

칼라지도영상에서의 벡터링 대상물 추출에 관한 연구

김 종 민* · 김 성 영* · 김 민 환*

A Study on the Extraction of Vectoring Objects in the Color Map Image

Jong-Min Kim* · Sung-Young Kim* · Min-Hwan Kim*

요 약

벡터링 도구를 이용하여 원판과 같은 양질의 도면이 없는 기존 지도를 수치화하기 위해서는, 지도로부터 의미있는 벡터링 대상물(도로, 등고선, 해안선, filled-area, 문자, 기호 등)을 추출하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는, 칼라지도로부터 추출해야 할 벡터링 대상물을 크게 곡선 및 직선, filled-area, 문자/기호로 분류하였으며, 대상물의 기하학적 특성과 칼라의 분포 특성을 반영한 효율적인 벡터링 대상물 추출방법을 연구하였다. 곡선 및 직선 추출을 위해, 선의 연결성과 기하학적 특성을 반영한 방향성 마스크를 설계하고 이를 이용한 선추적 방법을 개발하였다. Filled-area와 문자/기호의 경우에는, NxN 블록간의 칼라분포 유사도 비교방법과 local thresholding 방법을 각각 이용하여 벡터링 대상물을 효과적으로 추출하였다. 본 논문에서 제안하는 방법은, 기존의 칼라 지도를 벡터링 도구에서 수용할 수 있게 해줌으로써 소규모 지리정보 응용시스템을 보다 경제적으로 구축하는데 활용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT : To make vector data from a map which has no negative plates by using vectoring tool, it is necessary that we can extract objects to be vectorized from a scanned map. In this paper, we studied on extracting vectoring objects from scanned color maps. To do this, we classified vectoring objects into three types : line type, filled-area type and character/symbol type. To make the extraction method effective, we analyzed characteristics of vectoring objects and color distribution in scanned color maps. Then, we applied these characteristics to designing process of the extraction method. To extract the line type object, our line tracing method was designed by using the masks which considered connectivity and geometrical characteristics of lines. By using the local thresholding method and the similarity function for comparing the color distribution

*부산대학교 컴퓨터 공학과(Dept. of Computer Engineering, Pusan National University, San 30, Jangjun-dong, Guemjung-gu, Pusan, Korea, 609-735, Tel. (051)510-1548)

between two $N \times N$ blocks, we extracted character/symbol and the filled-area objects effectively. The method proposed in this paper can be used for constructing the small scale GIS application economically using existing color maps.

서 론

앞으로는 다양한 목적에 따른 소규모 지형정보 응용시스템의 구축이 활성화 될 것으로 기대된다. 그러나, 수치지도 구축작업은 아직 미비한 상태이며, 국립지리원에서 수행하고 있는 수치지도 제작은 1997년도에 완료될 것으로 예상된다(쌍용정보통신, 1995). 수치지도제작에 필요한 원판과 같은 양질의 데이터는 구하기 힘들뿐만 아니라, 소규모 지형정보시스템 (Geographic Information System, GIS)을 경제적으로 구축하기 위해서는 기존의 지도를 벡터링 도구에서 수용해 줄 수 있는 방법이 필요하다.

최근에는 칼라 인쇄물의 보편화로 인해 많은 지도들이 칼라를 이용하여 인쇄되고 있으나 기존의 벡터링도구들은 원판과 같은 양질의 도면을 주요 입력대상으로 하고 있어, 기존의 칼라 지도로부터 벡터링 작업에 필요한 대상을 추출해 주는 기능을 제공하지 않고 있다.

칼라지도를 스캐닝한 영상은 일반적인 영상분할방법에서 다루는 영상과는 상이한 칼라분포특성을 가지고 있어 기존의 칼라영상분할(color image segmentation) (N. R. Pal, S. K. Pal, 1993)로는 지도영상으로부터 원하는 대상을 효과적으로 추출할 수 없다. 또한 GIS에서와 같은 응용분야에서는, 칼라

지도영상에서 벡터링되어야 할 대상물만 분할하여 추출하면 되며, 추출된 결과는 벡터링 도구에서 직접 사용될 수 있어야 한다.

이에 따라, 본 논문에서는 칼라지도영상으로부터 벡터링 대상물(도로, 해안선, 등고선, 문자, 기호 등)을 효율적으로 추출하는 방법에 대해 연구하였다. 이때, 칼라지도와 추출 대상물의 기하학적인 특성을 분석하여 추출 과정에 반영하였으며, 다양한 칼라 지도를 통해 실험해 봄으로써 타당성을 검증하였다.

칼라지도 및 추출 대상물 특성 분석

칼라지도는 일반 칼라 인쇄물과 달리, 축적과 용도에 따라 제한된 특정한 칼라로 인쇄되어 있어(우창현 외, 1994 ; 수치지도작성 작업규칙, 1992) 칼라 분포 상태를 분석해 놓으면 추출 단계에서 유용하게 활용할 수 있다.

추출 대상물의 특성을 살펴보면, 여러 추출 대상물들이 중첩되어 인쇄되어 있기도 하며, 인쇄 방법의 특성상 사람에게서는 단색으로 인식되는 영역이 다양한 칼라의 혼합으로 표현되기도 한다(Fig. 1 (a) - filled area). 또한 등고선, 해안선, 경계선 등 가선의 경우에는 다양한 칼라의 조합으로 구성되어 있으며(Fig.1 (a) - line), 스캐닝시 발생하는 다양한 잡음이 경계 부분에 발생되기도 한다. 또한 문자와 기호(Fig.1 (b))

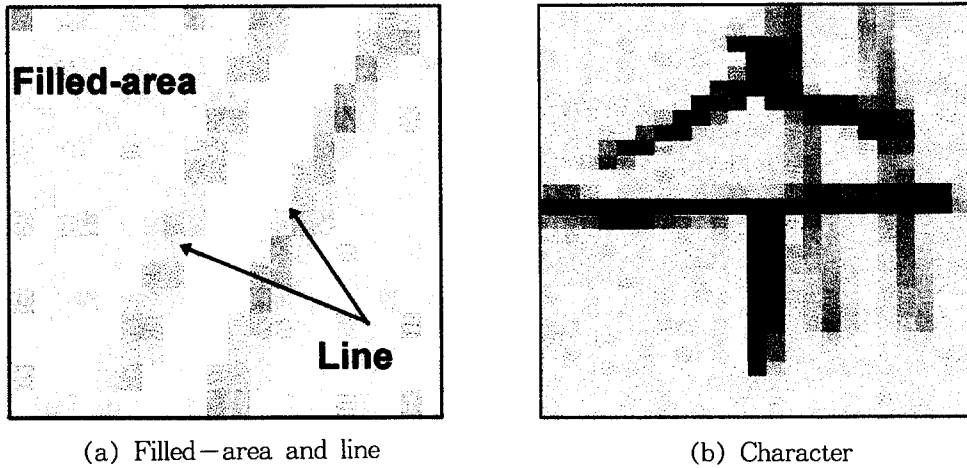


Fig. 1 Characteristics of scanned color map

는 구조적 특성상 크기가 작고 가늘며, 기본 칼라 외에 다양한 칼라 잡음으로 구성되어 있다. 이와 같은 특성들로 인해, 사람이 쉽게 인식하는 선이나 filled-area, 영역간의 경계를 일률적인 방법으로 추출하기 어려우며, 단순한 픽셀 수준의 처리로는 대상물을 효과적으로 추출할 수 없다.

칼라지도에서의 대상물 추출

본 논문에서는, 지도를 특성별로 분류한 후 각 분류된 그룹마다 클러스터링 정보를 생성하여 자료화합으로써 픽셀간의 미세한 칼라 차이를 극복하고 추출 단계에서 활용하였다. 이때, 일반적인 영상분할에서 사용하는 클러스터링(clustering) 방법의 경우, 클러스터(cluster)를 구성하는 픽셀의 갯수가 많은 것을 의미있는 정보로 간주하여 분할 과정에서 이용한다(Young Won Lim, Sang Uk Lee, 1990). 그러나, 칼라지도영상의 경우에는 클러스터를 구성하는 픽셀의

갯수가 적다고 할지라도 중요한 지형 정보가 될 수 있으므로 클러스터링 정보 생성시 이를 고려해 주어야 한다. 본 논문에서는, 사용자가 클러스터링 과정과 결과에 개입할 수 있는 대화식(interactive) K-means 방법을 사용하여 클러스터링 정보 생성시 지도의 칼라 분포 특성이 최대한 반영될 수 있게 하였다.

대상물 추출방법은 추출 대상물의 종류에 따라 그 특성을 분석하고 고려하여 설계하였으며, 본 논문에서는 칼라지도영상에서 추출하고자 하는 대상물을 크게 곡선과 직선, filled-area, 문자/기호로 분류하였다. GIS와 같은 응용 분야에서는 칼라지도로부터 모든 대상물을 추출할 필요가 없고 벡터링 작업에 필요한 대상물만을 추출하면 되므로, 본 논문에서는 사용자가 추출할 대상물을 지정하면, 그와 유사한 칼라 특성을 갖는 대상물을 추출하는 방법을 사용한다.

곡선과 직선의 추출

이들 추출 대상물 중, 어느 정도 두꺼운 곡선과 직선의 경우는 특정 칼라로 골격이 구성되어 있으며, 경계 부분이 다소 손상되어 추출된다 할지라도, 추출 결과를 벡터링 도구에서 이용하는데 큰 문제가 없다. 그러나, 두께가 1~3 픽셀 밖에 되지 않는 가는 곡선과 직선(등고선, 경계선, 해안선 등)의 경우에는 경계 부분의 처리가 중요한 문제가 된다.

(김도형 외, 1994)에서는 지도의 대상물을 추출하기 위해 적응성 평활화 필터(adaptive smoothing filter)를 이용하여 대상물의 경계 부분을 보호하며 전체 지도영상을 평활화한 후, 도로와 거주지 영역등을 추출하였다. 그러나, 가는 곡선과 직선을 추출할 경우, 일반적인 경계 보존 평활화(edge-preserving smoothing) 방법(P.Saint-Marc 외, 1991)을 이용하여 경계를 정확히 보존하는 것은 어려운 일이다. 또한 이 방법은 추출 대상물 뿐만 아니라 불필요한 배경 영역에도 많은 연산을 수행함으로써 수행 시간과 연산의 낭비가 많다. 한편, 가는 곡선과 직선의 경우, 다양한 칼라들의 조합으로 구성되어 있으므로, 픽셀 단위로 처리하여 추출하는 것은 힘들다.

이에 따라, 본 논문에서는 가는 선 추출을 위해 경계 부분을 보존하며 선의 연결성(connectivity)과 기하학적 형태를 고려한 추출 방법을 제안한다. 이때, 지도영상 전체를 조사하지 않고 사용자가 지정한 픽셀로부터 이웃한 픽셀들을 조사하여 유사한 픽셀들을 병합해 나가는 선 추적 방법을 사용한다.

평활화 방법을 이용할 경우, 한 픽셀 값을 결정하기 위해 어떠한 영역에 포함된 픽셀들을 고려할 것인가를 결정하는 것은 중요한 문제이다. 일반적으로 사용하는 정방형 마스크(NxN)을 적용하여 평활화를 하면(Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, 1992), 경계 부분에 있는 픽셀들은 배경색의 영향을 받아 블러링(blurring)되므로 제대로 추출되지 않는 문제점이 있다. 또한 경계를 보존하며 평활화를 할 경우, 어느 정도의 칼라 차이를 경계로 볼 것인가를 결정하는 것도 어려운 문제이다.

본 논문에서는, 이러한 문제를 해결하기 위해 추출할 대상물의 기하학적인 특성과 칼라 분포 특성을 반영할 수 있는 Fig. 2와 같은 16개의 방향성 마스크를 설계하였다.

방향성 마스크 $M_k(p)$ 는 선의 골격 및 경계부분에서 발생할 수 있는 픽셀들의 모든

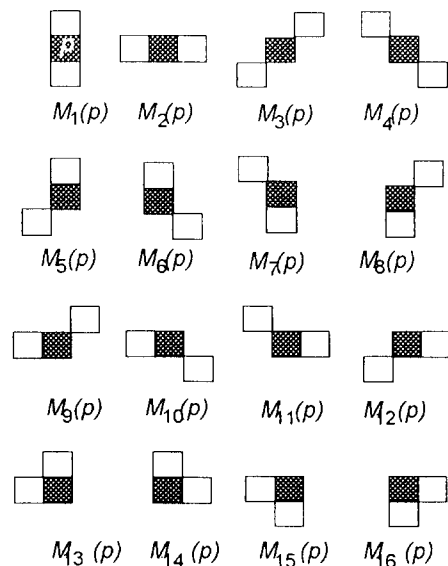


Fig. 2 Mask $M_k(p)$ for line extraction

모양을 고려하여 설계하였다. 한 픽셀 p 의 추출 여부를 결정하기 위해, 픽셀 p 를 중심으로 마스크 $M_1 \sim M_{16}(p)$ 에 속한 픽셀들의 값을 평활화한 후, 사용자가 지정한 값들 (ASP's)과의 유사도를 비교한다. ASP's (Averaged Seed Pixels)는, 사용자가 $M_1 \sim M_{16}$ 중 하나의 마스크를 이용하여 추출할 대상물의 칼라 분포 특성을 패턴 형태로 등록하면, 등록된 마스크에 속한 픽셀들의 칼라값에 대한 평균치를 갖는 픽셀이다.

선과 배경의 칼라 특성이 유사할 경우, 임계값이 크게 되면 배경이 함께 추출 될 수 있다. 이를 위해, 본 논문에서는 사용자가 등록한 선과 배경의 칼라 패턴을 이용하여 임계값을 자동으로 결정될 수 있게 하였다.

본 논문에서 제안하는 선 추적 방법에 의한 추출 알고리즘은 Fig. 3과 같다. 이 알고리즘은 칼라지도영상을 입력받아 대상물을 추출한 후, 이진영상(binary image)을 생성한다.

```
Void Line_Extraction_Algorithm_by_
Tracing(srcImage, dstImage)
IMAGE *srcImage, *dstImage;
{
p, q : PIXEL ;
```

User registers n patterns for line and m patterns for background using mask M_k on srcImage.

Calculate the ASP's by using n patterns
Calculate *threshold* value by using ASP's and m patterns.

Insert the start pixel in Queue.

```
while(Queue is not empty)
{
q=DELETE(Queue) ;
if( $D_k(p) \leq \text{threshold}$ ) for any 8-neighbor pixel  $p$  of  $q$ , for any  $k(1 \leq k \leq 16)$ 
{
INSERT(Queue,  $p$ ) ;
PUTPIXEL( $p$ , dstImage, 1) ;
}
else
PUTPIXEL( $p$ , dstImage, 0) ;
}
}/*end of routine*/
```

Fig. 3 Line extraction algorithm by line tracing

이때, Fig. 3에서 사용한 유사도 비교 함수 $D_k(p)$ 는 수식 (1)과 같이 정의된다. $D_k(p)$ 는 픽셀 p 를 중심으로한 마스크의 평균값이 등록된 ASP's와 얼마나 유사한지의 정도를 계산하는 함수이며, 이 값이 일정값 이상일때만 대상물로 추출한다.

$$D_k(p) = \min_dist(\text{avg}(M_k(p)), ASP_j) \dots\dots\dots (1)$$

where

$D_k(p)$: difference between the pixel p and ASP_j

ASP_j : Averaged seed Pixels which registered by user ($1 \leq j \leq n$)

$M_k(p)$: On of masks M_k in Fig. 2 which has the pixel p as center pixel ($1 \leq k$

≤ 16)
min_dist(p, q_j): returns minimum
 Euclidean distance between pixel p and
 q_j for every $J(1 \leq j \leq n)$
avg(M_k): returns pixel hat has average
 value of each R, G, B component of
 three pixels in mask M_k

특정한 칼라값을 이용하여 전체 영상을 조사하며 추출하게 되면, 추출된 선의 연결성을 보장할 수 없고, 유사한 칼라값을 가진 대상물이 함께 추출될 가능성이 있으므로, 벡터링 단계에서 추출된 데이터를 사용하기 위해서는 사용자가 추가적인 확인 작업을 해야한다. 본 논문에서 제안한 방법은 전체 영상을 조사하지 않고 연결성이 있는 선을 추출하되, 사용자의 개입이 필요한 부분에서는 대화식(interactive)으로 처리한다. 따라서, 추출 후 검증작업에 대한 사용자의 부담을 줄일 수 있어 실제 벡터링 대상물 추출에 이용될 수 있는 방법이다.

Filled-area의 추출

지도에서는 filled-area로 인해 생성된 요소(바다와 육지의 경계, 강과 육지의 경계, 주거 지역 경계, 농경 지역 경계 등)가 중요한 정보일 수 있다. 하지만 이들 경계가 이웃한 영역의 칼라 차이에 의해 생성되거나 경계선은 존재하나 불분명한 경우에 filled-area를 추출함으로써 이들 경계를 추출할 수 있다.

Filled-area는 사람에게는 단색으로 인식되지만, 실제로는 다양한 칼라가 포함되어 있는 영역이므로 픽셀 단위의 처리로는 효

과적으로 filled-area를 추출할 수 없다. 그러나, 사람이 단색 영역으로 인식하는 filled-area는 일정한 면적 내에 다양한 칼라가 일정한 분포 비율을 유지하는 특징이 있다.

이에 따라, 본 논문에서는 사람이 인식하는 것과 유사한 방법으로 filled-area를 추출하기 위해 지도영상을 일정한 크기의 블럭으로 나눈 후, 각 블럭간의 유사도를 비교하는 방법을 제안한다. 이때, 사용자가 filled-area를 추출하기 위해 선택한 기준 블럭(basis block)과 지도영상을 일정 크기의 블럭으로 나눈 테스트 블럭(test block)의 칼라 분포도를 분석하고, 이들 간의 칼라 분포 비율의 유사도를 비교한 후, 이 유사도 값이 일정 값 이상이면 테스트 블럭을 기준 블럭과 동일한 블럭으로 간주하여 추출한다.

한 블럭의 칼라 분포는, 수식 (2)와 같이 블럭에 속한 모든 픽셀에 대해 각 픽셀들이 어떤 클러스터에 속하는지를 조사하여 해당 클러스터 번호에 누적한 후, 각 클러스터에 누적된 픽셀 수가 블럭의 전체 픽셀에서 차지하는 비율을 계산하여 구한다. Fig. 4는 기준 블럭과 테스트 블럭의 칼라 분포를 그래프로 표시한 예이다.

블럭간의 유사도는, 앞서 구한 칼라 분포를 이용하여 테스트 블럭에 포함된 모든 클러스터들과 대응되는 클러스터를 기준 블럭에서 찾은 후, 두 클러스터 비율중 작은 값을 모두 더하여 계산한다(식 3).

$$P_i = \frac{C_i}{T} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

where

i = Cluster number

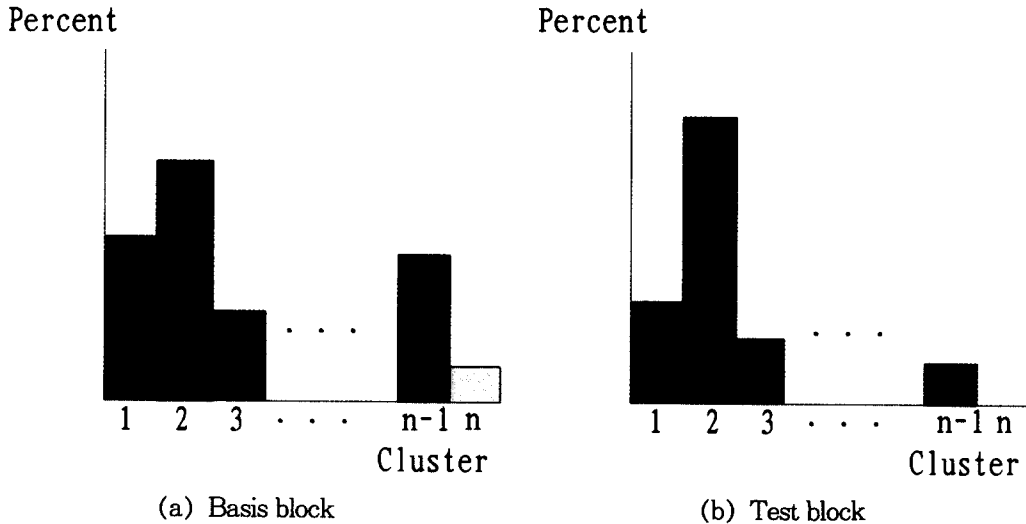


Fig. 4 Color distribution graph in blocks

$C_i = \#$ of pixels which belong to cluster i in a block

$P_i =$ Distribution ratio of cluster i in a block

$T =$ Total # of pixels in a block

$$S = \sum_{i=1}^k \min(P_i, P_i') \dots \dots \dots (3)$$

where

$k =$ Total # of cluster

$P_i =$ Distribution ratio of cluster i in the basis block

$P_i' =$ Distribution ratio of cluster i in the test block

$\min(,)$ returns minimum value of two inputs

그러나, 영역간의 경계 부분에 존재하는 경계 블럭은 유사도가 낮아 추출되지 않으므로, 경계 블럭에 대해서는 경계 보존 평활

화(edge-preserving smoothing)방법(김도형 외, 1994)을 추가로 적용하여 처리함으로써 영역 경계를 추출하였다.

경계 보존 평활화방법은 중심된 픽셀과 수평과 수직방향으로 이웃한 픽셀들과 칼라 차이를 계산하고 그 차이가 큰 픽셀들은 평활화시에 고려하지 않으므로써 경계를 보존하는 방법이다. 하지만 이 방법은 여러번 반복적으로 수행해야 효과가 있으므로 본 논문에서는 3×3 정방향 마스크를 이용하여 한번 평활화함으로써 칼라 차이를 어느정도 제거한 후에 경계 보존 평활화 방법을 적용함으로써 수행시간을 단축시켰다.

문자와 기호의 추출

일반적으로, 문자와 기호를 구성하는 칼라와 배경 칼라와의 밝기 차이가 있으므로, 본 논문에서는 다음과 같은 두 단계를 거쳐 문자나 기호를 추출한다.

처음 단계에서는, 미리 구해 놓은 클러스터 정보를 사용하여 문자/기호 추출을 위해 사용자가 선택한 픽셀이 속하는 클러스터와 동일한 클러스터에 속하는 픽셀들만 추출한다(Fig. 5 (a)). 다음 단계에서는, 앞서 추출된 픽셀들을 중심으로 일정 크기(NxN)의 국소 영역(local area)에 포함된 픽셀들의 밝기값을 계산하고 이 값들을 이용하여 local thresholding(Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, 1992)함으로써(Fig. 5

(b)), 문자/기호에 존재하는 다양한 칼라 잡음을 흡수하며 추출한다. 이때, 밝기값은 수식 (4)를 사용하여 계산하였다.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

(CCIR - 601) (4)

그러나, 이 방법은 중심된 골격 픽셀이 없는 크기가 작은 문자와 기호의 경우에는 추출이 힘들다는 단점이 있다.

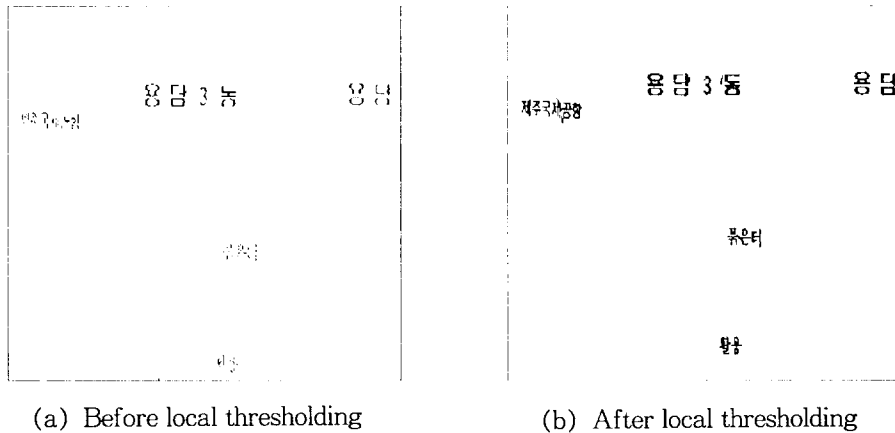


Fig. 5 Character extraction

실험 및 토의

본 논문에서 제안한 방법은 Sun Sparc II workstation에서 motif와 C 언어로 구현하였다. 본 실험에서는 자동차용 도로안내지도, 관광 안내지도 그리고 국립 지리원 발행지도를 대상으로 하였으며, 칼라 스캐너(HP ScanJet IIcx)를 이용하여 300dpi로 스캐닝한 영상을 사용하였다. 추출된 결과를 벡터링 도구에서 사용하기 위해 요구되는

입력 지도영상의 정밀도는 800dpi이상으로 규정되어 있다(수치지도작성 작업규칙, 1992). 그러나, 본 실험에서는 지도 정밀도가 비교적 낮은 지도로부터 소규모 GIS 구축을 위한 추출실험을 하였기 때문에 규정보다 낮은 해상도로 스캐닝하였으며, 정밀도는 응용 분야에 따라 요구되는 정도에 따라 달리 규정될 수 있다(쌍용정보통신, 1995).

높은 정밀도가 요구되는 응용분야에서는

지도 입력해상도가 800dpi 이상이 되어야 하며, 이와같은 경우에 대해 본 논문에서 제안한 방법을 적용할 경우에는, 구성요소를 구성하는 픽셀 수가 증가하므로 보다 더 나은 추출 결과를 얻을 수 있다.

Fig. 6은 대상물 추출을 위해 설계된 그래픽 사용자 인터페이스이며, 직선/곡선추출 메뉴, 확대 및 패닝(panning) 윈도우, 옵션 메뉴 등을 중첩하여 출력한 것이다. Fig. 7은 도로안내지도를 스캐닝한 영상이며, Fig. 8의 (a), (b)는 Fig. 7의 (a), (b)로부터 본 논문에서 제안한 추출방법을 이용하여 도로, 해안선, 영역경계선, filled-area를 추출한 결과이다. Fig. 7의 (a)에서와 같은 해안선은, 정확한 경계선으로 구분되어 있지 않

고 육지와 바다영역간의 칼라분포차이로 인해 구분되는 선이므로, 바다영역을 filled-area 추출 방법을 사용하여 추출한 후, 영역의 외곽선을 벡터링 함으로써 추출할 수 있다.

전체 영상을 조사하여 대상물을 일괄적으로 추출하게 되면 사용자가 추출된 결과에 대해 끊어짐이나 불필요하게 연결된 것을 일일이 확인해야 하는 부담이 있다. 본 논문에서 제안한 방법은 추출된 선의 연결성이 보장되며, 사용자의 개입이 필요한 부분에서는 대화식(interactive)으로 처리하게 함으로써 추출된 결과를 직접 벡터링 도구에서 활용할 수 있다는 장점이 있다.

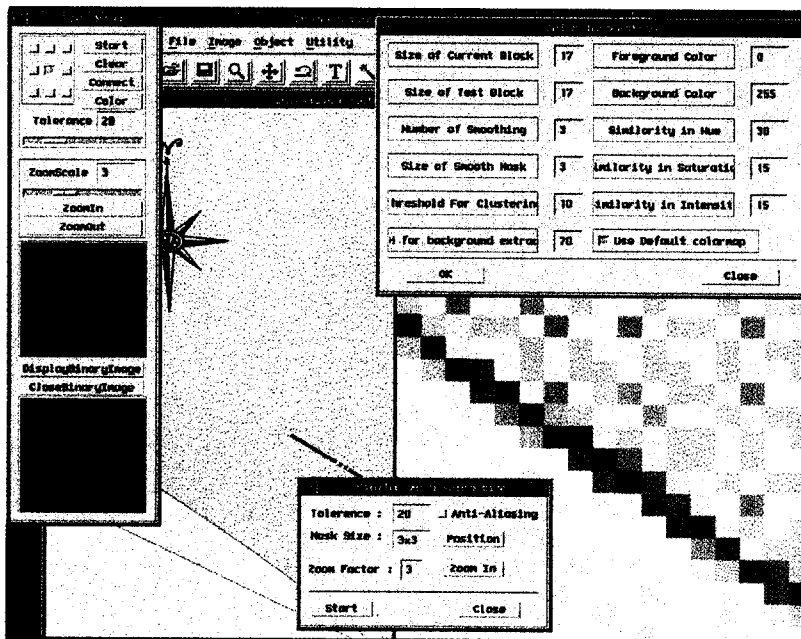


Fig. 6 Graphic user interface

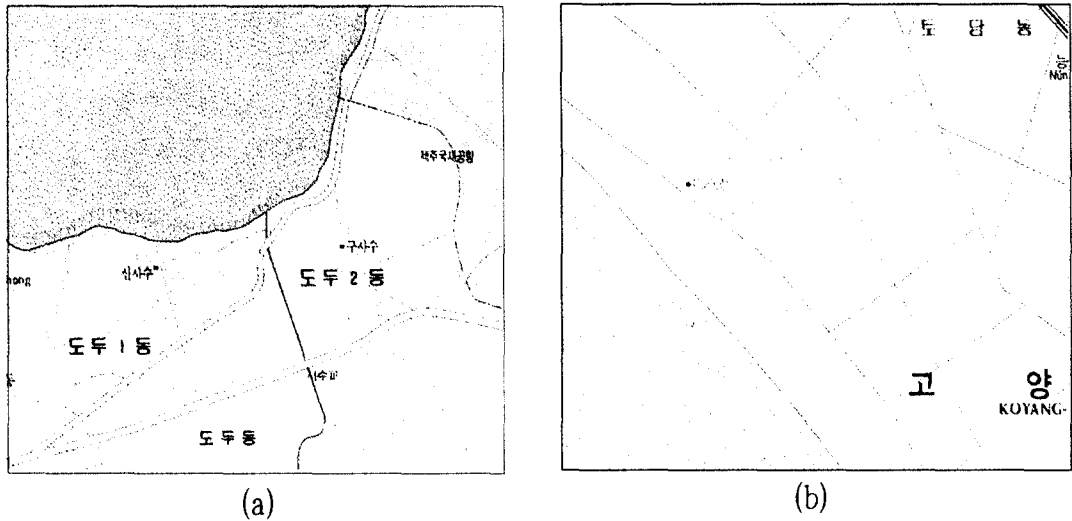


Fig. 7 Test image



Fig. 8 Result image

결 론

본 논문에서는, 칼라지도영상으로부터 벡터링 대상물들을 효과적으로 추출할 수 있는 방법을 제안하였다. 이를 위해, 동일한

칼라 특성을 갖는 지도를 분류하여 칼라 분포 특성을 분석한 후, 이를 추출 단계에서 활용하였으며 추출할 대상물의 칼라 분포 특성과 기하학적 특성을 고려한 추출방법을 설계하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 추

출된 영상이 벡터링 도구에서 직접 활용할 수 있도록 설계되었으므로, 기존의 칼라지도로부터 수치 지도를 제작하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 앞으로는 보다 복잡한 대상물을 효과적으로 추출하기 위해, 사람이 칼라지도로부터 대상물을 인식하는 과정을 보다 분석하여 추출 단계에서 활용하는 연구가 필요하다. 또한 크기가 작은 문자와 기호의 추출 방법에 대한 보완이 필요하며 곡선과 직선 추출시에 배경 정보를 이용하는 방법에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

이 연구는 한국과학재단 협력연구과제와 한국통신 장기기초과제의 연구비를 일부 지원받아 수행하였다.

참 고 문 헌

- 김도형, 우창현, 김수용, 1994, 적응성 평활화 필터를 이용한 기존 지도에서의 영역 추출, 한국 GIS 학회지, 제2권, 제2호, pp. 189~195
- 수치지도작성 작업규칙(건설부령 제 500호, 92. 2. 22), 1992, 건설부, 국립지리원
- 쌍용정보통신, 1995, GIS 2001, 여름호
- 이문주, 전미립, 진영근, 이은주, 김태균, 1994, 오프라인 문자인식을 위한 칼라영상 전처리에 관한 연구, 정보과학회 춘계학술발표논문집, Vol. 21, No. 1, pp. 275~278
- 우창현, 한상백, 김수용, 1994, 색과 에지를 이용한 지도에서의 영역구분, 한국 GIS 학회 94 추계학술대회발표요약문, pp. 29-38
- N. R. Pal and S. K. Pal, 1993, A Review on Images Segmentation Techniques, Pattern Recognition, Vol 23, No 9, pp. 1277-1293
- P. Saint-Marc, J. Chen, and G. Medioni, 1991, Adaptive smoothing : A general tool for early vision, IEEE PAMI, Vol. 13, No. 6, pp.514-529
- Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, 1992, Digital Image Processing, Addison Wesley
- Stan Aronoff, 1989, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS : A Management Perspective, WDL Publications, p.294
- Young Won Lim and Sang Uk Lee, 1990, On The Color Image Segmentation Algorithm based on the Thresholding and the Fuzzy c-Means Techniques, Pattern Recognition, Vol. 26, No. 9, pp. 935-952