분류정확도는 피해가 심한 지역에서 90%대의 높은 분류정확도를 나타내었으나 피해가 경미하거나 중간정도 되는 지역에서는 각각 60.98%, 64.55%정도 나타났다.

참고문헌

- 강릉시(2001), "강릉시산불백서", 강릉시, pp. 131-171
 양인태(1991), 근적외 디지털 카메라에 의한 수목의 NDVI 추출과 분석, 대한토목학회 논문집, Vol. 22, No. 3, pp. 261-268
 심미희(2004), 주성분 분석과 군집분석을 이용한 서울 도심 물 수요 예측, 서울시립대학교, 석사학위논문
 이학식(2005), SPSS 12.0 매뉴얼, 통계분석 방법 및 해설, 법문사
 최승필, 김동희(2005), 근적외 CCD 카메라와 분광반사계의 식생지수를 이용한 산불 발생지역에서의 산림 피해도 평가, 한국측량학회지, Vol. 23, No. 4, pp. 367-374