

등고선 지도영상에서의 등고 성분과 비등고 성분의 자동 분리에 관한 연구

A Study on the Automatic Classification between Contour Elements and Non-Contour Elements in a Contour Map Image

김 경 훈, 김 준 식

Kyung-Hoon Kim, Joon-Seek Kim

요 약

본 논문에서는 지도 정보를 자동으로 분석하여 등고선과 숫자, 기호를 추출해 내는 알고리즘에 대해 연구하였다. 이를 위해 우선 지도를 이진 영상으로 변환한 후 세선화 작업을 거친다. 세선화된 영상으로부터 등고 성분들을 분리시킨 후, 비등고 성분에 대한 특징분석 후 숫자와 기호를 자동으로 분리한다. 마지막으로 복원 알고리즘을 이용하여 손실 부분을 복원한다. 여러 종류의 등고선 지도영상을 대상으로 모의실험을 수행하여 제안한 알고리즘의 성능을 검증하였다.

Abstract

In this paper, we propose the algorithm that has analyzed the map information automatically to extract the contour lines and numbers, symbols from the map image. After converting the input image to binary one, thinned image is obtained by thinning algorithm. The contour elements in the thinned image are classified and the classified elements are analyzed to automatically classify the numbers from symbols. Finally, the broken parts are restored by reconstruction algorithm. The performance of proposed algorithm is verified through the simulation. The proposed one has good performance.

key words : 수치지도, 지리정보 시스템, 등고선 추출, 베지어 곡선, 숫자와 기호의 분리

I. 서론

지도는 종이라는 매체의 특성으로 인해 가볍고, 사용하기 쉬우며, 경제적이라는 이점이 있지만, 반대로 활용성에서는 많은 문제점과 한계를 가진다. 그 중 가장 큰 문제점은 사회적인 요청에 의해 증가하는 지형 정보를 효율적으로 유지, 검색, 갱신하기가 어렵다는 것이다. 이러한 한계의 해결책으로 컴퓨터에 지도를 입력하여 활용하는 방법이 제안되었다. 지리 정보 시스템 (GIS: Geographic Information System)은 지표상에 존재하는 지형과 지물, 도로에 관한 정보와 가스, 통신, 전력, 상하수도과 같은 지하 매설물을 포함한 모든 정보를 통합적으로 관리하고, 정부와 기업, 개인에 제공하기 위한 서비스이다. 이를 위해서는 지도 정보를 컴퓨터에 입력하는 과정이 필요하다. 지도 정보를 컴퓨터에 입력하는 방법은 크게 디지털타이저를 이용한 방식과 스캐너를 이용한 방식이 있다. 디지털타이저를 이용하는 방식은 지도상에 나타나

는 정보를 작업자가 직접 수작업으로 입력하는 형태로 진행되며, 스캐너를 이용하는 방식은 지도를 스캐너로 입력받은 후 인공 지능 소프트웨어가 인간을 대신하여 지도상의 정보를 인식하여 추출하고 결과를 재구성한다. 현실적으로 모든 지도 정보를 수작업으로 입력하는 방식이 가장 확실하지만 인력과 비용 문제를 해결하기 위해서는 인공 지능 소프트웨어를 반드시 필요로 한다.

본 논문에서는 지도 영상에서 정보를 분석하고, 추출, 재구성하는 방법에 대하여 기존에 제안된 방법들에 대해 살펴보고, 개선된 알고리즘을 제안하고자 한다. 본 논문의 II장에서는 지리 정보 시스템의 구축 필요성과 기존에 사용되고 있는 방법들에 대해 살펴보았고, III장에서는 지도 영상을 처리하기 위해 필요한 기초적인 설명과 전처리 과정에 대해서 설명하였으며, IV장에서는 지도 영상에서 등고선 추출 알고리즘에 대해, V장에서는 숫자와 기호를 추출하는 알고리즘에 대해 설명하였다. VI장에서는

앞장에서 추출한 숫자와 기호를 분류하는 방법에 대해 설명하였다. 마지막으로 VII장에서는 결론 및 추후 과제를 서술하였다.

II. 지리 정보 시스템

1. 수치 지도화

지리 정보 시스템은 자연적 환경뿐만 아니라, 지상과 지하에 존재하는 모든 시설물의 정보를 통합적으로 관리한다. 이러한 방대한 자료를 바탕으로 특정 정보의 보완, 수정, 검색이 가능하며, 지역의 개발, 환경 보존과 같은 대규모 사업에서, 토지 매매, 상권 분석, 도로 정보 제공과 같은 개인적 요구 충족까지 다양하게 활용될 수 있다 [1]. 지리 정보를 컴퓨터로 이용하기 위해서는 지도 정보의 데이터베이스 구축 작업이 선행되어야 한다. 종이 지도를 컴퓨터가 처리할 수 있는 디지털 자료 형태로 변환한 것을 수치 지도라 하는데, 그림 1에 수치지도의 제작 과정에 대해 보이고 있으며, 종이 지도를 수치 지도로 변환하기 위해서는 크게 아래에 설명한 디지털 자료를 이용한 입력 방법, 자동 입력 방법, 반자동 입력 방법이 사용된다.

- (1) 디지털 자료를 이용해 각각의 위치 정보를 입력하는 방식은 해당 지역의 정보를 정확하게 입력할 수 있어서 가장 일반적으로 사용된다. 그러나 이 방법은 모든 과정을 수작업에 의존하므로 대규모의 인력을 필요로 하며 많은 비용이 든다.
- (2) 수작업의 문제를 개선하기 위해 스캐너로 지도 영상을 입력한 후 인공 지능 소프트웨어를 이용하여 지도상에 존재하는 정보들을 자동적으로 분리해 내는 방법을 자동 변환 방법이라 한다. 컴퓨터가 전 과정을 자동으로 처리하므로 기존 수작업에 비하여 모든 면에서 이점을 가진다. 그러나 실제로 지도상에 나타나는 수많은 정보에 대해 필요한 정보를 추출하고, 필요치 않은 정보를 제거하며, 이를 분류하고 재구성하기 위해서는 높은 수준의 인공지능을 갖춘 소프트웨어를 필요로 하지만 그 성능은 아직도 기술적으로 많은 한계를 가지고 있고, 개선을 필요로 한다.
- (3) 자동 수치 지도화의 문제점을 개선하기 위해서 처리 과정에 작업자가 개입하는 혼합 방식을 이용하면 자동 변환의 이점과 인간의 인식 수준을 제공할 수 있다. 소프트웨어에 학습 기능을 부여하면 인식률을 지속적으로 향상시킬 수 있다[2].

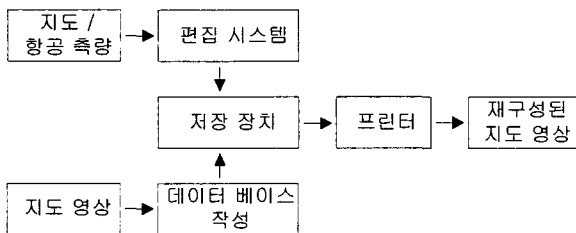


그림 1. 지도의 입력과 처리, 출력 과정

2. 자동 변환 방식의 개선

본 논문에서는 지도상의 핵심 정보만을 추출하는 자동 수치 지도화 방법에 중점을 두었다. 지도 정보는 입력하여야 하는 자료의 양이 방대하므로 데이터베이스 구축을 위해서는 컴퓨터의 인식 수준을 향상시켜 입력에서 결과를 얻기까지의 과정을 자동화시켜 작업자의 손을 빌리는 것을 최대한 줄여야만 비용, 인력, 시간의 문제를 해결할 수 있다. 이를 위해서 일반적인 종이 지도를 기초로 필요로 하는 정보를 추출하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 그림 2는 지도를 스캐너에 입력한 후 컴퓨터가 처리하는 전 과정을 나타낸 것이다. 지도상의 모든 정보를 한번에 추출하기는 어려우므로 우선순위를 두어 단계적으로 물체를 추출하도록 하였다. 현재의 기술로는 지도로부터 모든 정보를 얻을 수 없지만, 지도를 구성하는 가장 핵심적이고 특징이 명확한 정보들을 추출하여 수치 지도를 생성할 수 있다면, 그 외의 추가적인 정보들은 추후 개선된 알고리즘을 적용하거나, 수요자나 정보 제공자가 필요한 정보를 직접 입력할 수 있을 것이다. 앞에서 언급한 핵심적이고 특징이 명확한 정보들로는 우선 등고선과 고도값, 기호(symbol)들이 있다.

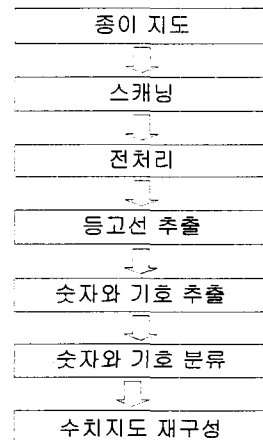


그림 2. 수치지도 재구성 과정

본 논문에서는 지도상에 나타나는 이러한 정보들을 단계별로 추출, 분류하여 최종적으로 수치지도를 재구성하는 것을 목표로 한다.

III. 전처리

1. 영상의 입력

입력 지도 영상은 국립지리원에서 발행하는 1/5000 축척의 지형도를 HP ScanJet 3c 스캐너를 사용하여 400%로 확대 입력하였다. 400% 미만에서는 물체의 윤곽이나 곡선의 굴곡이 불명확하게 나타나는 문제가 있었고, 그 이상의 경우는 영상의 크기가 커지는 것에 비해 특별한 이점이 나타나지 않았다. 따라서 해상도와 처리 속도, 메모리 문제를 고려하여 400%를 기준으로 설정하였다.

스캐닝 된 후 파일로 저장된 전체 지도 영상은 512×512 화소 단위로 잘라 각 영상에 대해 알고리즘을 적용하였다. 스캐너로 입력된 영상을 컴퓨터로 입력한 후 영상을 처리하는 본 작업에 들어가기 전에 반드시 거쳐야 할 과정이 전처리 과정이다. 스캐너는 단지 영상을 입력받을 뿐이므로 처리할 용도에 맞는 전처리 작업을 거치지 않으면 영상에 남아있는 잡음 성분이 처리 과정에 개입하여 화질을 열화 시키고 알고리즘의 성능을 저하시킨다. 따라서 이러한 문제를 사전에 해결하기 위해서는 효과적인 전처리 과정을 적용하여 잡음을 제거하여야 한다[3].

2. 이진화

스캐너로 입력된 최초의 영상은 대개 컬러 또는 흑백 음영을 갖는 영상이다. 입력받은 영상을 컴퓨터로 처리하기 위해서는 입력받은 영상을 그대로 처리하기보다는 흑과 백 화소만을 갖는 형태로 변환시키는 이진화(threshold) 과정을 거친다. 이진화 과정을 거치면 영상에서 물체와 배경이 명확하게 구분되고, 처리해야 할 정보량도 줄어드는 이점이 있다. 이진화를 수식으로 표현하면 아래와 같다.

$$b(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } g(x, y) < k \\ 1 & \text{if } g(x, y) > k \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서 (x, y) 좌표에서의 밝기 값을 $g(x, y)$ 라고 할 때 이진화 된 값 $b(x, y)$ 는 $g(x, y)$ 의 값이 k 보다 큰 경우 1, 작을 경우 0값을 갖게 된다. 이 때, 이진화를 위해 선택되는 기준 임계값이 적절하지 못하면 물체가 손실되거나 배경과 물체가 합쳐지는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 지역 이진화 방식을 사용하면 주변 화소들을 분석하여 그 값을 기준으로 이진화 시키므로 영상에 가장 적합한 기준값을 적용할 수 있다 [4]. 본 논문에서는 3×3 마스크를 사용하는 지역 이진화 방법을 적용하였다.

3. 중간값 필터

영상 취득 과정에서 발생한 잡음을 없애기 위해 가장 보편적인 방법으로 평균값 필터(mean filter)와 중간값 필터(median filter)를 사용한다. 평균값 필터는 해당 영역에서 구한 화소값을 개수로 나눈 평균으로 결과를 취하므로 처리속도가 빠르고 구현이 간편하지만 영상 전체를 흐리게 하는 문제점이 있다. 중간값 필터는 해당 영역에 나타나는 화소들을 순서대로 재배열한 후 서열상 가운데에 위치한 화소값을 선택하므로 평균값 필터의 단점인 영상을 흐리게 하는 문제점을 보완하면서 효율적으로 잡음 성분을 제거 할 수 있다.

$$F_{med} = \begin{cases} \frac{F(N/2)+F(N/2-1)}{2} & \text{for } N \text{ Even} \\ F((N-1)/2) & \text{for } N \text{ Odd} \end{cases} \quad (2)$$

식 (2)는 정렬한 값들에서 서열상 가운데 있는 값을 선택하는 방법을 수식적으로 나타낸 것이다[5]. N 은 배열된 값들의 개수이다. 본 논문에서는 3×3 마스크를 사용한 중간값 필터를 적용하여 영상을 얻었다.

4. 세선화

세선화는 물체를 한 화소 너비의 선, 끝점과 접합점의 형태로 변형시킨다. 다시 말하면 물체의 본질적 형태를 유지하는 골격만을 남겨둔 채 나머지 부분을 제거한다[5]. 물체를 세선화하면 물체의 위상적, 기하학적 특성을 유지하면서도 형태 분석을 쉽게 할 수 있도록 해 준다. 특히 문자의 경우 세선화 과정을 거치면 문자의 고유 특성이 나타나므로 문자 인식 알고리즘의 경우 필수 과정으로 사용된다[6]. 세선화 알고리즘은 알고리즘의 특성상 영상에 대해 반복적인 처리를 하여야 하므로 단순하고 효율적인 알고리즘을 사용하여야 한다. 본 논문에서 사용한 세선화 방법은 Zhang과 Seun[7]의 논문에서 제안한 방법을 사용하였으며, 세선화 조건을 만족하는 알고리즘에 의해 처리된 영상은 형태의 본질적 특성을 보여줌으로 지도 영상에서 추출한 다양한 물체의 특징을 분석하는데 유용하다[8].

IV. 등고선의 추출

1. 등고선의 특성

지도상에서 가장 특징적으로 나타나는 정보가 등고선이다. 등고선은 길이가 길고, 폭이 얇으며, 기울기 변화가 완만한 닫힌 타원형 형태를 나타내므로 몇 군데의 특징점을 추출하면 연결된 전체 등고선을 추출할 수 있다 [9]. 이를 위해서 사용하는 알고리즘이 세선화와 라벨링이다. 두 가지 과정을 거쳐 추출된 영상을 추적 알고리즘을 적용하여 등고선을 추출하거나, 여러 선이 만나는 부분을 조사하여 짧은 쪽의 선을 제거하는 방법이 사용된다.

2. 등고선의 추출

세선화 작업은 영상의 특징만을 추출하는데 유용하다. 지도 영상에 세선화 알고리즘을 적용하면 등고선과 숫자, 기호가 하나의 한 화소 두께의 선으로 나타난다. 세선화 된 영상에서 등고선을 추출하기 위한 방법으로 선추적 방법과 라벨링 방법이 있다. 선추적 방법은 영상의 가장자리를 검색하여 시작점을 찾고, 진행 방향을 설정하여 연결된 모든 화소를 추적하여 그 과정에서 나타나는 경로를 등고선으로 판정한다. 이 경우 등고선 상에 존재하는 숫자와 기호로 인해 잘못된 경로로 진행할 수 있으므로 이에 대한 대책이 필요하다. 라벨링 방법은 영상에서 서로 이어진 화소들에 대해 이를 하나의 물체로 간주하고 각각의 물체에 라벨값을 부하고, 각 물체에 대해 특성을 파악하는 방법이다. 등고선 추출에는 선추적 방법이 일반적이지만 복잡한 물체가 많이 나타나는 영상에서는 라벨링 방법이 더 유효하다. 또한 영상 내부에 등

고선이 존재할 경우에는 시작점을 찾지 못하는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 라벨링 방법을 기반으로 하여 물체를 인식하고 여기에 라벨링된 결과에 선추적 방법을 제한적으로 적용하였다.

우선 라벨링 알고리즘을 적용하기 위해 여러 선이 만나는 교차점을 찾아 해당 화소를 삭제한다. 교차점을 삭제하는 이유는 등고선과 겹쳐서 나타나는 물체들을 제거하기 위해서이다. 교차점을 모두 삭제하면 길게 나타나는 등고선과 작게 잘려진 숫자와 기호 형태로 나타나는 영상을 얻을 수 있다. 그림 3의 3×3 마스크를 이용하여 교차점을 찾기 위한 조건은 다음과 같다.

조건 1. 직선으로 3방향 이상으로 뻗은 가지에 대해서 중심점을 삭제한다.

- (1) 화소 1, 3, 5가 흑화소
- (2) 화소 1, 3, 7이 흑화소
- (3) 화소 1, 5, 7이 흑화소
- (4) 화소 3, 5, 7이 흑화소

조건 2. 직선으로 2방향이상 반대경사로 뻗는 가지에 대해서 중심점을 삭제한다.

- (1) 화소 1, 3, 6이 흑화소
- (2) 화소 3, 5, 8이 흑화소
- (3) 화소 5, 7, 2가 흑화소
- (4) 화소 7, 9, 4가 흑화소

8	1	2
7	중심 화소	3
6	5	4

그림 3. 교차점을 삭제하는데 사용된 마스크

영상에 라벨링을 적용하여 잘려진 물체를 각각의 독립된 물체로 인식시킨다. 영상 전체에 걸쳐 라벨링 작업을 수행하고 물체의 특성을 파악하면 많은 화소수를 가지며 동시에 넓은 지역에 걸쳐 존재하는 물체는 등고선으로 추정되므로 남겨두고, 숫자와 기호로 추정되는 물체를 삭제한다. 이 때 영상의 가장자리에 걸친 물체는 등고선일 가능성이 높으므로 삭제 대상에서 제외한다. 끊어진 두 점 사이는 베지어(Bezier) 곡선 함수를 사용하여 복원한다. 베지어 함수로 복원한 등고선 부분은 원래의 등고선과 비교하여 오차가 거의 없으므로 매우 유용하다[10]. 또한 복원된 부분의 정보는 추후 숫자와 기호를 복원하면서 나타나는 등고선 성분을 추출하여 삭제할 수 있는 정보로 사용된다.

3. 베지어 곡선을 이용한 손실 복원

등고선에서 손상된 부분을 복원하기 위해서 베지어 곡선 함수를 사용한다. 베지어 곡선을 이용하여 복원하면

원래의 영상에 존재했던 등고선과 복원한 등고선의 모양이 거의 일치한다. 이렇게 얻은 부분은 숫자와 기호 영역에 남아 있는 등고선 부분을 제거하는데 유용하다. 등고선은 굴곡이 심하지 않은 곡선형태로 이루어지므로 구현이 쉽고 용이한 베지어 곡선 함수를 사용한다.

베지어 곡선의 조정점들은 사용자가 곡선을 조절 가능하도록 허용한다. 베지어 곡선은 다항식 함수에 기반을 두고 있는데 이것은 자유 곡선의 표현에 전형적으로 사용된다. n+1개의 조정점에 의해서 정의되는 베지어 곡선은 다음과 같은 형태의 매개변수 함수이다.

$$Q(t) = \sum_{i=0}^n V_i B_{(i,n)}(t) \tag{3}$$

여기서 V_i 는 n+1개의 조정점을 나타내며, 시작점과 끝점을 균등하게 분할한 점이다. 함수 $B_{(i,n)}(t)$ 는 다음과 같이 정의된다.

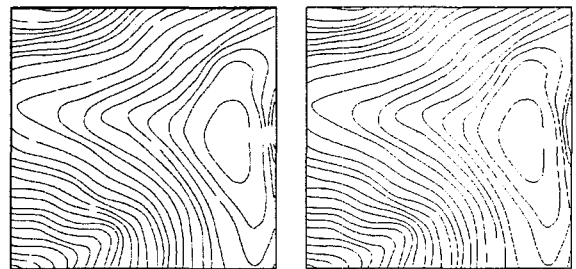
$$B_{(i,n)}(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{(n-i)} \tag{4}$$

여기서 n은 다항식의 차수이고

$$\binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!} \quad i = 0, 1, \dots, n \tag{5}$$

은 2차 항의 계수이다. 이 곡선함수는 아래의 조건을 만족한다.

$$\sum_{i=0}^n B_{i,n}(t) = 1 \quad B_{i,n}(t) \geq 0 \tag{6}$$



(a) 손실 부분이 있는 등고선 영상 (b) 손실 부분을 복원한 등고선 영상

그림 4. 베지어 곡선을 이용한 손실 복원결과

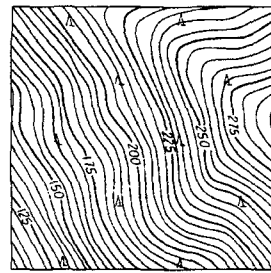
식 (6)은 정규화 특성이라 한다. 베지어 곡선 함수는 n+1개의 조정점에 대하여 n차 다항식을 생성하고 첫 조정점과 끝 조정점을 지나도록 한다.

그림 4(a)는 등고선만을 추출한 영상이며, 그림 4(b)는 베지어 곡선 알고리즘을 이용하여 손실부분을 복원한 영상이다.

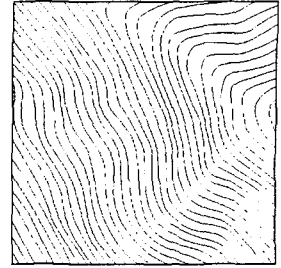
4. 등고선 복원 결과

그림 5의 영상들은 지금까지 설명한 알고리즘을 적용하여 얻은 결과이다. 입력된 영상에서 등고선을 제외한 다른 정보는 제거되고, 세선화 된 등고선만이 추출되었음을 확인할 수 있다. 그림 5(a)는 등고선의 중심 부분이 내부에 포함된 경우이다. 영상의 가장 자리에서 시작하는 선추적 알고리즘의 경우 이러한 문제를 해결하지 못하였으나, 라벨링 방법을 사용하면 내부에 있는 등고선을 찾아 추출할 수 있다.

그림 5(e)와 (f)는 등고선 상에 숫자와 기호 외에 등고선에 수직으로 기호와 등산로가 나타나는 경우의 처리 결과이다. 등고선과 수직으로 짧게 나타나는 물체는 기울기 변화에 강한 선추적 방법을 적용하면 제거할 수 있으며 베지어 곡선 알고리즘을 사용하여 복원하였다. 그림 5(g)와 (h)는 등고선과 기울기가 유사한 기호들이 다수 나타나는 경우의 처리 결과이다.



(g) 입력 영상 4

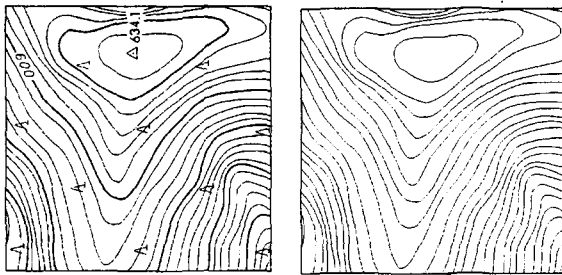


(h) 입력 영상 4를 복원한 영상

그림 5. 복원된 등고선 영상

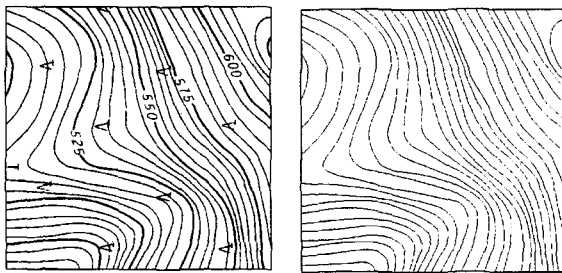
V. 비등고 성분의 분리

숫자와 기호를 지도 영상에서 분리해 내기 위한 처리 과정을 그림 6에 나타내었다.



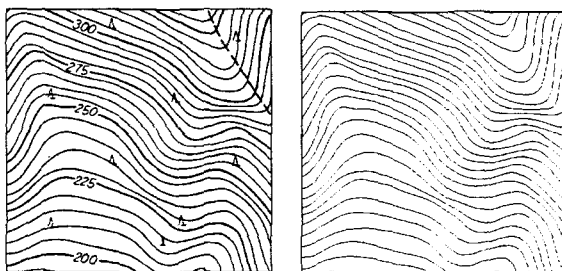
(a) 입력 영상 1

(b) 입력 영상 1을 복원한 영상



(c) 입력 영상 2

(d) 입력 영상 2를 복원한 영상



(e) 입력 영상 3

(f) 입력 영상 3을 복원한 영상

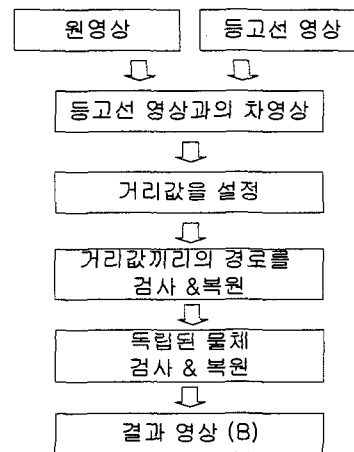
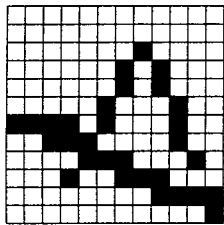


그림 6. 비등고 성분의 분리 과정

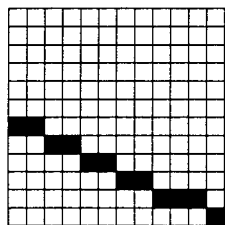
그림 7(a)의 원영상을 앞에서 구한 세선화 된 등고선 영상(그림 7(b))과의 거리를 비교하여 그림 7(c)와 같은 세선화 된 등고선으로부터 떨어진 화소수 만큼의 거리값을 구한다. 세선화 된 영상과 일치하는 화소는 1을, 그 점으로부터 한 화소씩 멀어질 때마다 2, 3, ... 값을 적용하며, 최대 7까지 값을 설정한다. 7보다 더 멀어질 경우에도 거리값은 7값으로 설정한다. 이렇게 하면 등고선에서 멀리 떨어진 숫자나 기호는 모두 7값이 부여되어 나타나게 되며, 나머지 백화소에 대해서는 0값을 부여한다. 그림 7(c)와 (d)는 원영상을 세선화 된 등고선과 비교하여 거리값을 구한 것이다. 그림 7(c)와 (d)에서 숫자가 표시되지 않은 부분은 0값으로 나타나는데 흑화소만을 강조하기 위해 표시하지 않았다.

그림 7(a)와 (b)를 이용하여 중간 영상 (c)를 얻었다면 여기에서 얻어진 거리값을 이용해서 거리가 멀어지는 특성이 연속적으로 나타나는 부분을 추출한다. 예를 들어 6, 5, 4, 3, 2값이 순차적으로 등고선을 향하고 있다면 이

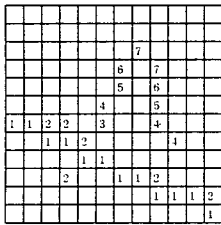
것은 등고선과 겹친 영상으로 숫자나 기호로 간주한다. 이렇게 등고선에 가까워지는 부분을 역으로 추적해 들어가면서 영상을 재추출 한다. 만약 추적하려는 반대편에도 같은 형태의 특성이 나타난다면 이 과정은 좀 더 명확해진다.



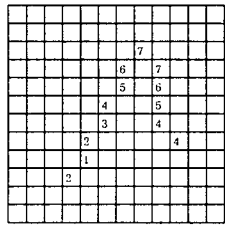
(a) 원영상



(b) 세션화 된 등고선 영상



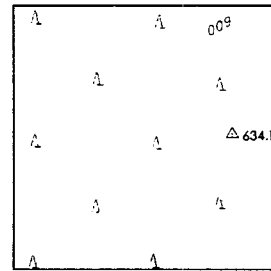
(c) 거리값을 환산한 결과



(d) 등고선과 분리된 기호의 거리값 결과

그림 7. 거리값 계산 예

그림 8은 환산된 거리값을 이용하여 등고선을 제거하고 숫자와 기호로 판단되는 정보를 추출한 결과를 보이고 있다. 그림 8(d)에 나타낸 영상이 거리값 6과 7을 갖는 화소들이다. 여기에서 얻은 결과를 앞에서 구한 영상(c)에 추가하면 보다 향상된 결과 (e)를 얻을 수 있다.



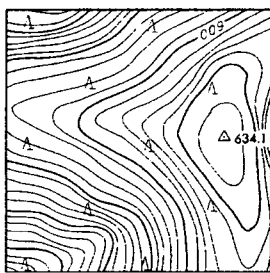
(e) 영상 (c)와 (d)의 결합영상

그림 8. 비등고 성분을 추출한 결과

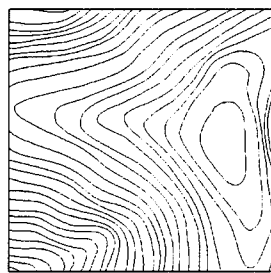
VI. 숫자와 기호의 분리추출

1. 수치와 기호의 종류와 특성

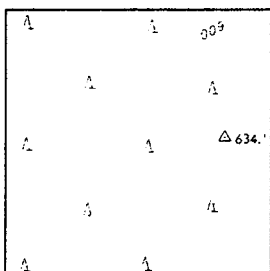
등고선을 제거하는 과정을 거치면 지도 영상 위에는 숫자와 기호만이 남게 된다. 숫자와 기호에도 각각의 특징이 존재하며, 의미를 가지는 단위별로 추출하기 위해서는 각자의 공통점과 차이점을 고려하여야 한다.



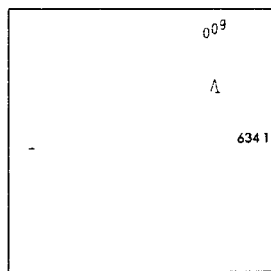
(a) 원영상



(b) 등고선만을 추출해낸 영상



(c) 영상 (a)와 (b)를 이용해 비등고선 성분을 추출한 영상



(d) 등고선으로부터 독립된 숫자와 기호 추출 영상

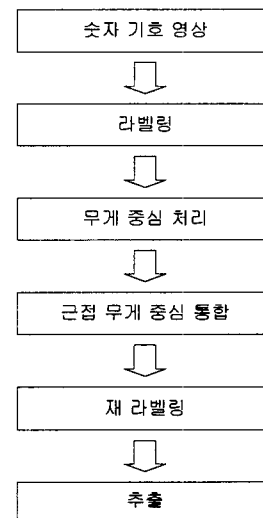


그림 9. 숫자와 기호의 분리추출 과정

본 절에서는 지도상에 나타나는 기호와 숫자의 특성을 분석하고, 특성을 효율적으로 분리해 낼 수 있는 방법을 제안한다. 그림 9는 분리되어 있는 물체를 하나로 모아 원래의 의미를 가지는 기호로 재구성해 가는 과정을

나타낸 것이다. 그림 10은 지도상에 나타나는 기호의 예이다. 기호의 특성을 살펴보면 하나의 물체로 의미를 가지는 것도 있지만, 둘 이상의 물체가 모여 하나의 의미를 나타내는 경우가 있다. 예를 들면 삼각점, 우체국, 명승고적 등이 이에 해당한다. 본 장에서는 이러한 물체들을 하나의 기호로 묶어서 처리하는 기법에 대해서도 살펴볼 것이다.

삼각점	우체국	사찰	등대
명승고적	온천	삼림	과수원
밭	논	표고점	우물

그림 10. 지도에서 사용되는 기호의 예

2. 라벨링 처리 과정

라벨링(labeling) 방법은 이진 영상에 존재하는 각 화소간의 연관성을 이용하여, 같은 라벨값을 가지는 화소들을 하나의 독립된 물체 단위로 처리하도록 하는 알고리즘이다. 라벨링의 기본 원리는 같은 연결 성분에 속하는 픽셀에 같은 번호를 부여하고, 다른 연결 성분에는 서로 다른 번호를 부여하여 물체를 구분한다. 화소간의 연결성을 확인하기 위해 4-이웃 마스크나 8-이웃 마스크를 사용한다. 4-이웃 마스크는 직선축 상에 이웃하는 화소들 연결하며, 8-이웃 마스크는 사선 성분에 존재하는 물체까지 연결시키는 특성을 나타낸다.

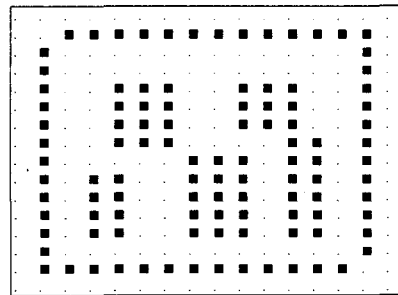
그림 11의 (b), (c)는 4-이웃 마스크와 8-이웃 마스크를 사용한 결과의 차이를 나타낸 것이다. 동일한 영상에 대해서도 사용되는 마스크에 의해 전혀 다른 물체로 인식 될 수 있음을 보여준다. 세션화 된 물체를 라벨링 할 때는 8-이웃 마스크가 유효하며 본 논문에서도 8-이웃 마스크를 적용하였다. 라벨링 처리를 위해 필요한 과정과, 각 단계에서 고려하여야 할 사항은 아래와 같다.

과정 1. 라벨링은 최초의 (0,0) 위치에서 시작하여 우측으로 진행하면서 만나는 흑화소에 대해 라벨값을 부여한다. 이 때 주변의 화소를 검사하여 이미 정의된 값이 존재하면 기존 라벨값을 부여한다.

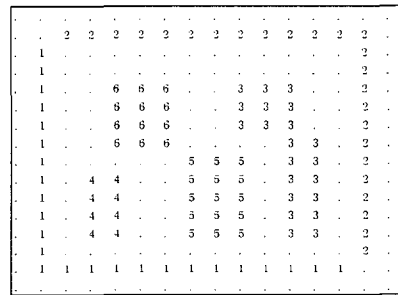
과정 2. 하나의 라인에 대한 검색이 끝나면, 다음 라인의 첫 화소에서 다시 우측으로 진행한다.

과정 3. 만약 주변화소에 대한 라벨값을 부여할 때 두 개 이상의 라벨값이 존재하면 현재의 작업을 멈춘 후, 전체 영상에 걸쳐 큰 라벨값을 작은 라벨값으로 대체한다. 이렇게 되면 하나의 물체는 하나의 라벨값만을 가지게 된다.

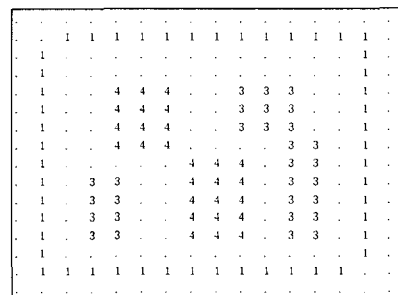
과정 4. 다음 라인에 대해서도 작업 2를 계속 적용하며 반복한다. 이러한 작업을 영상의 모든 라인에 적용하면 모든 물체에 각각 하나의 라벨값이 부여된다.



(a) 원영상

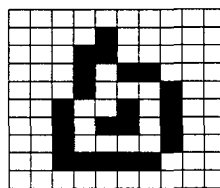


(b) 4-이웃 마스크를 사용한 경우

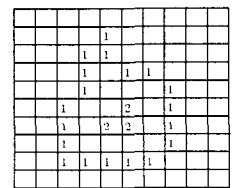


(c) 8-이웃 마스크를 사용한 경우

그림 11. 라벨링에 사용되는 마스크와 결과 영상



(a) 원영상



(b) 라벨링 된 영상

그림 12. 라벨링 된 영상

3. 추출된 비등고 성분의 무게 중심 계산

라벨링 된 물체의 크기를 구하기 위해서는 중심을 구한 후, 그 점에서 가장 멀리 떨어진 점까지의 거리를 구하는 방법을 사용한다. 물체의 중심을 구하기 위해서는 무게 중심을 구하는 방법이 유효하다.

과정 1. 라벨링 된 영상을 위한 자료 구조를 정의한다.

자료구조에 저장될 내용은 x 좌표의 누계값 gx , y 좌표의 누계값 gy , 해당 라벨 값의 총 개수 c , 무게 중심을 저장할 ux , uy 값의 형태로 정의된다. 무게 중심 ux , uy 를 구하는 수식은 식 (7)과 같다. 해당 라벨의 모든 x 값을 누적하고, 이것을 같은 라벨값을 가지는 화소수로 나누면 무게 중심 ux 값을 구할 수 있고, uy 값도 동일한 방법으로 구할 수 있다.

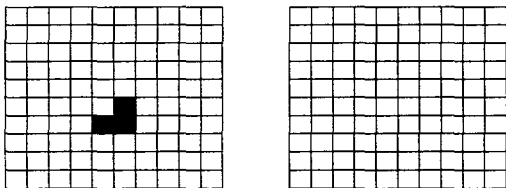
$$ux = \frac{\sum_{p=0}^c x_p}{c} \quad (7)$$

$$uy = \frac{\sum_{p=0}^c y_p}{c}$$

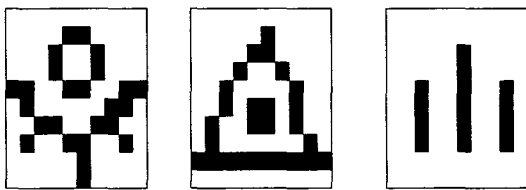
과정 2. 전 영상에 걸쳐 각 라벨값을 검색하여 결과를 구한다. 각각의 라벨에서 구해진 x , y 값을 c 로 나누면 무게 중심이 구해지며, 여기에서 얻어진 값은 ux , uy 에 저장된다.

과정 3. ux , uy 에 저장된 무게 중심값에 대해 재검색을 통해 임계치보다 근접한 무게 중심은 같은 물체의 무게 중심으로 추정한다. 따라서 두 개의 라벨값은 하나의 라벨값으로 통합되고, 무게중심도 하나로 재조정된다.

과정 4. 과정 3을 다시 한번 더 반복한다. 과정 2와 과정 3은 둘 이상으로 분리된 기호를 통합하여 원래의 형태로 복구하는 역할을 한다. 그림 14(a)와 (b)는 2개의 기호가 하나의 의미를 가지며, 그림 14(c)는 3개의 기호가 하나의 의미를 가지는 경우이다.

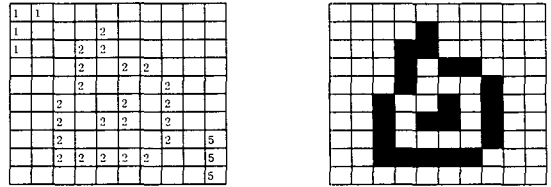


(a) 두 개로 라벨링된 기호 (b) 통합된 기호
그림 13. 두 개로 분리된 기호의 통합 예



(a) 우체국 (b) 산 정상 (c) 눈
그림 14. 두개이상의 물체로 구성된 기호의 예

과정 5. 구해진 무게 중심을 중심으로 마스크를 사용하여 그림 15와 같이 통합된 기호를 분리해 낸다. 이때 하나의 마스크 내에 여러 물체가 있어도 라벨값이 다르므로 통합된 기호만을 추출해 낼 수 있다.



(a) 라벨링 된 값 (b) 추출된 영상
그림 15. 기호의 최종 추출 결과

4. 숫자와 기호 성분의 추출

그림 16에서 그림 19는 라벨링 방법과 무게 중심을 이용한 물체 추출 방법을 함께 적용하여 얻은 결과이다. 등고선에 사용되는 정보는 작은 점 하나까지도 소수점이나 정상을 나타내는 기호로 사용되므로, 정보의 손실을 막기 위해 주의하여야 한다. 고도를 나타내는 숫자와 소수점도 정상적으로 추출되며, 단일 기호로 구성된 기호 외에도 복합 기호로 나타나는 기호까지도 정확하게 추출하였다. 그림 16은 기호와 숫자만이 나타나는 일반적인 영상의 처리 결과이다. 개별적으로 분리된 숫자와 기호들을 사각형 블록으로 나타내었다.

그림 17은 고도값에 소수점이 포함된 영상에서의 추출 결과이다. 소수점과 같은 물체는 화소수가 적어 잡음과 분리하기가 곤란하지만 V장에서 세선화 하지 않고 영상에서 물체를 분리한 경우는 잡음과 특성이 확연한 차이가 나므로 추출 가능하다. 그림 18은 정상을 나타내는 중심점과 둘러싼 삼각형을 하나의 물체로 추출하였다. 두 개의 물체가 하나의 기호를 나타내는 경우에도 라벨링과 무게 중심을 이용한 방법을 사용함으로써 하나의 기호로 분류할 수 있다. 그림 19는 추출 대상이 아닌 물체가 영상 내에 있을 때의 반응을 알아보기 위해 영상 우측 상단의 등산로를 제거하지 않고 입력한 영상이다. 이 경우에도 등산로를 정확하게 추출하였다. 등산로와 같은 별도의 정보는 필요 여부에 따라 전 단계에서 제거하거나, 이후 단계에서 추출하여 처리할 수 있다.

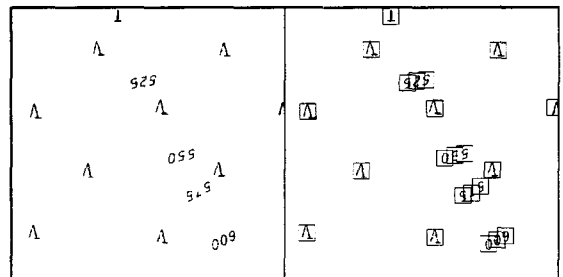


그림 16. 숫자와 기호가 나타나는 지도 영상

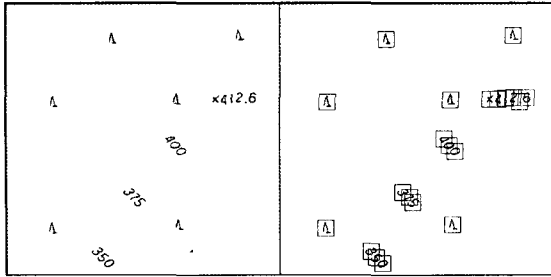


그림 17. 고도값에 소수점이 포함된 지도 영상

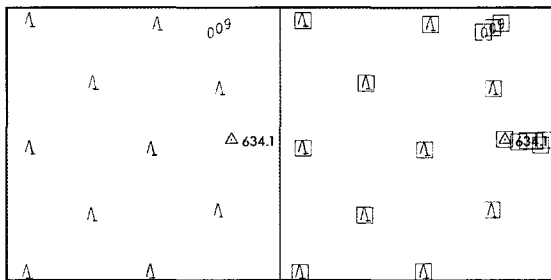


그림 18. 복합적인 기호가 나타나는 영상

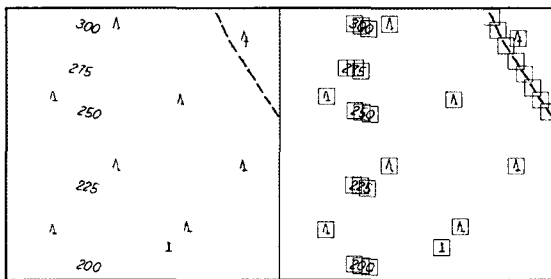


그림 19. 숫자와 기호가 아닌 정보가 포함된 영상

VII. 결론

본 논문에서는 지도상의 정보를 추출하기 위해 필요한 효율적 전처리 방법과 지도상에 나타나는 정보들의 특징을 이용하여 이를 효과적으로 정확하게 자동으로 추출하는 방법에 대해 연구하였다. 각 단계에서의 허용 가능한 수준의 오류조차도 다음 단계로 넘어가면서 확대되어 지리 정보의 손실과 왜곡이 발생하기 때문에 물체를 추출하는 방법에 대해 서로 다른 알고리즘을 적용하여 결과를 도출하였으며, 이를 비교하였다. 특히 기존의 논문에서 영상의 추출 대상을 특정 지리 정보로 제한하여 그 외의 지리 정보에 대해 손실이 많이 발생하는 문제를 해결하기 위해 각 단계에서 정보를 최대한으로 복원할 수 있는 방법을 제시하였다. 지금까지 살펴본 알고리즘은 등고선의 특성이 강하게 나타나는 산악 지역과 기호가 밀집되어 나타나는 평야 지역에서 우수한 결과를 나타내었다. 다만 현재 도시 지역이나 마을과 같은 인공 구조물에 대해서는 추출 능력을 가지고 있지 못하며, 저수지와 같은 큰 물체의 인식에 대해서도 한계를 가진다. 따라서 이러

한 문제는 추후 수치 지도화 연구에서 보완되어야 할 것이다.

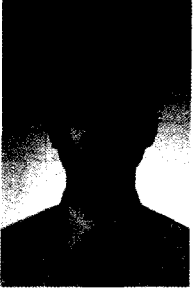
접수일자 : 2002. 10. 11

수정완료 : 2002. 10. 20

본 논문은 한국과학재단지정 호서대학교 RRC의 연구 지원으로 이루어진 것임.

참고문헌

- [1] 이태식, 이교선, 조영준, "한국의 사회기반시설물 GIS 구축 방안," The Journal of GIS Association of Korea, Vol.2, No.1, pp.27-38, 1994년 4월.
- [2] 윤재경, 이기혁, 우창현, 이경자, 김수용, "반자동 지도 입력 시스템의 개발 연구," The Journal of GIS Association of Korea, Vol.3, No.1, pp.19-27, 1995년 4월.
- [3] Gerhard X. Ritter, Computer Vision Algorithms in Image Algebra, pp. 125-160, CRC Press, 1998.
- [4] Rafael C. Gonzalez, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company. pp. 413-481, 1992.
- [5] 손동일, 권영빈, "잡음에 강한 세션화 알고리즘," 인지과학회 논문지, Vol. 2, No. 2, pp. 341-358, 1990년.
- [6] 이성환, 문자인식 이론과 실제, 홍릉 과학 출판사, pp. 229-279, 1995년.
- [7] T. Zhang and C. Seun, "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns," Communications of the ACM, Vol.27, pp. 236-239, Mar. 1984.
- [8] Belkasim, S. O., M. Shridhar, and A. Ahmadi, "Pattern Recognition with Moment Invariant: A Comparative Study and New Results," Pattern Recognition, Vol. 24, pp. 1117-1138, Dec. 1991.
- [9] 정수진, "지도 영상에서 등고선 추출 및 복원에 관한 연구," 호서대학교 석사학위 논문, 1998년.
- [10] 김해정, "등고선 지도를 이용한 3차원 지형도 생성에 관한 연구," 호서대학교 석사학위 논문, 1998년.



김 경 훈 (Kyung-Hoon Kim)

準會員

1998년 2월 호서대학교 전자공학과
(공학사)

2000년 2월 호서대학교 전자공학
(공학석사)

2000년 1월 ~ 현재 일본
(주)AG system 연구원

관심분야 : 영상처리, GIS, 프로그래밍 언어,
모바일 텔레비전 등



김 준 식 (Joon-Seek Kim)

正會員

1987년 2월 서강대학교 전자공학과
(공학사)

1989년 2월 서강대학교 전자공학과
(공학석사)

1993년 8월 서강대학교 전자공학과
(공학박사)

1993년 9월 ~ 1994년 2월 서강대학교부설산업기술
연구소 박사후연구원

1994년 3월 ~ 현재 호서대학교 전기정보통신공학부 부교수
관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터 비전, 영상인식,
GIS 등
