

# 고부가 정보 추출을 위한 위성 영상 처리 소프트웨어의 개발: '발라드-프로'\*

이해연<sup>1</sup> · 박원규<sup>2</sup> · 김승범<sup>2</sup> · 김태정<sup>2</sup> · 윤태훈<sup>2</sup> · 신동석<sup>2</sup> · 이흥규<sup>1</sup>

Development of Value-added Product Generation Software  
from Satellite Imagery: 'Valadd-Pro'\*

Hae Yeoun Lee<sup>1</sup> · Wonkyu Park<sup>2</sup> · S.A.B Kim<sup>2</sup> · Taejung Kim<sup>2</sup> ·  
Taehun Yoon<sup>2</sup> · Dongseok Shin<sup>2</sup> · Heungkyu Lee<sup>1</sup>

## 요 약

한국과학기술원 인공위성연구센터(SaTReC)에서는 위성 영상으로부터 과학적으로 또는 실생활에 유용한 고부가 가치 정보를 생성하기 위해 '발라드-프로' 고부가 정보 추출 소프트웨어를 개발하였다. 본 논문에서는 '발라드-프로' 소프트웨어에 대해 소개하고, 소프트웨어의 핵심 컴포넌트인 기하 보정, 정사 보정 및 수치 표고 모형 생성 컴포넌트에 대해 기술하였다. 본 소프트웨어의 성능을 분석하기 위해 GPS로 실측한 지상 기준점과 60km×60km SPOT Panchromatic 영상을 사용하였다. 또한 미국 지질조사국(USGS)의 DTED와 국립지리원의 수치지도에서 생성한 수치 표고 모형을 이용하여 위성 영상 처리를 위해 범용으로 사용되는 P사의 상용 소프트웨어와 비교하였다. 분석 결과에 의하면 기하 보정의 경우 '발라드-프로' 소프트웨어는 P사의 소프트웨어에 비해 적은 수의 지상 기준점을 필요로 하고, 정사 보정의 경우 비슷한 성능을 갖고 있다. 또한 수치 표고 모형 추출의 경우 '발라드-프로' 소프트웨어가 P사의 소프트웨어에 비해 정확도 면에서 2배, 수행 속도면에서 4배 우수한 것으로 나타났다.

주요어: 수치 표고 모형, 정사 보정, 기하 보정, SPOT, 영상 처리 소프트웨어

## ABSTRACT

To extract value-added products from satellite images for the benefit of science and human life, the Satellite Technology Research Center at Korea Advanced Institute of Science and Technology has developed an integrated software 'Valadd-Pro'. In this paper, the 'Valadd-Pro' software is briefly

1999년 12월 9일 접수 Received on December 9, 1999

\* 본 연구는 과학기술처 국책 연구 개발 과제인 원격탐사 기반 및 응용 기술 개발 사업 'EOC 영상 자료 처리, 활용 기술 개발 연구' 과제(과제번호 NN28220)의 연구지원에 의하여 수행되었습니다.

<sup>1</sup> 한국과학기술원 전산학과 (hytoiy@casaturn.kaist.ac.kr)

Dept. of Computer Science, Korea Advanced Institute of Science and Technology

<sup>2</sup> 한국과학기술원 인공위성연구센터 (wpark@satrec.kaist.ac.kr)

Satellite Technology Research Center, Korea Advanced Institute of Science and Technology

introduced and its main components such as geometric correction, ortho correction and digital elevation model extraction are described. The performances of the 'Valadd-Pro' was assessed on 60km×60km SPOT panchromatic images using ground control points from GPS measurements. Also, the height accuracy was measured by comparing our results with the DTEDs<sup>3</sup> produced by USGS and the DEM generated from the digitized countours of maps produced by the National Geographic Institute. In geometric correction, the 'Valadd-Pro' software needed fewer ground control points than a commercial software 'P' for the satisfactory results. In ortho correction, the 'Valadd-Pro' software show the similar performance to a commercial software 'P'. In digital elevation model extraction, the 'Valadd-Pro' software is two times more accurate and four times faster than a commercial software 'P'.

**KEYWORDS:** DEM, Geometric Correction, Ortho Correction, SPOT

## 서 론

오늘날 위성 기술이 발달함에 따라 위성 영상의 해상도가 증가하고, 위성 영상을 취득하기가 매우 용이해졌다. 그러나 위성 영상에 대한 처리를 통해 고부가 가치 정보를 생성하지 못한다면 위성 영상 자체만으로는 아무런 의미를 갖지 않는다. 즉 위성 영상으로부터 과학적으로나 실생활에 유용한 정보를 추출하는 것은 필수적이고 매우 중요하다고 할 수 있다.

이와 같은 필요성으로 인하여 선진국의 경우 위성 영상에서 고부가 가치 정보를 생성하기 위한 노력은 오래 전부터 이루어져 왔다. 특히 위성 영상의 해상도가 증가하여 경제적, 산업적 가치가 높아짐에 따라 이들에 대한 연구는 더욱 활발해 지고 있다. 그러나 국내에서는 위성 영상으로부터 고부가 가치 정보를 생성하기 위한 기술이 미비하여 선진국으로부터 고비용의 위성 영상 처리 소프트웨어를 수입하고 있다. 따라서 한국과학기술원 인공위성연구센터(SaTReC)에서는 위성 영상 처리 기술을 확보하고, 고부가 정보를 생성하기 위해 '발라드-프로' 고부가 정보 추출 소프트웨어 (Valadd-Pro: VALue ADDED PROduct generation software)를 개발하였다.

'발라드-프로' 소프트웨어는 위성 영상의 실질적 응용에 필수적인 수치 표고 모형 생성(digital elevation model extraction), 기하 보정(geometric correction) 및 정사 보정(ortho-correction)의 세가지 핵심 컴포넌트로 구성되어 있다. 본 소프트웨어에서는 기하 보정을 위해 위성의 궤도 추정에 기반하여 칼만 필터를 도입하였고, 정사 보정을 위해 자체 개발한 역변환 알고리즘을 사용하였다. 또한 본 소프트웨어의 핵심 기능인 수치 표고 모형을 생성하기 위해서는 위성의 기하학적 모델에 기반한 영상 정합 알고리즘과 보간 알고리즘을 사용함으로써 수치 표고 모형의 정확도를 높였고 수행 속도 또한 개선하였다.

본 논문에서는 '발라드-프로' 소프트웨어에 대해서 소개하고, 핵심 컴포넌트인 기하 보정, 수치 표고 모형 생성, 정사 보정에 대해서 각각 설명하였다. 또한 개발한 '발라드-프로' 고부가 정보 추출 소프트웨어의 성능을 실제 60km×60km SPOT Panchromatic 위성 영상을 사용하여 비교, 분석을 하였다.

## '발라드-프로' 고부가 정보 추출 소프트웨어

'발라드-프로' 소프트웨어는 위성 영상으로

<sup>3</sup> Digital Elevation Model(DEM) generated by USES

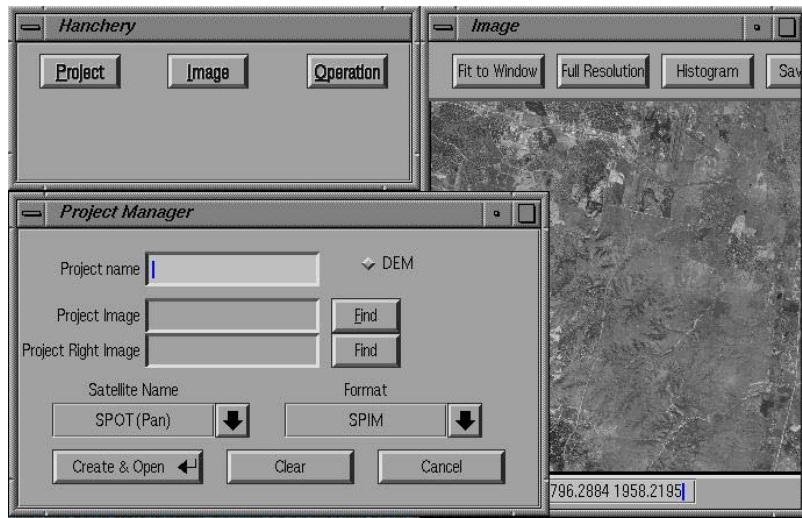


FIGURE 1. 'Valadd-Pro' software interface

부터 고부가 가치 정보를 생성하기 위한 통합 소프트웨어이다. 본 '발라드-프로' 소프트웨어는 시스템의 성능을 고려하여, 실리콘 그래픽스사의 Octain 시스템에서 IRIX 운영체제 환경하에 C++ 프로그래밍 언어를 사용하여 개발되었다.

'발라드-프로'는 다양한 소프트웨어 컴포넌트로 구성되어 있다. 본 소프트웨어의 컴포넌트들은 다음과 같다.

- 그래픽 사용자 인터페이스
- SPIM (SPOT 영상 형식), HIPS, GeoTiff 및 RAW 영상 형식 입출력 컴포넌트
- Histogram modification, zoom in/out 등 영상 분석 컴포넌트
- 수치 표고 모형 추출 컴포넌트
- 기하 보정 컴포넌트
- 정사 보정 컴포넌트
- 지도 투영 컴포넌트

소프트웨어를 개발함에 있어서 중요한 사항은 사용하기에 있어서의 편리성, 빠른 속도 및 시스템의 안정성이다. '발라드-프로' 소프트웨어는 사용의 편리성을 위해 그림 1에 나타

난 것과 같이 Fdesign 패키지를 사용하여 그래픽 사용자 인터페이스를 채택하고 있고 빠른 수행 속도와 화상 전송을 위해 OpenGL 그래픽스 라이브러리를 사용하여 개발되었다. 또한 본 소프트웨어는 SPIM, HIPS 및 RAW 영상 형식과 같이 자주 사용되는 영상 형태를 지원하고 있다.

### 1. 기하 보정 컴포넌트

일반적으로 위성으로부터 수신한 원시 위성 영상은 많은 기하학적 왜곡을 가지고 있다. 이와 같은 왜곡의 주된 원인 중의 하나는 지구의 자전과 지구의 형태가 타원체라는 사실에서 기인한다. 또한, 위성에서 수신한 위성 영상의 각 픽셀은 위도나 경도와 같은 좌표에 대한 정보를 포함하고 있지 않다. 따라서 위성 영상을 활용하기 위해서는 각각의 픽셀에 대해 지표면 상에서의 좌표값을 계산할 수 있어야 하고, 위에서 기술한 기하학적 오류를 보정해 주어야 한다(Shin과 Lee, 1998).

'발라드-프로' 소프트웨어에 포함되어 있는 기하 보정 컴포넌트는 1) 지상 기준점 취득, 2) 위성 센서 모델링, 기하학적 보정 및

Re-sampling, 3) 지도 투영의 3개 주요 단계로 구성되어 있다.

지상 기준점이란 영상 상의 한 점과 그에 해당하는 실제 지표면 상에서의 좌표를 말한다. 일반적으로 지상 기준점은 지도(paper map)나 수치 지도(vector map)에서 추출되고 있으나 정확성을 고려할 경우 실제 GPS(Global Positioning System)를 사용하여 취득하는 것이 좋다. 따라서 '발라드-프로' 소프트웨어에서는 파일 입출력을 통해 GPS로부터 측정한 지상 기준점을 처리할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 또한 지상 기준점은 영상 상에서 픽셀을 선택하고, 해당 점의 지상 좌표를 지상 기준점 입력 윈도우를 통해 입력함으로써 처리할 수도 있다.

기하 보정은 기하학적 보정과 정밀 보정으로 구성되어 있다. 기하학적 보정에서는 위성으로부터 취득한 위성의 궤도나 자세에 대한 정보, 또는 NORAD에서 제공하는 궤도 요소와 같은 정보가 사용된다. 그러나 일반적으로 궤도나 자세에 대한 정보에는 상당한 오류가 포함되어 있으므로 지상 기준점을 사용하여 위성의 속도, 위치나 자세에 대해 정확한 추정하는 정밀 보정의 과정이 필요하다. 본 소프트웨어에서 원시 영상에 대해 기하 보정을 위해 사용한 알고리즘은 그림 2와 같다. 위성의 초기 궤도 및 자세 정보를 지상 기준점으로부터 정확한 값으로 추정하고, 이 값들을 사용하여 기하 보정을 수행한다. 특히 위성의 초기 궤도 및 자세 정보를 지상 제어점을 사용하여 추정하기 위해 오차를 보유하고 있는 측정치들로

부터 원하는 변수를 추정하는 최적 추정기인 칼만 필터를 도입하여 추정의 정확도를 개선하였다.

일반적으로 지구의 형태는 타원체이고, 지도는 평면상에 존재하기 때문에, 위성 영상을 평면상으로 투영시켜야 할 필요가 있다. 이와 같은 변환을 지도 투영이라고 한다. '발라드-프로' 소프트웨어에서는 범용적으로 사용되는 TM 및 UTM 등과 같은 투영 방식을 지원하고 있다. 또한 대부분의 데이텀과 타원체를 지원한다.

기하 보정 컴포넌트에 대한 성능의 분석은 1. 기하 보정 컴포넌트 분석에서 수행하도록 하였다. 본 컴포넌트에 사용된 알고리즘에 대한 자세한 설명 및 성능 분석은 Shin 등 (1999)의 보고에 기술되어 있다.

## 2. 수치 표고 모형 추출 컴포넌트

수치 표고 모형(Digital Elevation Model 또는 Digital Terrain Elevation Data)이란 디지털 데이터로서 지형의 높이와 지상 좌표(위도 및 경도)를 포함하는 지리적인 정보를 나타낸다. 일반적으로 수치 표고 모형은 항공 영상이나 위성 영상 등과 같은 영상 데이터로부터 다양한 방법을 통해 추출할 수 있다. 특히 위성 영상을 사용하여 수치 표고 모형을 추출하는 것은 다음과 같은 이점이 있다. 첫째, 넓은 지역을 포함한다. 둘째, 디지털 데이터로서 자료 처리 전체 과정을 자동화 할 수 있다. 셋째, 다양한 위성으로부터 영상의 취득이 용이하다. 넷째, 위성 영상은 실시간으로 변화하는 지형 정보를 빠르게 반

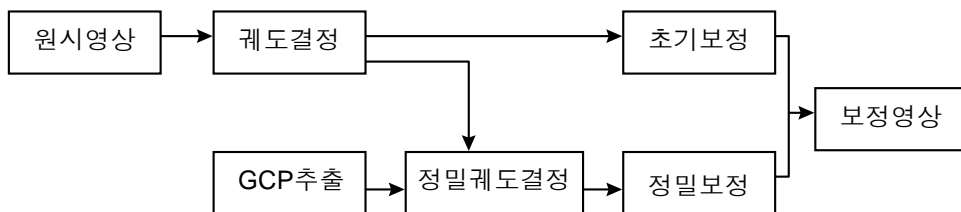


FIGURE 2. Flow of precise geometric correction algorithm

영한다 (Lee 등, 1999). 그러나 이와 같은 장점에 불구하고, 위성 영상으로부터 수치 표고 모형을 생성하는 데에는 정확도가 낮고, 수행 시간이 오래 걸리는 단점들이 존재한다.

'발라드-프로' 소프트웨어에서는 이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 Linear Push-broom 센서 위성의 기하학적인 특성을 사용한 영상 정합 알고리즘을 도입하였고, 영상 보간 기법을 사용하였다(Lee 등, 1999, Kim 등, 1999a).

일반적으로 수치 표고 모형을 추출하는 것은 1) 지상 기준점의 취득, 2) 위성 센서 자세 모델링, 3) 영상 정합, 4) 수치 표고 모형 수정, 5) 영상 보간의 5단계로 구성되어 있다. 위성 센서 모델링이란 위성 센서와 지표면 사이의 기하학적인 관계를 추정하는 것을 말하고, 영상 정합이란 스테레오 영상에 대해 지상에 동일한 지점에 해당하는 영상 상의 픽셀을 찾는 과정이다. 일반적으로 영상 정합과 센서 모델링을 통해 계산한 지형의 높이값이 비정상적으로 나타날 경우 통계적인 방법을 통해 수정하는 과정이 필요하다. 이와 같은 과정이 수정의 단계이다. 수정의 단계를 마친 후의 지상 좌표 및 높이값 정보는 균일한 격자상에 존재하지 않는다. 따라서 지상 좌표 및 높이값에 대한 정보가 존재하지 않는 지역의 값을 주변의 정보를 사용하여 추정하는 과정이 필요한데 이를 영상 보간이라고 한다. 이와 같은 과정은 최종 산출물인 수치 표고 모형의 정확도, 면적 및 수치 표고 모형 생성 속도와 밀접한 관련을 가지고 있다.

항공 영상이나 정지 영상으로부터 수치 표고 모형을 생성하는데 사용되는 기술은 다음과 같은 이유로 Linear Push-broom 센서에서 취득한 위성 영상으로부터 수치 표고 모형을 생성하는데 사용하기에는 부적합하다. 첫째, 카메라의 종류가 다르다. 즉, 위성 카메라의 경우 카메라의 좌표가 영상의 라인이 변화할 때마다 변한다. 둘째, 위성 영상의 경우 구름이나 안개와 같은 잡음이 존재하고, 기하학적

왜곡이 심하게 나타난다. 셋째, 위성 영상을 촬영한 시간과 날짜에 따라 영상의 밝기값 차이가 인접 영상 사이에 크게 나타난다.

따라서 '발라드-프로' 소프트웨어에서는 상기 기술한 문제점을 고려하여 위성 영상으로부터 정확하고, 견고한 수치 표고 모형 추출 컴포넌트를 개발하였다. Linear Push-broom 센서의 기하학적 특성을 고려함으로써 영상 정합 알고리즘의 정확도, 정합 면적 및 수행 속도를 획기적으로 개선하였다(Lee 등, 1999). 또한 통계적인 특성에 기반하여 자동 수치 표고 모형 수정 과정과 지능형 보간 기법을 도입함으로써 위성 센서 모델과 영상 정합 결과로부터 생성된 높이값 데이터로부터 정확한 수치 표고 모형을 추출할 수 있도록 하였다 (Kim 등, 1999a).

수치 표고 모형을 생성하는데 있어서 핵심 단계인 영상 정합 알고리즘의 성능을 높이기 위해 사용된 기술은 다음과 같다. 동일한 대상을 촬영한 영상들 사이에는 Epipolarity의 특성이 존재한다. 즉 한 장의 영상 상에 존재하는 임의의 점은 다른 영상 상에서 선형적 또는 비선형적 제약을 갖는 영역 상에 나타난다. 이와 같은 영상의 Epipolarity 특성을 사용할 경우 영상 정합을 위한 정합 윈도우의 형태를 추정할 수 있고, 정확한 정합점 계산을 위해 탐색해야 하는 지역 후보 영역을 정밀하게 추정할 수 있다. 만일 스테레오 위성 영상이 서로 다른 촬영 각도를 갖을 경우 지표면 상의 일정한 영역을 나타내는 윈도우의 크기는 각 영상마다 다르다. 따라서, 위성 영상의 촬영각을 고려하여 각 영상에 정의되는 정합 윈도우의 크기를 결정하였다. 각 영상에 정의된 정합 윈도우의 유사성을 비교하기 위하여 통계적인 특성에 기반을 두고 있고, 견고한 정규화 교차 상관식을 사용하였다. 이와 같은 영상 정합의 과정을 영상 전체에 대해 적용하기 위해 영역 확장 알고리즘을 상기의 기술한 기술들과 결합함으로써, 영상 정합 알고리즘의

정확도와 정합 면적(정합점의 수)를 개선할 수 있고, 영상 정합의 수행 속도 또한 효율적으로 높일 수 있다.

영상 정합의 결과와 위성의 센서 모델을 사용할 경우 정합점에 있어서의 높이값을 계산할 수 있다. 일반적으로 영상 정합을 통해 생성된 높이값 결과는 (위도, 경도, 고도)와 같은 단순한 리스트 형태이므로 일정한 격자점에 대해 높이값을 계산하기 위해 영상 보간의 과정이 필수적이다. 정밀한 수치 표고 모형을 취득하기 위해 다양한 영상 보간 알고리즘을 평가해 보았고, 가우시안 보간 알고리즘이 우수한 결과를 나타내는 것으로 나타났다(Kim 등, 1999a). 특히 영상의 가장자리나 해안, 강, 호수 등에 나타나는 문제점을 해결하기 위해 다음과 같은 특성을 사용하여 결과를 개선하였다. 첫째, 일정한 반경 내에 존재하는 보간 입력점(interpolant)의 분포를 평가하기 위해 center-of-gravity(COG)와 empty-center-index(ECI)를 사용하였다. 둘째, 영상 정합 결과에 있어서 빈 공간을 보간해야 하는지 아닌지를 판단하기 위해 공간 분할 알고리즘을 도입하였다. 셋째, 정합 결과에 있어서 잡음의 특성을 갖고 있는 특성의 제거를 위해 2차 영상 분할 알고리즘을 사용하였다.

영상 보간을 위해 위에서 설명한 기술을 결합함으로써 Blunder<sup>4</sup>나 영상 정합에서의 오정합으로 인해 발생한 잘못된 지형적 특성을 제거할 수 있다.

위성의 기하학적인 특성을 고려한 영상 정합 알고리즘과 지능형 보간 알고리즘을 사용하여 성능을 개선한 수치 표고 모형 추출 컴포넌트의 성능에 대한 분석은 본 논문의 2. 수치 표고 모형 생성 컴포넌트 분석에서 기술하도록 한다.

### 3. 정사 보정

‘발라드-프로’ 소프트웨어에서 정사 보정

컴포넌트는 1) 센서 모델링 과정, 2) 센서 모델을 사용한 3차원 지상 좌표계를 2차원 영상 좌표로 변환하는 과정, 3) 2차원 영상 좌표의 각 픽셀에 밝기값을 할당하는 과정으로 구성되어 있다.

정사 보정 컴포넌트에서 센서 모델링을 위해 사용된 모델은 상기의 수치 표고 모형을 생성하기 위해 사용된 센서 모델과 동일한 모델을 채택하였다. 또한 원시 위성 영상과 수치 표고 모형을 사용하여 계산한 3차원 지구 좌표를 2차원 영상 좌표로 변환하기 위해, 본 소프트웨어에서는 자체적으로 개발한 역변환 알고리즘을 사용하였다(Kim 등, 1999b). 개발된 역변환 알고리즘에서는 위성의 자세를 가정하고, 위성의 위치를 추후에 추정하는 방식을 사용함으로써, 비선형 방정식을 선형화하여 계산한다. 이와 같은 비선형 방정식을 선형화하여 해를 구함으로써, 3차원 지상 좌표를 2차원 영상 좌표로 빠르게 변환할 수 있다.

### ‘발라드-프로’ 소프트웨어의 성능 분석

소프트웨어를 개발하는데 있어서 중요한 사항 중에 하나는 소프트웨어의 성능을 평가하고 분석하는데 있다. 본 논문에서는 ‘발라드-프로’ 소프트웨어의 성능을 분석하기 위하여, 실제 10m 해상도를 갖는 6,000×6,000 SPOT Panchromatic 영상(60km×60km)을 사용하였다. 특히 생성된 결과물의 정확도를 비교하기 위해 미국 USGS에서 제작된 100m 해상도 DTED(Digital Terrain Elevation Data)와 국립지리원에서 디지털화한 수치 지도로부터 생성한 60m 해상도 수치 표고 모형 데이터를 사용하였고, 정확한 성능의 분석을 위해 GPS를 사용하여 실측한 지상 기준점을 사용하였다. 또한 ‘발라드-프로’ 소프트웨어를 평가하기 위하여 위성 영상 처리를 위해 범용으로 사용되고 있는 P사의 상용 소프트웨어와의 비교를 수행하였다. 미국 NASA의 분석 연구 결과에

<sup>4</sup> glossily inaccurate match

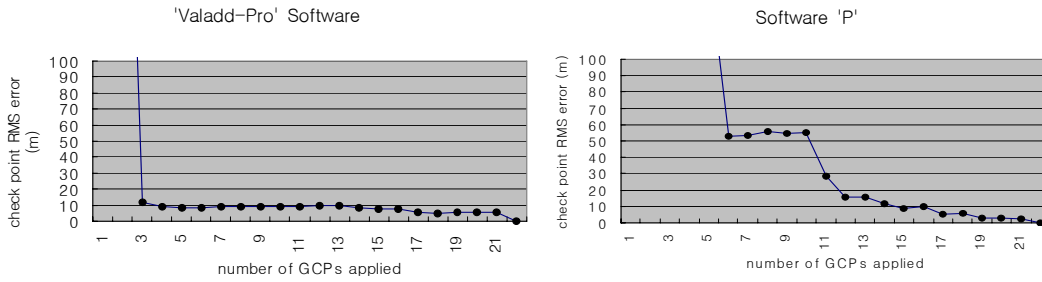


FIGURE 3. Geometric correction comparison of 'Valadd-Pro' and commercial software

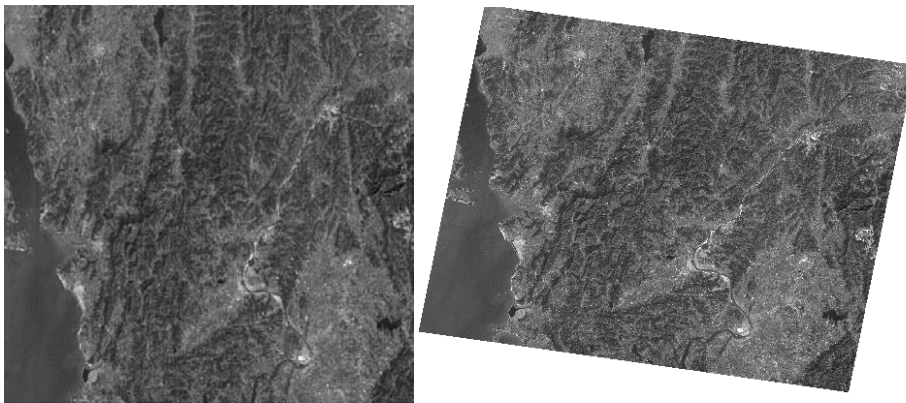


FIGURE 4. Boryung Raw image(left) and geometric corrected image(right)

따르면 위성 영상 처리를 위해 사용되는 상용 소프트웨어 중에서 P사의 제품과 I사의 제품이 우수한 것으로 증명되었고, P사 및 I사의 제품 외에 E사와 T사의 제품에 사용된 핵심 알고리즘이 동일한 것으로 알려져 있어, '발라드-프로'의 P사 제품과의 비교 결과는 일반성을 잃지 않는다.

### 1. 기하 보정 컴포넌트 분석

본 논문에서는 '발라드-프로' 소프트웨어의 기하 보정 컴포넌트의 성능을 분석하기 위하여 GPS로 측량한 서울-경기 지역 33점, 보령-부여 지역 22점, 서산-당진 지역 30점, 전북 무주 35점의 지상 기준점을 사용하였다.

각각의 영상에 대해 지상 기준점의 수에 따른 '발라드-프로' 소프트웨어의 기하 보정

컴포넌트와 P사의 상용 소프트웨어의 기하 보정 모듈의 정확도 분석 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림 3의 결과는 실측한 지상 기준점 중에서 임의로 지상 기준점을 추출하고, 나머지 점들을 검사점으로 사용하는 과정을 반복하여 분석한 평균적인 결과이다.

그림 3에서 나타난 것과 같이 '발라드-프로' 소프트웨어의 기하 보정 컴포넌트는 적은 수(대략 5점)의 지상 기준점에 의해서도 높은 정확도<sup>5)</sup>를 보이는 장점을 가지고 있는 것을 알 수 있다. 이에 반하여 P사의 상용 소프트웨어의 경우 정확한 결과를 얻기 위해 대략 15점 이상의 지상 기준점을 필요로 함을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 '발라드-프로' 소프트웨

5 SPOT 영상의 해상도가 10m임을 고려하면 10m의 RMS 에러는 충분히 정확하다.

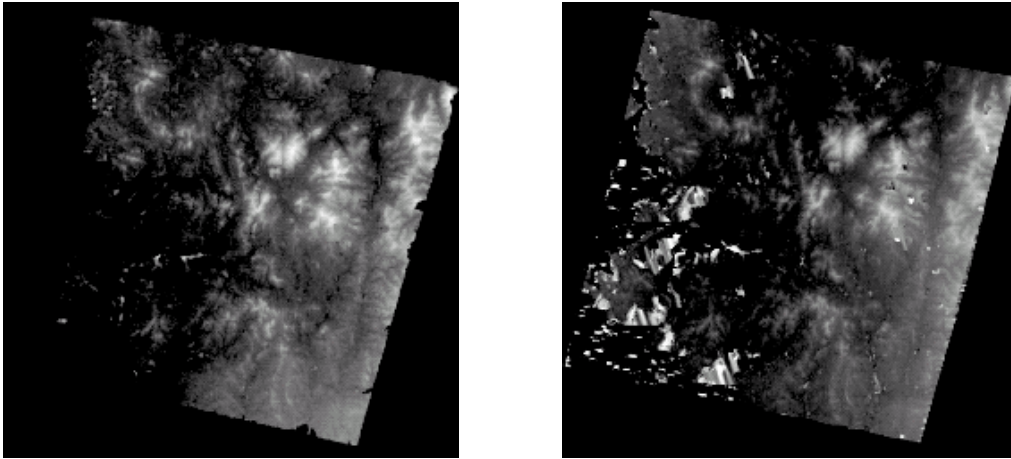


FIGURE 5. Extracted digital elevation model using 'Valadd-Pro'(left) and commercial software 'P'(right)

어의 위성 속도, 위치 및 카메라 자세 요소를 추정하는 알고리즘이 P사의 상용 소프트웨어의 알고리즘보다 성능이 우수한 것에 기인한다. 그림 4에는 기하 보정을 수행하기 전의 영상과 '발라드-프로' 기하 보정 컴포넌트를 사용하여 보령-부여 원시 위성 영상에 대해 기하 보정을 수행한 결과가 나타나 있다.

## 2. 수치 표고 모형 생성 컴포넌트 분석

'발라드-프로' 소프트웨어의 수치 표고 모형 생성 컴포넌트의 성능을 분석하기 위해 임의로 선택한 서울-경기 지역 영상, 보령-부여 지역 영상 및 서산-당진 지역 스테레오 영상을 사용하였다. 실험에 사용된 영상은 각각 6,000×6,000 SPOT Panchromatic 영상<sup>6</sup>으로 이 지역 안에는 도시, 산악, 강과 바다 등이 고루있어, 일반적인 지형 특성을 충분히 반영한다.

그림 5는 서울-경기 지역의 영상(그림 6의 좌측 영상)에 대해 '발라드-프로' 소프트웨어와 P사의 상용 소프트웨어를 통해 생성한 수치 표고 모형이다. 그림 5에 나타난 것과 같이 P사의 소프트웨어의 경우 바다와 해안 지역에 있어서 심각한 오류가 나타나고 육지에 있어

서도 빈번히 오류<sup>7</sup>가 나타나고 있음을 알 수 있다. 이에 반하여 '발라드-프로' 소프트웨어의 경우 바다 영역에서의 오류는 거의 없고 해안 지역에서만 오류가 나타남을 알 수 있다. 또한 P사의 소프트웨어에 있어서 육지에서 나타났던 오류가 상당 부분 제거되었다. 이와 같은 결과는 Linear Push-broom 센서의 기하학적인 모델에 기반한 영상 정합 알고리즘을 사용하여 정합 결과의 정확도 및 수행 속도를 향상시키고, 효율적인 보간 방법을 도입함으로써 나타나는 결과이다.

각각의 영상에 대해 '발라드-프로' 소프트웨어와 P사의 소프트웨어를 사용하여 생성한 수치 표고 모형에 대하여 미국 지질조사국(USGS)에서 생성한 DTED 데이터<sup>8</sup>와 국립지리원의 수치 표고 모형<sup>9</sup>을 사용하여 비교한 평균적인 정확도와 생성 속도에 대한 결과가 표 1에 요약되어 있다. 특히 P사의 소프트웨어가 바다 지역에서 심각한 오류를 나타내기 때문에 비교의 공정성을 위하여 이에 대한 비교는

6 Full SPOT Panchromatic 영상의 크기는 6,000×6,000 pixel이고 해상도는 10m이다.

7 이웃한 영역과 밝기값 변화가 균일하지 못한 영역 - 흰색 점(일록)으로 나타남

8 국립지리원의 수치 표고 모형과의 평균적으로 5m 정도의 오차가 있다.

9 해상도가 높은 항공 영상으로부터 추출됨



포함시키지 않았다. 표 1에서 알 수 있듯이 '발라드-프로' 소프트웨어의 성능이 P사의 소프트웨어보다 정확도 측면에서 대략 2배 정도, 수행 속도 측면에서 대략 4배 이상 우수함을 알 수 있다.

**TABLE 1.** Performance analysis(on SGI Octane 175MHz, 128Mbyte RAM)

	Valadd-Pro	Commercial software 'P'
Average DEM Extraction Time	30~40(minutes)	2~3(hours)
Average DEM Accuracy	20~30(meter)	40~60(meter)
Geometric Correction Accuracy	15(meter)	15(meter)
Ortho Correction Accuracy	10(meter)	10(meter)

### 3. 정사 보정 컴포넌트 분석

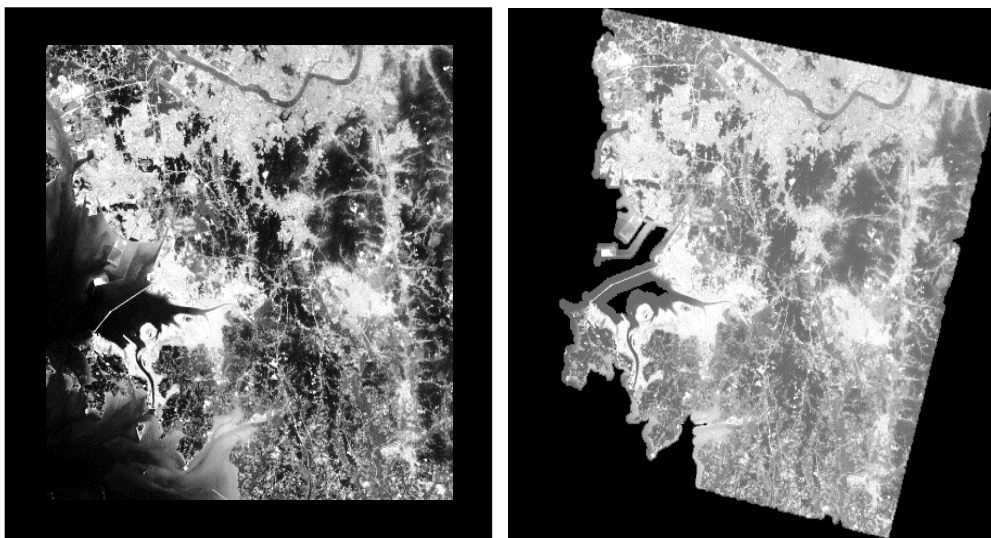
표 1에는 '발라드-프로' 소프트웨어와 P사의 소프트웨어를 통해 생성한 정사 보정 영상의 정확도에 대한 결과가 나타나 있다. 또한 그림 6에는 '발라드-프로' 소프트웨어를 통해 생성

한 서울-경기 지역의 정사 영상이 나타나 있다. 이와 같은 결과는 정사 보정을 위해 개발한 역변환 알고리즘의 정확도가 P사의 소프트웨어에서 사용된 정사 보정 알고리즘과 유사한 정확도를 갖고 있음을 나타낸다. 따라서 '발라드-프로' 소프트웨어 정사 보정 컴포넌트의 성능은 P사의 소프트웨어와 비슷한 성능을 가지고 있다.

## 결 론

위성 영상의 해상도가 증가하고, 상업적, 경제적 활용 가능성의 증대로 인하여 위성 영상으로부터 고부가 가치의 정보를 생성하는 것은 매우 중요하다. 그러나 선진국과는 달리 국내에서는 위성 영상의 처리 기술이 미비하여 대량의 소프트웨어를 선진국에서 수입하고 있다. 따라서 한국과학기술원 인공위성연구센터에서는 위성 영상을 실제적으로 활용하는데 필수적인 정보를 추출하는 '발라드-프로' 고부가 정보 추출 소프트웨어를 개발하였다.

'발라드-프로' 소프트웨어는 크게 1) 기하 보정 컴포넌트, 2) 수치 표고 모형 생성 컴포



**FIGURE 6.** Seoul raw image(left) and ortho corrected image(right)

년트. 3) 정사 보정 컴포넌트와 같은 3가지 핵심 컴포넌트로 구성되어 있다. 본 논문에서는 각 핵심 컴포넌트에 사용된 기술에 대해 설명하고, 실제 SPOT 위성 영상을 이용하여 본 소프트웨어의 성능 분석하였다. 또한 위성 영상 처리를 위해 범용으로 사용되고 있는 P사의 상용 소프트웨어와의 비교를 통하여 '발라드-프로' 소프트웨어의 성능을 분석하였다. 분석한 결과에 따르면 기하 보정과 정사 보정 컴포넌트의 정확도 면에서는 비슷한 성능을 나타내고 있으며, 수치 표고 모형 생성 컴포넌트의 경우 정확도 측면에서 2배, 수행 속도 측면에서 4배의 우수함을 확인할 수 있었다.

다목적 실용 위성 1호가 발사되면, '발라드-프로' 소프트웨어는 실제 다목적 실용 위성 1호의 EOC 위성 영상을 사용하여 성능을 분석할 예정에 있으며 현재까지의 결과를 분석해 볼 때 상당히 우수한 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대한다. **KAGIS**

## 참고문헌

Shin, D. and Y.R.Lee. 1998, Geometric correction of push-broom type high resolution satellite images. International Society of Photogrammetry and Surveying. Technical Commission:85-89.

Shin, D., Y.R.Lee, S.H.Kwak and T.G. Kim. 1999. The characterization of ground control Point distribution patterns for the performance assessment of camera models. ACRS, Hong Kong.

Lee, H.Y., T.Kim, W.Park and H.K.Lee. 1999. Accurate 3D geographic information extraction using SPOT images: A stereo matching algorithm based on the geometry of the linear pushbroom sensors. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.(Submitted)

Kim, S.B., T.Kim, W.Park and H.K.Lee. 1999a. An optimal interpolation scheme for producing a DEM from the automated stereo matching of full-scale SPOT images. International Society of Photogrammetry and Surveying. Hanover, Germany.

Kim, T., D.Shin and Y.R.Lee. 1999b. Development of a robust algorithm for transformation of a 3D object point onto a 2D image point for linear pushbroom imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.(Submitted) **KAGIS**