

영상처리 시스템을 이용한 닭 도체 부위 분할 알고리즘 개발

조성호¹, 이효재², 황정호³, 최선⁴, 이호영^{5*}

¹한국폴리텍대학 스마트자동화과, ²공주대학교 생물산업공학부, ³한국폴리텍대학 스마트전기과,
⁴한국폴리텍대학 스마트기계정비과, ⁵한국폴리텍대학 메카트로닉스과

Development of Chicken Carcass Segmentation Algorithm using Image Processing System

Sung-Ho Cho¹, Hyo-Jai Lee², Jung-Ho Hwang³, Sun Choi⁴, Hoyoung Lee^{5*}

¹Dept. of Smart Automation, Korea Polytechnics

²Dept. of Bio-industry mechanical engineering, Kongju National University

³Dept. of Smart Electrics, Korea Polytechnics

⁴Dept. of Smart Machinery Maintenance, Korea Polytechnics

⁵Dept. of Mechatronics Engineering, Korea Polytechnics

요약 우리나라 생활수준의 향상과 더불어 식품소비의 양적인 요구가 충족되면서, 세분화된 식품의 기호 성향을 충족시킬 수 있는 닭고기 소비가 증가하고 있다. 2003년 3월 축산물 품질평가원에서 고시(농림부 고시 제2003-14호)한 닭 도체 품질관정세부기준은 닭 도체 부위별 이물질 부착, 피·멍의 크기 및 중량에 따라 품질 등급을 기준을 제시하였다. 그러나 현실적으로 검사관 개인의 주관적인 평가 기준으로 적용된 고시로 수천 마리의 닭 도체 등급관정을 유지하기가 어려운 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 닭 도체 품질 세부기준에 따라 닭 도체 부위 분할하기 위해 비접촉/비파괴 방식인 컴퓨터 시각 기술 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 실시간으로 빠르게 움직이는 닭 도체를 부위 분할하기 위하여 조명 외란에 강인하도록 보정하는 과정과 닭 도체와 배경을 구분하기 위한 EM(expectation maximization), Erosion 및 Labeling 알고리즘, 그리고 닭 도체의 기하학적 형태를 분석하여 부위별 특징점을 찾고 점들의 위치를 계산하여 부위를 분할 할 수 있는 알고리즘을 사용하였다. 총 78마리의 닭 도체 샘플에 대하여 제안한 영상처리 알고리즘을 적용한 결과 닭 도체 부위 분할 알고리즘이 효과적임을 알 수 있었다.

Abstract As a higher standard for food consumption is required, the consumption of chicken meat that can satisfy the subdivided food preferences is increasing. In March 2003, the quality criteria for chicken carcasses notified by the Livestock Quality Assessment Service suggested quality grades according to fecal contamination and the size and weight of blood and bruises. On the other hand, it is too difficult for human inspection to qualify mass products, which is key to maintaining consistency for grading thousands of chicken carcasses.

This paper proposed the computer vision algorithm as a non-destructive inspection, which can identify chicken carcass parts according to the detailed standards. To inspect the chicken carcasses conveyed at high speed, the image calibration was involved in providing robustness to the side effect of external lighting interference. The separation between chicken and background was achieved by a series of image processing, such as binarization based on Expectation Maximization, Erosion, and Labeling. In terms of shape analysis of chicken carcasses, the features are presented to reveal geometric information. After applying the algorithm to 78 chicken carcass samples, the algorithm was effective in segmenting chicken carcass against a background and analyzing its geometric features.

Keywords : Chicken Carcass, Segmentation, Quality Grade, Computer Vision, Light

본 논문은 농림축산식품부 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Hoyoung Lee(Korea Polytechnics)

email: hoyoung_lee@kopo.ac.kr

Received December 10, 2020

Revised January 6, 2021

Accepted March 5, 2021

Published March 31, 2021

1. 서론

국민소득 증대에 따라 경제수준이 향상되면서, 전통적인 식품 소비 패턴에 많은 변화를 가져왔다. 곡류와 채소류의 소비는 감소하고, 과일과 달걀, 육류 등의 소비가 크게 증가하고 있다[1,2].

닭고기의 품질 평가 기준은 2003년부터 농림부에서 고시하였으며[3], 닭고기의 품질은 3등급(1+, 1, 2등급)으로 구분된다. 닭고기 품질 평가 항목으로는 도체 중량, 외관손상여부, 가슴과 다리부위 등의 살 붙임, 지방 포함 정도 여부, 잔털 및 깃털의 유무, 피부색, 육질의 광택, 피부 응혈, 변색 정도, 골절 및 탈골 여부, 이물질 부착 여부 등이 있다.

품질 평가기준이 매우 다양한 항목으로 이루어져 있어 각 개체에 대하여 평가를 판정사가 직접 수작업으로 수행하면 상당한 노동력이 요구될 것이다.

USDA(U.S. Department of Agriculture)는 가금류를 검사하기 위해서 FSIS(Food Safety and Inspection Service)에 수천명의 정부 검사관을 파견한다. 미국 농무부에서는 검사관들이 하루 8시간동안 1분당 30~35마리의 닭 도체들을 검사하는 과정에서 작업자 피로감, 반복적 움직임의 상처, 손목뼈 터널 증후군이 발생한다고 보고하였다[4].

닭 도체 등급 판정 기준이 정량적이지 않아 검사의 객관성을 확보하기가 어렵고, 작업 시간에 따른 작업 피로도도 평가의 기준을 일정하게 유지하기 어렵다.

이러한 수작업 판정을 대신하여 작업환경의 변화에 영향을 받지 않고, 항목별로 정량적 판정 기준을 적용 가능한 비파괴 품질 판정 자동화 시스템이 필요하다.

가금류 품질 등급판정에 관한 연구동향으로는 칠면조 도체를 가공 생산 주요 공정에서 기계식 시스템을 이용하여 도체들의 무게와 형태 그리고 외관의 품질을 판별하는 영상처리 알고리즘에 관한 연구가 진행된 바 있다[5].

해당 연구는 획득된 영상에서 도체의 형태를 분할하는데 중점을 두었으나, 장기적으로는 색상과 질감을 이용하여 도체의 품질 평가 방법에 대한 가능성을 제시하였다.

ISL(The Instrumentation and Sensing Laboratory)에서 기하학적 외형을 이용한 가금류 검사 시스템을 개발하였다[6].

닭 도체의 품질 판정에서는 실시간 온라인 안전성 검사 목적으로 다분광, 하이퍼 분광을 이용하여, 닭 도체의 배설물로 인한 오염 검사가 주로 진행되었다 [7,8,9,10].

닭 도체의 품질 등급을 판정하기 위해서는 닭 도체 부

위를 구분해야 한다. 닭 도체와 배경의 경계부분이 비슷한 색상이 없는 것처럼 보이더라도 영상 잡음의 영향으로 이치값 이하의 차이를 가질 수도 있다. 이러한 경우 도체에 해당하는 영역이지만, 영상분할 결과는 배경 영역에 해당하는 것으로 나타난다.

이치화 문제는 영상 분할을 수행하기에 앞서, 전처리 과정에서 가우스 필터로 영상 잡음을 제거하여 영상 분할의 성능을 향상 시킬 수 있다[11,12,13].

외곽선 추출에 관한 연구는 소 도체 배경근 단면적 추출 시 외곽 경계의 불분명함으로 인하여 발생하는 오차를 최소화하기 위하여 영상의 RGB채널중 Red 채널과 Green채널의 값을 곱셈 연산한 후 육색의 평균 밝기 값으로 나누어 얻은 채널을 이용하여 기존의 외곽선 추출 알고리즘의 문제점을 개선하였다[14,15].

본 연구에서는 닭 도체 품질 평가 기준에서 기본적으로 수행해야 하는 안전성 확보 및 상품성 향상을 위하여 비접촉/비파괴방식의 닭 도체 부위 분할 알고리즘을 개발하였다. 따라서 본 연구결과는 닭 도체 품질 판정 시스템을 개발을 위한 기초 연구로 활용될 것으로 기대된다.

2. 본론

2.1 실험 장치

2.1.1 영상획득

실시간 온라인으로 닭 도체의 품질을 정밀하게 판단하기 위해서는 카메라 잔상문제를 해결해야 한다.

잔상문제를 해결하기 위하여 Fig. 1에서 보는 바와 같이 아날로그 프로그래시브 타입 8850-CL (Progressive Scan Color Camera) 카메라를 사용하여, 닭 도체의 2차원 기하학적 형태와 이미지에 대한 정보를 획득하였다.

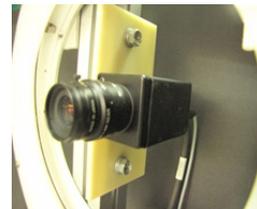


Fig. 1. 8850-CL Camera for image acquisition of a chicken carcass

2.1.2 조명장치

일반적인 영상처리에서 조명의 균일도를 높이기 위해

많은 연구개발이 이루어져 왔다. 본 연구에서는 닭 도체 표면에 균일한 조도를 얻기 위해 Fig. 2와 같이 고주파 형광등을 설치하였다. 고주파 형광등은 일반적인 형광등과 달리 고주파 특성으로 인하여 빛의 깜박임(flicker)이 없고, 열 발생이 적으며 색상의 재현성이 뛰어나다.

닭 도체의 크기를 고려하여 직경 250 mm 1개, 160 mm 2개의 조명을 원형으로 제작하고 전면에 확산판(Diffuser)을 설치해 균일한 조명 환경을 구축하였다.

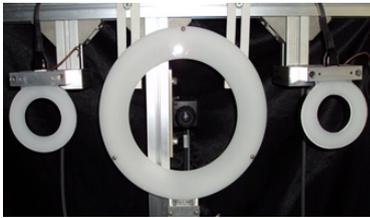


Fig. 2. Installed illumination system with diffusers

2.1.3 색상 보정

영상을 획득하기 전 광원의 특성과 피사체가 갖고 있는 광학적 특성을 파악해야 한다.

닭 도체 품질 측정 시스템에서는 외부 조명의 영향을 차단하고 피사체의 영상을 일관적으로 획득하기 위해서 시스템을 암실형태로 구성하였다.

본 연구에서는 Fig. 3과 같이 조명에 대한 색상 보정은 MINOLTA사의 백색보정판(white calibration plate)을 사용하여 카메라의 색 균형(color balance)을 조정하였다.

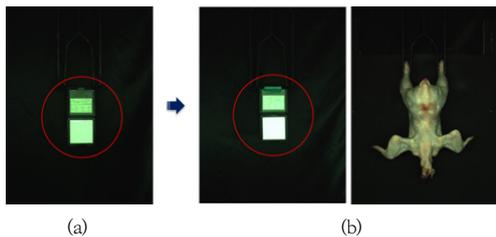


Fig. 3. Image calibration under high frequency fluorescent light illumination
(a) Before calibration (b) After calibration

2.2 닭 도체 부위 분할 측정 알고리즘

Fig. 4는 닭 도체 부위 분할 측정 알고리즘 순서도이다.

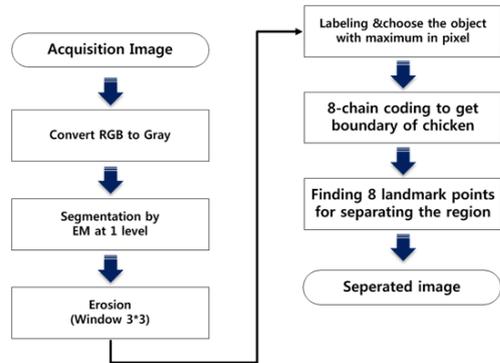


Fig. 4. Flowchart of auto-extracting the chicken carcass partial partition

2.2.1 닭 도체 영상획득 및 이진화

닭 도체 부위 영상분할(Image segmentation)을 위해 Fig. 5(a)에서 보는 바와 같이 닭 도체의 이미지를 획득하여, 닭 도체와 배경을 분리하기 위한 전처리 과정으로 Fig. 5(b)와 같이 회색조(gray scale) 영상으로 변환하였다.

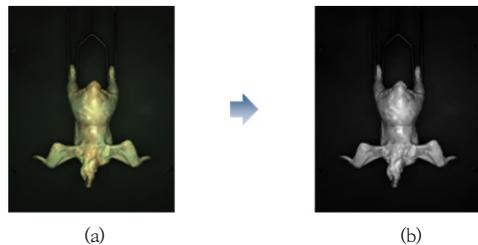


Fig. 5. Conversion from gray scale image to raw color image

(a) Raw color image of chicken carcass
(b) Converted gray scale image

닭 도체와 배경을 이치화하기 위하여 EM (Expectation maximization)알고리즘을 적용하였다. EM 알고리즘은 정보가 은닉되어 있는 경우 가장 유사한 모델을 추정할 때 사용되는 효과적인 반복 알고리즘으로 Maximum Likelihood estimate 방법을 사용하여 모델 변수를 추정하는 방법이다.

Fig. 6(a)을 보면 두 개의 히스토그램 곡선을 확인할 수 있다. 수직 히스토그램은 닭 도체 외곽선에 대한 히스토그램이고, 수평 히스토그램은 조명 왜란에 의해서 발생한 노이즈이다. 노이즈를 제거하기 위해 두 개의 가우시안 커브가 만나는 지점을 이치화 값(T=25)으로 설정하였다. Fig. 6(b)은 EM 알고리즘을 적용하여도 샤클(Shackle) 과 이미지 우측에 잡음 영상이 나타난다.

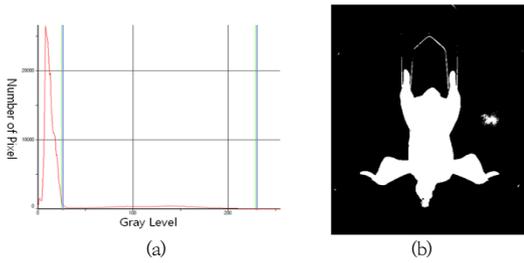


Fig. 6. Threshold result image of applying EM algorithm (T=25)
 (a) EM threshold of intensity histogram (b) Result image after thresholding using EM

2.2.2 잡음영상 제거

Fig. 7(a)은 샤클과 우측에 존재하는 노이즈를 제거하기 위해 모폴로지 알고리즘인 영상침식(3×3 마스크)을 1회 수행하여도 노이즈가 존재한다. Fig. 7(b)에 남아있는 노이즈 영역을 제거하기 위해 라벨링 알고리즘을 적용하여 노이즈를 제거한 결과이다.

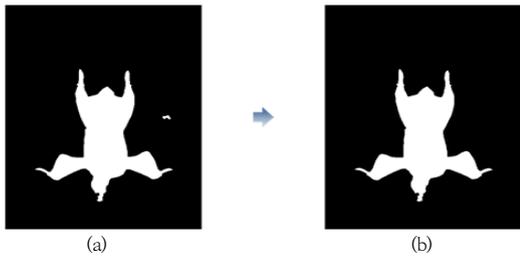


Fig. 7. Result of erosion to labeling
 (a) Result of image after erosion (b) Result of image after labeling

2.2.3 닭 도체 부위 분할

닭 도체 품질 판정 기준 중 변색 항목에서 가슴과 다리부위, 기타부위로 구분하여 등급 판정 기준을 다르게 적용을 한다. 그러므로 닭 도체 이미지를 부위별로 구분하기 위해 본 연구에서 제시한 아래와 같은 방법으로 닭 도체 부위를 분할 할 수 있다.

가. 이진화한 이미지를 Fig. 8과 같이 8-방향 체인코드(시계방향)로 닭 도체의 외곽선에 대한 위치 정보를 획득하여 저장한다.

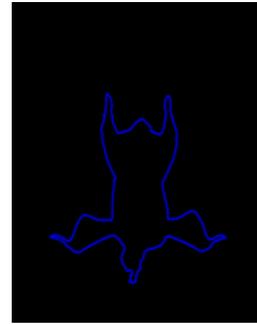


Fig. 8. Resulting image after 8-directional chain code

나. Fig. 10과 같이 날개와 다리 영역을 분할하기 위하여 아래와 같은 순서로 기준점들을 설정한다.

- ① 모든 영상에서 샤클에 의해 고정되어 있는 T1, T2를 찾는다.
- ② T1과 T2의 중심으로 점 T3로 한다.
- ③ 점 T3에서 수직으로 선(d)을 긋는다.
- ④ 선(d)과 닭 도체의 엉덩이 부분 영상의 교차점을 점 T4로 한다.
- ⑤ 영상 밑에서 부터 가로로 스캔하여 닭 도체와 만나는 지점 T5, T6을 찾는다.
- ⑥ 영상을 왼쪽 또는 오른쪽부터 스캔하여 만나는 첫 번째 점을 T7, T8로 한다. (날개 끝)
- ⑦ 영상의 위쪽 부분만 왼쪽 또는 오른쪽부터 스캔하여 만나는 첫 번째 점을 T9, T10로 한다.
- ⑧ A1~A8을 검출한다. (각각의 구간에서 수직으로 거리가 제일 먼 점이 검출됨.)

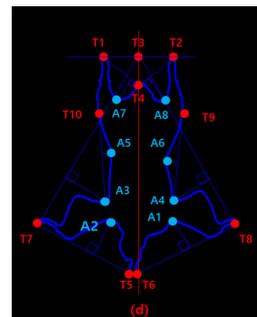


Fig. 9. Specification of reference points for part segmentation of chicken carcass

다. T1~T10을 검출하여 T1-T4, T2-T4, T5-T7, T6-T8, T7-T3, T8-T3을 연결하며 아래와 같은 Eq. (1)과 같이 간단한 직선의 방정식을 각 구간마다 산출한다.

$$(a \times x) + (b \times y) + c = 0 \tag{1}$$

Where, a, b, and c denote variables, x and y denote coordinate values

체인코드로 인해 얻은 윤곽선의 좌표들을 각 구간별로 (x_0, y_0) 에 각각 대입하면 Eq. (2)를 사용하여 거리 H를 구할 수가 있는데, 그 중에서 가장 긴 지점이 A1~A8이 된다.

$$H = \frac{|a \times x_0 + b \times y_0 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (2)$$

Where, H denotes distance(mm), x_0 and y_0 denote initial coordinate values of chain code

모든 점들이 설정된 후, A1-A4, A2-A3, A5-A7, A6-A8을 연결하여 분할하면 Fig. 10과 같이 날개와 다리가 분할된다.

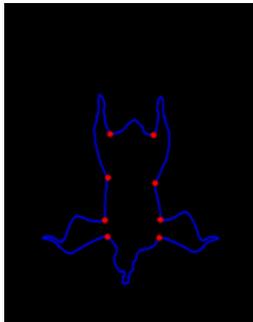


Fig. 10. Result of 8 landmark points for part segmentation

Fig. 11은 본 연구에서 제시한 알고리즘을 적용하여 좌우 날개, 좌우 다리, 몸통 등 총 5개로 닭 도체 부위 분할을 한 결과이다. 총 78마리의 닭 도체 샘플에 대하여 제안된 영상처리 알고리즘을 적용한 결과 도체의 부위 분할이 효과적임을 알 수 있었다.

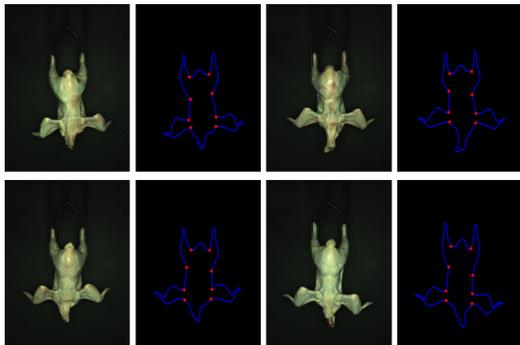


Fig. 11. Result of using part segmentation algorithm of chicken carcasses

3. 결론

본 연구에서는 닭 도체 품질 평가 기준에서 가장 기본적으로 안전성 확보 및 상품성 향상을 위하여 닭 도체 품질 판정 시스템 개발을 위한 기초 연구로서 비접촉/비파괴방식의 닭 도체 부위 분할 알고리즘을 개발하였다.

닭 도체 부위 분할은 배경과 분리하기 위하여 원 영상을 회색조로 변환한 후 EM 알고리즘, 영상침식 및 라벨링 알고리즘을 적용하여 닭 도체와 배경을 분리하였다.

본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 닭 도체 부위 분할은 작업장 내의 조명과 작업환경 부가적 요인으로 인하여 작업의 일관성을 유지하기 어려우므로, 닭 도체 품질 판정 시스템은 암막 천을 이용하여 암실 형태로 구성하였고, 대상체의 광조사 밀도가 비교적 균일한 고주파 형광등을 광원으로 하여 영상획득 장치를 구축하였다.
- (2) 본 연구에서 제안한 닭 도체 부위 분할 알고리즘을 이용하여 몸통, 좌우 날개, 좌우 다리의 5개로 닭 도체 부위 분할을 하였다. 본 연구에서 제시한 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 총 78마리의 닭 도체 샘플에 대하여 알고리즘을 적용한 결과 개발 알고리즘이 효과적임을 알 수 있었다.

References

- [1] J. M. Lee, "An analysis of characteristics in food balance and dietary patterns under the economic growth", *Korean Journal of Food cookery Science*, Vol. 6, No. 1, pp. 41, 1990. <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO199003043156304.page>
- [2] K. Lee, S. Kim, S. Heo, "In-Depth Analysis of Food Consumption in Korea", *Korea Rural economic institute Report*, pp. 1-254. 2016. (In Korean)
- [3] Livestock Grading criteria revision-draft, Ministry of Agriculture and Forestry, 2011, No. 2011-171 (In Korean)
- [4] US Department of Agriculture, "Poultry slaughter", USDA/NASS, Washington, DC, 1997.
- [5] P. Marty-Mahe, P. Marchal, V. Louveau, "Grading Lots of Turkeyes Carcasses on Suspension Chain by Machine Vision", *On-Machine Vision Systems for the Agricultural and Bio-Industries*. 103-109, 1991. <https://hal.inrae.fr/hal-02574169>
- [6] K. Chao, Y. R. Chen, W. R. Hruschka, F. B. Gwozdz, "On-line inspection of poultry carcasses by a

dual-camera system”, *Journal of Food Engineering*, Vol. 51, No. 3, pp. 185-192. 2002.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00051-6)

- [7] Y. R. Chen, R. W. Huffman, B. Park, M. Nguyen, “Transportable spectrophotometer system for on-line classification of poultry carcasses”, *Applied Spectroscopy*, Vol. 50, No. 7, pp. 910-916, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1366/0003702963905583>
- [8] C. C. Yang, K. Chao, Y. R. Chen, H. L. Early, “Systemically diseased chicken identification using multispectral images and region of interest analysis”, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 49, No. 2, pp. 255-271. 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.05.002>
- [9] R. Kang, K. Yang, X. X. Zhang, W. Wu, K. J. Chen, “Development of Online Detection and Processing System for Contaminants on Chicken Carcass Surface”, *Applied Engineering in Agriculture*, Vol. 32, No. 1, pp. 133-139. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.13031/aea.32.11200>
- [10] K. Chao, *Hyperspectral imaging for food quality analysis and control*. Academic Press. 2010, pp. 241-272.
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374753-2.10007-3>
- [11] N. Ueda, R. Nakano, Z. Ghahramani, G. E. Hinton, “Split and merge EM algorithm for improving Gaussian mixture density estimates”, *Journal of VLSI signal processing systems for signal, image and video technology*, Vol. 26, No. 1-2, pp. 133-140. 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008155703044>
- [12] P. E. Brown, P. Nguyen, J. Stafford, S. Ashta, “Local-EM and mismeasured data”, *Statistics & Probability Letters*, Vol. 83, No. 1, pp. 135-140. 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spl.2012.08.030>
- [13] R. B. Dhulipalla, R. C. Verma, N. K. Agrawal, N. Jain, “Visible Image Processing For Feature Identification And Classification Of Agricultural Products-A Critical Review Report.”, *International Journal of Technical Research & Science*, Vol. 3, No. 9, pp.293-300. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.30780/ijtrs.v3.i9.2018.003>
- [14] H. Hwang, “Robust Identification of Lean Tissue Quality form Beef Cut Surface Image”, *Food Engineering Progress*, Vol. 1, No. 2, pp. 122-127, 1997. (In Korean).
DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)43054-0](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)43054-0)
- [15] S. Choi, S. I. Cho, M. H. Lee, H. Hwang, “Automatic extraction of lean-tissue contours for beef quality grading” *Biosystems engineering*, Vol. 102, No. 3, pp. 251-264. 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.11.030>

조 성 호(Sung-Ho Cho)

[정회원]



- 2004년 2월 : 성균관대학교 대학원 바이오메카트로닉스학과 (공학 석사)
- 2011년 8월 : 성균관대학교 대학원 바이오메카트로닉스학과 (공학 박사)

• 2019년 2월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 성남캠퍼스 스마트 자동화과 교수

<관심분야>

컴퓨터비전, 영상인식, 공장자동화

이 효 재(Hyo-Jai Lee)

[정회원]



- 2007년 2월 : 성균관대학교 대학원 바이오메카트로닉스학과 (공학 석사)
- 2013년 8월 : 충북대학교 대학원 바이오시스템공학과 (공학박사)
- 2020년 4월 ~ 현재 : 공주대학교 생물산업공학부 (연구원)

<관심분야>

스마트팜, ICT 융합기술, 농식품 가공시스템

황 정 호(Jung-Ho Hwang)

[정회원]



- 2003년 2월 : 송실대학교 대학원 전기공학과 (석사)
- 2013년 8월 : 송실대학교 대학원 전기공학과 (박사)
- 2019년 8월 ~ 현재 : 한국폴리텍 대학 성남캠퍼스 스마트전기과 교수

<관심분야>

제어 및 시스템

최 선(Sun Choi)

[정회원]



- 2005년 2월 : 성균관대학교 대학원 바이오메카트로닉스학과 (석사)
- 2011년 2월 : 성균관대학교 대학원 바이오메카트로닉스학과 (박사)
- 2019년 8월 ~ 현재 : 한국폴리텍 대학 성남캠퍼스 스마트기계정비과 교수

<관심분야>

컴퓨터비전, 영상인식, 기계설계 및 정비

이 호 영(Ho-Young Lee)

[정회원]



- 2004년 8월 : 아주대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2012년 2월 : 서울대학교 대학원 바이오시스템공학과 (공학박사)
- 2020년 2월 ~ 현재 : 한국폴리텍 대학 인천캠퍼스 메카트로닉스과 교수

<관심분야>

컴퓨터비전, 인공지능, 분광학, 초분광영상처리