

광학 영상을 사용한 해안선과 해안지형 자동 생성 연구¹

김승범*, 이해연**

*한국과학기술원 인공위성연구센터, **셋트렉아이

Tel) 042-869-8629 Fax) 042-869-0064 Email) sbkim@satrec.kaist.ac.kr

본 논문에서는 해안지역의 광학 영상을 사용하여 수치 표고 모형을 생성하는데 있어서의 문제점을 분석하고, 해결 방법을 제시하였다. 수치 표고 모형을 생성하기 위해서는 영상 정합, 절대 표정, 영상 편집 및 영상 보간 등의 과정을 거치게 된다. 기존 영상 정합 및 보간 방법의 경우 해안 지역에 대한 고려가 없어 바다에서도 표고값이 계산된다. 그러나 영상 상에서 바다에 해당하는 지역은 특성이 존재하지 않아 정확히 정합점을 찾기 어려워 대부분의 경우 이렇게 계산된 표고값은 심각한 오차로 이어지게 된다. 따라서 본 논문에서는 영상 정합과 영상 보간에 있어서 해안선에 대한 고려를 통해 생성된 수치 표고 모형의 정확도를 높이고자 한다. 이와 같은 방법을 통해 생성한 수치 표고 모형은 정확도와 생성 시간에 있어서 상용 소프트웨어 보다도 우수하다. 또한 본 논문에서 제시한 방법은 해안 지역의 영상 뿐만 아니라 산악이나 도시 지역에 적용될 수 있다.

1. 서론

정확한 해안 지역에 대한 지형 정보는 홍수나 바다의 역류에 의한 범람을 예측, 배의 접근을 시뮬레이션 및 개발에 의한 해안 지역 변화 갱신 등과 같은 다방면의 활용에 있어서 중요하다. 기존의 경우 해안 지역 지형에 대한 정보는 항공 영상이나 실제 측량을 통해서 획득하거나 최근에는 SAR, Thematic Mapper 및 레이저와 같은 항공 측량을 통해 얻을 수 있었다. 이와 같은 방법을 통해 해안 지형 정보를 생성하는 것은 많은 시간과 비용이 소요되기 때문에 자연 변화나 개발 등의 영향으로 인해 지형 변화가 심한 해안 지역에 적용하기에는 비효율적이다. 대안으로서 위성 영상 데이터를 사용하는 것이 범용화 되고 있다.

위성 영상에서 지형 정보를 획득하기 위해 사용하는 방법은 Multi-temporal intertidal method, SAR interferometry와 Stereo photogrammetry 등이 있다. Multi-temporal intertidal 방법이나 SAR의 경우 0.4m 정확도의 수치표고모형을 생성할 수 있으나 실제 조사가 필요하기 때문에 자동화된 처리가 어렵다. 또한 생성된 수치표고모형은 intertidal 영역만을 포함하기 때문에 잠재적인 범람 영역에 대한 높이값 정보를 제공하기 어렵다. 입체 영상에서 생성한 수치표고모형의 경우 해안선에서 10% 정도의 오차가 나타나고 해안선 추출을 위해서는 수작업이 필요하게 된다. SAR interferometry를 사용할 경우 10m 정도의

¹ Submitted to *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*

높이 오차가 있으나 실제 사용을 위해서는 많은 실험을 필요로 한다.

본 논문에서는 광학영상에서 입체시를 통해 해안선 및 해안지형에 대한 자동 생성을 위한 방법에 대해 설명한다. 광학영상에서 수치표고모형을 생성하기 위한 상용 시스템들이 사용되고 이들에 대한 성능은 잘 분석되어 있다 (AJ-Rouson et al, 1997). 그러나 이들 시스템의 경우 영상에 특징이 적거나 해안선에서는 상당한 오차가 발생하는 것으로 나타났다 (Kim and Park, submitted). 본 논문에서는 해안선 및 해안지형에 대한 자동 생성을 위해 발라드프로 소프트웨어를 사용하였다. 발라드프로 소프트웨어는 한국과학기술원 인공위성연구센터에서 개발된 소프트웨어로서 상용 소프트웨어보다 성능에 있어서 우수한 것으로 나타났다 (Lee et al, submitted).

본 논문에서는 배의 접근을 시뮬레이션을 위한 목적으로 실험을 위해 60km x 60km를 포함하는 동해안 묵호 지역 영상을 선정하였다 (그림 1). 해당 영상에는 가파른 언덕, 평지, 해안가, 도시 및 항구 등과 같은 다양한 지형 특성이 나타난다. 하나의 영상은 -13' tilt 각의 1997년 10월 20일 촬영하였고, 다른 하나의 영상은 +26' tilt 각의 1999년 9월 3일 촬영한 10미터 해상도 SPOT Panchromatic 영상이다. 영상 촬영의 시간차에도 불구하고 두 영상 사이에 밝기값 차이나 조수 변화가 심각하지 않다.

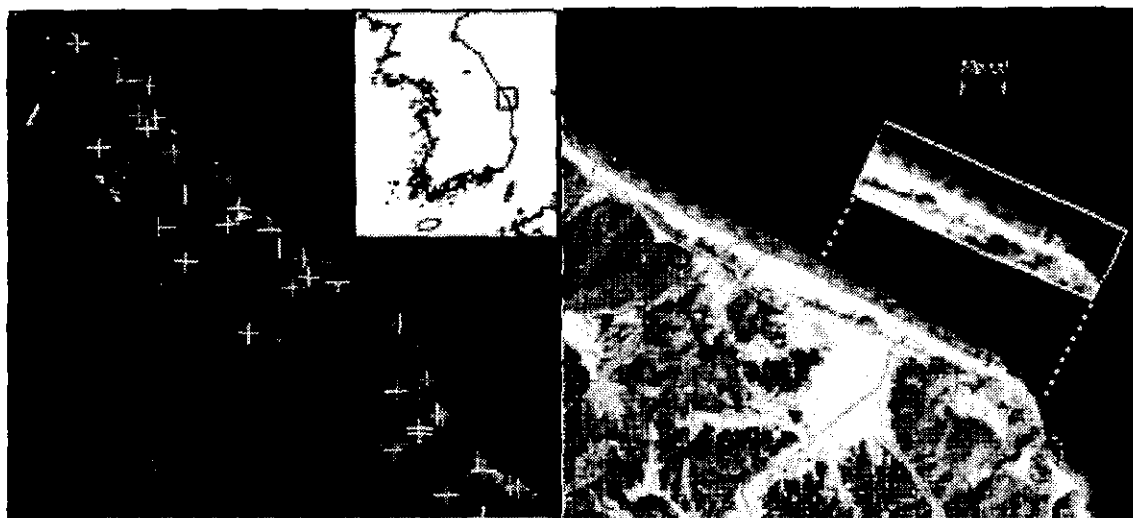


그림1. 묵호지역 위성 영상

그림2. 해안선과 정합결과 중첩영상

본 논문의 2장에서는 수치표고모형 생성에 대해서 살펴보고, 3장과 4장에서는 영상 정합과 보간에 있어서 해안선 및 해안지형 자동 생성을 위한 문제점 및 해결 방법에 대해 실험을 통해 분석하였다. 5장에서는 제안한 방법에 대해 정리하고 결론을 내리도록 한다.

2. 수치표고모형 생성

일반적으로 수치표고모형 생성의 과정은 센서 모델링, 영상 정합, 절대 표정, 자동 수정 및

영상 보간의 과정으로 구성되어 있다 (Lee et al, submitted). 센서 모델링은 지상 제어점을 사용하여 영상 촬영 당시의 지표면과 센서 사이의 관계를 모델링하는 과정으로 센서에 따라 다양한 모델이 존재한다. 영상 정합이란 동일한 지역을 촬영한 영상에서 지표면 상의 동일한 지점을 나타내는 영상 상의 점을 찾는 과정으로 특징 기반 방식 및 영역 기반 방식으로 크게 구분할 수 있다. 수치표고모형을 생성하기 위한 목적으로는 일반적으로 영역 기반 방식을 채택하고 있어 영상 전체에 대해 조밀하게 정합점을 찾을 수 있다. 센서 모델과 정합점을 계산하게 되면 해당 점에 대한 지상 좌표를 계산할 수 있는데 이 과정을 절대 표정이라고 한다. 절대 표정을 통해 생성한 지상 좌표값에는 부정합(Mismatch) 등의 원인으로 인해 오차가 나타나게 되는데 자동 수정 과정에서 t-test에 기반해서 오차를 편집하고 있다. 영상 정합이 이루어지지 못한 영역에서는 지상 좌표를 계산할 수 없으므로 조밀한 수치표고모형의 생성을 위해서는 이들 영역에 대해 영상 보간을 통해 좌표값을 계산해야 한다. 발라드프로에 대한 자세한 알고리즘 및 성능에 대한 내용은 Lee et al. (submitted)에 기술되어 있다.

3. 영상 정합의 문제점 및 해결방법

지형에 대한 수치표고모형을 얻기 위해서 영역 기반 알고리즘은 필수적이나 오류 전파(blunder propagation)나 영상 사이의 밝기값의 유사성이 없는곳에서 급격히 성능이 저하되는 문제점이 있다. 본 논문에서 고려하고 있는 해안 지역에서는 두 영상 사이에 밝기값의 유사성이 없고, 바다에서는 밝기값이 균일하지만 특징이 존재하지 않아 정합점을 찾기 어렵고 이로 인해 오류 전파가 심각하게 나타난다.

영상 정합을 위해서는 정합 격자 크기, 정합 윈도우 크기, 상관도 임계치 등과 같은 정합 파라미터를 결정해야 한다. 육지 뿐만 아니라 해안 지역의 지형 특성을 정확히 반영하기 위해서는 이들 파라미터의 효과적인 결정이 중요하다.

정합 격자 크기 선택에 있어서 효과적인 방법은 없으나 지형에 있어서의 변화율을 고려하여 선정하는 것이 중요하다. 기존에 정합 격자 크기는 SPOT영상에 대해 5픽셀(Lee et al, submitted), 6픽셀(Otto and Chau, 1989), 2미터 해상도 항공 영상에 대해 9픽셀(Heipke et al, 1996)이 사용되었다. 본 논문에서는 1픽셀 격자와 5픽셀 격자를 사용하여 평가하였다 (그림 3).

1픽셀 격자 간격의 경우 육지에서 보다 해안선에 있어서 100미터 정도의 오류(blunder)가 나타난다. 이와 같은 오류는 자동 편집 과정에서 제거될 수 없기 때문에 심각한 문제가 된다. 이와 같은 원인은 영역 기반 정합에서 채택하고 있는 영역 확장 방법에 기인한 것으로 영상 상의 밝기값의 변화가 균일한 곳에서 상관도의 평가 방법의 한계로 인해 한 정합점의 오차가 이웃한 점으로 전파되기 때문이다. 해안선이나 바다와 같은 경우 영상 상에서 밝기

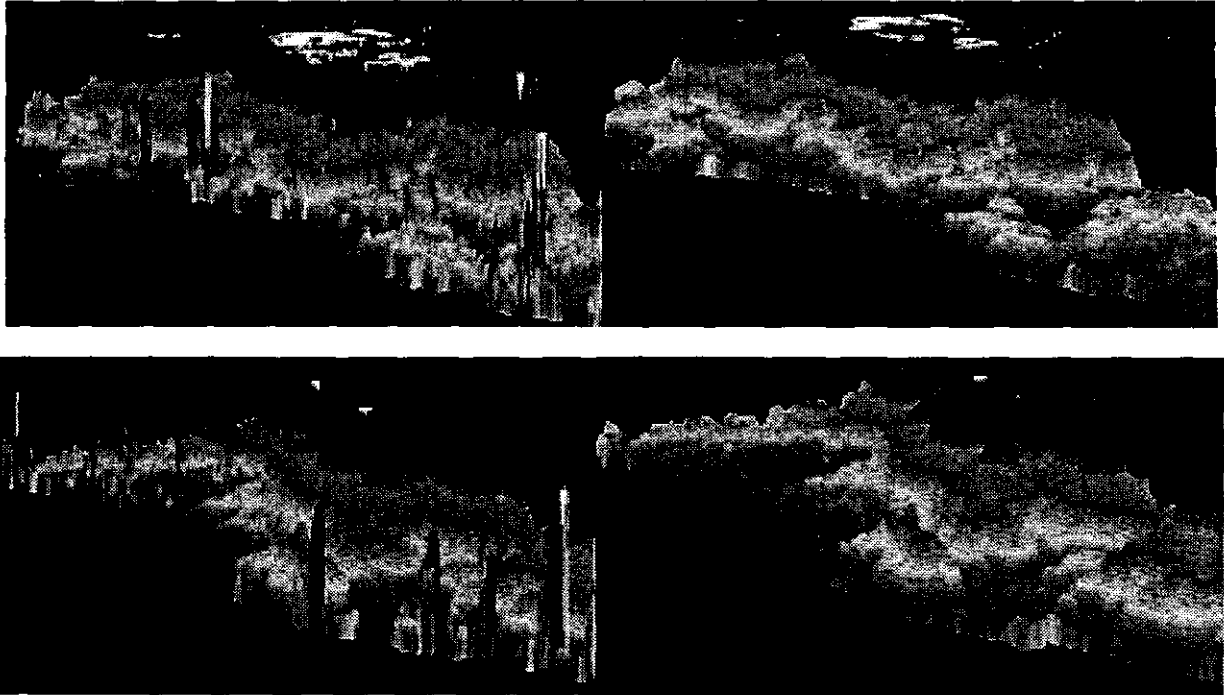


그림3. 1픽셀 격자 수치표고모형 (좌열), 5픽셀 격자 수치표고모형 (우열)

값의 변화가 균일하고 특징이 없기 때문에 오류 전파(blunder propagation)의 문제가 심각히 발생하게 된다. 정합 격자를 5픽셀로 수행할 경우 오류 전파의 문제가 상당히 줄어들음을 확인할 수 있다. 본 논문에서 GPS를 사용해 측정한 33개의 지상 기준점을 통해 분석해 본 결과 1픽셀 격자 간격의 경우 위도, 경도 및 높이값 오차는 각각 9.9 m, 11.5 m, 11.4 m이고, 5픽셀 격자의 경우 8.9m, 11.5m, 12.0m로 그 차이는 크지 않음을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과는 지형의 특성을 반영할 수 있도록 영상 정합 격자를 설정했기 때문이다. 그러나 5픽셀 격자 간격을 사용해 생성한 정합점은 1픽셀 격자 간격을 통해 얻은 정합점보다 조밀하지 않고 이로 인해 해안선이 부정확하게 나타났다. 이와 같은 원인은 5픽셀 격자 간격으로 수행할 경우 격자점이 반드시 해안선 위에만 존재하지 않는데 반해 1픽셀 격자 간격의 경우 해안선 상에 격자점들이 존재하기 때문이다. 해안선의 부정확성은 다중 대역 영상을 사용하면 쉽게 해결할 수 있는 문제로서 수행 속도와 오류 전파의 문제로 볼 때 정합 격자의 선택은 지형 특성에 맞게 선정하는 것이 효과적이고, 상기 지역에서는 5픽셀 간격이 적합하다.

정합 격자외에 해안 지역에서의 수치표고모형의 정확도를 높이는 방법으로서 상관도의 임계치를 높이는 방법을 고려할 수 있다. 상관도의 임계치는 정합률과 밀접히 관련이 있는 것으로서 임계치를 높이면 육지에서 나타나는 유용한 정합 결과를 무시하는 결과를 낳게되고 해당 지역의 조밀한 수치 표고 모형의 생성이 어려워진다.

영역 기반 방법에서 조밀한 정합점을 얻기위해 사용되는 영역 확장 알고리즘의 경우 FIFO

방식과 최적우선 방법을 사용해서 구현될 수 있다. Otto & chau (1989)알고리즘의 경우 초기값에 민감하게 결과가 나타나기 때문에 최적 우선 방법이 유용하나 발라드 프로에 사용된 알고리즘의 경우 초기값에 민감하지 않기 때문에 두 방법에 있어서 유사한 결과를 나타내었다.

발라드프로에서는 해안선에 대한 고려를 하고 있지 않아 영상 정합 결과 바다에서도 영상 정합이 이루어지고 있다. 그러나 바다에서는 특징이 적어 대부분 이들 정합점들은 부정합 (mismatch)에 해당되고, 이들은 해안지역 지형정보 오차의 원인이 된다. 따라서 바다에 해당하는 영역에서의 정합점들을 마스킹을 통해 제거하여 해안선의 정확도를 높였다. 발라드 프로에서는 바다 영역에 대한 마스킹을 위해 영역 기반 분할 방법을 채택하였다. 일반적으로 광학영상에서 바다에 해당하는 영역의 밝기값과 분산은 크지 않으므로 쉽게 분할할 수 있다. 실험을 위한 사이트에서는 사용자가 영상 상에 바다에 해당하는 지점을 3개 정도 선 정함으로서 쉽게 바다 지역에 대한 마스킹을 수행할 수 있었다. 위의 방법을 통해 마스킹한 결과는 그림 4에 나타나있다.

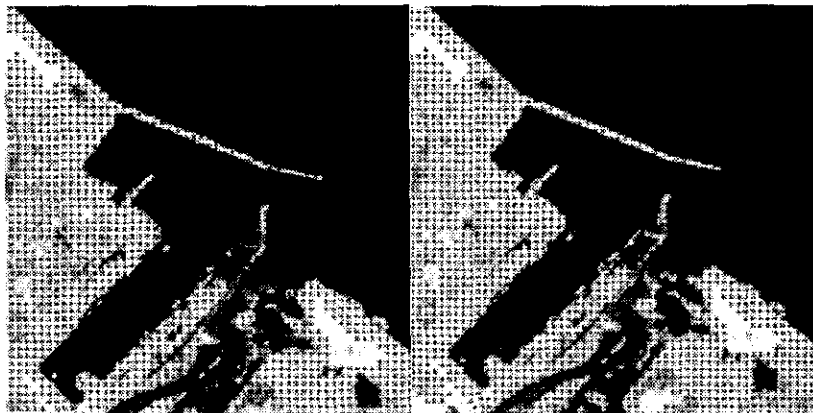


그림 4. 정합 결과 마스킹 전(좌측영상)과 후(우측영상)

4. 영상 보간의 문제점 및 해결방법

발라드프로 소프트웨어에는 수치표고모형의 해상도를 결정하기 위해 영상 보간 간격을 선정한다. 영상 보간 간격 또한 영상 정합과 마찬가지로 효과적인 선정 기준은 없으나 지형의 특성을 반영하여 선정하는 것이 중요하다. 영상 보간 간격이 지형의 특성보다 크다면 영역은 Under sampling되어 지형의 특성이 뭉개지게 된다. 이와 같은 특성은 해안선에서는 심각한 문제로 나타난다. 본 논문에서는 1픽셀 간격과 5픽셀 간격을 실험하였다. 60km x 60km를 포함하는 SPOT 영상에 대해 1픽셀 간격의 경우 5픽셀 격자에 비해 25배의 메모리를 요구하고, 20배나 느린 결과가 나타났다. 그러나 실험에서 5픽셀 격자를 사용할 경우 항구와 같은 영역에 있어서의 특징이 사라지는 문제점이 나타났다.

효과적인 수행 성능 및 정확성의 문제를 해결하기 위해서는 영상 보간에 있어서도 바다 지역에 대한 마스크를 수행하는 것이 필요하다. 또는 영상에 대해 육지와 바다에 대한 분류를 통해 육지에 대해서는 데이터 들의 분포를 나타내는 보간 파라미터²에 대해 유연성을 부여 하지만 바다 지역에 대해서는 파라미터의 임계치를 높게 설정함으로써 해안 지역에 있어서의 특징을 보존하는 방법을 생각해 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 광학 영상을 사용하여 해안선 및 해안지역 지형을 자동 생성하기 위한 방법에 대해 고찰하였다. 광학 영상에서 수치표고모형을 생성하기 위한 상용 시스템들이 범용적으로 사용되고 있지만 이들 시스템에서는 해안 지역에 대한 고려는 하고 있지 않아 해안 지역 및 바다에서는 심각한 오차를 나타내고 있다. 발라드프로 소프트웨어에서는 해안 지역의 지형 특성을 고려하여 수치표고모형을 생성함으로써 육지 뿐만 아니라 해안 지역에서의 정확도를 높일 수 있었다.

감사의글

본 연구는 한국해양연구소에서 지원한 'DEM generation along the coast' 프로젝트의 일부로 수행되었습니다.

참고문헌

- AI-Rousan, N., P. Cheng, G. Petrie, T. Toutin and M.J. Valadan Zoej, 1997. Automated DEM extraction and orthoimage generation from SPOT Level 1B imagery, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 63: 965-974
- Heipke, C., W. Kornus and A. Pfannenstein, 1996. The evaluation of MEOSS airborne three-line scanner imagery: processing chain and results, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62: 293-299.
- Kim, S.A.B. and W. Park, submitted. Refinement of interpolation at scene boundaries: for automatic generation of a digital elevation model, *Computer Vision and Image Understanding*.
- Lee, H.Y., T. Kim, W. Park and H.K. Lee, submitted. Accurate extraction of digital elevation models from satellite stereo images: stereo matching based on epipolarity and scene geometry, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*.
- Otto, G. and T. Chau, 1989. A region growing algorithm for matching of terrain image, *Image and Vision Computing*, 7: 83-94.

² 영상 보간에 대한 자세한 설명은 Kim and Park (submitted)를 참고