

## 디지털 사진을 이용한 산불 피해 조사 방안

# A Plan for Estimation of Damaged Area from Forest Fire Using Digital Photographs

정 수\*

Jeong, Soo

### 要 旨

우리나라는 국토에서 산림이 차지하는 비율이 매우 높기 때문에 산불은 방재에 있어서 중요한 요소로 취급된다. 산불 피해 면적 산정은 향후 복원계획을 수립함에 있어서 예산 수립이나 물량 산출에 기초가 되는 중요한 자료이므로 정확하게 산정되어야 한다. 우리나라에서는 산불이 발생되면 GPS를 이용하여 피해 면적을 조사하고 있다. 그러나 실제 산불 피해 면적을 산정하는 데 있어서는 여러 가지 문제로 인하여 신속하고 정확한 산정이 잘 이루어지지 않고 있다. 우리나라의 산불 담당 기관인 산림청은 전국을 대상으로 하여 충분한 수의 산림 헬리콥터를 운용하고 있다. 따라서 산불 피해가 발생한 후에 산림 헬리콥터를 이용하여 피해지역을 디지털 카메라로 사진 촬영하는 것이 가능할 것이다. 본 연구에서는, 공중에서 디지털 카메라로 스냅 촬영한 산불 피해 지역 사진을 이용하여 그 피해 조사를 수행할 수 있도록, 여러 가지 처리 방법을 비교 고찰함으로써 적합한 방안을 정립하였다. 본 연구의 결과는 향후에 디지털 사진을 이용한 산불 피해 조사 시스템 개발에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 산불, 피해 면적 산정, 방재

### Abstract

Because mountain area covers a large proportion of entire country, the forest fire have been an important matter in disaster prevention in Korea. Estimation of damaged area after forest fire would be very important because it would be the basis to make budget or to calculate quantities in the restoration plan for the damaged area. In Korea, the damaged area from forest fire is generally surveyed using GPS. In practice, however, the estimation of damaged area from forest fire have been inaccurate in lots of case due to some problems. Korea Forest Service which is taking charge of prevention of forest fire in Korea is managing a large number of helicopters for forest service on the whole country. So, it would be possible to take snapshots of the damaged area after forest fire from the helicopter using a digital camera. This study aims to establish a suitable method to estimate damaged area after forest fire using snapshots which are taken in the air using a digital camera. So, several approaches were implemented and compared. In future, results of this study could be used in a development of a system for investigation of damages from forest fire using digital photographs.

Keywords : Forest Fire, Estimation of Damaged Area, Disaster Prevention

### 1. 서 론

우리나라의 산림면적은 2009년을 기준으로 6,370,304 ha로서 전국토의 64 % 정도를 차지하고 있다(산림청 웹사이트, 2010). 국토에서 산림이 차지하는 비율이 높기 때문에 산불은 방재에 있어서 중요한 요소로 취급되며, 산림청 소관의 주요 업무 중의 하나이다. 이에 산림청 산불방지과에서는 산불정보시스템을 운용하여 산불

방지에 만전을 기하고 있다(산림청 산불정보시스템, 2010).

우리나라의 산불 발생 현황은 통계상으로 최근 10년간 해마다 평균 523 건에, 평균 3,726 ha의 면적에 피해가 발생하고 있다(산림청, 2010). 그러나 실무를 담당하는 지자체가 산불 피해 면적을 산정함에 있어서 실제보다 훨씬 적게 축소 보고하는 경향이 있으므로 실제 피해 면적은 훨씬 클 것으로 추측된다(정동원, 2009.4).

2010년 10월 17일 접수, 2010년 11월 22일 채택

\* 중신회원 · 안동대학교 토목공학과 부교수(soo@andong.ac.kr)

산불 피해 면적은 향후 복원계획을 수립함에 있어서 예산을 수립하거나 물량 산출을 하는데 가장 기초가 되는 자료이므로 정확하게 산정이 되어야 한다. 따라서 산림청에서는 2010년부터 산불 피해상황 조사방법을 GPS 장비를 이용하여 1/25,000 지형도에 표기하도록 하였고, 산불피해 정정보고 기간도 대폭 연장하여, 과학적 방법에 의해 충분한 기간 동안 조사가 이루어지도록 하였다(산림청, 2010).

그러나, 실제로 대규모 산불이 난 후의 피해 현장에서 GPS 장비를 가지고 피해 지역 경계를 도보로 이동하면서 피해 면적을 산정하는 것은 매우 힘든 일일 뿐만 아니라 접근이 곤란한 경우도 빈번하여 생각만큼 쉽고 정확하게 적용할 수 있는 방안이라고 보기 어렵다. 또한, 전문지식이 충분치 않은 지방자치단체 공무원이 이를 담당하여 실행하는 것도 그렇게 용이한 일은 아니라고 할 수 있다.

현재 산림청에서는 전국을 대상으로 하여 충분한 수의 산림헬기를 운용하고 있다. 따라서 산불 피해 지역이 발생한 후에 산림헬기를 이용하여 디지털 카메라로 피해지역에 대한 사진을 촬영하는 것이 그렇게 어려운 일은 아닐 것이다. 만약 산불 피해 지역에 대해 공중에서 촬영된 사진이 있고, 이를 이용하여 현장에 접근하지 않고 피해 면적을 산정하는 방법이 개발이 된다면, 앞서 기술한 산불 피해 면적 산정에서의 많은 문제점들이 해결될 수 있을 것이다.

산불 피해 조사와 관련된 국내 연구들을 살펴보면, 양인태 등(1999)은 과거의 산불 이력을 기반으로 산불 발생 지점을 경사, 주향, 표고, 도로, 수계, 주거지, 토양, 지질, 토지피복, 식생 등의 인자를 고려하여 분석하였고, 아울러 식생지수를 고려하여 산불 위험 지역을 선정하였다. 최승필 등(2006)은 LANDSAT TM 영상의 3, 4, 5, 7번의 4개의 밴드에 대해 요인 분석을 통해 산불 피해 지역을 분류하는 연구를 수행하였다. 오남학(2009)은 MODIS 위성영상을 이용하여 산불피해지역을 탐지하고, 여러 분석기법을 이용한 저해상도 위성영상의 이용 여부를 판단하고자 연구를 수행하였다. 김상완(2009)은 RADARSAT-1 SAR 영상의 후방산란값이 산불 전후에 달라지는 것에 착안하여 변환 탐지 통해 산불 피해 지역을 탐지하기 위한 연구를 수행하였다.

이전의 연구를 살펴보면, 모두 위성영상을 활용하여 산불 피해 지역을 탐지하는 연구를 수행하였다. 하지만 LANDSAT 위성영상의 경우 기상이나 케도운용 등의 이유로 원하는 시기의 해당 위성영상을 얻는데 한계가 있고, MODIS 위성영상의 경우 해상도가 250 m로서 한 영상소에 해당하는 지상 면적이 무려 62.5 ha에 해

당하므로 우리나라와 같이 좁은 국토에서는 정확도의 확보가 어렵고, RADARSAT SAR 영상의 경우 매우 전문적인 지식을 갖추고 있지 않으면 활용이 어렵다는 단점이 있다.

국외의 관련 연구로서, Li 등(2000)은 산불의 감지와 탐지에 위성 시스템을 사용하는 데 있어서의 몇 가지 문제점들을 제시하였는데, 그 중 하나가 위성영상의 해상도였다. Brass 등(2001)은 산불 피해 지역을 도화하는데 있어서 열적외선 영상을 전송할 수 있는 고고도 비행기를 활용하는 방법을 제안하였다. El-Sheimy와 Wright(2005)는 산불의 열지점을 실시간으로 탐지할 수 있는 이동매핑시스템의 프로토타입을 개발하고 시험하는 데 대한 연구를 수행하였다. 그러나 이러한 해외의 연구 사례들은 우리나라 실정에 맞추기에 적절하지 않은 면이 많다.

국내외의 연구동향을 파악한 후, 본 연구에서는 산불 피해 지역을 공중에서 스냅 촬영한 디지털 사진으로부터 산불 피해 면적을 산정하기 위한 방안을 정립하고자 하였다. 이를 위해 활용 가능한 기본 자료들을 조사하고, 실무에서의 활용 방안을 분석하였다. 그 다음에 산불 피해 지역이 촬영된 디지털 사진의 기하보정 방법을 단사진 기반 지형보정, 3차 함수식 기반 기하보정, TIN 기반 기하보정 등으로 구분하여, 실무적으로 활용 가능한 수준에서 실험적으로 적용하고 그 결과들을 비교 고찰하였다. 그 결과 향후 실제 시스템을 개발할 때 유용하게 활용할 수 있는 방안을 정립하였다.

## 2. 대상 지역 및 활용 자료

### 2.1 대상 지역과 디지털 사진

본 연구에서는 2009년 4월 6일에 산불이 발생한 경북 칠곡군 지천면 창평리 일대를 연구 대상 지역으로 선정하였다. 이 지역의 산불 피해 면적은 산불이 발생한 직후에 82.5 ha로 축소 보고되었다가, 약 6개월 후 언론에 의해 축소 보고에 대한 의혹이 제기되자, 당초



그림 1. 스냅 촬영된 산불 피해 지역 사진 예

의 산정 면적의 약 5배인 407 ha로 그 피해 면적이 정된 지역이다(정동원, 2009.10).

본 연구에서 사용한 디지털 사진은 안동 MBC 방송국에서 취재를 목적으로 모터 패러글라이더 상에서 촬영한 스냅 사진으로서 총 59매가 촬영되었다. 사용된 카메라는 일본 Canon사의 EOS 5D 모델로서 Canon사의 EF 24-70mm F2.8L 줌렌즈를 장착하여 촬영을 하였다. 사진 촬영자는 모터 패러글라이딩을 취미로 즐기는 사람으로서 사진측량학적 전문 지식이 없는 자이다. 촬영된 사진들은 줌렌즈를 이용하였으므로 초점거리가 제각각이고, 중복도를 전혀 고려하지 않았으며, 촬영방향이 일정하지 않아서, 사진측량을 목적으로 한 것이라고 보기 어렵다. 따라서 사진측량학적 처리가 매우 곤란한 사진들이다.

2.2 수치지도

대상 지역에 대해 일반적으로 손쉽게 구할 수 있는 지형 공간 자료는 수치지도이다. 우리나라는 국토 전역에 대한 1/5,000 축척, 1/25,000 축척, 1/50,000 축척의 수치지도를 제작하여 유통하고 있다. 따라서 향후에 산불 피해 면적을 산정하기 위한 시스템을 개발할 때에도 수치지도는 상시 활용 가능한 자료로 간주할 수 있으며, 시스템 내에 기본 자료로 갖추는 것이 충분히 가능하다.

수치지도의 축척을 고려해 볼 때 대상지역에서 1/5,000 축척 수치지도 1 매의 실제 크기는 가로 약 2.2 km 세로 약 2.8 km로서 약 616 ha의 면적을 포함한다. 또한 1/25,000 축척의 수치지도는 1/5,000 축척 수치지도의 25배 면적을 포함하므로 약 15,400 ha의 면적을 포함하고, 1/50,000 축척의 수치지도는 1/25,000 축척 수치지도의 4배 면적을 포함하므로 약 61,600 ha의 면적을 포함한다.

대규모 산불의 피해 면적은 수 백 ha에 달한다. 산불 피해 면적을 산정하는 데 이용되는 지도는 산불 피해 지역은 물론 충분한 범위의 주변 지역을 함께 포함하고 있어야 한다. 따라서 1/5,000 축척의 수치지도를 사용할 경우 최소 9매에서 25매 범위의 수치지도가 필요할 것으로 추론된다. 1/25,000 축척의 수치지도의 경우는 1 매만으로도 충분히 대규모 산불을 나타낼 수 있으나, 도곽 부근에서 산불이 발생된 경우를 고려하면 대략 4매 정도로 충분히 산불 지역과 주변 지역을 포함할 수 있을 것으로 추론된다. 1/50,000 축척의 수치지도도 마찬가지로 도곽 부근에서 산불이 발생된 경우에는 4매의 지도가 필요하므로 1/25,000 축척의 수치지도에 비해 특별한 장점을 찾기 어려울 뿐만 아니라, 소축척이

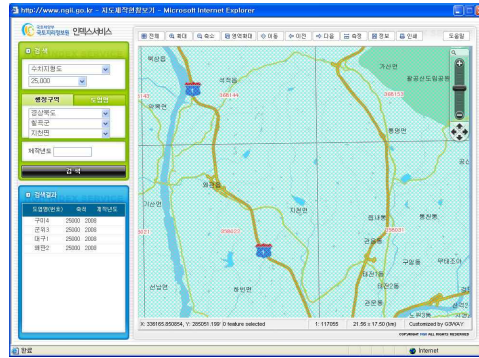


그림 2. 수치지도 인덱스 상의 대상 지역

어서 지도에서 지물을 확인하는 것이 1/25,000 축척의 수치지도보다 어렵고, 포함면적이 너무 넓어서 오히려 불필요한 지역이 더 많을 수 있다.

산불 피해 면적 조사의 실무에서는 매우 높은 수준의 위치 정확도를 필요로 하지 않고, 지방자치단체의 공무원 등 지형공간정보 분야에 대한 전문지식이 없는 사람들에 의해 실행될 가능성이 높으므로, 위치 정확도가 다소 떨어지더라도 처리가 간편한 것이 좋다. 이를 고려할 때 1/5,000 축척의 수치지도를 활용하는 것은 자료량, 작업량, 작업시간 등에 있어서 요구 조건을 만족시키기 어려울 것으로 보인다. 반면에 1/50,000 축척의 수치지도의 경우는 기준점 선정 등을 위한 독도가 어려울 뿐만 아니라 불필요하게 포함면적이 넓다.

우리나라 산불의 크기나 산불의 규모를 고려해볼 때 1/25,000 축척의 수치지도가 기본적인 지형 공간 자료로 적합할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 대상지역에 대한 1/25,000 축척의 수치지도를 기본 수치지도로 설정하였다.

그림 2는 국토지리정보원 홈페이지에서 제공하고 있는 수치지도 인덱스 서비스 화면으로서, 대상지역이 1/25,000 수치지도 상에서 도엽명 구미4(368144), 군위3(368153), 왜관2(358022), 대구1(358031) 등 4매에 걸쳐 나타나 있다는 것을 보여주고 있다.

2.3 기본 공간영상자료

항공사진이나 위성영상은 수치지도에 비하여 대상 지역을 식별하고 판독하는 데 매우 유리하다. 항공사진이나 위성영상은 센서의 특성과 촬영시의 기하학적 조건에 따라 기하학적 왜곡이 반드시 존재하고, 이를 기하보정 또는 지형보정함으로써 지형도나 수치지도와 중첩하여 활용할 수 있다.

최근에는 Google사 등 인터넷 사이트에서 지구 전체에 대한 기하보정 위성영상을 무료로 제공하고 있고

(Google, 2010), 국내의 Daum사 등 인터넷 포털 사이트에서도 항공사진을 기하보정하여 전국에 대한 사진 지도를 무료로 제공하고 있다(Daum, 2010). 따라서 사용자가 직접 기하보정을 하지 않아도, 한정된 목적에서는 기존에 제작된 기하보정 영상을 활용하는 것이 가능하다.

산불 피해 조사 업무에 사용되는 공간영상자료는 앞에서 서술한 수치지도와 마찬가지로 매우 높은 수준의 위치 정확도를 필요로 하지 않으므로 기존에 제작된 기하보정 영상을 활용하는 것이 충분히 가능할 것으로 추론된다. 법적인 사항을 고려하지 않는다면 인터넷 포털 사이트에서 제공하는 사진지도는 매우 손쉽게 얻을 수 있는 유용한 공간영상자료가 될 수 있다.

본 연구에서는 국내 인터넷 포털 사이트 “Daum”의 사진 지도를 화면 덤프 받아 이를 모자이크함으로써 대상지역에 대한 기본 공간영상자료로 이용하였다. 우선 대상지역의 사진 지도를 웹브라우저 상에서 적당한 크기로 확대하였다. 이렇게 확대를 하면 대상지역의 일부만이 화면에 나타나게 되므로 대상지역 전체에 대해 가장자리가 중첩되도록 하여 5×5 배열의 타일 형태로 총 25개의 화면을 덤프 받았다. 덤프 받은 화면은 각각 855×783 pixels의 크기였다. 25개의 화면 타일은 Photoshop 프로그램을 이용하여 하나의 영상으로 모자이크함으로써 대상지역에 대해 3,400×3,400 pixels 크기의 영상으로 만들었다.

모자이크한 영상에는 지상좌표가 포함되어 있지 않으므로 영상좌표등록(image registration)을 해야만 한다. 본 연구에서는 ERDAS IMAGINE ver. 8.6 프로그램 상의 ‘Image Geometric Correction’ 기능을 이용하여, 앞서 설명한 대상지역의 1/25,000 수치지도 상에서 취득한 6개의 점을 기준점으로 하여 선형변환에 의한

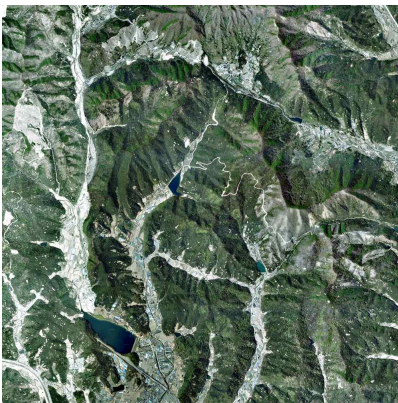


그림 3. 대상지역의 기본 공간영상자료

영상좌표등록을 수행함으로써 대상지역에 대한 기본 공간영상자료를 생성하였다. 이 때 한 영상소의 크기는 지상에서의 크기 1 m×1 m에 해당하도록 공일차보간법으로 영상재배열을 하였다. 따라서 기본 공간영상자료는 6,700×6,700 pixels의 크기로서 지상 6.7 km×6.7 km의 범위를 나타내고 있다. 그림 3은 본 연구에서 제작하여 활용한 대상지역의 기본 공간영상자료이다.

향후에 산불 피해 면적을 산정하기 위한 시스템을 개발할 때에는 우리나라 산지와 주변 지역에 대한 공간영상자료를 기본 자료로 갖추는 것을 고려해 볼 수 있으며, 이는 경제적으로나 기술적으로나 충분히 실현이 가능할 것이다. 이때 자료처리를 간편하고 신속하게 수행할 수 있도록, 공간영상자료는 시스템 내의 기본 수치지도와 동일한 지리 좌표계를 포함하고 있어야 한다.

### 3. 시험 자료처리

공중 촬영한 디지털 사진으로부터 산불 발생 지역의 피해 면적을 산정하기 위한 자료처리 과정은 궁극적으로 디지털 사진을 수치지도 또는 사진지도와 중첩시키는 것이다. 이렇게 중첩이 되고 나면 디지털 사진 상에 나타나 있는 산불 피해 지역의 범위, 면적, 둘레 등의 정량적 정보를 수치지도나 사진지도 상에서 구할 수 있다. 따라서 본 연구에서의 자료처리의 핵심은, 사진측량학적 처리를 고려하지 않고 공중에서 스냅 촬영한 디지털 사진을 산불 피해 조사 실무에서 활용할 수 있도록 기하보정 또는 지형보정을 수행하는 방안을 확립하는 것이다.

일반적으로 기하보정은 지상기준점을 기준으로 평면좌표변환을 하여 이루어지며, 지형보정은 수치표고모형을 기준으로 미분편위수정을 하여 이루어진다.

평면좌표변환 방법에 따라 기하보정에는 TIN (Triangulated Irregular Network) 기반 기하보정과 평면변환식 기반 기하보정 등이 있다. 평면변환식 기반 기하보정은 투영변환식, Affine 변환식, 의사 Affine 변환식, 2차 함수식, 3차 함수식, 유리 함수식(rational function equation) 등 다양한 모델식이 적용될 수 있다.

지형보정은 각 사진과 수치표고모형을 센서모델을 통해 연계하여 미분편위수정을 하게 되며, 이때 단사진을 기반으로 사각(死角)지역을 무시하고 제작하는 방법과 다중사진을 기반으로 사각지역을 보정하는 방법으로 나눌 수 있다. 후자의 경우에는 미리부터 사진촬영계획이 고려되지 않으면 적용하기 곤란하다.

본 연구에서는 산불 피해 조사에 적용 가능한 기하보정 또는 지형보정 방법으로서 단사진 기반 지형보정, 3



그림 4. 실험에 사용된 사진

차 함수식 기반 기하보정, TIN 기반 기하보정 등 세 가지 방법을 적용하였다. 일반적으로는 세 가지 방법 중에서 단사진 기반 지형보정이 가장 정교한 결과를 나타낼 것이고, TIN 기반 기하보정은 막대한 수의 기준점이 필요하므로 실행에 있어서 한계가 있을 것으로 예측할 수 있다.

자료처리는 ERDAS IMAGINE ver. 8.6 프로그램을 사용하여 수행하였다. 단사진 기반 지형보정 과정에서 센서모델 수립을 위한 단사진의 표정은 EOS Systems사의 Photo Modeler ver. 6 프로그램을 이용하였다. 실험에 사용된 사진은 그림 4에 나타나 있다.

3.1 단사진 기반 지형보정

사진을 지형보정을 하기 위해서는 수치표고모형이 필요하다. 또한 사진과 수치표고모형을 연계시키기 위한 센서모델이 정립되어야 한다.

프레임 카메라의 경우에는 공선조건식에 의한 센서모델이 적용된다. 그런데, 본 연구에서 사용된 디지털 카메라와 같은 비측량용 카메라는 사진좌표를 구하기 위한 내부표정인자가 구해져 있지 않으므로 공선조건식을 직접 적용하기 곤란하다. 따라서 직접선형변환(direct linear transformation)식을 적용하여 각 향의 매개변수를 구한 후 이로부터 공선조건식에 필요한 내부표정요소와 외부표정요소를 구하는 과정을 거친다(정수, 2005). 이때 최소한 5개의 기준점이 필요하다. 본 연구에서는 그림 4의 사진에 대해 표 1에 나타난 바와 같이 7개의 기준점을 1/25,000 축척의 수치지도 상에서 구하여, EOS Systems사의 Photo Modeler ver. 6 프로그램을 이용하여 계산함으로써, 표 2와 같이 표정요소를 구하였다.

대상지역의 수치표고모형은 2.2절에서 서술한 1/25,000 축척의 수치지도의 등고선 레이어를 이용하여 격자형으로 보간하여 제작하였다. 수치표고모형의 크기는 2.3

표 1. 기준점의 영상좌표와 지상좌표

점번호	영상좌표(pixel)		지상좌표(m)		
	x	y	X	Y	Z
1	1059.5	2406.0	334145.5	277379.4	132
2	1093.0	1451.5	334467.7	278386.4	310
3	2074.9	2272.9	334615.8	277316.0	100
4	2106.0	1837.0	334977.2	277797.7	120
5	2326.5	1528.0	335529.3	278241.3	190
6	3415.0	2182.0	335236.9	276957.1	141
7	3725.0	2704.0	335002.3	276664.3	90

표 2. 사진의 표정요소

표정요소		산정값	
내부표정요소	초점거리 (mm)	25.6561	
	CCD크기	x size (mm)	37.5951
		y size (mm)	23.9268
	주점위치	x <sub>o</sub> (mm)	19.5023
		y <sub>o</sub> (mm)	11.7712
	Cell size	x size (μm)	8.607
y size (μm)		8.217	
외부표정요소	X <sub>o</sub> (m)	333801.174	
	Y <sub>o</sub> (m)	276180.584	
	Z <sub>o</sub> (m)	773.133	
	ω (°)	76.575052	
	φ (°)	-37.919203	
	κ (°)	-4.928465	

절의 기본 공간영상자료와 중첩될 수 있도록 동일한 크기(6,700 × 6,700 pixels)와 해상도(1 m)로 제작하였으며 그림 5와 같다.

단사진 기반 지형보정은 ERDAS IMAGINE ver. 8.6 프로그램 내의 OrthoBASE 모듈을 이용하여 그림 4의 디지털 사진과 표 2의 사진의 표정요소와 그림 5의 수치



그림 5. 대상지역의 수치표고모형



그림 6. 단사진 기반 지형보정 영상(일부 지역)

표고모형을 입력 자료로 하여 수행하였다. 그 결과로 생성된 지형보정 영상의 일부가 그림 6에 나타나 있다.

그림 6을 살펴보면 그림 4의 대상 사진에서의 사각 지역으로 인해 해당지역에서 계단 현상이 극심하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 더구나 사각지역을 구분하지 않고 수치미분편위수정이 이루어져서 산불 피해지역을 구분하는 데 있어서 오히려 혼란을 가중시킬 수 있다. 이는 여러 매의 사진을 지형보정하고 모자이크함으로써 해결할 수 있으나, 신속하고 간편하게 결과물을 얻어야 하는 산불 피해 조사의 경우에는 작업량과 전문성에 있어서 역부족일 수 있다.

우리나라의 산지는 대부분 그림 5와 같은 형태의 지모로 이루어져 있어 기복의 변화가 많고, 산림 헬리콥터에서 경사 사진을 촬영할 경우 그림 4와 같은 형태의 사진이 얻어질 것이므로 단사진 기반의 지형보정은 산불 피해 조사 목적으로는 적절하지 않을 수 있다고 추론할 수 있다.

3.2 3차 함수식 기반 기하보정

평면변환식 기반의 기하보정 중에서 가장 정교한 모델식은 유리함수식일 것이다. 그러나 유리함수식은 59개의 매개변수를 포함하고 있고 이를 구하기 위해서는 최소 30개의 기준점이 필요하며 실제로 있어서는 30개가 훨씬 넘는 기준점이 적용되어야 할 것이다. 따라서 유리함수식은 IKONOS 등의 고해상도 위성영상과 같이 그 매개변수가 제공되는 경우에 주로 활용이 된다 (방기인 등, 2002).

본 연구에서는 실무에서 활용되는 평면변환식 중 가장 고차식 모델이라고 할 수 있는 3차 함수식을 모델식으로 하여 기하보정을 실시하였다. 3차 함수식 기반 평면기하보정에는 총 20개의 매개변수가 포함되므로 최소 10점의 평면기준점이 필요하다. 그러나 그림 4에 나타나 있는 본 연구의 대상사진은 기하학적 왜곡이 극심하기 때문에 그림 7과 같이 분포된 27개의 평면기준점



그림 7. 3차 함수식의 매개변수 산정을 위한 평면기준점 분포

의 영상좌표(x, y)에 대한 실제 지상좌표(X, Y)를 그림 3에 나타나 있는 대상지역의 기본 공간영상자료 상에서 관측하여 변환에 적용하였다. 이 경우는 실무적인 면에서 볼 때 기준점의 수가 다소 과다하다고 할 수 있다.

본 연구에서 생성된 3차 함수식 기반의 기하보정 영상의 일부가 그림 8에 나타나 있다. 그림 8을 살펴보면 그림 6의 단사진 기반 지형보정 영상보다 관독이 용이한 상태로 기하보정이 되었으며, 육안에 의해 산불 피해 지역을 명확하게 구분할 수 있다. 하지만 그림 3의 기본 공간영상자료 상의 해당 지역 형상과 비교해 볼 때 기하보정이 정확하게 이루어지지 않았음을 알 수 있었고, 이러한 기하보정 영상으로 산불 피해 조사를 수행할 경우에는 오차가 매우 크게 될 가능성이 있다. 이는 지형의 복잡하고 불규칙한 기복을 평면변환식으로 기하보정을 하는 데 있어서의 모델의 한계라고 볼 수 있다. 물론 보다 높은 고차함수식을 적용하거나 유리함수식을 적용할 경우 이러한 문제를 다소 완화시킬 수는 있으나, 아울러 필요한 기준점의 수도 기하급수적으로 증가하게 된다. 그럼에도 불구하고 복잡한 3차원 대상과 평면 사이의 기하학적 변환을 평면변환식으로 모델링하는 데 있어서의 한계는 계속 남게 된다.



그림 8. 3차 함수식 기반 기하보정 영상(일부 지역)

3.3 TIN 기반 기하보정

TIN 기반 기하보정은 그림 9에 나타난 바와 같이, 기준점을 이용하여 TIN을 형성하고, TIN 내의 개별 삼각형 별로 세 꼭지점을 변환 기준점으로 하여 Affine 변환식을 적용함으로써 개개의 삼각형 단위로 기하보정을 실시하는 방법이다(서지훈 외, 2002).

TIN 기반 기하보정의 기본 가정 사항은 변환 전이나 변환 후에나 각 삼각형은 평면이라는 것이다. 따라서 TIN 기반 기하보정을 수행하기 위해서는, 실제 지표면 상에서 TIN을 형성하는 개별 삼각형이 가급적 평면을 이루도록 기준점을 선택하는 것이 필요하다. 기복이 심한 지역에서의 TIN 기반 기하보정은 TIN을 형성하는 삼각형이 조밀할수록 정확한 기하보정이 이루어질 수 있다.

ERDAS 프로그램에서는 'Rubber sheeting'이라는 기능을 통하여 TIN 기반 기하보정 기능을 제공하고 있다. 본 연구에서 이를 이용하여 생성한 기하보정 영상의 일부가 그림 10에 나타나 있다. 본 연구에서 TIN 기반 기하보정 영상을 제작하는 데에는 그림 11과 같이 분포된 77개의 기준점을 그림 3의 기본 공간영상자료 상에서 취득하여 사용하였다. TIN 기반 기하보정은 TIN 내의 삼각형을 단위로 기하보정이 이루어지므로 TIN 외부의 지역은 기하보정이 수행되지 않도록 하였다.



그림 11. TIN 기반 기하보정을 위한 기준점 분포

그림 10의 TIN 기반 기하보정 영상을 그림 3의 기본 공간영상자료 상의 해당 지역 형상과 비교해 볼 때 기하보정의 정확도는 앞의 두 방법에 비해 비교적 정확하다는 것을 알 수 있었다. 이는 기복이 심한 실제 지형을 평면삼각형으로 잘게 나누어서 평면변환을 시킨 결과이기 때문이다. 따라서 기준점의 수가 많을수록 TIN 내의 삼각형이 조밀하게 되어 변환의 정확도가 높아질 것이므로, 이를 위해서는 매우 많은 수의 기준점이 필요하다.

4. 자료처리 방안 정립

단사진 기반 지형보정, 3차 함수식 기반 기하보정, TIN 기반 기하보정 등 세 가지 방법에 대해 시험 자료 처리를 한 결과, 산불 피해 조사 실무에 있어서는 스냅 촬영한 디지털 사진을 대상으로 하는 단사진 기반 지형보정의 경우 당초의 예측과는 달리 방법적으로나 정확도 확보에 있어서 활용이 곤란할 것으로 판단된다.

3차 함수식 기반 기하보정의 경우 방법적으로는 실무에서 활용하기에 가장 적당한 것으로 보이나 불규칙하고 심한 기복을 갖는 우리나라 산지 지형의 특성상 평면변환에 의한 기하보정은 정확도 면에서 변환모델 자체에 한계가 있다. 본 연구의 실험에서도 위치오차가 크게 나타나서 산불 피해 조사 업무의 특성을 감안하더라도 적절한 정확도를 확보하기 어려울 가능성이 많다고 판단된다.

TIN 기반 기하보정의 경우 실제 지형을 삼각형의 평면으로 분할하여 개개의 삼각형 별로 Affine 변환에 의한 기하보정을 수행하는 방식이므로 기하보정 정확도에 있어서 가장 좋은 방법이 될 수 있다. 하지만 이 경우에 막대한 수의 기준점을 선정하여 TIN을 구성해야 하므로 실무에서 실행하기가 쉽지 않은 방법이라고 보인다.

하지만, TIN 기반 기하보정을 수행하는 데 필요한

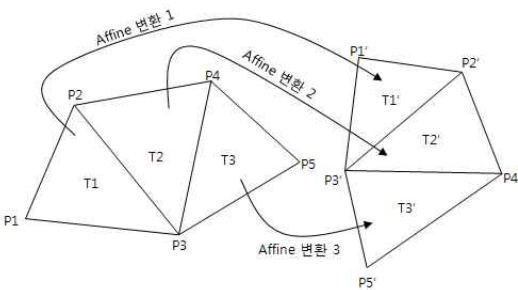


그림 9. TIN 기반 기하보정

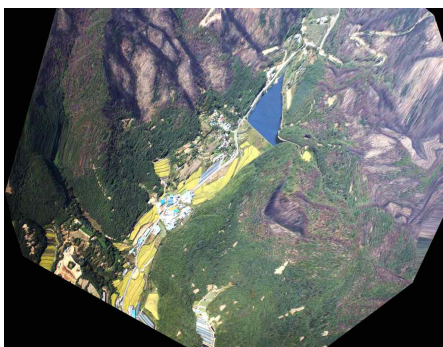


그림 10. TIN 기반 기하보정 영상(일부 지역)

기준점은 사진의 표정요소를 구하기 위한 기준점이나 평면좌표변환의 매개변수를 구하기 위한 기준점과는 그 역할이 다소 다르다고 할 수 있다. 사진의 표정요소를 구하거나 평면좌표변환의 매개변수를 구하기 위한 기준점은 그 정확도가 지형보정이나 기하보정 성과물 전체에 영향을 미치는 반면에 TIN 기반 기하보정에 쓰이는 기준점의 정확도는 해당 지점에서 국부적으로 영향을 미치게 된다. 또한 높은 정확도의 기하보정을 필요로 하지 않은 산불 피해 조사 업무에 있어서, TIN 기반 기하보정을 위한 기준점의 정확도는 통상적인 1 영상소 내외의 높은 정확도가 아니어도 활용이 가능하다고 볼 수 있다. 따라서 정확도는 다소 낮더라도 많은 수량의 기준점을 손쉽게 구할 수 있는 방법만 제공된다면 TIN 기반 기하보정이 산불 피해 조사의 실무에서 충분히 활용될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 TIN 기반 기하보정에서 다량의 기준점을 비교적 정확하게 수집하는 방안으로서 그림 3과 같은 대상지역의 기본 공간영상자료 상에서는 물론, 이를 그림 5의 수치표고모형과 중첩하여 대상 사진과 유사한 화각을 갖춘 3차원 가시화 상태로 만들어서 기준점을 취득하는 방안을 도출하였다. 그림 12는 본 연구에서 시험제작한 3차원 가시화 상태의 영상이다. 이 영상은 ERDAS IMAGINE ver. 8.6 프로그램 내의 VirtualGIS 모듈에서 만들어진 것이다.

그림 4의 대상사진에 대해 그림 3의 기본 공간영상자료를 기준으로 하여 다량의 동일한 점을 찾아서 기준점을 취득하는 것은 쉽지 않은 일이다. 하지만, 그림 12와 같이 대상사진과 유사한 화각의 3차원 가시화 영상을 기준으로 동일한 점을 찾는 것은 훨씬 쉬운 일이 될 것이다. 즉, 작업 화면 상에 대상 사진과 기본 공간영상자료와 3차원 가시화 영상 등 3개의 창을 올려두고 작업을 하면 다량의 기준점을 비교적 쉽게 취득할 수 있을 것이다.

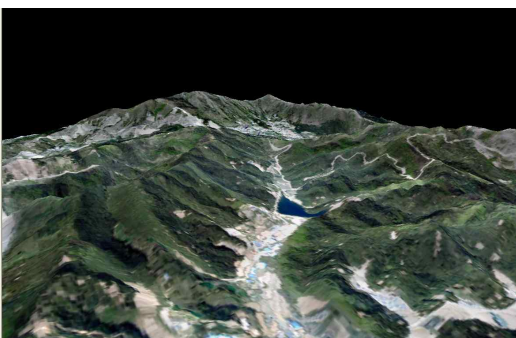


그림 12. 대상 사진과 유사한 화각의 3차원 가시화 영상

본 연구에서는 ERDAS IMAGINE ver. 8.6 프로그램 내의 VirtualGIS 모듈 상에서 이러한 방법을 시험적으로 수행을 해보았다. 시험 결과, 대상사진과 기본 공간영상자료 상에서의 동일점들을 매우 신속하고 정확하게 찾아낼 수 있었다. 하지만, VirtualGIS 모듈 상에서 관측된 지상좌표는, ERDAS 프로그램의 TIN 기반 기하보정 기능인 'Rubber sheeting' 기능에 자동적으로 입력되지 않으므로 관측된 좌표들을 다시 수동으로 입력해야 하는 문제로 인하여 작업이 매우 불편하였다. 이렇게 기하보정 과정에서 3차원 가시화 영상을 기준으로 기준점을 취득하는 것은 ERDAS는 물론 기타 다른 소프트웨어에서도 별도로 제공하지 않는 기능이다. 따라서, 본 연구에서 도출한 3차원 가시화 영상을 기준자료로 활용하는 방안은 산불 피해 조사용 시스템에 구현될 경우 기존의 소프트웨어들과 차별화된 기능일 것이다.

TIN 기반 기하보정은 일반적으로 TIN 내의 삼각형에 대해서만 기하보정이 이루어진다. 따라서 여러 매의 사진이 촬영되어 있을 경우에는 촬영방향과 마주보는 지역에 대해서만 TIN 기반 기하보정을 수행하고 이를 기본 공간영상자료 상에 모자이크함으로써 대상지역 전체에 대해 비교적 높고 균일한 정확도로 기하보정된 영상을 얻을 수 있다. 그림 13에는 본 연구에서 수행된 결과가 나타나 있다. 그림 13은 각기 다른 방향에서 촬영된 12매의 사진에서 TIN을 구성하기에 적절한 영역만을 TIN 기반 기하보정한 후에, 대상지역의 기본 공간영상자료상에 모자이크를 한 결과이다. 그림 13에는 산불 피해 상황이 기본 공간영상자료를 기준으로 잘 나타나 있으며 따라서 그 범위나 면적을 효과적으로 산정할 수 있다.

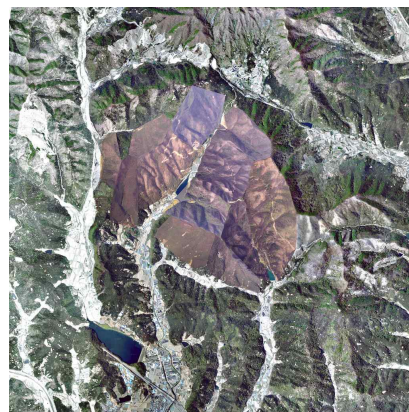


그림 13. 기본 공간영상자료 상 TIN 기반 기하보정 영상 모자이크



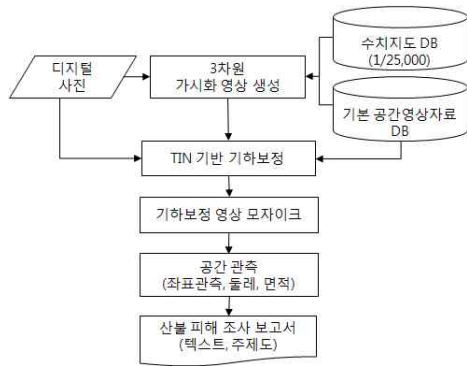


그림 14. 산불 피해 조사 자료처리 흐름도

본 연구에서 정립된 자료처리 방안을 수행하기 위한 자료처리 흐름도는 그림 14와 같이 나타낼 수 있다.

그림 14의 자료처리 흐름도에서 입력자료는 디지털 사진이 된다. 그리고 수치지도 DB와 기본 공간영상자료 DB가 갖추어져 있어야 한다. 자료처리 기능은 3차원 가시화 영상 생성 기능, TIN 기반 기하보정 기능, 기하보정 영상 모자이크 기능, 공간 관측 기능, 결과물 보고서 작성 기능 등으로 구성되어 순차적으로 자료처리가 이루어지도록 흐름도를 작성하였다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 산불 피해 지역을 공중에서 스냅 촬영한 여러 매의 디지털 사진으로부터 산불 피해 면적을 산정하기 위한 시스템 개발에 활용하기 위해, 기존의 프로그램을 이용하여 실무에서의 활용을 염두에 두고 시험 자료처리를 수행함으로써 디지털 사진을 이용한 산불 피해 조사 방안을 마련하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 공중에서 스냅 촬영한 디지털 사진으로부터 산불 피해 면적을 산정하기 위한 기하보정 방법으로서는 TIN 기반의 기하보정이 정확도 면에서 가장 적합하다는 것을 알 수 있었다.
2. TIN 기반 기하보정에는 다량의 기준점이 소요되므로 이를 위해 대상 사진과 유사한 화각을 갖는 3차원 가시화 영상을 기반으로 기준점을 구할 수 있는 기능이 제공된다면 TIN 기반 기하보정에 소요되는 다량의 기준점을 비교적 쉽게 취득할 수 있다는 것을 알 수 있었다.
3. TIN 기반 기하보정의 경우 TIN 내부의 영역에서만 기하보정이 이루어지므로 여러 매의 사진으로부터 부분적으로 기하보정된 영상을 모자이크 하

기 위한 기능이 필요함을 알 수 있었다.

4. 시험 자료처리를 통해서, 본 연구에서 정립된 방안에 대한 자료처리 흐름도를 제시할 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구를 수행하기 위한 디지털 사진을 제공해주신 안동 MBC와 정동원 기자님께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 김상완, 2009, "RADARSAT-1 SAR 영상을 이용한 강원도 산불지역 관측", *2009년도 춘계학술대회 논문집*, 대한원격탐사학회, pp.309-313.
2. 방기인, 정수, 김경옥, 조우석, 2002, "지상기준점 추가에 의한 IKONOS RPC 갱신", *지형공간정보학회 논문집*, 제10권, 제4호, pp.41-50.
3. 산림청 웹사이트, 2010, 통계자료방, <http://www.forest.go.kr>.
4. 산림청 산불정보시스템, 2010, 산불정보시스템, <http://sanfire.forest.go.kr>.
5. 산림청, 2010, 2010년 산불방지 종합대책, 산림청, p.2.
6. 서지훈, 정수, 김경옥, 2002, "지상기준점을 이용한 TIN 기반 기하보정방법에 관한 연구", *지형공간정보학회 논문집*, 제10권 제3호, pp.115-122.
7. 정동원, 2009.10.23, "산림청, 산불 관련 제도 개선", 안동 MBC 뉴스
8. 정동원, 2009.4.23, "안동 금소리 산불 면적은 66 ha", 안동MBC 뉴스
9. 양인태, 유영걸, 최승필, 김응남, 1999, "GIS에 의한 산불 피해 지점의 공간 분포 분석", *지형공간정보학회 논문집*, 제7권, 제2호, pp.93-100.
10. 오남학, 2009, MODIS 영상을 이용한 산불피해 면적분석에 관한 연구, 석사학위논문, 경북대학교
11. 정 수, 2005, "직접선형변환 매개변수로부터 물리적 사진기 매개변수의 산정", *지형공간정보학회논문집*, 제13권, 제2호, pp.39-43.
12. 최승필, 김동희, 이석균, 2006, "위성영상 자료에서 요인분석에 의한 산불 피해 지역 추출", *지형공간정보학회논문집*, 제14권, 제1호, pp.13-19.
13. Brass, J.A., V.G. Ambrosia, J.D. Rieker Jr., and A.C. Roberts, 2001. Forest fire fighting from real-time air-borne infrared remote sensing, available from URL: <http://www.airplatforms.com/media/pdf/Canberra Firefighting.pdf>
14. Daum, 2010, Daum 지도, <http://local.daum.net/>

- map/index.jsp
15. El-Sheimy, N. and B. Wright, "The Development and Testing of a Prototype Mobile Mapping System for Real-time Forest Fire Hot Spot Detection", *PE&RS*, ASPRS, Vol 71, No. 4, pp.461-470.
  16. Google, 2010, Google earth, <http://www.google.com/earth/index.html>
  17. Li, Z., Y.J. Kaufman, C. Ichoku, R. Fraser, A. Trishchenko, L. Giglio, J. Jin, and X. Yu, 2000. A Review of AVHRR-based Active Fire Detection Algorithms: Principles, Limitations, and Recommendations, available at URL: [http://www.fao.org/gtos/gofc-gold/docs/fire\\_ov.pdf](http://www.fao.org/gtos/gofc-gold/docs/fire_ov.pdf)