

등고선 지도영상에서의 비등고 성분의 자동 분리에 관한 연구

김기순*, 김경훈*, 김준식*

*호서대학교 전자공학과

e-mail: joonskim@office.hoseo.ac.kr

A Study on the Automatic Classification of Non-contour Elements in a Contour Map Image

Kee-Soon Kim*, Kyung-Hoon Kim*, Joon-Seek Kim*

*Dept of Electronic Engineering, Hoseo University

요약

지리정보시스템(Geographic Information System)분야에서 사회 기반 시설에 대한 요구가 증대되고, 시설물을 관리하기 위한 지리정보 데이터 베이스 구축이 필요하며, 데이터베이스 구축을 위해서는 지도 정보를 필요로 한다. 본 논문에서는 지도 정보를 자동으로 분석하여 등고선과 숫자, 기호를 추출해 내는 알고리즘에 대해 연구하였다. 지도상의 숫자, 기호를 추출하고 효율적으로 분류하기 위해 불필요한 자료를 제거하고 필요한 정보를 추출한 후 손상된 부분을 복원하는 방법과 필요한 정보만을 추출한 후 손상된 부분을 복원하는 방법을 제안하고 결과를 비교하였다. 이렇게 추출한 정보가 의미를 갖는 단위(기호, 숫자)들로 분류되도록 라벨링 방법과 무게 중심을 이용한 물체 추출 방법을 적용하여 숫자 기호들을 자동으로 분류하였으며, 여러 지역의 지형도를 입력하여 모의실험을 통해 제안한 알고리즘의 효율성을 증명하였다.

1. 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, 상하수도와 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 디지털을 이용

한 방식과 스캐너를 이용한 방식이 있다. 디지털을 이용하는 방식은 지도상에 나타나는 정보를 작업자가 직접 수작업으로 입력하는 형태로 진행되며, 스캐너를 이용하는 방식은 지도를 스캐너로 입력받은 후 인공 지능 소프트웨어가 인간을 대신하여 지도상의 정보를 분류하여 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 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[1]. 이를 위해서 일반적인 종이 지도를 기반으로, 필요로 하는 정보를 추출하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 그림 1은 지도를 스캐너에 입력한 후 컴퓨터가 처리하는 전과정을 나타낸 것이다. 지도상의 모든 정보를 한번에 추출하기는 어려우므로 우선 순위를 두어 단계적으로 물체를 추출하도록 하였다[2]. 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. 이 정보들을 단계별로 추출, 분류하여 그 의미를 분석하여 최종적으로 지도를 재구성하는 것을 목표로 한다.

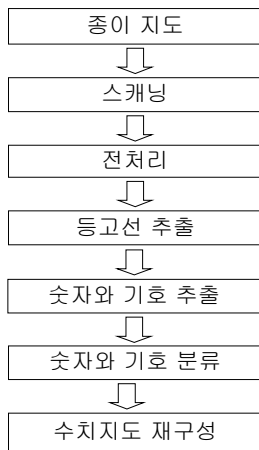


그림 1. 수치지도 생성 과정

2. 전처리

국립지리원에서 발행하는 1/5000 축척의 지형도를 스캐닝 하여 512×512 화소 단위로 잘라 각 영상에 대해 알고리즘을 적용하였다. 이진화 과정을 거치면 영상에서 물체와 배경이 명확하게 구분되고, 처리해야 할 정보량도 줄어드는 이점이 있다. 지역 이진화 방법을 사용하면 주변 화소들을 분석하여 그 값을 기준으로 이진화 시키므로 영상에 가장 적합한 기준값을 적용할 수 있다[5]. 본 논문에서는 3×3 마스크를 사용하는 지역 이진화 방법을 적용하였다. 영상 취득 과정에서 발생한 잡음을 없애기 위해 3×3 마스크를 사용한 중간값 필터를 적용하여 잡음을 제거하였다[4]. 지도영상에서 모든 정보들의 위상적, 기하학적 특성을

유지하면서 형태분석을 쉽게 할 수 있도록 세선화 알고리즘을 이용하여 등고선 영상을 세선화 하였다[5, 6, 7].

3. 등고/비등고 성분의 분리 및 추출

3.1 등고선의 추출

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[8]. 본 논문에서 등고선을 추출하기 위하여 참고문헌[9]의 방법을 사용하였다.

3.2 비등고 성분의 분리

숫자와 기호를 분리하는 방법에는 기본적으로 등고선에서 필요 없는 부분을 제거해 나가면서 마지막 남은 부분을 숫자 또는 기호로 추출해 내는 방법이 있고, 이와 반대로 영상에서 숫자와 기호의 특징을 이용하여 해당 정보만을 추출해 내는 방법이 있다[10]. 본 논문에서는 이 두 방법의 전체적인 처리과정을 제안하였으며, 영상에 대해 직접 적용해 장단점을 비교하고, 최종 영상의 성능을 비교하여 결론을 도출하였다. 여기서 구분의 편의를 위해 불필요한 정보를 삭제해 나가는 방법을 분리방법A라 하고, 숫자와 기호의 특징을 이용하여 이들 성분을 추출해 내는 방법을 분리방법B라 한다.

3.3 분리방법A

그림 2는 분리방법A, 그림 3은 분리방법B의 처리과정을 나타내는 흐름도이다. 세선화된 영상에서 등고선과 기호가 만나는 부분의 교차점을 삭제한 후, 라벨링을 적용하면 등고 성분과 비등고 성분을 분리해 낼 수 있다. 라벨링된 물체들의 특징을 검사하여 등고선의 특징을 갖는 라벨을 삭제하면 숫자와 기호들이 남게된다. 여기서 주의할 점은 잘려진 등고선의 잔상이 삭제되지 않고 기호 성분 내부에 존재한다. 이 문제를 해결하기 위해서는 베지어 곡선을 이용하여 복원한 등고선 정보와 근사하는 부분을 삭제하면 잔상을 제거할 수 있다. 마지막으로 라벨링을 위해 삭제했던 교차점의 화소들을 복원하면 숫자와 기호만이 남아있는 영상을 얻을 수 있다. 이 방법의 단점은 삭제과정에서 일부 정보가 손상되는 결함이 있다.



그림 2. 분리방법A

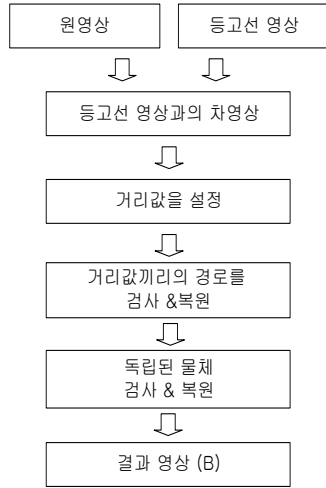
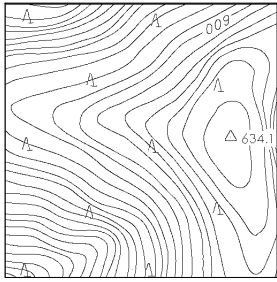
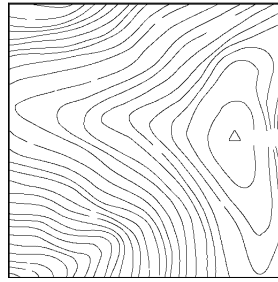


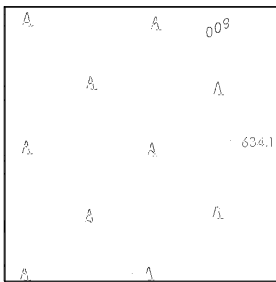
그림 3. 분리방법B



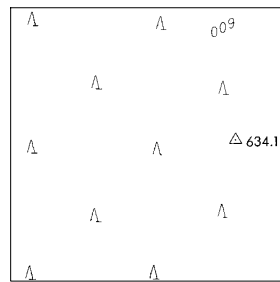
(a) 입력 영상



(b) 숫자와 기호를 삭제한 영상



(c) 숫자와 기호만을 추출한 영상



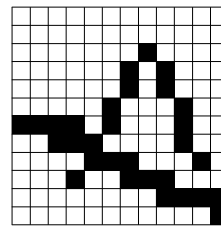
(d) 결과 영상

그림 4. 분리방법A에 의한 처리 결과

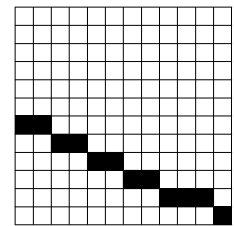
3.4 분리방법B

분리방법A의 문제점을 해결하기 위해 세션화를 적용하지 않은 원영상에서 직접 숫자와 기호의 특징을 파악하여 추출하는 방법을 고려하였다. 물론 여기에서도 세션화 과정을 거쳐 등고선을 추출한 영상을 필요로 하지만, 원영상 자체는 세션화를 시키지 않는다는 점이 다르다. 등고선만을 추출한 영상은 원영상에서 숫

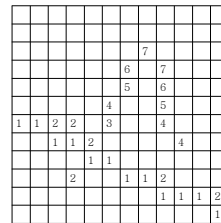
자와 기호를 추출하기 위한 마스크로 사용된다. 숫자와 기호를 지도 영상에서 분리해 내기 위해서는 우선 그림 5(a)의 원영상을 앞에서 구한 세션화된 등고선 영상인 그림 5(b)와의 거리를 비교하여 그림 5(c)를 얻기 위해 세션화된 등고선으로부터 떨어진 화소수만큼의 거리 값으로 만들어진 영상을 만든다. 세션화된 영상과 일치하는 화소는 1을, 그 점으로부터 한 화소씩 멀어질 때마다 2, 3, ... 값을 적용하며, 최대 7까지 값을 설정한다. 7보다 더 멀어질 경우에도 거리값은 7값으로 설정한다. 이렇게 하면 등고선에서 멀리 떨어진 숫자나 기호는 모두 7값이 부여되어 나타나게 되며, 나머지 백화소에 대해서는 0값을 부여한다. 그림 5(c)와 (d)는 원영상을 세션화된 등고선과 비교하여 거리값을 나타낸 것이다. 그림 5(c)와 (d)에서 숫자가 표시되지 않은 부분은 0값으로 나타나는데 흑화소만을 강조하기 위해 표시하지 않았다.



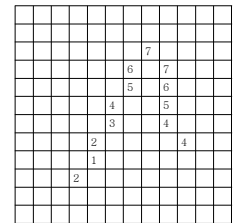
(a) 원영상



(b) 세션화 영상



(c) 거리값을 환산한 결과

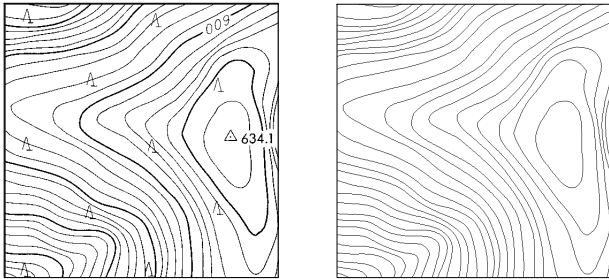


(d) 등고선과 분리된 기호의 거리값 결과

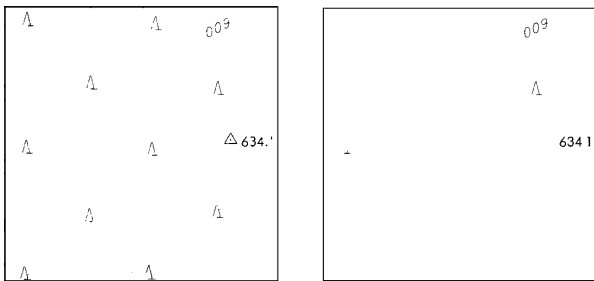
그림 5. 분리방법B에 대한 처리 결과

그림 5(a)와 (b)를 이용하여 중간결과인 그림 5(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 이것은 등고선과 곁친 숫자나 기호로 간주한다. 이렇게 등고선에 가까워지는 부분을 역으로 추적해 들어가면서 성분들을 재추출해 낸다. 만약 추적하려는 반대편에도 같은 형태의 특성이 나타난다면 이 과정은 좀 더 명확해진다. 그림 6(c), (d), (e)는 환산된 거리값을 이용하여 등고선을 제거하고 숫자와

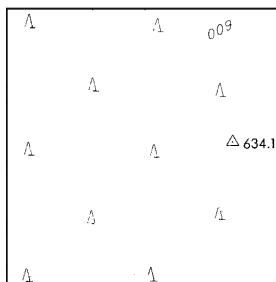
기호로 구성된 결과를 보여주고 있다. 그림 6(d)에 나타난 영상이 거리값 6과 7을 갖는 화소들이다. 여기에서 얻은 결과를 앞에서 구한 그림 6(c)에 추가하면 보다 향상된 결과인 그림 6(e)를 얻을 수 있다.



(a) 원영상 (b) 등고선만을 추출한 영상



(c) 영상 (a)와 (b)를 이용해 비등고선 성분을 추출한 영상 (d) 등고선으로부터 독립된 숫자와 기호 추출 영상



(e) 영상 (c)와 (d)의 합영상

그림 6. 분리방법B에 의한 결과

3.5 최종 결과의 비교

그림 4(d)는 세선화 처리를 해서 얻은 영상(분리방법A)이고, 그림 6(e)는 세선화 과정을 거치지 않고 얻은 영상(분리방법B)이다. 두 영상의 차이는 분리방법A는 불필요한 정보를 삭제해가면서 얻은 결과이고, 분리방법B는 추출하고자 하는 정보의 특징만을 이용해서 추출한 경우이며, 결과를 비교하기 위해 세선화를 거쳤다. 분리방법A는 등고선을 추출한 후 반대의

과정을 다시 반복하면 등고선과 숫자와 기호를 분리해 낼 수 있다. 분리방법B는 별도의 세선화 된 등고선 추출 영상을 필요로 하지만 결과 영상의 정보를 최대한 원형 그대로 추출할 수 있다는 장점이 있다. 물체를 인식하기 위해 세선화를 해야한다면 분리방법B의 결과와 분리방법A의 결과는 큰 차이를 나타내지 않지만, 분류 과정에 위의 결과 영상을 적용했을 때 세선화 되지 않은 분리방법B의 영상이 더 나은 결과를 보인다. 따라서 본 논문에서는 분리방법B를 통하여 얻은 영상을 적용하였다.

3.6 숫자와 기호의 추출

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

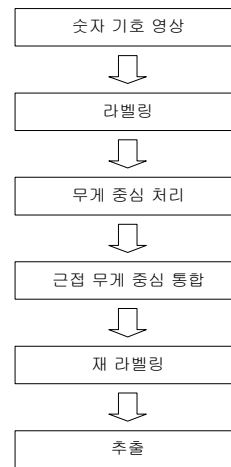


그림 7. 숫자와 기호의 추출 과정

다[11]. 그림 7은 분리되어 있는 물체를 하나로 모아 원래의 의미를 가지는 기호로 재구성해 가는 과정을 나타낸 것이다. 그림 8은 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 논문에서는 이러한 물체들을 하나의 기호로 묶어서 처리하도록 하였다.



그림 8. 지도에서 사용되는 기호의 예

3.7 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 화소에 같은 번호를 부여하고, 다른 연결 성분에는 서로 다른 번호를 부여하여 물체를 구분한다. 본 논문에서 화소간의 연결성을 확인하기 위한 라벨링 마스크로 8-이웃 마스크를 적용하였다. 라벨링된 물체의 크기를 구하기 위해서는 무게중심 좌표를 구한 후, 그 점에서 가장 멀리 떨어진 점까지의 거리를 구하는 방법을 사용한다. 무게중심 좌표를 검색하여 임계치보다 근접한 무게중심 좌표는 같은 물체의 무게 중심좌표로 인식하게 했다. 그림 9(a)와 (b)는 2개의 기호가 하나의 의미를 가지며, 그림 9(c)는 3개의 기호가 하나의 의미를 가지는 경우이다.

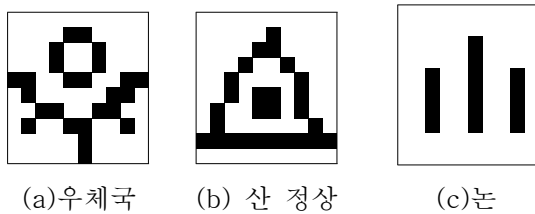


그림 9. 두 개이상의 물체로 구성된 기호의 예

4. 모의실험 및 결과

4.1 실험 환경

국립 지리원에서 발행하는 1/5,000 축척의 지형도를 HP ScanJet 3c 스캐너를 사용하여 256 level의 512×512 크기를 갖도록 지도 영상을 취득하였다. Intel Pentium II 333MHz의 PC상에서 실험하였으며, Windows98 운영체제하에서 Visual C++ 6.0을 이용하여 알고리즘을 구현하였다.

4.2 결과 및 고찰

라벨링 방법과 무게 중심을 이용한 물체 추출 방법을 함께 적용하여 얻은 결과로서 고도를 나타내는 숫자와 소수점도 정상적으로 추출되며, 단일 기호로 구성된 기호 이외에도 복합 기호로 나타나는 기호까지도 정확하게 추출하였다. 그림 10은 기호와 숫자만이 나타나는 일반적인 영상의 처리 결과이다. 개별적으로 분리된 숫자와 기호들을 사각형으로 나타내었다.

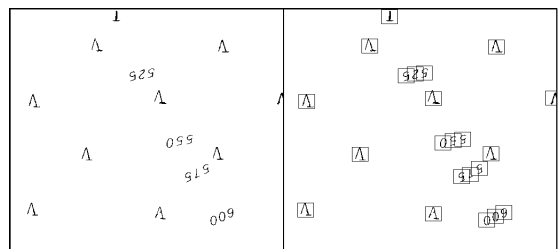


그림 10. 숫자와 기호가 나타나는 지도 영상

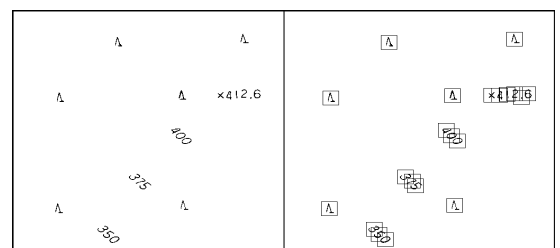


그림 11. 고도값에 소수점이 포함된 영상

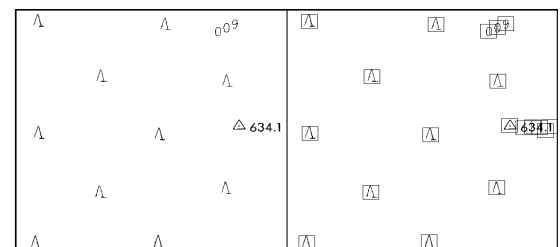


그림 12. 복합적인 기호가 나타나는 영상

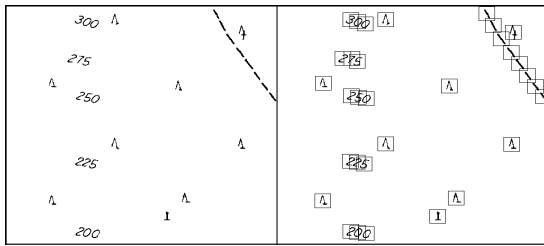


그림 13. 숫자와 기호가 아닌 정보가 포함된 영상

그림 11은 고도값에 소수점이 포함된 영상에서의 추출 결과이다. 그림 12는 정상상을 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 13은 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.

5. 결론

본 논문에서는 지도상의 정보를 추출하기 위해 필요한 효율적 전처리 방법과 지도상에 나타나는 정보들의 특징을 이용하여 이를 효과적으로 정확하게 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 손상이 많이 발생하는 문제를 해결하기 위해 각 단계에서 정보를 최대한으로 복원할 수 있는 방법을 제시하였다. 지금까지 살펴본 알고리즘은 등고선의 특징이 강하게 나타나는 산악 지역과 기호가 밀집되어 나타나는 평야 지역에서 우수한 결과를 나타내었다. 다만 도시 지역이나 마을과 같은 인공 구조물에 대해서는 추출 능력을 가지고 있지 못하며, 저수지와 같은 큰 물체의 인식에 대해서도 한계를 가진다. 따라서 이러한 문제는 추후 수치 지도화 연구에서 보완되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 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.
- [2] 김상운, 패턴 인식 입문, 홍릉 과학 출판사, pp. 3-13, 1995년.
- [3] Rafael C. Gonzales, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company. pp. 413-481, 1992.
- [4] Arthur R. Weeks, *Fundamentals of Electronic Image Processing*, pp. 173-197, IEEE Press, 1997.
- [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] 정수진, 지도 영상에서 등고선 추출 및 복원에 관한 연구, 호서대학교 석사학위 논문, 1998년.
- [9] 김해정, 등고선 지도를 이용한 3차원 지형도 생성에 관한 연구, 호서대학교 석사학위 논문, 1998년.
- [10] 김기순, 지도영상에서 도로정보의 자동추출에 관한 연구, 호서대학교 석사학위 논문, 1998년.
- [11] 최관순, 지도의 자동적인 벡터화와 지도 영상 이해에 관한 연구, 서강대학교 박사학위 논문, 1993년.