

전립선비대증 초음파 영상에서 GLCM을 이용한 컴퓨터보조진단의 영상분석

Image Analysis of Computer Aided Diagnosis using Gray Level Co-occurrence Matrix in the Ultrasonography for Benign Prostate Hyperplasia

조진영*, 김창수**, 강세식**, 고성진**, 예수영**

부산가톨릭대학교 대학원 방사선학과*, 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과**

Jin-Young Cho(cjyoungone@naver.com)*, Chang-soo Kim(cszzim@cup.ac.kr)**,

Se-Sik Kang(sskang@cup.ac.kr)**, Seong-Jin Ko(sjko@cup.ac.kr)**,

Soo-Young Ye(syye@cup.ac.kr)**

요약

전립선 초음파영상은 전립선암, 전립선비대증, 전립선염을 진단하고 전립선암의 생검과 전립선비대에서 전립선 크기 확인 등을 위해서 사용된다. 전립선비대증은 노인 남성의 가장 흔한 질병 중의 하나이다. 전립선은 주변구역, 중심구역, 이행구역과 전방 섬유근 간질부분 4개 구획으로 나누어진다. 전립선비대증은 조직학적으로 전립선 이행구역에서 결절성 증식을 동반한 요도주위의 진행성 과증식이 특징으로 이 결절로 인한 요도 폐쇄를 야기함에 따라 하부요로 증상을 유발한다. 그러므로 본 연구에서는 정상 전립선 이행구역 영상과 전립선비대 이행구역 영상에 대한 컴퓨터 알고리즘을 이용하여 정량적인 분석을 하였다. GLCM을 적용하여 정상영상 60증례와 전립선비대증영상 60증례를 분석영역(50x50 픽셀)으로 설정하고, 각 영상에서 Autocorrelation, Contrast, Cluster Prominence, Entropy, Max Probability, Sum average 6가지 파라미터를 비교하여 분석하였다. 결과적으로 Autocorrelation, Cluster Prominence, Entropy, Sum Average 4개의 파라미터에서는 병변의 질감 검출 효율이 92~98%로 높게 나왔다. 이에 전립선 이행구역의 결절성 증식 변화를 정량적인 영상분석으로 확인할 수 있었다. 향후 전립선비대증 진단에 있어 2차적인 수단으로 가능할 것으로 기대되며, 다양한 전립선 초음파 영상에 있어 기초 자료가 될 것으로 사료된다.

■ 중심어 : | 초음파 영상 | 전립선 비대증 | 컴퓨터보조진단 | GLCM 알고리즘 |

Abstract

Prostate ultrasound is used to diagnose prostate cancer, BPH, prostatitis and biopsy of prostate cancer to determine the size of prostate. BPH is one of the common disease in elderly men. Prostate is divided into 4 blocks, peripheral zone, central zone, transition zone, anterior fibromuscular stroma. BPH is histologically transition zone urethra accompanying excessive nodular hyperplasia causes a lower urinary tract symptoms(LUTS) caused by urethral closure as causing the hyperplastic nodule characterized finding progressive ambient. Therefore, in this study normal transition zone image for hyperplasia prostate and normal transition zone image is analyzed quantitatively using a computer algorithm. We applied texture features of GLCM to set normal tissue 60 cases and BPH tissue 60cases setting analysis area 50x50 pixels which was analyzed by comparing the six parameters for each partial image. Consequently, Disease recognition detection efficiency of Autocorrelation, Cluster prominence, entropy, Sum average, parameter were high as 92~98%.This could be confirmed by quantitative image analysis to nodular hyperplasia change transition zone of the prostate. This is expected secondary means to diagnose BPH and the data base will be considered in various prostate examination.

■ keyword : | Ultrasonography | Benign Prostate Hyperplasia | Computer Aided Diagnosis | GLCM Algorithm |

I. 서론

전립선비대증(benign prostatic hyperplasia, BPH)은 남성에게 가장 흔한 양성 종양으로 연령이 증가할수록 발생률도 증가한다. 임상적 전립선비대증은 전립선세포의 증식으로 전립선이 커지면서 요도폐색 및 요도 괄약근 긴장도 증가, 방광 근육 비후 등을 동반하여 하부 요로증상이 생기는 것을 말한다[1].

최근 국내에서 지역 사회를 기반으로 시행된 연구에 의하면 전립선 유병률은 60대 36%, 70대 43%, 80대 53%였고, 전체 유병률은 42%로 이전보다 전립선비대증이 증가하는 경향을 보였다[2]. 국내 정상적인 전립선 크기는 $15.6 \pm 3.1\text{ml}$ 정도이며, 전립선비대증의 진단 기준은 크기가 20ml 이상, 국제 전립선 증상 점수 7점 이상, 최대유속은 15ml/sec 이하가 일반적인 기준이다[3][4]. 경직장초음파검사는 시행이 간편하고 경제적이고 전립선질환의 초기 평가로서 전립선에 대한 객관적인 자료들을 얻을 수 있게 되어 전산단층촬영(Computer-tomography, CT), 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI)보다 실제 임상에서 많이 이용된다. 전립선은 주변구역(peripheral zone, PZ), 중심구역(central zone, CZ), 이행구역(transition zone, TZ)과 전방 섬유근 간질(anterior fibromuscular stroma) 4개의 구역으로 나누어지는데, 전립선 비대에서 하부요로증상을 유발하는 원인은 전립선 이행구역 부분에서 과도한 결절성 증식이 요도를 눌러 발생하는 조직학적인 특징 소견이다[5-7]. 전립선비대증은 약물요법을 많이 선택하는데 이 결절성 증식의 조직 종류에 따라 약물사용이 달라진다. 이행구역의 조직학적 형태에 대한 연구는 증상에 대한 기본적인 이해와 약물이나 수술 등 치료 방법의 선택 및 증식 억제 방법의 개발에 중요한 정보를 제공한다. 국내연구로는 전체 전립선용적보다는 전립선 TZ의 용적이 전립선비대증의 예측지표로 유용하다는 보고가 있었다[8]. 전립선비대증의 이행구역초음파의 균일함과 거친정도에 따라, 그리고 밝기의 정도를 가지고 조직학적유형을 예측한 연구들이 많았으나, 육안으로 예측한 초음파 진단방법은 다소 주관적이고 진단적 오류를 범하는 경향이 있었다[9][10].

최근 간, 유방, 갑상선등 여러 가지 병변에 대한 컴퓨

터 알고리즘을 이용하여 객관적이고 정량적인 분석결과를 제공하여 높은 병변인식률을 가져다 주었는데 현재까지 전립선질환에 대한 영상 연구는 없었다[11][12].

이에 본 연구에서는 초음파 전립선이행구역에서 정상영상과 비대영상을 가지고 GLCM(Gray-level co-occurrence matrix)알고리즘을 적용하여 질감특징을 알아보고자 하였다.

II. 대상 및 방법

2013년 3월~2014년 5월까지 H 병원에서 50~80세 남성중에 전립선비대증으로 진단된 환자의 TZ 영상을 대상으로 하였으며, 정상 PZ의 용적(2~5ml), 전립선비대 PZ의 용적(5~11 ml)을 기준으로 전체영상 120증례로서 정상 전립선 TZ 60증례, 전립선비대 TZ 60증례를 실험대상으로 하였다. 실험방법은 전립선영상의 TZ에서 관심영역(ROI)을 설정하고, 50×50 픽셀 크기로 sub-image를 획득하여 MATLAB 2012a(MathWorks Inc. USA)를 이용하여Autocorrelation, Contrast, Cluster Prominence, Entropy, Max Probability, Sum Average를 구하였다[Fig. 2]. 실험영상은 HI VISION Preirus (HITACHI, Japan) 초음파 장비로 획득한 영상을 이용하였다. 전처리 과정으로 히스토그램 평활화와 범위필터를 시행하였으며[Fig. 3][Fig. 4], 각 획득된 영상에 대해 제안된 GLCM 알고리즘을 이용하여 결과를 산출하였다.

1. 히스토그램 평활화와 범위필터

입력 영상에서 병변의 정확한 인식분석을 위해 제안하는 전처리 방법으로 히스토그램 평활화(histogram equalization)는 원 영상의 그레이 값을 균일하여 영상 대비의 개선 효과를 나타낸다. 범위필터(Range filter)는 질감분석 알고리즘에 많이 사용되는 필터이다. 범위필터를 이용하면, 노이즈(noise)가 감소되어 의료영상에서 검출하고자하는 병변 부위 인식에 정확도를 높여준다. 관심 픽셀(pixel)의 이웃하는 픽셀들 중에 최대값과 최소값의 차이에 계산하여 최적화된 임계값을 이용해서 픽셀값을 그레이 레벨로 바꾸는 기법이다[13][14].

Table 1. Parameters of GLCM algorithm

Parameters	Equation	Description
Autocorrelation	$= \sum_{i,j} \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)}{\sigma \rho_j}$	GLCM의 행렬요소의 유사도 측정 그레이 영상의 상관관계 반영
Contrast	$= \sum_{i,j} i - j^2 P(i,j)$	그레이 레벨들 사이의 명암도 차이를 측정 명암도 차이가 커지면 콘트라스트는 증가
Cluster Prominence	$= \sum_{i,j} i + j - \mu_x - \mu_y^4 P(i,j)$	Gray level 매트릭스가 특출하게 모여 있는 특징
Entropy	$= \sum_{i,j} P(i,j) * \log(P(i,j))$	명암도 분포의 임의성을 측정할 수 있는 특징 그레이 영상의 무질서도 표현
Max Probability	$= Max(P)$	모여 있는 GLCM 매트릭스의 최대 확률
Sum Average	$= \sum_{i=0}^{2G-2} i P_{x+y}(i)$	GLCM 평균측정, 높고 낮은 그레이 레벨의 평균의 합

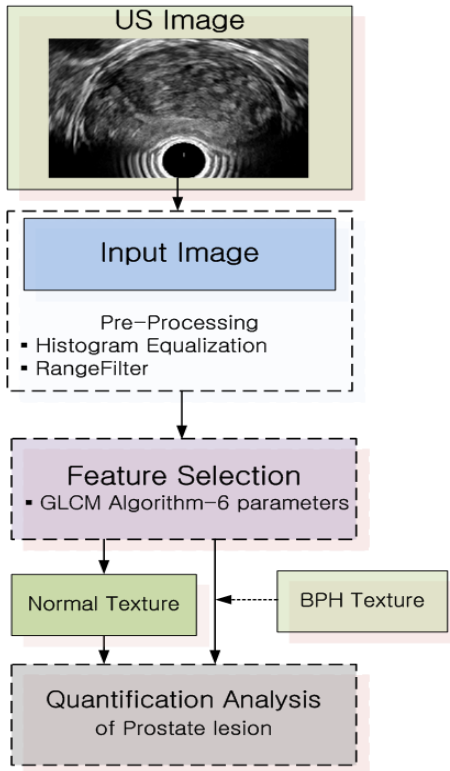


Fig. 1. Diagram of GLCM algorithm

2. GLCM 알고리즘

영상의 질감적인 특성을 잘 드러나게 하기 위해 GLCM을 이용한다. GLCM은 영상 내에서 픽셀간의 밝기 값의 관계를 나타내어 이미지의 인접한 방향의 두 픽셀의 값을 좌표 값으로 이용하여 좌표 값의 출현빈도를 나타내는 행렬이다. 좌표 값의 출현빈도는 영상에서 0°, 45°, 90°, 135°의 4가지 방향에 대해 GLCM을 생성하였다. GLCM 알고리즘으로 변형된 영상은 질감의 특징을 좀 더 명확하게 보여준다. Autocorrelation, Contrast, Cluster Prominence, Entropy, Max Probability, Sum Average 의 6가지 파라미터로 통계적인 방법을 사용하여 각 영상들의 질감(texture)을 정량화하여 표현하였다[14-18][Table 1].

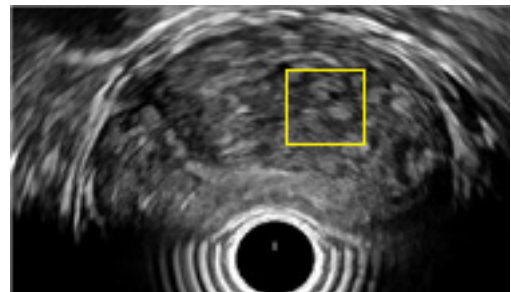


Fig. 2. Image of BPH in the ultrasonography

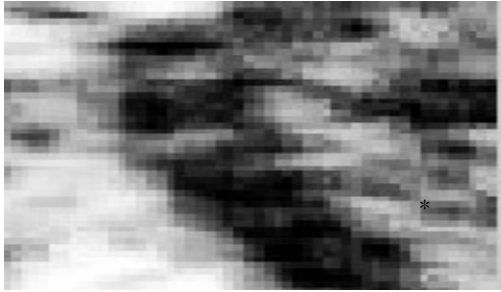


Fig. 3. Result of Histogram equalization

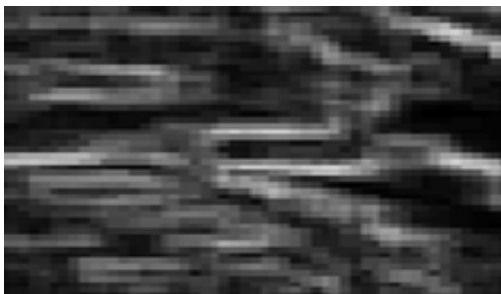


Fig. 4. Result of Rangefilter

III. 결과

GLCM 알고리즘의 파라미터 Autocorrelation, Contrast, Cluster Prominence, Entropy, Max Probability, Sum Average의 정상과 전립선 비대에 대한 결과 값을 [Table 2]에 나타내었다.

통계분석 결과 유의 수준 0.05 이하로 Autocorrelation, Cluster Prominence, Entropy, Sum Average 파라미터에서 통계적으로 유의한 결과를 나타내었다. 즉,

정상 전립선 TZ 영상에서 Autocorrelation 결과값은 16.369 ± 3.12 (10.615~25.800), Cluster Prominence 결과값은 3.421 ± 1.95 (0.100~10.760), Entropy 결과값은 1.329 ± 1.14 (1.059~1.604), Sum Average 결과값은 8.015 ± 0.76 (6.473~10.121)으로 나타났다. 전립선 비대증 TZ Autocorrelation 결과값은 8.180 ± 1.64 (4.315~11.275), Cluster Prominence 결과값은 3.421 ± 7.59 (6.143~38.300), Entropy 결과값은 1.767 ± 0.13 (1.484~2.106), Sum Average 결과값은 5.452 ± 0.60 (3.956~6.602)으로 나타났다.

Autocorrelation 파라미터에서 병변 인식은 정상 60증례에 대한 비정상 60증례 중 전립선 비대로 인식한 영상은 56개의 영상이었다. 따라서 전립선 비대 영상의 인식율은 94%로 나타났다[Fig. 5]. Contrast 파라미터에서 병변 인식은 정상 60증례에 대한 비정상 60증례 중 전립선 비대로 인식한 영상은 8개의 영상이었다. 따라서 전립선 비대 영상의 인식율은 13%로 나타났다 [Fig. 6].

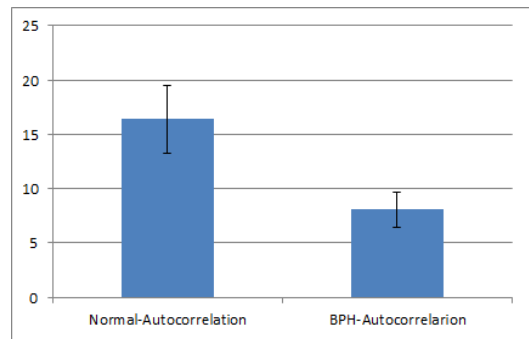


Fig. 5. The result of Autocorrelation values

Table 2. Analysis of GLCM algorithm in the prostate transition zone

* p < 0.05

Parameters	Min		Max		Mean*		SD	
	NS	BPH	NS	BPH	NS	BPH	NS	BPH
Autocorrelation	10.615	4.315*	25.800	11.275*	16.369	8.180*	3.122	1.635*
Contrast	0.148	0.162	0.247	0.283	0.190	0.214	0.022	0.028
Cluster Prominence	0.100	6.143*	10.760	38.300*	3.421	17.574*	1.949	7.585*
Entropy	1.059	1.484*	1.604	2.106*	1.329	1.767*	0.138	0.134*
Max Probability	0.383	0.266	0.701	0.532	0.542	0.382	0.088	0.058
Sum Average	6.473	3.956*	10.121	6.602*	8.015	5.452*	0.757	0.604*

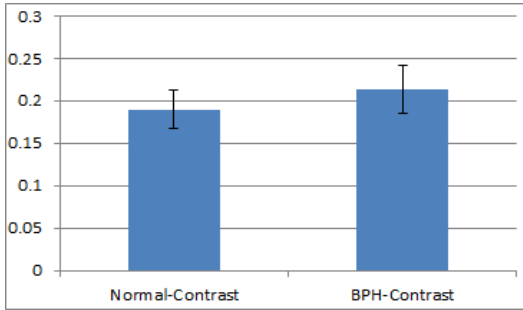


Fig. 6. The result of Contrast values

Cluster Prominence 파라미터에서 병변 인식은 정상 60증례에 대한 비정상 60증례 중 전립선 비대로 인식한 영상은 55개의 영상이었다. 따라서 전립선 비대 영상의 인식율은 92%로 나타났다[Fig. 7].

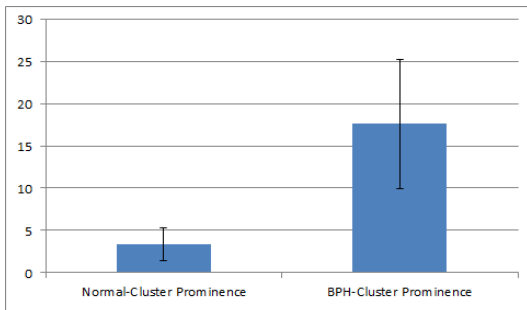


Fig. 7. The result of Cluster Prominence values

Entropy 파라미터에서 병변 인식은 정상 60증례에 대한 비정상 60증례 중 전립선 비대로 인식한 영상은 55개의 영상이었다. 따라서 전립선 비대 영상의 인식율은 92%로 나타났다[Fig. 8].

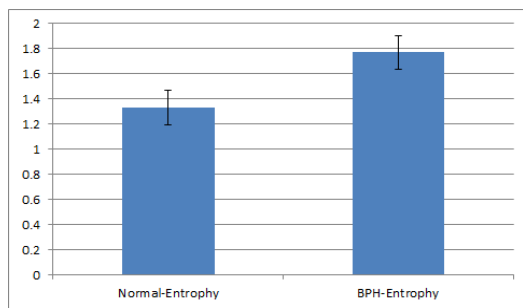


Fig. 8. The result of Entropy values

Max Probability 파라미터에서 병변 인식은 정상 60증례에 대한 비정상 60증례 중 전립선 비대로 인식한 영상은 33개의 영상이었다. 따라서 전립선 비대 영상의 인식율은 55%로 나타났다[Fig. 9].

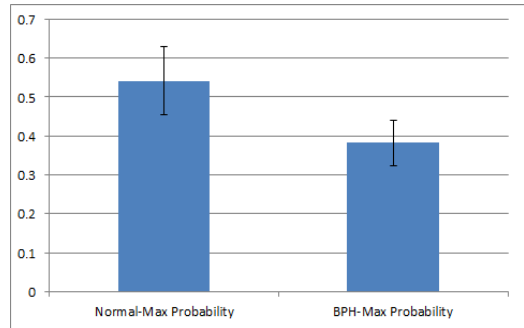


Fig. 9. The result of Max Probability values

Sum Average 파라미터에서 병변 인식은 정상 60증례에 대한 비정상 60증례 중 전립선 비대로 인식한 영상은 59개의 영상이었다. 따라서 전립선 비대 영상의 인식율은 98%로 나타났다[Fig. 10].

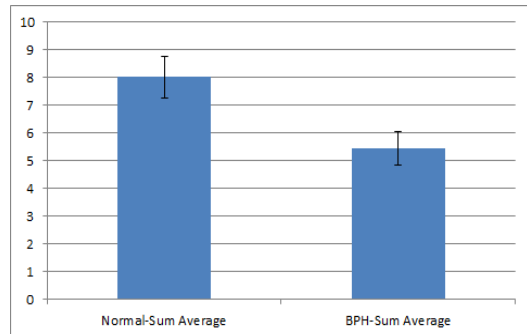


Fig. 10. The result of Sum Average values

IV. 고찰 및 결론

전립선 초음파영상에 대한 컴퓨터 알고리즘을 이용하여 전립선 객체 자동 추출 방법으로 부피에 관한 연구가 진행되어 왔다. 영상 의료기기의 발달로 인한 경직장 초음파검사의 해상도가 개선됨에 따라 전립선의

크기 측정뿐만 아니라 전립선의 조직학적 변화에 대한 초음파 영상분석도 가능하게 되었다[19-21].

전립선 비대증에서 전립선의 증식은 주로 전립선 TZ의 증식(hyperplasia)이 원인이며, 조직학적으로 선성분(glandular component)과 기질성분(stromal component)이 다양한 비율로 증식을 일으킨다. 전립선 TZ의 증식이 발생하면 질감은 거칠어지고 불균질해지며, 저음영 영역이 확대됨을 수치화로 분석할 수 있었다.

GLCM 파라미터 중 Autocorrelation, Cluster Prominence, Entropy, Sum Average에서 92~98%로 높은 인식률을 나타내었다.

따라서 전립선 TZ의 증식된 조직을 분석함으로써 정상과 비대조직의 특징을 정량화 하는 것이 가능하였고, GLCM의 영상 특징 정보를 이용함으로써 전립선의 크기와 함께 임상 진단의 보조적 수단으로 제안하였다.

본 연구에서는 전립선 비대증의 TZ에 있어 처음으로 컴퓨터 알고리즘을 적용하여 영상 분석을 시도하였고 전반적인 전립선 질환에도 적용할 수 있는 기초자료가 될 것이라고 사료된다. 또한 조직검사의 결과를 병행하여 좀 더 최적화된 전처리기법과 다양한 알고리즘에 대한 추가 연구를 통해 임상질병 진단평가에 도움이 될 것으로 사료한다.

참 고 문 헌

- [1] 정희창, “하부요로증상/전립선비대증 일차 치료의 최근경향”, Yeungnam Univ. J of Med, Vol.26, No.2, pp.85-92, 2009.
- [2] H. K. Park, H. Z. Park, S. Y. Cho, S. J. Jeong, and S. K. Hong, “The prevalence of benign prostatic hyperplasia in elderly men in Korea: a community-based study,” Korea J Urology, Vol.50, No.9, pp.843-847, 2009.
- [3] S. H. Seol, Y. W. Park, J. Y. bahk, and S. K. Min, “Study Prostate of Korea Young Adult Using Transrectal Ultrasonography,” Korea J Urology, Vol.49, No.4, pp.376-378, 2009.
- [4] 김승현, 김현희, *Prostate imaging*, 일조각, 2010.
- [5] B. H. Kim and J. C. Sohn, “The Useful of Intravesical Prostatic Protrusion and Bladder Wall Thickness Measurement Using Transabdominal Ultrasound in Patients with Benign Prostatic Hyperplasia,” The Department of Urology, keimyung University School of Medicine, Vol.46, No.11, pp.1180-1185, 2005.
- [6] J. K. Kim, H. S. Kim, and C. K. Sul, “Application of a Transition Zone Index in Patients of Small Volumes Hyperplasia of the Prostate Gland,” Korea J Urology, Vol.44, No.8, pp.765-769, 2003.
- [7] S. J. Hong, “Benign prostatic hyperplasia Multiple factors for prostate tissue change with aging,” Korea J Urology, Vol.46, No.6, pp.547-554, 2005.
- [8] H. S. Kim, S. W. Lee, E. K. Kim, J. M. Cho, and K. H. Han, “Relationships between Relative Proportion of Tissue Components, Urodynamic Parameters, and Low Urinary Tract Symptoms in Patients with Benign Prostatic Hyperplasia,” Korea J Urology, Vol.50, No.9, pp.859-864, 2009.
- [9] 정승일, 전립선 조직구성요소 Finasteride의 약물 효과와 의 관계, 전남대학교 박사학위논문, 2001.
- [10] J. K. Lee, T. H. Kim, and H. B. Shim, “Effect of Finasteride According to the Histological Types of Benign Prostatic Hyperplasia as Predicted by Transrectal Ultrasonography,” Korea J Urology, Vol.43, No.11, pp.944-948, 2002.
- [11] 이진수, 고성진, 강세식, 김정훈, 박형후, 최석윤, 김 창수, “컴퓨터보조진단을 이용한 유방 초음파 영상에서의 미세석회화 검출효율”, 방사선기술 과학, Vol.35, No.3, pp.227-235, 2012.
- [12] 김창수, 고성진, 강세식, 김정훈, 김동현, 최석윤, “컴퓨터단층영상에서 TIA를 이용한 간경화의 컴퓨터보조진단”, 한국콘텐트학회논문지, Vol.12, No.4, pp.358-366, 2012.

- [13] Nitish Zulpe and Vrushsen Pawar, "GLCM Textural Features for Brain Tumor Classification," International J of Computer Science Issues, Vol.9, No.3, 2012.
- [14] S. Poonguzhali and G. Ravindran, "Automatic Classification of Focal Lesions in Ultrasound Liver Image Using Combined Texture Features," Information Technology Journal, Vol.7, No.1, pp.205-209, 2008.
- [15] Xiaofeng Yang, Srinu Tridandapani, and Emi J. Yoshida, "Ultrasound GLCM texture analysis of radiation-induced parotid-gland injury in head-and-neck cancer radiotherapy," Medical physics, Vol.39, No.9, 2012.
- [16] Sakamoto N. Yoshihiro and K. Gotoh, "Relationship of ultrasonic and histologic findings in benign prostatic hyperplasia," Vol.28, No.2, pp.111-116, 1996.
- [17] 오성택, *GLCM 특징과 신경망을 이용한 유방초음파영상의 비정형 패턴 추출에 관한 연구*, 호남대학교 박사학위논문, 2009.
- [18] 임재형, *GLCM을 이용한 CT에서의 단면영상간 매칭에 관한 연구*, 서울대학교 석사학위논문, 2014.
- [19] H. S. Chang and C. H. Park, "Transitional Zone Volume: A Predictor of Acute Urinary Retention in Patients with Benign Prostatic Hyperplasia," Korea J Urology, Vol.46, No.3, pp.259-263, 2005.
- [20] S. H. Seol and Y. W. Park, "Study of Prostate of Korean Young Adult Using Transrectal Ultrasonography," Korea J Urology, Vol.49, No.8, pp.720-726, 2008.
- [21] 오종환, 김상현, 김남철, "초음파 볼륨에서 웨이브렛 변환을 이용한 전립선 객체 추출", 전자공학회, Vol.3, No.43, pp.158-168, 2006.

저 자 소 개

조진영(Jin-Young Cho)

정회원



- 2013년 2월 : 부산가톨릭대학교 방사선학과(이학사)
- 2012년 9월 ~ 현재 : 부산항운 병원 초음파실 재직

<관심분야> : 의료영상신호처리, CAD, 영상평가

김창수(Chang-soo Kim)

정회원



- 2003년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 부교수

<관심분야> : 영상 평가, U-Healthcare, Computer Aided Detection(CAD)

강세식(Se-Sik Kang)

정회원



- 1991년 2월 : 원광대학교 농화학과(농학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과 교수

<관심분야> : 방사선치료학, 방사선기기학

고성진(Seong-Jin Ko)

정회원



- 1997년 8월 : 경성대학교 생물학과(이학박사)
- 1982년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과 교수

<관심분야> : 방사선생물학, 방사선계측학

예 수 영(Soo-Young Ye)

정회원



- 1998년 2월 : 부산대학교 전자공학
학과(공학석사)
- 2004년 2월 : 부산대학교 의공학
협동과정(공학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭
대학교 방사선학과 조교수

<관심분야> : 신호처리, 영상처리, 의공학, 방사선과학