

위성영상 및 지구물리 영상자료의 호모몰픽 필터링 적용

류희영^{1,*} · 이기원² · 권병두¹

¹서울대학교 지구과학교육과, 151-748 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1

²한성대학교 정보공학부, 136-792 서울특별시 성북구 삼전동 3가 389

Application of Homomorphic Filtering to Satellite Imagery and Geophysical Image Data

Hee-Young Yoo^{1,*}, Kiwon Lee² and Byung-Doo Kwon¹

¹Department of Geoscience Education, Seoul National University, San 56-1, Shillim-dong, Gwanak-gu, Seoul 151-748, Korea

²Department of Information Systems, Hansung University, 389, Samseon-dong 3-ga, Sungbuk-gu, Seoul 136-792, Korea

Abstract: Homomorphic filtering improves image by enhancing high components and reducing low components in the frequency domain based on FFT, as one of useful digital image processing techniques. In this study, the application program for homomorphic filtering was developed. Using this program, satellite imageries and geophysical image such as magnetic image data were processed and their results were analyzed. In case of applying to other techniques such as histogram equalization and kernel-based masking for the same purpose, they often cause the slight distortion of boundary or overall change of brightness values on the whole image. Whereas, homomorphic filtering has ability to enhance selectively detailed components in a target image. Therefore, this technique can be effectively used for extraction or separation of complex types of characteristics contained in the satellite imagery. In addition, this technique would be applicable to investigate anomalous zone in various geophysical image data.

Keywords: Homomorphic filtering, High-resolution imagery, Geophysical image, Image Enhancement

요 약: 호모몰픽 필터링은 푸리에 변환에 기초를 둔 기법으로 주파수 영역에서 저주파 신호는 약화시키고 고주파 신호는 강화하여 영상의 대비 차를 강화시키는 처리기법이다. 본 연구에서는 호모몰픽 필터링을 위한 응용 프로그램을 개발하여 인공위성영상과 지구물리 자력탐사 자료를 이미지화한 영상에 시험적으로 적용하여 그 결과를 분석하였다. 영상 평활화 기법이나 커널 마스크 처리 등과 같은 영상강화 기법에서는 추출 가능한 경계부의 위치를 변화시키거나 영상의 화소값이 전체 영상을 대상으로 변화시키는 반면에 호모몰픽 필터링은 세부적인 영상 정보의 내용을 선택적으로 강조할 수 있다. 호모몰픽 필터링은 인공위성 영상에서 복잡한 지형지물의 특성을 추출하거나 분리하는 데 효과적인 방법으로 나타났으며 지구물리 영상자료에서 이상대를 조사하는 경우에도 유용하게 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

주요어: 호모몰픽 필터링, 고해상도 영상, 지구물리 영상, 영상 강화

서 론

최근, 수평 해상도 1m 이하의 고해상도 위성영상의 민간 활용이 가능해지면서 기존의 중·저 해상도 영상 처리 기법을 보완하는 처리 방법이나 분석 기

법의 필요성이 대두되고 있다. 또한 적절한 분석 기법을 적용하여 다양한 센서로부터 얻어지는 영상에 포함되어 있는 정보를 추출하는 것이 일반적인 영상 처리의 목적이므로 각 처리 단계별로 기존의 방법이나 알고리즘을 적용하여 문제점이나 해결 방안을 찾는 과정도 중요하게 인식되고 있다(Jensen, 1996).

이러한 동향에 따라 본 연구에서는 주파수 영역에서 영상을 강화할 때 유용한 방법으로 알려진 호모

*Corresponding author: skyblue@mantle.snu.ac.kr

Tel: 82-2-878-7233

Fax: 82-2-874-3289

몰픽 필터링 기법을 위성 영상자료와 지구물리 육상 탐사 자료에 각각 적용하고 결과를 분석하였다. 여기서 영상 강화란 최소한의 왜곡이나 손실만으로 원 자료에 포함된 객체 정보를 효과적으로 구분하거나 구별하도록 하는 화소 정보의 처리과정을 의미하므로 영상강화 처리의 결과로 영상의 색상 대비차나 화소 분포 양상이 변화하게 된다.

일반적으로 영상강화 기법에는 히스토그램 평활화 방법(Histogram Equalization)이나 커널 마스크(Kernel Mask) 처리와 같은 공간 영역의 필터링 방법 등이 활용되어 왔다. 이에 비해 호모몰픽 필터링은 원시 데이터의 푸리에 변환을 수행한 뒤에 주파수 영역에서 고주파 성분은 강화하고 저주파 성분은 상대적으로 약화시켜 영상내의 색상 대비를 강조하는 것이다(Myler and Weeks, 1993; Parker, 1997; Gonzalez and Woods, 2002).

현재까지는 기존의 상업적 위성 영상처리 틀에서 직접적으로 호모몰픽 필터를 제공하지 않기 때문에 본 연구에서 윈도우 기반의 응용 프로그램을 새로 개발하여 실험에 적용하였다. 또한 동일한 조건의 영상 자료에 대하여 히스토그램 평활화 기법과 경계선 강화(Sharpening) 공간 필터링을 적용한 후 호모몰픽 필터링 결과와 차연산 등을 통하여 직접 비교하고 결과를 분석하였다. 한편 필터링 기법을 선구조 추출 기법과 연계하는 처리 과정을 제시하기 위하여 필터링 처리 후 추출된 선구조의 정확도를 함께 제시하였다.

호모몰픽 필터링 (Homomorphic filtering)

기본 개념

영상은 2차원 함수 $f(x, y)$ 로 정의할 수 있다. 공간 좌표 (x, y) 에서 함수 f 의 값은 그 점에서의 영상의 밝기(Brightness Value: BV) 또는 명암도를 의미한다. 하나의 장면(Scene)을 이루는 영상 정보인 $f(x, y)$ 는 두 가지 성분으로 구분할 수 있는데 이는 각각 장면으로 입사된 신호원 조명의 양과 그 장면에 있는 물체에서 반사된 조명의 양이다. 이것을 각각 조명(Illumination), 반사(Reflectance) 성분이라 부르며 각각 $i(x, y)$, $r(x, y)$ 로 표기한다. 여기서 반사 지수가 0과 1인 경우에는 각각 완전 흡수와 완전 반사를 의미한다.

$$\begin{aligned} f(x, y) &= i(x, y) \times r(x, y) & (1) \\ 0 < i(x, y) < \infty \\ 0 < r(x, y) < 1 \end{aligned}$$

조명과 반사 성분의 곱으로 표현한 경우 푸리에 변환을 한 후 조명과 반사 성분을 분리할 수 없기 때문에 푸리에 변환을 수행하기 전에 원시 데이터(식 (1))을 식 (2)와 같이 새로운 값으로 적용하도록 한다.

$$\begin{aligned} z(x, y) &= \ln f(x, y) \\ &= \ln i(x, y) + \ln r(x, y) & (2) \end{aligned}$$

로그를 취한 값을 푸리에 변환해 주고 그 결과를 식 (3)과 같이 $Z(u, v)$ 로 나타낸다. 푸리에 변환 후 주파수 영역에서 식 (4)와 같은 필터 함수 $H(u, v)$ (Fig. 1)를 곱하고(식 (5)), 역 푸리에 변환(식 (6))을 하면 공간 영역으로 변환이 이루어진다. 로그의 역연산을 위해 식 (7)과 같이 지수 함수를 취해 주면 영상 강화 처리과정으로 보정된 영상을 얻을 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} \mathfrak{F}\{z(x, y)\} &= \mathfrak{F}\{\ln f(x, y)\} \\ &= \mathfrak{F}\{\ln i(x, y)\} + \mathfrak{F}\{\ln r(x, y)\} \\ Z(u, v) &= F_i(u, v) + F_r(u, v) & (3) \end{aligned}$$

$$H(u, v) = (\gamma_H - \gamma_L) [1 - e^{-(D^2(u, v)/D_0^2)}] + \gamma_L \quad (4)$$

$$\begin{aligned} S(u, v) &= H(u, v)Z(u, v) \\ &= H(u, v)F_i(u, v) + H(u, v)F_r(u, v) & (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s(x, y) &= \mathfrak{F}^{-1}\{H(u, v)F_i(u, v)\} + \mathfrak{F}^{-1}\{H(u, v)F_r(u, v)\} \\ &= i'(x, y) + r'(x, y) & (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g(x, y) &= e^{s(x, y)} \\ &= e^{i'(x, y)} \cdot e^{r'(x, y)} & (7) \end{aligned}$$

영상의 조명 성분은 일반적으로 공간적 변화가 적고, 반사 성분은 비슷하지 않은 객체의 교차점에서 갑작스럽게 변화하는 경향이 있다. 이러한 특징들은 한 영상에서 푸리에 변환을 통해 주파수 영역으로 변환된 후 저주파수는 조명과 고주파수는 반사성분과 각각 연관되는 것으로 분석하는 것이 가능하도록 한다.

호모몰픽 필터링을 이용하면 조명과 반사 성분에 대한 많은 제어가 가능하다. 이러한 제어는 푸리에 변환의 저주파 및 고주파 성분에 다른 방식으로 영향을 미치는 필터 함수 $H(u, v)$ 에 의해 가능하다. 만약 $\gamma_L < 1$ 이고 $\gamma_H > 1$ 이 되게 선택되면 저주파 성분

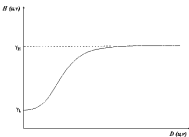


Fig. 1. Cross section of a circularly symmetric filter function. $D(u, v)$ denotes the distance from the origin of the centered transform.

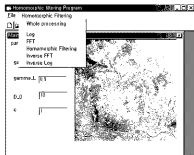


Fig. 2. Implementation for homomorphic filtering and its user interface.

의해 만들어지는 결과를 감소시키고 고주파 성분에 의해 만들어지는 결과를 증폭시키는 경향이 있다.

프로그램 개발

호모몰픽 필터링은 기존의 위성 영상처리 프로그램에서 지원하고 있지 않기 때문에 본 연구에서는 윈도우 환경에서 이를 처리 할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다. 필터링 과정에 필요한 입력 변수들을 사용자가 직접 입력하도록 하는 인터페이스를 제공하여 다양한 실험과 작용이 가능하도록 하였다(Fig. 2).

연구 결과

변수의 변화에 따른 결과 분석

호모몰픽 필터링 과정에서 입력 변수에 따른 결과

영상의 차이점 비교하기 위하여 경기도 남양주 지역을 촬영한 수평 해상도 6.6 m의 전정색(Panchromatic) 영상을 제공하는 KOMPSAT EOC 센서의 부분 영상을 이용하여 분석하였다.

이 결과를 통해 변수가 달라짐에 따라 결과 영상 역시 다른 양상을 보이고 있음을 확인할 수 있다.

Fig. 3(b)와 Fig. 3(c)를 비교하면 γ_1 이 0.8에서 0.9로 변함에 따라 결과가 달라지는 것을 확인할 수 있다. γ_1 값이 커지면 영상의 최소 분포폭 양의 방향으로 이동시키는 영향을 주어 전체적으로 밝아진다. Fig. 3(d)와 Fig. 3(f)를 비교하면 γ_2 값에 따른 변화폭 알 수 있는데 γ_2 값이 커질수록 밝은 지역의 대비차가 커진다.

Fig. 3(c)와 Fig. 3(d)를 비교하면 D_0 값에 따른 차이를 비교할 수 있는데 D_0 값이 클수록 밝은 부분의 면적이 더 넓게 나타나는 것을 확인할 수 있다. c 값의 차이에 따른 변화 양상을 알기 위해서는 Fig. 3(c)와 3(e)를 확인하면 된다. c 값이 커질수록 밝은 부분과 어두운 부분의 값의 변화가 크다는 것을 확인할 수 있다. 밝은 부분은 더욱 밝아지고 어두운 부분은 더 어두워 대비가 커지게 된다.

호모몰픽 필터는 고주파수를 강조한다는 측면에서 고주파수 통과 필터(High Pass Filter)와 매우 유사하다. 그러나 고주파수 통과 필터는 주파수 영역에서 고주파수만 남기고 저주파수는 제거하는 반면 호모몰픽 필터는 고주파는 더 강화하고 저주파는 제거하는 것이 아니라 약화시켜 좀 더 세밀하게 주파수 영역에서 조절이 가능하다.

기타 방법과의 결과 영상 비교

본 연구에서는 대부분의 영상 처리 분야에서 채용하고 있는 영상 강화 기법인 히스토그램 평활화 방법과 공간 영역에서의 커널 마스크를 이용한 샤프닝 필터링 영상에 적용하여 그 결과를 호모몰픽 필터링 적용 결과와 비교하였다. 본 실험에서는 경기도 구리시 고속도로 분기점 부근의 IKONOS 1m 부분 영상(Fig. 4(a))을 이용하여, 커널의 크기를 3×3 으로 설정한 샤프닝 필터(Fig. 4(b)), 히스토그램 평활화(Fig. 4(c)) 그리고 입력변수들 $\gamma_0 = 2$, $\gamma_1 = 0.9$, $c = 1$, $D_0 = 10$ 로 하여 호모몰픽 필터링(Fig. 4(d))을 각각 수행하였다.

샤프닝 필터링 수행 결과(Fig. 4(b))를 원본 영상(Fig. 4(a))과 비교해 보면 경계 부분이 좀 더 강화되

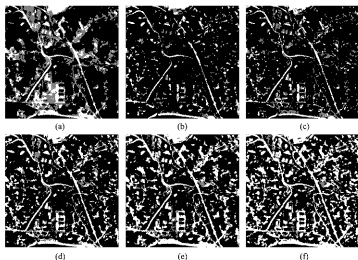


Fig. 3. The results of homomorphic filtering with KOMPASAT EOC imagery according to variables. The original image is (a). (b) is the homomorphic filtering result where $\gamma=2$, $\eta=0.8$, $c=0.5$ and $D=20$. (c), (d), (e) and (f) is the image where $\gamma=2$, $\eta=0.9$, $c=0.5$ and $D=20$, where $\gamma=2$, $\eta=0.9$, $c=0.5$ and $D=10$, where $\gamma=2$, $\eta=0.9$, $c=1$ and $D=10$, and where $\gamma=3$, $\eta=0.9$, $c=0.5$ and $D=10$, respectively.

어 나타남을 알 수 있다. 하지만 추후하고자 하는 대상 객체의 배경 지역이 화소값이 낮은 지역으로 되어 있는 경우 대상 객체의 공간적 특성을 충분히 표현하지 못하는 경우가 있으며 커널 마스크 내에 포함된 모든 화소값을 이용하여 중앙에 위치한 대상 화소값을 연산 결과를 대체하는 방식이기 때문에 경계의 위치가 변할 위험이 있다. 한편 히스토그램 평활화 결과(Fig. 4(c))를 살펴보면 전체적으로 영상이 밝아졌다는 것을 확인할 수 있다. 이는 주로 낮은 값의 범위에 집중되어 분포하던 화소값들이 평활화 하는 과정에서 화소값들이 상대적으로 높은 값의 범위로 전이되므로 이동하기 때문이며 위성 영상 자료의 경우 일반적으로 나타나는 현상이다. 히스토그램 평활화 방법은 주위와 화소값의 차이가 많이 나는 지역이나 직계 나는 지역에서 화소값이 균등하게 분포하도록 하는 방법인 데 반하여 호모몰픽 필터링을 이용한 경우 원본 영상보다 더 어두운 진 부분도 있고 더 밝아진 부분도 있다. 호모몰픽 필터링 결과(Fig. 4(d))를 살펴보면 도로 및 도로 주변 지역의 경

계가 분명해졌으며, 원본 영상(Fig. 4(a))이나 다른 필터링 결과(Fig. 4(b), (c))에서는 잘 드러나지 않았던 차선이나 자동차의 경계가 분명하게 나타나는 것을 볼 수 있다.

기존의 영상 강화 기법이 입력 영상 자료를 전연적으로 일관성 있게 변화시키는 것에 비하여 호모몰픽 필터링은 입력 변수의 조정을 통하여 선택적인 영상 강화가 가능하다는 장점이 있다. 그러므로 호모몰픽 필터링은 고해상도 영상 자료뿐만 아니라 중·저해상도 영상 자료로부터 세부적인 정보류 추출하고자 할 때에도 이용 가능하다. 또한 도시지의 같이 복잡한 객체로 이루어진 지역을 조사하고자 하거나 배경 지역과 화소값 차이가 많이 나는 경계부 부분이나 영상 기번으로 선구조를 추출하는데 매우 유용하게 이용할 수 있다.

필터링 후의 화소값의 변화와 경계 위치 변화를 확인해 보기 위해 본 연구에서는 두 가지 방법을 이용하였다. 첫 번째 단계에서는 필터링 수행 전후의 대상 영상 내 화소값의 변화를 알아보기 위하여 차

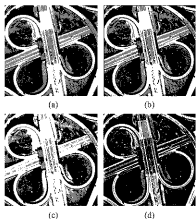


Fig. 4. The results of homomorphic filtering with respect to IKONOS PAN sub-image. (a) and (b) represent the original image and the result of kernel-based spatial filtering, respectively. A general 3×3 sharpening filter was applied for (b). (c) is the result of histogram equalization. (d) shows the effect of homomorphic filtering ($\gamma=2$, $\gamma=0.9$, $c=1$ and $D_0=10$)

연산을 수행하였다. 차연산의 결과는 Fig. 5에 제시하였다. 필터링 후의 희소값과 원본 영상 희소값 차이의 절대 값을 차 연산 영상으로 표현하였는데 영상 내부에서 어두운 흰으로 음영이 두드러진 지역이 희소값의 변화가 큰 지역이다. 커널 마스크를 적용한 영상 강화 결과(Fig. 5(a))에서는 경계부 부분이 많이 변하고 있으며 희소값의 변화 양상에 대각선 무늬의 방향성이 나타나는데 이는 커널의 영향으로 생각된

다. 히스토그램 평활화 결과(Fig. 5(b))에서는 경계부 부분이 많이 변한 것이 아니라 비교적 영상 전체가 골고루 희소값이 변하였고, 밝은 색상의 도로 부분 보다는 도로 외의 어두운 부분이 밝은 색상으로 변화하면서 이러한 지역에서 희소값의 변화가 컸음을 알 수 있다. 이에 비해 호모몰픽 필터링 결과는(Fig. 5(c)) 영상에서 전체적으로 희소값이 변한 것이 아니라 부분적으로 변화하는 특성이 있으며 이는 영상 해석에 유리하게 작용한다. 도로의 경계 부분이나 차선 등과 같이 세부적인 공간 특성 변화가 두드러진 부분에서 희소값의 변화가 크게 나타나는 것으로 볼 수 있다.

두번째 단계로 색상의 차이가 큰 지역에서 나타나는 객체들의 경계부에서 위치의 변화를 확인하기 위하여 경계부분을 추출한 후 원본 영상과 비교해 전체 정확도(overall accuracy)를 계산해 보았다(Fig. 6). 전체 정확도는 정확하게 추출된 경계의 희소 수를 원본 영상에서 경계로 추출된 희소 수로 나누어 계산한다. 히스토그램 평활화 방법과 호모몰픽 필터링의 경우 각각 99% 이상의 정확도를 보인 반면에 커널 마스크 기반의 필터링을 수행한 경우에는 93% 정도로 다른 두 방법에 비해 비록 크지는 않지만 정확도가 상대적으로 저하되는 현상을 확인할 수 있었다. 이것은 사프닝 필터가 앞서 논의한 바와 같이 커널의 중앙에 값을 넣는 과정에서 경계 위치의 변화가 발생한 것으로 판단된다. 이것은 고해상도 영상을 이용하여 정밀한 공간 객체의 위치를 추출하거나 관측하는 경우 다소 문제가 될 수도 있음을 의미한다.

필터링 적용 사례

인공위성 영상 자료로부터 저동으로 신규조류 추출



Fig. 5. Resultant images of image differencing for comparison of image enhancement techniques.

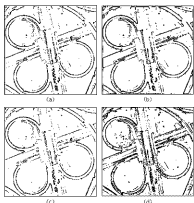


Fig. 6. Cases of edge detection with several image enhancement schemes. (a) and (b) show the original image and the extracted edge from sharpening image, respectively. (c) is the result of histogram equalization and (d) shows the effect of homomorphic filtering.

하거나 풍력이나 자력 탐사 결과를 이미지화한 자료를 이용해 북이 이상대(Anomalous zone)를 찾고자 한다면 주위 배경 영상의 최소값을 대신으로 하여 색상의 차이가 많이 나는 부분을 강조하는 필터링을 수행하는 경우 결과의 해석에 많은 장점을 보일 수

있다(Rencz, 1999). 따라서 호모몰피 필터링을 이용해 변화가 큰 부분은 강화하고 그렇지 않은 부분을 감쇄시킨다면 경계 부분이나 선구조, 또는 이상대류 강조하는 데 효과적이다. 본 연구에서는 실제 위성영상 자료와 지구물리 자료에 대하여 호모몰피 필터링을 수행한 뒤 처리 결과를 비교해 보았다.

위성영상으로부터 선구조 추출

일반적으로 중·저해상도 위성영상을 이용하여 선구조를 추출하는 경우에는 경차리 과정으로 사프닝 필터를 이용하는 경우가 많다. 따라서 본 연구에는 사프닝 필터를 사용한 경우와 호모몰피 필터를 이용한 경우를 비교하여 응용 연구에 대한 시사점을 제시하고자 하였다. 이 과정에서 사용된 위성 영상은 강원도 정선 지역의 LANDSAT 7 ETM+ 영상으로 공간해상도는 30m이다. 한편 자동화 선구조 추출 기법으로는 GDPA(Gradient Direction Profile Analysis) 방법(Wang et al.,1992; Lee et al., 2003)과 세선화 방법(Zhang and Suen, 1984)을 이용하였다.

필터링 처리 후에 자동화 경계선 추출과 주위 잡음을 제거하는 세선화 과정을 수행한 결과, 호모몰피 필터링을 이용한 경우 사프닝 필터를 한 경우보다 불필요한 부분의 선구조의 추출이 적고 선구조의 연결성 측면에서 비교적 우수한 결과를 보이는 것으로 나타났다.

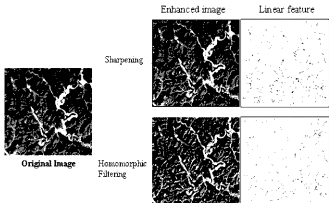


Fig. 7. Compositive results of linear feature extraction without/with homomorphic filtering.

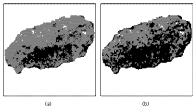


Fig. 8. Homomorphic filtered result with respect to surface magnetic data in Jeju island. (a) is the raw image data. (b) shows the enhanced image of actual magnetic data, which were obtained by ground investigation using homomorphic filtering.

지구물리 자료의 적용

앞에서는 주로 인공위성 영상자료용 대상으로 필터링 수행 결과를 제시하고 분석하였으나 지구물리 포텐셜 자료류 2차원 이미지도 표현한 지구과학 영상 자료의 경우에도 경계선 강화의 목적으로 전처리 단계로 호모몰픽 필터링을 적용 가능할 것으로 예상된다. 제주도 지역에서 측정된 지역 자료를 영상화한 것(Fig. 9(a))과 같은 영상에 호모몰픽 필터링을 수행한 결과(Fig. 9(b))를 비교해 보았다. 필터링 수행 후에는 구분이 명확하지 않던 원본 영상에서 영상 강화 과정으로 색상 대비차가 크게 나타남을 볼 수 있다.

결 론

호모몰픽 필터링은 영상자료에 푸리에 변환을 수행한 후 주파수 영역에서 고주파 성분인 민사성분은 강화하고 저주파 성분에 영향을 미치는 조영성분은 상대적으로 약화시켜 전체 영상에 크게 영향을 주지 않으면서 영상 강화를 수행하기 위한 기법이다. 이 기법은 기존의 영상 처리 소프트웨어에서 지원하고 있지 않기 때문에 본 연구에서는 윈도우 기반의 응용 프로그램을 새로 개발하여 인공위성 영상자료용 대상으로 몇 가지 실험 연구를 수행하였다.

호모몰픽 필터링과 공간 영역에서의 영상강화 기법과의 차이점은 공간 영역에서의 영상 강화 기법들은 입력 대상 영상의 전반적인 색상 차를 강조하는 반면에 호모몰픽 필터링의 경우에는 주파수 영역에서 영상을 선택적으로 강조할 수 있다는 것이다. 호모몰픽 필터링을 적용하는 경우 영상 내 객체간의 경계

의 대비를 강화하고, 원본 영상에서 잘 보이지 않던 세부적인 변화를 강조해 주기 때문에 선구조를 추출이나 경계부 강화에 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

한편 경계 추출 후 원본 영상과 전체 강화도를 비교해 본 결과, 커널 마스크 처리 결과 영상에 비하여 호모몰픽 필터링의 결과 영상이 높은 정확도를 보이는 것으로 나타났다. 히스토그램 평활화 기법을 적용한 경우에도 높은 정확도를 보이지만 화소값이 한쪽에 몰려 있을 경우 골고루 분산 시켜주는 역할을 하기 때문에 입력 영상의 특성에 따라 차이가 있을 수 있다.

호모몰픽 필터링의 처리 결과에서는 원본 영상이나 다른 영상강화 방법의 결과에서는 잘 드러나지 않았던 세부적인 영상의 특성 정보가 비교적 잘 나타나는 양상을 보인다. 따라서 호모몰픽 필터링을 이용하여 입력 변수를 조정함으로써 선택적으로 원하는 영역을 강조하여 표현할 수 있다. 그러므로 고해상도 영상에서 좀 더 세밀한 정보를 추출하거나 도심지역과 같이 복잡한 객체를 이루어진 지역을 연구할 때, 지구물리 자료에 적용할 경우 주변화 화소값 차이가 많이 나는 경계부분을 강화하거나 주변과 같이 다른 이상대를 찾아내는데 효과적일 것이다.

향후 인공위성 영상자료용 이용하여 선구조를 추출하거나 지역, 층력과 같은 지구물리 탐사자료로부터 특성 정보를 조사하는 데 호모몰픽 필터링이 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 과학기술부 원격탐사기술개발사업서 제복과제의 일부 결과임.

참고문헌

- Jensen, J. R., 1996, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Prentice Hall, 141-152 p.
- Lee, K., Ya, Y. C., and Lee, B. G., 2003, Automatic Road Extraction by Gradient Direction Profile Algorithm (GDPA) using High-Resolution Satellite Imagery: Experiment Study, *Korean Jour. of Remote Sensing*, 19, 393-402.
- Myler, H. R. and Weeks, A. R., 1993, *The Pocket Handbook of Image Processing Algorithms in C*, Prentice

- Hall, 119-121 p.
- Parker, J. R., 1997, Algorithms for Image processing and Computer Vision, Wiley Computer Publishing, 241-245 p.
- Rencz, A. N. (Ed), 1999, Remote Sensing for the Earth Sciences, Manual of Remote Sensing Third Edition, John Wiley and Sons Inc, 307-354 p.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., 2002, Digital Image Processing, Prentice Hall, 198-201 p.
- Wang, J., P. M. Treitz, and P. J. Howarth, 1992. Road Network Detection from SPOT Imagery for Updating Geographical Information Systems in the Rural-Urban Fringe, Int. Jour. of Geographical Information Systems, 6(2): 141-157.
- Wang, J. and Zhang, Q., 2000, Applicability of a Gradient Profile Algorithm for Road Network Extraction-Sensor, Resolution and Background Considerations, Canadian Jour. of Remote Sensing, 26, 428-439.
- Zhang, T. Y. and Suen, C. Y., 1984, A fast parallel algorithm for thinning digital patterns, Communications of the Association for Computing Machinery, 27, 236-239.

2004년 11월 23일 원고 접수
 2005년 1월 10일 수정 원고 접수
 2005년 1월 17일 원고 채택