

# GIS와 GPS를 이용한 소나무재선충병 피해지 항공정밀예찰 기법 개발

김준범<sup>1\*</sup> · 김동윤<sup>1</sup> · 박남창<sup>1</sup>

## Development of an Aerial Precision Forecasting Techniques for the Pine Wilt Disease Damaged Area Based on GIS and GPS

Joon-Bum KIM<sup>1\*</sup> · Dong-Yun KIM<sup>1</sup> · Nam-Chang PARK<sup>1</sup>

### 요 약

소나무재선충병 피해의 공간적 분포 특성은 고사목 단독 중심의 점상 발생을 보이기 때문에 신속한 피해지 파악과 정확한 확산예측에 어려움이 있다. 따라서 피해발생 조기에 예측 및 분석, 감시·감독이 매우 중요하다. 그러나 기존의 예찰방법인 도로나 민가 주변 중심의 지상 육안예찰은 누락된 지역이 많고 고산지역, 급경사, 절벽등의 위험지역 예찰이 불가능하기 때문에 본 연구에서는 이러한 단점들을 보완하기 위하여 체계적이고 과학적인 GIS, GPS와 헬기를 이용한 항공정밀예찰 기법을 개발하였으며, 2005년 전국 32개 시·군(약 28,810km<sup>2</sup>) 피해지역의 349지점 972본의 고사목 위치좌표를 취득하여 소나무재선충병 방제에 활용하였다. 따라서 항공정밀예찰기법 개발은 소나무재선충병 발생 우려지역에 대한 고사목 색출 및 고사원인 규명, 매개충 산란처 제거 등의 효과를 얻을 수 있을 것이다.

주요어 : 소나무재선충병, GIS, GPS, 항공정밀예찰

### ABSTRACT

The spatial distribution characteristics of damaged trees by the pine wilt disease appear scattered spots spreading from single dead trees. That is the reason why it is difficult to early detect damage and to prevent from extensive damage. Thus, it is very important to forecast and analyze the damage occurrences, to establish strategies for prevention, and to supervise them. However, conventional survey which observes around roads or residential areas by naked eyes was impossible to investigate completely, missing target areas and dangerous areas. Therefore, aerial forecasting techniques on the damaged area were developed using GIS, GPS,

2009년 11월 26일 접수 Received on November 26, 2009 / 2010년 1월 29일 수정 Revised on January 29, 2010 / 2010년 3월 18일 심사완료 Accepted on March 18, 2010

<sup>1</sup> 국립산림과학원 남부산림연구소 Southern Forest Research Center, Korea Forest Research Institute

\* 연락처 E-mail : JBKIM99@forest.go.kr

and helicopters for an accurate observation of systematic and scientific approach in this study. Moreover, advantages of the techniques application were confirmed to survey 972 dead tree samples at 349 position-coordinates in 32 cities (about 28, 810 km<sup>2</sup>), 2005. This study is expected to apply widely to find dead trees and the causes, particularly by pine wilt disease.

**KEYWORDS** : Pine Wilt Disease, GIS, GPS, Aerial Precision Forecasting

## 서 론

소나무재선충병(Pine Wilt Disease)은 크기가 1mm 미만의 실처럼 생긴 선충(nematode)이 소나무의 수분과 영양 이동통로인 가도관을 막아 소나무를 말라 죽게 만드는 병이다(산림청, 1991). 1988년 부산 금정산 지역을 중심으로 최초로 발생하여 피해지역이 부산, 경남, 울산, 경북, 전남, 제주, 대구, 강원 등의 전국 57개(국립산림과학원, 2009) 시·군·구지역으로 급속히 확산되고 있으며, 발생구역 면적 또한 약 6,000ha(2009년)로서 2000년 이후 증가 추세에 있다. 소나무재선충(*Bursaphelenchus xylophilus*)은 스스로는 이동할 수 없고 반드시 매개충인 솔수염하늘소(*Monochamus alternatus*), 북방수염하늘소(*Monochamus saltuarius*)가 성충으로 우화 탈출하면서 건전목의 신초를 후식할 때와 산란할 때 발생하는 수피의 상처 부위를 통해서 선충은 이동하게 된다. 소나무류는 재선충에 한번 감염되면 대부분 3개월 이내에 완전 고사하며, 매개충은 이들 고사목에 서식하면서 공생관계를 유지한다.

우리나라의 피해확산은 주로 전혀 예측이 불가능한 지역에 돌발적으로 발생하는 경향으로 차량 등의 이동수단을 통한 피해목 무단이동의 인위적 확산이 대부분이며, 또한 피해지역의 공간적 분포 특성도 발생초기에는 고사목 단목의 점상 발생을 보이기 때문에 신속한 피해지 파악과 정확한 확산예측에 어려움이 있다. 따라서, 소나무재선충병의 피해발생 조기예찰 및 분석, 방제전략 수립 및 감시·감독이 매우 중요하다(김준범 등, 2002). 그러나 기존의 예찰방법인 도로 주변이나 민가 위주의 지상 육안예찰

은 많은 인력과 시간이 소요될 뿐만 아니라, 누락된 지역이 발생하게 되고 고산지역, 사각지역, 급경사, 절벽 등의 위험지역 예찰이 불가능하다. 또한, 기존 항공예찰 방법은 조종사의 임의 따라 비행경로 지정과 고사목 위치의 부적확성 등의 문제점이 발생하게 되었다(조명희 등, 2002). 이러한 단점들을 적극 보완하기 위해 본 연구에서는 항공예찰 대상지역을 가로 1km x 세로 1km 간격으로 격자(Grid)지도를 구축하여 GPS와 연동함으로써 예찰지역의 정확한 비행경로 탐색이 가능하며 체계적이고 과학적인 항공정밀예찰 기법을 개발하였다.

국내에서도 공간정보기술을 이용한 다양한 분석기법의 활용 가능성이 산림 병해충 분야에서도 입증되어 이 분야에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 조명희 등(2001; 2003)은 소나무재선충병 피해지역의 선단지를 효율적으로 조기 추출하기 위하여 고해상도 IKONOS 영상을 활용한 NDVI 및 히스토그램 분석을 통해 소나무재선충병 피해지역을 추출하였고, 동시에 GPS를 이용하여 직접 피해지역의 고사목 좌표를 취득, IKONOS 영상자료와 비교 분석하였다. 김준범 등(2001; 2002; 2003)은 Landsat TM영상을 이용하여 추봉도 지역의 소나무재선충 대단위 피해지역추출 및 기상인자와의 시·공간적 상관분석을 수행하였으며 GIS를 이용한 소나무재선충병 수치피해도 구축에 관한 연구가 이루어졌다. 한편 Hoffer *et. al.*(1995)은 산림병해충 피해지역을 평가하기 위하여 GIS·GPS 원격탐사를 통합하였고 Ekstrand(1996)은 Landsat TM자료와 지형보정을 통하여 산림훼손지역을 추출한 바 있다.

## 자료 및 방법

### 1. 연구대상 지역

2005년 8~9월의 4주간에 걸쳐 우리나라 백두대간과 가장 인접한 소나무재선충병 피해 선단지인 경북 안동지역을 중심으로 경북 11개 시·군(의성군, 군위군, 문경시, 상주시, 예천군, 영주시, 봉화군, 울진군, 영양군, 영덕군, 청송군)충북 2개 시·군(제천시, 단양군) '05년 신규 발생지역인 경북 경산시 지역을 포함하여 수행하였으며, 또한 2005년 11월~12월에는 강원 강릉시 지역을 중심으로 강원도 전지역(18개 시·군)을 포함하여 전체 항공예찰 지역은 12개 시지역, 20개 군지역이며 총 면적은 28,810.78km<sup>2</sup>이다. 백두대간과 인접한 피해 시·군은 지형이 높고 험준한 지형조건으로 일반인의 접근과 예찰이 쉽지 않는 지역이다(그림1).

### 2. 자료구축 방법

국립지리정보원 발행의 1/25,000 수치지형도를 GIS Tool인 ArcGIS9.0 GeoProcessing Wizard을 이용하여 해당 항공정밀예찰 지역의 기본레이어인 행정경계·일반국도·지방도·실폭하천·호수 등의 필요한 레이어 분류와 병합 등으로 공간데이터를 가공하였다(김준범

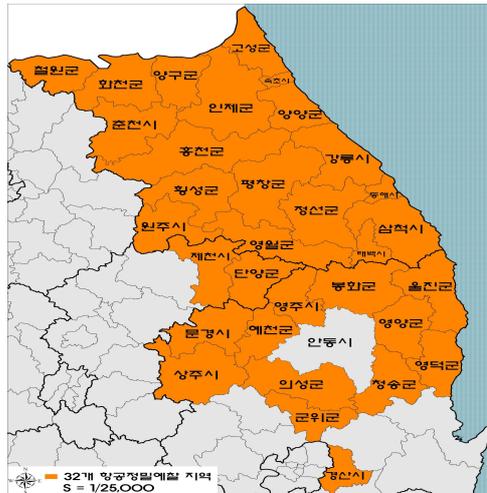


FIGURE 1. 항공정밀예찰지역(1km×1km 격자(Grid)지도)

등, 2004). 시·군 경계에 맞게 가로1km, 세로 1km 격자(Grid)로 비행라인을 표시한 시·군 격자지도를 구축하였다(그림2).

## 결과 및 고찰

### 1. 항공정밀예찰 기법 개발

항공정밀예찰에 활용된 헬기 기종은 러시아 KA-32T와 미국 BELL206L-3 프랑스 AS350-B2

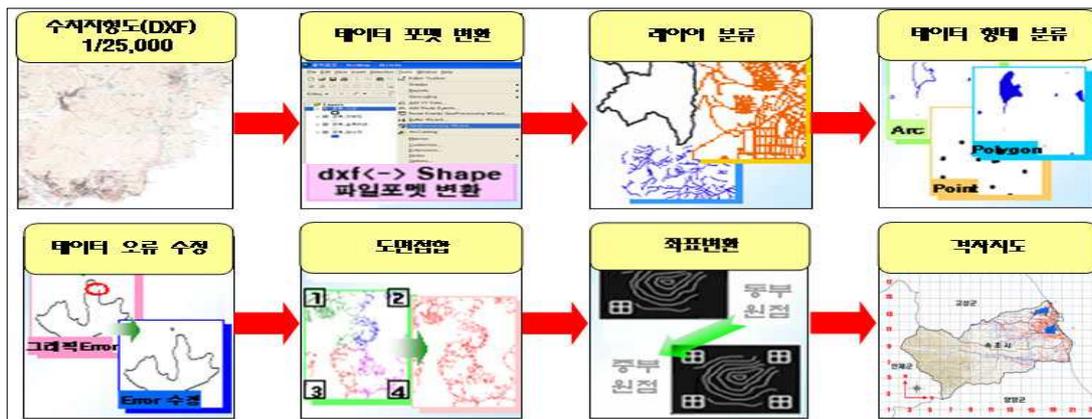


FIGURE 2. 격자지도(Grid map) 구축흐름도

이며, GPS는 Trimble사 Beacon의 일체형인 Pro-XR를 사용하였다(과학기술부, 2005). C/A 코드파와 반송파를 함께 이용할 수 있는 이 기종은 산림, 해양 지도제작 등의 GIS Mapping으로 많이 활용되고 있는 장비이다. 그림 3과 같이 GPS장비를 위성신호 수신이 양호한 공간인 조종사석 좌측에 탑재하였고 헬기 탑승 후 GPS장비와 Touch Screen 방식의 Dual LCD 모니터 단말기를 슬림PC에 각각 연결하였다.



FIGURE 3. 항공정밀예찰 시스템

그림 4는 비행 중인 헬기가 빠른 속도(130~150km/h)로 이동하기 때문에 단말기의 격자(Grid)지도는 TerraSync S/W를 이용하여 측량용 배경파일(\*.IMP)로 변환하였으며, 여기에 표시된 라인방향에 따라 GPS의 데이터를 취득하였다. 또한 Point Feature와 다음 Point Feature간의 GPS 수신 로그간격(Logging Interval)을 1초로 설정하였다.

헬기가 이동비행 중 수신한 GPS 위치데이터는 노트북이나 데이터로그 화면에 지도의 가로·세로 격자방향에 따라서 Feature형태의 Line으로 변환되어 헬기 현 위치와 비행경로를 슬림PC 및 노트북으로 표시·저장함으로써 예찰지역에 대한

정밀항로 탐색을 가능하게 하였다.



FIGURE 4. 비행 중의 헬기 정밀 경로 탐색

동일한 기종의 GPS 2대를 수신이 양호한 헬기 좌·우측에 설치하고 고사목의 위치를 파악하여 GPS에 연결된 데이터로그의 수신 로그번호를 기준으로 고사목 위치, 거리 및 각도 등을 측정하여 로그번호와 측정값을 야장에 기록하였다.

항공정밀예찰에서 헬기의 빠른 이동 속도 때문에 GPS에 의한 정확한 고사목 위치 및 저장은 위성 수신주기(1초)의 한계성 때문에 높은 정밀도 데이터 획득은 기대하기 어렵다. 그러나 소나무재선충병 확산 저지를 위한 고사목 색출에는 오차범위 ±100m 이내로 매우 효율적인 것으로 나타났다. 또한, 해당 시·군의 제한된 사항(군부대, 보안지역, 기상영향)등으로 정밀한 예찰이 어려운 지역이나 백두대간을 비롯한 높고 험준한 지형조건 때문에 위성의 배치 상태의 PDOP 값이 6이상 높게 나오거나 수신 안 되는 음영지역인 경우는 GPS 스크롤바를 정밀도(Precision)에서 생산성(Productivity) 쪽으로 옮겨 이동국의 양각 마스크(Elevation

TABLE 1. RINEX 파일 정보

파일구조: abcd.zip	* dat : 제공된 파일이 dat 파일 표시
- 파일설명 -	* 데이터 로깅 간격 : 30초
* ssss : 기준국명(영문)	* 관측시간 : UTC 기준(1시간 간격 파일 생성)
* yyyy : 관측년도	* ddd : 해당관측일에 해당하는 1년 중의 날짜(항성일)
* mm: 관측일	* x : 해당관측시간에 해당하는 영문알파벳(a - x)
* dd : 관측일	a : 00시-01시 b : 01시-02시 ~ x : 23시-24시
* hh : 관측시	* rin : 제공파일이 rinex 파일 표시

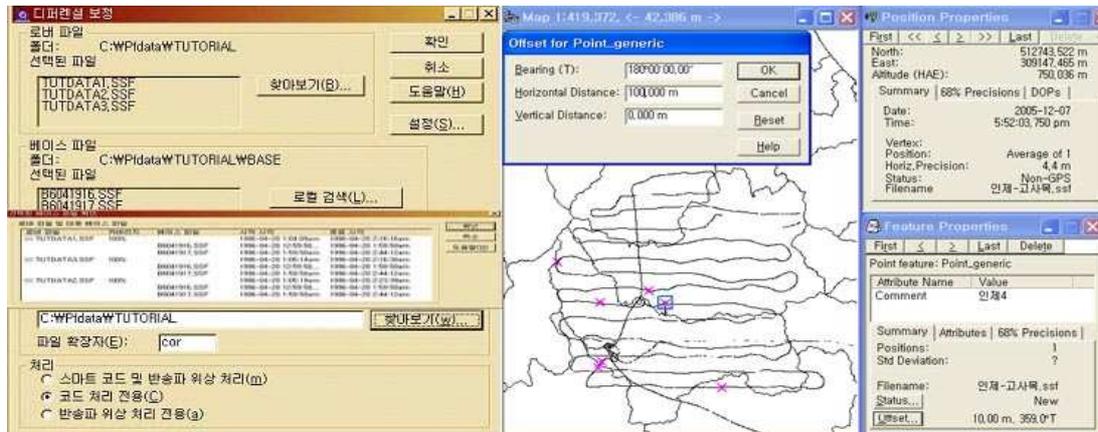


FIGURE 5. 후처리 과정 및 고사목 위치좌표 입력 과정

Mask)를 크게 설정함으로써 GPS위성이 최대한 많이 수신되도록 설정하였다(Trimble, 2003).

## 2. 데이터 후처리

GPS 수신데이터는 제조사에 관계없이 범용 GPS 소프트웨어에서 데이터를 처리할 수 있도록 규정한 RINEX(Receiver Independent Exchange format)데이터포맷으로 변환하여 활용하였다(표1).

데이터 후처리를 위해 Trimble사의 Pathfinder

Office2.9와 프로그램을 이용하였으며, 후처리 과정에서 필요한 오차보정(Base)파일은 국립지리정보원 GPS기준점서비스(<http://gps.ngii.go.kr>) 사이트에서 다운로드 받아 기선해석, 망조정 과정에 활용함으로써 취득한 예찰 수신데이터의 위치정밀도를 향상 시킬 수 있었다.

그림 5는 오차가 보정된 헬기 비행경로 라인을 기준으로 GPS야장에 기입된 고사목의 GPS 수신 로그번호와 비행경로에 표시된 로그번호를 일치하여 헬기의 이동 진행방향에 따라 좌·우측 거리와 각도, 고사목 본수 등의

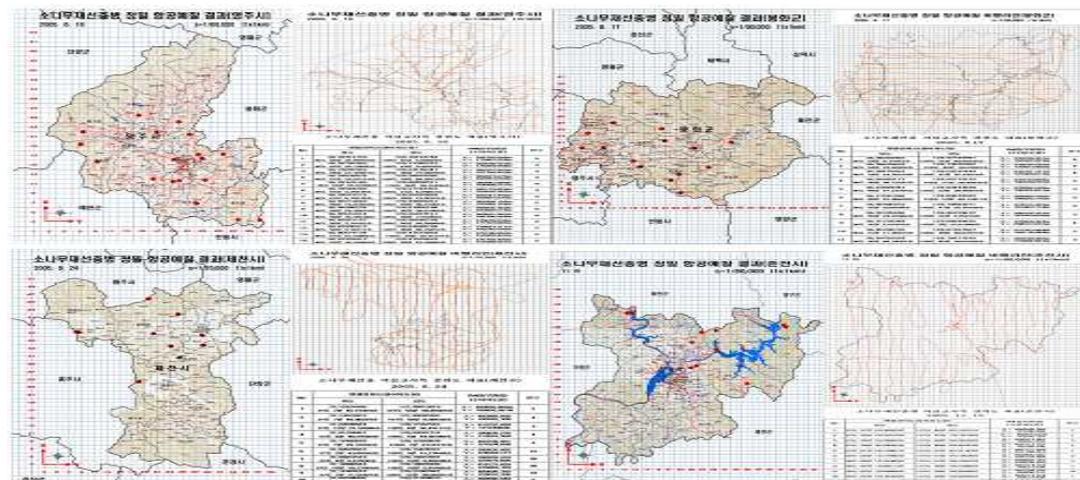


FIGURE 6. 주요 항공정밀예찰 고사목 피해 분포도(영주시, 봉화군, 제천시, 춘천시)

속성을 입력하였다(Trimble, 2002).

해당 시·군의 TM좌표계에 맞게 중부원점, 동부원점으로 좌표변환을 실시하였으며, 격자(Grid)지도에 보정된 고사목 위치좌표 포인트와 중첩(Overlay) 하여 고사목 피해분포도를 구축하였다(그림 6).

### 3. 현장 실연

본 연구에서 개발한 항공정밀예찰 기법을 이용하여 현장실연 조사를 수행한 결과 안동 지역을 중심으로 한 백두대간 인접 14개 시·군과 강릉지역을 중심으로 한 강원도 전지역 18개 시·군을 포함한 총 32개 지역에서 349 지점의 위치좌표와 고사목 972본을 발견하였다(표 2).

### 4. 결 과

이 결과데이터는 즉시 해당 시·군·구에 통보하여 현장 정밀조사 후 방제토록 제공함으로써 소나무재선충병 선단지 확산방지에 크

게 기여할 수 있었다. 특히 경북 영주, 봉화지역은 솔잎혹파리 피해가 극심한 지역으로 고사목이 대량 방치된 상태에 있어 만약 재선충이 침입 된다면 급속히 백두대간으로 확산될 우려가 있어 지속적인 예찰과 감시·감독이 필요한 것으로 조사되었다. 또한 주변 의심목이 발견된 지자체는 GPS의 트랙킹(Tracking) 기능을 이용하여 고사목 현장을 추적, 고사 원인을 구명하고 소나무재선충병으로 의심되는 고사목은 시료를 채취하여 1차적으로 도산림환경연구원, 2차로 국립산림과학원으로 검경을 의뢰하여 진단토록 하였다. 또한 기존에 발생한 피해 외곽지역에서는 신속하고 철저한 방제작업을 실시토록 하였다.

## 결 론

소나무재선충병 항공정밀예찰 기법을 이용한 시스템 구축으로 소나무재선충병 피해 고사목 색출, 선단지 조기에찰 등으로 피해지 공간분석이 가능하며, 피해지역에 대한 시기 적

TABLE 2. 항공정밀예찰 결과

시 군 구	지 점	고사목본수	시 군 구	지 점	고사목본수
강원	태백시	2	경북	경산시	7
	영월군	6		40	
	양양군	4		군위군	10
	동해시	1		7	17
	삼척시	3		19	19
	정선군	5		7	45
	평창군	3		14	13
	횡성군	6		3	23
	원주시	18		2	31
	춘천시	17		9	54
	홍천군	53		18	10
	화천군	29		5	14
	철원군	5		7	26
	양구군	20		12	30
	고성군	9		9	322
	인제군	17		103	17
	속초시	10		4	87
	강릉시	24		10	104
소계	232	546	총계	15	972

절한 방제전략 수립과 효율적인 예찰 모니터링 등으로 피해확산 예찰·방제지역을 최소화하고 맞춤형 방제 등의 효과로 인력과 예산을 절감할 수 있을 것이다. 또한 소나무재선충병 피해 시·군별 고사목 분포도 제작 등으로 산림병해충 발생지역의 공간정보 DB가 구축됨으로써 산림자원을 체계적이고 과학적으로 관리할 수 있는 기반 조성이 가능할 것이다. 향후, 위치결정 정확도를 높여 주는 GPS장비가 다수 확보되고 첨단 항공정밀촬영시스템 도입과 활용 프로그램 등을 적극 개발 및 구축한다면 좀더 소나무재선충병 개별 고사목에 대한 정확한 색출과 피해 선단지의 위치나 규모 등의 정밀분석이 가능할 것으로 사료된다. **KAGIS**

## 참고 문헌

- 과학기술부. 2005. 고해상도 위성영상을 이용한 산림병해충정보관리시스템 개발 보고서. 39-40쪽.
- 국립산림과학원. 2009. 산림병해충예찰 연보. 25쪽.
- 김준범, 조명희, 김동윤, 박규중. 2005. GIS를 이용한 소나무재선충병 수치피해도 구축. 한국임학회 춘계학술대회 논문집. 469-470쪽.
- 김준범, 조명희, 김인호, 김영길. 2003. IKONOS 위성영상과 GPS를 이용한 소나무재선충 피해 지역 추출에 관한 연구. 한국임학회지 9(4):362-366.
- 김준범, 조명희, 김영길. 2002. 소나무材線蟲 被害 地域 抽出을 위한 위성영상과 GIS活用. 산림과학논문집. 65(별책):11-17.
- 김준범, 조명희, 이상길, 박규중. 2004. 공간정보 기술을 이용한 소나무재선충 정보관리시스템 개발. 산림과학논문집. 67(별책) 1-7쪽.
- 산림청. 1991. 수목병해충 도감. 231-233쪽.
- 조명희, 김준범, 오정수, 이광재. 2001. 고해상도 IKONOS 영상을 활용한 소나무재선충 피해지역 추출기법. 한국지리정보학회지 4(4):72-78.
- 조명희, 김준범, 조운원, 신동호, 김현식. 2002. GPS와 GIS를 이용한 산불진화 자원정보 관리 시스템 개발. 한국지리정보학회 춘계학술논문 발표대회 발표집. 304-310쪽.
- Ekstrand, S. 1996. Landsat TM-Based Forest Damage Assessment: Correction for Topographic Effect. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 62(2):151-161.
- Hoffer. 1995. R.M.D.S Linden and J. L. Pascdhke. Integrating of GIS, GPS and Remote Sensing for Inexpensive Assessment of Forest Insect Damage. 1995 ACSM/ASPRS Annual Convention & Expositio Technical Paper. Charlotte. NC. Vol.3, pp.571-578.
- Trimble. GPS Pathfinder Office Getting Started Guide 2002. pp.150-156.
- Trimble. GPS PRO-XR(Recon) manual 2003. pp.38. **KAGIS**