

위성영상으로 도로 및 해안 경계추출을 위한 필터링 기법 검토

Filtering investigation for abstracting the road and seashore boundary using satellite images

최 현* · 강인준** · 이병걸***

Choi, Hyun · Kang, In Joon · Lee Byung Gul

*정회원 · 경남대학교 토목공학과 전임강사 · 공학박사(hchoi@kyungnam.ac.kr)

**정회원 · 부산대학교 토목공학과 교수 · 공학박사(ijkang@pusan.ac.kr)

***정회원 · 제주대학교 토목공학과 교수 · 공학박사(leebg@cheju.ac.kr)

요 旨

제 3차 국가 GIS 기본 계획의 목적은 국가지리정보체계의 원활한 구축 및 지리정보 활용촉진으로 기존의 구가 GIS 구축의 양적확산에서 질적 심화를 도모하고 있다. 고 해상도 위성영상이 다양한 분야에서 활발하게 이용하게 됨에 따라 지형자료의 더 정확한 경계검출에 대한 필요성이 대두되고 있다. 위성영상을 이용한 도로 경계 검출은 교통정보시스템을 포함한 도로계획, 도시계획 등의 GIS 응용을 위한 필수 연구로 인식하고 있다. 본 연구는 IKONOS 영상에서 도로 경계 검출을 위한 고주파 와 저주파 필터링 비교분석에 관한 연구이다. 분석결과 저주파 필터링과 고주파 필터링은 입력영상의 경계부분에서 영상을 선택적으로 강조할 수 있었다. 저주파 필터링과 같은 영상강화 기법에서는 추출 가능한 경계부의 위치를 변화시키거나 영상의 화소값이 전체영상을 대상으로 변화시켜 비교적 도로 폭이 넓은 경우 효과적이었다. 고주파 필터링은 세부적인 영상정보를 선택적으로 강조할 수 있었다.

1. 서 론

고해상도 영상의 출현으로 위성영상의 활용분야는 높아지고 있으며 최근에는 고 해상도 위성영상을 이용한 수치지도제작에 대한 연구가 이루어지고 있다. 최근 연구사례를 살펴보면 외국에서는 Ford등(1983)은 다음과 같은 계수를 가진 5×5 convolution mask를 사용하여 Texas Austin의 도시지역을 high-frequency 강조처리하여 좋은 결과를 얻었다. Mike Wulder(2000)은 고해상도 위성에서 삼림 지역 검출을 위해 LMF기법으로 해상도에 따른 필터링기법을 적용하여 최적 영상해상도를 분석하였다. 국내에서의 연구동향

을 살펴보면 안기원(2001)은 KVR-1000 인공위성영상으로부터 도시지역도로의 자동 검출을 위해 영상필터링으로 선형추적알고리즘을 적용하여 도로의 경계선 성분 검출에 대한 연구를 수행하였다. 조우석(2003)은 항공사진과 항공레이저 자료를 이용한 건물 자동검출을 위해 Hough 변환의 파라미터 공간에서 다양한 가정과 제약조건을 활용하여 건물의 외곽선을 검출하였다. 윤공현(2005)은 그림자 효과 보정을 위해 다중자료원을 이용하여 컬러항공사진을 대상으로 효율적인 그림자 효과가 보정 될 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 박운용(2005)은 수치지도 제작을 위해 1m의 해상도를 가지는 IKONOS에서 촬영

된 영상으로 지형의 경계검출에 관한 정확도를 분석을 실시하여 High Pass 필터 처리를 거친 후에 Sobel 연산자를 적용한 기법이 경계검출방법이 가장 적합하다고 발표하였다.

기존의 연구에서 나타난바와 같이 중·저 해상도 영상에서 지형정보획득이 어려운 지리정보를 1m이하의 고해상도 위성영상이 많이 보급되면서 효율성이 증대되고 있으며 영상처리기법을 보완하는 처리방법이나 분석기법에 대한 연구가 진행되고 있다. 그러나 기존 연구는 도로나 구조물 등에 대한 선추적 자동화에 대한 연구와 지형경계검출에 대한 정확도에 대한 연구가 이루어져 저주파 및 고주파 필터링에 따른 지형정보검출에 대한 연구가 미비하였다. 따라서 본 연구에서는 고주파 필터링과 저주파 필터링에 따른 고해상도 위성에서 도로정보 검출 시 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 공간 여과 필터링

영상은 2차원 함수(x,y)로 정의된다. 그림 1에서 2차원 좌표(x,y)에서 함수 f의 값은 해당 점에서 영상의 밝기(BV; Brightness Value)또는 명암도를 의미하며, 영상을 이루는 f(x,y)는 입사에 따른 조명의 양인 조명과 물체자체에서 반사되는 반사성분의 두개로 표시된다. 그림 2는 공간여과 필터링을 위해 1m 고해상도인 IKONOS 위성영상의 일부를 검출한 연구대상지역이다.

원본영상은 부산광역시의 일부분을 나타내며 촬영일시는 2003년 4월 22일이며 화상의 크기는 6,452×5,616, 방사해상도는 11bit, 공간해상도는 1m, 파장대역은 표 1과 같다. 연구대상지역은 원본영상에서 일부분을 438×705 크기로 부분 절취 하였다.

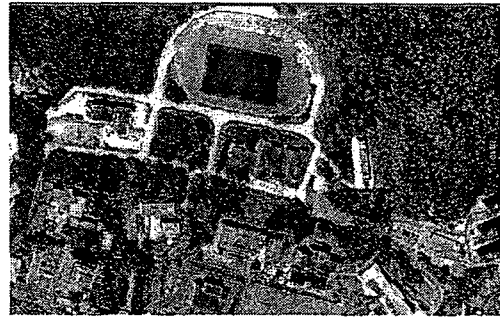


그림 1. 연구대상지역의 IKONOS 영상(부산)

표 1. Ikonos 파장대

밴드	파장대
Band 1(Blue)	0.45-0.52 μ m
Band 2(Blue)	0.52-0.60 μ m
Band 3(Blue)	0.63-0.69 μ m

공간주파수(spatial frequency)란 원격탐사영상의 특성으로 특정화상에서 단위거리 마다 반사값이 변하는 화소의 수로 정의된다. 주어진 지역에서 반사값이 거의 변하지 않는다면 이 지역은 저주파(low-frequency)지역이며 짧은 거리에서 많은 변화가 있다면 이 지역은 고주파(high-frequency)지역이라고 할 수 있다(John R. Jensen, 1995). 공간주파수는 기본적으로 몇 가지 기법을 조합하여 향상된 화상을 얻을 수 있는데 화소에 따라 고주파를 통과시켜 상세한 부분과 가장자리를 강조하는 필터를 고주파 필터(HPF; High Pass Filter)라 하며 화소의 변화가 많고 저주파 필터(LPF; Low Pass Filter)는 화상에 존재하는 고주파를 차단하여 화소의 변화가 적다. 따라서 영상에서 발생하는 대부분의 Edge나 Noise는 고주파 성분이다.

2.1 공간분석에서 저주파 필터링

저주파 필터링은 고주파를 통과하지 못하게 해서 화상을 강조하기 때문에 영상의 급격한 변화를 방지하고 고주파 정보를 약하게 함으로써 영상을 부드럽게 하

는 역할을 한다. 저주파 필터링은 영상의 미세한 Noise를 제거하는데 적합한 기법으로 알려져 있다. 본 연구에서는 저주파 필터링의 일종인 가우시안 필터링을 적용하였으며 이것은 가우시안에 의한 Noise를 제거하는데 특정화소 $G(u,v) = H(u,v) \times F(u,v)$ 로 나타내며 $H(u,v)$ 는 필터 변환 함수로 고주파 성분을 제거하는 역할을 한다



그림 2. 저주파 필터링 결과

저주파 필터는 영상내 화소의 밝기의 단계를 줄여주어서 경계부분을 부드럽게 하고 노이즈를 제거함과 동시에 영상이 흐려지는 단점이 있다. 도로정보 검출을 위해 저주파 필터링 공간 연산은 3×3, 5×5, 7×7, 9×9 convolution mask로 실시하였다. 그림 2는 MATLAB[®](Ver 6.5)으로 저주파 필터링 프로그램을 작성한 결과를 나타낸 것인데 저주파 필터링결과 공간연산이 클수록 영상이 흐려짐을 알 수가 있었다.

2.2 공간분석에서 고주파 필터링

고주파 필터링은 저주파 요소를 희미하게 해서 영상경계부분의 강조를 하는 방법으로 미세한 변화부분을 강조하는 기법이다. 일반적으로 고주파 필터링은 화상에서 점진적인 변이를 제거하고 고주파 영역의 변수를 유지하기 위해 사용된다. 화소의 밝기는 일반적으로 화면상의 9개 요소들에서 매우 높은 상관관계를 가지고 있다. 일반적으로 고주파 필터링을 실시한 화상은 상대적으로 좁고 밀집된 히스토그램을 가지며 이것은 결국고주파 필터링을

수행한 화상은 육안으로 분석하기 전에 확인되어야 한다.

일반적인 고주파 필터에서의 MATLAB를 작성한 주요 소스 코드는 표 2과 같다.

표 2. 일반적인 고주파 필터링을 위한 프로그램 소스

```
% 고주파 통과 필터링
%
% -1/9 -1/9 -1/9
% -1/9 8/9 -1/9
% -1/9 -1/9 -1/9
%
for i=1:R-2
for j=1:C-2
new_high_boost_one(i+1,j+1) = gray_image(i,j)*(-1/9) + ...
gray_image(i,j+1)*(-1/9) + gray_image(i,j+2)*(-1/9) + ...
gray_image(i+1,j)*(-1/9) + gray_image(i+1,j+1)*(8/9) + ...
gray_image(i+1,j+2)*(-1/9) + ...
gray_image(i+2,j)*(-1/9) + gray_image(i+2,j+1)*(-1/9) + ...
gray_image(i+2,j+2)*(-1/9);
end;
end;
```

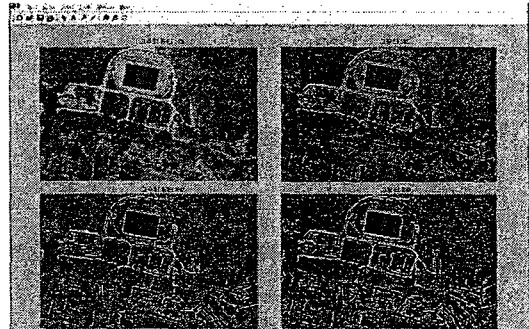


그림 3. 고주파 필터링 결과

그림 3은 고주파 필터링결과를 나타내며 도로정보 검출을 위해 저주파 필터링 공간 연산과 같은 3×3, 5×5, 7×7, 9×9 convolution mask로 분할해서 고주파 필터링을 실시하였다. 고주파 필터링은 저빈도의 밝기값을 제거함으로써 영상의 미세한 부분을 강조하여 시각적 해상도를 강화시키는 결과를 가져온다. 분석결과 9×9 convolution mask에서 영상이 가장 뚜렷한 경계검출 결과를 나타내었다.

3. 필터링 적용으로 경계 정보 검출

3.1 경계정보 검출

인공위성 영상자료에서 자동으로 경계

정보를 검출할 때 화소 밝기를 대상으로 분광특성치가 많은 부분을 강조하는 필터링을 수행하는 경우 많은 장점을 나타낸다(Rencz, 1999). 따라서 일반적으로 Landsat 이나 SPOT등의 저·중 해상도를 가지는 인공위성영상을 고주파 필터링을 실시하면 선구조를 검출하기에 유리한 것으로 알려져 있다. 그러나 본연구의 목적은 고해상도 영상에서의 경계정보 검출에 대한 연구이므로 저주파 필터와 고주파 필터를 동시에 실시하여 경계정보에 미치는 영향을 분석하였다.

먼저 저주파 필터링에 대한 경계검출 벡터링을 실시하였다. 그림 4는 저주파 필터링과 고주파 필터링에 대한 경계선 검출에 대한 벡터링 결과를 나타낸다.

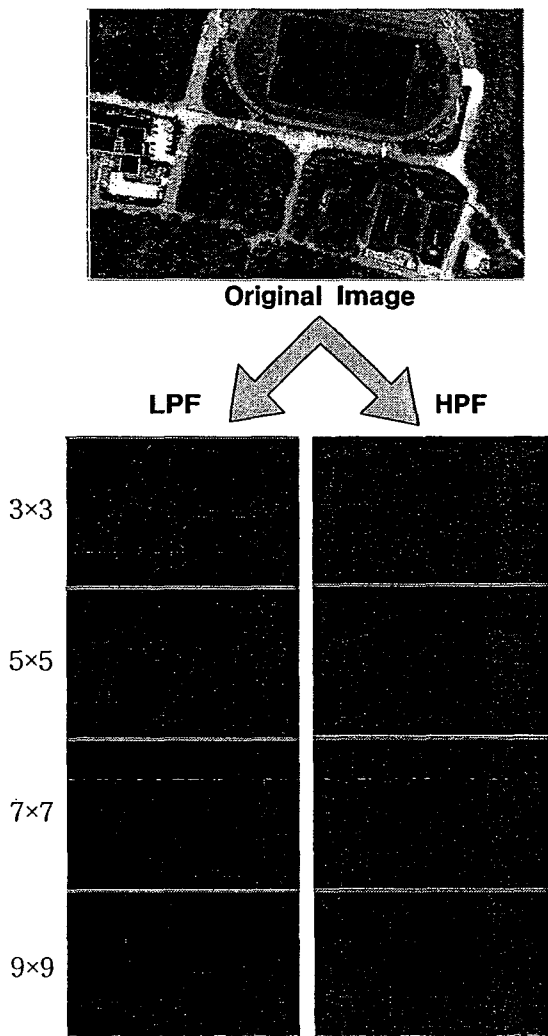


그림 4. 필터링결과에 따른 경계 검출

자동화 경계 검출 시 필터링 처리 후에 고주파 필터를 이용하는 것으로 알려져 있으나 본 논문에서는 고주파 필터 작업 시 노이즈의 증가로 도로경계 검출에는 불리한 것으로 나타났으며 저주파 필터를 이용할 경우 고주파 필터를 한 경우보다 불필요한 부분의 선구조 추출이 적었으며 선구조의 연결성의 측면에서 우수한 것으로 나타났다.



그림 8. 원본영상에서의 경계 검출

그림 8은 원본영상에서 경계검출한 결과를 확대한 것이고 그림 9는 주요 특정 지점에서의 저주파 필터링에 따른 지형정보 경계를 나타내기 위해 IKONOS와 중첩하여 확대한 것이다. 그림 11은 저주파 필터(5x5 convolution mask)를 이용한 최종 경계검출을 나타낸 그림이다.



그림 11. 저주파 필터(5x5)를 이용한 경계검출 후 IKONOS와 중첩

4. 결론

본 연구에서는 IKONOS 고해상도위성에서 저주파 필터링 고주파 필터링을 실시한 후 도로경계 정보검출을 위한 연구를 수행하였다. 저주파 필터링과 고주파 필터링은 입력영상의 전반적인 색수차를 강조하여 경계부분에서 영상을 선택적으로 강조할 수 있다. 고주파 필터링을 적용하는 경우 영상 내 객체간의 경계 대비를 강조하여 선구조를 추출하거나 경계부분을 강조할 때 효과적으로 적용되며 저주파 필터링은 화소 노이즈를 감소시켜서 화소 특성치를 분산시켜 비교적 도로폭이 넓은 경우 효과적인 것으로 나타났다. 고주파 필터링과 저주파 필터링을 통한 차연산 분석 결과 행렬 마스크가 클수록 화소의 변화가 크게 나타났으며 도로외곽부분에서 화소의 변화가 많아짐을 알 수가 있었다. 그리고 도로 경계부분이나 차선과 같이 세부적인 공간특성변화가 두드러짐을 알 수가 있었다. 도로폭 부분의 영상화소가 7개 이상인 부분에서의 저주파 필터링(5×5 convolution mask)은 요소를 희미하게 해서 영상경계부분을 강조하여 미세한 변화부분을 강조하고 도로폭 부분의 영상화소가 3개 이하인 지점은 고주파 필터링(5×5 convolution mask)에서 저빈도의 밝기를 소거 후 영상의 미세한 부분을 강조하여 경계에 대한 영상밝기를 강화시켜 도로폭에 따라서 필터링적용이 다르게 나타남을 알 수가 있었다. KHAT 분석결과 고주파 필터링 5×5 convolution mask에서 0.977로 가장 높게 나타났으며 필터링을 거치지 않은 고해상도 위성영상과 저주파 필터링을 거친 영상의 신뢰도 /KHAT가 비슷한 분포를 보여주고 있고 고주파 필터링에 대한 생산자 정확도와 KHAT는 저주파 필터링보다 높은 결과를 나타내었다.

앞으로 고해상도위성영상자료 특성에 따라서 도로를 비롯한 구조물 경계 검출에서 저주파 필터링과 고주파 필터링을 적절히 활용한다면 효과적으로 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌

김용석, 박운용, 이재원, 송연경 (2005) 수치지도제작을 위한 지형의 경계검출에 관한 정확도 분석. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 25권, 제 4D호, pp. 599-607.

류희영, 이기원, 권병두(2005) 위성영상 및 지구물리 영상자료의 호모몰픽 필터링 적용. 한국지구과학회지, 한국지구과학회, 제 26권, 제 1호, pp 58-65.

안기원, 서두찬, 신석호(2001) KVR-1000 인공위성 화상데이터로부터 도시지역 도로의 반자동 검출. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 21권 제 4-D호, pp. 529-536.

Congalton, R.G (1983) A Quantitative Method to Test for Consistency and Correctness in Photo-interpretation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, pp 69 ~ 74.

Gary E. Ford, V. Ralph Algazi and Doreen I. Meyer 1983 A Noninteractive Procedure For Land-use Determination. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 13, pp. 1-16.

John R. Jensen (1995) Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. *Prentice Hall*, p. 153.

Mike Wulder, K. Olaf Niemann and David G. Goodenough (2000) Local Maximum Filtering for the Extraction of Tree Locations and Basal Area from High Spatial Resolution Imagery. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 73, 1, pp. 103-114.