

지형/지물 이미지 데이터베이스를 위한 형태 기반의 특징 추출 방법*

권용일*, 박호현*

*중앙대학교 전자전기공학부

e-mail:kyi0605@wm.cau.ac.kr

A Shape Feature Extraction Method for Topographical Image Databases

Yong-Il Kwon*, Ho-Hyun Park*

*School of Electrical and Electronics Engineering, Chung-Ang
University

요 약

지형/지물 이미지, 특히 항공·위성사진의 경우 대부분 비슷한 색상과 질감을 갖는다. 따라서 지형/지물 이미지 데이터베이스에서 질의 이미지를 효율적으로 검색하기 위해 이미지의 형태 특징을 이용해야 한다. 본 논문은 지형/지물의 형태 특성을 고려한 형태 특징 추출 방법을 제안한다. 이 방법은 기존의 직각 좌표계를 이용한 투영 방법을 발전시킨 것으로 원형 좌표계를 이용하여 일정 간격의 방향에서 투영 연산을 수행한다. 이를 통해 본문에서 언급하는 세 가지 특징을 추출한다. 이 방법은 이미지의 방향/크기/위치에 관계없이 이미지의 형태 특징을 추출할 수 있다. 기존의 형태 특징 추출 방법인 CSS 방법과 비교·실험을 통해 본 논문에서 제안한 방법의 성능과 장점을 보인다.

1. 서론

오늘날 이미지 획득 장비의 발전과 보급 확대로 다양한 종류의 이미지 데이터가 빠르게 증가하고 있다. 많은 양의 이미지 데이터를 정보로서 이용하기 위해서는 이미지의 효율적인 저장(storage), 관리(management), 검색(retrieval)이 요구된다[2]. 특히 이미지의 효율적인 검색을 위해 내용 기반 검색(content-based retrieval)은 필수적이다[5]. 내용 기반 검색이란 이미지의 색상(color), 질감(texture), 형태(shape) 특징을 이용하여 질의(query) 이미지와 유사한 이미지를 검색하는 방법을 말한다[5].

본 논문은 많은 종류의 이미지 데이터 중 지형/지물 이미지에 적합한 특징 추출 방법에 대해 다룰 것이다. 지형/지물 이미지는 다음과 같은 특성들을 갖고 있다. 첫째로 지형/지물 이미지, 특히 항공·위성 사진은 색상과 색 분포의 규칙성이 비슷하여 이를 이용해 이미지를 구별하기가 어렵다. 따라서 색상과

질감은 지형/지물 이미지의 명확한 특징이 되지 못한다. 때문에 지형/지물 이미지에서 형태가 이미지를 구별할 수 있는 가장 중요한 특징이 된다. 둘째로 지형/지물에 반사되는 빛의 양에 따라 그 외곽선이 크게 달라질 수 있다. 셋째로 지형/지물 영역 내에 홀(hole)이 존재하거나 연결되지 않은 다수의 영역들이 존재할 수 있다.

기존의 내용 기반 이미지 검색 시스템은 단순한 모양 특징을 이용하거나, 색상과 질감 특징을 이용하여 이미지를 검색을 하고 있다[5]. 이와 같은 시스템은 지형/지물 이미지처럼 색상 정보가 부족한 이미지나 복잡한 형태의 이미지를 검색할 때 그 정확성은 급격히 떨어지게 된다. 그러므로 지형/지물 이미지를 위한 내용 기반 이미지 검색은 효과적인 형태 특징 추출 방법이 요구된다.

본 논문은 지형/지물 이미지의 특성에 적합한 형태 추출 방법인 '원형 투영'(Polar Projection)방법을 제안한다. 이 방법은 복잡한 형태나 연결되지 않은 다수의 영역을 갖는 이미지에 대해서도 효율적으로 특

*본 연구는 한국과학기술원 영상정보특화연구센터를 통한 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

징 추출할 수 있다. 또한 지형/지물 영역 내 홀을 표현할 수 있다.

원형 투영을 이용한 내용 기반 이미지 검색은 여행지, 지도, 항공사진, 위성사진, 이진 이미지(binary image)등 형태 특징이 중요한 이미지의 검색에 이용될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 기존의 형태 특징 추출 방법인 투영(projection) 방법과 CSS(Curvature Scale Space) 방법에 대해 설명한다. 3 절에서는 원형 투영 방법의 의미, 특징 추출 과정, 장점을 설명한다. 4 절에서는 원형 투영 방법과 기존의 형태 추출 방법인 CSS 방법에 대해 각각 실험을 하고 두 방법을 비교 분석을 한다.

2. 관련 연구

이미지의 형태 특징 추출 방법은 영역 기반의 특징 추출 방법과 외곽선 기반의 특징 추출 방법으로 나뉘질 수 있다[3]. 영역 기반의 특징 추출 방법은 영역의 외곽선과 그 내부에 있는 화소의 분포 정도를 이용하는 것이고, 외곽선 기반의 특징 추출 방법은 영역의 외곽선에 관한 특징을 추출하는 것이다[3].

본 논문에서 제안한 원형 투영 방법은 영역 기반의 특징 추출 방법인 투영 방법을 향상시킨 방법이다. 투영 방법은 이진 이미지의 영역을 기술하는 방법으로 이미지의 X, Y 축 투영은 다음과 같이 정의된다 [4].

$$p_x(x) = \sum_y f(x, y) \quad p_y(y) = \sum_x f(x, y)$$

(위의 $f(x, y)$ 은 (x, y) 좌표의 화소 값을 나타낸다.)

기존의 투영 방법은 직각 좌표계를 이용하므로 이미지의 방향에 따라 투영된 값(projected value)이 크게 달라진다. 따라서 지형/지물 이미지는 임의의 방향에서 촬영될 수 있으므로 직각 좌표계를 이용한 투영 방법은 적합하지 않다.

외곽선 기반의 특징 추출 방법으로 CSS(Curvature Scale Space)를 이용한 방법이 있다. CSS 표현은 과거에 이미지 검색 분야에서 성공적인 특징 추출 방법으로 사용되었고, MPEG 개발에 힘입어 보다 확장되고 진보하였다[3]. CSS의 개념은 영역의 형태를 비교할 때 그 외곽선의 볼록한 부분과 오목한 부분을 이용하는 것이다[2]. 그리고 두 부분은 변곡점(inflexion point)으로 분리된다. 변곡점은 아래의 식으로 계산되는 곡률이 0을 만족하는 외곽선 위의 점이다[1][2].

$$k(w) = \ddot{x}(w) \dot{y}(w) - \dot{x}(w) \ddot{y}(w)$$

이 방법의 특징 추출 과정은 다음과 같다[3].

1. 특징 추출할 영역의 외곽선을 추출한다.
2. 외곽선을 저역 통과 필터(low pass filter)에 통과시켜 부드럽게 만들고, 이때 변곡점의 위치와 개수를 기록한다.
3. 외곽선의 모든 오목한 부분이 제거될 때까지 과정 2를 반복한다.
4. 변곡점이 제거되기 바로 전에 변곡점의 위치와 필터링 횟수를 특징으로 한다.

CSS를 이용하는 방법은 연결되지 않은 영역이 있는 경우에 적합하지 않고 본문에서 설명할 세그멘테이션 오류에 민감하다는 단점이 있다.

3. 원형 투영 (Polar Projection)

서론에서 언급했듯이 지형/지물 이미지 검색에는 색상, 질감 특징 보다 형태 특징을 이용해야 한다.

본 논문은 지형/지물 이미지의 형태 특징을 효율적으로 추출할 수 있는 원형 투영 방법을 제안한다. 원형 투영 방법이란 영역의 무게 중심을 원형 좌표계의 원점으로 하고 일정 간격 방향으로 투영 연산을 수행하는 방법을 말한다.

본 논문은 원형 투영을 이용하여 지형/지물의 형태 특징을 추출하기 전에 다음의 사실을 가정한다. 첫째로 특징 추출되는 영역은 이미지로부터 분리되어 있다. 즉 이미지는 세그멘테이션 되어 있다. 둘째로 원형 투영 방법은 영역의 색상 정보를 필요로 하지 않으므로 다음과 같이 세그멘테이션 된 영역의 화소는 1, 배경의 화소는 0의 값으로 나타낸다. 따라서 원 이미지는 0과 1의 값으로만 표현되는 이진 이미지로 변환된다.

$$f(x, y) = \begin{cases} 1 & (\text{영역}) \\ 0 & (\text{배경}) \end{cases}$$

(위의 x, y 는 각각 화소의 X, Y 축 좌표를 나타낸다.)

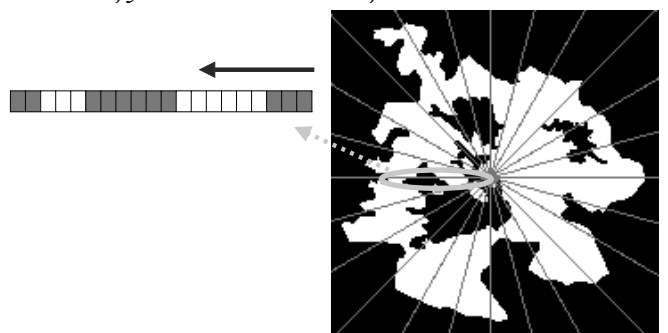


그림 1. 원형 투영 연산을 이용한 특징 추출 예
[그림 1]의 오른쪽 그림은 지형 이미지에 대해 원형 투영 연산을 수행한 예이다. 각 방향으로 투영 연산을 하면서 다음의 세 가지 특징을 추출한다.

- 영역($f(x, y)=1$)의 화소 수
- 영역과 배경의 변화 수
- 무게 중심에서 가장 멀리 떨어진 영역 화소까지의 거리

위와 같이 원형 투영 방법은 투영된 값, 영역과 배경의 변화 수, 무게 중심과 영역의 최고 길이를 이미지의 특징으로 한다.

원형 투영 방법의 특징 추출 과정은 다음과 같다.

1) 영역의 무게 중심을 아래와 같이 구한다.

먼저 영역을 표현하는 화소의 수를 구한다.

$$region = \sum_x \sum_y f(x, y) \quad - (a)$$

다음으로 화소의 x, y 좌표 값의 합을 각각 구한다.

$$X_{sum} = \sum_x \sum_y f(x, y) \cdot x \quad - (b)$$

$$Y_{sum} = \sum_x \sum_y f(x, y) \cdot y$$

식(a)와 식(b)를 이용해 무게 중심 (x_c, y_c) 을 구한다.

$$(x_c, y_c) = \left(\frac{X_{sum}}{region}, \frac{Y_{sum}}{region} \right) \quad - (c)$$

2) 무게 중심을 원형 좌표계의 원점으로 하고 이를 기준으로 등간격 방향의 투영 연산을 한다. 이때 위에서 언급한 세 가지 특징을 추출한다.

[그림 1]의 왼쪽 그림은 오른쪽 지형 이미지에서 타원으로 표시한 부분을 개략적으로 나타낸 그림이다. 왼쪽 그림에서 각각의 사각형은 이미지의 화소를 나타내고 가장 오른쪽 화소는 영역의 무게중심이다. 왼쪽 그림에서 무게 중심을 시작으로 화살표 방향의 투영 연산을 하면 흰색 화소가 9개 있으므로 투영된 값은 9가 된다. 그리고 투영 연산 과정에서 3번째 화소(검은색)와 4번째 화소(흰색) 사이에서 색의 변화가 나타나고 이 밖에도 9~10화소, 15~16화소, 18~19화소 사이에서 색의 변화가 나타난다. 그러므로 영역과 배경의 변화 수는 4이다. 마지막으로 18번째 화소가 무게 중심에서 가장 멀리 떨어져 있는 영역의 화소이므로 최고 길이는 18이 된다.



그림 2. 투영된 값이 같은 두 이미지

투영된 값을 통해 추출 방향에서 영역 내부의 화소

수를 알 수 있고, 최고 길이를 통해 영역의 외곽선 정보를 대략적으로 알 수 있다. 영역과 배경의 변화 수는 다음과 같은 경우를 위해 추출하게 된다.

[그림 2]는 투영된 값만을 이용했을 때 동일한 값을 얻는 경우를 보여준다. 두 이미지는 전혀 다른 형태를 갖고 있지만, 영역의 중심에서 각 방향으로 영역의 화소 수가 동일하다. 그러므로 투영된 값만 이용하면 두 이미지를 구별할 수 없다. 그러나 각 방향으로 투영 연산을 수행할 때 영역과 배경의 변화 수를 이용하면 두 이미지를 구별 할 수 있다. 왼쪽 이미지는 각 방향에서 2번의 변화 수를 갖지만 오른쪽 이미지는 1번의 변화 수를 갖는다.

원형 투영 방법은 다음과 같은 장점을 갖고 있다.

첫째로 원형 투영 방법은 원형 좌표계를 이용하기 때문에 이미지의 방향에 관계없이 특징 추출할 수 있다.

둘째로 이미지의 크기에 관계없이 특징을 추출할 수 있다. 추출된 특징 값(투영된 값, 최고 길이)을 모든 방향에서 추출된 값의 평균과 비율로 변환하여 사용하기 때문이다. 예를 들어 2배 확대한 이미지는 각 방향에서 2배의 특징 값이 추출되고, 2배의 평균 값을 갖게 되므로 확대 전후의 비율은 일정하다.

셋째로 이미지 내 영역의 위치에 관계없이 형태 특징을 추출할 수 있다. 영역의 무게 중심을 기준으로 원형 투영 연산을 수행하므로 영역이 이미지 내 다른 위치로 이동할 경우 무게 중심 또한 영역과 같이 이동되기 때문이다.

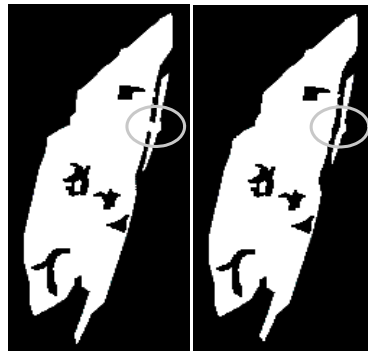


그림 3. 세그멘테이션 오류

지형/지물 이미지는 상표, 표지판 등의 이미지와 달리 대부분 항공 또는 위성 촬영되어 해상도가 비교적 낮고 색상 정보가 부족하다. 따라서 이미지로부터 원하는 영역을 정확하게 분리하는 것이 어렵다. 다시 말해 이미지 세그멘테이션 과정에서 오류를 범할 수 있다. 예를 들어 [그림 3]의 두 이미지처럼 같은 지형/지물을 촬영한 이미지라도 세그멘테이

선 오류로 인해 하나의 영역이 분리된 영역으로 나타날 수 있다. 이때 두 이미지의 영역으로부터 얻는 외곽선은 전혀 다르게 된다. 이와 같은 경우에 외곽선 기반의 특징 추출 방법인 CSS 방법을 이용하게 되면 두 사진은 전혀 다른 특징 값을 갖게 된다. 그러나 원형 투영 방법으로 특징 추출한 경우 약간의 다른 특징 값을 얻게 되지만, 이는 두 사진이 그 정도 다르다는 것을 의미한다. 이렇게 원형 투영 방법은 세그멘테이션 오류에 대처할 수 있고, 하나의 영역뿐만 아니라 다수의 분리된 영역에서도 특징 추출할 수 있다.

4. 실험 결과

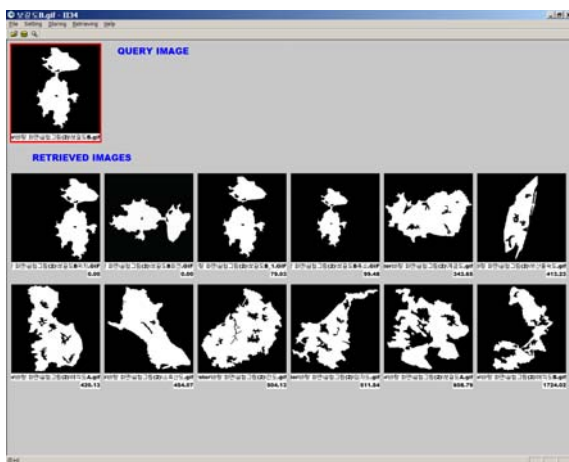


그림 4. 원형 투영 방법을 이용한 지형/지물 이미지 검색 실험

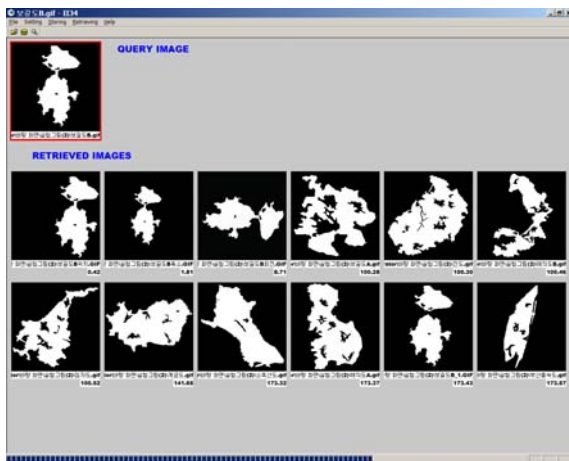


그림 5. CSS 방법을 이용한 지형/지물 이미지 검색 실험
[그림 4]와 [그림 5]는 각각 원형 투영 방법과 CSS 방법을 이용한 지형/지물 이미지의 검색 실험을 나타낸다. 위의 실험 결과는 두 방법 모두 방향/크기/위치에 관계없이 질의 이미지와 비슷한 이미지를 검색할 수 있음을 보여준다. 그러나 세그멘테이션 오류로 연결되지 않은 영역이 존재하는 이미지가 [그림 4]에서는 3번째 유사한 이미지로 검색되지만, [그

림 5]에서는 11번째로 비슷한 이미지, 즉 전혀 다른 이미지와 같은 결과를 얻는다. 위의 실험을 통해 원형 투영 방법은 지형/지물 이미지에서 일어날 수 있는 세그멘테이션 오류에 강인하고 원하는 이미지를 효율적으로 검색할 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문은 지형/지물 이미지의 특성에 적합한 형태 특징 추출 방법을 소개하였다. 이 방법은 기존의 직각 좌표계를 이용한 투영 연산을 확장, 향상시킨 방법으로 원형 좌표계를 이용하여 일정 간격의 방향에서 투영 연산을 수행한다. 이때 본문에서 언급한 세 가지 특징이 추출된다.

본 논문에서 소개된 방법은 다음과 같은 장점을 갖고 있고 실험을 통해 이를 확인하였다. 1) 이미지의 방향/크기/위치에 관계없이 질의 이미지와 유사한 이미지를 효율적으로 검색할 수 있다. 2) CSS를 이용한 특징 추출 방법과 달리 세그멘테이션 오류에 강인하고 연결되지 않은 다수의 영역을 갖는 이미지에 대해서도 형태 특징을 추출할 수 있다. 3) 영역 내 화소의 분포를 이용하여 특징 추출하므로 영역 내부에 존재하는 홀을 표현할 수 있다.

참고문헌

[1] F. Mokhtarian and A. K. Mackworth, "A Theory of Multiscale, Curvature-Based Shape Representation for Planar Curves", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 14(8), August 1992.
 [2] F. Mokhtarian and M. Bober, The Curvature Scale Space Representation: Theory, Applications, and MPEG-7 Standardization, Kluwer Academic Publishers, 2002.
 [3] B.S. Manjunath, Philippe Salembier and Thomas Sikora, Introduction to MPEG-7 Multimedia Content Description Interface, John Wiley & Sons Publishers, June 2002.
 [4] Milan Sonka, Vaclav Hlavac and Roger Boyle, Image Processing, Analysis and Machine Vision, PWS Publishers, 1999.
 [5] Sagarmay Deb, Yanchun Zhang, "An overview of content-based image retrieval techniques", 18th International Conference on Advanced Information Networking and Application(AINA), 2004.