

인공위성 화상데이터를 이용한 솔껍질깍지벌레 피해지역의 추출기법에 관한 연구

A Study on the Extraction of the *Matsucoccus Thunbergianae* *Miller et Park* Damaged Area from Satellite Image Data

안기원* · 이효성** · 서두천***
Ahn, Ki-Won · Lee, Hyo-Sung · Seo, Doo-Chun

摘 要

본 연구에서는 Landsat-5 TM 데이터를 사용하여, 경상남도 남해군 일대를 대상으로 솔껍질깍지벌레 피해지역과 경년변화를 효율적으로 추출할 수 있는 기법을 연구 제시하였다. 또한 피해상황을 파악하여 피해지역의 지형적 상관관계를 규명하고, 피해확산방향을 예측하여, 인공위성 화상데이터가 산림의 병충해 감시에 유용함을 입증함과 아울러, 효과적인 방제를 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다. 연구결과 수치표고화상을 이용한 BRCT (Backwards Radiance Correction Transformation) 기법을 통하여 지형영향으로 인한 그림자지역을 효과적으로 제거함으로써, 피해지역 추출시 그 유효성을 높일 수 있었다. 피해지역과 경년변화 화상을 작성, 분석하여 피해 초기에는 남서사면, 경사도 7~18°, 산지 최고 표고의 50~70%의 위치에서 집중적으로 발생하여 주로 바람방향(북동방향) 피해가 확대됨을 알 수 있었다.

ABSTRACT

The main object of this study was to prove the effectiveness of satellite image data for extraction of the *Matsucoccus Thunbergianae* *Miller et Park* damaged area. The effectiveness of extraction of damaged area was improved by using the BRCT(Backwards radiance correction transformation) with DEM for normalization of topographic effects. The surface analysis of the extracted damaged area was revealed that the damage was started at south-west slope with the aspect of 7 to 18 degrees, and 50% to 70% of the highest altitude mountains. The direction of damage attached by the *Matsucoccus Thunbergianae* *Miller et Park* was able to predict through the analysis of periodical of years' images

1. 서 론

우리나라 해안지방의 산림은 주로 해송으로서 그 분포지역이 남부지역을 비롯하여 서해안으로는 경기도, 동해안으로는 경상북도까지 천연림으로 연결되어 있다. 이 해송림에 1980년대 초부터 남서해안지방을 중심으로 솔껍질깍지벌레(*Matsucoccus Thunbergianae* *Miller et Park*)가 대량 발생하여 산림을 황폐화시키고 있

다. 이러한 피해원인은 *Matsucoccus*류로 확인되었던 1983년 춘기에는 피해지역이 전라남도 해남군을 중심으로 전남 11개 시, 군의 약 12,000 ha에 국한되어 있었으나, 그 후 약 5 km의 속도로 확산되는 과정에서 매년 약 10,000 ha의 해송림이 큰 피해를 받아 왔으며, 현재에는 전남 해송림의 거의 전역, 전북 고창군 그리고 경남 고성군까지 서, 남해안 29개 시, 군에 걸쳐 심각한 피해를 끼치고 있다.²⁾ 그러나 피해지역의 파악과 피해 확산방향의 예측에 어려움이 있기 때문에 일부방제(수간 주사 및 항공방제)는 하고 있으나 별효과를 보지 못해 피해면적이 계속 확산되고 있는 실정이다.

따라서 넓은 면적의 삼림에 있어서, 솔껍질깍지벌레

*경상대학교 공과대학 토목공학과 부교수(경상대학교 부속 생산기술연구소 연구원)

**경상대학교 대학원 토목공학과 박사과정

***경상대학교 대학원 토목공학과 석사과정

의 효율적인 방제, 피해상황의 단시일내에 파악, 주기적인 관찰, 이를 바탕으로 피해확산방향을 빠른 시기에 예측, 방제하기 위해서는 인공위성 화상데이터의 활용이 필요하다 하겠다.

인공위성 화상데이터를 이용하여 산림의 피해지역을 추출하는데 있어서는 산림지역과 산림피해지역의 분광반사특성과악, ^{1,5)} 산림지역에 있어서의 지형영향 감소처리기법^{6,9)} 및 피해지역 추출기법⁸⁾과 같은 문제가 해결되어야 하며, 국내외적으로 이들에 관한 연구가 상당히 이루어진 바 있다.

본 연구에서는 인공위성 화상데이터 중에서 해상력이 우수하고 다양한 파장대의 데이터를 관측·수집하고 있는 미국의 Landsat-5호의 TM데이터를 사용하여, 솔껍질까지벌레의 피해가 확산되고 있는 경상남도 남해군일대를 대상으로 솔껍질까지벌레의 피해지역과 경년변화를 효율적으로 추출할 수 있는 기법을 연구·제시하며, 분류정확도를 향상시키기 위한 효율적인 지형영향보정기법을 연구 적용하였다. 지형적 분광특성의 보정은 우리나라와 같이 산림지역이 전 국토의 70%를 차지하고 평지와 산지의 지형이 혼재되어 있는 환경에서는 정확한 화소값의 출력을 위해서는 반드시 필요한 과정이다. 즉, 지형적 요소 중 경사도와 지형의 그림자 영향으로 인해 발생하는 분류정확도 감소 요인을 예상하고, 지도로부터 추출된 DEM과 Landsat 화상 데이터의 관계를 이용하여 그림자 지역을 보정한 후, 분류를 수행하였다. 분류정확도의 향상을 위해 현장 조사시에 GPS 장비를 이용하여, 실측자료를 획득하고 분류결과 평과시에 이를 활용하며, 추출된 피해림의 각종 지형적 인자를 추출하여 피해림의 지형적 상관관계를 분석하였다. 이를 바탕으로 인공위성 화상데이터가 산림의 병충해 감시에 유용함을 입증하고 분석된 자료를 바탕으로 산림자원관리자의 의사결정자료의 효율성을 증대시켜, 효과적인 방제를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 솔껍질까지벌레 피해림의 특성

솔껍질까지벌레는 전세계에서 26종이 기록되어 있으며, 현재까지 우리나라에서 발생하였던 종류로는 남해안에 주로 피해를 입힌 *Matsucoccus Thunbergianae*와, 서울, 대구 등지에 분포함이 밝혀진 *Matsucoccus matsumure* 등 2종이 있는데 이들 모두 해송, 적송에 서식

하나 전자는 주로 해송을, 후자는 주로 적송을 가해한다.²⁾

솔껍질까지벌레류에 의한 소나무류의 전형적인 피해양상은 수관(樹冠) 하부의 일부부터 갈변(褐變) 하며, 심한 경우에는 수관전체가 갈변, 고사하는 양상을 보인다.²⁾ 피해가 심하게 진전되는 지역에서는 해충침입이 발견된 해 또는 1년 후에 외견적 피해양상이 나타나며, 이로부터 1~2년 후에 집단적인 입목고사가 관찰된다. 침엽(針葉)이 갈변하는 현상은 3~5월에 주로 나타나며, 여름, 가을에는 외견상 피해 진정상황이 거의 발견되지 않으며, 다음해 이른봄에 다시 갈변하기 시작한다.²⁾ 따라서 그 피해 양상이 인공위성 화상데이터에 뚜렷이 나타나는 시기는 침엽이 갈변하는 5월경이다.

3. 사용데이터 및 전처리 과정

3.1 사용데이터

사용된 인공위성 데이터는 표 1에서 보는 바와 같고, 위치와 크기는 그림 1의 Landsat-5의 coverage map에서 보는 바와 같다.

특히 1995년 5월 화상은 Row shift시키지 않은 화상이므로 남해 전역이 포함되지 않은 단점이 있다. 따라서 이 화상에 대해서는 해석대상 영역의 추출시에 남해군을 최대한 포함시킬 수 있도록 절출하였다. 해석대상 영역인 경상남도 남해군 일대의 화상 데이터는, 기하보정 후의 화상크기를 고려하여 실제 해석 대상 영역보다 크게 절출하였다. 1994년 6월 1일 TM화상은 1200×1200 화소, 1995년 5월 12일 TM화상은 973×841 화소의 크기로 절출하였다.

3.2 기하보정

판매되는 TM데이터는 위성의 궤도 및 자세의 변동과 지구의 자전 등에 기인하는 기하보정 즉, Bulk 보정

표 1. Using data

Satellite	Landsat-5	Landsat-5
Date	1994. 6. 1	1995. 5. 12
Path-Row No.	115-035	114-036
Subsense No.	4(Row shift 1)	1
Cloud	0%	0%
Sun Azimuth	109°	110°
Sun Elevation	60°	55°

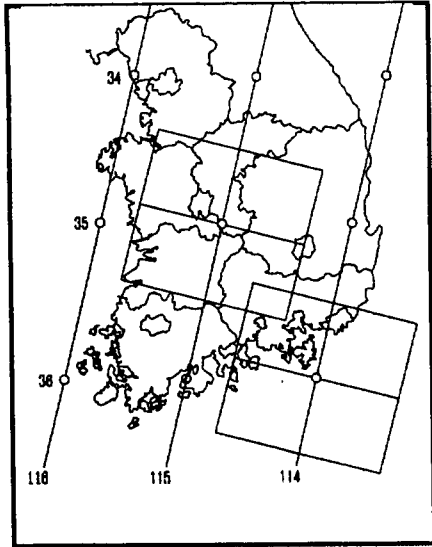


그림 1. Scene coverage map of Landsat-5.

된 데이터가 대부분이며, 이 Bulk보정된 데이터는 상이한 지도투영법에 따르는 기하학적 왜곡이 포함되어 있다.⁴⁾ 따라서 수치화상은 실제지도와 위치적 차이를 보이게 된다. 이러한 오차는 불규칙적으로 일어나기 때문에 지상 기준점(GCP: Ground control point)과 수학적 모델을 사용하여 보정하여야 한다.

본 연구에서의 연구대상 지역이 위도 34°, 37°, 30"에서 34°, 52', 30", 경도 127°, 45', 00"에서 128°, 07', 30"에 걸쳐 있으므로 우리나라의 평면직각좌표원점상에서 중부와 동부원점이 적용되는 구간이다. 따라서 본 연구에서는 부득이 두 원점 중에서 비교적 연구대상지역을 많이 포함하고 있는 중부원점을 기초로 하여 지상기준점을 국가기본도 축척 1:25,000 지형도상에서의 평면직각좌표와 화상좌표를 입력하여 모든 band의 화상을 기하보정을 행할 수 있었다.

사용된 지상기준점의 위치는 그림 2에서 보는 바와 같이 1994년 114-035의 화상데이터에서는 10점, 1995년 115-036의 화상데이터에서는 21점을 사용하였다. Landsat TM데이터의 기하보정을 위한 좌표변환에 있어서는 고차다항식보다는 1차 또는 2차 다항식을 이용한 좌표변환이 오히려 정확한 결과를 얻을 수 있다는 연구결과가 있다.⁵⁾ 따라서 본 연구에서는 1차 다항식인 Affine식을 사용하여 좌표변환을 수행하였으며, 재배열(resampling)방법으로는 공1차내삽법을 적용하여 화상을 재배

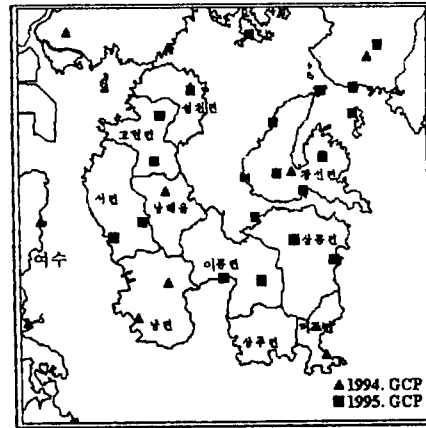


그림 2. Location of ground control points used for geometric correction.

열하였다. 각 화소의 간격은 TM인공위성데이터의 해상력은 30 m이지만, 지상수신소에서 사용자에게 공급하는 자료는 일련의 처리과정을 거쳐 약 28.5 m을 나타내므로 기하보정시의 화소간격은 28.5 m×28.5 m이 되도록 하였다.³⁾ 기하보정시의 평균제곱근오차는 1994년 115-035 화상에서는 ±0.514화소(약 14.65 m), 1995년 114-036 화상에서는 ±0.496화소(약 141.4 m)를 얻었다.

3.3 해석대상영역

본 연구대상지역인 경상남도 남해군은 본도를 포함하여 68개의 도서(유인도 3개, 무인도 65개)로 이루어진 지역이다.

DEM을 생성에 있어서 해역의 표고 값이 zero인 점을 감안하여 남해군 본도만을 절출하여 사용하였다. 이를 위하여 1994년 115-035화상데이터는 남해군 본도를 중심으로 축척 1:50,000지역도에서 육지 경계 영역만 디지털화하였다. 특히, 1995년 114-036 화상데이터는 전체 남해군을 포함하지 않으며, 또한 화상이 전체 sub-scene중에서 외곽 쪽에 위치하여 각 밴드가 포함하는 영역이 각기 다르므로 전체 7개의 밴드화상에 걸쳐 모두 포함될 수 있는 남해군 영역 절출하여 사용하였다.

4. 지형영향의 보정

인공위성화상데이터를 이용하여 화상처리를 하는데 있어서는 분류정확도를 높일 수 있는 화상강조 처리를 행하여야 하며, 특히 산림지역에 있어서는 그림자 영향

으로 분류 정확도가 크게 떨어지게 되므로 지형적 영향에 대해 보정처리를 하여야 한다. 대상지역의 지형적인 변화, 즉 지형의 경사 및 태양고도에 따른 복사량의 변화를 보정하며 이것을 지형보정이라 한다.

본 연구에서는 DEM을 생성시켜, 대응되는 화소에 대한 경사도(slope) 및 사면방위(aspect)를 계산하여, 태양 입사각과의 상호관계를 규명함으로써 지형적 요인을 제거하고자 하였다.

4.1 DEM의 생성

본 연구대상지역인 남해군의 최대표고는 785.9 m(망운산)이며, 스캐닝에 사용된 지도는 남해군 전역이 포함되어 있는 축척 1:50,000의 남해군 관내도이며, 스캐닝시에는 Intergraph사의 ANA Tech Eagle 3640 스캐너를 사용하여, 지도와 파일크기를 고려하여 약 170 dpi로 스캐닝 하였다.

스캐닝된 래스터 자료를 필요한 부분만 남기고 정리한 후, 선택된 선형요소를 자동 추적하는 GEOVEC (Intergraph사) 소프트웨어를 이용하여 등고선 40 m 간격으로 벡터라이징을 실시한 후, 다시 래스터자료로 변환하였다.

4.2 DEM을 이용한 지형영향의 보정

지형적 영향에 의한 원격탐사데이터의 왜곡을 보정하는 방법은 크게 나누어 밴드별 분광 특성에 의한 접근방식과 새로운 모델을 생성시켜 이 모델을 이용하여 지형영향을 제거하는 방법을 생각해 볼 수 있다.

이러한 방법 중에서 DEM을 이용하여, 대상지역에 있어서 지형의 법선 벡터와 태양입사각의 상호관계를 고려하여, 그림자 지역을 추출, 지형영향을 보정하는 방법이 기타 다른 방법보다도 우수하다는 연구결과가 있다.⁹⁾

따라서, 본 연구에서는 DEM을 이용하여, 지형 및 태양 입사각에 따른 기하학적 모델을 바탕으로 하여, Minnaert constant를 기초로 한 BRCT(Backwards radiance correction transformation) 모델에 의한 방법으로 지형적 영향에 의한 그림자지역을 소거하고자 하며, 지형영향의 보정 평가에는 전체화상에 대한 평균값과 분산의 비교, 및 3개의 sample sites(300 pixels)를 선정하여 보정전과 보정후의 분산분석과 F분포 검증을 통하여 그 결과를 확인하였다.

4.2.1 BRCT(Backwards radiance correction trans-

formation)

1980년 Smit, Justice, Holben 등이 실험적인 광도측정함수인 Minnaert상수를 유도하였으며,⁹⁾ 이를 이용하여 달 표면의 광도측정 등에 사용하였다. 그러나 이들이 유도한 Minnaert상수는 lambertian모델을 기초로 한 것으로서 지형에 따른 경사방향과 입사각의 관계가 고려되지 않았다. 지형적인 영향, 즉 그림자 영향을 완전히 제거하기에는 부족하다. 따라서 Smith 등이 유도한 방정식에 태양입사각과 법선 벡터를 고려한 BRCT방법을 사용하여 지형의 영향에 의한 그림자지역을 보정하고자 하였다. Smith 등이 유도한 Minnaert상수 k는 아래와 같은 식에 의해서 유도된다.⁹⁾

$$L \cos e = L_n \cos^k i \cos^k e \quad (4-1)$$

여기서, L: 방사량(radiance)

L_n : 태양광선에 수직인 법선벡터
(radiance when $i=e=0$)

i: 태양입사각(incidence angle)

k: Minnaert 상수(Minnaert constant)

e: 태양반사각(existence angle)

식 (4-1)에서 상수 k를 유도하기 위해서 log를 취하면 식 (4-2)과 같다.

$$\log(L \cos e) = k \log(\cos i \cos e) + \log L_n \quad (4-2)$$

위의 식 (4-2)에서 $y=\log(L \cos e)$ 를 종속변수, $x=\log(\cos i \cos e)$ 를 독립변수, $b=\log(L_n)$ 을 상수로 하여 일차회귀방정식을 사용하면, k와 b값이 얻어진다.

$$L_n = \frac{L(\cos e)}{(\cos^k i \cos^k e)} \quad (4-3)$$

여기서 L_n : 보정후의 화소값

L: 보정전의 화소값

e: 경사도(radian)

식 (4-4)에서의 $\cos i$ 는 식 (4-4)과 같이 구해진다.

$$\cos i = \cos \theta_s \cos \theta_n + \sin \theta_s \sin \theta_n \cos(\phi_s - \phi_n) \quad (4-4)$$

여기서 θ_n =경사도(slope of terrain surface)

θ_s =태양천정각(solar zenith angle)

ϕ_s =태양방위각(solar azimuth angle)

ϕ_n =사면방위 화소값(surface aspect of the slope angle)

표 2. Minnaert constant

Image	115-035(1994. 6. 1)		114-03(1995. 5. 12)	
	k	b	k	b
Band 1	0.54	1.90	0.37	1.93
Band 2	0.79	1.59	0.48	1.59
Band 3	1.19	1.63	0.66	1.62
Band 4	0.37	1.97	0.41	1.98
Band 5	0.91	1.97	0.52	1.95
Band 7	1.36	1.56	0.83	1.53



사진 1. Color composite before BRCT in 1994, 115-035.



사진 2. Color composite before BRCT in 1994, 115-035.

본 연구에서 유도된 k, b값은 표 2에서 보는 바와 같으며, 보정이전의 화상과 식 (4-4)을 사용하여 보정한 화상은 사진 1~4와 같다.

4.3 BRCT방법을 이용한 지형영향보정 평가

지형영향의 보정평가에는 전체화상에 대한 평균값과



사진 3. Color composite before BRCT in 1995, 114-036.



사진 4. Color composite before BRCT in 1995, 114-036.

분산을 비교함과 동시에, 3개의 sample sites를 선정하여 그 결과를 분석하였다. 본 연구대상지역에 대한 지형영향보정 전, 후 전체화상에 대한 평균값과 분산은 표 3, 그림 3과 같다.

분산분석과 F검증을 위한 Sample site의 선정시에는 전체적으로 지형영향을 많이 받는 부분 즉, 태양광이 비추는 곳의 반대편에 위치한 부분에서부터, 비교적 지형영향을 받지 않는 부분 즉, 태양광을 많이 받는 부분에 걸쳐서 sample sites를 설정하여야 한다. 또한 sample sites는 반듯이 동일한 입상으로 구성되어야 하며, 동일한 밀도로 입상이 조립되어 있어야 정확한 지형영향보정 평가를 할 수 있다.⁶⁾ 따라서, 본 연구에서는 이상의 조건을 만족시키는 sample sites를 선정하기 위해서 축척 1:50,000 식생도에서 동일한 입상으로 조립된 영역을 선정, 디지털화 하여 수치화시키고, 이 데이터와 지형영향 보정시에 활용되었던 경사 및 사면방위

표 3. Mean and standard deviation for study area

Band	115-035(1994. 6. 1)				114-036(1995. 5. 12)			
	Mean		Std. Dev.		Mean		Std. Dev.	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1	73.78	85.72	11.47	13.12	79.93	98.01	8.43	10.45
2	34.25	39.76	8.51	9.66	35.96	41.66	5.49	6.09
3	36.13	41.90	16.18	18.55	36.85	45.11	10.48	12.53
4	92.35	107.07	21.30	23.45	92.17	112.66	21.16	24.40
5	83.42	96.67	28.38	32.13	87.87	104.07	44.66	42.86
7	31.22	36.16	17.51	20.09	29.97	36.58	12.44	14.85

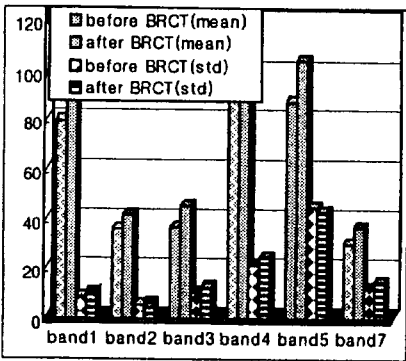
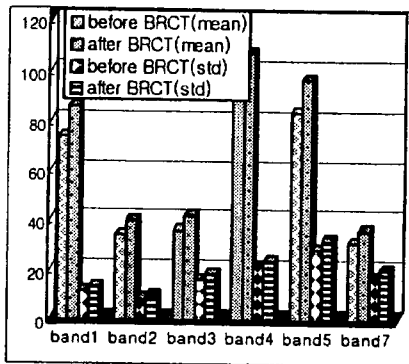


그림 3. Mean and standard deviation for study area.

도 화상을 중복시켜, 3개의 sample site(300화소) 선정하여 지형영향 보정평가에 사용하기로 하였다.

선정된 3개의 sample site를 대상으로 분산분석(analysis of variance)과 두 정규 모집단의 모분산을 비교하는 F분포의 검증을 통해서 원화상과 BRCT 지형보정후의 화상에 대해 분산값의 차이를 비교하여, 지형영향보정평가를 하고자 한다.

본 연구에서는 분산분석시 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 sample site의 모평균의 분산의 변동폭을 검증하였다. 이 유의수준에서의 귀무가설(null hypothesis)을 채택하

표 4. Result of analysis of variance

Band	F statistic			
	115-035(1995. 6. 1)		114-036(1995. 5. 12)	
	Before	After	Before	After
1	18.95	64.36	13.44	12.65
2	7.72	40.50	13.57	14.40
3	2.80	24.49	22.94	13.0
4	15.17	11.85	29.48	16.87
5	7.95	2.46	48.97	41.07
7	9.90	3.24	71.38	57.96

기 위해서 F값은 3.03이하이어야 하며, 보정 전후의 분산값은 표 4와 같다.

F분포는 X_1, X_2, \dots, X_{n_1} 과 Y_1, Y_2, \dots, Y_{n_2} 가 각각 두 정규 모집단 $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ 과 $N(\mu_2, \sigma_2^2)$ 로 부터의 서로 독립된 확률분포일 때

$$F = \frac{s_1^2/\sigma}{s_2^2/\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X})^2 / (n_1 - 1) \sigma_1^2}{\sum_{i=1}^{n_2} (Y_i - \bar{Y})^2 / (n_2 - 1) \sigma_2^2} \quad (4-6)$$

의 분포를 자유도(n_1-1, n_2-1)인 F분포라 한다.¹⁰⁾ 일반적으로 F분포는 분산분석이나, 두 모집단의 분산을 비교할 때 많이 쓰인다. 본 연구에서 사용한 3개의 sample site(300 pixels)를 대상으로 처리한 결과가 표 5와 같다.

이상의 결과들을 고찰하여 1994년 115-035의 화상에 대해 고찰하여 보면, 분산분석시 유의수준 $\alpha=0.05$, 분자의 자유도는 2, 분모의 자유도는 297이다. 이 유의수준에서의 귀무가설(null hypothesis)을 채택되기 위해서는 F값은 3.03이하이어야 귀무가설을 채택할 수 있으나, 밴드 5를 제외한 나머지 밴드에서는 모두 귀무가설을 채택할 수 없었으며, 또한 가시광선 영역에서는 오히려 보정전

표 5. Result of analysis of homogeneity test

Band	F statistic	
	115-035(1994. 6. 1)	114-036(1995. 5. 12)
1	0.25	0.14
2	1.40	0.78
3	1.19	0.61
4	1.22	0.97
5	1.23	0.99
7	1.31	0.84

의 평균제곱합이 보정후 보다 더 나은 결과를 보여준다.

F분포의 경우, 유의수준 $\alpha=0.05$, 분자와 분모의 자유도 299에서 1.14이하이어야 귀무가설이 채택될 수 있거나, 밴드 1을 제외한 나머지 밴드에서는 귀무가설을 채택할 수 없다. 이상의 결과를 바탕으로 하여 다음에서 수행될 토지이용분류에서는 가지광선 영역에서는 지형영향이 보정되지 않은 화상을 사용하며, 적외선 및 근 적외선 영역에서는 보정후의 화상을 사용하여, 최대한 지형영향이 보정된 화소값으로 토지이용분류를 수행하기로 하였다.

1995년 114-036의 화상에 대해서도, 동일한 위치의 sample sites를 대상으로 지형영향 보정 결과를 평가하였다. 따라서 분자, 분모의 자유도는 동일하며, 귀무가설을 채택하기 위해서는 F값은 3.03이하이어야 한다. 표 4에서 나타난 것과 같이 모든 밴드에서 귀무가설을 채택할 수 없다. 또한 밴드 2에서는 보정전의 화상에 대한 평균제곱합이 보정후 보다 더 나은 결과가 나오므로 다음에 수행할 토지이용분류에서는 밴드 2에 대해서는 보정전의 화상을 사용하여 분류를 수행하기로 하였다. F분포에서는 설정한 $\alpha=0.05$ 에서 모든 밴드가 1.14이하이므로 귀무가설을 채택할 수 있었다.

5. 화상간비연산에 의한 식생지수

일반적으로 Ratio에서 사용되는 연산식에는 Log 변환, Arctangent 변환, 그리고 TV(transformed vegetation index) 등이 있다. 본 연구에서는 밴드 3과 밴드 4를 이용하는 TVI밴드를 생성시켜, 피해 산림지역의 추출에 그 유효성을 증대시키고자 하였다.^{1,7)}

$$TVI = \left[\frac{\text{band4} - \text{band3}}{\text{band4} + \text{band3}} + 0.5 \right]^{1.2} \times 100 \quad (5-1)$$

6. 솔껍질깍지벌레의 피해지역의 추출

6.1 분류항목의 선정

본 연구에서는 USGS의 토지분류체계를 기본으로 하여, 지형영향이 보정된 화상, 지도, 식생도, 그리고 현지조사 결과를 바탕으로 하여 색조나 농담의 차이에 의해 육안으로 분류 가능한 항목을 선정하였다.

본 연구에 사용된 인공위성 화상데이터의 취득시기는 5월과 6월이다. 이 시기에는 남해군 전역에 걸쳐 마늘의 수확시기이므로, 지도상에 나타난 논 경작지의 대부분이 마늘 경작지로 판단되므로 분류 항목에 마늘밭을 추가로 설정하였다. 산림지역에 있어서는 남해군 산림의 대부분이 침엽수림과 혼효림으로 이루어져 있고, 또한 본 연구는 솔껍질깍지벌레의 피해지역의 추출이 주목적이므로 산림의 분류 항목에 있어서는 침엽수림과 혼효림 두 항목의 설정만으로도 충분한 것으로 판단된다. 물의 경우에 있어서는 당시 논이 일부가 모내기기를 위해서 물로 채워져 있는 부분과 간척사업후에 일부 물로 채워져 있는 부분 등을 고려하여 3개의 분류항목으로 선정하였으며, 선정된 분류항목은 표 6과 같다.

6.2 Training field의 선정

본 연구에 있어서는 1:25,000 지형도와 축척 1:50,000 식생도, 그리고 지형영향이 보정된 인공위성화상 데이터를 false, natural color로 출력하여 training field를 선정하였으며, 선정된 training field에 대해 현장답사시에 GPS를 사용하여, 설정된 training field의 유효성을 검증하는데에 활용하였다. 특히 본 연구의 주목적인 솔껍질깍지벌레의 피해림 추출에 있어서는 인공위성화상데이터를 화면상에 출력시켜 관찰한 결과, 피해림의 일반적인 특징을 명확히 구별할 수 없었으므로, 현장답사시에 인공위성 화상데이터에 그 특징이 나타

표 6. Class category of 1994, 115-035 and 1995 114-036 image data

Image data	Class name
1994	Bareland, Damaged pine, Evergreen, Forest
115-035	bareland, Garlic, Grass, Mixedwood, Paddy, Patch, Urban, Water1, Water2, Water3
1995	Bareland, Damaged pine, Evergreen, Forest
114-036	bareland, Garlic, Grass, Mixedwood, Paddy, Patch, Urban, Water1, Water2, Water3

표 7. Confusion matrix of 1994, 115-035 and 1995, 114-036 image data

CN	Bl	Dn	Eg	F_b	Gar	G1	Mx	Pa	Pt	Ut	W ₁	W ₂	W ₃	T	% A
Bl	52													52	100.0
Dn		39	3											42	92.9
Eg			274											274	100.0
F_b				24										24	100.0
Gar					130			1						131	99.2
Gr						19								19	10.0
Mx							183							183	100.0
Pa								65						65	100.0
Pt									44					44	100.0
Ub										89				89	100.0
W1											45			45	100.0
W2												68		68	100.0
W3													73	73	100.0
T	52	39	277	24	130	19	183	66	44	89	45	68	73	1109	99.4

CN	Bl	Dm	Eg	F_b	Gar	Gr	Mx	Pa	Pt	Ub	W1	W2	W3	T	% A
Bl	20													20	100.0
Dm		31												31	100.0
Eg			101											101	100.0
F_b				13										13	100.0
Gar					22				1					23	95.7
Gr						69								69	100.0
Mx							97							97	100.0
Pa								84						84	100.0
Pt								5	45					50	90.0
Ub										40				40	100.0
W1											58			58	100.0
W2											1	38		39	97.4
W3													46	46	100.0
T	20	31	101	13	22	69	97	89	46	40	59	38	46	671	98.7

(Bl: Bareland, Dm: Damaged Pine, Eg: Evergreen, F_b: Forest bareland, Gar: Garlic, Gr: Grass, Mx: Mixedwood, Pa: Paddy, Pt: Patch, Ub: Urban, W1: Water, W2: Water2, W3: Water3, CN: Class name, T: total, %A: Accuracy)

날 수 있는 지역의 좌표를 직접 GPS장비로 획득하여, 이를 바탕으로 피해림의 ground truth data로 활용하였다.

6.3 피해지역의 분류

본 연구에서는 최대우도법을 사용하여 화상분류를 행하였다. 1994년 115-035 데이터에서는 밴드6을 제외한 나머지 밴드와 TVI밴드를 포함하여 총 7개 밴드화상을 이용하여 분류를 수행하였으며, 1995년 114-036 데이터에서는 밴드 6, 5를 제외한 나머지 5개 밴드와 TVI밴드를 사용하여 분류하였다.

6.4 분류결과와 해석

분류결과와 신뢰도는 일차적으로 사용된 training

field에 대한 confusion matrix에 의해 평가될 수 있다.¹⁰⁾ 그 결과 1994년 115-035 화상데이터는 표 7에서 나타난 것처럼 99.4% 1995년 114-036 화상데이터에서는 98.7%로 나타나 training field의 선정 및 분류항목간 분리도가 양호함을 알 수 있다.

연구대상영역에 대한 토지피복분류의 최종적인 결과는 사진 5 및 사진 6과 같다. 본 연구에서는 산림은 녹색과 노랑색으로 마늘밭은 분홍색, 논은 고동색, 나지는 회색계통, 밭은 담청색, 초지는 연두색, 피해림은 빨강색으로 표현하였다.

이들 분류된 결과를 바탕으로 하여 각각의 Class별로 화소수를 추출하여 1화소의 지상면적 크기는 28.5×28.5 m로 계산한 다음 ha 단위로 환산하여 표 8로 나타

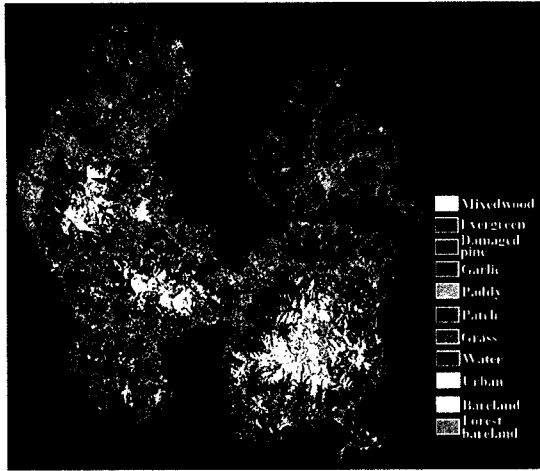


사진 5. Classification image of 1994 115-035.

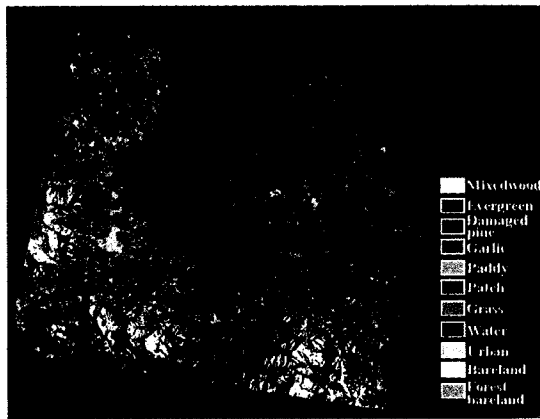


사진 6. Classification image of 1995 114-036.

내었다.

1995년 남해군 제38회 남해군 통계연보에서 1994년

표 8. Pixels count and area of land cover type of 1994, 115-035 and 1995, 114-036 image data

Class	Pixels	Area(ha)	Perent(%)	Class	Pixels	Area(ha)	Perent(%)
Bareland	895	72.7	0.29	Bareland	4533	269.2	1.03
Damaged	28622	2324.8	9.30	Damaged	9604	782.3	2.18
Evergreen	123043	994.2	39.97	Evergreen	191460	15595.0	43.50
F_bareland	2722	221.1	0.88	F_bareland	38235	3114.4	8.69
Garlic	13245	1075.8	4.30	Garlic	53071	4322.8	12.06
Grass	14279	1159.8	4.64	Grass	16864	1373.6	3.83
Mixedwood	24429	1984.2	7.94	Mixedwood	54023	4400.3	12.27
Paddy	17907	1454.2	5.82	Paddy	49840	4059.6	11.32
Patch	73836	5997.3	23.99	Patch	12030	979.9	2.73
Urban	6832	554.9	2.22	Urban	9901	806.5	2.25
Water	1996	162.1	0.65	Water	620	50.5	0.14
Total	307806	25001.4	100.00	Total	440181	35854.1	100.00

도 산림현황에 대해서 살펴보면 침엽수림 15,930 ha, 활엽수 1,293 ha, 혼효림 5,843 ha, 죽림 40 ha, 무입목지 999 ha로서 산림면적은 24,105 ha로서 남해군 전체면적의 68%에 해당된다. 본 연구에서 인공위성화상데이터를 이용하여 분류된 결과와 고찰하여 보면 산림의 면적은 23,892 ha로서 99.1%, 침엽수림은 97.9%, 혼효림은 75.3%정도의 정확도를 가지고 있는 것으로 파악된다.

7. 솔껍질깍지벌레 피해지역의 평가

솔껍질깍지벌레에 대한 피해지역의 평가에서는 1997년 남해군에서 작성한 “솔껍질깍지벌레 피해 및 방제상의 문제점과 제고방안”²⁾에 나타나 있는 현지조사 방제면적과 인공위성화상데이터를 분류하여 얻어진 피해면적을 1차적으로 비교한 결과 표 9와 같다.

1994년 115-035 화상데이터에서 나타난 면적과 대비하여 살펴보면 88.9%로 방제면적과 분류면적이 11.1% 정도의 차이가 나타난다.

1995년에는 화상데이터가 남해 전역을 포함하지는 않으나, 솔껍질깍지벌레의 가해수종이 주로 소나무이며, 특히 1994년도 화상데이터의 분류결과, 식생도, 및 1995년 남해군에서 조사한 피해지역 위치도를 살펴보

표 9. Comparson of damaged area(unit : ha)

	Damaged area	
	From field survey	From satellite image data
1994, 115-035	880	782.3
1995, 114-036	2,700	2324.8

면 삼동면, 상주면, 및 미조면은 대부분이 혼효림으로 이루어져 있으며, 또한 이 지역에서는 솔껍질깍지벌레의 피해가 거의 없는 지역으로 조사되었다.

따라서 1995년도 화상데이터에서 추출된 피해면적과 방제면적을 상호 비교하여도 무방한 것으로 판단된다. 1995년 114-036에서는 86.1%로, 방제면적과 분류면적이 13.9% 정도의 차이가 나타난다.

2차원적인 평가방법은 피해지역의 위치를 상호 비교

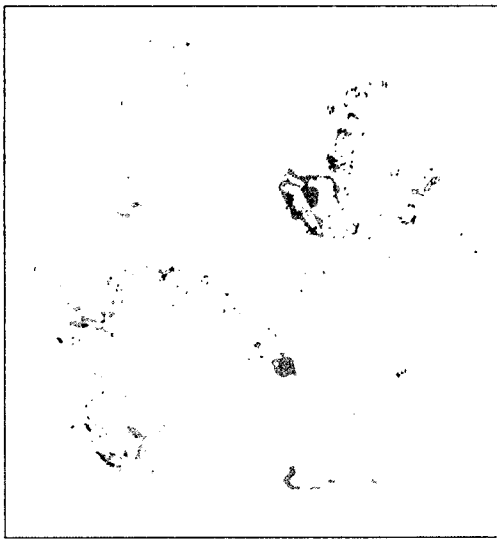


사진 7. Overlay of damaged area in 1994 115-035

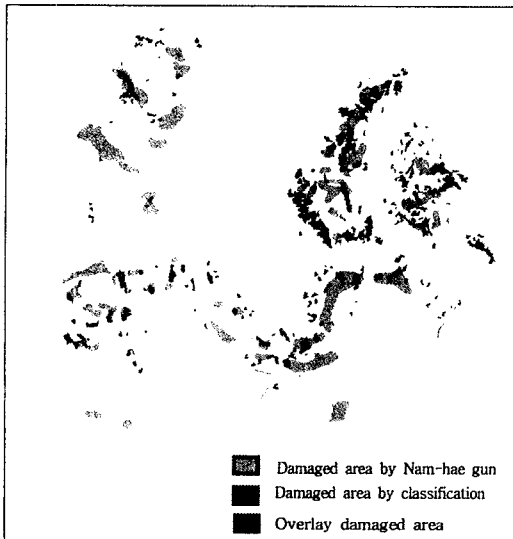


사진 8. Damaged area by classification damaged area-by Nam-hae gun.

평가하였다. 사용된 데이터는 1994년과 1995년 남해군에서 작성한 피해지역 및 방제지역의 위치도와 그리고 인공위성 화상데이터를 사용하여 분류된 피해지역의 위치를 중복시켜 보았으며 그 결과는 사진 7, 사진 8과 같다. 이 결과를 고찰하여 보면 분류된 피해지역이 실제의 피해지역보다도 더 작게 나타나는데, 아래와 같은 원인에 의한 것으로 판단된다.

첫째, 지형정보정시에 그림자의 영향을 완전히 제거하지 못한 점도 있으나 산림자체의 분광 특성에 더 많은 영향을 받은 것으로 생각된다. 즉 산림에 있어서 한 수종이 군집을 이루고 있다면 문제가 없지만 여러 수종이 함께 군집을 이루고 있으면 문제가 된다. 일반적으로 항공사진의 판독시에 소나무와 혼효림의 비율이 60:40 정도 되는 경우 혼효림으로 구분된다. 그러므로 이러한 지역의 경우 인공위성에 탑재된 센서에 의해 관측된 데이터는 두 가지 수종의 분광값의 차이가 있다면 그 차이의 평균값을 나타내게 되며, 분류시 그 혼합되어 있는 비율에 따라 가장 가까운 분류항목으로 분류될 것이다.

둘째, 솔껍질깍지벌레의 피해를 입은 소나무의 주 피해 양상이 소나무 가지 하위부에서부터 갈변하기 시작하여 점차 상층부로 그 피해가 진행되는 것이 특징이다. 본 연구에서 사용된 인공위성데이터는 1994년과 1995년 5월과 6월경이므로 이때에 피해가 소나무의 상층부까지 진행된 부분만을 관측되었기 때문이라 생각된다.

셋째, 남해군에서 작성한 피해지역 및 방제지역은 피해확산의 방지가 주목적이므로 방제시에 대단위 지역을 방제하므로 방제지역이 인공위성 화상데이터에 그 특징이 나타나는 산림을 대상으로는 하지 않는다.

표 10. Overlay damaged area by slope

Slope (Degree)	1994 115-035		1995 114-036	
	Pixels	Percent	Pixels	Percent
1~6	66	10.0	193	3.8
7~10	145	22.0	437	8.5
11~14	245	37.1	660	12.9
15~18	139	21.1	959	18.7
16~22	47	7.1	1184	23.1
23~26	10	1.4	928	18.1
27~30	7	1.1	522	10.2
31~34	1	0.2	178	3.5
34~			62	1.2
Total	660	100.0	5123	100.0

표 11. Overlay damaged area by aspect

Aspect (Degree)	1994 115-035		1995 114-036	
	Pixels	Percent	Pixels	Percent
0~ 45	4	0.6	404	7.9
46~ 90	29	4.4	89	1.7
91~135	44	6.7	71	1.4
136~180	58	8.8	81	1.6
181~225	178	27.0	478	9.3
226~270	212	32.1	1485	25.1
271~315	59	8.9	1712	33.4
316~360	76	11.5	1003	19.6
Total	660	100.0	5123	100.0

표 12. Overlay damaged area by elevation

Elevation (m)	1994 115-035		1995 114-036	
	Pixels	Percent	Pixels	Percent
0~ 90	2	0.3	635	12.4
91~125	118	17.9	1229	24.0
126~160	140	21.2	1135	22.2
161~195	199	30.1	793	15.5
196~230	159	24.1	584	11.4
231~265	34	5.2	309	6.0
266~300	8	1.2	202	3.9
301~325			114	2.2
336~			122	2.4
Total	660	100.0	5123	100.0

따라서 본 연구에서는 두 데이터를 중복시켜 중복된 부분만을 대상으로 하여 피해지역의 특성을 파악하는 것이 타당하다고 생각된다.

7.1 피해지역의 분석 및 피해확산방향

인공위성 화상데이터의 분류결과와 남해군에서 작성한 피해지역을 중복시킨 결과 1994년 데이터에서는 660 pixels, 1995년 데이터에서는 5123 pixels을 추출하였다. 이 데이터를 사용하여 경사, 사면방위, 및 표고를 분석한 결과는 표 10, 표 11 및 표 12와 같다.

1994년 데이터에서는 표고 126 m~230 m, 경사도 7°~18°, 사면방위 남서사면을 중심으로 피해가 진행되어 1995년 데이터에서는 표고 80 m~430 m, 경사도 약 58°, 사면방위에 있어서는 남서쪽사면은 물론 북쪽사면에 걸쳐 그 피해가 진행됨을 알 수 있다.

피해지역의 위치에 있어서는 1994년도에는 남면(평산리, 선구리), 남해읍, 창선면(신흥, 오룡리), 1995년도에 있어서는 창선면, 설천면(차면리), 이동면, 삼동면(지족리)에 걸쳐 피해가 진행되었다. 특히 1994년 설천면과 이동면, 삼동면에는 거의 피해가 없었으나, 1995년 새로운 피해지역으로 나타났다. 삼동면 일대(지족면 제외)와 상주면, 미조면에서는 거의 피해가 발생되지 않으며, 또한 1994년에 발생한 피해지역도 거의

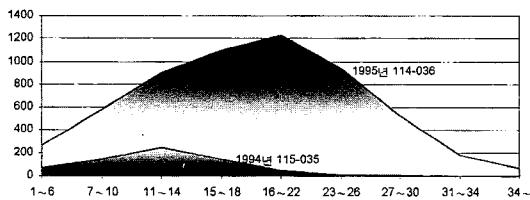


그림 4. Overlay damaged area by slope

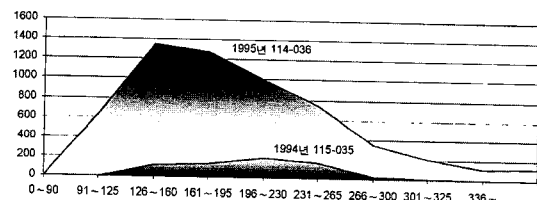


그림 6. Overlay damaged area by elevation

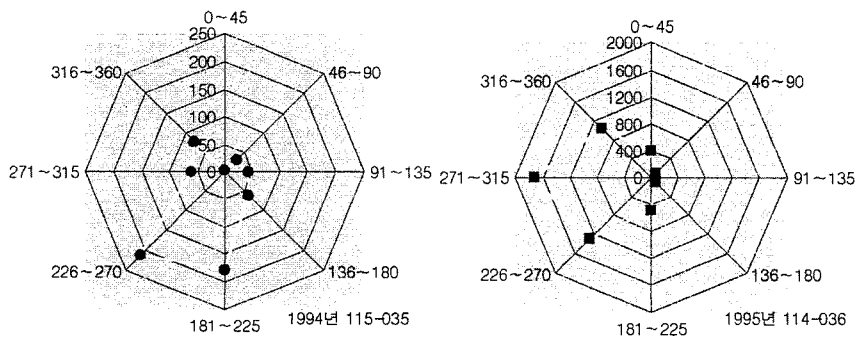


그림 5. Overlay damaged area by aspect

회복된 것으로 나타났다. 이는 남해군의 방제결과이기도 하지만, 분류결과와 식생도를 살펴보면 산림의 대부분이 혼효림으로 이루어져 있으며, 또한 솔껍질깍지벌레의 주요한 이동경로는 바람에 의해서 그 피해가 주로 확산되는데 이 지역에 있어서는 혼효림이 병풍역할을 하여 솔껍질깍지벌레의 피해확산을 막은 것으로 생각된다.

8. 결 론

1994년 5월과 1995년 6월에 관측된 Landsat TM 데이터를 이용하여 최근 남해안 전지역에 걸쳐 그 피해가 확산되고 있는 솔껍질깍지벌레의 피해지역의 추출에 있어서, 경상남도 남해군 일대를 대상으로 수치표고모델을 이용하여 지형영향에 대한 화소값의 보정을 행한 후, 최대우도법으로 화상분류를 하였다.

분류된 피해지역 화상과 1994년과 1995년의 남해군 실측조사자료와 중복, 분석하였다. 이상과 같은 본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 인공위성 화상데이터를 이용한 수치화상처리기법의 적용을 통하여 피해지역을 단시일에 추출할 수 있었으며, 그 구체적인 처리기법을 제시할 수 있었다.

2. BRCT(Backwards radiance correction transformation) 모델을 사용하여, 산림지역의 피해지역 추출시 문제가 되어 왔던 지형영향에 대한 화상보정을 행할 수 있었다.

3. 분류된 피해지역의 화상데이터를 분석한 결과, 피해 발생 초기에는 주로 남서사면, 경사도 7°~18°, 산지 최고 표고의 50~70%의 위치에서 발생하여 그 피해가 바람방향(북동방향)으로 확대되는 양상을 보였다.

4. 수치표고화상을 이용한 지형영향의 보정처리를 행

하여 피해지역 추출의 유효성을 높일 수 있었으며, 경년변화 화상을 작성, 분석하여 개략적인 솔껍질깍지벌레 피해진행방향을 예측할 수 있었다.

참고문헌

1. 김용일, "인공위성 원격탐사 데이터의 분석 정확도 향상에 관한 연구", 서울대학교 박사학위논문, 1991, pp. 62-94.
2. 남해군, "솔껍질깍지벌레 피해 및 방제상의 문제점과 제고방안", 남해군, 1997.
3. 박병욱, "수치위성자료를 이용한 광역의 토지피복분류 기법", 한국측지학회지, 제14권, 제1호, 1996 pp. 39-47.
4. 안기원, "인공위성 화상데이터를 이용한 지형표고의 추출", 서울대학교 박사학위논문, 1988, pp. 8-35.
5. Benson, A.S. and DeGloria S.D., "Interpretation of Landsat-4 Thematic Mapper and Multispectral Scanner Data for Forest Surveys", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 51, No. 9, 1995, pp. 1281-1289.
6. Coldy, J.W. "Topographic Normalization in Rugged Terrain", PE & RS, Vol. 57, No. 5, 1991, pp. 531-537.
7. Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., "Remote Sensing and Image Interpretation", Jhon Wiley & Sons, 1994, pp. 169-178, 567-579.
8. Muchoney, D.M. and haack, B.N., "Change Detection for Monitoring Forest Defoliation", PE & RS, Vol. 60, No. 10, 1994, pp. 1234-1251.
9. Stohr, C.J. and West, T.R., "Terrain and Look Angle Effects Upon Multispectral Scanner Response", PE & RS, Vol. 51, No. 2, 1985, pp. 229-235.
10. Wilfrid, J.D. and Frank J. Massey, Jr., "Introduction to Statistical analysis", McGRAW-HILL book company, 1969, pp. 150-162.