

방향성 정보 척도를 이용한 영상의 픽셀분류 방법에 관한 연구

김 수 겸* · 박 중 순*

(원고접수일 : 2003년 9월 19일, 심사완료일 : 2004년 3월 17일)

A Study on Image Pixel Classification Using Directional Scales

Soo Gyeam Kim* · Joon-Soon Park*

Abstract : Pixel classification is one of basic issues of image processing. The general characteristics of the pixels belonging to various classes are discussed and the radical principles of pixel classification are given. At the same time, a pixel classification scheme based on image information scales is proposed. The proposed method is overcome that computation amount become greater and contents easily get turned. And image directional scales has excellent anti-noise performance. In the result of experiment, good efficiency is showed compare with other methods.

Key words : Pixel classification(픽셀분류), Edge region(에지영역), Smoothing region(평활화영역), Pattern region(무늬결영역), Direction information scales(방향성정보척도).

1. 서 론

일반적으로 영상처리는 특정한 목표에 맞추어 처리한다. 예를 들면 에지검출의 명암도의 임계치 결정, 영상에 포함된 잡음의 분포 유형 분류, 무늬 영상의 영상 분할 등은 특정한 조건이나 응용 분야에 맞추어 영상을 처리한다. 이때 응용 환경을 바꾸거나 혹은 특정 조건에 불만족할 때 그 결과는 다르게 나타난다. 이와같은 현상의 중요한 원인 중 하나는 영상 처리에 대한 미숙한 이론체계와 알고리즘에 있다. 만약 영상을 처리할 때 영상의 픽셀을 정확히 분류할 수 있다면 분류의 결과를 근거로 하여 적합한 알고리즘을 이용할 수 있다. 그

러나 영상의 여러가지 특징을 근거로 한 영상의 픽셀분류에 대한 연구는 그다지 많지 않다^[1].

일반적으로 영상은 에지영역, 평활화영역과 무늬결영역으로 분류할 수 있다. Karu는 영상의 척도를 이용하여 영상중에 무늬결이 있는지 또는 없는지를 판단하였다^[2]. 그러나 Ran은 각각의 척도에 대한 컨버루션 특성이 다르다는 것을 이용하여 영상을 에지영역, 평활화영역, 무늬결영역으로 나누었다^[3]. 그러나 이와 같은 영상의 픽셀 분류는 각각의 픽셀에 대한 분석력 부족과 무늬결의 분석에 비효율적인 면이 있다.

영상처리에서 픽셀분류는 기본이다. 그러나 지금까지 픽셀분류에 대한 엄격한 기준과 원칙이 없

* 책임저자(목포해양대학교 기관시스템공학과), E-mail : ksgjk@mail.mmu.ac.kr, T : 061)240-7099

* 목포해양대학교(기관공학부)

다. 왜냐하면 픽셀분류는 각각의 픽셀에 대한 정의와 응용목적 그리고 주관적인 요구사항과 밀접한 관련이 있기 때문이다.

본 논문은 이와 같은 사항들에 적합하도록 픽셀 분류에 대한 일반적이고 객관적인 특성과 기준을 먼저 설명한다. 그리고 이 특성과 기준을 이용하여 새로운 픽셀 분류방법을 제안한다.

본 논문 제2장에서 픽셀을 에지픽셀, 평활화픽셀 및 무늬픽셀로 분류할 수 있는 분류 기준을 설명하고 제3장에서 분류 기준에 적합한 픽셀분류방법을 제안한다. 제4장에서 시뮬레이션 및 비교 분석의 결과를 보이겠다.

2. 영상픽셀의 분류원칙

현재까지 여러가지 에지유형과 이에 대한 검출 및 분석 방법을 제안하였지만 에지픽셀과 평활화픽셀 그리고 무늬픽셀에 대한 일반적이고 객관적인 정의가 없다. 특히, 무늬결영역과 무늬결픽셀에 대한 명확한 정의가 없다. 이것은 무늬결영역의 명암도 변화가 어떤 규칙성을 띠고 있는가를 알 수 없고 또 무늬결영역의 명암도 분포 규칙이 같지 않기 때문이다.

영상의 무늬결픽셀의 분류는 픽셀을 분류하는데 해결해야 하는 하나의 중요한 문제이다. 일반적으로 에지픽셀과 무늬결픽셀은 척도의 변화와 밀접한 관련이 있다. 무늬결픽셀은 에지픽셀보다 상대적으로 더 강한 명암도 변화율을 나타내기 때문에 각각 다른 척도의 필터를 사용하면 두 종류의 픽셀 구조를 판단할 수 있다^[4]. 그러나 평활화픽셀은 척도의 변화에 그다지 민감하지 않다. 이와 같이 픽셀의 척도가 변화할 때 픽셀영역에서의 명암도 변화는 다르다.

다시말하면 척도가 커질 때 에지영역과 무늬결영역에서의 명암도변화의 정도는 다르다. 무늬결영역에서의 명암도변화는 비교적 강하다. 척도가 비교적 클 때 무늬결영역은 평활화구역으로 변할 수 있다.

평활화영역에서는 척도의 크기가 변할 때 명암도의 변화는 그다지 민감하지 않다. 다시 말하면

평활화영역의 명암도변화는 척도 변화에 그다지 영향을 받지 않는다.

에지영역은 척도의 크기가 변할 때 명암도변화는 역시 민감하지 않지만 에지영역의 명암도변화는 평활화영역보다는 강하다. 이와같은 사항을 이용하여 픽셀을 분류하는 기본적인 기준을 아래와 같이 언급할 수 있다.

① 만약 척도가 변화할 때 영역내 명암도의 변화가 비교적 완만하면 그 픽셀은 평활화픽셀이다. 다시 말하면 척도 변화에 민감하지 않은 평활화특성을 나타내면 평활화픽셀이다.

② 만약 영역 내 명암도변화가 척도가 작을 때 나 클 때 모두 비교적 강하면 그 픽셀은 에지픽셀이다. 다시 말하면 척도가 작거나 클 때 명암도의 변화가 강하면 에지픽셀이다.

③ 만약 영역내 명암도변화가 척도가 클 때 강하고 척도가 작을 때 완만하면 그 픽셀은 무늬결픽셀이다. 다시 말하면 척도가 작을 때 에지특성을 나타내고 척도가 비교적 클 때 평활화 특성을 나타내면 무늬결픽셀이다.

이와같은 척도변화와 명암도변화의 관계를 이용하여 픽셀을 분류하는 방법은 각각 다른 척도의 평활화 필터를 이용하여 필터링한 후 에지의 강도를 분석한다. 이때 잡음이 픽셀분류에 미치는 영향은 크다. 때문에 명암도변화의 정도로만 에지픽셀, 평활화픽셀과 무늬결픽셀 그리고 잡음으로 구분하는 것은 옳지 않다. 다음절에서 잡음의 영향을 해결하는 방법을 설명한다.

3. 제안한 방향성 정보 척도와 영상 픽셀분류 알고리즘

3.1 방향성 정보 척도

에지픽셀은 방향성을 가지고 있지만 평활화픽셀과 잡음은 방향성을 가지고 있지 않다. Tadrous는 에지픽셀의 방향특성을 이용하여 에지를 검출하는 방법을 제안하였다^[5]. 본 절에서는 에지픽셀과 평활화픽셀을 구분하기 위한 방향성 정보 척도에 대하여 설명한다.

방향성 정보 척도는 영역의 척도에 따라 변화한

다. 이와같이 척도에 따라 변화하는 방향성 정보 척도를 이용하여 영상의 픽셀을 분류한다. 방향성 정보 척도를 구할 때 평활화 컨버루션을 이용한다. 이것은 에지픽셀을 추적할 때 계산량을 줄이는 동시에 양호한 항잡음 성능도 나타내기 때문이다. 방향성 정보 척도의 정의는 다음과 같다.

픽셀좌표가 (i, j) 일 때, 그 영역은

$$R = \{(m, n) \mid |m - i| \leq L, |n - j| \leq L\}$$

로 나타낸다.

L 는 영역 길이의 절반이다. l_θ 는 중심점을 지나면서 각도가 θ 인 한 직선이다. 그 영역을 $S_{\theta 1}$ 와 $S_{\theta 2}$ 로 절반씩 나누었다. 방향성 정보 척도의 정의는 식 (1)과 같다.

$$M_{ij} = d_{\theta \max} - d_{\theta \min} \quad (1)$$

여기에서

$$d_{\theta \max} = \max_{0 \leq \theta < 180^\circ} (d_\theta), \quad d_{\theta \min} = \min_{0 \leq \theta < 180^\circ} (d_\theta)$$

$$d_\theta = |f_{S_{\theta 1}} - f_{S_{\theta 2}}|,$$

$$f_{S_{\theta 1}} = \sum_{(i,j) \in S_{\theta 1}} x_{ij}, \quad f_{S_{\theta 2}} = \sum_{(i,j) \in S_{\theta 2}} x_{ij}$$

x_{ij} 는 픽셀좌표 (i, j) 의 명암도값을 나타낸다.

방향성 정보 척도는 다음과 같은 영상픽셀의 분류에 적합한 특성을 가지고 있다.

① 만약 영역내에 중심점을 지나는 에지가 존재하면 이 에지픽셀은 방향을 갖고 되고, l_θ 의 방향이 에지의 궤적방향이면 d_θ 는 최대값을 가지게 된다. 또 l_θ 가 에지의 궤적방향과 수직이면 d_θ 는 최소값을 갖는다. 그리고 에지픽셀의 명암도는 뚜렷한 차이를 가지고 있기 때문에 M_{ij} 의 값은 큰 값을 가지게 된다. 또 에지영역에서 에지픽셀의 M_{ij} 의 값은 변화에 대하여 그다지 민감하지 않다. 다시 말하면, 일정한 범위 내에서는 척도의 크기에 관계없이 에지픽셀 M_{ij} 의 값은 비교적 크다.

② 만약 픽셀의 영역이 평활화영역에 속하면 l_θ 의 방향에 관계 없이 d_θ 의 값은 비교적 작다. 그리고 평활화영역내의 픽셀 명암도값은 모두 기본값이기 때문에 d_θ 의 값은 모두 비슷하다. 그러므

로 M_{ij} 의 값은 비교적 작으며, 일정한 범위내에서 척도의 크기에 관계없이 평활화픽셀의 M_{ij} 의 값은 비교적 작다.

③ 픽셀의 영역이 무늬결영역에 속하는 경우 척도가 작으면 무늬결 명암도변화 성질을 적용할 수가 없다. 그리고 무늬결픽셀은 에지의 성질에 가깝기 때문에 M_{ij} 의 값은 비교적 크다. 척도가 크면 영역은 많은 무늬결구조를 포함하게 된다. 이 경우 무늬결구조는 평활화특성을 나타낸다. 그리고 l_θ 의 방향에 관계없이 비교적 비슷한 d_θ 의 값을 갖게 되고 또한 M_{ij} 의 값은 비교적 작다. 무늬결픽셀의 M_{ij} 는 척도가 커짐에 따라 작아진다.

④ 잡음은 방향성을 가지고 있지 않다. 때문에 잡음은 l_θ 방향의 영향을 거의 받지 않는다. 그리고 잡음이 M_{ij} 의 값에 미치는 영향 또한 매우 미미하다.

위의 설명과 같이 픽셀의 방향성 정보척도는 양호한 항잡음 성능을 가지고 있다. 그리고 에지픽셀의 방향성 정보척도는 척도의 크기에 관계없이 모두 크다. 그러나 평활화픽셀의 방향성 정보척도는 척도의 크기에 관계없이 모두 작다. 그러나 무늬결픽셀의 방향성 정보척도는 척도에 따라 변한다.

3.2 영상의 픽셀 분류

영상의 척도가 작을 때의 방향성 정보척도 M^S 와 척도가 클 때의 방향성 정보척도 M^L 의 차는 식 (2)와 같이 나타낸다.

$$D_M = M^S - M^L \quad (2)$$

평활화픽셀과 에지픽셀에 대한 방향성 정보척도는 척도가 변화할 때 완만하게 변화하기 때문에 D_M 의 값은 비교적 작다. 또 무늬결픽셀의 방향성 정보척도는 척도가 커짐에 따라 감쇄가 비교적 강하다. 때문에 D_M 의 값은 비교적 크다. 이와같은 사항을 이용하여 평활화픽셀과 에지픽셀은 서로 같은 척도하에서 구분할 수 있다. 많은 시뮬레이션을 통하여 평활화픽셀과 에지픽셀의 방향성 정보척도의 차 D_M 의 분포는 근사하게 가우시안 분포인 것을 발견하였다. 그러나 무늬결픽셀은 이와

같은 특성을 가지고 있지 않았다.

위에서 서술한 것을 종합하면 아래와 같은 영상 픽셀에 대한 구체적인 분류규칙을 얻을 수 있다.

① 원시영상에서 부동한 척도하의 표본화 방향 성분정보척도 M^S 와 M^L 그리고 그들의 차 D_M 을 얻는다.

② D_M 에 대한 가우시안 매칭을 진행하여 그 기대값 μ_D 와 편차 σ_D 를 얻고, 그리고 M^S 에 대하여 서로 가우시안 매칭을 진행한다. 또 기대값 μ_M 과 편차 σ_M 도 얻는다.

③ 픽셀 (i, j) 에 대하여 만약

$$D_M(i, j) < \mu_D + \sigma_D \text{ 이고, } M^S(i, j) < \mu_M + \sigma_M$$

이면 평활화픽셀이다.

④ 픽셀 (i, j) 에 대하여 만약

$$D_M(i, j) < \mu_D + \sigma_D \text{ 이고, } M^S(i, j) \geq \mu_M + \sigma_M$$

이면 에지픽셀이다.

⑤ 픽셀 (i, j) 에 대하여 만약

$$D_M(i, j) \geq \mu_D + \sigma_D \text{ 이면 무늬결핵픽셀이다.}$$

4. 시뮬레이션 및 분석 결과

영상의 픽셀분류에 대한 일반적으로 정해진 객관적인 평가기준이 없다. 영상의 픽셀분류에 대한 방법 중 chou의 방법이 가장 대표성을 띠고 있다 [1]. 본 논문에서는 잡음 $N(0,20)$ 이 추가된 영상에 대해서 제안한 방법과 Chou의 방법으로 비교 분석을 하였다. 시뮬레이션 결과에서 보여주는 것과 같이 본 논문에서 제안한 방법이 Chou의 방법보다 시각적인 관점에서 좋은 결과를 보여 주었다.

Fig. 1은 Lena 영상에 $N(0,20)$ 의 가우시안 잡음을 첨가한 후 본 논문에서 제안한 방법을 사용하여 픽셀분류를 진행한 결과이다. 그리고 Fig. 2는 Chou방법을 이용하여 픽셀을 분류한 결과이다. 이 분류 결과로 부터 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 방법의 결과는 분명히 chou 보다 더 정확히 픽셀을 분류한 것을 알 수 있다(시각적으로 판단). 그리고 1차 픽셀분류 영상에 대하여 반복하여 픽셀분류를 진행하였다. 예를 들면 중심픽셀이 에지픽셀이고 주위 픽셀이 모두 무늬결핵픽셀이면

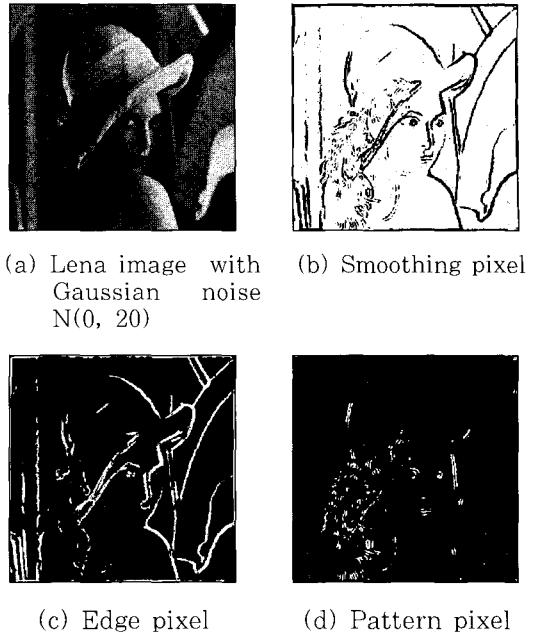


Fig. 1 Classification result of the proposed algorithm with Gaussian noise $N(0, 20)$

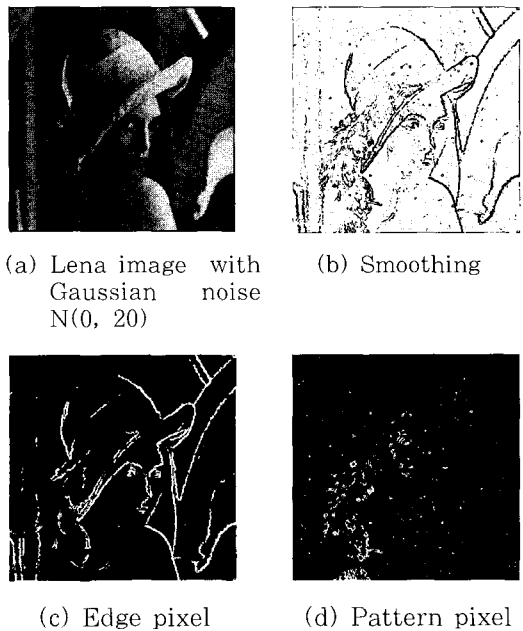


Fig. 2 Classification result of the Chou algorithm with Gaussian noise $N(0, 20)$

이픽셀은 무늬결핵픽셀로 변경한다. 또 중심픽셀이 무늬결핵픽셀이고 주위가 모두 에지픽셀일 때 무늬결핵

을 에지픽셀로 변경한다. 혹은 주위가 모두 평활 점인 경우 고립된 무늬픽셀 또는 에지픽셀을 제거하는 등등이다.



(a) Smoothing pixel (b) Edge pixel



(c) Pattern pixel

Fig. 3 Classification result of the proposed algorithm after classification processing



(a) Smoothing pixel (b) Edge pixel



(c) Pattern pixel

Fig. 4 Classification result of the proposed algorithm with $N(0, 20)$ after classification processing

Fig. 3은 lena영상에 대하여 반복하여 픽셀분류를 진행한 영상이다. Fig. 4는 $N(0, 20)$ 의 가우시안 잡음을 첨가한 lena영상에 대하여 반복하여 픽셀분류를 진행한 후의 픽셀분류 영상이다. 이영상은 Fig. 1과 Fig. 2의 픽셀분류 영상보다 훨씬 정확하게 픽셀을 분류한 것을 알 수 있다(시각적으로 판단).

5. 결 론

본 논문은 방향성 정보 척도를 이용한 픽셀분류 방법을 제안하였다. 이 방법은 에지픽셀과 평활화 픽셀 그리고 무늬픽셀의 방향성 정보 척도가 척도가 변화할 때 각각 동일하게 변화하지 않는다는 점을 이용하였다. 방향성 정보 척도를 구할 때 그 영역의 크기를 이용하여 척도의 크기를 반영하였다. 때문에 본 논문 방법은 지금까지의 방법 중 에지추적으로 인하여 초래한 계산량의 증가와 추적의 어려가 발생하는 것을 극복하였다. 또한 방향성 정보 척도는 양호한 항잡음 성능도 가지고 있어 영상의 픽셀분류시 항잡음 능력을 제고하였다. 시뮬레이션 결과에서 본 논문에서 제안한 방법은 시뮬레이션 결과 Chou 등 다른 연구자의 방법보다 좋은 픽셀분류 성능을 보여주었다. 그리고 각각 다른 질의 영상에 대하여 모두 양호한 결과를 보여주었다. 비록 본 논문에서 기본적인 영상픽셀분류의 기본원칙을 제안하였고 또 비교적 만족할 만한 시뮬레이션 결과를 얻었지만 이것으로 모든 영상에 대하여 보편 타당성 있는 픽셀분류의 정의로 사용하는 것은 부족한 점이 많이 있다. 그러나 본 논문은 나름대로의 응용가치가 있으며 보다 좋은 픽셀분류 영상을 얻기 위해서 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] W. Chou, Classify image pixels into shaped, smooth and textured points. Pattern Recognition, Vol.32, No.9, pp.1697-1706, 1999

- [2] K. Karu, A. Jain and R. Bolle, Is there any texture in the image? Pattern Recognition, Vol.29, No.8, pp.1437-1446, 1996
- [3] X. Ran and N. Favardin, A perceptually motivated three-component image model -Part I: description of the model, IEEE Trans. On Image Processing, Vol.4, No.3, pp.430-447, 1995
- [4] T. Caelli and D. Reye, On the classification of image regions by color, texture and shape, Pattern Recognition, Vol.26, No.3, pp.461-470, 1993
- [5] P. Tadrous, A simple and sensitive method for directional edge detection in noisy images, Pattern Recognition, Vol.28, No.10, pp.1575-1586, 1995

저 자 소 개



박중순 (朴重淳)

1951년 4월 5일생, 1974년 한국해양대학교 기관학과 졸업, 1974-1985 범양상선(주) 승선(기관장), 1992년 조선대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 1985년 10월-현재 목포해양대학교 기관시스템공학부 교수.



김수겸 (金秀謙)

1954년 7월생, 광주대학 전자계산학과 졸업, 1989년 조선대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사), 1996년 조선대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 1990년-현재 목포해양대학교 기관시스템공학부 부교수.