

## 형태학적 특징을 이용한 초음파 영상에서의 자동 전립선 분할

김광백\*

### Automatic Prostate Segmentation from Ultrasound Images using Morphological Features

Kwang Baek Kim\*

\*Professor, Department of Artificial Intelligence, Silla University, Busan, 46958 Korea

#### 요약

본 논문에서는 전립선 초음파 영상에서 형태학적 특징을 이용하여 전립선 영역을 검출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법의 첫 단계에서는 전립선 영역의 상단 경계선을 추출한다. 초음파 촬영으로 획득한 영상에서 히스토그램 정보를 이용해 명암대비를 조정하여 전립선 영역의 상단 경계선을 검출하기 위한 기준 객체들을 추출하고, 기준 객체들의 하단 경계선을 Monotone cubic spline 보간법을 적용하여 상단 경계선을 추출한다. 두 번째 단계에서는 전립선 초음파 영상에서 추출한 상단 경계선보다 아래에 위치한 영역에 대해 오츠 이진화를 적용하여 전립선 하단 경계선을 추출한다. 마지막으로 전립선 상단 경계선과 하단 경계선을 연결하여 전립선 영역을 추출한다. 수동으로 측정된 전립선 영역과 비교 분석한 결과, 전립선 초음파 영상이 갖는 형태학적 특징을 이용한 방법으로 전립선 영역을 추출할 수 있는 것을 확인하였다.

#### ABSTRACT

In this paper, we propose a method of extracting prostate region using morphological characteristics of ultra-sonic image of prostate. In the first step of the proposed method, the edge area of the prostate image is extracted. The histogram of ultra-sonic image is used to extract base objects to detect the upper edge of prostate region by altering the contrast of the image, then, the lower edges of the extracted base objects are connected by using monotone cubic spline interpolation to extract the upper edge. Step 2, Otsu's binarization is applied to the region under the extracted upper edge of the prostate ultra-sonic image to extract the lower edge of prostate. In the last step, the upper and the lower edges are connected to extract prostate region and by comparing the extracted region of prostate with the one measured manually, the result showed that the morphological characteristics of prostate in ultrasonic image can be utilized to extract the prostate region.

**키워드**: 전립선, 히스토그램, Monotone cubic spline 보간법, 오츠 이진화

**Keywords**: Prostate, Histogram, Monotone cubic spline interpolation, Otsu's binarization

Received 24 May 2022, Revised 2 June 2022, Accepted 7 June 2022

\* Corresponding Author Kwang Baek Kim(E-mail:gbkim@silla.ac.kr, Tel:+82-51-999-5052)  
Professor, Department of Artificial Intelligence, Silla University, Busan, 46958 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2022.26.6.865>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

전립선암은 전 세계적으로 흔한 연령에서 나타나는 남성암 중의 하나이다[1]. 특히 한국에서는 최근 10년 사이에 발병률이 250%이고 APC에서 15%로 급격히 증가하고 있다[2]. 또한 남성 노인의 전립선 비대증 유병률은 40% 이상으로 보고되고 있다[3]. 일반적으로 전립선암의 조직학적 검사를 위해서는 초음파 유도 생검을 시행하며, 전립선암의 표준검사는 체계적 무작위생검(Systematic Random Biopsy)을 시행한다[4]. 실제로 전립선 항원(PSA) 검사와 초음파 및 직장수지검사(DRE)의 조합은 미국에서 대부분의 전립선암을 진단하는데 적용되어 왔다[5]. 전립선 부피 측정은 PAS 밀도를 결정하는데 필수적이다. 전립선 경계는 수동으로 전립선의 길이를 따라 횡방향으로 평행 2D 슬라이스로 윤곽을 표시한다. 초음파를 다루는 기사의 주관성을 피하기 위하여 초음파 영상에서 정확하고 효율적으로 전립선을 분할하기 위한 자동 또는 반자동 기법들이 요구되고 있고 여러 종류의 접근 방법들이 제시되어 있다[5]. 그러나 해결해야 할 몇 가지 문제점이 있다. 일반적으로 전립선 초음파 영상은 명암 대비가 낮고 Speckle, Shadow Artifacts, Micro-calcification에 의해 신호가 훼손되는 경우가 많으며[5,6] 전립선은 고에코의 후광으로 둘러싸인 저에코의 덩어리로 관찰되는 경우가 많다. 또한 다른 환자의 전립선에서 모양과 크기의 큰 차이가 종종 관찰된다. 같은 전립선에 속한 조직에서도 심한 이질성을 보이는 경우가 많다[7]. 전립선 분할과 관련된 연구로서 Sahbaet[8]는 중앙 값 필터링과 Top Hat 및 Bottom Hat 변환을 사용하여 특징적인 기능을 트래킹하는 어두운 영역에서 밝은 영역을 효과적으로 분리하는 방법을 연구하였고 Kachouiet [9]는 가우스 필터링을 사용한 후에 형태학적 필터링을 사용하여 중간 선 이미지를 전립선 및 비 전립선 영역으로 분류하였다.

본 논문에서는 전립선 경계를 결정하기 위해 선형적 모양과 형태학적 특징을 기반으로 전립선 영역을 추출하는 방법을 제안한다.

## II. 제안된 전립선 영역 추출 방법

제안하는 방법은 전립선 영역의 상단 경계선과 하단

경계선을 추출하는 과정으로 이루어진다. 우리가 주목하는 전립선 영역의 형태학적 특징은 다음과 같다.

- 1) 초음파 영상에서 전립선 영역은 촬영 방식의 특성상 초음파 탐침(Ultrasound probe)에 가깝게 나타난다. 이는 대부분 영상의 하단 부분에 위치한다는 것을 의미한다.
- 2) 전립선 영역은 주변 영역보다 어둡게 나타난다. 특히 전립선 상단 경계선에서 이러한 특징이 크게 나타난다.
- 3) 전립선 영역에서 하단이 상단보다 더 어둡게 나타난다. 또한 전립선 하단 영역과 초음파 탐침(Ultrasound probe) 사이에는 전립선 영역에 비해 상대적으로 밝은 층이 존재한다.

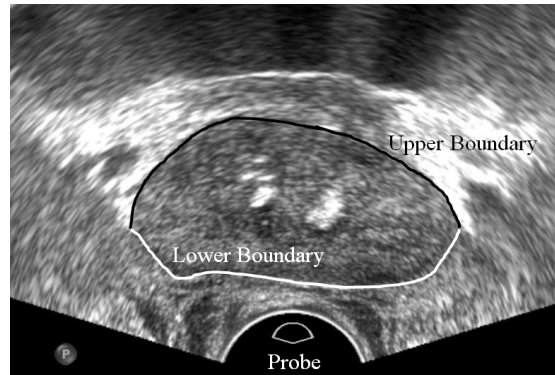


Fig. 1 Typical Prostate Boundaries and Intensity Contrast

그림 1은 형태학적 특징을 확인할 수 있는 전립선 초음파 영상이다. 우리는 영상의 명암대비를 조절하여 명암 차이가 뚜렷한 전립선의 상단 경계선을 먼저 추출한다. 전립선 영역의 상단과 초음파 탐침 사이에 전립선 하단 경계선의 정보를 가지는 어두운 영역을 탐색하고 전립선 하단 경계선을 추출한다.

전립선 영역과 아닌 영역의 차이가 크게 나타나는 특징을 이용하여 상단 경계선을 추출하기 위한 기준 객체를 얻기 위해 히스토그램 평활화를 적용하여 명암대비를 증가시킨다. 그 후에 히스토그램을 정규화하고 히스토그램의 누적 값을 바탕으로 결정한 임계값을  $T$ 로 설정하여 이진화를 적용하고 객체화한다.

촬영 과정에 의해 영상이 전체적으로 명암도가 높게 촬영되어 명암도가 고르게 나타나지 않는 경우 임계값  $T$ 가 너무 높게 설정되면 기준 객체를 제대로 추출하지 못하는 문제가 있다. 이러한 오류를 방지하기 위해 임계

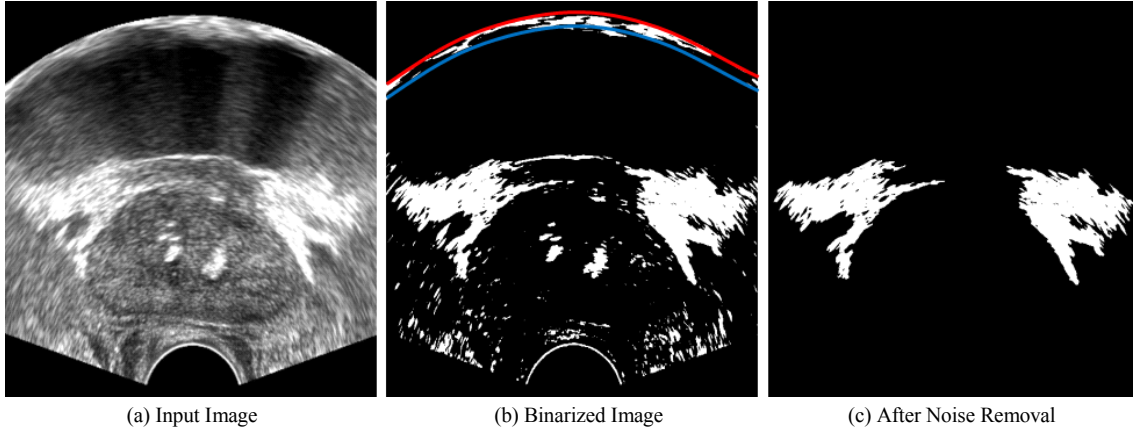


Fig. 2 Upper Boundary Extraction process

값  $T$ 의 범위를  $[0, 220]$ 으로 정한다.

$$h_{sum}(k) = \sum_{l=0}^k \hat{h}(l) \quad (1)$$

$$T = \begin{cases} k, & k \leq 220 \\ 220, & k > 220 \end{cases} \quad (2)$$

$h_{sum}(k)$ 는 정규화 된 히스토그램  $\hat{h}$ 의 값들에 대해 명암 값 0부터  $k$ 까지의 누적합을 의미한다. 제안하는 방법에서는  $k$ 가  $h_{sum}(k) \geq 0.9$ 를 만족하는 가장 작은 값일 때 임계값  $T$ 로 이진화된 영상에서 상단 경계선을 검출하기 위한 기준 객체를 추출한다.

히스토그램 기반 이진화를 적용한 영상에서 밝은 명암 값을 가진 영역을 레이블링 하여 객체화하고 객체의 크기가 작은 객체는 잡음으로 간주하여 제거한다. 그리고 전립선 영역은 초음파 탐침에 가깝게 위치한다는 형태학적 정보를 이용하여 잡음으로 제거되지 않은 객체들에 대해 객체의 하단 경계선이 영상의 상단에 위치하는 객체를 잡음으로 간주하여 제거한다. 그리고 객체가 전립선 영역과 관계가 없는 영상의 상단에 위치하는 객체라는 것을 판별하기 위한 기준선을 설정한다. 기준선은 ROI 영상의 상단에 있는 곡선 형태의 경계선을 ROI 영상에서 세로 길이의 10%만큼 아래로 수직 이동한 것이다. 잡음으로 제거되지 않은 객체들에서 하단 경계선을 추출하고, 추출한 하단 경계선이 기준선에 겹치거나 더 상단에 위치하는 경우에는 객체가 아닌 것으로 판단하고 제거한다. 잡음이 제거된 이진화 영상에서 전립선 상단 경계선 정보를 가진 객체를 추출한 결과는 그림 2

와 같다. 그림 2(b)는 원 영상에서 히스토그램 평활화를 적용한 후, 이진화를 적용한 결과이다. 전립선 상단 경계선에 가까운 객체 외에는 매우 작은 크기로 나타나는 것을 확인할 수 있다. 하지만 영상의 상단에는 전립선 영역과 관계가 없지만 크기가 큰 객체가 존재할 수 있다. 그림 2(c)는 전립선 영역의 상단 경계선을 추출하기 위해 필요한 객체 외에 모든 잡음을 제거한 결과이다. 대부분 두 객체가 좌우에 하나씩 위치하는 형태가 된다. 그림 2(c)와 같이 추출된 객체들에 각 열마다 하단에서 상단으로 탐색하며 객체들의 각 열에 대한 최하단 점을 탐색한다. 탐색된 점의 집합은 사이사이 끊어진 선의 형태로 나타난다. 전립선은 비선형적인 형태를 갖고 있기 때문에 끊어진 선들을 Monotone cubic spline interpolation을 적용하여 하나의 선으로 만든다[10]. Monotone cubic spline interpolation은 일반적인 Cubic spline interpolation과 달리 입력 데이터의 단조로운 위상 변화에 강건하다. 따라서 주로 둥근 형태로 나타나는 전립선 경계선을 추출하기에 적합하다.

추출한 전립선 상단 경계선 정보를 가진 객체의 하단 경계선들이 모두 전립선 상단 경계선에 포함되는 것은 아니다. 왜냐하면 이 객체들은 전립선 영역과 매우 가까이 붙어있는 큰 잡음일 뿐이기 때문이다.

추출한 이 객체들의 하단 경계선들은 대부분 전립선 상단 경계선과 같은 형태를 갖는다. 하지만 객체의 끝 부분에서는 전립선 영역과는 멀리 있는 특징점들(contours)이 경계선에 포함되기 때문이다. 따라서 정확도가 높은 상단 경계선을 검출하기 위해 탐색된 점들 중

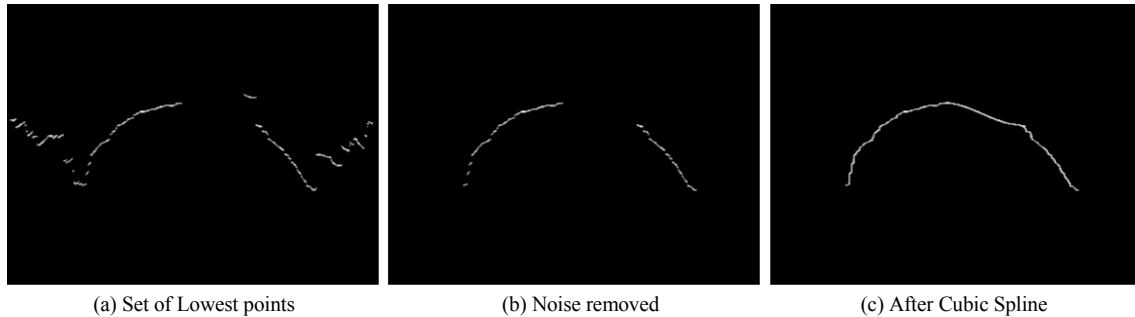


Fig. 3 Extracting Upper Boundary of the Prostate

에서 전립선 영역으로부터 거리가 먼 특징 점들을 제거한다. 전립선 영역으로부터 거리가 먼 특징 점들을 판단하기 위한 규칙을 정의하기 위해 영상의 가로축 양 끝에서 가로축의 중심으로 향하는 방향을 안쪽 방향이라 정의하고 반대를 바깥쪽 방향이라고 한다. 영상의 바깥쪽의 점들을 판단하기 위해 바깥 방향으로 탐색하며 수직 위치 변화를 분석한다. 전립선 영역은 둥근 형태로 나타나기 때문에 전립선 상단 경계선이 바깥쪽으로 갈수록 특징점이 아래로 내려간다. 따라서 수직 위치 변화가 영상의 상단 방향으로 증가한 상태가 일정 구간동안 이루어지면 상단 방향으로 증가하기 시작한 점부터 영상의 바깥쪽의 모든 점들을 전립선 상단 경계선에 포함되지 않는 부분으로 판단하여 제거 대상으로 간주한다. 우측 바깥쪽으로 탐색하며 제거 시작점을 찾는 과정에 적용되는 수식은 식 (3)과 같다.

$$\Delta p_i = p_{i+1} - p_i \quad (3)$$

식 (3)에서  $p_i$ 는  $i$ 번째 특징점을 나타내고  $\Delta p_i$ 는  $p_i$ 와  $p_{i+1}$ 의 높이 차를 의미한다.

이 때,  $\sum_{k=i}^{i+c} p_k = \sum_{k=i}^{i+c} |p_k|$  를 만족하는  $p_k$ 를 제거 시작으로 판단한다.  $c$ 는 판단 범위를 나타내는 자연수이다. 우리는 영상의 가로 길이  $W$ 에 대해  $c = W/100$ 에서 가장 좋은 결과를 얻을 수 있는 것을 확인하였다. 좌측 바깥쪽으로 탐색하는 경우에는 특징점 번호  $i$ 를 감소시키는 것으로 제거 시작점을 찾을 수 있다. 반대로 상단 경계선의 안쪽 방향의 특징 점은 위치가 위로 상승하는 수직 위치 변화가 점점 작아진다. 따라서 수직 위치 변화가 크게 나타나는 특징점이 탐색되면 그 점으로부터 안쪽 방향의 모든 특징 점들을 제거 대상으로 간주

한다. 즉, 수직 위치 변화 허용치  $\sigma$ 에 대해  $\Delta p_i > \sigma$ 를 만족하는  $p_i$ 를 안쪽 방향 제거 시작점으로 한다. 영상의 높이  $H$ 에 대해  $\sigma = H/60$ 일 때 정확한 상단 경계선을 얻을 수 있었다. 그림 3은 전립선 상단 경계선을 추출한 결과이다. 그림 3(b)는 초음파 영상에서 나타나는 전립선 영역의 위치와 형태를 기반으로 상단 경계선에 포함되지 않는 특징 점들을 제거한 결과이고 그림 3(c)는 추출한 상단 경계선의 특징 점들을 Monotone cubic interpolation을 적용하여 연결한 결과이다.

전립선 하단 경계선을 추출하기 위해 그림 3(a)와 같이 전립선 상단 경계선 보다 아래에 위치하는 영역을 새로운 ROI로 갱신한다. 전립선 영역이 주변 영역보다 어둡게 나타나고, 그 중에서도 하단 영역이 상단 영역보다 더 어둡게 나타나는 특징을 이용하여 전립선 하단 경계선을 추출한다. 명암 대비가 작고 분포가 일정하기 때문에, 오프 이진화를 이용하여 갱신한 ROI에서 하단 경계선을 포함하는 객체를 추출한다. 오프 이진화는 임계값  $T$ 를 기준으로 두 집합으로 나누었을 때 명암 분포를 균일하게 나누는 임계값  $T$ 를 계산하는 최적화 알고리즘이다. 오프 이진화를 적용한 영상에서 전립선 하단 경계선을 포함하는 객체를 얻기 위해 Morphological Operation을 수행한다.

영상에 따라 침식 연산을 2-3회 가량 수행하여 초음파 탐침 주변에 존재하는 명암 값이 비슷한 잡음들을 분리한다. 잡음과 분리된 객체들 중 크기가 가장 큰 객체를 선택하고 팽창 연산을 수행하여 침식 연산으로 인한 정보 손실을 보완한다. 그 후, 추출한 객체에 전립선 영역이 둥근 형태로 나타나는 특성을 반영하기 위해 가우시안 필터와 침식 연산을 적용하여 추출한 객체가 뾰족한 부분이 나타나지 않도록 한다. 그림 4는 오프 이진화

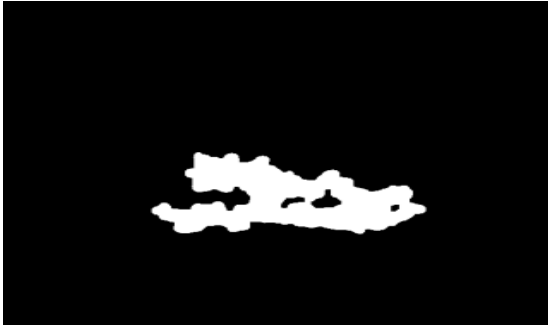


Fig. 4 Object obtained from morphological Operation and Gaussian Filter that contains lower boundary lines of the prostate

결과에 Morphology Operation을 이용하여 잡음을 분리한 후, 추출한 전립선 하단 경계선 정보를 가진 객체에 표준편차  $\sigma = 2.0$ 로 설정한 가우시안 필터를 적용한 결과이다.

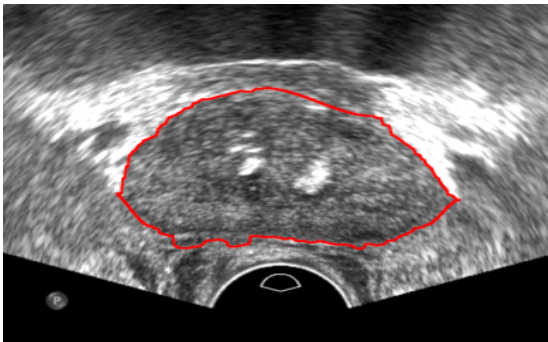


Fig. 5 Prostate Boundary Lines by Proposed Method

최종적으로 그림 3(c)와 같이 추출한 전립선 영역의 상단 경계선과 그림 4에 나타난 객체의 하단 경계선을 연결하여 그림 5와 같이 전립선 영역 경계선을 추출한다. 경계선의 내부가 제안하는 방법으로 추출한 전립선 영역이 된다.

### III. 실험 및 결과 분석

제안된 전립선 분할 방법의 효율성을 평가하기 위하여 두 명의 종합 병원 전문의가 분석한 결과를 평균한 결과와 제안된 방법을 적용한 결과를 비교 분석하였다. 12개의  $1024 \times 768$  크기를 가진 전립선 초음파 영상을

대상으로 실험하였다. 성능 지표는 True Positive 비율, False Positive 비율, Accuracy 및 오버랩 오류이다. 성능 지수는 다음과 같이 계산한다.

$$TP\ Rate = \frac{|Am \cap Aa|}{Am}$$

$$FR\ Rate = \frac{|Aa - Am|}{|Am \cup Aa|}$$

$$ACC = \frac{|Am \cap Aa|}{|Am \cup Aa|}$$

$$Overlap\ Err = \frac{(|Aa - Am| + |Am - Aa|)}{Am}$$

이 실험에 사용된 모든 영상별 성능 지수는 표 1과 같다. 표 1에서 알 수 있듯이 제안하는 방법은 참 양성률은 높으나 거짓 양성률은 많게 나타났다.

Table. 1 Experiment Result

Image	TPRATE	FPRATE	ACC	Overlap Err
1	97.1%	9.9%	87.4%	13.9%
2	97.8%	7.9%	90.0%	10.8%
3	98.7%	8.3%	90.5%	10.3%
4	98.1%	11.5%	86.8%	14.9%
5	98.3%	12.5%	86.0%	16.0%
6	99.0%	9.4%	89.6%	11.4%
7	98.8%	13.4%	85.6%	16.7%
8	94.4%	4.4%	90.2%	10.2%
9	99.0%	11.5%	87.7%	13.9%
10	96.4%	9.2%	87.5%	13.7%
11	98.9%	9.7%	89.3%	11.8%
12	97.0%	19.3%	78.2%	27.0%
Average	97.79%	10.59%	87.42%	14.20%
STDEV	1.39%	3.63%	3.35%	4.56%

실험 영상 12의 경우에 대해 전문의가 표시가 전립선 영역과 제안된 방법으로 전립선을 추출한 결과를 그림 6으로 나타내었다.

제안된 형태 기반 전립선 분할 방법은 커브 피팅 하위 프로세스를 적용하지 않기 때문에 경계선은 실제로 인간 전문의가 표기한 윤곽의 자연스러운 곡선 모양과 달리 연결된 직선의 집합으로 전립선 영역이 추출되었다.

그러나 제안된 방법은 실제로 True positive index

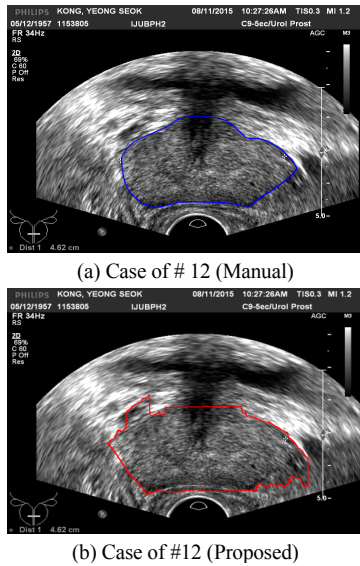


Fig. 6 Ground Truth and Proposed method

(Sensitivity)와 같이 안정성을 가진 대부분의 Ground Truth 픽셀을 포함하고 있는 것을 실험을 통하여 확인하였다. 제안된 방법의 결과를 동일한 민감도 지수에 대한 몇 가지 알려진 보고서와 비교한 결과를 표 2로 나타내었다.

Table. 2 True Positive rate Comparison

Reference	Average	Stdev
Ladak et al.[11]	94.5%	2.7%
Betrouni et. al.[12]	93.0%	unknown
Badiei et. al.[13]	97.0%	2.0%
Proposed method	97.8%	1.4%

#### IV. 결론

본 논문에서는 전립선 초음파 영상에서 전립선을 촬영한 초음파 영상에서 나타나는 특징과 전립선 영역의 형태학적 특징을 이용하여 자동으로 전립선 영역을 추출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 전립선 초음파 영상에서 전립선 영역의 상단 경계선에서 명암 변화가 크게 나타난다는 특징과 전립선 영역이 초음파 탐침에 가깝게 위치한다는 특징을 이용하여 전립선 상단 경계선을 추출하였다. 제안된 방법에서는 이러한 특

징을 히스토그램 정보를 이용하여 명암대비를 조정하여 전립선 영역의 상단 경계선을 검출하기 위한 기준 객체들을 추출하고, 기준 객체들의 하단 경계선을 Monotone cubic spline 보간법을 적용하여 전립선의 상단 경계선을 추출하였다. 전립선 하단 경계선은 전립선 영역이 초음파 탐침에 가까울수록 어렵게 나타나고 전립선 영역과 초음파 탐침 사이의 배경 영역은 전립선 영역보다 밝다는 특징을 이용하여 추출하였다. 이는 전립선 상단 경계선보다 아래에 위치하는 영역으로 ROI를 갱신하고 오즈 이진화를 적용하여 ROI에서 어두운 영역을 추출하고 Morphological Operation과 가우시안 필터를 이용하여 전립선 하단 경계선을 추출하였다.

결과적으로 제안된 전립선 분할 방법은 최소한 대부분의 실제 픽셀(평균 97.8%, 1.4% 표준 편차)을 찾은 것으로 실험을 통하여 확인하였다. 그러나 곡선 맞춤 통계는 스플라인 보간법이 전립선 곡선을 근사화하는데 오차가 발생하는 것으로 확인되었다.

향후 연구 방향은 그래프 신경망을 적용하여 의미 분석을 통해 위양성률을 줄이는 방향으로 연구할 것이다.

#### REFERENCES

- [1] Y. Yu, Y. Chen, and B. Chiu, "Fully automatic prostate segmentation from transrectal ultrasound images based on radial bas-relief initialization and slice-based propagation," *Computers in biology and medicine*, vol. 74, no. 1, pp. 74-90, Jul. 2016.
- [2] K. W. Jung, Y. J. Won, C. M. Oh, H. J. Kong, D. H. Lee, and K. H. Lee, "Cancer Statistics in Korea: Incidence, Mortality, Survival, and Prevalence in 2014," *Cancer Research and Treatment*, vol. 49, no. 2, pp. 292-305, Mar. 2017.
- [3] H. K. Park, H. Park, J. Bae, S. K. Hong, S. -S. Byun, S. E. Lee, K. W. Kim, S. Y. Cho, S. J. Jeong, and C. Y. Yoon, "The Prevalence of Benign Prostatic Hyperplasia in Elderly Men in Korea: A Community-Based Study," *Korean Journal of Urology*, vol. 50, no. 9, pp. 843-847, Sep. 2009.
- [4] W. Park, "Diagnosis and management of prostate cancer," *Journal of the Korean Medical Association*, vol. 58, no. 1, pp. 5-6, Jan. 2015.
- [5] J. A. Noble and D. Boukerroui, "Ultrasound image segmentation: a survey," *IEEE Transactions on medical imaging*, vol. 25, no. 8, pp. 987-1010, Aug. 2006.
- [6] P. Yan, S. Xu, B. Turkbey, and J. Kruecker, "Discrete



- deformable model guided by partial active shape model for TRUS image segmentation,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 57, no. 5, pp. 1158-1166, May. 2010.
- [ 7 ] F. A. Cosio, “Automatic Initialization of an Active Shape Model of the Prostate,” *Medical Image Analysis*, vol. 12, no. 4, pp. 469-483, Aug. 2008.
- [ 8 ] F. Sahba, H. R. Tizhoosh, and M. M. A. Salama, “Segmentation of prostate boundaries using regional contrast enhancement,” in *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*, Genova, Italy, vol. 2, pp. 1266-1269, Nov. 2005.
- [ 9 ] N. N. Kachouie, P. Fieguth, and S. Rahnamayan, “An elliptical level set method for automatic TRUS prostate image segmentation,” in *Proceedings of IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology*, Vancouver: BC, Canada, pp. 191-196, Aug. 2006.
- [10] K. B. Kim, H. J. Park, D. H. Song, and B. K. Choi, “Automatic Ultrasonographic Measurement of Abdominal Muscle Thickness with Fuzzy Binarization and Image Processing Techniques,” *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*, vol. 6, no. 6, pp. 1363-1369, Oct. 2016.
- [11] H. M. Ladak, F. Mao, Y. Wang, D. B. Downey, D. A. Steinman, and A. Fenster, “Prostate segmentation from 2D ultrasound images,” in *Proceedings of the 22nd Annual International Conference the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Chicago: IL, USA, vol. 4, pp. 3188-3191, Jul. 2000.
- [12] N. Betrouni, M. Vermandel, D. Pasquier, S. Maouche, and J. Rousseau, “Segmentation of Abdominal Ultrasound Images of the Prostate Using A priori Information and an Adapted Noise Filter,” *Computerized Medical Imaging and Graphics*, vol. 29, no. 1, pp. 43-51, Jan. 2005.
- [13] S. Badiei, S. E. Salcudean, J. Varah and W. J. Morris, “Prostate segmentation in 2D ultrasound images using image warping and ellipse fitting,” in *Proceedings of Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI*, Copenhagen, Denmark, vol. 4191, pp. 17-24, Oct. 2006.



**김광백(Kwang Baek Kim)**

1999년 부산대학교 전자계산학과 졸업(이학박사)  
 1997년~2020년 : 신라대학교 컴퓨터소프트웨어공학부 교수  
 2021년~현재 : 신라대학교 인공지능학과 교수  
 1999년~2000년 : Biomedical Fuzzy Systems Association, Editor, Japan  
 2009년 : Journal of Digital Imaging (Springer: SCI), Guest Editor  
 2013년 : International Journal of Computational Vision and Robotics(SCOPUS), Guest Editor  
 2013년 : International Journal of Information and Communication Technology(SCOPUS), Guest Edit  
 2014년~현재 : Open Computer Science Journal, Editor,  
 2012년~현재 : 한국지능정보시스템학회 편집위원  
 2013년~현재 : International Journal of Intelligent Information Processing(SCOPUS), Editor  
 2015년 : Computational Intelligence and Neuroscience(SCIE), Lead Guest Editor  
 2016년~2017 : 한국정보통신학회 회장  
 2016년~현재 : The International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems(SCOPUS, ESCI), Associate Editor  
 ※ 관심분야 : 심층 신경망, 딥러닝, 기계 학습, 퍼지 논리, 의료 영상 처리, 컴퓨터비전