

공간적인 특성을 이용한 다중 텍스처 영상 분석 및 분류

모문정*, 김옥현*
영남대학교 컴퓨터공학과
E-mail : mmj@star.tfc.ac.kr

Multiple Texture Image Analysis and Classification using Spatial Property

Moon-Jung Mo*, Wook-Hyun Kim*
Dept. of Computer Engineering, Yeungnam University

요 약

본 논문에서는 텍스처가 지니고 있는 일반적인 속성 거침, 부드러움의 특성을 분석해서 영상에 내재된 텍스처를 자동으로 분석하고 분류하는 텍스처 인식 시스템을 제안한다. 본 연구는 텍스처 영상이 지닌 그레이 레벨의 공간적인 의존성을 이용한 통계적 분석에 기반한 것으로 모멘트와 동차성의 차를 이용해서 텍스처의 일반적인 속성을 검출하기 때문에 텍스처의 구조형태에 크게 영향을 받지 않는 이점을 가진다. 제안한 시스템의 성능 평가를 위해서 다양한 텍스처 영상에 제안한 방법을 적용하고, 성공적인 결과를 보인다.

I. 서 론

최근 컴퓨터 비전의 관심이 증대됨에 따라 섬유산업, 문서 처리, 의료 진단 영상 시스템 등의 여러 응용분야에서 실용화를 위해 영상에서 원하는 특성값을 얻어내는 영상분석에 대한 연구가 많이 행해지고 있다.

텍스처를 인식하고 분류하는 방법은 크게 구조적 방법[1], 신호처리 방법[2], 통계적 방법[3]으로 나눌 수 있다. 텍스처 영상이 지닌 그레이 레벨의 공간적인 의존성을 이용하는 통계적 방법은 텍스처의 거침, 균일한 정도를 측정하는 방법이다. 대부분의 텍스처는 규칙적인 무늬의 연속으로 표현할 수 있는 기하학적인 규칙성을 가지고 있지 않기 때문에 통계적 방법에 의해서 가장 잘 묘사할 수 있다. 단순히 모멘트나 동차성의 특성만을 이용하는 기존의 통계적 방법은

비구조적이고 조밀한 텍스처들을 분류하는 데는 어려움이 따른다. 따라서, 본 논문에서는 텍스처들의 보다 현저한 분류를 위해서 모멘트와 동차성의 특성을 조합한 방법을 제안한다.

먼저, GLCM(Grey Level Co-occurrence Matrix)을 이용해서 모멘트와 동차성을 구하고, 임계치 이상의 값만을 텍스처의 특성 값으로 설정한다. 그 다음, 이 특성값들의 유사성에 의해서 영상에 내재된 텍스처들이 동일 영역으로 분류되며, 마지막으로 고주파 필터를 분류된 영상에 적용함으로써 텍스처들의 경계를 추출한다.

II. 특성 추출을 위한 통계적 방법

일반적으로 텍스처는 거침, 부드러움, 규칙성과 같은 특성을 가진다. 통계적 방법은 그레이 레벨의 공간적인 의존성을 기반으로 텍스처들의 일반적인 특성을 구별한다.

2.1 GLCM

GLCM의 $M[i, j]$ 는 먼저 변위 벡터 $d=(dx, dy)$ 를 결정하고 명도 i 와 j 를 갖고 d 만큼 떨어져 있는 모든 픽셀들의 쌍을 계산하여 생성된다. 예를 들어 명도 0, 1, 2를 가지는 영상을 가정할 경우 모두 3개의 명도가 있으므로 GLCM $M[i, j]$ 은 3×3 행렬이 된다.

2.2 모멘트

모멘트란 어떤 축을 기준으로 한 값들의 분포의 척도이다. 2차 모멘트는 거침 정도를 측정하고, 3차 모멘트는 비뚤어짐 정도, 4차 모멘트는 상대적 평탄함을 측정한다. 본 논문에서는 거침 정도를 측정하기 위해서 2차 모멘트를 사용한다.

$$\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m (i-j)^k M[i, j] \quad (1)$$

영상이 m 개의 그레이 레벨을 가진다고 가정한다면, 식 (1)에서 변수 i, j 는 GLCM에서의 좌표값, $M[i, j]$ 은 GLCM, k 는 모멘트의 차수를 의미한다. 위의 식에서 모멘트는 거친 텍스처일수록 높은 값을 가지게 된다.

2.3 동차성

동차성은 또다른 통계적 특성값이며, 텍스처의 부드러움 정도를 측정하는 방법으로, 부드러운 텍스처일수록 높은 값을 가지게 된다.

$$\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m \frac{M[i, j]}{1+|i-j|} \quad (2)$$

III. 통계적 방법에 의한 텍스처 인식

본 논문에서 제안하는 텍스처 인식 시스템은 그림 1과 같이 그레이 레벨의 텍스처 영상을 입력으로 하여 텍스처의 특성값 계산, 영역 분류, 영역 통합, 영역 분할 과정으로 구성된다.

3.1 각 텍스처의 특성값 추출

이 과정은 GLCM을 구하고 모멘트와 동차성을 계산해서 각 텍스처가 가지는 특성값을 추출하는 단계이다.

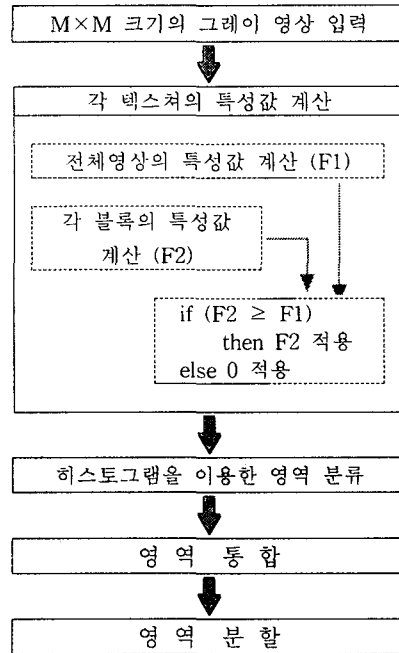


그림 1. 텍스처 인식 시스템 구성도

[알고리즘 1 : 특성값 추출]

step 1 : 전체영상에 대한 GLCM(함수 G)를 구해서 전체모멘트(M_{all})와 전체동차성(H_{all})을 계산한다.

$$M_{all} = \sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} (i-j)^2 G[i, j]$$

$$H_{all} = \sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} \frac{G[i, j]}{1+|i-j|}$$

step 2 : 각 텍스처의 특성값을 얻어내기 위해서 전체 영상에 대해 step 3-4를 반복 수행한다. (단, 텍스처 특성 영역은 5×5 블록씩 증가)

step 3 : 현재 위치 (x, y) 에서 16×16 픽셀 크기의 GLCM(함수 g)를 구하고 모멘트 $M(x, y)$ 와 동차성 $H(x, y)$ 을 계산한다.

$$M(x, y) = \sum_{i=x}^{x+15} \sum_{j=y}^{y+15} (i-j)^2 g[i, j]$$

$$H(x, y) = \sum_{i=x}^{x+15} \sum_{j=y}^{y+15} \frac{g[i, j]}{1+|i-j|}$$

step 4 : $M(x, y)$ 가 M_{all} 의 값보다 클 경우에는 $M(x, y)$ 의 값을 5×5 블록의 값으로 할당하고 그렇지 않을 경우는 0으로 리셋한다. 동차성도 동일한 방법으로 처리한다.

step 5 : step 4에서 생성된 모멘트 특성 행렬과 동차성 특성 행렬의 차로부터 영역 분류를 위한 최종 특성 영상을 생성한다.

전체영상에서 구한 특성값보다 큰 값을 이용하게 되면, 모멘트는 거친 텍스처에 대해서 보다 큰 값을 가지게 되고, 동차성은 부드러운 텍스처에 대해서 보다 큰 값을 가지게 되므로 텍스처들의 특성이 보다 명확히 구별된다.

3.2 영역 분류

텍스처 영상에서 계산된 텍스처 특성값은 동일한 텍스처 영역에서 유사한 값으로 군집화된다. 군집화된 영역에 대해서 텍스처 영상의 그레이 레벨의 히스토그램을 이용하여 하나의 대표값을 할당함으로써, 보다 명확한 영역으로 구분 가능하게 한다. 그림 2는 히스토그램에서 피크치와 골에 의한 영역 분류를 나타낸다.

[알고리즘 2 : 영역 분류]

- step 1 : 3.1의 처리과정을 수행한 결과 히스토그램 (그림 2에서 점선)을 구하고, 피크와 골을 찾는다
- step 2 : 첫 번째 골에서 다음의 골까지를 하나의 영역으로 보고 이 영역에 속한 값들을 피크값으로 대체한다

3.3 영역 통합

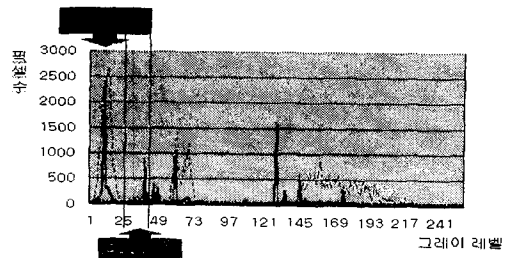
이전 단계에서 생성된 영상은 하나의 텍스처 영역에서 소수의 값들이 연속적으로 분포한다. 따라서, 이 단계에서는 각 텍스처 영역에 대해서 가장 빈번하게 발생하는 값을 대표값으로 설정하여, 각 텍스처 영역에 고유값을 할당한다.

[알고리즘 3 : 영역 통합]

- step 1 : 전체영상이 각 텍스처의 대표값으로 대체 될 때까지 step 2-3을 반복 수행한다.
- step 2 : 전체 영상에서 아직 대체되지 않은 25×25 블록을 찾고, 이 25×25 블록에서 발생하는 값들을 저장하고 대표값을 계산한다. (발생되는 값들과 대표값은 step 2를 수행할 때마다 리셋 된다)
- step 3 : 전체 영상에 대해서 아직 대체되지 않은 픽셀을 찾고 만약 이 픽셀값과 동일한 값이 step 2에서 저장된 값들 중에 존재한다면 step 2에서 계산된 대표값으로 대체한다.

3.4 영역 분할

영역 통합 단계를 거친 결과 영상에 고주파 필터를 사용하여 각 텍스처의 경계를 추출한다.



점선 : 특성 추출 결과, 실선 : 영역 분류 결과
그림 2 히스토그램 분포

IV. 실험결과

실세계에는 정방형의 텍스처보다는 다형의 텍스처가 많이 존재한다. 그래서 본 연구에 사용된 실험 영상은 정방형의 텍스처는 피하고, 구조적인 텍스처뿐만 아니라 비구조적인 텍스처도 성공적으로 분류됨을 보이기 위해서 비구조적인 텍스처를 포함한 다양한 256×256 픽셀 크기의 그레이 영상을 선택하였다. 각 단계의 처리 과정은 SUN SPARC 워크스테이션의 X-WINDOWS하에서 C언어로 구현했다.

본 실험에서 사용된 각 파라메타 값들은 다음과 같다.

- GLCM의 상대적 위치 $d=(dx, dy)$ 는 (0, 2)로 한다.
- GLCM의 크기는 16×16 블록, 여기서 구해진 특성값은 5×5 블록에 적용한다.
- 대표값 할당에 사용된 블록은 25×25 (k×k) 픽셀 크기의 블록으로 한다.

그림 3은 본 논문에서 제안한 알고리즘을 실험 영상에 적용한 결과 성공적인 분할이 이루어짐을 단계별로 보여준다. 표 1, 표 2, 표 3은 각 영상에 포함된 텍스처들의 특성값과 분포율을 보여준다.

표 1. 텍스처 A의 특성값과 분포율

	모멘트	동차성	분포율
영역-1	26	92	28%
영역-2	57	73	44%
영역-3	10	110	18%
영역-4	8	162	10%

표 2. 텍스처 B의 특성값과 분포율

	모멘트	동차성	분포율
영역-1	52	169	74%
영역-2	147	52	26%

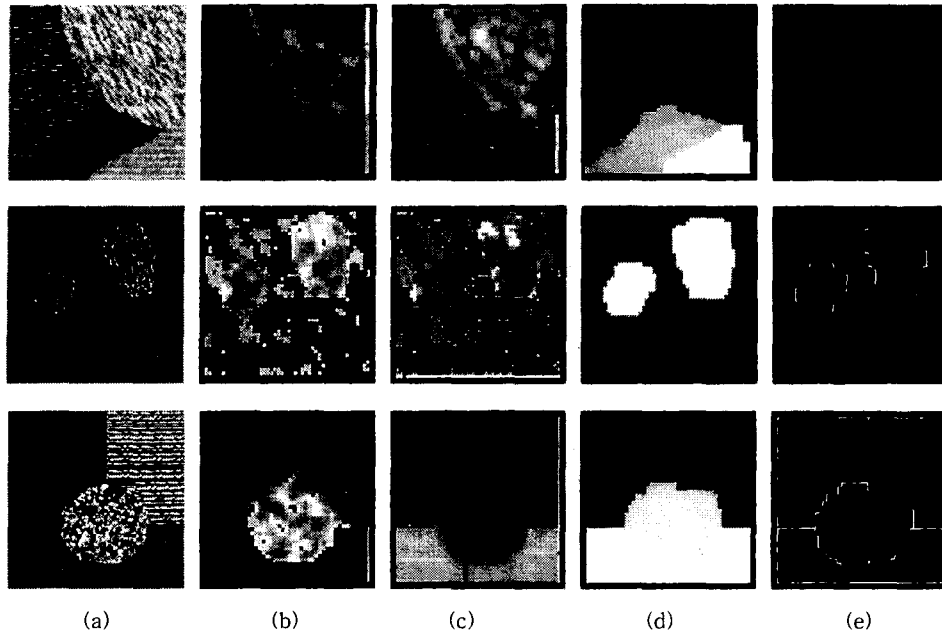


그림 3. 실험 결과 : (a) 텍스처 A(위)와 B(가운데) C(아래), (b) 특성값 추출결과, (c) 영역 분류 결과 (d) 영역 통합 결과, e) 영역 분할 결과. (실험영상 A : 영역-1 : 왼쪽 상단, 영역-2 : 오른쪽 상단, 영역-3 : 왼쪽 하단, 영역-4 : 오른쪽 하단, 실험영상 B : 영역-1 : 외곽, 영역-2 : 가운데, 실험영상 C : 영역-1 : 왼쪽 상단, 영역-2 : 오른쪽 상단, 영역-3 : 가운데, 영역-4 : 하단)

표 3. 텍스처 C의 특성값과 분포율

	모멘트	동차성	분포율
영역-1	9	214	30%
영역-2	40	114	24%
영역-3	147	75	25%
영역-4	118	156	21%

면 특히 섬유산업에서 자동적인 텍스처 분석을 통해 직물 오염이나 직물조직 오류체크에 이용할 수 있는 직물 조직 분석 자동화 시스템으로서 가치가 있다고 판단된다.

참고문헌

V. 결론

본 논문에서는 혼재된 텍스처 영상의 분석과 분류를 위해서 통계적 방법인 GLCM을 이용한 모멘트와 동차성의 결합에 의한 텍스처 영상 분류 방법을 제안하였다. 이들 두 텍스처 특성을 동시에 적용함으로써 거친 텍스처는 거친 특성이 더욱 강해지도록 하고, 부드러운 텍스처는 부드러운 특성이 더욱 강해지도록 해서 텍스처들이 보다 명확하게 분류되기 때문에 구조적인 텍스처뿐만 아니라 비구조적인 텍스처에 대해서도 성공적인 분류가 가능하다. 그러나, 수평방향의 GLCM의 값에 대해서만 처리되었기 때문에 수평방향으로 유사한 특성값을 나타내는 텍스처는 동일한 텍스처로 분류될 수 있다. 다 방향에 대해서 GLCM을 측정한다면 그 문제의 해결도 가능할 것이다. 향후, 이러한 문제점이 해결된다

- [1] N. Ahuja and A. Rosenfeld, Mosaic models for textures, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence PAMI-3(1) 1-11(1981)
- [2] F. Farrokhnia and A. K. Jain, "A multichannel filtering approach to texture segmentation," in Proc Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 364-370, IEEE Comp, Soc., 1991.
- [3] J. R. Parker, "Algorithms for image processing and computer vision", John wiley and Sons, pp. 150-175, 1997.
- [4] C. H. Chen, L. F. Pau and P. S. P. Wang, "Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision", World Scientific Publishing Company, pp. 277-310
- [5] Gonzalez, R. C., and Woods, R. E., "Digital Image Processing", Addison- Wesley, 1992
- [6] 金熙昇, "영상인식", 生能, 1993.