



## SFTA와 AdaBoost 기반 한우의 육질 등급 분석

### Grading meat quality of Hanwoo based on SFTA and AdaBoost

조현학\* · 김은경\*\* · 장은석\*\* · 김광백\*\*\* · 김성신\*\*†

Hyunhak Cho, Eun Kyeong Kim, Eunseok Jang, Kwang Baek Kim, and Sungshin Kim †

\*부산대학교 로봇관련협동과정, \*\*부산대학교 전기전자컴퓨터공학과,  
\*\*\*신라대학교 컴퓨터정보공학부

\*Department of Interdisciplinary Cooperative Course: Robot, Pusan National University

\*\*Department of Electrical and Computer Engineering, Pusan National University

\*\*\*Department of Computer and Information Engineering, Silla University

#### 요 약

본 논문에서는 한우의 근내 지방 부분을 초음파 기기를 이용하여 촬영한 초음파 영상의 특징 분석을 통해 classification 알고리즘을 이용하여 한우의 도체육질 등급을 예측하는 방법을 제안하며, 인체의 초음파 영상을 이용하여 진단 및 치료 검증 과제에 있어 사전 연구로 진행된 연구로, 차후에는 초음파 영상의 분석 범위를 확대할 예정이다. 한우의 초음파 영상을 활용한 경우에는 생체 정보를 한우 개량의 측면에서 생체 육질 정보를 조기에 획득하여 활용함으로써, 도축하지 않고도 육질 및 육량을 측정하여 개량의 속도를 배가시킬 수 있고, 농가 경영 측면에서 출하시기 및 방법의 조절로 농가 수익향상에 일조할 수 있는 중요한 핵심 기술이다. 이에 대한 많은 연구가 미국과 일본을 중심으로 이루어져 왔으며, 특히 기기에 의한 객관적인 측정방법들이 다양하게 연구되고 있지만 정확도가 낮다. 따라서 제안된 연구에서는 한우의 근내 지방 초음파 영상에 특징점 추출 알고리즘과 classification 알고리즘을 적용하여 한우의 도체 육질을 예측하였다. 실험 결과 제안하는 방법을 적용하였을 경우, 기존의 방법에 비해 효율적인 것을 확인할 수 있었다.

키워드 : 육질 등급 분석, 초음파 영상, AdaBoost, SFTA,

#### Abstract

This paper proposes a grade prediction method to measure meat quality in Hanwoo (Korean Native Cattle) using classification and feature extraction algorithms. The applied classification algorithm is an AdaBoost and the texture features of the given ultrasound images are extracted using SFTA. In this paper, as an initial phase, we selected ultrasound images of Hanwoo for verifying experimental results; however, we ultimately aimed to develop a diagnostic decision support system for human body scan using ultrasound images. The advantages of using ultrasound images of Hanwoo are: accurate grade prediction without butchery, optimizing shipping and feeding schedule and economic benefits. Researches on grade prediction using biometric data such as ultrasound images have been studied in countries like USA, Japan, and Korea. Studies have been based on accurate prediction method of different images obtained from different machines. However, the prediction accuracy is low. Therefore, we proposed a prediction method of meat quality. From the experimental results compared with that of the real grades, the experimental results demonstrated that the proposed method is superior to the other methods.

Key Words : Meat quality, Ultrasound Image, AdaBoost, SFTA,

Received: Nov. 21, 2016  
Revised : Dec. 8, 2016  
Accepted: Dec. 14, 2016  
† Corresponding authors  
sskim@pusan.ac.kr

본 논문은 BK21플러스, IT기반 융합산업 창의인력양성사업단에 의하여 지원되었으며, 산업통상자원부가 지원하는 산업융합·연계형 로봇창의인재양성사업의 연구결과로 수행되었음.(N0001126)

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.

## 1. 서 론

한우는 대한민국에서 기원전 2000년 경 전부터 사육해오던 재래종 소로써, 농경과 운반 등의 작업을 수행하였다. 농업에서 기계화가 이루어지기 전까지는 한우가 중대한 역할을 수행하고 있었으나, 점차 일소로서의 용도가 줄어들고 식용으로 변화되었다.

연간 1인당 축산물 소비량은 꾸준한 증가를 보여 왔으며, 그 중 국민 1인당 연간 쇠고기 소비량은 1990년 4.1 kg, 2002년 8.5 kg, 2011년 10.7 kg, 2014년 11.6 kg으로 전체 육류 소비량에서 많은 부분을 차지하고 있으며, 지속적인 증가를 보이고 있으며, 또한, 축산물 브랜드 육성이 본격화 되면서 소비자가 원하는 고품질의 쇠고기 생산이 요구되고 있다. (농림수산검역검사본부, 농림축산식품부)

고품질의 쇠고기 생산을 위해서 현재 고급육을 생산하기 위한 고급 사료, 수소의 거세 등과 같은 다양한 사육기술이 적용되고 있다(축산물 등급 판정소). 또한 초음파 진단기를 이용하여 사육

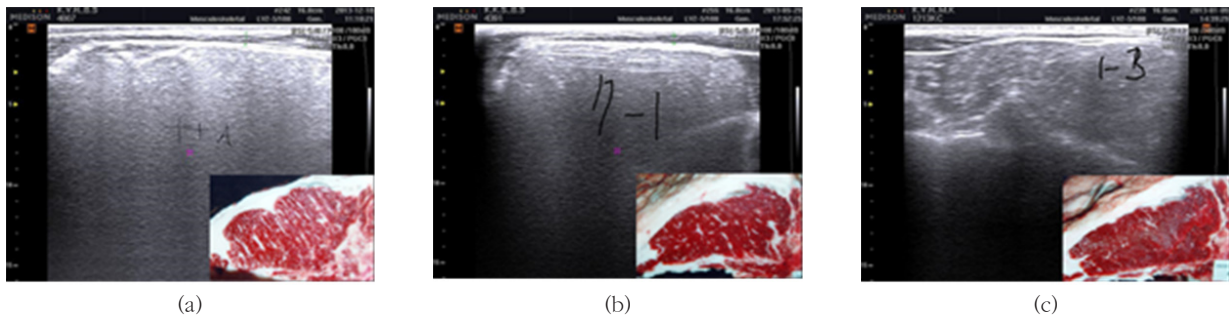


그림 1. 등급에 따른 초음파 영상; (a) 1++ 등급, (b) 1등급, (c) 3등급  
 Fig. 1. Ultrasound image about each grade; (a) 1++ grade, (b) 1 grade, (c) 3grade

단계별로 적절한 사료 급여량을 조절하고, 육량과 육질을 고려한 최적의 출하시기를 결정하는 방법이 널리 이용되고 있다[1-2].

초음파를 통한 한우의 육질 등급 판정 시에는 한우의 육질 정보를 조기에 판정 가능하기 때문에, 출하 전까지 한우를 개량할 수 있다는 장점이 있다. 또한 사육 단계별로 사료 급여량의 조절이 가능하며, 육량과 육질을 고려한 최적의 출하시기를 결정할 수 있다. 이에 초음파 영상 기술을 이용한 한우 육질 조기 판정은 90년대 후반 이후 축산 기술연구소와 농협중앙회를 중심으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 해당 기술은 생축으로부터 한우의 육질을 조기 판정하여 출하시기를 최적으로 판단할 수 있을 뿐만 아니라, 한우의 개량 사업에 적용함으로써, 경비를 절감할 수 있는 장점을 가진다. 실제로 외국 사례의 경우 미국, 캐나다와 호주 등에서 초음파 영상을 분석 기술을 이용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다[3-5].

초음파를 활용한 기존의 연구 방법은 육질 등급 분석에 이용되는 판정 부위의 색상이나 굵기, 선명도 등을 수식화하여 육질 등급을 예측하였다. 하지만 등급이 분류되어진 초음파 영상의 히스토그램을 분석해보면, 등급 별 영상의 특징이 매우 유사한 것을 확인할 수 있다. 또한 초음파 영상을 이용한 한우의 육질 등급 분석의 단점은 영상 판독의 어려움으로 인해 분석하는 판독자의 능력이 등급 판정에 영향을 미치며, 정확도를 높이기 위해 숙련이 필요하다는 단점이 있다. 특히 육질 평가 항목인 근내 지방도를 명확히 판정하는 것은 상당한 숙련과 기술을 필요로 한다.

이를 보완하기 위해서 본 논문에서는 한우의 초음파 영상을 통한 한우의 육질 등급 예측 방법에 대해 소개한다. 일반적으로 초음파 영상은 컬러 정보가 없기 때문에 질감 정보를 통해 영상의 정보를 분석한다. 따라서 먼저 초음파 영상의 질감 정보를 추출하고, 한우의 육질 등급을 판정하는 분류기를 모델링하고자 한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 초음파 영상의 분석이며, 3장에서는 Segmentation-based Fractal Texture Analysis (SFTA)을 이용한 초음파 영상의 질감 특성 분석과 Adaptive Boosting (AdaBoost)을 이용한 육질 등급을 분석, 4장에서는 실험 및 결과를 논의한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 서술한다.

## 2. 한우의 초음파 영상

한우의 육질 등급 분석에서 초음파 측정은 보다 객관적인 방법으로서 저비용, 사용의 용이함, 수율과 육질 특성 평가에 대한 잠재성과 안전성 등의 장점을 가지고 있다. 제안된 방법에서 이용된 한우의 도체 육질 등급은 1++, 1+, 1, 2, 3 등급의 초음파 영상이 이용되었으며, 도체 육질 등급에 따른 각각의 초음파 영상은 그림 1과 같다.

한우의 육질 등급 분석 시에 가장 중요한 부분은 근내지방도 부분이며, 근내지방의 분포에 따라 육질 등급이 분류가 된다. 근내지방은 1, 2차 근속 사이의 지방을 의미하며, 각 등급에 따른 초음파 영상의 특징은 아래와 같다.

1++	등심내부가 전체적으로 흰색의 비율이 많고 1+등급보다 부드러우며, 부분적으로 모여 있는 반사파가 없음
1+	등심 내부가 전체적으로 흰색의 비율이 많고 부분적으로 모여 있는 반사파가 거의 없음
1	등심 내 검은 바탕보다 흰색의 비율이 늘어나고 부분적으로 강한 반사파가 많이 줄어듬
2	등심 내 검은 바탕이 3등급보다 적고 부분적으로 모여 있는 반사파가 적음
3	등심 내 반사파가 적어 전체적으로 검은색의 비율이 많고 부분 부분 밝은 회색의 반사파가 모여 있음

## 3. 한우의 육질 등급 분석

한우의 육질 등급 분석은 초음파 영상의 전처리 단계, 초음파 영상의 질감 특징 정보 추출과 마지막으로 육질 등급 분석 단계로 분류된다. 단계 별 설명에 앞서 제안된 방법의 전체 구성은 그림 2와 같다.

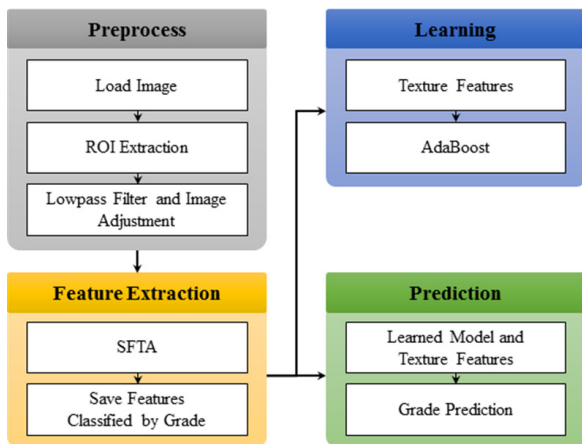


그림 2. 제안된 방법의 흐름도  
Fig. 2. Flowchart of the proposed method

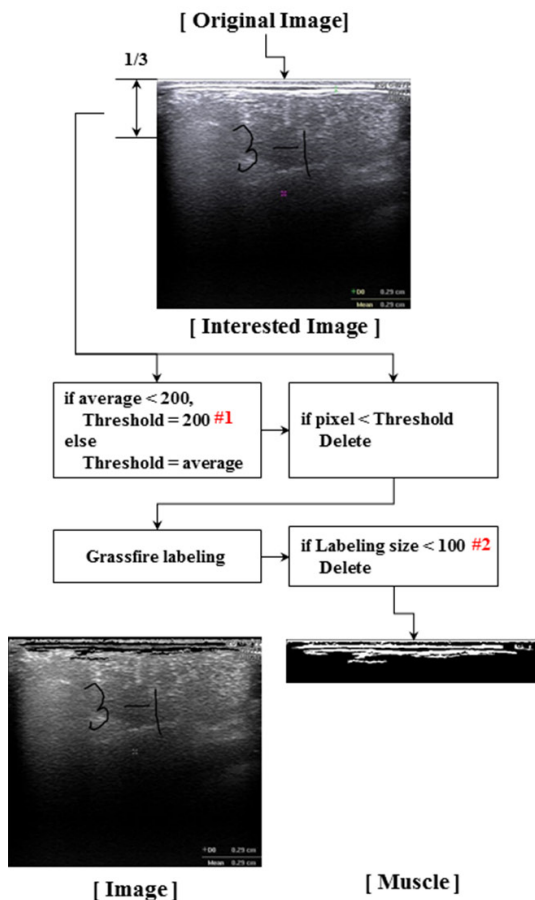
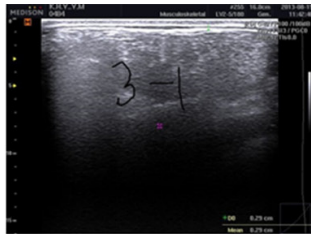


그림 3. 전처리 과정  
Fig. 3. Preprocess step

### 3.1. 초음파 영상의 전처리 단계

전처리 단계에서는 초음파 영상 내에는 육질 등급 분석에 이용되는 관심 영역 이외에 부분인 영상 내의 가장자리 영역과 근육 영역을 제거하며, 전처리 과정 단계는 그림 3과 같다. 전처리 과정에서 #1과 #2의 임의값은 실험을 바탕으로 설정된 값이다.

### 3.2. 초음파 영상의 질감 특징 정보 추출

SFTA 알고리즘은 임의값에 기반하여 분할된 영상의 질감 정보를 추출하는 알고리즘으로, 한우의 등급 초음파 영상과 같이 특징이 매우 유사한 경우에 적용하기 적합하다. 그 이유는 하나의 특징 정보를 추출하는 형태가 아닌 특징의 집합을 추출하기 때문에 등급의 예측에 용이한 특징을 지니며, 알고리즘 구성도는 그림 4와 같다(6기).

SFTA는 두 단계로 분류가 되며, 첫 번째 단계는 Two-Threshold Binary Decomposition (TTBD) 알고리즘을 이용하여 영상을 이진 영상의 집합으로 분해하는 단계이다. TTBD 알고리즘은 2개의 임의값을 이용해 나누어진 3개의 영역을 이용하여 영상에서 특징을 추출한다. 이때 임의값들을 변경하여 이진 영상의 집합을 생성한다. 그림 5의 상단은 TTBD 알고리즘을 나타낸다.

두 번째 단계는 특징 벡터를 계산하여 초음파 영상의 특징을 추출한다. 특징 벡터를 추출하는 단계는 TTBD 알고리즘을 적용하여 얻어진 이진 영상의 경계 영역을 이용한다. 특징 벡터는 *area*, *mean*, *fd(fractal dimension)*으로 구성이 되며, *fd*은 box counting algorithm을 적용하여 계산된다. box counting algorithm은 영상을 일정 크기의 매트릭스로 분할을 한 이후에, 물체가 포함이 된 매트릭스의

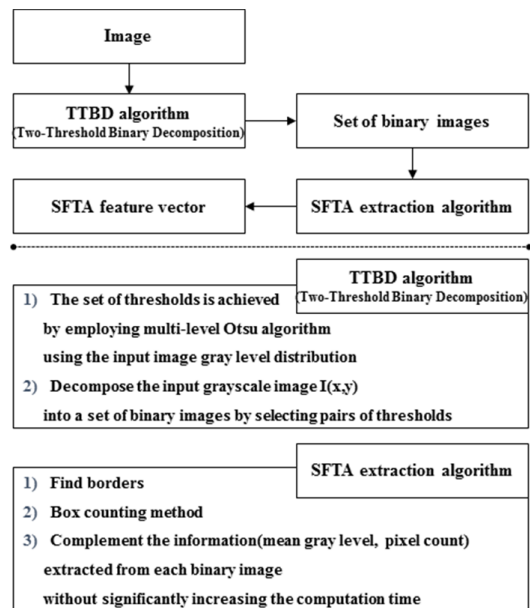


그림 4. SFTA 알고리즘  
Fig. 4. SFTA Feature Extraction

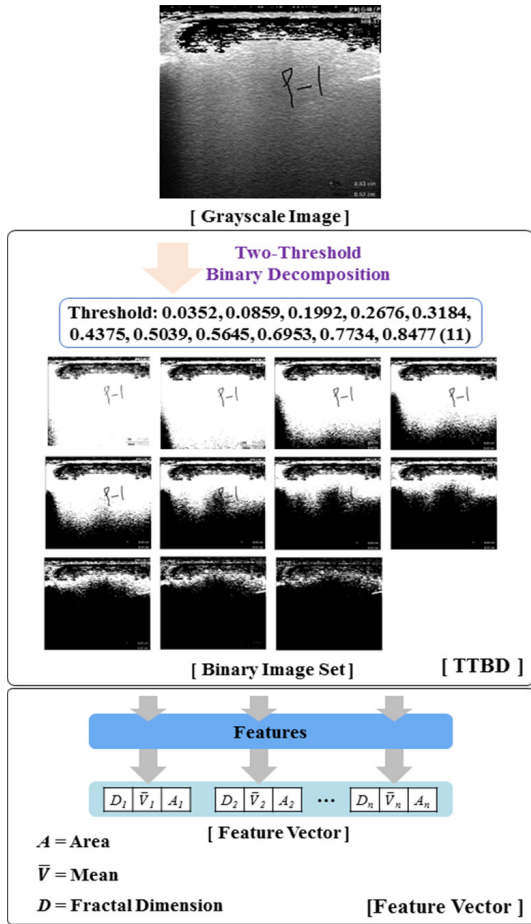


그림 5. TTBD와 특징 벡터 계산 알고리즘  
Fig. 5. TTBD and Calculation of feature vectors

수를 구한다.

그리고 line fitting method를 사용해서 curve를 직선으로 근사화한 이후에 그 직선의 기울기를 계산하는 알고리즘이며, 기울기가  $fd$ 이다.  $area$ 는 이진 영상의 사이즈를 나타내며,  $mean$ 은 추출된 이진 영상의 화소 정보를 바탕으로 초음파 영상의 화소 평균값이다. 그림 5의 하단 부분은 특징 벡터를 계산하는 알고리즘을 나타낸다.

### 3.3. 육질 등급 분석

한우의 육질 등급 분석을 위한 분류기는 neural network, decision tree 등 다양한 알고리즘이 적용될 수 있다. 하지만 제안된 방법에서는 decision tree를 weak classifier로 이용하는 AdaBoost 알고리즘을 이용하였다. 그 이유는 구현이 간단하며, 다수의 weak classifier를 조합하기 때문에 AdaBoost의 학습에는 데이터량이 절대적으로 중요하지 않기 때문이다. 그리고 데이터의 경계가 복잡한 경우에는 단일 classifier로 모델링하기가 어렵기 때문에 다수의 classifier를 이용하여 언급한 문제를 해결할 수 있기 때문이다. 하지만 다수의 classifier를 이용하기 때문에 overfitting

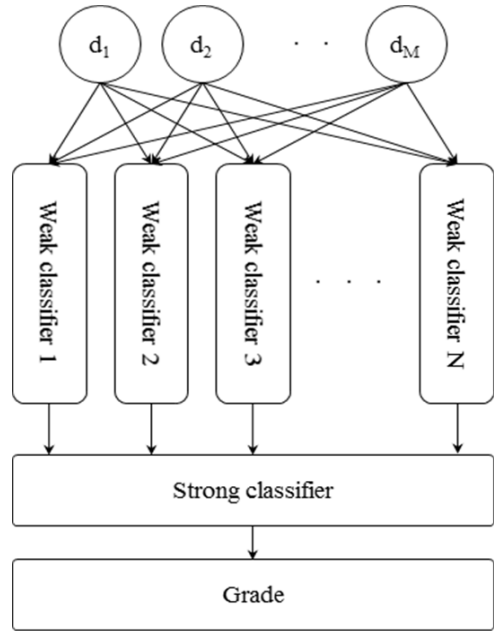


그림 6. AdaBoost 구조  
Fig. 6. Structure of the AdaBoost

이 발생할 가능성이 높다. Boosting은 다른 종류의 classifier들을 weak Classifier로 설정한 이후에, 설정된 classifier를 융합하여 strong classifier를 만드는 알고리즘이다. AdaBoost 알고리즘은 Adaptive Boosting 알고리즘으로 weak classifier로 분류할 시에 발생한 에러에 가중치를 적용하여 새로운 Classifier를 생성하는 알고리즘이다. 제안된 논문에서 적용된 AdaBoost의 구조는 그림 6과 같다[8-9].

한우의 육질 등급 분석에 적용된 AdaBoost의 Weak Classifier는 decision tree로 임의값을 단계별로 조절하면서, 분류된 값과 라벨링된 값을 비교해 에러율을 계산한다. 이때 에러율을 계산할 때 이전에 설정된 가중치가 적용된다. 설정된 학습 횟수를 반복한 이후에 설정된 weak classifier를 이용하여 최종적으로 5개 등급을 분류한다.

## 4. 실험 및 결과

초음파 영상 내의 흰색으로 있는 숫자 중에서 뒷부분이 실제 도축했을 때의 한우 육질 등급을 전문가들이 표기한 것이다. 실험에 이용된 샘플 수는 1++ 등급은 1개, 1+ 등급은 1개, 1 등급은 9개, 2 등급은 15개, 3 등급은 16개다. 영상의 개수가 작은 관계로 인해 classification 알고리즘의 경우 학습과 검증에 모든 영상이 이용되었다.

제안된 방법의 실험 결과는 표 1과 같다. 학습 횟수에 따른 예측율은 그림 7의 Prediction rate와 같으며, 이 때의 오분류율은 그림 7의 Resubstitution error rate에 나타낸다. 실험 결과, 1++

등급에서 100.00 %, 1+ 등급에서 100.00 %, 1등급에서 55.56 %, 2등급에서 86.67 %, 3등급에서 87.75 %로 예측이 되었으며, 전체적으로는 80.95%의 예측율을 확인하였다. 이는 기존의 방법인 SFTA와 SVM을 적용한 결과인 76.19%에 비해서는 효율적인 것을 확인하였다[10]. 제안된 방법에서 이용된 초음파 영상의 히스토그램 정보를 분석해보면, 모든 등급에서 유사한 정보를 나타내며, 이는 특징점이 유사한 정보를 나타내는 것을 의미한다. 각 등급 분류의 경계가 모호하기 때문에, 단일 classifier에 비해 다수를 이용하는 AdaBoost를 적용한 경우가 효율적인 것을 확인할 수 있다. 제안된 방법의 단점으로는 앞서 언급한 등급 별 특징이 유사하기 때문에 실험 결과에서도 확인할 수 있듯이 1 등급에서는 정확도가 낮다. 그리고 실험에 이용된 초음파 영상의 개수가 작기 때문에 overfitting 이 발생할 가능성이 있다. 이에 영상의 특징을 조금 더 두드러지게 하는 특징점 추출 알고리즘을 적용할 시에는 효율성이 향상될 것으로 예상된다.

표 1. 한우 육질 등급 예측 정확도  
Table 1. Prediction ratio for the proposed method

Grade	1++	1+	1	2	3
1++	100	0	0	0	0
1+	0	100	0	0	0
1	0	0	55.56	0	0
2	0	0	33.33	86.67	12.5
3	0	0	11.11	13.33	87.5
Avg.	80.95 %				

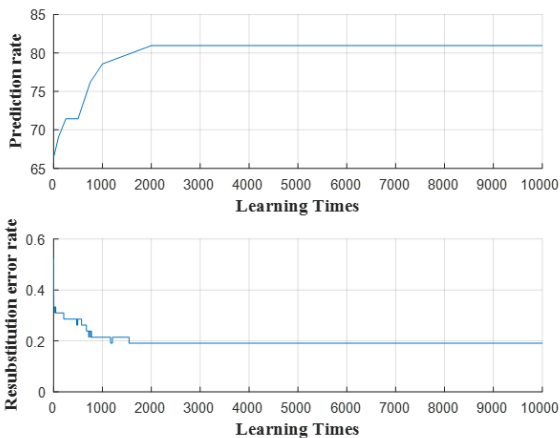


그림 7. 학습 횟수에 따른 한우의 육질 등급 예측율과 오분류율  
Fig. 7. Prediction ratio and resubstitution error ratio for learning times

### 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 초음파 영상의 특징 추출 알고리즘인 SFTA Feature

Extraction algorithm과 등급 예측을 위한 Classification 알고리즘인 AdaBoost 알고리즘을 이용하여 한우 도체 육질의 등급을 조기 예측하는 방법을 제안하였다. 육질 등급 분석을 위한 전처리 단계에서는 초음파 영상에서 불필요한 영역과 근육 영역을 제외한 영상에서 잡음 영역을 제거하였으며, 잡음이 제거된 영상에서 SFTA Feature Extraction algorithm을 이용하여 영상의 특징을 추출하였다. 마지막 단계로 추출된 정보를 바탕으로 Decision Tree 기반의 AdaBoost 알고리즘을 이용하여 육질의 등급을 예측하였다.

실험 결과, 제안한 알고리즘을 이용한 경우에는 각 등급 별로 1++등급에서 100.00 %, 1+등급에서 100.00 %, 1등급에서 55.56 %, 2등급에서 86.67 %, 3등급에서 87.50 %의 예측율을 확인할 수 있었으며, 전체적으로는 80.95%의 예측율을 확인할 수 있었다.

향후 연구로는 정밀도를 향상시킬 것이며, 해당 과제를 이용하여 인체의 초음파 영상을 분석하는 과정을 진행할 예정이다.

### References

- [1] J. D. Gresham, S. R. McPeake, J. K. Bernard, M. J. Riemann, R. W. Wyatt and H. H. Henderson, "Prediction of live and carcass characteristics of market hogs by use of a single longitudinal ultrasonic scan," *Journal of Animal Science*, vol. 72, pp. 1409-1416, 1994.
- [2] C. S. Haley, E. Dagar and M. Ellis, "Genetic components of growth and ultrasonic fat depth traits in meishan and large white pigs and their reciprocal crosses," *Animal Production Science*, vol. 54, pp. 105-115, 1992.
- [3] D. L. Robinson, C. A. McDonald, K. Hammond and J. W. Turner, "Live animal measurement of carcass traits by ultrasound assessment, accuracy of sonographers," *Journal of Animal Science*, vol. 70, pp. 1667-1676, 1992.
- [4] Y. J. Rhee, J. Y. Kim, S. K. Lee, and Y. H. Song, "Prediction of Carcass Meat Quality Grade by Ultrasound in Hanwoo," *Journal of Animal Science and Technology*, vol. 47, pp. 1095-1100, 2005.
- [5] H. C. Kim, D. H. Lee, S. B. Choi and G. J. Jeon, "Relation Between Ultrasonic and Car-cass Measures for Meat Qualities in Hanwoo Steers," *Journal of Animal Science and Technology*, vol. 45, pp. 183-190, 2003.
- [6] H. Y. Lee, J. H. Kim, S. Y. Kim, B. J. Choi, S. H. Moon and K. H. Park, "Design of a SIFT based Target Classification Algorithm robust to Geometric Transformation of Target," *Journal of*

*Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 20, no. 1, pp. 116-122, 2010.

- [7] J. H. Yu and K. B. Sim, "Face Classification Using Cascade Facial Detection and Convolutional Neural Network," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 26, No. 1, pp. 70-75, 2016.
- [8] H. S. Lee, J. G. Kim, J. W. Yu, Y. S. Jeong and S. S. Kim, "A Study on Chaff Echo Detection using AdaBoost Algorithm and Radar Data," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 23, no. 6, pp. 545-550, 2013.
- [9] S. C. Lee, S. K. Oh and H. K. Kim, "Design of PCA-based pRBFNNs Pattern Classifier for Digit Recognition," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 25, no. 4, pp. 355-360, 2015.
- [10] E. K. Kim, H. H. Cho, H. S. Lee, K. B. Kim and S. S. Kim, "Grading Analysis of Korean Native Cattle based on SFTA Feature and Support Vector Machine Algorithms," *Proceedings of the Korean Institute of Intelligent Systems Conference*, pp. 135-136, 2015.

관심분야 : 2D/3D Image Processing, Stereo Camera, Mobile Robot, Localization

Phone : +82-51-510-2367

E-mail : kimeunbyeong@pusan.ac.kr



**장은석(Eunseok Jang)**

2015년 : 인제대학교 전자지능로봇공학과 공학사

2015년~현재 : 부산대학교 전기전자 컴퓨터공학과 석사과정

관심분야 : Intelligent Robot, Signal Processing, Sensor Technology

Phone : +82-51-510-2367

E-mail : esjang@pusan.ac.kr



**김광백(Kwang Baek Kim)**

1999년 : 부산대학교 전자계산학과 이학박사

1997년~현재 : 신라대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : Fuzzy Neural Networks, Medical Image Processing, Support Vector Machines, Bio informatics and Biomedical System

Phone : +82-51-999-5052

E-mail : gbkim@silla.ac.kr



**김성신(Sungshin Kim)**

1986년 : 연세대학교 전기공학과 공학석사

1996년 : Georgia Inst. of Technology 전기 및 컴퓨터공학부 공학박사

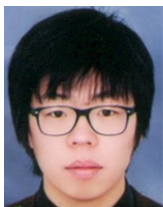
1998년~현재 : 부산대학교 전기컴퓨터공학부 교수

관심분야 : Intelligent System & Robot, Sensor Engineering, Failure prediction and diagnosis

Phone : +82-51-510-2374

E-mail : sskim@pusan.ac.kr

**저자 소개**



**조현학(Hyunhak Cho)**

2011년 : 신라대학교 컴퓨터정보공학부 공학사

2013년 : 부산대학교 로봇관련협동과정 공학 석사

2013년~현재 : 부산대학교 로봇관련협동과정 박사과정

관심분야 : Mobile Robot, Localization & Navigation, Sensor, SLAM

Phone : +82-51-510-2367

E-mail : darkruby1004@pusan.ac.kr



**김은경(Eun Kyeong Kim)**

2014년 : 부산대학교 전자전기공학부 공학사

2016년 : 부산대학교 전자전기컴퓨터공학과 공학석사

2016년~현재 : 부산대학교 전기전자 컴퓨터공학과 박사과정