

수리 형태학적 연산자를 이용한 지도 화상에서 도로 정보의 특징 추출에 대한 효율성 평가*

남 태희**

Efficiency Evaluation of the Feature Extraction of Roads from Map Image using Morphological Operators*

Tae Hee Nam**

요약

화상 처리 방법은 최근 다양한 기법을 적용하여 지도 정보 시스템 구축에 대한 요구가 급격히 대두되고 있다. 따라서 본 논문은 이러한 GIS(Geographic Information System) 시스템을 효율적으로 구축하기 위한 방안으로, 기존 지도 도형이나 수작업에 의해 작성된 도면을 컴퓨터로 스캐닝하여 각종 도로 정보 인식 추출하는 방법을 제안하였다. 이러한 화상 정보 인식 방안으로 많은 알고리듬들이 제시되고 있지만, 실제로 그 활용 면에서, 인식 분석 처리 과정이 매우 복잡함으로 인하여 충분히 반영되지 못하고 있는 한계성을 가지고 있다. 따라서 본 논문은 지도 화상을 스캐닝하여 도로 정보를 효율적으로 분리 추출하기 위하여 3X3 방향성 구조요소, 즉 수리 형태학적 기법에서 Erosion과 Dilation 그리고 Opening과 Closing, 최적의 Structuring Element를 적용하여, 대상 화상인 지도에서 최적의 도로 정보와 문자열간의 특징 분리 추출의 유효성을 검증하고자 한다.

Abstract

The geographic information system is needed in the image recognition field. This study recommends an efficient method to construct the GIS from the feature extraction of roads through scanning of a normal or hand-made maps. Many algorithms have been presented for such image information recognition. However, such algorithm processes have limitations due to their complexity. To efficiently extract road information from scanning map images, a 3X3 directional form is applied - structuring element, erosion and dilation, and opening and closing. This method allows for efficient evaluation of the featured road extracts from the map image and from the character sets.

* 본 연구는 동주대학 학술연구조성비에 의해 연구 되었음.

** 동주대학 무역사무자동화과 조교수

논문접수 : 1999.5.19. 심사완료 : 1999. 6.19

I. 서론

지리 정보 시스템(GIS: Geographic Information System)은 최근 다양한 기법을 적용하여 지도 정보 시스템 구축 즉 공간 데이터베이스 시스템(spatial database system)에 대한 요구가 급격히 대두되고 있다. 이러한 데이터베이스로 구축된 지리 정보는 교통 및 행정 그리고 군사, 자원 개발과 지리 탐사 등 다양한 목적으로 활발하게 진행되고 있으나, 현재 수작업으로 완성된 도면 및 화상으로 작성된 지도를 디지털ай저를 사용한 대화식 입력 방법은 많은 경비와 시간이 소요되므로, 현재 지리학적인 정보의 수치화에 대한 많은 문제점을 안고 있다. 이러한 이유로 인하여 현재 지도 화상의 자동 입력에 대하여 상당히 중요성이 대두되고 있는 실정이다. GIS(Geographic Information System) 시스템에 있어서 중요한 응용 분야 중 하나로서 지도 등의 대용량 공간 데이터 및 관련된 비 공간 데이터들에 대한 효율적인 저장과 검색 기능을 제공함은 물론, 이를 데이터베이스(database)에 대한 조작 및 분석을 통해 가공된 정보들을 의사 결정 과정에서 효과적으로 이용할 수 있도록 개발된 시스템으로, 이러한 정보를 컴퓨터를 이용하여 공간적인 정보의 개념으로 지도를 작성하고, 이를 데이터베이스화하여 지도상의 정보를 효율적으로 이용하는 시스템으로, 여러 가지 측면에서 개발 적용되고 있는 실정이다. 그러므로 본 논문에서는 이러한 지리 정보를 신속하게 처리하기 위해서, 기존 수작업에 의해서 작성된 도면 및 지도 화상을 컴퓨터로 스캐닝하여 지도 화상의 특징(feature of map image)을 추출해내 방법을 제시하고자 한다. 본 논문에서는 지도 정보 화상의 이미지 추출 및 개선을 위하여, 대상 화상의 특징을 추출하기 위한 화상 인식과 식별에 필요한 마스크(Structuring Element) 추출을 행하였으며, 아울러 주어진 화상을 필요한 마스크를 이용하여 화상의 분리 추출하고, 특히 임계치(threshold)를 변화시켜 화상의 특징을 개선하는데 주력했다. 따라서 본 논문에서는 컴퓨터로 하여금 화상 인식 처리 기술 및 멀티미디어(multimedia) 지원을 기본으로 하여 화상 정보

(image information)를 보다 빠르고 신속하게 필요한 정보만을 추출하기 위해 수학적인 연산의 원리를 적용한 모폴로지(morphology)를 이용하였다. 이것은 화상 인식 기술에 있어서 가장 기본적인 단계로 기존 복잡한 알고리듬을 필요로 하는 전처리과정에서 수학적인 모폴로지(mathematical morphology)를 이용하여 스캐닝한 화상을 2차로 변환하여 수리 형태학을 이용한 집합론적 분리 방법을 적용하고자 한다. 이에 실현으로 제시된 화상은 지도 화상으로, 전처리 단계로서 도로 정보와 문자열 정보를 분리 추출하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 모폴로지(morphology)를 이용한 방법으로, 집합론적인 처리만을 이용하는 것으로 중요한 것은 이러한 방법들이 복잡한 알고리듬을 필요로 하므로, 본 논문에서는 간편한 방법으로 수학적 모폴로지라는 집합론적인 방법을 적용하여 대상 화상인 지도 화상에서 도로의 정보와 문자열 간의 특정 분리 추출의 유효성을 검증하고자 한다.

II. 본론

1. 화상 분할

화상 분할은 화상내의 개별적인 오브젝트를 강조하거나 또는 어떤 면에서는 고립시키는 연산으로, 그 주요 기법은 화상의 중요한 특징을 버리지 않고 화상을 간략화 하는 것이다.

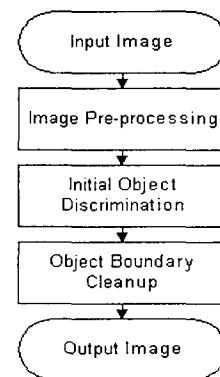


그림 1. 화상 분할 과정
Fig 1. The Image Segmentation Process

이러한 화상 분할 과정을, 첫째 전처리(image preprocessing)과정, 둘째 초기 개체 판별(initial object discrimination) 과정, 셋째 개체 경계 정리(object boundary cleanup)과정과 같이 3 단계로 나누어 볼 수 있다.

1.1 전처리(image preprocessing)

전처리(image preprocessing) 단계에서는 화상을 가시적으로 개선되어 가능한 영(0)의 정보(zero-information-carrying)를 분산시키는 것이다. 즉 화상으로부터 산만하고 쓸데없는 정보를 제거하는 것이다.

1.2 초기 개체 판별

(initial object discrimination)

초기 개체 판별(initial object discrimination) 단계에서는 화상에 개체들은 비슷한 속성을 가진 그룹들로 일괄적으로 분리한다. 즉 대상 화상에서 object의 특성과 같은 대강의 그룹들로 분리해내는 것이다. 이 특성이라 특정한 application의 화상 분석의 목적에 맞게 설정하는 것이다. 이와 같이 전처리 작업에서 처럼 분석하고자하는 대상에 대한 중요한 정보를 지우지 않도록 하는 것이 중요하다.

1.3 개체 경계 정리

(object boundary cleanup)

개체 경계 정리(object boundary cleanup) 단계에서는 보통 전처리와 초기 대상 식별의 결과들은 산재된 에지들이나 겹친 부분 그리고 잡음이 혼재한 대상물이다. 이러한 대상의 잔해들을 처리하기 위해서 화상의 형태학적 연산(image morphological operation)을 적용하여 대상의 경계면 정리를 효율적으로 해결한다. 마지막 단계에서는 왜곡된 화상의 복원과 노이즈와 다른 인위적인 것들을 대상 화상에서 지우게 된다.

2. 수리 형태학

모풀로지는 수리 형태학으로 주어진 2차 화상의 특징 추출을 목적으로 하며, 집합론적 조작으로 이루어진 대상 화상의 변형 수법에 관한 일관된 논리체계로 이루어져 있다.

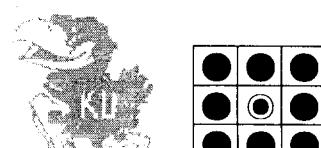
2.1 기본 연산

수리 형태학적 연산은 Serra의 연구 이후 화상 처리 적용에 있어서 W. Gong과 R. Haralick 등에 의해 많은 알고리듬이 개발되어 edge detection과 image segmentation, image skeletonization 등의 처리에 직접적으로 사용되고 있다. 모풀로지 처리에 있어서 구조요소(structuring element)와 기본 연산자인 확장(dilation)과 수축(erotion)은 핵심적인 것이다. 즉 Dilation은 영역에 픽셀들을 첨가하는 것이고, Erosion은 영역들로부터 픽셀들을 없애는 것이다. 그러므로 추가나 삭제는 주어진 꿀의 연산자 마스크인 Structuring Element에 의해 결정된다. 이러한 연산은 구조요소를 사용하며 다음의 규칙을 따르는데, 먼저 Dilation은 적어도 구조요소 중 한 픽셀이라도 원 화상에서 영역내에 놓여 있다면, 출력 화상에서 주목 픽셀을 1로 하며, Erosion은 전체 구조요소가 원 화상에서 영역 내에 놓여 있다면, 출력 화상에서 주목 픽셀을 1로 한다. 이 두 가지 연산의 조합으로 Opening과 Closing 연산을 정의 할 수 있으며, 그 방법과 용도를 정리하면, Opening은 Erosion한 화상을 Dilation하는 연산으로 화상의 가장자리부분을 완만하게 하거나 노이즈와 같은 작은 영역을 없애는데 사용한다. 그리고 Closing은 Dilation한 화상을 Erosion 하는 것으로서 가장자리 부분에 공백을 채운다. 이상과 같이 4가지 기본 연산을 실제 화상에 적용한 예를 다음 그림 2에 나타내었다.



(a) Dilation

(b) Erosion



Original Image Structuring Element

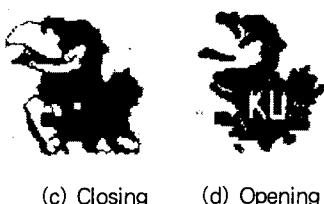


그림 2. 모폴로지 기본 연산
Fig 2. Basic Operation of Morphology

이진 입력 화상을 X 라고 하고, 이진 구조요소를 B 라고 하며, 이를 Erosion과 Dilation을 각각 $X \ominus B$ 와 $X \oplus B$ 로 표기하면 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{Erosion} : X \ominus B &= \{ a \mid B_a \subset X \} \\ &= X \triangle_{Th1} B \quad \dots \dots \quad ① \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dilation} : X \oplus B &= \{ a \mid B_a \cap X \neq \emptyset \} \\ &= X \triangle_{Th2} B \quad \dots \dots \quad ② \end{aligned}$$

여기서 \triangle 은 상관 연산(correlation operation)을, B_a 는 B 가 a 만큼 전이(translation) 하였음을 나타내고, $Th1$ 및 $Th2$ 는 상관 결과에 대한 임계치를 의미하는데, 이때 $Th1$ 은 이진 구조요소 B 의 화소수 level의 임계치를 갖고, $Th2$ 는 unity level의 임계치를 갖는다. 또한 주로 노이즈를 제거하기 위해서 Opening과 Closing을 사용하는데, 각각 $X \cdot B$ 와 $X \cdot B$ 로 표기하면 다음과 같이 정의된다.

$$\text{Opening} : X \cdot B = (X \ominus B) \oplus B \quad \dots \dots \quad ③$$

$$\text{Closing} : X \cdot B = (X \oplus B) \ominus B \quad \dots \dots \quad ④$$

3. 특징 분리 추출 과정

입력된 지도 화상은 전처리 과정으로서 이진화와 세선화를 거친 다음 방향성 수리 형태학을 이용하여 도로 및 문자열을 분리하는데, 그 과정은 그림 3에서 보는 바와 같다. 전처리 과정에서 지도 화상을 세선화 하여 도로 및 문자열을 분리 추출할 수 있게 처리한

다음, 방향성 수리 형태학을 적용하여 도로 성분과 문자열 성분을 분리한다. 즉 방향성 형태소(structuring element)를 적용하여 가로 및 세로 그리고 대각선 성분을 분리 추출한다. 이때 최소 왜곡으로 인하여 도로나 문자열이 깨어지는 화상을 방지하기 위하여 마지막 단계에서 최종 노이즈 제거 및 도로 성분과 문자열 성분의 연결을 위한 히스토그램을 이용하여 최적의 임계치를 설정하여 완전한 지도 화상의 복원 분리 추출을 구한다.

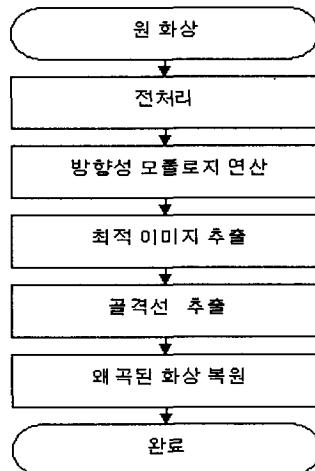


그림 3. 특징 추출 과정
Fig 3. Process of feature extraction

III. 특징 분리 방법

지도는 크게 도로와 문자열 부분으로 나눌 수 있는데, 여기서는 3 단계를 거쳐 도로, 문자열, 도로와 문자열이 겹쳐진 부분으로 특징을 각각 분리하게 된다. 그 단계는 먼저 도로 부분 화상의 획득, 원 화상과 차분하여 문자열 화상을 획득하고 마지막 단계로서 그 화상에서 문자열과 도로 정보가 겹쳐진 부분을 화소의 높도 값 결정을 위하여 히스토그램을 이용하여 최적의 임계값을 주어 분리한다.

1. 방향성 형태학적 필터링

방향성 필터링의 적용은 필터링 특성을 크게 개선 시켜 준다. 즉 방향성 형태학의 구조요소는 모풀로지의 구조요소에 방향성을 부여한 것이다. 즉 방향성 모풀로지 구조요소를 이용하여 모풀로지 연산을 본 화상에 적용하면, 구조요소의 원점에 화소가 있느냐, 없느냐에 따라서 다른 동작을 보이게 된다. 즉 방향 모풀로지 구조 요소 원점에 구조요소 화소가 없는 형태의 방향 모풀로지 구조요소를 이용하여, 화상에 모풀로지의 기본 연산인 Dilation, Erosion을 적용하면 Dilation의 경우, 방향 모풀로지 구조요소의 목적 방향으로 화상이 이동하거나 확장되며, Erosion의 경우 그 반대 방향으로 이동 및 축소된다. 그리고 원점에 구조요소 화소가 있는 형태의 방향 모풀로지 구조 요소로 화상에 모풀로지의 기본 연산인 Dilation을 적용하면, 방향 모풀로지 구조요소의 목적 방향으로 화상이 강조되는 효과를 얻을 수 있다. 반면 Erosion을 적용하면 방향 모풀로지 구조요소의 목적 방향으로 화상의 소실되는 효과를 얻을 수 있다. 이러한 방향 모풀로지 구조요소를 이용한 모풀로지 연산은 잡음을 효과적으로 제거하면서 동시에 기하학적이고 형태론적인 정보를 보존할 수 있다. 그러므로 방향 모풀로지의 원리를 이용하여 정교하게 설계된 도면이나 지도 등에서 필요한 정보를 분리하는 것이 가능하다. 그림 4에서 보면 구조적 형태소(structuring element)를 3X3으로 하여 주어진 화상에 마스크 해가며 필터링을 적용한다. 필터링 방법은 이러한 형태소 즉 구조요소를 이용하여 원 화상에서 처리되는 하나의 화소를 중심으로 각 방향으로 Open, Close 등을 취하여 처리된 화상을 얻는다. 이렇게 각 방향으로 처리된 화상들은 원래 화상에 있는 미세한 정보들이 각 방향으로 강조되어 추출된다. 따라서 지도 화상에서는 다른 일반적인 화상보다 쉽게 수리 형태학적 방법을 적용하여, 지도 정보의 특징 분리 추출에 있어서 형태소의 크기 및 적용 횟수를 잘 조절하면 해당 지도에 가장 적절한 도로의 정보를 쉽게 추출할 수 있다. 수리 형태학을 이용한 방향 성분 추출을 위한 구조요소 3X3 크기는 그림 4와 같다.

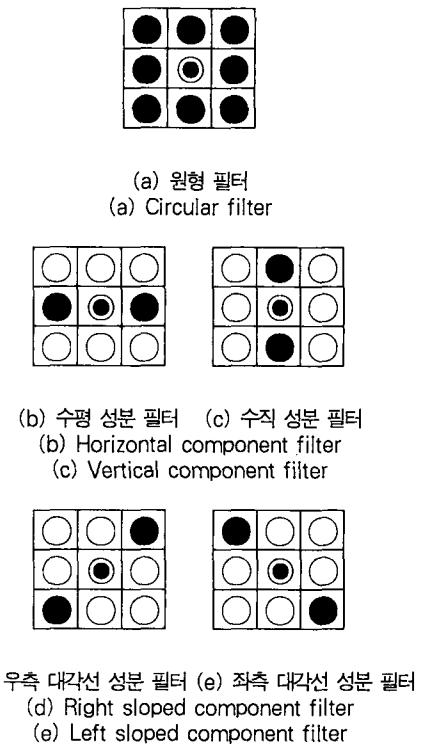
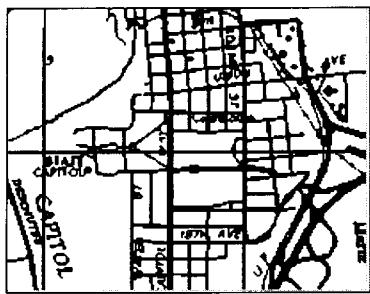


그림 4. 모풀로지 방향 성분 구조요소
Fig 4. Structuring Element of directional component of Morphology

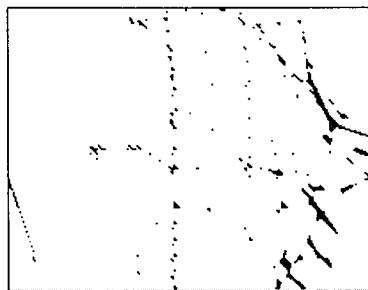
IV. 모의 실험 및 분석

1. 실험 및 결과

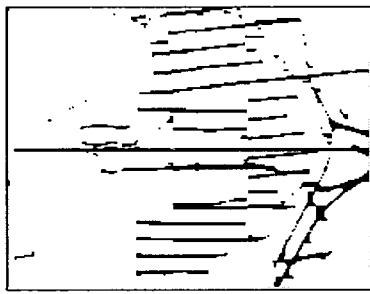
본 논문에서의 실험은 Pentium MMX 233 PC에서 C 언어로 구현한 도구를 이용하였고, 실험에 사용한 지도 화상은 450X349의 크기로 300dpi의 해상도에서 스캔하고, 이를 이치화(binary image)를 실시하여 툴에 맞는 데이터 형태로 변환하여 해당 실험에 적용하였다. 이러한 실험에는 본 논문에 제시된 3X3 방향성 구조요소를 이용하여 실험된 예로 대표적인 실험 결과에 대한 화상을 보여준다.



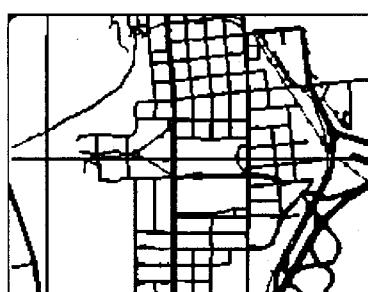
(a) 원 화상
(a) Original Image



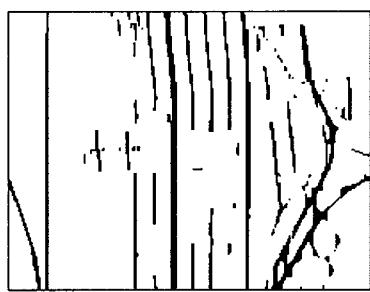
(e) 좌측 화상
(e) Image of Left sloped



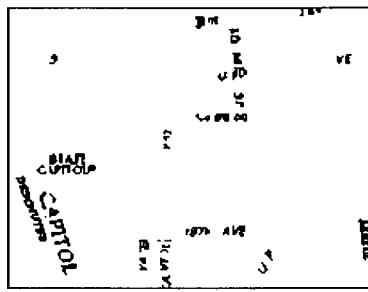
(b) 수평 화상
(b) Image of Horizontal



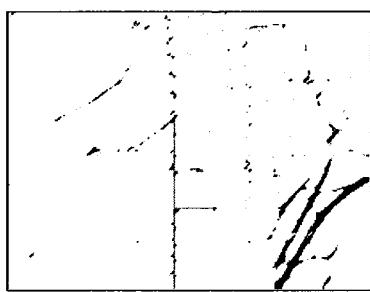
(f) 도로 화상
(f) Roads Image



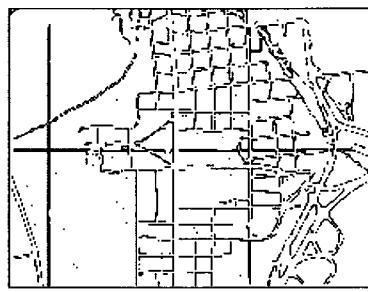
(c) 수직 화상
(d) Image of Vertical



(g) 문자열 화상
(g) Image of Characters



(d) 우측 화상
(d) Image of Right sloped



(h) 도로의 에지
(h) Edges of Roads



(i) 도로의 골격선
(i) Skeleton of Roads

그림 5. 도로 및 문자열 추출 결과
Fig 5. Feature Extraction Results of Characters and Roads

도로화상에 그림 4와 같은 구조요소(structuring element)를 성분별 적용하면 각 단계별로 도로의 특징 및 문자열을 효율적으로 분리 추출할 수 있는데, 먼저 원 화상에서 (b)와 (c) 그리고 (d), (e)는 각각 수평, 수직, 우측, 좌측을 Erosion, Dilation 및 Opening과 Closing, 필터링 할 수 있는 구조요소를 이용하였고, (f)는 이렇게 추출된 각 성분별 도로 화상을 집합론적인 OR 연산을 취함으로서 도로화상만을 추출할 수 있었으며, 문자열 화상은 도로화상과 원 화상을 차분하여 획득할 수 있었다. 도로 화상의 추출 연산을 식으로 표현하면 식 ⑤와 같다.

$$f_{base} = \bigcup_{n=0}^{\infty} D_{\frac{m_n}{d_n}}(E f_{source}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

여기서 f_{source} 은 원 화상을 나타내며, f_{line} 은 도로
화상을, D는 dilation, E는 erosion을 나타낸다. 그
리고 아래 첨자 d_n 는 방향성 모폴로지의 종류를 나타
내며, 위 첨자 m_n 는 연산의 반복 횟수를 나타낸다.
그리고 문자 및 기호 화상은 f_{source} 에 f_{line} 을 차분하
여 구한다. 이를 식으로 표현하면 식 ⑥과 같다.

따라서 본 논문에서 실험에 의해 부분 추출된 지도 화상에서 추출된 도로 화상은 그 정보가 담고 있는 공

간적인 내용 즉 지도 정보 시스템 구축을 위하여 이를 수치화 형태로 처리하여 데이터베이스화시키는 것이 필요하다. 즉 이렇게 인식된 도로 화상이 자리 정보 시스템의 필수적인 기능으로서 어떤 정보를 분리된 도로 화상의 요소와 연관시켜 개발을 위한 여러개의 적지를 결정하고, 교통 및 환경적인 영향을 평가하여 그에 따른 결과를 계산하고, 시설물을 설치할 최적지를 결정할 수 있는 상관관계를 만들어낼 수 있는 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 수리 형태학적 연산을 이용하여 지도 화상에서 도로 및 문자열 정보를 분리 추출하는 방법에 대하여 제안하였다. 제안된 방법은 화상 처리 기술의 전처리과정에 해당하는 내용으로, 수학적 모풀로지 (mathematical morphology)라는 단순 집합론적 방법을 이용하였다. 이러한 방법은 기존의 복잡한 알고리듬을 적용하여 구현하는 것보다 매우 단순하게 구현 할 수 있음을 보인 것이다. 이것은, 수리 형태학적 기본 연산인 Dilation, Erosion의 두 가지 연산 형태와 3×3 방향성 수리 형태론적 필터링의 구조요소 (structuring element)를 가지고 화상 분리 추출을 수행하였다. 실험에서도 보았듯이 화상의 대상인 지도 전체에 대한 정보 분리 추출 적용이 아직은 미흡하나 대상 화상에 대한 적용과 그 분리 추출의 결과에서 알 수 있듯이 지도 화상에서 도로와 문자열 특징 정보가 상당히 효과적으로 분리 추출됨을 평가할 수 있었다. 그러나 이러한 분리 추출을 위한 연산처리 반복 횟수 와 순서별 화상 획득 등 연산 처리 과정에 있어서 자동적으로 설정하여 실행할 수 있는 작업의 연구가 좀 더 필요하며, 더 나아가서 분리 추출된 지도 화상 중에서 도로 화상에서 완전히 왜곡됨이 없이 정확한 문자열 추출 그리고 도로와 문자열이 겹쳐 있을 때 효율적인 분리 추출 및 복원을 위하여 그 방법과 절차에 있어서 방법이 좀더 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

서자소개

- [1] Bassmann, H., P.W. Besslich, "Ad Oculos Digital Image Processing," Thomson Publishing, 1995.
- [2] Castleman, K.R., "Digital Image Processing," Prentice-Hall, 1996.
- [3] Crane, R., "Simplified Approach to Image Processing," Prentice-Hall, 1997.
- [4] Fisher, Y., "Fractal Image Compression," Springer-Verlag, August 1994.
- [5] Gonzalez, R.C., R.E. Woods, "Digital Image Processing," Addison-Wesley, June 1992.
- [6] H. Yamada, K. Yamamoto and K. Hosokawa, "Directional Mathematical morphology and Reformalized Hough Transform for the Analysis of Topographic Maps", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., Vol. 15, No. 4, April 1993.
- [7] Haralick, R.M., S.R. Sternberg, X. Zhuang, "Image Analysis Using Mathematical Morphology," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., Vol. 9, pp. 532~550, July 1987.
- [8] Serra, J., "Image Analysis and Mathematical Morphology", Academic Press, Vol. 2, 1989.
- [9] Serra, J., "Image Analysis and Mathematical Morphology" , Academic Press, Vol. 1, 1989.
- [10] Wornell, G.W., "Signal Processing with Fractals." Prentice-Hall, 1996.



남태희

1989. 2. 경성대학교 경영학과 졸업 경영학사
1992. 2. 경성대학교 산업정보학과 공학석사
1989~92 우성전산직업전문학교 전산실 근무
1996~부경대학교 전자공학과 박사과정 수료
1993~현재 동주대학 무역사무자동화과 조교수
관심분야: 화상인식, 정보통신, MIS, GIS, 데이터베이스