

라이다영상으로부터 유도된 지표모델의 2차 차분분석†

Differential analysis of the surface model driven from lidar imagery

서수영*

Suyoung Seo

정회원 · 경북대학교 토목공학과/공간정보학과 조교수 (syseo@knu.ac.kr)

요 약

본 논문은 라이다영상으로부터 지표면의 형상을 분석하기 위하여 표면의 차분적 기하 특성을 이용하는 기법을 제시한다. 항공라이다영상은 지형지물의 고도값을 신속하게 제공하지만 영상으로부터 지형, 도로, 수목, 건물 등 의미 있는 객체를 추출하는 과정이 필요하다. 이를 위해서는 라이다영상의 고유정확도를 토대로 각 지형지물이 라이다영상 내 표현된 지표면의 특성을 분석할 필요가 있다. 지표면의 기하학적 특성을 분석하기 위하여 본 논문은 Hessian 행렬로부터 유도된 고유값을 이용한다. 실험을 위하여 대학 캠퍼스 건물을 포함하는 약 1미터 간격의 라이다영상을 처리한 결과, 제안 기법으로 지표면특성을 효과적으로 분석해낼 수 있었다.

Abstract

This study proposes a differential method to analyze the properties of the topographic surface driven from lidar imagery. Although airborne lidar imagery provides elevation information rapidly, a sequence of extraction processes are needed to acquire semantic information about objects such as terrain, roads, trees, vegetation, and buildings. For the processes, the properties present in a given lidar data need to be analyzed. In order to investigate the geometric characteristics of the surface, this study employs eigenvalues of the Hessian matrix. For experiments, a lidar image containing university campus buildings with the point density of about 1 meter was processed and the results show that the approach is effective to obtain the properties of each land object surface.

1. 서론

지형지물의 3차원적 형태와 위치에 대한 정보는 토목, 도시계획, 도로설계, 시설물관리, 방재시스템 구축 등 많은 응용 분야에서 정보를 저장하고 접근, 분석함에 있어서 공간정보의 골격 역할을 하는 중요한 자료이다. 현재 지형지물에 대한 정보의 취득은 라이다와 항공영상을 통해 활발히 진행되고 있다.

고도정보의 경우 라이다자료를 통해 정확하고 신속하게 정보를 구축할 수 있지만, 항공사진영상에 비해 수작업으로 정확한 자료를 구축하는 것은 어려운 것으로 판단된다. 항공사진영상의 경우 지형지물의 외곽선이 육안으로 판별이 용이하나 라이다영상의 경우 외곽선보다는 표면 내에서 취해진 점들이 이루는 면을 통해 대상을 식별하고 분석하게 된다. 이러

† 이 논문은 경북대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

한 점을 감안한다면 라이다자료 처리시 고도모델표면에 대한 특성의 관찰과 이에 기반한 지표객체의 추출이 필요하다고 할 수 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 라이다자료 중 고도자료에 차분에 의한 이미지프로세싱을 적용하여 각 지표객체의 표면이 이에 반응하는 결과를 살펴보고, 이를 통해 라이다자료를 통한 지표객체의 3차원 모델 구축에 있어서 효과적인 표면형상의 반응값을 찾아내고 이들을 활용하고자 한다.

구체적으로 라이다자료의 차분을 이용하기 위하여 라이다자료의 고도영상에 1차차분과 2차차분을 하고 2차차분으로부터 Hessian행렬을 구성하여 고유값을 계산하여 객체의 표면기하에 따른 반응값을 살펴 보았다.

2. 대상지역 및 자료

제안 기법을 실험하기 위하여 경북대 캠퍼스 내 본관을 포함한 라이다자료를 활용하였다. 총 라이다 점수는 72,685개, 크기는 274x260미터 지역으로, 점간 평균 거리는 약 1미터이다. 라이다자료를 정규 격자형태로 이미지로 변환하기 위하여 0.5미터 간격의 프레임을 생성하고 각 격자점에 TIN에 기반한 선형내삽법을 적용하여 고도값을 할당하였다.

(그림 1)과 (그림 2)는 각각 고도모델과 반응강도영상이고, (그림 3)은 이 지역을 촬영한 항공사진 정사영상이다. (그림 4)는 고도모델위에 항공사진을 중첩한 조감도로 두 개의 자료가 기하학적으로 거의 일치함을 알 수 있다. 하지만, 세부적인 관찰결과 건물들의 외곽선이 고도모델과 정확하게 일치되지 않음으로써 조감도 생성시 양호하지 않은 부분도 일부 있었다.

따라서 본 연구에서는 항공사진영상은 라이다자료처리 후 이에 대한 성능을 검증하기 위한 참고자료로 이용하였다.

3. 차분영상 생성

차분연산은 3x3크기의 Sobel연산자를 2단계로 진행하였다. 이를 위하여 먼저 고도모델영상에 X축과 Y축방향으로 1차 차분을 적용하여 각 방향에 대한 고도의 변화량을 계산하였다. 이는 연산자내 각 방향에 대한 표면의 기울기를 의미한다. 2차 차분은 두 개의 1차 차분영상들에 각각 X축과 Y축 방향으로 1차 차분에서 사용한 연산자와 동일한 Sobel연산자를 적용하여 생성한다.

(그림 5)는 X축방향으로 2번 차분한 결과의 예이다. 2차 차분 결과를 통해 고도 표면의 반응을 분석해 보면, 먼저 평탄한 표면인 경우 2차차분에서는 반응값이 0에 가까움을 알 수 있다. 이는 수평이나 경사지역에서 기울기의 변화가 거의 없음을 의미한다.

하지만 지형면과 지물면의 경계부분에서는 그 반응의 절대값이 크게 나옴을 볼 수 있다. 또한 이러한 반응은 기울기 변화가 진행되는 방향에 따라 일정한 패턴을 보이고 있음을 확인할 수 있다. 특히 건물의 외곽선을 따라 살펴보면 지표면에서 건물상부표면으로 진행되는 방향으로 먼저 기울기의 변화가 급격히 상승하고 건물의 상부표면에 이르러서 그 변화값이 다시 급격히 감소함을 알 수 있다.

각 픽셀에서 기울기 변화를 대표할 수 있는 값을 계산하기 위하여 이러한 2차차분에 대하여 각방향으로 일어나는 반응량을 일괄적으로 통합하여 Hessian 행렬을 다음과 같이 구성한다.

$$H = \begin{bmatrix} g_{XX} & g_{XY} \\ g_{YX} & g_{YY} \end{bmatrix} \quad (\text{수식 1})$$

여기서 g_{XX} 는 X방향으로 2번 차분에 대한 반응값, g_{XY} 는 1차는 X, 2차는 Y방향으로 차분에 대한 반응값, g_{YX} 은 1차는 Y, 2차는 X방향으로 차분에 대한 반응값, g_{YY} 는 Y방향으로 2번 차분에 대한 반응

값이다. 이를 통해 기울기의 변화에 대한 절대값을 계산하기 위하여 이 행렬의 고유값을 계산한다.

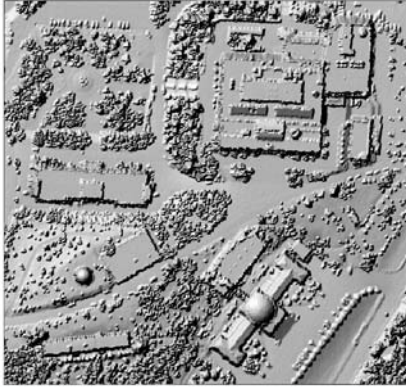


그림 1. 라이다자료 고도모델



그림 2. 라이다자료 반사강도영상



그림 3. 항공영상



그림 4. 고도모델상에 항공영상 중첩

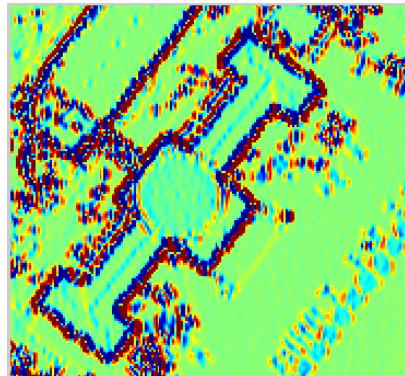


그림 5. X축방향 이차차분 결과 예

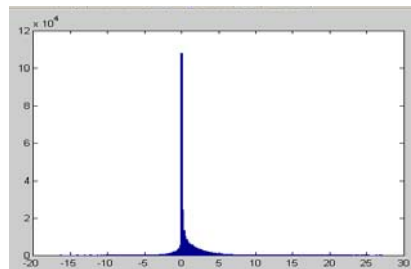
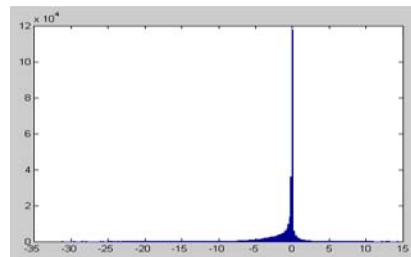


그림 6. 고유값 분포도

$$Hx = \lambda I \quad (\text{수식 2})$$

(그림 6)는 전체 픽셀에 적용한 결과 계산된 고유값의 분포를 나타낸다. 이들은 기울기의 변화방향을 주성분과 이에 직교하는 성분으로 분해할 경우 각방향별 기울기변화값을 의미한다. 전체적으로 고유값은 약 -35에서 30사이에 분포하였고, 두 개의 히스토그램을 통합해 보면, 전체적으로 기울기 변화가 감소하는 지역과 증가하는 지역의 픽셀수가 거의 비슷함을 알 수 있다. 이는 표면의 기울기변화가 증가하기 시작하는 지역의 픽셀수와 종료되는 지역의 픽셀수가 거의 비슷하다는 것을 나타낸다.

이러한 고유값들을 이용하여 각 픽셀에서 기울기 변화정도를 대표하는 값을 다음과 같이 계산한다.

$$\lambda = (\lambda_1^2 + \lambda_2^2)^{1/2} \quad (\text{수식 3})$$

위 값은 각방향의 기울기 변화를 통합한 것으로 이를 통해 수평면뿐만 아니라 경사면에서도 평면과 비평면영역을 구분할 수 있는 기준으로 활용될 수 있다.

4. 영역분할에 적용

대상 라이다자료를 분할하기 위하여 두 가지 연산을 적용하였다. 수평면 영역을 구하기 위하여 기울기영상을 임계값 0.18을 기준으로 분할하였다. (그림 7) 또한 본 연구에서 제안된 2차 차분기법을 통한 기울기 변화값에 임계치 1.0을 적용하여 분할하였다. (그림 8)

5. 요약 및 결론

결과적으로 (그림 8)에서 보듯이, 지형 지물 중 수목과 지형지물의 경계지역을 제외한 거의 모든 지역은 평면지역으로 추출되었음을 확인할 수 있다. 특히 건물

의 지붕에 경사면이 있을 경우, 1차 차분 결과와 조합하여 활용한다면 Hessian 고유값 분석을 통하여 그 형상을 효과적으로 추출할 수 있는 것으로 판단된다.

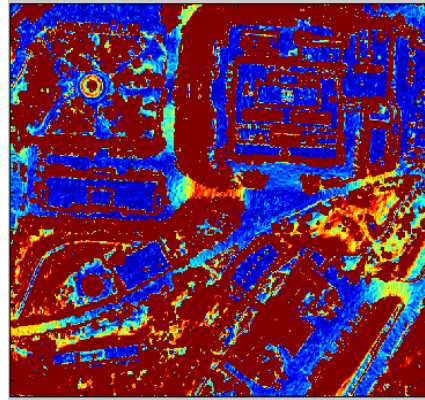


그림 7. 1차 차분에 기준한 수평지역 추출결과

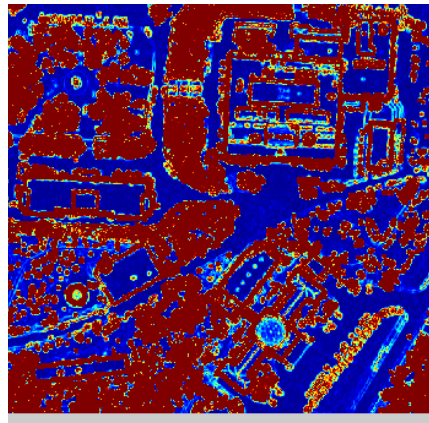


그림 8. 2차차분에 기준한 평면지역 결과

참고문헌

- [1] R.M. Haralick, L.G. Shapiro, "Computer and Robot Vision," Addison Wesley, 1992.
- [2] S. Seo and B.G. Kim, B. G., "Extraction of Geometric Components of Buildings with Gradients-driven Properties," 한국측량학회지, 제27권, 제1호, pp.723-733, 2009.

- [3] 서수영, “3차원 사이버도시구축을 위한
그래디언트기반 3차원 평면추출기법의
지형 및 인공지물지역에의 적용에
관한 연구, “ 한국측량학회
춘계학술발표회, 2010.