
SPOT 위성영상을 이용한 LPF 기법으로 해안지역의 섬 경계 추출

최현* · 윤홍주**

Low Pass Filtering for the Extraction of Island Detection in Coastal Zone from SPOT Imagery

Hyun Choi* · Hong-Joo Yoon**

요 약

원격탐사와 GIS의 접목은 해안정보와 지리정보 뿐만 아니라 교통정보 등에 많이 이용되고 있다. 본 연구는 10m급 중해상도를 가지는 SPOT 위성영상으로 LPF(Low Pass Filtering) 기법으로 해안지역의 섬 경계 추출에 관한 연구이다. 연구대상지역은 남해지역으로 원격탐사기법으로 해안지역에 존재하는 섬을 검출하기 위해 LPT를 적용한 후 Sobel 연산자로 경계검출 한 후 GIS를 활용하여 벡터자료를 구축하였다. 분석결과 5×5 convolution mask를 사용하여 섬 경계 추출하는 것이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구를 바탕으로 배타적 경제수역에서 발생할 해양분쟁에서 과학적이고 합리적인 근거자료의 제시가 가능할 것으로 판단된다.

ABSTRACT

The join of remote sensing and GIS(Geographic Information System) could be useful in various fields of marine information and land information as well as ITS(Intelligent Transport Systems). This paper is LPF(Low Pass Filtering) for the extraction of island detection in coastal zone from SPOT imagery which is 10m resolution photograph. The study area is based on the southern sea in Korea. Sobel operator performed the extraction of island detection in coastal zone after the LPF processing by remote sensing. And, GIS was used to generate from raster to vector data. As the result, The best way prove out the 5×5 convolution mask about the LPF processing of island detection in coastal zone. It is judged the research which it sees with the fact that the presentation of very scientific and reasonable data will be possible from the oceanic dispute will occur from the EEZ(Exclusive Economic Zone).

키워드

Remote Sensing, GIS, SPOT, LPF, Sobel

I. 서 론

디지털 형식으로 구성되어 있는 대부분의 위성영상

처리기법 중에서 영상 향상 기술은 여러 분야에서 널리 활용되고 있다[1, 2]. 영상향상은 부분필터를 이용하게 되는데 각 필터에는 영상에 섞인 노이즈가 존재

* 한국전산원 ITA팀
** 부경대학교 위성정보과학과

하는 특성을 보인다. 따라서 여러 가지 노이즈가 함께 섞여 있을 경우, 여러 종류의 필터를 동시에 적용시킴으로써 노이즈를 제거하게 된다. 필터(filter)작업은 영상처리작업과 관련하여 많이 이용되며 영상을 섬세하게 하거나 흐리게 하고, 영상의 노이즈를 제거하고, 모서리를 추적하거나 강조하고, 또는 영상의 대비를 조정하는데 사용할 수 있다. 영상화소 내에서 밝기 값이 변하는 것은 공간적인 빈도의 변화로 나타낼 수 있으며, 인접 거리에서 밝기가 많이 변하는 것을 영상의 고주파 빈도(High Frequency)라 하며, 밝기의 변화가 더 넓은 공간에서 나타나는 것을 저주파 빈도(Low Frequency)이라 한다. 대부분의 필터는 다른 것은 바꾸지 않으면서 특별한 공간적 빈도를 줄이는 역할을 한다.

영상필터링에 대한 선행 연구를 살펴보면 외국에서는 특정 계수를 가진 5x5 convolution mask를 사용하여 Texas Austin의 도시지역을 고주파 처리로 좋은 결과를 얻었다[3]. 그리고 고해상도 위성에서 삼림지역 검출을 위해 LMF(Local Maximum Filtering)기법으로 해상도에 따른 필터링기법을 적용하여 최적 영상해상도를 분석하였다[4].

지리정보시스템구축을 위한 경계검출에 대한 연구를 살펴보면 KVR-1000 인공위성영상으로부터 도시지역도로의 반자동 검출을 위해 영상필터링으로 선형추적알고리즘을 적용하여 도로의 경계선 성분 검출에 대한 연구를 수행하였다[5]. 그리고 항공사진과 항공레이저 자료를 이용한 건물 자동검출을 위해 Hough 변환의 파라미터 공간에서 다양한 가정과 제약조건을 활용하여 건물의 외곽선을 검출하였다[6]. 최근에는 수치지도 제작을 위해 1m의 해상도를 가지는 IKONOS에서 촬영된 영상으로 지형의 경계검출에 관한 정확도를 분석을 실시하여 High Pass 필터처리를 거친 후에 Sobel 연산자를 적용한 기법이 경계검출방법이 가장 적합하다고 발표하였다[7].

이와 같이 원격탐사와 GIS에 관련된 연구를 개략적으로 살펴보면 육상을 대상으로 많은 연구가 선행되었다. 그러나 향후 선진적인 해양환경의 통합적인 관리와 체계적인 보존방안으로 원격탐사와 GIS의 필요성이 대두되고 있다[8]. 1998년 10월에 체결된 신한일어업협정의 체결은 독도에 대한 한국의 영유권을 근본적으로 흔들어 놓았다. 이를 계기로 과거 경제적으로 가치가 없는 무인도는 섬으로 등록하지 않아 향후 국제

문제가 발생할 소지가 매우 높다. 아직 발견하지 못한 무인도를 신속히 찾지 않는다면 최근 영유권 분쟁이 발생한 독도처럼 주변국가와 영토마찰을 일으킬 우려가 크다. 따라서 본 연구에서는 원격탐사기법으로 해안지역에 존재하는 섬을 검출하여 주변국과의 배타적경제수역에 따른 분쟁을 해결 할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

II. 공간 여파 필터링의 기본이론

일반적으로 위성영상은 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.

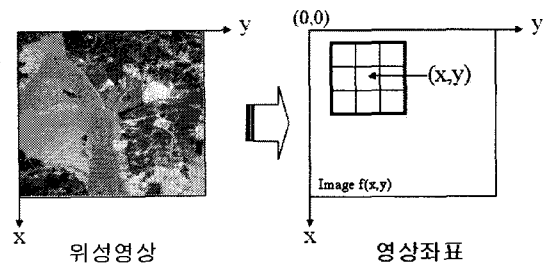


그림 1. 인공위성영상의 구성
Fig. 1. Consist of the Satellite Image

공간주파수(Spatial Frequency)란 원격탐사영상의 특성으로 특정화상에서 단위거리 마다 반사치가 변하는 화소의 수로 정의된다. 주어진 지역에서 반사치가 거의 변하지 않는다면 이 지역은 저주파 빈도 지역이며 짧은 거리에서 많은 변화가 있다면 고주파 빈도지역이라고 할 수 있다[9]. 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 에지(edge)나 잡음(noise)은 고주파 성분이다.

일반적으로 필터링과정은 영상에 섞인 잡음에 의존적인 특성을 보이기 때문에 여러 가지 잡음이 함께 섞여 있을 경우, 여러 종류의 필터를 동시에 적용시켜 잡음을 제거한다. 이 때 필터의 특성을 조절하는 파라미터와 어떤 종류의 필터를 적용시킬 것인지, 혹은 적용시킬 필터의 순서를 결정하는 문제는 비선형적인 문제이며 본 연구에서는 균일한 반사값을 가지는 수역에서 섬 경계를 추출하는 것이므로 영상화소 내 화소의 밝기를 단계별로 줄여 경계부분을 부드럽게 하고 잡음을 제거하기 위하여 LPF를 이용하였다.

LPF는 고주파를 통과하지 못하게 해서 화상을 강조하기 때문에 영상의 급격한 변화를 방지하고 고주파 정보를 약하게 함으로써 영상을 부드럽게 하는 역할을 한다. LPF는 영상의 미세한 잡음을 제거하는데 적합한 기법으로 알려져 있다. 본 연구에서는 가우시안(Gaussian)에 의한 잡음을 제거하기 위해 LPF의 일종인 가우시안 필터링을 적용하였으며 특정화소 $G(u,v) = H(u,v) \times F(u,v)$ 로 표현하며 $H(u,v)$ 는 필터 변환 함수로 고주파 성분을 제거하는 역할을 하는 것으로 식(1)의 조건을 가진다.

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

여기서 F 는 (u,v) 화소의 주파수를 의미한다. 이상적인 LPF의 관계는 저주파와 고주파의 경계를 나타내는 화소를 D_0 라하고 화상 원점에서 특정점까지 거리를 $D(u,v)$ 식(2)로 나타낼 수 있다.

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

특정화소의 밝기값 BV_{in} 과 주위의 밝기값을 고려하여 BV_{out} 을 계산한다. 화소의 크기는 중심화소가 존재하는 3×3, 5×5, 7×7, 9×9등의 convolution mask로 나타나며 3×3을 기준으로 계수의 총합이 1이면 식 (3)과 같다.

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

$$\begin{aligned} BV_7 &= BV_{i+1,j-1} \\ BV_8 &= BV_{i+1,j} \\ BV_9 &= BV_{i+1,j+1} \end{aligned}$$

여기서 필터링 대상은 가운데 화소인 $BV_5 = BV_{i,j}$ 로 나타낼 수 있다. mask A의 조합과 원시 화소를 사용하면 LPF처리된 영상이 구성되며 본 연구에서는 Matlab(Ver 6.5)으로 프로그램을 작성했으며 흐름은 그림 2와 같다.

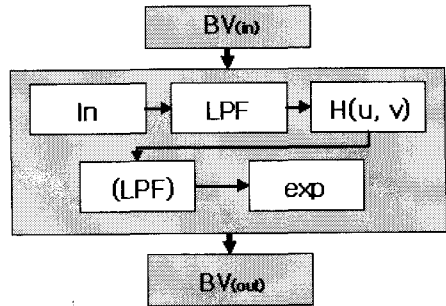


그림 2. LPF 프로그램 처리과정
Fig. 2. Processing of LPF Program

III. 섬 추출 및 고찰

3.1 연구대상지역

연구대상지역은 그림 3으로 남해안 일대로 가덕도와 거제도 구간이다. 남해지역에는 섬이 많기 때문에 본 연구에 적절할 것으로 판단되었다. 섬 추출에 사용된 인공위성영상은 SPOT-5영상으로 섬 지역을 중심으로 해역을 추출하였으며 영상정보는 표 1과 같으며 영상의 밴드별 히스토그램은 그림 4와 같다.

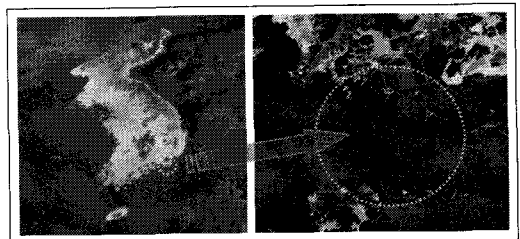


그림 3. 연구 대상지역
Fig. 3. Study Area

표 1. SPOT 위성영상의 재원
Table 1. SPOT Satellite Scene Parameters

연구지역	남해안 일대(가덕도-거제도)
촬영일시	2004년 01월 21일 02시 21분
촬영각	14.17°
중심좌표	N:35°10' 29", E: 128°54' 11"
해상력	10m

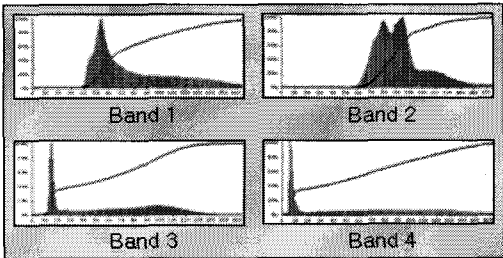


그림 4. 밴드별 히스토그램
Fig. 4. Histogram for Spectral Band

3.2 SPOT 영상의 LPT 적용

LPT는 2장에서 전술한 바와 같이 영상내의 화소 밝기 단계를 줄여주어서 경계부분을 부드럽게 하고 잡음을 제거하기 때문에 영상이 흐려지는 단점이 있다. 그러나 섬 경계 추출을 위해서는 섬 경계가 더욱 뚜렷해지고 바다부분의 분광특성치가 비슷하게 되기 때문에 유리하다고 할 수 있다. 표 2는 Matlab Ver 6.5로 작성한 LPF에서 가우시안 마스크를 사용한 프로그램 소스의 일부를 나타낸다.

표 2. 가우시안 마스크를 사용한 LPF 프로그램 소스
Table 2. LPF program Source based on Gaussian Mask

```

for i=1:R-2
for j=1:C-2
new_high_one(i+1,j+1) = gray_image(i,j)*(1/16) + ...
gray_image(i,j+1)*(1/8) + gray_image(i,j+2)*(1/16) + ...
gray_image(i+1,j)*(1/8) + gray_image(i+1,j+1)*(1/4) + ...
gray_image(i+1,j+2)*(1/8) + ...
gray_image(i+2,j)*(1/16) + gray_image(i+2,j+1)*(1/8) + ...
gray_image(i+2,j+2)*(1/16);
    
```

그림 5는 LPF 결과를 나타내며 섬 지역의 경계검출을 위해 3×3, 5×5, 7×7, 9×9 convolution mask로 분할해서 LPF를 실시한 것으로 전체 영역 중 해양을 중심으로 일부를 나타낸다.

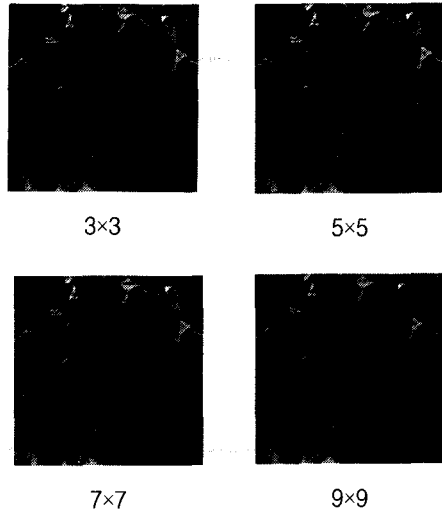


그림 5. LPF 필터링 결과
Fig. 5. The Result of the LPF

LPF는 가우시안 잡음을 제거하는데 효율적이었으며 분석결과 5×5 convolution mask이상에서 영상이 희미하게 흐려짐을 알 수가 있었다.

3.3 경계검출을 위한 Sobel 연산자

원격탐사에서 경계는 영상에서 명도의 불연속적인 변화가 발생하는 점들의 집합으로 정의 할 수 있으며 위성영상의 경계를 검출하기 위해 가장 단순한 방법중의 하나는 밝기가 서로 다른 부분을 강조하여 적용하는 것으로 영상을 하나의 화소만큼 이동하고 원래의 영상과 이동된 영상 차이를 구하는 것이다[10]. 본 연구에서는 경계검출을 위해 Sobel 연산자를 이용하였다. C++로 작성한 Sobel 연산자는 알고리즘은 표 3과 같다.

표 3. Sobel 연산자를 이용한 프로그램 소스
Table 3. Source based on the Sobel

```

function sobel(x,y: Integer):integer;
var
edge:Double;
begin
edge:=abs(-data[x-1,y-1]-2*data[x-1,y]-data[x-1,y+1]+data[x+1,y-1]+2*data[x+1,y]+data[x+1,y+1]);
//x의 변화량 계산(x방향 연산자)
Result:=round(edge+abs(-data[x-1,y-1]-2*data[x,y-1]-data[x+1,y-1]+data[x-1,y+1]+2*data[x,y]+data[x+1,y+1]));
//y의 변화량 계산(y방향 연산자 : 결과값 리턴)
    
```

Sobel 경계추출 연산은 일반적으로 높은 정확도의 실행 결과를 제공하고, 비교적 잡음의 영향을 적게 받는다. 그리고 계산시간이 많이 걸리는 단점이 있으나 더 큰 이웃 화소들을 사용하기 때문에 잡음제거가 유리하였다. 그러나 화소 경계에서 윤곽선이 두꺼워지는 경향이 있으며 결과는 그림 6에서 보여준다. Sobel 경계 검출에서 3×3 convolution mask에서는 어선이 섬으로 인식되는 경우가 발생하였다. 5×5 convolution mask에서는 적은 규모의 어선이 일부 없어지고 비교적 섬지역을 잘 나타내는 것으로 판단되었고 7×7 convolution mask 이상에서는 일부 작은 섬의 누락이 발생하였다. 따라서 SPOT에서 10m 해상도를 가지는 인공위성영상으로 해안지역에서 섬지역 경계검출에 가장 적절한 LPF는 5×5 convolution mask 연산 인 것으로 보인다.



그림 6. 섬추출 지역의 벡터 결과
Fig. 6. Vectorizing of The Island Edge Detection

데 LPF과정에서 영상화소 내 화소의 밝기를 단계를 줄여 경계부분이 부드러워지고 잡음이 제거되었기 때문으로 판단된다.

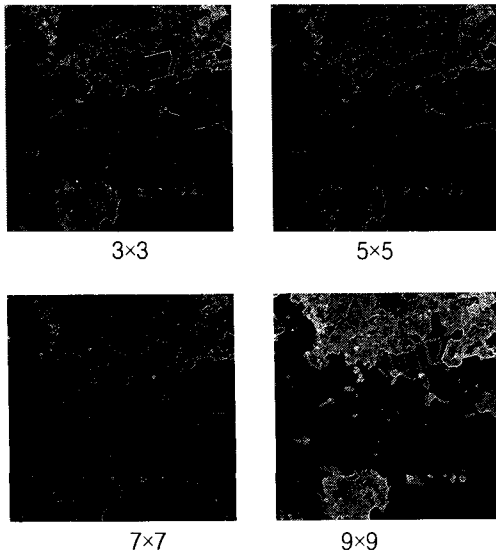


그림 6. LPF 필터링 결과
Fig. 6. The Result of the LPF

그림 6은 Sobel 경계연산으로 검출된 영상에서 추출된 섬지역을 벡터로 구현한 것이다. 실제 영상과 비교 검토한 결과 원본영상에서 경계를 추출할 때는 해안선이 분포된 지역에서 섬으로 인식하는 경우가 발생하였으나 본 연구는 섬 경계구분에서 비교적 정확하게 벡터화 할 수 있었다. 그러나 육지와 바다의 경계 부분에서 해안지역을 육지로 표현하는 오류가 발생되었는

IV. 결론

본 연구는 원격탐사기법으로 해안지역에 존재하는 섬을 검출하기 위해 LPT를 적용한 후 Sobel 연산자로 경계검출 한 후 GIS를 활용하여 벡터자료를 구축하는 방법을 제시 하였다.

LPF는 위성영상을 고주파 성분과 저주파 성분을 상대적으로 약화시켜 전체 영상을 다소 부드럽게 해서 영상강화 기법으로 FPF와 다른 점은 공간영역에서의 입력 대상영상의 색상차를 강조하여 객체간의 경계의 대비를 강화하기 때문에 해안에서 파도나 어선을 섬으로 분류하는 오류를 범할수 있다는 것이다. 본 연구에서 사용된 영상은 중해상도를 가지는 10m 급 SPOT 인공위성영상으로 LPF 과정을 MATLAB으로 프로그램을 작성하여 해안지역에서 섬지역을 추출하였는데 5×5 convolution mask 연산을 했을 때 가장 적절한 것으로 판단이 되었다. 그리고 LPF를 실행한 후에 Sobel 경계연산으로 검출된 영상에서 추출된 섬지역을 실제영

상과 비교하여 벡터로 구현한 결과 원본영상에서 경계를 추출했을 때는 해안어선이 분포된 지역에서 섬으로 인식하는 경우가 발생하였다. 이것은 앞으로 각종 필터링 기법을 적용하여 보완 연구를 해야 할 것이다.

본 연구는 향후 발생할 배타적 경제수역에 따라 독도와 같이 주변국가와 국제적 영토분쟁이 발생할 소지가 높은 무인도를 찾아낸다면 객관적이고 과학적인 근거자료를 제시 할 수 있기 때문에 영토 분쟁을 해결할 수 있는 방안이 될 것으로 보인다.

향 후 인공위성 영상자료를 이용하여 섬 지역을 추출하거나 해양특성 정보를 GIS 구축 시 LPF 후에 Sobel연산자를 적용한다면 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] Congalton, R.G. A Quantitative Method to Test for Consistency and Correctness in Photo- interpretation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, pp 69-74, 1983.

[2] Rencz, A.N. Remote Sensing for the Earth Sciences. Manual of Remote Sensing Third Edition, John Wiley and sons Inc, pp. 307-354, 1999.

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

[4] Mike Wulder, K. Olaf Niemann and David G. Goodenough. 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, 2000.

[5] 안기원, 서두천, 신석효. KVR-1000 인공위성 화상 데이터로부터 도시지역 도로의 자동검출. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 21권 제 4-D호, pp. 529-536, 2001.

[6] 조우석, 이영진, 좌윤석. 항공사진과 항공레이저 데이터를 이용한 건물 자동검출. 대한원격탐사학회

논문집, 대한원격탐사학회 제 19권 제 4호 pp. 307-317, 2004.

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

[8] 윤홍주, 김상우, 남광우. 수산·해양 정보화를 위한 RS 및 GIS 기술의 활용. 한국해양정보통신학회논문지, 한국해양정보통신학회, 제 7권 제5호, pp. 1069-1075, 2003.

[9] John R. Jensen. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Prentice Hall, p. 153, 1995.

[10] Torkar, D. and Pavesic, N.. Feature Extraction From Aerial Images and Structural Stereomatching, IEEE Proceedings of ICPR, pp. 880-884, 1996.

저자소개

최 현(Hyun Choi)



2000년 부산대학교 대학원 토목공학과(공학석사)
2004년 부산대학교 대학원 토목공학과(공학박사, 원격탐사기반 수문해석)
2005년 한국전산원 ITA팀

※관심분야 : 원격탐사, GIS, DBMS, 3D-GIS, Virtual Reality, ITS, GPS

윤홍주(Hong-Joo Yoon)



소속 : 부경대학교 환경해양시스템공학부 위성정보과학과
학위 : 위성원격탐사공학 박사 (프랑스 Grenoble I 대학, 1997)

※관심분야 : 위성해양학, 위성기상학, GIS, GPS