

위성영상과 GIS를 이용한 소나무재선충 피해지역 추출 기법

조명희¹·김준범²·오정수²·박성중¹·권산¹

¹ 경일대학교 공과대학 도시정보지적공학과

² 임업연구원

Extraction Method of Damaged Area by *Bursaphelenchus Xylophilus* using Satellite Image and GIS

Myung-Hee Jo¹, Joon-Bum Kim², Jeong-Soo Oh², Sung-Joong Park¹, San Kwon¹

¹ Dep. of Urban Information & Cadastral Engineering, Kyungil University
Tel)+ 82-53-850-7312, Fax)+ 82-53-854-1272, mhjo@bear.kyungil.ac.kr,

² Forest Research Institute, Seoul, Korea
Tel)+ 82-2-961-2540, Fax)+ 82-2-961-2543

요 약

본 연구에서는 해상도가 상이한 시기별 위성영상과 GIS를 이용하여 경남 통영시 한산면 추봉도 지역의 소나무재선충(*Bursaphelenchus Xylophilus*) 피해지역을 탐지하고 다양한 영상처리를 통하여 이를 효율적으로 추출 할 수 있는 기법을 선정하였다. 연구결과 피해지역의 공간적 범위를 추출하기 위해서는 감독분류의 MHC(Mahalanobis Distance Classification)가 유용하였고 별채 후의 토지피복 분류로 인한 피해지역 추출을 위해서는 MLC(Maximum Likelihood Classification)가 최적인 기법으로 나타났다. 아울러 이에 관련된 GIS DB를 구축하여 공간정보를 추출함으로써 피해지역의 공간적 분포특성을 규명하였는데 고도 약 120-160m, 경사 21°-40° 그리고 서쪽 방향 사면에서 소나무재선충이 가장 활발하게 활동하였음이 밝혀졌다.

1. 서론

소나무는 우리나라의 대표적인 수종으로 1960년대 전국 산림면적의 50%이상을 차지하고 있었으나 최근 산림생태계의 변화, 각종 병해충의 만연으로 소나무 숲의 면적이 30%내로 점차 감소되고 있다.

특히 병해충의 피해는 매우 심각한 실정으로 현재 부산지역을 중심으로 경남 함안, 진주, 통영등으로 확산되고 있는 소나무재선충은 발생 구역면적이 약 2,000ha에 달하고 있으며 소나무재선충이 침입한 나무는 100% 고사되기 때문에 특별한 주의가 필요하다. 그러나 피해지역의 파악과 피해

확산방향의 예측에 어려움이 수반되기 때문에 일부 방제는 하고 있으나 충분한 효과를 거두지 못하여 피해면적이 계속 확산되고 있는 현실이다.

따라서 소나무재선충의 피해상황을 조속한 시간 내에 주기적으로 파악하고 이를 기초로 피해확산 양상을 빠른 시기에 예측하여 시기 적절한 방제 전략을 수립하기 위해서는 공간분포 특성조사에 효율적인 GIS와 위성영상과 같은 공간정보기술의 도입이 절실하다.

최근 위성영상자료는 광역성, 신속성, 동시성 및 경제성이라는 막대한 장점을 갖고 있으므로 원격탐사에 대한 필요성과 관심이 전문가들 뿐만 아니라 일반인들 사이에서도 크게 높아지고 있다.

또한 위성영상자료와 GIS를 이용한 다양한 분석 기법의 활용 가능성이 산림 병해충 분야에서도 입증되어 이 분야에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 서두천(1998)은 경남 남해군 일대의 침엽수림을 대상으로 Landsat TM 영상을 이용하여 감독분류기법으로 솔껍질각지벌레 피해지역을 추출하였고 오동하(1998)는 Landsat TM 영상과 수치지도자료를 이용하여 밴드간 비연산, cosine 보정 및 Minnaert보정을 통해 강원도 홍천지역을 대상으로 솔잎혹파리 피해지역 분류 및 공간적 변화를 분석하였으며, 양경락(1999)은 Landsat TM 영상을 이용하여 Ratio와 Spatial Filtering 기법으로 경북 영양군의 솔잎혹파리 피해지역을 추출한 바 있다.

국외 연구로는 Itten, K. I와 P. Meyer(1993)가 산림지역을 Landsat TM Data로 기하·방사 보정을 하였고 Wolter, P. T., D. J. Mladenoff, G. E. Host, Host와 T. R. Crow(1995)는 시기별 Landsat 영상을 이용하여 미국 북부 호수 지역의 산림 분류 정확도를 향상시킨 바 있으며 Hoffer, R. M. et al(1995)는 산림 병충해 피해지역을

평가하기 위하여 GIS·GPS·원격탐사를 통합하고 Ekstrand, S(1996)는 Landsat TM 자료와 지형보정을 통하여 산림위험지역을 추출하였다.

본 연구에서는 경남 통영시 한산면 추봉도 지역을 대상으로 시기별 Landsat TM 영상과 GIS를 이용한 소나무재선충 피해지역에 대한 영상처리 기법을 통하여 가장 효율적인 피해지역 추출 기법을 선정하고 이를 기초로 GIS를 이용한 소나무재선충 피해지역의 공간적 분포 특성을 규명하였다.

2. 재료 및 방법

추봉도 지역에 있어서 소나무재선충의 피해는 1998년 봄부터 발생하여 1998년 가을에는 매우 극심한 양상을 나타내었으며 1999년 봄부터는 피해지역의 고사목을 벌채하게 되었다. 따라서 본 연구에서는 산림 병해충의 피해지역을 효과적으로 추출하고 그 공간적 분포 특성을 보다 정확하게 규명하고자 소나무재선충 피해가 극심하였던 1998년 가을영상(1998.11.12)을 중심으로 피해 이전 시기의 영상(1997.10.8)과 피해 이후의 영상(1999.2월,5월)을 이용하여 분석을 수행하였다. 아울러 위성영상은 다중 채널의 넓은 파장대역에서 적외선 탐지역을 지니고 있으며 식생분류 및 분광특성을 효과적으로 반영하는 Landsat TM영상을 활용하였다. 또한 1/2,5000 임상도(거제, 매물)와 1/5,000 수치지도 자료 및 현지조사 통계자료를 이용하였다.

본 연구의 대상 지역은 Fig. 1과 같이 한려해상국립공원 내에 위치하고 있는 추봉도로서 총면적은 약 4km²이며 연구 수행과정은 Fig. 2와 같다.

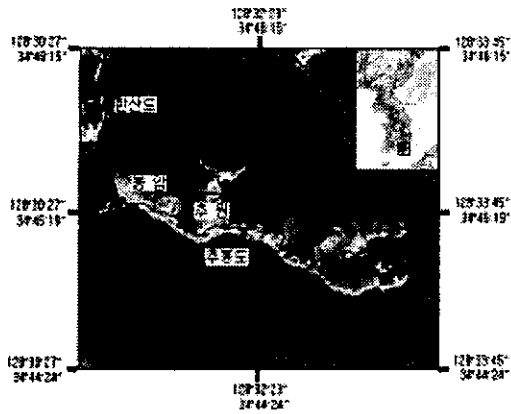


Fig. 1 The study area

추봉도지역을 포함하는 1:5000 수치지도와 임상도는 Arc/Info GIS Tool을 이용하여 연구대상지역의 각 Layer별 주제도를 작성하여 DB화하였다.

Landsat TM 영상은 수치지도에서 GCP(Ground Control Point)를 추출하여 Unix ERDAS Imagine 8.3으로 기하보정(Geometric Correction)을 실시하였으며 다양한 영상분석을 수행하여 피해지역을 추출하였다. 영상별 처리기법 내용은 Table 1 과 같다.

Table 1 Processing method per image(Landsat TM)

Image	1997.10.8	1998.11.12	1999.5.7
Processing method	<ul style="list-style-type: none"> •Principal Component Analysis •NDVI •Tasseled-Cap •ISODATA •MLC 	<ul style="list-style-type: none"> •Principal Component Analysis •NDVI •Tasseled-Cap •ISODATA •MLC •MHC •MDC 	<ul style="list-style-type: none"> •Principal Component Analysis •NDVI •Tasseled-Cap •ISODATA •MLC

다중 시기별 위성영상을 대상으로 상기의 기법들을 적용하여 병충해 피해지역, 소나무림, 침활혼효림, 경작지, 나지, 수계의 6개 클래스로 분류하였다.

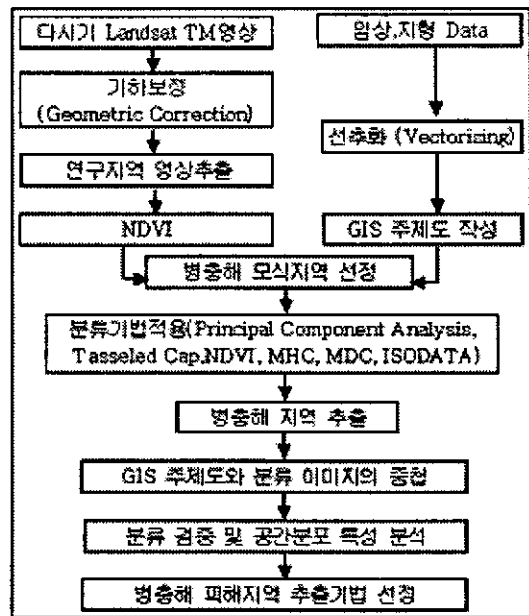


Fig. 2 The study flow

3. 위성원격탐사와 GIS를 이용한 소나무재선충 피해지역 추출

3.1 소나무재선충의 공간 생태학적 특성

소나무재선충은 병원성이 매우 강하여 피해가 발생한 임지를 방치하면 5~6년 내에 임내에 있는 전 소나무를 고사시킬 뿐 만 아니라 새로운 지역으로 침입하면 그 피해가 극심하여 현재까지 발생하였던 어느 병해충 피해에서도 볼 수 없던 가공할 위력을 지니고 있는 병해충이다.

우리나라에서는 1988년 부산광역시 동래구 온천동 금정산 소나무림에서 최초 발견된 후 피해가 확대되어 전남 구례 화엄사, 경남 함안군, 진주시, 통영시 한산면 추봉도로 확산하였다.

외국의 경우 일본에서는 1905년에 처음 발생하여 현재에는 전 일본 소나무림 대부분을 고사시켰으며 중국은 1982년에 발생하여 현재 피해림이 약 400만ha로 확산되었고 대만은 1985년 발생이 확인된 후 현재는 유구송이 전멸위기에 놓여있는 실정

이다. 그러나 아직까지도 대면적 산림에서의 적절한 방제방법이 개발되지 않아 일본, 중국, 대만에서는 거의 피해를 방치하고 있는 현실이다.

소나무재선충에 감염된 소나무류는 급속히 시들며 감염 당년에 80%, 이듬해 봄까지는 거의 100%가 고사한다. 소나무의 이상은 수지유출의 감소 및 정지, 수체함수율의 감소로 목질부의 건조, 침엽이 황색~갈색으로 변하며 말라 죽는 경과를 거친다. 소나무재선충은 스스로 이동능력은 없으며 매개곤충인 솔수염하늘소에 의하여 전파된다. 감염목내의 재선충은 하늘소의 성충이 우화탈출할 때 체내에 침입하여 매개충과 함께 탈출하며 하늘소가 소나무류의 신초를 섭식할 때 나무속으로 침입한다. 매개충 한 마리가 최대 27만마리의 재선충을 지니며, 나무속에서 급속히 증식되어 나무를 말라죽인다. 한쌍의 재선충은 5일이면 1세대를 경과하며 1개월에 20만마리로 증식된다.

본 연구 지역인 추봉도의 소나무재선충 피해는 좌측섬에 해당하는 추원 마을 뒷산 부근을 중심으로 확산되었으며 현지 통계 자료에 의하면 피해 소나무는 1999년도에 약 16,000여 본을 벌채 소각하였고 그 면적은 약 30ha에 이른다(경상남도 자료참조).

3.2 시기별 위성영상을 이용한 피해지역 추출

Fig.3에서 볼 수 있는 바와 같이 소나무재선충의 피해가 없는 시기(1997.10.8)의 영상을 무감독 분류로 처리한 결과 추봉도 전지역이 소나무림과 침활혼효림으로만 구성되어 있음을 알 수 있으며 이를 검증하기 위하여 NDVI영상과 감독분류(Supervised Classification, MLC)를 실시하여 분석하였다.

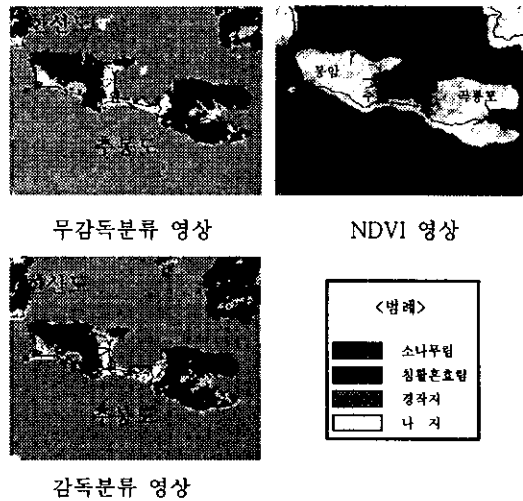


Fig. 3 피해 발생 이전(Landsat TM, 1997.10.8)의 영상분석

추봉도에 있어서 소나무재선충 피해지역을 추출하기 위해서는 피해가 극심한 시기였던 1998년 11월 12일 영상을 이용 MLC(Maximum Likelihood Classification), MHC(Mahalanobis Distance Classification), MDC(Minimum Distance Classification)와 같은 Supervised Classification을 실시하였고 Tasseled Cap과 NDVI 처리를 선행하였다.

수행된 여러가지 영상기법 중에서 피해지역이 가장 효율적으로 분류된 기법은 Fig. 6에서 볼 수 있는 바와 같이 MHC(Mahalanobis Distance Classification)기법으로 나타났다.

이 결과는 현지조사 과정을 통하여 검증을 하였으며 피해분포 자료를 보다 정확하게 검증하기 위하여 피해지역에 벌채가 이루어진 후인 1999년 5월 7일 영상을 Supervised Classification 의 MLC(Maximum Likelihood Classification)기법으로 처리하였다(Fig.7).

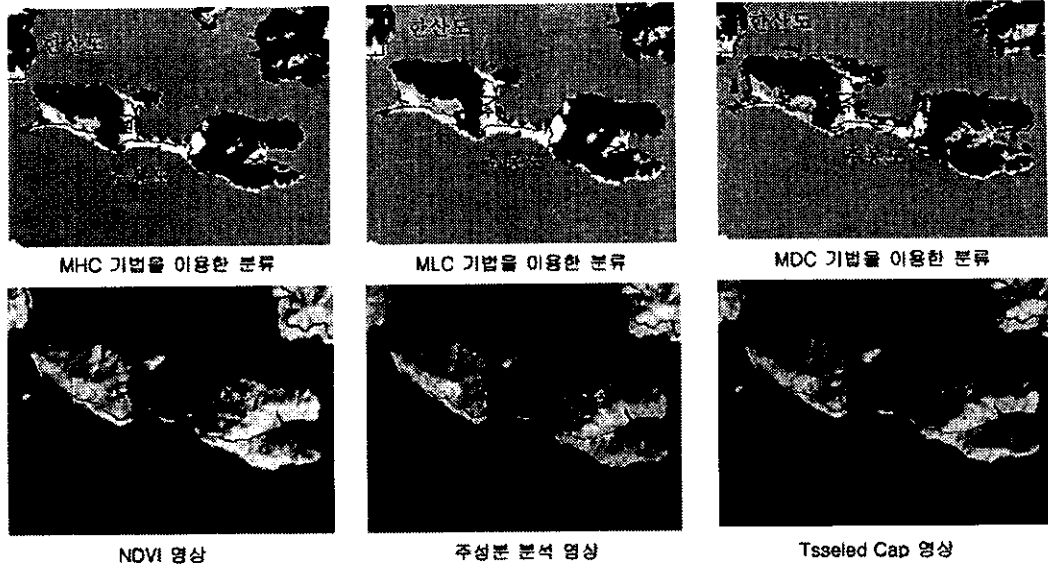


Fig.4 다양한 영상처리기법을 이용한 피해지역 추출(Landsat TM, 1998.11.12)



Fig.5 소나무재선충 피해 이전 영상 (1997.10.8/ MLC 분석)

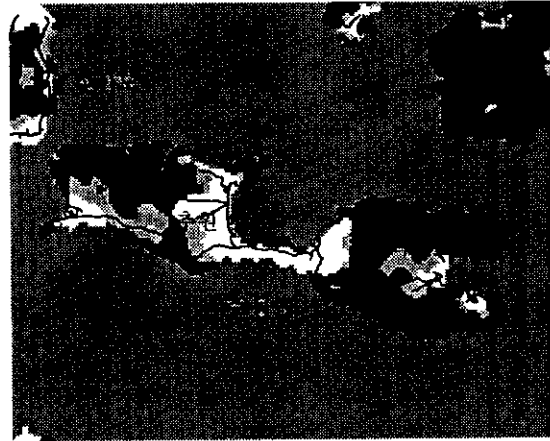


Fig.7 소나무재선충 피해지역 벌채후의 영상 (1999.5.7/ MLC 분석)

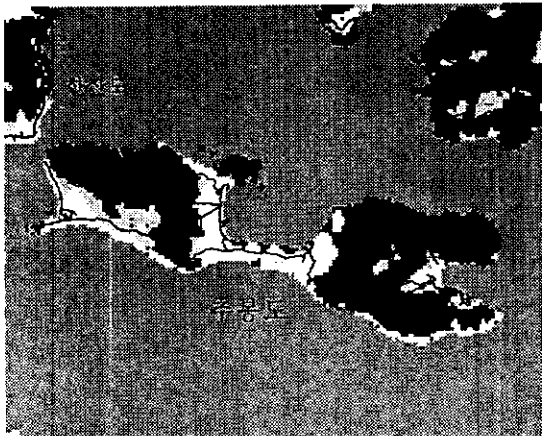


Fig.6 소나무재선충 피해 시기의 영상 (1998.11.12/ MHC 분석)

〈범례〉	
	병충해
	소나무림
	침활혼효림
	경작지
	나 지

3.3 GIS를 이용한 피해지역의 공간적 분포 특성

다양한 영상분류 기법을 사용하여 추출된 소나무재선충 피해지역을 GIS 주제도와의 중첩(Fig. 8)으로 공간적 분포특성을 규명할 수 있으며 1999년 실시된 벌채 후의 피해지역 공간적 분포특성은 Table 2에서 보는 바와 같이 고도 120m~160m, 사면 방향이 서쪽이며 경사 21°~40°일 때 왕성하게 활동한다는 것을 보여주고 있다.

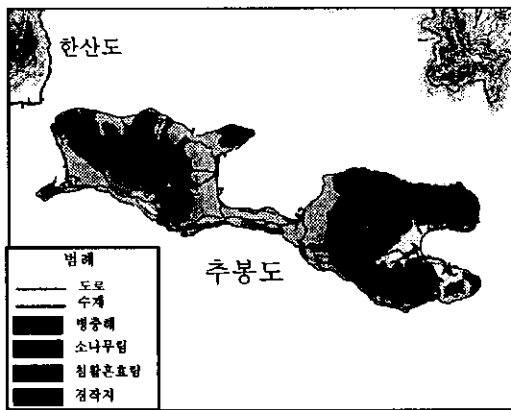


Fig. 8 피해지역의 GIS주제도 중첩도면

Table 2 피해지역의 공간적 분포특성(99년)

임상분류	면적(km ²)	고도(m)	단위(%)
소나무	0.38	0-30	1.96
침활혼효림	0.04	30-80	15.68
공간거리	단위(m)	80-120	25.49
도로	30.46	120-160	37.26
취락	185.22	160-190	19.61
사면방향	단위(%)	경사도(°)	단위(%)
northeast	1.96	10-20	1.96
northwest	1.96	21-30	35.30
southwest	1.96	31-40	58.82
west	94.12	41-50	3.92

4. 결과 및 고찰

소나무재선충 피해지역의 추출을 위해서는 전반적으로 MLC 분류기법이 가장 효과적인 것으로 나타났으나 피해가 극심한 1998년 11월 12일 영상에서는 MHC 기법으로 분류하는 것이 가장 효과적이었다.

이는 분류항목의 내부에 이질성이 존재함을 의미하며 면적, 조밀도 등이 서로 다르기 때문일 것으로 판단된다.

시기별 위성영상을 이용한 추봉도 지역의 소나무재선충 피해지역 추출 시 위성영상의 다양한 분류기법을 종합적으로 적용함으로써 가장 효율적인 추출기법을 도출해낼 수 있었고 GIS와의 중첩으로 여러가지 공간적 분포특성을 규명할 수 있었다.

이는 피해지역의 추출 뿐 아니라 소나무재선충의 생태적 습성까지 파악할 수 있어 방제 전략수립에 직·간접적으로 적극 활용될 수 있을 것으로 기대되며 이를 위하여는 향후 보다 정확한 피해지역 추출을 위한 분포특성 및 분류정확도 평가에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

5. 결론

최근 지구환경에 관한 정보를 가장 효율적으로 분석할 수 있는 공간정보 기술인 위성영상과 GIS를 이용하여 산림 피해를 극심하게 초래하고 있는 소나무재선충 피해지역을 대상으로 그 공간면적과 분포특성을 추출하고 규명하였다.

연구결과 시기별 Landsat TM 영상을 이용한 소나무재선충 피해지역 추출을 위해서는 감독분류의 다양한 영상처리 기법중에서도 MHC기법이, 식생이 존재하지 않는 벌채 후의 토지 피복 분류에는 MLC기법이 효과적인 것으로 나타났다.

아울러 피해지역 분포도와 GIS DB 주제도면을 중첩하여 피해지역의 공간적 분포특성

을 규명함으로써 산림 병해충 방제를 위한 효율적인 정보를 제공할 수 있게 되었다.

또한 피해지역에 대한 종합적인 분석과 수치 주제도 상에서의 정확한 정량적 자료를 추출 가능하게 됨으로써 산림 병해충 관리를 위한 기반 조성과 DB 구축의 기초를 확립할 수 있을 뿐 만 아니라 관리 방법의 정보화를 가능하게 하였다.

향후 보다 정밀한 공간영상 자료와 다양한 현지 자료를 이용하여 산림 병해충 피해지역에 대한 심층적인 연구가 이루어진다면 더욱 정확하고 종합적인 분석이 가능하리라 사료된다.

참고문헌

- 김영섭 외, 1998, 원격탐사개론, 동화기술, 373p.
- 김용일, 1991, 인공위성 원격탐사 데이터의 분석 정확도 향상에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문
- 김준범 외, 1990, 고사목에서 분리된 선충과 곤충의 종류 및 솔수염하늘소 부위별 소나무재선충 밀도 조사, 한국응용곤충학회지 29(1): 14-19.
- 김준범 외, 2000, 산림병해충 생태와 방제, 임업연구원, 51p.
- 김철민, 1991, Landsat TM 데이터와 수치 지형모델을 이용한 산림분석 해석에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문.
- 이승호, 1992, LANDSAT 화상자료를 이용한 산림식피변화에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문, 104p.
- 서두천, 1998, 인공위성 화상데이터를 이용한 솔껍질깍지벌레 피해지역의 추출기법에 관한 연구, 경상대학교 석사학위논문, 65p.
- 조명희, 1990, Landsat TM 영상을 이용한 토지피복분류 -낙동강 하구지역을 사례로-, 경북대학교 박사학위논문, 122p.
- 조명희 외, 2000, 다시기 위성영상과 GIS를 이용한 과수재배분포도 작성기법, 한국지리정보학회발표집, pp.89-96.
- 양정락, 1989, LANDSAT TM DATA를 이용한 솔잎혹파리 피해지역추출에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문, 51p.
- 오동하, 1998, 위성영상자료와 수치지도자료를 이용한 솔잎혹파리 피해지역분류 및 공간적 변화분석, 서울대학교 박사학위논문, 10p.
- Andrew.S. Benson et al, 1985, Integration of Landsat-4 Thematic Mapper and Multispectral Scanner Data for Forest Surveys, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 51(2): 1281-1289.
- Hoffer, R. M., D. S. Linden and J. L. Paschke, 1995, Integrating of GIS, GPS and Remote Sensing for Inexpensive Assessment of Forest Insect Damage, 1995 ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition Technical Papers, Charlotte, NC. Vol. 3, pp.571-578.
- John R. Jensen, 1996, Introductory Digital Image Processing : *A Remote Sensing Perspective*, 318p.
- Myung-Hee Jo et al, 2000, The Development of Forest Fire Forecasting System using Internet GIS and Satellite Remote Sensing, *Proceeding of ACRS 2000*. Vol. 2, pp.1161-1166
- Sabins F.F., 1987, *Remote Sensing: Principles and Interpretation*, W.H. Freeman and Company, San Francisco, pp.258-263.
- Toll, D. L., 1985, Effect of Landsat Thematic Mapper Sensor Parameters on Land cover Classification, *Remote Sensing of Environment*, 17: 129-140.

- Vogelmann, J. E. and B. N. Rock, 1998, Assessing Forest Damage in High-Elevation Coniferous Forests in Vermont and New Hampshire Using Thematic Mapper Data, *Remote Sensing of Environment*, 24: 227-246.
- White, J. D., G. C. Kroh, and J.E. pinder III, 1995, Forest Mapping at Lassen Volcanic National Park, California, Using Landsat TM Data and a Geographical Information System, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 61(3): 299-305.