

고해상도위성영상에서 도로 경계 검출을 위한 고주파와 저주파 필터링 비교분석에 관한 연구

Comparative Analysis of LPF and HPF for Roads Edge Detection from High Resolution Satellite Imagery

최 현* · 강인준**

Choi, Hyun · Kang, In Joon

要　　旨

최근 고해상도 위성영상이 다양한 분야에서 활발하게 이용하게 됨에 따라 지형자료의 정확한 경계검출에 대한 필요성이 대두되고 있다. 위성영상을 이용한 도로 경계 검출은 교통정보시스템을 포함한 도로계획, 도시계획 등의 지형공간정보의 필수 연구로 인식되고 있다. 본 연구는 IKONOS 영상에서 도로 경계 검출을 위한 고주파와 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.

핵심용어 : 고해상도 위성영상, 경계 검출, 지형공간정보, 저주파 필터링, 고주파 필터링

Abstract

The need for edge detection about topography data from the high resolution satellite imagery is happening with increasing frequency according to many people utilize the its imagery as various fields recently. Many experts is recognizing of other GIS will make use of the road detection from the high resolution satellite imagery, including ITS (Intelligent Transportation Systems) and urban planning. This paper is comparative analysis of LPF (Low Pass Filtering) and HPF (High Pass Filtering) for roads edge detection from high resolution satellite imagery. As a result, LPF and HPF can be highlight selective pixels at edge area about input data. In case of applying to other techniques such as LPF for the same purpose, they are more effective for wide road width which often cause the slight distortion of boundary or overall change of brightness values on the whole image. Whereas, HPF has ability to enhance selectively detailed components in a target image.

Keywords : High Resolution Satellite Imagery, Edge Detection, GIS, LPF (Low Pass Filtering), HPF (High Pass Filtering)

1. 서　　론

최근 발표된 제 3차 국가GIS기본계획은 국가지리정보체계의 원활한 구축 및 지리정보 활용촉진으로 국가 GIS 사업의 양적확산이 아니라 질적 심화를 도모하고 있으며 공급자가 아닌 수요자 중심으로 전환을 목표로 하고 있다. 아울러 KOMPSAT-2호의 발사로 원격탐사기술의 독자적 발전으로 국가정보화가 가속화 되고 있다. 향후

진행될 GIS 사업은 기존의 수치지도에 있는 도로정보 뿐만 아니라 수치지도에서 나타나지 않는 지역의 도로 정보획득 요소가 매우 중요할 것으로 판단된다.

영상 필터링(filtering)은 디지털 형식의 항공사진이나 위성영상으로 작업 시 영상강조 방법으로 개선된 영상을 얻기 위한 수단으로 많이 이용된다. 영상화소 내에서 밝기 값이 변하는 것은 공간적인 빈도의 변화로 생각될 수 있으며, 인접 거리에서 밝기 값이 많이 변하는 것은 영상

의 고주파(hight-frequency)구성을 나타내는 것이다. 반대로 밝기의 변화가 더 넓은 공간에서 나타나는 저주파(low-frequency)구성이다. 대부분의 필터는 영상 특성을 변환 시키지 않으면서 공간적 빈도를 줄이는 역할을 많이 한다.

국외 선행연구를 살펴보면 Ford 등(1983)은 가진 5×5 영역처리 회선 마스크(Convolution Mask)를 사용하여 Texas Austin의 도시지역을 고주파 강조처리 하여 좋은 결과를 얻었다. Mike Wulder(2000)는 고해상도 위성에서 삼림지역 검출을 위해 LMF기법으로 해상도에 따른 필터링기법을 적용하여 최적 영상해상도를 분석하였다. 국내에서의 연구동향을 살펴보면 안기원(2001)은 KVR-1000 인공위성영상으로부터 도시지역도로의 반자동 검출을 위해 영상필터링으로 선형추적알고리즘을 적용하여 도로의 경계선 성분 검출에 대한 연구를 수행하였다. 조우석(2003)은 항공사진과 항공레이저 자료를 이용한 건물자동검출을 위해 Hough 변환으로 건물의 외곽선을 검출하였다. 정수(2004)는 고해상도 위성영상의 분류를 위한 형상 기반 분류 소프트웨어를 개발하여 편리한 사용자 인터페이스 환경의 제공이 가능하게 하였다. 윤공현(2005)은 그림자 효과 보정을 위해 다중자료원을 이용하여 컬러항공사진을 대상으로 효율적인 그림자 효과가 보정될 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 고해상도 위성영상의 효율적인 지형분류기법에 대한 연구도 이루어졌다(임혜영, 2005). 박운용(2005)은 수치지도 제작을 위해 1m의 해상도를 가지는 IKONOS에서 촬영된 영상으로 지형의 경계검출에 관한 정확도를 분석을 실시하여 고주파필터 처리를 거친 후에 Sobel 연산자를 적용한 기법이 경계검출방법이 가장 적합하다고 발표하였다. 최근에는 위성영상 자료에서 요인분석에 의한 산불피해 지역을 추출한 연구가 이루어졌다(최승필, 2006).

기존 연구에서 나타난 바와 같이 중·저 해상도 영상에서 지형정보획득이 어려운 자리정보를 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 분석하기 위해 필터링후의 변화 추정을 차연산과 도로추출의 정확도 분석을 위해 KHAT분석을 실시 하고자 한다.

2. 공간 여과 필터링

일반적인 영상의 구성은 2차원 함수(x,y)로 되어 있다. 그림 1은 2차원 좌표(x,y)에서 함수 f 의 값은 해당 점에서 영상의 밝기(BV; Brightness Value)또는 명암도를 나타내며, 영상을 이루는 $f(x,y)$ 는 입사에 따른 조명의 양인 조명과 물체자체에서 반사되는 반사성분의 두개로 표시된다.

그림 2는 공간여과 필터링을 위해 1m 고해상도인 IKONOS위성영상의 일부인 연구대상지역을 나타낸다.

원본영상은 부산광역시의 일부분을 나타내며 촬영일시는 2003년 4월 22일이며 화상의 크기는 $6,452 \times 5,616$, 방사해상도는 11bit, 공간해상도는 1m, 파장대역은 표 1과

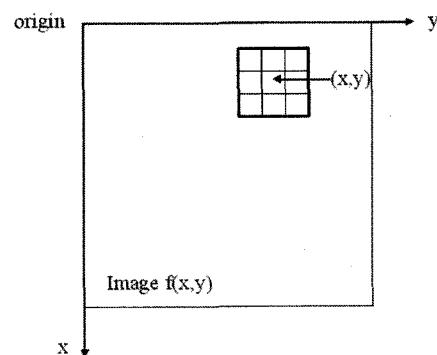


그림 1. 영상의 구성



그림 2. 연구대상지역의 IKONOS 영상(부산)

표 1. Ikonos 파장대

밴드	파장대
Band 1(Blue)	0.45-0.53 μm
Band 2(Green)	0.52-0.61 μm
Band 3(Red)	0.64-0.72 μm

같다. 연구대상지역은 원본영상에서 일부분을 438×705 크기로 부분 절취 하였다.

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 가장자리나 노이즈는 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 하는 역할을 한다. 저주파 필터링은 영상의 미세한 노이즈를 제거하는데 적합한 기법으로 알려져 있다. 본 연구에서는 저주파 필터링의 일종인 가우시안 필터링을 적용하였으며 이것은 가우시안에 의한 노이즈를 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 하는 것으로

식 (1)의 조건을 가진다.

$$H(u,v) = \begin{cases} 1 & \text{if } D(u,v) \leq D_0 \\ 0 & \text{if } D(u,v) > D_0 \end{cases} \quad (1)$$

그리고 F 는 (u,v) 화소의 주파수를 의미한다. 이상적인 저주파 필터의 관계는 저주파와 고주파의 경계를 나타내는 화소를 D_o 라 하고 $D_{(u,v)}$ 는 주파수원점에서 특정점 까지 거리라 하면 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$D(u,v) = (u^2 + v^2)^{1/2} \quad (2)$$

특정화소의 밝기 BV_{in} 과 주위 밝기를 고려하여 BV_{out} 을 계산한다. 영상화소의 크기는 중심화소가 존재하는 3×3 , 5×5 , 7×7 , 9×9 등의 영역처리 회선 마스크로 나타내고 3×3 영역처리 회선 마스크를 기준으로 계수의 총합이 1로 가정하면 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} BV_1 &= BV_{i-1,j-1} \\ BV_2 &= BV_{i-1,j} \\ BV_3 &= BV_{i-1,j+1} \\ BV_4 &= BV_{i,j-1} \\ BV_5 &= BV_{i,j} \\ BV_6 &= BV_{i,j+1} \\ BV_7 &= BV_{i+1,j-1} \\ BV_8 &= BV_{i+1,j} \\ BV_9 &= BV_{i+1,j+1} \end{aligned} \quad (3)$$

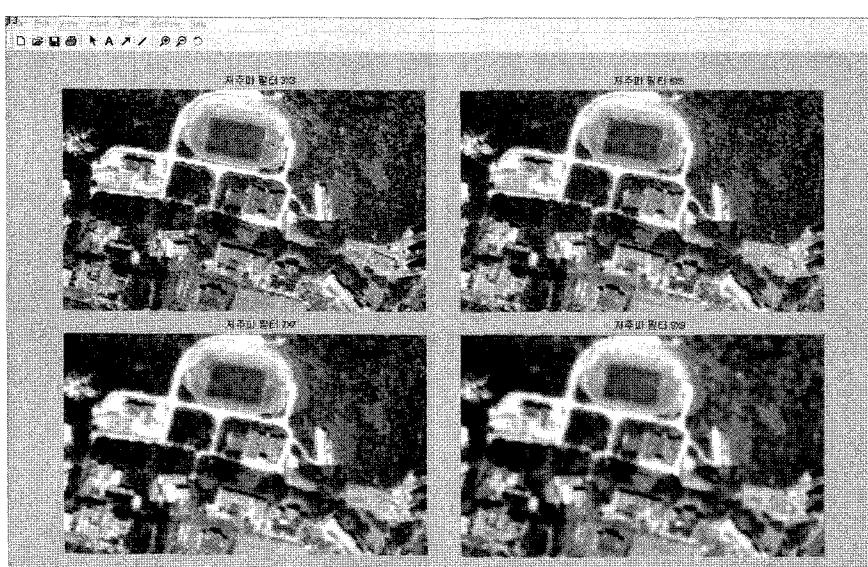


그림 3. 저주파 필터링 결과

여기에서 필터링 대상은 가운데 화소인 $BV_5 = BV_{i,j}$ 로 나타낼 수 있으며 마스크 A의 조합과 원시 화소를 사용하면 저주파필터 영상이 구성된다.

저주파필터는 영상내 화소의 밝기의 단계를 줄여서 경계부분을 부드럽게 하고 노이즈를 제거함과 동시에 영상이 흐려지는 단점이 있다. 본 연구에서는 도로정보 검출을 위해 저주파 필터링 공간 연산은 3×3 , 5×5 , 7×7 , 9×9 영역 처리 회선 마스크를 실시하였다. 그림 3은 MATLAB® (Ver 6.5)으로 저주파 필터링프로그램을 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 고주파유역의 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 결국 고주파 필터링을 수행한 화상은 육안으로 분석하기 전에 확인되어야 한다. 고주파 필터링은 마스크 가운데 위치하는 고주파 필터 $HPF_{5,out}$ 는 원화소를 2배로 해주고 저주파필터를 화소를 빼주면 식 (4)로 나타 낼 수 있다.

$$HPF_{5,out} = (2 \times BV_5) - LPF_{5,out} \quad (4)$$

고주파 필터는 처리 단계가 높아질수록 경계가 명확하게 되지만 원영상이 훼손되는 경향이 있으므로 본 연구에서는 일반적인 고주파 필터링, 고주파 1단계 그리고 2 단계까지 분석하였으며 그림 4로 나타난다.

-1/9	-1/9	-1/9
-1/9	8/9	-1/9
-1/9	-1/9	-1/9

-1.2/9	-1.2/9	-1.2/9
-1.2/9	9.8/9	-1.2/9
-1.2/9	-1.2/9	-1.2/9

-1.5/9	-1.5/9	-1.5/9
-1.5/9	13.5/9	-1.5/9
-1.5/9	-1.5/9	-1.5/9

〈일반적인 고주파 통과 필터〉 〈고주파 지원필터(1)〉 〈고주파 지원필터(2)〉

그림 4. 고주파 필터링을 위해 사용된 마스크



그림 5. 고주파 필터링 결과

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

그림 5는 고주파 필터링 결과를 나타내며 도로정보 검

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;
```

출을 위해 저주파 필터링 공간 연산과 같은 3×3 , 5×5 , 7×7 , 9×9 영역처리 회선 마스크로 분할해서 고주파 필터링을 실시하였다. 고주파 필터링은 저주파의 밝기를 제거함으로써 영상의 미세한 부분을 강조하기 때문에 시각적 해상도를 강화시키는 결과를 가져왔다.

2.3 필터링후의 변화 추정

필터링 후의 화소경계 변화와 화소 변화를 확인하기 위해 차연산을 실시하였다. 차연산 결과는 그림 6에 나타내었다. 필터링 후의 화소와 원본영상 화소차이 절대치를 영상화소로 나타내는데 영상내부에서 어두운 톤으로 음영이 두드러지는 지역이 화소변화가 큰 지역이다. 그림 6에서 보는 바와 같이 고주파 필터링과 저주파 필터링 모두 9×9 영역처리 회선 마스크를 적용한 결과에서 화소 변화가 가장 크게 나타났다. 그리고 도로외곽 부분에서 화소의 변화가 많아짐을 알 수가 있었으며 이것은 도로 경계부분이나 차선과 같이 세부적인 공간특성변화가 두드러짐을 알 수가 있었다.

차연산에서 저주파 필터링 보다 고주파 필터링이 다소

저주파 필터링					
고주파 필터링					
행렬	3×3	5×5	7×7	9×9	

그림 6. 원영상과 필터링의 차연산 결과

밝은 값을 나타내었는데 이것은 화소 필터링과정에서 낮은 값에서 집중되어 분포하던 화소치가 차연산과정에서 상대적으로 높은 값의 범위로 변환되기 때문에 나타나는 현상으로 보인다. 차연산 결과 저주파 필터링과 고주파 필터링 모두 입력 변수를 조정하면서 영상강조 및 영상 노이즈 제거에 효과가 있는 것으로 나타났다.

3. 필터링 적용으로 경계 정보 검출

3.1 경계정보 검출

인공위성 영상자료에서 자동으로 경계정보를 검출할 때 분광특성 빈도가 높은 부분을 강조하는 필터링을 수

행 할 경우 많은 장점이 있다(Rencz, 1999). 따라서 일반적으로 Landsat이나 SPOT등의 저·중 해상도를 가지는 인공위성영상을 고주파 필터링을 실시하면 선구조를 검출하기에 유리한 것으로 알려져 있다. 그러나 본연구의 목적은 고해상도 영상에서의 경계정보 검출에 대한 연구 이므로 저주파 필터와 고주파 필터를 동시에 실시하여 경계정보에 미치는 영향을 분석하였으며 그림 7은 저주파 필터링과 고주파 필터링에 대한 경계선 검출에 대한 베타リング 결과를 나타낸다.

자동화 경계 검출 시 필터링 처리 후에 고주파 필터를 이용하는 것으로 알려져 있으나 본 논문에서는 고주파 필터 작업 시 노이즈의 증가로 인하여 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 8은 원본영상에서 경계검출한 결과를 확대한 것이고 그림 9은 주요 특정지점에서의 저주파 필터링에 따른 지형정보 경계를 나타내기 위해 IKONOS 와 중첩하여 확대한 것이다. 그림 9의 (a)에서는 필터링을 거치지 않은 영상과 큰 차이를 보이지 않았으며 그림 9의 (d)와 같이 9×9 영역처리 회선 마스크 과정에서는 경계검출이 커질수록 가장 단순화 되며 깨끗한 이미지를 나타내지만 일부 지역에서 경계가 제대로 표시되지 못하는 지역을 발견 하였다. 부분적으로 경계검출에 대한 검토 결과 5×5 영역처리 회선 마스크의 경계 검출에서 실제 영상과 비슷한 분포를 보임을 알 수가 있었다. 그러나 그림 10에서 보는바와 같이 나무에 가려진 도로경계에서는 저주파 필터링이 공간연산이 클수록 영상이 흐려져서

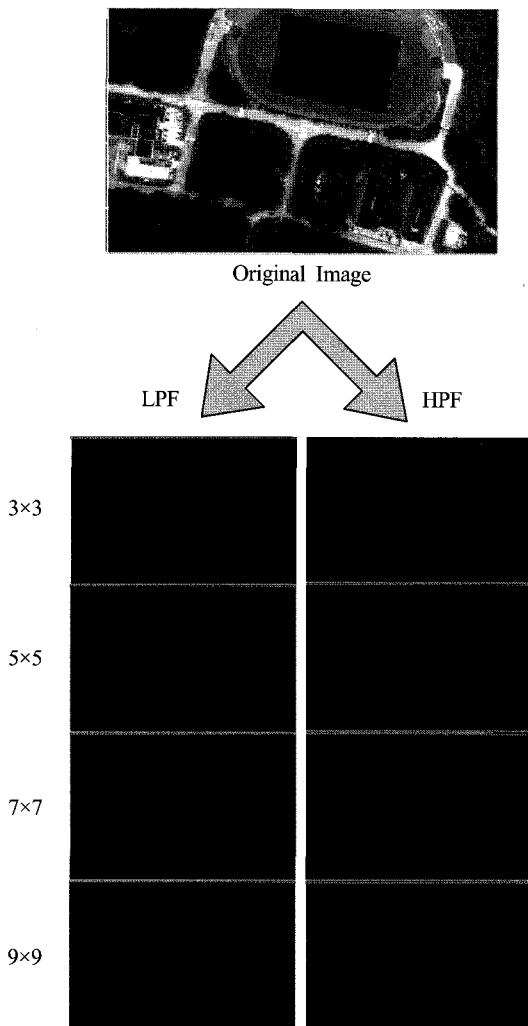


그림 7. 필터링 결과에 따른 경계 검출



그림 8. 원본영상에서의 경계 검출

경계검출이 명확히 되지 않았다. 이러한 지점은 고주파 그림 10(b)와 같이 고주파 필터링(5×5 영역처리 회선 마스크) 이상에서 경계추출이 잘됨을 알 수가 있었다. 그

이유는 도로폭 부분의 영상화소가 7개 이상인 부분에서 저주파 필터링은 요소를 희미하게 해서 영상경계부분의 강조를 하는 방법으로 미세한 변화부분을 강조하고 도로

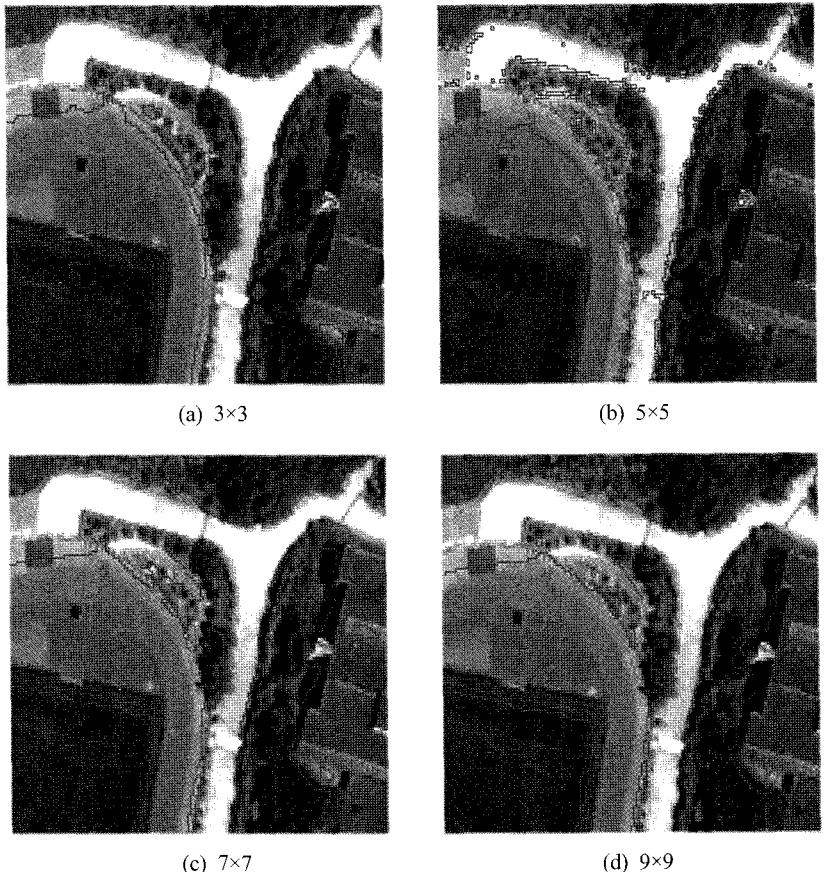


그림 9. 저주파 필터 후 경계 검출 후 IKONOS와 중첩

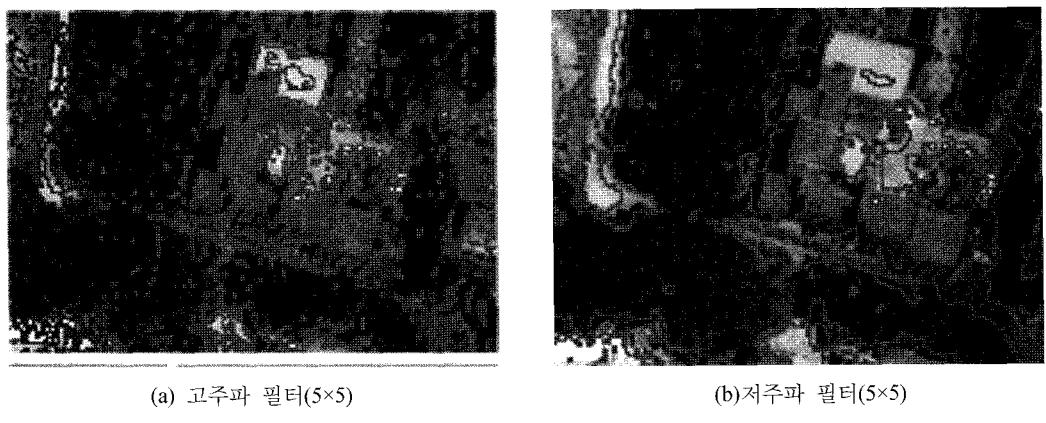


그림 10. 나무에 가려진 지역의 경계검출

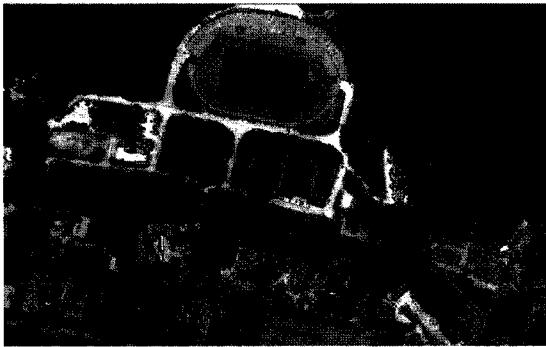


그림 11. 저주파 필터(5×5)를 이용한 경계검출 후 IKONOS 와 중첩

꼭 부분의 영상화소가 3개 이하인 지점은 고주파 필터링에서 저주파의 밝기를 소거 후 영상의 미세한 부분을 강조하여 경계에 대한 영상밝기를 강화시키기 때문인 것으로 풀이된다. 그림 11은 저주파 필터(5×5 영역처리 회선 마스크)를 이용한 최종 경계검출을 나타낸 그림이다.

3.2 오차 분석

원격탐사 자료와 같이 분산행렬로 표현되는 결과로부터 정확도를 평가하기 위한 수단으로 활용되는 것이 KHAT(Kappa Coefficients)로 식 (5)과 같이 정의된다(Congalton, R.G., 1983).

$$KHAT = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^r x_{ii} - N \cdot \sum_{i=1}^r x_{i+} \cdot x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} \cdot x_{+i}} \quad (5)$$

여기서,

x_{ii} : 분산행렬의 i 행과 i 열의 수

x_{i+}, x_{+i} : 각각 행렬의 한계분포(marginal distribution)를 나타내기 위한 요소

N : 행렬에 포함된 모든 화소의 수

식 (5)와 같이 정의되는 KHAT는 통계적인 의미로 판단하면 전체정확도로에서 계산되는 평균 정확도로 나타나며, 분산행렬로 표현되는 분류결과가 정확히 일치 할 경우 0의 값을 가지게 된다. 이러한 KHAT는 일반적인 경우에서는 널리 사용되고 있는 전체정확도 보다 적은 값을 보이는데, 이러한 차이는 전체정확도와 KAHT가 가지는 정보의 차이에 기인하게 된다. 전체정확도는 분류자료와 참조자료가 일치 하는 화소와 전체 참조자료의 비율로 나타나기 때문에 누락오차를 고려할 수 없으나, KHAT의 경우는 행렬의 주변분포를 기준으로 계산되는 값이기 때문에 행렬의 대각선 요소가 아닌 요소도 고려 대상이 되며 내부 오차 대상 정보를 포함하게 된다. 그러므로 우연오차를 포함하는 전체정확도보다는 KHAT의 경우가 분류의 정확도를 표현하는 데에 효율적이라 할 수 있다. 표 3은 경계정보 추출에 따른 95%에 대한 신뢰도를 나타낸 것이다. 표에서 생산자 정확도(Producer's accuracy)는 주 대각선상에 위치하는 각 항목 중 정확하게 분류된 화소의 개수를 얼마나 잘 구분하는지 알려주는 것이고 사용자 정확도(User's accuracy)는 각 항목에 대하여 정확하게 검출된 화소의 개수를 그 항목으로 분류된 화소들의 전체 개수로 나누어 계산된 것이다. 이 값은 포함오차의 측정값이며, 대상 피복 항목으로 분류된 화소들이 실제 지형자료와 동일할 가능성의 높음을 알려 준다.

표 3. 도로경계검출 결과에 의한 95%에 대한 신뢰도 및 KHAT

Filtering	Producer's 95% Confidence		User's 95% Confidence		KHAT	
	Accuracy(%)	Interval(%)	Accuracy(%)	Interval(%)		
Non	77.778	70.122 ~ 85.434	90.741	84.811 ~ 96.671	0.894	
LPF	3x3	74.603	63.061 ~ 86.145	90.385	81.410 ~ 99.359	0.890
	5x5	63.492	50.810 ~ 76.175	88.889	78.595 ~ 99.182	0.873
	7x7	73.016	61.261 ~ 84.770	90.196	81.054 ~ 99.338	0.888
	9x9	74.603	63.061 ~ 86.145	88.679	79.205 ~ 98.153	0.871
HPF	3x3	56.716	44.106 ~ 69.327	90.476	80.408 ~ 100.000	0.898
	5x5	28.571	16.622 ~ 40.521	98.512	82.012 ~ 100.000	0.977
	7x7	26.984	15.230 ~ 38.739	80.952	61.776 ~ 90.128	0.783
	9x9	33.333	20.899 ~ 45.768	84.000	67.629 ~ 90.371	0.818

본 연구에서 분류정확도를 파악하기 위해 현장조사를 통해 구축한 정보를 포인트 형태의 벡터자료로 변환한 후 입력데이터와 동일한 해상도로 변환하여 격자 형태의 저장구조로 변환하여 조사지점과 분류결과의 광설판위별로 정확도를 평가하였다. IKONOS 영상에서 필터링을 실시한 후 도로경계검출 결과에 의한 95%에 대한 신뢰도 및 KHAT를 나타낸 것이다. 영상에서 도로지점 46점에 대한 생산자 정확도에서는 고주파 필터링에서 26.984%에서 56.716% 까지 다소 낮게 나타났으며 사용자 정확도는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 이것은 고주파 필터링과정에서 영상의 손실이 많이 발생했기 때문인 것으로 판단된다. KHAT 분석에서는 0.783~0.977까지 양호하게 나타났으며 결과 고주파 필터링 5×5 영역처리 회선 마스크에서 0.977로 가장 높게 나타났다. 저주파 필터링은 필터링을 거치지 않은 고해상도 위성영상과 비슷한 신뢰도 /KHAT를 보여주고 있으며 필터링을 거친 영상에 대한 생산자 정확도와 KHAT는 고주파 필터링이 높은 결과를 나타내었다. 따라서 신뢰도/KHAT와 도로경계검출의 상관성은 크지 않은 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 IKONOS 고해상도위성에서 저주파 필터링 고주파 필터링을 실시 한 후 도로경계 정보검출을 위한 연구를 수행하였다. 연구결과 저주파 필터링과 고주파 필터링은 입력영상의 전반적인 색수차를 강조하여 경계부분에서 영상을 선택적으로 강조할 수 있을 것으로 보이며 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 고주파 필터링과 저주파 필터링을 통한 차연산 분석에서는 고주파 필터링과 저주파 필터링 모두 9×9 영역 처리 회선 마스크 적용에서 화소 변화가 가장 크게 나타났으며 도로외곽 부분에서 화소의 변화가 크게 나타났음을 알 수가 있었으며 이것은 도로 경계부분이나 차선과 같이 세부적인 공간특성변화가 크기 때문에 판단된다.

둘째, 고주파 필터 작업 시 노이즈의 증가로 인하여 도로경계 검출에는 불리 한 것으로 나타났으며 저주파 필터링을 이용할 경우 불필요한 선구조 추출이 적었다. 이는 선구조의 연결성의 측면에서 볼 때 저주파 필터링이 우수한 것으로 나타났다.

셋째, KHAT 분석결과 고주파 필터링 5×5 영역처리 회선 마스크에서 0.977로 가장 높게 나타났다. 이것은 필터링을 거치지 않은 고해상도 위성영상과 저주파 필터링을

거친 영상의 신뢰도가 비슷한 분포를 보여주고 있음을 나타내고 있다. 향후 고해상도 위성영상자료 특성에 따라 구조물 경계 검출에서 저주파 필터링과 고주파 필터링을 적절히 활용한다면 도로정보의 효율적인 획득이 가능 할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 2006년 경남대학교 학술장려금 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 김용석, 박운용, 이재원, 송연경, 2005, “수치지도제작을 위한 지형의 경계검출에 관한 정확도 분석”, *대한토목학회논문집*, 대한토목학회, 제 25권, 4D호, pp. 599~607.
2. 안기원, 서두천, 신석호, 2001, “KVR-1000 인공위성 화상데이터로부터 도시지역 도로의 반자동 검출”, *대한토목학회논문집*, 대한토목학회, 제 21권, 4-D호, pp. 529~536.
3. 윤공현, 2005, *다중자료원을 이용한 원격탐지 영상의 그림자 효과 보정 및 영상융합의 적용*, 박사학위논문, 연세대학교.
4. 정수, 2004, “고해상도 위성영상의 분류를 위한 형상 기반 분류 소프트웨어 개발”, *한국지형공간정보학회논문집*, 한국지형공간정보학회, 제 12권, 2호, pp. 53~59.
5. 임혜영, 김황수, 최준석, 송승호, 2005, “고해상도 위성영상의 효율적인 지형분류기법개발”, *한국지형공간정보학회논문집*, 한국지형공간정보학회, 제 13권, 3호, pp. 33~40.
6. 조우석, 이영진, 좌윤석, 2004, “항공사진과 항공레이저 데이터를 이용한 건물 자동검출”, *대한원격탐사학회논문집*, 대한원격탐사학회 제 19권, 4호, pp. 307~317.
7. 최승필, 김동희, 이석군, 2006, “위성영상자료에서 요인분석에 의한 산불 피해 지역 추출”, *한국지형공간정보학회논문집*, 한국지형공간정보학회, 제 14권, 1호, pp. 13~21.
8. Congalton, R.G, 1983, “A Quantitative Method to Test for Consistency and Correctness in Photo-interpretation”, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 49, No. 1, pp. 69~74.
9. John R. jensen, 1995, “Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective”, *Prentice Hall*, p. 153.
10. 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, No. 1, pp. 103~114.
11. Rencz, A.N, 1999, “Remote Sensing for the Earth Sciences, Manual of Remote Sensing Third Edition”, *John Wiley and sons Inc*, pp. 307~354.