

# 위성영상의 형태추출을 통한 지도화 : 고빈도 공간필터 사용을 중심으로\*

정 인 철\*\*

지도의 형태는 전통적으로 항공사진이나 위성사진을 이용한 수작업에 의해 추출되어 왔으나, 최근의 원격탐사 기술의 발달은 지도의 형태추출에 새로운 혁신을 가져다 주었다. 공간필터기법을 이용하면 지도형태 추출의 자동화가 가능한데, 특히 선의 추출은 고빈도필터를 이용하여 가능하다. 본 연구에서는 먼저 필터와 지도화의 관계에 대해 이론적으로 고찰한 다음 지도의 선형화와 관련하여 유용하다고 알려진 필터들을 소개하였다. 그리고 이 필터들을 진주시의 SPOT Panchromatic 영상에 적용하였다. 적용한 결과 본고에서 소개한 필터적용 영상이 전반적으로 초기영상보다 개선되어 선형화작업에 매우 유용함을 확인하였다. 특히 초기영상이 포함된 필터영상들의 해석이 용이하였고 선형화가 명확하였다. 그러나 문헌에서 유용성이 인정된 필터라도 일부 필터는 진주시의 경우 선형화작업이 전혀 불가능하였다.

**主要語 :** 원격탐사, 지도화, 선형추출, 공간필터, 진주시

## 1. 서 론

### 1) 연구목적

지도의 형태(morphology)는 전통적으로 항공 사진이나 위성사진을 이용한 수작업에 의해 추출되어 왔으며, 추출자의 경험에 의존하는 경향이 많았다. 그러므로 객관성과 능률성의 측면에서 지도의 형태를 체계적으로 추출하는 방법의 필요성이 제기되고 있다. 수치영상(digital image)을 이용하면 형태의 추출을 자동화하는 것이 가능한데, 이는 영상분석기법을 이용하여 이루어진다. 영상분석 기법 중 특히 지도의 형태추출에 유용한 것이 공간필터(spatial filter)기법인데, 공간필터기법은 영상의 공간분석이라고도 말할 수 있다<sup>1)</sup>(Lewis, 1990). 공간필터는 공간에서의 화소(pixel)간의

관계를 규명하는 필터인데, 화소값의 변화를 파악하여 공간정보를 추출한다.

지도에서의 필터사용은 지표의 일부에 대한 관측이 여러 개의 축적으로 동시에 표현될 수 있다는 전제에서 출발한다(Rimbert, 1984). 즉 하나의 영상은 육지와 바다의 구분이라는 소축척의 정보를 제공하면서, 미세한 도로망이나 토지이용현황에 대한 대축척의 정보도 동시에 제공할 수 있다. 그러므로 하나의 영상에는 분리할 수 있는 여러 개의 소영상이 존재한다. 따라서 이로부터 지리정보를 추출하기 위해서는 광역적(global), 지역적(regional), 그리고 국지적(local) 조작을 레스터(raster) 방식의 격자를 이용해 행한다. 하나의 필터를 이용하여 모든 정보를 추출하는 것은 불가능하며, 모든 영상에 이용 가능한 최적의 필터는 존재하지 않는다(Mather, 1987). 그러므로 주어

\* 이 논문은 1996년도 부산대학교 연구정착금에 의하여 연구되었음.

\*\* 부산대학교 지리교육과 전임강사

진 영상에서 최대의 정보를 추출하기 위해서는 다양한 필터를 사용하여야 한다. 추출해야 할 정보에 따른 필터의 선택은 시행착오과정을 거쳐서 선정되는데, 경험에 의존한다고 할 수 있다(Crosta and Moore, 1989). 그러므로 필터의 사용에 대해서는 많은 사례연구가 필요하다. 그러나 우리나라의 경우 아직까지 필터의 사용이 공간정보추출에 미치는 영향에 관한 사례연구는 이루어지지 않고 있다. 본고에서는 공간필터를 위성자료에 적용하여 지도의 형태를 추출하는 방법에 대해 살펴본 다음, 진주시 일원에 대한 사례연구를 통해 공간필터를 이용한 지도의 선형화 작업에 대한 가능성을 모색해 보고자 한다.

## 2) 연구방법 및 자료

필터는 그 성질에 따라 다양하게 분류될 수 있는데, 지도의 형태를 추출하기 위해서는 영상의 불연속성을 감지할 수 있는 필터를 사용해야 한다. 필터작업은 푸리에(Fourier) 변형과 같은 분광분석을 통한 전체 영상차원에서 이루어지지만, 주변의 화소만을 이용한 국지적 차원에서 이루어질 수도 있다. 본 연구에서는 국지적 차원의 필터만 이용하기로 한다. 그리고 질감(texture)이 아닌 구조에 중점을 두어 연구하기로 한다.<sup>2)</sup>

필터작업의 결과는 사용하는 영상의 종류에 따라 달라진다. 즉 영상의 분광해상력 및 공간해상력에 따라 추출되는 정보도 달라지게 된다. 예를 들어 Landsat MSS 영상은 공간해상력이 나빠도 기복이 심한 지역의 수계망 추출에는 효과가 있으며(Chidley and Drayton, 1986), Landsat TM 영상의 band 5는 암반의 구조분석이나 수계망분석을 위하여 에지(edge)추출을 할 경우 유리한 것으로 알려지고 있다(Drury, 1986). 그러나 형태추출을 위한 최선의 밴드나 영상은 존재하지 않는다. 지역환경에 따라 사용할 영상 및 밴드의 선택도 달라지게 되며, 지리적 해석을 위해서는 질적인 정보도 필요하다(Jensen, 1996). 본고에서는 도시 공간정보의 형태화에 초점을 두고, 도시정보는 농촌정보와는 달리 공간해상력이 관건이 되므로 현재 사용하고 있는 영상자료 중 공간해상력

이 10m로 비교적 상세한 可觀光 0.51~0.73 $\mu$ m의 단일밴드인 SPOT Panchromatic 영상을 사용하기로 한다. 본 연구에서는 1994년 12월 29일에 촬영된 진주시 일원의 영상자료<sup>3)</sup>를 사용하였는데, 자료의 제약으로 인해 진주시 전역에 대한 연구는 불가능하였다.<sup>4)</sup> 영상처리 시스템으로는 ERDAS Imagine과 PCI를 사용하였으며, 시스템의 메뉴에 포함되지 않은 필터작업을 위해서는 ERDAS Imagine의 Spatial Model Maker를 이용하였다. 그리고 본 연구의 목적이 선의 정확한 지리적 위치보다는 필터의 선형화 수행 정도를 판단하는데 있으므로, 기하보정은 행하지 않았으며, 필터의 임계치(threshold) 문제는 논의로 하였다.

## 2. 지도의 형태와 공간필터의 역할

지도의 형태는 점, 선, 면으로 이루어진다. 위성영상에서 하나의 화소는 점에 해당하는데, 원격탐사의 관찰대상은 하나의 화소(pixel) 또는 일련의 화소로 표현된다. 화소의 크기에 따라 관찰대상이 표현되는 정밀도는 달라지는데, 이는 축척에 해당한다. 지도에서의 축척선택이 연구목적에 따라 달라지듯, 원격탐사에서의 화소 크기의 선택도 추출하고자 하는 정보의 내용에 따라 달라진다. 그러나 화소의 크기 보다 큰 대상물만 감지할 수 있는 것은 아니다. 화소단위의 크기보다 작은 대상물이라도 도로나 하천과 같이 주위환경과 대조되는 경우는 감지가 가능하며, 반대로 화소 크기보다 큰 대상물이라도 주변에 보다 지배적인 화소값을 가진 대상이 존재하면 감지되지 않는 경우도 있다.

개개의 화소는 위치정보를 제외하고는 지도학적인 의미를 갖지 않는다. 왜냐하면 화소값 그 자체는 주제정보를 제공하지 않기 때문이다. 예를 들어 8bit에서 밝기값(bright value) 100을 가진 화소가 공간에서 무엇을 의미하는 지를 찾아내는 것은 불가능하다. 정보의 추출은 항상 주변의 화소값과 연계하여서만 가능한데, 주변 화소값과의 차이에 의해 정보는 추출된다.<sup>5)</sup> 이러한 측면에서 점은 지도의 형태추출과 직접적인 관계가 없다. 대신 선과 면이 지도의 형태추출을 위해 사용된다.

일반적으로 위성사진을 이용하여 지도의 형태를

추출하는 데는 두 가지 접근방법이 존재한다. 첫째, 형태 내부에서 출발하여 다소간 등질적인 내용에 관심을 두는 것으로 분류를 통하여 영상의 종합 및 유형화를 시도하는 것이다. 이 방법은 하나 또는 복수 밴드의 화소의 절대값을 이용하는 것으로 등질지역을 추출하는 데 유리하며, 물이나 숲과 같이 정해진 범위의 밀도를 가진 형상의 추출에 적합하다. 그러나 도로망 추출과 같은 선상의 추출에는 부적합하다. 왜냐면 모든 도로에 적합한 하나의 분광반응은 존재하지 않기 때문이다.

둘째는 외형(contour)에서 출발하여 불연속성에 관심을 두는 것으로 공간필터를 이용하는 것이다. 이 방법은 항상 공간좌표를 고려해야 하므로 보다 지리학적이라고도 말할 수 있다. 분류가 면에 대한 지도정보를 제공한다면, 필터작업은 선에 대한 지도정보를 제공한다. 지도의 세 가지 구성요소인 점, 선, 면 중 특히 지리적 현상의 지도적 표현에 많이 이용되고 있는 것이 선인데, 예를 들어 수계망, 단층선, 절리선, 구조선, 도로망 등의 지리 현상은 모두 선에 의해 표현된다. 그러므로 선의 추출은 지도의 형태표현에 가장 중요하다고 할 수 있다. 공간필터는 이러한 선을 추출하기 위한 것이다. 이 방법은 주변의 화소값과 관련한 밀도를 이용한다. 그러나 이와 같은 상대값을 사용하는 것은 선형상을 추출하기 위해 더 적합하나 제약점 또한 존재한다. 예를 들어 도로는 일정한 넓이를 갖고 있는 반면 비슷한 반사값을 가진 형상이 옆에 있을 경우는 항상 분명하게 추출되지 않는다. 그러나 일반적으로 도로는 주위에 비해 밝은 빛으로 나타나며, 이것이 선형적으로 추출에 단서를 제공한다.

필터작업(filtering)은 영상의 향상을 위해 공간 또는 분광특성을 변화시키는 작업을 광범위하게 지칭하는데, 이 과정에서 신호(signal)의 어떤 요소는 제거하고, 다른 구성요소는 강조하거나 보존하게 된다. 필터의 종류는 크게 빈도영역필터(frequency-domain filter)와 공간영역필터(spatial-domain filter)로 구분된다. 빈도영역필터는 푸리에(Fourier) 변형을 사용하여 영상의 축척(scale) 또는 공간빈도요소를 변형하는 것이며, 공간영역필터는 공간영역에서 직접 영상을 변화시키

는 것이다. 공간영역필터를 공간필터라고도 하는 데, 공간필터는 다시 저빈도필터(low-pass filter)와 고빈도필터(high-pass filter)로 구분된다. 저빈도필터는 서서히 변하는 지역적 배경을 연구하는 데 사용되며, 형태를 부드럽게 하는 역할을 한다. 반면, 고빈도필터는 세밀히 변하는 국지적 변화를 파악하는 데 이용되며, 형태의 윤곽을 세밀화하는 작업을 수행하며, 주변 화소간의 방사 값의 대조를 강조하는 역할을 한다. 예를 들어 저빈도필터는 톱니모양의 해안선을 매끈하게 하고, 고빈도필터는 반대로 매끄러운 해안선을 톱니모양으로 날카롭게 한다.

저빈도필터는 평균의 개념에 바탕을 둔 것으로, 크게 이동평균필터와 매디안 필터로 구분된다. 이동평균필터란 주어진 화소값을 주변의  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ ,  $9 \times 9$  커널(kernel) 등<sup>6)</sup>의 화소로 이루어진 커널의 평균값을 이동시켜 새로운 화소값을 구하는 것으로, 이 작업의 결과로 noise가 제거된 전반적으로 윤활된 영상을 얻을 수 있다. 매디안 필터는 커널의 매디안 값을 구하는 것으로 결과는 이동평균필터와 마찬가지로 noise가 제거된 윤활 영상이다. 그러나 이동평균필터와 비교할 때 몇 가지의 장점을 갖고 있다. 첫째, 평균과 달리 매디안 값은 주어진 커널 속의 실제 값이며, 둘째, 극단 값에 덜 민감하므로 noise제거가 더 쉽고, 셋째, 이동평균필터보다 선적형태 또는 형태간의 경계를 나타내는 에지를 더 잘 보존한다는 것이다. 매디안 필터의 단점은 이동평균필터보다 계산시간이 길다는 것이다. 그러나 저빈도공간필터는 평균의 개념에 근거하기 때문에, 화소의 급격한 변화를 감지하여 형태를 추출하는 데는 적합하지 못하다.

합(integration)에 바탕을 둔, 저빈도필터와 달리 고빈도필터는 화소간의 밝기값의 급격한 변화를 파악하는 데 그 목적을 두며, 이 급격한 변화는 고공간빈도(high spatial frequency)를 나타내고 에지라고도 불린다. 그러므로 형태추출을 위해서는 고빈도공간필터가 적합하다.

### 3. 고빈도 공간필터의 종류

가장 쉬운 고빈도필터법은 초기 영상에서 저빈

도필터에 의한 영상을 제거하여 고빈도영상이 남게 하는 것으로 이를 영상소거법(image subtraction method)이라 하며, 이렇게 얻어진 영상을 HPD(high pass differential) 영상이라 한다. 영상소거법은 초기영상에서 저빈도영상을 제거한 것이므로, 저빈도공간정보가 포함되어 있지 않다(Lillsand and Kiefer, 1987). 그래서 고빈도필터를 채택하여 필터링한 후 이를 초기영상과 더하는 작업을 행한다.

고빈도필터영상을 얻는 다른 방법은 미분법에 의한 것이다. 형태의 선은 화소값이 급격히 변화하는 곳 즉 불연속성을 가지는 곳이기 때문에 미분법을 적용하면 이러한 불연속성을 감지할 수 있기 때문이다. 이러한 화소값의 일차미분은 변하는 정도 즉 기울기를 나타내며, 이차미분은 기울기가 일정한 곳을 구해준다. 원칙적으로 미분은 연속함수인 경우에만 가능하다. 그러나 원격탐사의 영상은 화소가 불연속적으로 분포하는 레스터형, 즉 이산형이다. 그러므로 미분법을 직접 영상분석에 적용하는 것은 불가능하다. 그래서 대신 근사값을 추정하는 방안을 채택한다. 예를 들어 x방향에서의 화소  $p(i,j)$ 의 일차미분은  $p(i,j)-p(i-1,j)$ 로 구한다. 이러한 영상분석의 연속성은 유사 연속성(pseudo-continuity)으로 간주된다. 일차미분값의 최대치  $\Delta xyp(i,j)$ 와 방향  $\theta$ 는 다음과 같이 구한다(Mather, 1987).

$$\Delta xy p(i,j) = \sqrt{\Delta xp(i,j)^2 + \Delta yp(i,j)^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}[\Delta xp(i,j) / \Delta yp(i,j)]$$

이렇게 미분하여 구한 화소값을 초기 영상의 화소값에 더하면 고빈도필터 값을 구할 수 있다. 이 새로운 영상은 밝기값이 급격히 변하는 지역을 강조한다.

영상의 이차미분은 라플라스 조작(Laplacian operator)이라고 하는 다음의 식에 의해 구해진다.

$$\Delta xy 2p(i,j) = \Delta x 2p(i,j) + \Delta y 2p(i,j) = p(i+1,j) + p(i-1,j) + p(i,j+1) + p(i,j-1) - 4p(i,j)$$

라플라스 필터는 이차미분 필터로 방향과는 관계가 없다. 즉 불연속선의 방향은 고려하지 않는다. 라플라스 필터는 영상의 점, 선, 에지를 일반적으로 강조하고 등질적이거나 천천히 변하는 지역을 제거한다. 인간시각도 이와 유사하게 대상을 관측하게 되므로 다른 에지추출방법보다 이 기법이 보다 자연스럽다고 말할 수 있다(Marion, 1991). 라플라스 영상은 그 자체로는 해석이 어려우므로 일차미분영상과 마찬가지로 이 이차미분영상도 초기영상에 더해 고빈도필터영상을 만든다. 그러나 현실적으로 초기 영상에서 이 라플라스 영상을 소거하는 것이 보다 화소값의 변화를 파악하는데 민감하다.

고빈도필터는 일반적으로 초기 영상과의 가감작용에 의해 사용되지만, 단독적으로 에지의 지리적 분포 파악을 위해 사용될 수도 있다. 에지의 개선은 에지의 경계를 정하고 형태를 보다 분석하기 쉽게 하는 과정으로, 인접한 화소의 밝기 차이의 급격한 변화를 인간 눈이 감지하기 쉽도록 한다. 이렇게 단독적으로 에지를 파악하는 과정을 고빈도필터와 구분하여 edge detector라 하기도 한다(Mather, 1987).<sup>7)</sup>

각 필터는 주변의 화소단위 간의 방사값 대조에 의한 연속성에 민감하도록 설계되어야 한다. 민감성은 움직이는 창에서 반대방향으로 존재하는 화소값의 차이의 제산에 의해 측정되는데, 결과는 절대값으로 나타낼 수도 있으며, 128을 중심으로한 상대값으로 나타내는 것도 가능하다. 절대값에서는 순서가 중요하며 차이는 의미가 없으며, 상대값에서는 128보다 크거나 작은 것은 화소가 밝은 지역에 속하느냐 어두운 지역에 속하느냐를 결정하게 된다.

고빈도필터의 종류는 매우 다양하나 선형추출과 관련하여 문헌에 자주 인용되고 있는 필터를 소개하면 다음과 같다(Jensen, 1996; PCI, 1996; Pratt, 1991; Richard, 1986).

$$\text{Mask 1} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 2} = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 3} = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 4} = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 5} = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 6} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -7 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 7} = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 8} = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 9} = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 10 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 10} = \begin{vmatrix} -0.3 & -0.3 & -0.3 & -0.3 & -0.3 \\ -0.3 & -0.3 & -0.3 & -0.3 & -0.3 \\ -0.3 & -0.3 & 9.7 & -0.3 & -0.3 \\ -0.3 & -0.3 & -0.3 & -0.3 & -0.3 \\ -0.3 & -0.3 & -0.3 & -0.3 & -0.3 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 11} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 17 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 12} = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 24 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 13} = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -2 & -2 & -2 & -1 \\ -1 & -2 & 32 & -2 & -1 \\ -1 & -2 & -2 & -2 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$$

$$\text{Mask 14} = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -2 & -2 & -2 & -1 \\ -1 & -2 & 70 & -2 & -1 \\ -1 & -2 & -2 & -2 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$$

Mask 1은 라플라스 필터의 기본형이며, Mask 2는 수정 라플라스 필터로 부호의 방향만 다를 뿐 두 필터의 효과는 동일하다(Marion, 1991). 그러나 이들 필터는 noise에 너무 민감하므로 실질적으로 선을 추출하기 위해서는 거의 사용되고 있지 않다(Gonzalez and Woods, 1992). Mask 3은 수정라플라스 필터를 초기영상에 더한 것이며, Mask 4는 가장 널리 사용되고 있는 라플라스 필터의 하나로 선의 추출에 매우 뛰어나다(Erdas, 1996). Mask 5는 초기영상에 Mask 4를 더한 것으로 초기영상보다 훨씬 좋은 영상을 제공하며 공한지, 습지의 감지가 용이한 것으로 알려져 있다. 그리고 Mask 6은 초기영상에서 라플라스 영

상을 소거하기 위한 필터로 인간시각이 보다 편하게 해독할 수 있는 gray-scale로 변환하며, 불연속선에서 대조를 강화하여 영상을 국지적으로 날카롭게 한다. Mask 7은 Mask 4와 함께 가장 널리 사용되고 있는 라플라스 필터로 3×3 에지추출 필터로 불리며, 불연속의 전반적인 대조를 향상시키는 역할을 한다. Mask 8은 초기영상에 Mask 7을 더한 것으로 3×3 고빈도필터로 명명되고 있다(Erdas, 1996). Mask 9는 3×3 요약(summary) 필터로 명명되며, 전반적인 선의 추출에 유용하다. 커널의 크기가 5×5인 필터로는 라플라스 필터의 일종인 Mask 11과 도시지역 연구에 매우 유리한 Mask 10의 포드 필터(Ford, 1983),

Mask 12의 5×5 고빈도필터, Mask 14의 5×5 요약필터, Mask 13의 5×5 에지추출필터가 널리 사용되고 있다.

그러나 이상의 필터들은 에지의 방향의 변화를 감지하지 못하는 것이 약점으로 지적되고 있다. 그래서 방향에 따른 에지를 추출하기 위해서는 방향 필터를 사용한다. 방향에 따른 선형에지의 추출은 일차미분값의 근사값을 얻기 위한 필터를 사용한다. 이러한 필터의 종류 역시 매우 다양한데, Jensen은 방향에 따라 다음과 같은 필터를 제시한다(Jensen, 1996).

$$\begin{aligned}
 \text{Mask N} &= \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix} \\
 \text{Mask NE} &= \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \\
 \text{Mask E} &= \begin{vmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \\
 \text{Mask S} &= \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \\
 \text{Mask SE} &= \begin{vmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \\
 \text{Mask SW} &= \begin{vmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \\
 \text{Mask W} &= \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix} \\
 \text{Mask NW} &= \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}
 \end{aligned}$$

이상의 필터에서 필터이름은 기울기가 가장 큰 방향을 지칭한다. 예를 들어 N 필터는 서에서 동으로의 밝기 차가 가장 심하다는 것을 의미한다. 이 마스크들의 커널의 합은 0이다. 이것은 일정한 밝기값을 가진 지역 즉 에지가 없는 곳에 대해서는 반응이 없다는 것을 의미한다(Jensen, 1996).

이 필터의 사용은 영상 해석이 어려운 단점은 있지만 많은 에지를 잘 파악한다. 그러나 방향필터의 마스크의 합이 반드시 0이 될 필요는 없다.<sup>8)</sup> Jensen이 제시한 필터이외에도 많은 방향필터가 존재하며, 각각 그 유용성을 인정받고 있다.

비선형적 에지를 추출하기 위해서는 비선형 에지추출 필터를 사용하는데, 비선형 에지필터는 화소단위의 비선형 조합을 이용하는 것이다. 대표적인 비선형 에지 검출기는 Sobel 연산자(operator), Prewitt 연산자, Frei-Chen 연산자 및 Roberts 연산자를 들 수 있다. Sobel operator는 다음과 같이 정의되는데, X커널은 수평방향에 그리고 Y커널은 수직방향에 가중치를 준다(Dougherty and Laplante, 1986). 이 절차는 수평, 수직, 대각선 에지를 추출하는데, 농촌지역과 대규모 도시시설물 주변의 에지추출에 뛰어난 효과가 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{Sobel} &= \sqrt{X^2 + Y^2} \\
 X &= \begin{vmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad Y = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{vmatrix}
 \end{aligned}$$

Prewitt 연산자는 Sobel의 연산자와 유사하나 X, Y 연산자의 동, 서, 남, 북 방향에 가중치를 주지 않는 점이 다르다. 이 연산자는 대각선보다 수평, 수직방향으로 보다 민감하게 반응한다.

$$X = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & -1 \end{vmatrix} \quad Y = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

Frei-Chen의 연산자는 수평, 수직, 대각선 방향의 기울기가 동일하도록 동, 서, 남, 북에  $\sqrt{2}$ 의 가중치를 부여한다(Pratt, 1991).

$$X = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ \sqrt{2} & 0 & -\sqrt{2} \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix} \quad Y = \begin{vmatrix} -1 & -\sqrt{2} & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & \sqrt{2} & 1 \end{vmatrix}$$

그러나 Roberts 연산자는 수평, 수직 방향보다는 대각선을 강조하는 효과를 가진다.

$$\text{Roberts} = X + Y$$

$$X = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{vmatrix} \quad Y = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$

이상의 비선형 에지추출필터는 국지적 차원 뿐만 아니라 지역적 차원의 에지추출에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

이상에서 소개한 필터 외에도 많은 필터가 존재한다. 일반적으로 연구자는 필터에 많은 계수의 부여를 시도하고 그 가운데 가장 좋은 결과를 갖는 계수들을 선택하게 되는데, 본 연구에서는 이상에서 소개한 필터외에도 7×7 커널의 에지추출 필터 및 De Fraipont(1982)의 방향필터 등 본문에서 지면관계로 소개하지 못한 다양한 필터를 진주시의 영상에 시도하였다.

영상을 필터처리 하기 위해서는 convolution 작업을 수행한다. 이 작업은 주어진 지점 i, j의 화소값은 주변의 화소값에 영향을 받는다는 전제에서 이루어지는 것으로 그 식은 다음과 같다.

$$V = \frac{\sum_{i=1}^q (\sum_{j=1}^q f_{ij} d_{ij})}{F}$$

- fij : i, j에서의 convolution 계수
- dij : i, j에서의 화소값
- q : 커널 차원
- F : 커널 계수의 합(합이 0일 때는 1)
- V : 결과 값

#### 4. 적용결과 및 결론

고빈도필터에 의한 영상은 상대적으로 좁은 밀도의 히스토그램을 가진다. 그러므로 시각분석에 앞서 영상대비(contrast stretch)가 필요하다. 각 영상의 분석은 일차적으로 시각적으로 분석하여 선형화추출의 정도를 파악한 다음, 감지가 어려운 경우 히스토그램 분석을 시행하였다. 그러나 본 영상의 공간해상도가 10m로 우수한 편이며, 식생이 거의 없는 겨울의 영상이라는 점, 그리고 본 연구

에서 사용한 필터들이 선형사상 추출에 유용성이 이미 인정된 필터들이라는 측면에서 전반적으로 대부분의 도로와 시설물 등 선형상의 감지가 거의 모든 필터에서 가능하였다. 그러므로 개개의 필터가 감지하는 선형사상과 감지 못하는 선형사상을 상세히 비교분석하는 것이 불가능하였다. 따라서 필터링된 영상에 대한 세밀한 분석보다는 전반적인 결과해석에 초점을 두고 적용결과를 소개하기로 한다.

기본 라플라스필터와 수정라플라스필터인 Mask 1과 Mask 2는 동일한 결과를 추출하였는데, 영상의 저빈도 파장이 감소된 반면, 고빈도 파장은 강조되었다. <그림 1>은 Mask 1 연산을 적용한 영상인데, 초기영상에 비하면 도로망과 하천, 주요 토지이용의 선형이 상당히 강조되었다. 그러나 이 영상은 초기영상에 비해 지치지 않은 영상이므로 해석은 어려우며, noise가 상당히 많다. 그리고 도시 내부 가로망의 추출은 어렵다. Mask 3은 매우 우수한 선형화를 수행하였다. 전반적인 선의 향상으로 도심내 소도로까지도 판독이 가능하였으며, 교량, 대규모 토지이용, 토지이용의 경계, 하천, 남강제방, 아파트 단지(가짜아파트, 한주아파트 등) 등이 명확하게 구분되고 선형화되었다. 그러나 일부 도로로는 다소 불명확하게 감지되었다. Mask 4는 noise가 너무 많아 전혀 사용이 불가능하였는데, 대표적인 라플라스 필터에서 선형화작업이 전혀 불가능하였다는 것은 다소 의외로 받아들여진다. 그러나 Mask 4에 초기영상을 더한 Mask 5의 선형화 결과는 매우 좋으며, 해석 또한 용이하여, 공한지, 로터리(중앙동) 등의 중소규모의 토지이용도 명확히 감지되었다. Mask 6은 양호한 선형화 작업을 수행하였으나 초기화상이 포함되지 않아 해석이 어렵다. 로터리 등 중규모의 선형화는 수행하였으나 시내중심부의 가로망의 선형화는 명확하지 못하다. Mask 7은 주요간선도로와 중소규모의 토지이용은 명확히 구분한다. 그러나 시내중심가의 가로망의 선형화는 명확하지 못하며 일부 도로나 하천은 초기 영상보다도 명확하지 못하다. 그러나 Mask 6 영상보다는 명확하다. Mask 8과 Mask 9(그림 2)의 결과는 시각적으로는 거의 동일하나 Mask 9의 영상이 조금 더 명확하다는 인

상을 받는다. 이는 Mask 9가 에지를 더 강조하는 필터이므로 당연하다 할 수 있다. 실제로 히스토그램을 비교해 본 결과, Mask 9가 훨씬 좁은 밀도를 가짐을 알 수 있었다. Mask 10의 포드필터를 적용한 결과 하천과 소규모 가로망까지 추출할 수 있었다. 전반적인 결과는 Mask 9 필터와 유사하였으나 Mask 9 보다는 불명확한 느낌을 받는다. Mask 11의 라플라스 필터 역시 명확하고 해석이 쉽다. 그러나 Mask 9보다는 대조의 명확도가 덜하다. Mask 12의 고빈도 5×5 필터는 도로망 표시는 좋으나 도심내부의 선형화에는 어려움을 갖는다. 그리고 Mask 13의 결과는 Mask 12와 매우 유사하다. 두 영상의 히스토그램 역시 거의 동일하였다. 그리고 Mask 14(그림 3)의 요약필터는 초기영상이 합쳐진 필터로 시내중심의 가로망도 명확하게 표현하였다.

방향추출 필터를 실행한 영상에 관해서는 전반적으로 방향에 따른 선형화를 확인할 수 있었다. 특히 북서-남동 방향필터와 북동-남서 방향필터의 대조는 매우 명확하였다. 그러나 방향에 따른 선형화 작업은 개개의 방향에 따른 선을 보다 명확하게 형태화하는 데는 기여할 수 있지만 전반적인 선형의 파악과는 다소 거리가 있음을 확인할 수 있었다(그림 4). Sobel 필터의 경우는 농촌지역의 선은 어느 정도 추출 가능하였으나 도시내부의 선은 다리, 제방, 대단지 아파트, 남강 고수부지를 제외하고는 추출이 불가능하였다(그림 5). 그리고 Prewitt 필터 및 Roberts 필터의 결과 역시 본 사례에서는 선형화가 명확하지 못하였다. 더구나 Frei-Chen 필터의 영상은 선형화가 전혀 불가능하였다. 비선형필터영상에서 도로나 하천 등의 선형 지리사상과 관련없이 존재하는 선들은 선구조선(lineament)으로 간주될 수도 있으나, 선구조선의 판독을 위해서는 보다 체계적인 연구가 필요하므로 이에 대한 판단은 유보하기로 한다.

7×7 필터 중 7×7 요약필터<sup>9)</sup>는 도시내부의 도로선도 어느 정도 보여줄 정도로 명확한데(그림 6), Mask 12와 유사한 화상을 제공한다. 7×7 에지추출 필터<sup>10)</sup> 역시 주요 간선도로와 도심내부 도로를 구분할 정도로 좋은 결과를 산출하였다. 원칙적으로 커널의 크기가 클수록 국지적인 것보다

는 지역적인 선형을 추출하는 데 유리한데, 본 연구에서 7×7 크기의 필터로 도심내 소도로까지 추출할 수 있었다는 것은 그 만큼 SPOT Panchromatic 영상의 공간해상력이 우수하다는 것을 의미한다.<sup>11)</sup>

적용결과를 전반적으로 살펴볼 때, 다음과 같은 현상을 확인할 수 있었다. 첫째, Mask 4 및 일부 방향필터를 제외한 대부분의 영상에서 하천, 고속도로 및 주요 간선도로, 공장, 학교, 축구장(공설운동장), 대단지 아파트, 경성대학교, 비닐 하우스 단지 등 주위환경과 명확히 구분되는 대상은 명확히 선형화된다. 둘째로 초, 중, 고등학교 및 진주산업대학교와 같은 중규모의 토지이용 및 도심내도로는 일부필터에서만 추출이 용이하였다. 셋째, 초기화상이 포함된 라플라스필터는 매우 좋은 선형화작업을 수행하였다. 특히 하천, 고수부지, 도시지역과 농촌지역간의 경계는 고빈도영상에서 쉽게 감지할 수 있었고, 개개의 도로나 건물 같은 도시구조물의 추출효과도 개선되었다. 넷째, 커널의 크기에 따른 선형화의 차이가 본 사례에서는 예상보다 훨씬 적음을 발견하였다. 그러나 진주시에 대한 한 계절의 영상으로 이러한 필터의 역할을 일반화할 수는 없다. 식생이 많은 여름의 경우는 전혀 다른 결과를 야기할 수도 있을 것이다.

본 연구에서는 한 지역에 대한 하나의 영상에 대한 필터작업만을 수행하였다. 그러나 하나의 영상으로는 필터와 지도의 선형추출에 대한 체계적인 결론을 내리기에 충분치 않다. 문헌에서 우수하다고 인정된 Mask 4 및 Frei-Chen 필터가 본 지역에서는 전혀 사용이 불가능했던 것은 이러한 사실을 뒷받침한다. 그러므로 동일한 지역의 다른 영상에 대한 적용이나 다른 지역에 대한 적용도 공간필터와 선형추출의 관계를 정립하기 위해서는 필요하다. 예를 들어 Landsat TM 영상의 경우 어느 밴드에서 어느 필터를 적용했을 때 가장 우수한 선형화 결과를 갖는가에 대한 연구가 필요하다. 그리고 하나의 밴드가 아닌 밴드합성의 경우는 어떤 필터작업이 필요한지도 연구하여야 한다(Cumani, 1989). 그리고 선형추출을 위해서 여러 필터를 결합하는 것도 가능하다. 예를 들어 방향필터와 라플라스 필터를 결합하는 것은 하나의 필터만



사용하는 것보다 좋은 결과를 야기할 수도 있다. 그리고 필터작업 이외에도 선형사상을 추출할 수 있는 방법이 있는데, 일례로 Landsat TM 영상을 주성분분석(Principal Component Analysis)한 결과 중 2번 성분을 이용하면 겨울철의 도로망 추출을 용이하게 할 수 있다(Iisaka and Sakurai-Amano, 1995). 이와 같이 위성영상의 선형추출은 다양한 기법에 의해 이루어진다. 그러므로 향후 이 분야의 체계적인 연구를 위해서는 방향필터의 임계치 및 커널의 크기 선택 등 다양한 기법에 관한 보다 종합적인 연구가 필요할 것이다. 이러한 바탕위에서 보다 대추척의 영상을 이용한다면 위성영상이 항공사진을 완전히 대체하여 지도제작에 이용될 날도 멀지 않을 것이다. 본 연구는 필터를 이용한 지도화에 대한 국내의 연구기반이 없는 상태에서 이루어진 기초적인 연구에 불과하지만, 향후 이 분야의 연구에 대한 하나의 단서를 제공한다는 데서 그 의의를 찾을 수 있을 것이다.

註

- 1) 필터가 지리학적 목적에 이용되기 시작한 것은 비교적 최근의 일이다. 필터란 용어가 지리학 문헌에 나타나는 것은 Haggett(1965)가 필터지도(filter map)를 언급한 것이 최초이다. 경향면분석이나 Tobler의 local operator, Hägerstrand의 확산모형은 이러한 필터작업의 하나로 간주될 수 있다(Rimbert, 1984).
- 2) 질감은 전체 표면의 성질과 관계가 있으며, 구조는 표면을 구별하는 불연속성이다. 그리고 한 형태의 선이 보이면서 그것이 우연이 아니라면 구조이다. 반면 선 안의 내용물은 질감이다. 질감과 구조의 혼동은 convolution과 같은 동일한 유형의 기법에 의해 추출되므로 발생하는 것으로 판단된다.
- 3) 고성능 하드 카피어(사진 도화기) 장비의 부족으로 초기영상은 소개하지 않기로 한다. 그리고 본 지역의 지형도 또한 제시하지 않았는데, 이는 지도제작 시기가 오래되어 위성사진과의 상당한 불일치가 발견되었기 때문이다. 예를 들어 1/50,000 지형도(1994년 5월 인쇄)의 경우, 본 영상의 남강교량 중 3개가 누락되어 있다.
- 4) 진주시 전역에 대한 SPOT 영상을 취득하려면 진주

시가 scene의 주변에 위치하는 관계로 4장의 사진을 구입하여야 한다.

- 5) 점을 하나의 독립체로 여기고 분석하는 경우도 있다. 대표적인 예로 색합성과 시계열변화의 추적을 들 수 있다. 그러나 그 결과는 항상 주변 화소들간의 관계에 의해서만 분석이 가능하다.
- 6) 13×13 이상에서는 분광분석을 수행하는 것이 바람직하다.
- 7) 고빈도필터와 edge detector의 구별에 대해서는 많은 이견이 있다. 예를 들어 Lillsand and Kiefer(1987)는 화상소거에 의한 것만 고빈도필터로 간주하고, 미분필터의 사용은 edge detector로 분류한다.
- 8) 일례로 Richard(1986)는 방향과 관련해 다음의 필터를 제시한다.
 
$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$
- 9)  $p(4,4) = 90$ ,  $p(i=3\sim 5, j=3\sim 5) = -3$ ,  $p(i=2\sim 6, j=2\sim 6) = -2$ ,  $p(i=1,7 \text{ or } j=1,7) = -1$ .
- 10)  $p(4,4) = 80$ ,  $p(i=3\sim 5, j=3\sim 5) = -3$ ,  $p(i=2\sim 6, j=2\sim 6) = -2$ ,  $p(i=1,7 \text{ or } j=1,7) = -1$ .
- 11) 실제로 동일지역의 Landsat TM 및 SPOT XS 영상에 적용해 본 결과 7×7 필터로는 추출이 매우 어려웠다.

文 獻

Chavez, P.C. and Bauer, B., 1982, An Automatic Optimum Kernal Size Selection technique for Edge Enhancement, *Remote Sensing of Environment*, 12, 23-38.

Chidley, T.R.E. and Drayton, R.S., 1986, The use of SPOT-simulated imagery in hydrological mapping, *Int. J. Remote Sensing*, 7, 791-799.

Chittineni, C.B., 1983, Edge and line detection in multidimensional noise imagery, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 163-174.

Cracknell, A.P. and Haynes, L.W.B., 1991, *Introduction to Remote Sensing*, Taylor

- & Francis, London.
- Crosta, A.P. and Moore, J.M., 1989, Geological mapping using Landsat Thematic Mapper imagery in Almeria Province, south-east Spain, *Int. J. Remote Sensing*, 10, 505-514.
- Cumani, A., 1989, A second order differential operator for multispectral edge detection, *Proceedings of the 5th International Conference on Image Analysis and Processing*, Positano, 54-58.
- Curran, P.J., 1987, Remote sensing methodologies and geography, *Int. J. Remote Sensing*, 9, 1255-1275.
- De Fraipont, P., 1982, Approche multiscalaire de la fracturation du massif granitique de St Sylvestre, Ph.D. dissertation, University of Strasbourg.
- Dougherty, E.R. and Laplante, Ph.A., 1986, *Introduction to Real-Time Imaging*, Spie press, New York.
- Drury, S.A., 1986, Remote sensing of geological structure in temperate agricultural terrains, *Geological Magazine*, 123, 113-121.
- Erdas, 1996, *Field Guide*, Erdas, Atlanta.
- Ford, G.E., Algazi, V.R., Meyer, D.I., 1983, A noninteractive procedure for land use Determination, *Remote Sensing of Environment*, 13, 1-16.
- Gong, P., Marceau, D.J., Howarth, P.J., 1993, A comparison of spatial feature extraction algorithms for land-use classification with Spot Hrv data, *Remote Sensing Environment*, 40, 137-151.
- Gonzalez, R. and Woods, R., 1992, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, New York.
- Haggett, P., 1965, *Locational Analysis in Human Geography*, London.
- Iisaka, J. and Sakurai-Amano, T., 1995, Automated terrain feature detection from remote sensed images integrating spectral, spatial and geometrical attributes of objects, *Proceedings of GIS/LIS '95*, 486-495.
- Jensen, J.R., 1996, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, second edition, Prentice-Hall, New York.
- Lillsand, T.M. and Kiefer, R.W., 1987, *Remote Sensing and Image Interpretation*, second edition, John Wiley & Sons, New York.
- Marion, A., 1991, *Introduction to Digital Image Processing*, Chapman and Hall, London.
- Mather, P.M., 1987, *Computer Processing of Remotely-Sensed Images*, John Wiley & Sons, New York.
- O'Brien, D., 1988, Road network extraction from SPOT panchromatic data, *Proceeding of the International Symposium on Topographic Applications of SPOT Data*, Sherbrooke, Canada, 273-287.
- Ormsby, J.P., 1992, Evaluation of natural and man-made features using Landsat TM data, *Int. J. Remote Sensing*, 13, 308-318.
- PCI, 1996, *Using PCI Software*, Ontario.
- Pratt, W., 1991, *Digital Image Processing*, John Wiley & Sons, New York.
- Richard, J.A., 1986, *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*, Springer-Verlag, Berlin.
- Rimbert, S., 1984, A propos d'une analyse d'image satellitaire, *Espace Géographique*, 151-165.
- Trotter, C.M., 1991, Remotely-sensed data as an information source for geographical information systems in natural source

management: a review, *Int.J. Geographical Information Systems*, 5(2), 225-239.

Tueller, P.T. and Yuan, A.C., 1992, Feature extraction from Landsat TM

pixels: a preliminary example from shrub-dominated rangelands, *ASPRS/ACSM RT 92 Technical Papers, Washington D.C. Aug. 3-8, 1992*, 343-354.

## The Line Feature Extraction for Automatic Cartography Using High Frequency Filters in Remote Sensing : A Case Study of Chinju City

In Chul Jung\*

### Summary

The purpose of this paper is to explore the possibility of automatic extraction of line feature from Satellite image. The first part reviews the relationship between spatial filtering and cartographic interpretation. The second part describes the principal operations of high frequency filters and their properties. the third part presents the result of filtering application to the SPOT Panchromatic image of the Chinju city. Some experimental results are given here indicating the high feasibility of the filtering technique.

The results of the paper is summarized as follows:

Firstly the good all-purposes filter dose not exist. Certain laplacian filter and Frei-chen filter were very sensitive to the noise and could not detect line features in our case.

Secondly, summary filters and some other filters do an excellent job of identifying edges around urban objects. With the

filtered image added to the original image, the interpretation is more easy.

Thirdly, Compass gradient masks may be used to perform two-dimensional, discrete differentiation directional edge enhancement. however, in our case, the line featuring was not satisfactory.

In general, the wide masks detect the broad edges and narrow masks are used to detect the sharper discontinuities. But, in our case, the difference between the  $3 \times 3$  and  $7 \times 7$  kernel filters are not remarkable. It may be due to the good spatial resolution of Spot scene. The filtering effect depends on local circumstance. Band or kernel size selection must be also considered. For the skillful geographical interpretation, we need to take account the more subtle qualitative information.

**Key Words** : remote sensing, automatic cartography, spatial filter, line feature detection, Chinju city.

---

\* Full-time Lecturer, Department of Geography Education, Pusan National University.

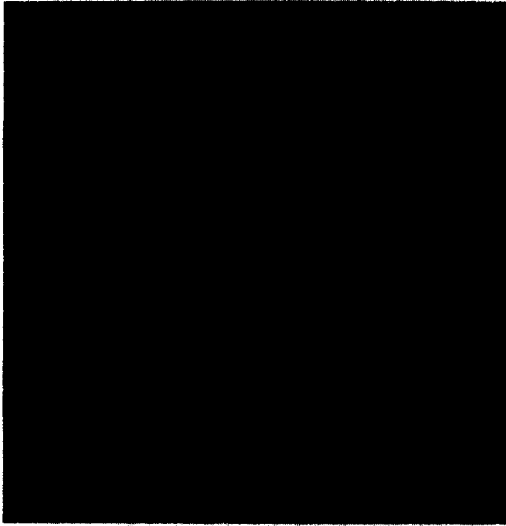


그림 1. 라플라스 기본필터 영상

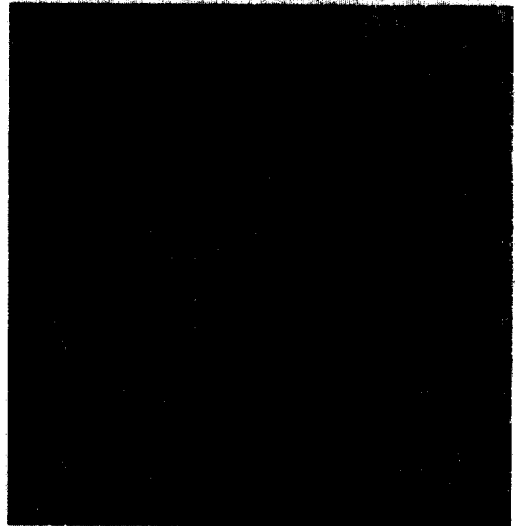


그림 2. 3×3 요약필터 영상

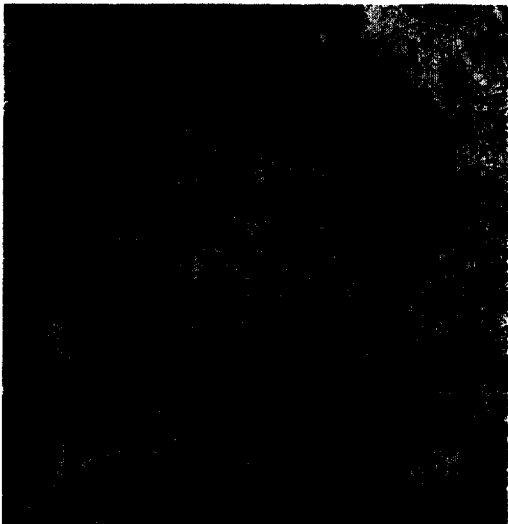


그림 3. 5×5 요약필터 영상

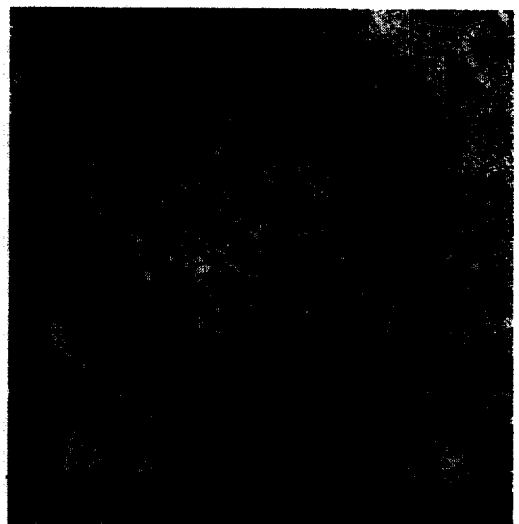


그림 4. 북동방향 필터 영상

위성영상의 형태추출을 통한 지도화 : 고빈도 공간필터 사용을 중심으로

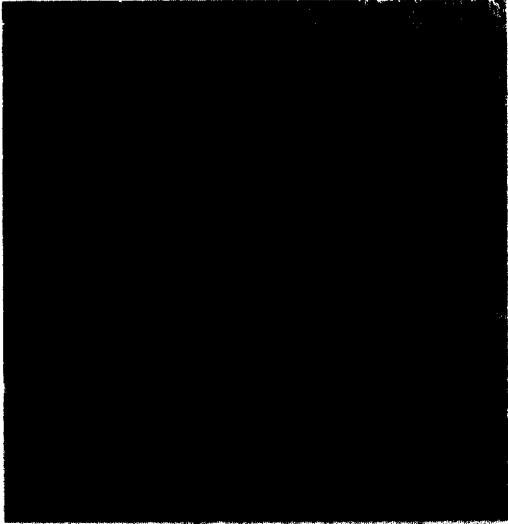


그림 5. Sobel 필터 영상

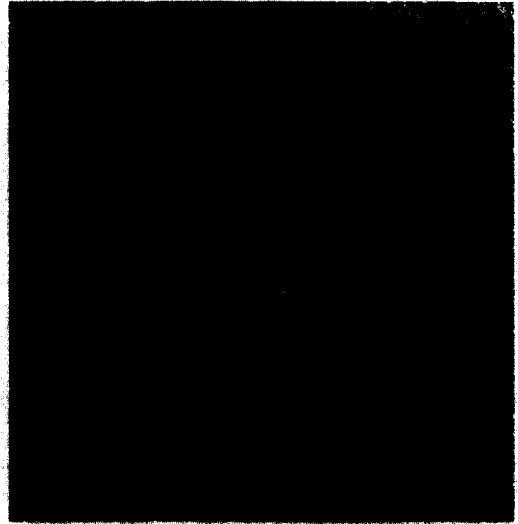


그림 6. 7×7 요약필터 영상