

Wavelet 변환에 기반한 암세포 조직 영상의 질감 분석

최현주, 이병일, 이연숙, 최홍국
인제대학교 전산학과

Texture Analysis of Carcinoma Cell Tissue Image based on Wavelet Transform

Hyun-Ju Choi, Byung-Il Lee, Yeon-Suk Lee, Heung-Kook Choi
Department of Computer Science, Inje University
mitl@orgio.net

요 약

암의 진행 정도를 판단하기 위한 암세포 조직 영상의 분석은 그 대상이 되는 영상의 다양성과 잡음으로 인해 정확한 분석이 어렵다. 특히, 암의 진행 정도를 판단하는데 있어서 중요한 요인인 세포핵의 variation에 따른 order/disorder 정도를 객관적 수치로 정량화하기 위해서는, 각 기(stage)에 따른 암의 진행 정도를 가장 잘 나타낼 수 있는 특징값 추출이 필수적이다.

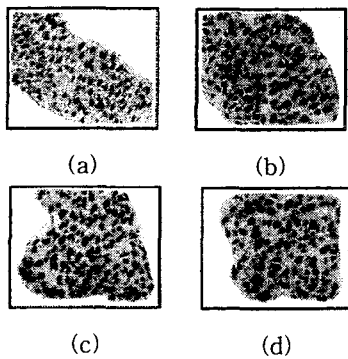
본 논문에서는 가장 유효한 특징값을 추출하기 위하여, 공간 영역과 주파수 영역에서 그 지역적 특징을 잘 나타내는 wavelet 변환을 적용한 후, 분할된 서브 밴드 중 고대역 서브 밴드에서 질감 특징을 추출하고, 추출된 질감 특징값들이 암의 진행 정도에 따른 각 집단간에 유의한 차이를 나타내는지에 대한 유의성을 검증하기 위하여, 다변량 통계학적 분석 방법을 사용하여 비교 분석하였다.

I 서 론

영상에서의 질감 분석은 그 영상이 가지고 있는 질감의 상호 대비성, 질감의 방향성, 질감 무늬의 규칙성을 분석하는 것으로, 패턴 인식이나 컴퓨터 비전에서 영상을 분할하고 분류하는데 많이 사용되고 있다 [1]. 특히, 암세포 조직 영상에서 세포핵의 크기, 방향, 세포핵사이의 거리 등에 대한 규칙성과 불규칙성은 각 기에 따른 암의 진행 정도를 판단하는데 있어서 중요한 요인이므로, 그 특징을 분석하고 분류하기 위해서는 질감 분석이 필요하다 [2,3].

질감 분석 방법은 기본적으로 통계학적 방법, 구조적 분석 방법, 주파수 영역에서의 스펙트럼 분석 방법 등이 있는데, 이는 모두 single-scale에서 분석하는 단점을 가지고 있다. 그러나 wavelet 변환을 적용하면 multi-scale 표현이 가능하므로 한 영상을 여러 가지 해상도에서 분석할 수 있다 [4]. 그리고 wavelet 변환은 공간영

역, 시간영역에서 표현되어진 영상을 주파수 영역으로 변환하는 방법 중의 한가지이므로, 주파수 영역으로의 변환이 가지는 장점을 이용할 수 있다. 즉, 하나의 파형으로 생각하면 분석하기 힘든 임의의 신호를 주파수 영역으로 변환하면, 그 신호를 구성하고 있는 여러 개의 신호로 분류할 수 있으므로, 각각의 신호를 분석하면 원 신호의 특징을 알 수 있다 [5]. 따라서 본 논문에서는 2 단계 wavelet 변환을 적용한 후, 분할 된 서브 밴드 중 6개의 고대역 서브 밴드에서 질감 특징을 추출하고, 추출 된 질감 특징값들이 암의 진행 정도에 따른 각 집단간에 유의한 차이를 나타내는지에 대한 유의성을 검증하기 위하여, 다변량 통계학적 분석 방법을 사용하여 비교 분석하였다. 실험 영상은 방광암 세포 조직 영상이며 CCD 비디오 카메라가 연결되어 있는 현미경을 통해 400 배율에서 해상도 128×128인 8bit 그레이 영상으로 디지털화 하였다. 그림1은 각 기(stage)에 해당하는 방광암 세포 조직 영상이다.

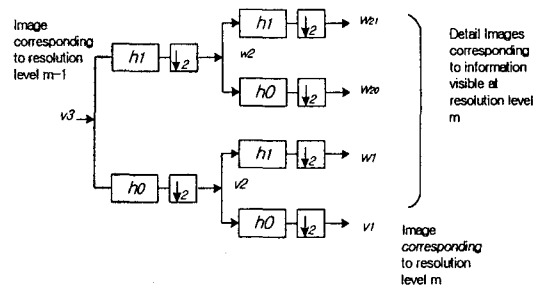


[그림1] (a) Grade 1, (b) Grade 2a, (c) Grade 2b, (d) Grade 3

II Wavelet 변환

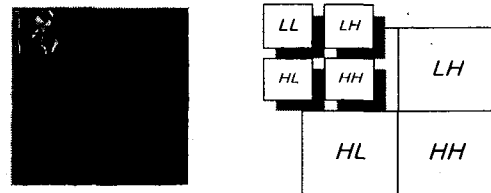
wavelet 변환은 최근 들어 신호 처리나 패턴 인식 분야에서 가장 많이 쓰이고 있는 변환 방법

중 하나이다. 이 변환 방법은 공간 영역과 주파수 영역에서 그 지역적 특징을 잘 나타낸다는 특성으로 인해 질감 정보를 얻고자 할 때 많이 쓰이고 있다. 영상 신호는 2차원 신호의 한 형태이므로 wavelet 필터를 적용할 때 두 가지 단계를 거친다. 우선 영상의 행 방향으로 wavelet 필터를 적용하고, 다음 단계로 열 방향으로 wavelet 필터를 적용하는 것이다. 그림2와 같이 다단계 wavelet 변환은 행과 열에 대해 저주파 필터와 고주파 필터를 모두 적용하여 4개의 하위 영상을 얻게 되며, 이를 반복적으로 적용하여 다단계 영상을 얻게 된다 [6].



[그림 2] wavelet 변환의 다단계 분할 과정

그림3은 2단계 wavelet 변환을 적용한 예를 보여주고 있는데, LL 하위 영상은 해상도가 반으로 줄어들고 번지는 효과가 나는 영상이 된다. LH와 HL 하위 영상에서는 원래 영상으로부터 수평과 수직 성분의 에지탐색이 적용된 효과, HH 하위 영상은 사선성분의 에지탐색이 적용된 효과를 볼 수 있다.



[그림3] wavelet 변환 후 각 영역별 특성

본 논문에서는 각 기의 대표적 샘플 영상 각각 10개, 총 40개에 대하여 2단계 wavelet 변환을 적용하고, 분할 된 하위 영역 중 LH, HL, HH 하위 영상에서 질감 특징을 추출한다.

간의 차이를 잘 반영하는지에 대한 검증을 할 수 있다 [8]. 표1은 2단계 wavelet 적용 후, 생성된 6개의 하위 영역에서의 각각의 질감 특징값에 대한 F-value와 유의확률값이다.

III 질감 특징 추출

질감 특징 추출 방법으로는 세포 조직 영상의 불규칙성과 다양성 때문에 통계학적 모델에 의해 그 특징이 가장 잘 나타날 수 있으므로, 통계학적 방법을 사용하였다. 통계학적 방법 중에서도 가장 많이 사용되는 co-occurrence matrix를 생성하여 질감 특징을 추출하였으며 사용된 질감 특징은 다음과 같다 [7].

Contrast, inertia

$$\sum_{i=0}^{N-1} (i-j)^2 \left(\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} PM \right) \quad (1)$$

Homogeneity

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{1}{1+(i-j)^2} PM \quad (2)$$

Energy

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} PM^2 \quad (3)$$

IV 실험 결과 및 분석

추출 된 질감 특징값들이 암의 진행 정도에 따른 각 집단간에 유의한 차이를 나타내는지에 대한 유의성을 검증하기 위하여, 통계 패키지인 SAS에서 다변량 통계학적 분석 방법으로 판별 분석을 이용하였다. 판별 분석은 분류되어 있는 집단간의 차이를 의미있게 설명해 줄 수 있는 독립변수들을 찾아내고, 이들의 선형결합으로 판별식을 만들어내는 것으로, 추정된 판별식이 집단

[표1] 특징값에 따른 F-value와 유의확률값

Depth	Band	Texture Feature	F-value	Pr>F
1단계 (depth=1)	LH	Contrast	232.9361	0.0001
		Homogeneity	256.4439	0.0001
		Energy	206.9320	0.0001
	HL	Contrast	138.2548	0.0001
		Homogeneity	143.9361	0.0001
		Energy	139.5060	0.0001
	HH	Contrast	224.7320	0.0001
		Homogeneity	215.6945	0.0001
		Energy	215.5793	0.0001
2단계 (depth=2)	LH	Contrast	90.9271	0.0001
		Homogeneity	92.2671	0.0001
		Energy	50.1714	0.0001
	HL	Contrast	53.7330	0.0001
		Homogeneity	52.0828	0.0001
		Energy	30.9603	0.0001
	HH	Contrast	250.5882	0.0001
		Homogeneity	287.8173	0.0001
		Energy	229.4927	0.0001

유의확률값이 0.05보다 작으면 유의수준 0.05에서 집단간의 모평균이 같지 않다는 것을 의미하므로 contrast, homogeneity, energy 모두 암의 진행 정도에 따른 각 집단을 분류하는데 있어서 유의

한 특징값임을 알 수 있다. 특히, F-value가 크다는 것은 집단간의 차이를 가장 잘 나타내는 특징값이라는 의미이므로 (식4 참조), homogeneity나 contrast가 energy보다는 더 유의한 특징값이라 할 수 있다.

$$F = \frac{\text{집단간 차이에서 추론한 모집단 변량}}{\text{집단내 변량에서 추론한 모집단 변량}} \quad (4)$$

표2는 wavelet 변환을 적용하지 않고, 질감 특징값을 구하여 판별 분석을 한 결과이다. wavelet 변환을 적용한 후, 분석한 F-value보다 작은 값을 가짐을 볼 수 있다.

[표2] 특징값에 따른 F-value와 유의확률값

Texture Feature	F-value	Pr>F
Contrast	67.7100	0.0001
Homogeneity	86.8989	0.0001
Energy	16.7536	0.0001

V 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 암의 진행 정도에 따른 각 집단간의 차이를 가장 잘 나타내는 유효한 특징값을 추출하기 위하여, wavelet 변환을 적용한 후, 질감 특징을 구하고, 유의성을 검증하였다. 본 연구는 암세포 조직 영상의 암의 진행 정도에 따른 분류를 위한 전처리 과정으로써, wavelet 변환이 가지는 장점을 병리 영상 분석이나 분류에도 이용할 수 있는가하는 가능성에 대한 연구라 할 수 있다. 그러므로 향후 연구 과제로 wavelet 변환을 적용한 경우와 그렇지 않은 경우에 각각 질감 특징을 추출하고, classifier를 생성하여 분류정확도를 비교분석함으로써, wavelet 변환이 병리 영상 분석에 적합한지를 연구하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 김희승, "영상 인식," 생능, pp.175-199, 1993.
- [2] 최진, "병리학," 수문사, 1988.
- [3] Heung-Kook Choi, Janos Vasko, Ewert Bengtsson, Torsten Jarkrans, Per-Uno Malmstrom, Kenneth Wester, Christer Busch, "Grading of Transitional Cell Bladder Carcinoma by Texture analysis of Histological Section," Analytical Cellular Pathology Vol.6, pp.327-343, 1994
- [4] G. Van de Wouwer, P. Scheunders, S. Livens, D. Van Dyck, "Wavelet Correlation Signatures for Color Texture Characterization," Pattern Recognition, pp. 443-351, 1999.
- [5] Gosta H. Granlund, Hans Knutsson, "Signal Processing for Computer Vision," Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [6] C. Sidney Burrus, Ramesh A. Gopinath, Haitao Guo, "Instruction to Wavelets and Wavelet Transforms," Prentice-Hall Inc.
- [7] Robert M. Haralick, K. Shanmugam, Its' Hak Dinstein, "Textural Features for Image Classification," IEEE Trans. On System, Man, and Cybernetics, SMC-3(6), pp. 610- 624, 1973.
- [8] Richard A. Johnson, Dean W. Wichern, "Applied Multivariate Statistical Analysis," Prentice-Hall Inc. pp.629-725, 1998.