

페로몬 트랩 영상에서 해충 검출을 위한 객체 분할

김태우^{1*}, 조태경²

¹한양사이버대학교 전기전자통신공학부, ²상명대학교 정보보안공학과

Object Segmentation for Detection of Moths in the Pheromone Trap Images

Tae-Woo Kim^{1*}, Tae-Kyung Cho²

¹Division of Electrical, Electronic and Communication Engineering, Hanyang Cyber University

²Dept. of Information Security Engineering, Sangmyung University

요약 객체 분할 방식은 객체를 먼저 분할한 후, 검출된 객체에 대해 해충 검출 알고리즘을 적용하므로 해충 개체를 검출하는 데 필요한 처리 비용이 줄어드는 장점이 있다. 본 논문에서는 페로몬 트랩 영상에서 해충 검출을 위한 객체 분할 방법을 제안한다. 제안한 방법은 전처리, 문턱치 처리, 형태학적 필터링, 레이블링 처리로 구성된다. 이들 과정 중 문턱치 처리는 객체 분할의 성능을 좌우하는 매우 중요한 처리 과정이다. 제안한 방법은 문턱치 처리 과정에서 해충 영상의 국소적 특성을 반영하므로 매우 정교한 문턱치 처리를 할 수 있다. 과수원에 설치된 페로몬 트랩에서 수집된 복숭아심식나방 영상에 대해 Otsu의 방법의 전역적 방식과 국소적 방식, 그리고 제안한 방법으로 처리한 결과, 제안한 방법이 조명과 배경의 특성을 잘 반영함을 알 수 있었다. 페로몬 트랩에 수집된 복숭아심식나방 영상에 대해 객체 분할과 개체 분류를 수행하였다. 개체 분류는 SVM 분류기로 학습하여 사용하였다. 실험에서 제안한 방법으로 10개의 해충 영상에 대해 복숭아심식나방 검출 결과 95%의 평균 검출율을 보임으로써 과수원의 복숭아심식나방의 개체 모니터링 방법으로서 효과적임을 보였다.

Abstract The object segmentation approach has the merit of reducing the processing cost required to detect moths of interest, because it applies a moth detection algorithm to the segmented objects after segmenting the objects individually in the moth image. In this paper, an object segmentation method for moth detection in pheromone trap images is proposed. Our method consists of preprocessing, thresholding, morphological filtering, and object labeling processes. Thresholding in the process is a critical step significantly influencing the performance of object segmentation. The proposed method can threshold very elaborately by reflecting the local properties of the moth images. We performed thresholding using global and local versions of Otsu's method and, used the proposed method for the moth images of *Carposina sasakii* acquired on a pheromone trap placed in an orchard. It was demonstrated that the proposed method could reflect the properties of light and background on the moth images. Also, we performed object segmentation and moth classification for *Carposina sasakii* images, where the latter process used an SVM classifier with training and classification steps. In the experiments, the proposed method performed the detection of *Carposina sasakii* for 10 moth images and achieved an average detection rate of 95% of them. Therefore, it was shown that the proposed technique is an effective monitoring method of *Carposina sasakii* in an orchard.

Keywords : *Carposina sasakii*, Moth detection, Moth image, Object segmentation, Pheromone trap, SVM classifier

1. 서론

복숭아심식나방(*Carposina sasakii*)은 한국, 일본, 중

국 등지에 분포하며, 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)과 함께 사과, 배, 복숭아, 자두, 살구, 대추 등의 과실을 가해하여 수량 감소에 직접적인 영향을 끼치는 주요 해

*Corresponding Author : Tae-Woo Kim (Hanyang Cyber Univ.)

Tel: +82-2-2290-0311 email: twkim2@hycu.ac.kr

Received November 1, 2017

Revised November 28, 2017

Accepted December 8, 2017

Published December 31, 2017

층 중의 하나이다[1][2].

복숭아심식나방의 피해를 최소화하기 위해서는 효과적인 방제가 매우 중요하다. 과수원에 분포하는 복숭아심식나방의 개체 수를 모니터링하여 방제 시기와 방제 횟수의 결정하는 것이 바람직하다. 관심 해충의 모니터링은 성페로몬 트랩(sex pheromone trap)[1][3]을 과수원에 설치하여 관심 해충을 수집하여 해충 개체 수를 확인하는 방법으로 할 수 있다. 넓은 지역의 과수원에 페로몬 트랩을 설치하고 해충의 개체 수를 확인하는 효과적인 방법은 영상처리 기법을 이용한 자동화된 모니터링 방법이다.

영상처리를 이용한 해충 개체 검출에 대한 국내의 연구는 벼멸구류 밀도측정[4], 불꽃총채벌레 자동판정[5] 등이 발표되어 있다. 국외 연구는 SVM (support vector machine)[6], ANN (artificial neural network)[7], KNN (k-nearest neighbors)[8] 등의 방법들이 연구되어 있다.

이들 방법들은 영상에서 해충 개체 분류를 위해 분류기로 입력되는 형식에 따라 슬라이딩 윈도우 방식(sliding window approach)[5][7], 객체 분할 방식(object segmentation approach)[4], 특징 기반 방식(feature based approach)[4][6][8]으로 나눌 수 있다.

슬라이딩 윈도우 방식은 해충 개체를 검출하기 위해 영상 전체를 순차적으로 탐색한다. 영상 전체에 대해 탐색해야 하므로 탐색하는데 처리 시간이 오래 걸린다. 반면 객체 분할 방식은 객체를 먼저 분할한 후, 검출된 객체에 대해 해충 개체 검출 알고리즘을 적용한다. 이 방식은 해충 개체를 검출하는 데 필요한 처리 비용이 줄어드는 장점이 있다. 특징 기반 방식은 전역적 특징(global feature)과 국소적 특징(local feature)을 추출하여 특징을 이용하여 객체를 분류한다.

본 논문에서는 페로몬 트랩 영상에서 복숭아심식나방의 해충 검출을 위한 객체 분할 방법을 제안한다. 제안한 방법은 전처리(preprocessing), 문턱치 처리(thresholding), 형태학적 필터링(morphological filtering), 레이블링 처리(labeling)[9]로 구성된다. 이들 과정 중 문턱치 처리는 객체 분할의 성능을 좌우하는 매우 중요한 처리 과정이다. 제안한 방법은 문턱치 처리 과정에서 입력 영상의 국소적 특성을 반영하므로 매우 정교한 문턱치 처리를 할 수 있다.

제2장에서는 본 논문의 객체 분할 방법에 대해 논하고 제3장에서는 복숭아심식나방의 검출에 대해 논한다. 제4장에서는 제안한 방법에 대한 실험 결과에 대해 다루고, 제5장에서 결론을 맺는다.

2. 객체 분할

복숭아심식나방의 실제 모습과 촬영된 영상의 모습은 Fig. 1과 같다. 영상에서는 배경보다는 주로 어두운 색상을 보이며, 자세는 대체로 날개를 접은 상태, 날개를 편 상태가 많다.

해충 영상에 대한 본 논문의 객체 분할 방법은 Fig. 2와 같이 전처리, 문턱치 처리, 형태학적 필터링, 객체 레이블링[9] 과정으로 구성된다.

전처리는 복숭아심식나방 영상에 대해 RGB 컬러를 HSI 컬러로의 변환[9]과 가우시안 필터링[9]으로 잡음을 제거하는 과정이다. 영상의 날카로운 부분들이 전처리 단계에서 제거된다. 문턱치 처리는 영상의 국소적 특성(local property)을 반영한 문턱치 맵(threshold map)을 만들어 사용한다. 형태학적 필터링은 형태학적 열기(morphological opening)[9]를 통해 미소객체 제거, 약하게 붙은 객체들을 분리하는 역할을 한다. 형태학적 필터링을 통해 얻어진 객체들에 대해 최종적으로 레이블링(labeling) 처리를 하면 분리된 각 객체를 얻게 된다.

2.1 복숭아심식나방 영상의 특징

해충 영상에서 복숭아심식나방은 Fig. 1과 Fig. 3과 같이 객체가 배경의 밝기 값과의 차이가 크지 않음을 볼 수 있다. 이러한 특징은 해충과 배경 간의 밝기 차이가 크지 않은 특성도 있지만, 해충이 트랩에 붙은 후 움직이면서 트랩을 오염시켜 트랩의 색상을 변화시키는 영향도 있다. 또한 불균일한 조명의 영향으로 해충 영상의 밝기가 영상의 위치마다 다를 수 있다. Fig. 3은 성페로몬 트랩에 수집된 복숭아심식나방 영상에 대한 전형적인 히스토그램을 보여준다.



(a)

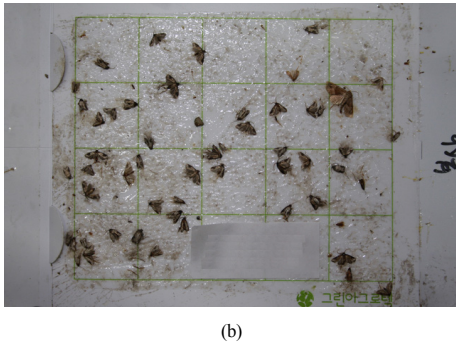


Fig. 1. (a) Appearance and (b) trap image of *Carposina sasakii*.

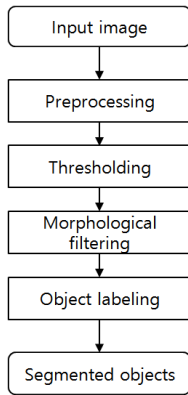


Fig. 2. Flow chart of object segmentation process for the moth images.

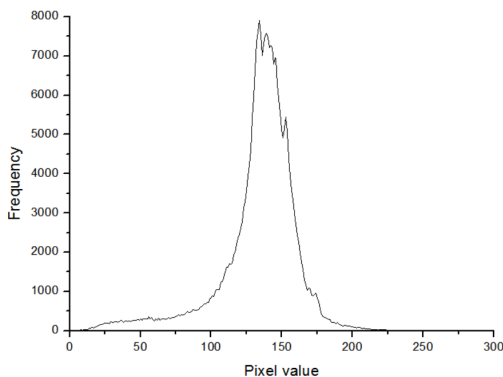


Fig. 3. Typical histogram of the pheromone trap image of *Carposina sasakii*.

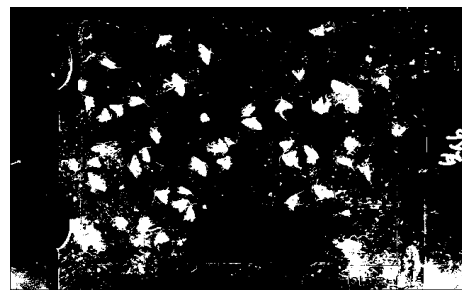
2.2 문턱치 맵의 생성

이러한 특성을 가진 복숭아심식나방 영상에 대해서는 좀 더 세밀하게 문턱치 처리를 해 주어야 한다. 본 논문

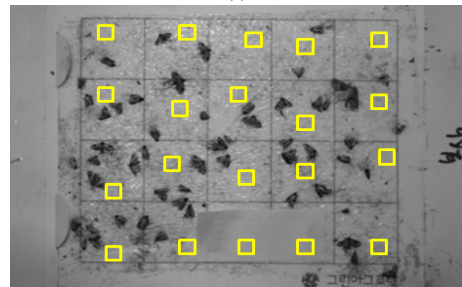
의 문턱치 처리 방법은 영상의 국소적 특성(local property)을 반영하도록 영상으로부터 문턱치를 추정한다. Fig. 4와 같이 영상의 국소적 특성을 해충 영상으로부터 추출하는 방법이다. 국소적 특성은 전역적 문턱치 처리를 통해 얻은 결과를 이용하여 해충 영상의 배경 영역들로부터 밝기 특성을 추출한다. 추출된 국소적 특성들을 보간(interpolation)[9]하여 문턱치 맵(threshold map)을 만든다. 생성된 문턱치 맵은 Fig. 6 (c)와 같다. 문턱치 처리는 문턱치 맵을 각 화소의 문턱치 값으로 사용한다.

2.3 기존의 방법과 비교

Fig 5와 Fig. 6은 히스토그램 기반 방법인 Otsu의 방법[10]의 전역적 방법(global approach)과 국소적 방법(local or adaptive approach), 본 논문의 방법으로 처리한 결과와 문턱치 맵을 보여준다. Fig. 7 (a)는 국소적 방법과 제안한 방법과의 차이를 보여주는데, 영상의 가운데를 중심으로 약간 왼쪽 부분에서 두드러진 차이를 보인다. Fig. 7 (b)는 문턱치 맵의 중간 위치에서 가로 방향의 단면을 보여준다. 전역적 방법보다 국소적 방법이, 그리고 국소적 방법보다 제안한 방법이 조명과 배경의 특성을 잘 반영함을 알 수 있다.

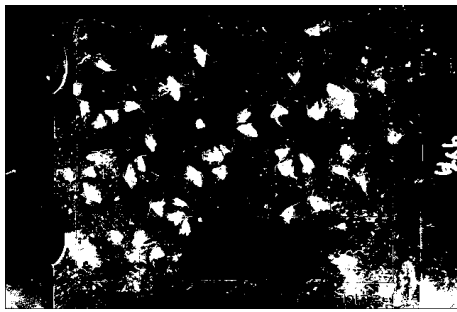


(a)

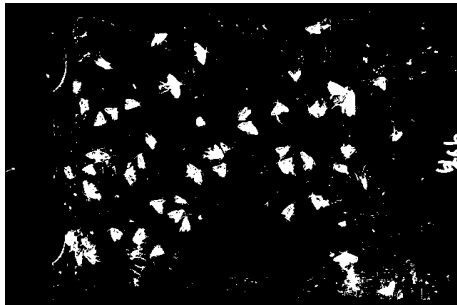


(b)

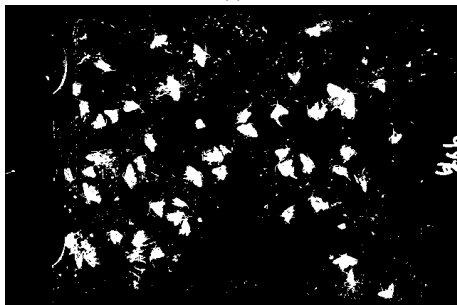
Fig. 4. Extraction of thresholds from the moth image: (a) globally thresholded result, and (b) sampled regions described in yellow color box by using the thresholded image and moth image.



(a)



(b)



(c)

Fig. 5. Thresholding results: (a) by globally optimal thresholding, (b) by locally optimal thresholding, and (c) by thresholding using the proposed method.



(a)



(b)



(c)

Fig. 6. Obtained threshold map: (a) the global version and (b) local version of Otsu's method, and (c) the proposed method.

3. 복숭아심식나방의 검출

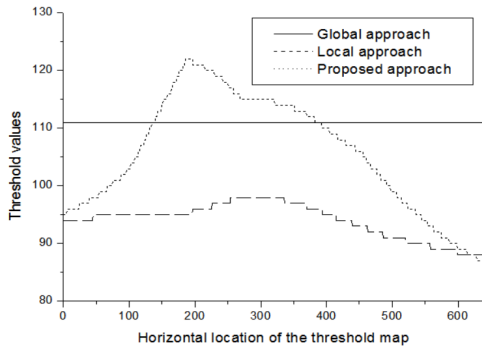
복숭아심식나방의 검출은 Fig. 8과 같이 분할된 객체들에 대해 SVM 분류기로 진행한다. 먼저 분할된 객체의 크기를 분류하여 크기가 작은 객체들은 SVM 분류기로 관심 해충을 검출한다. 크기가 큰 객체들은 다중 해충 개체들로 간주한다. 다중 해충 개체들은 단일 해충 개체들의 평균 면적을 기준으로 한 면적 비율로 추정하게 된다.

3.1 SVM 분류기의 학습

SVM 학습에 사용되는 데이터는 샘플 영상들로부터 객체를 분할하여 만든다. Fig. 9와 같이 분리된 객체들에 대해 중심점과 주축을 계산한다. 객체들의 중심점을 중심으로 하여 일정한 방향으로 주축을 정렬한 후, 31×31 크기의 영상 블록(image block)을 추출한다. 주축을 정렬하면 SVM 학습에 사용되는 학습 패턴의 종류와 수를 줄일 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 7. Comparison among the threshold maps resulted from three methods: (a) difference image between the local approach of Otsu's method and the proposed method, and (b) horizontal profile in the center of the threshold map.

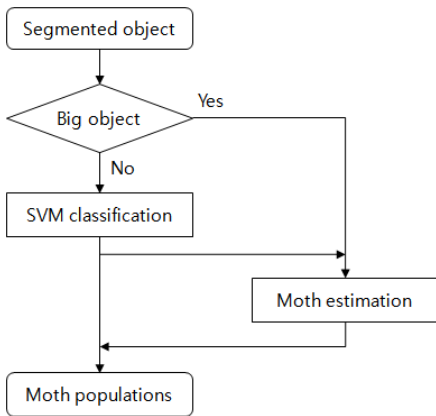


Fig. 8. Flow chart of moth classification.

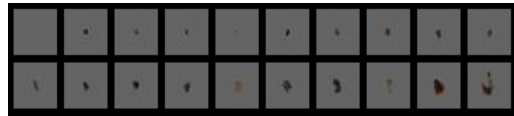
3.2 SVM 분류기의 해충 개체 분류

학습 패턴으로 학습한 파라미터를 이용하여 SVM 분류기로 입력된 해충 영상들에 대해 객체를 분류한다. 입력 영상에 대해 먼저 객체를 분할한다. 분할된 객체에 대

해 중심점과 주축을 구하여 중심점을 중심으로 주축을 정렬한다. 중심점을 기준으로 31×31 영상 블록을 추출하여 SVM 분류기로 입력하게 된다.



(a)



(b)

Fig. 9. Training patterns for an SVM classifier: (a) true moth patterns and (b) the other patterns.



Fig. 10. Detection of *Carposina sasakii* in the moth image: the objects of red contours represent single or multiple interest moths.

4. 실험결과 및 토의

실험에 사용된 해충 영상은 사과 과수원에서 성페로몬 트랩으로 수집하여 실험실에서 Cannon EOS 40D 카메라로 촬영한 것이다. 촬영된 원본은 해상도가 3888×2592이고 처리의 편의를 위해 해상도가 640×480인 저해상도로 변환하였다.

이들 해충 영상에 대해 제안한 방법으로 객체를 분할하였다. 그리고 분할된 객체에 대해 SVM 분류기로 복숭아심식나방을 검출하였다. Fig. 11은 전형적인 복숭아심식나방 영상에 대한 관심 해충의 검출을 보여준다. Fig. 12는 Otsu의 전역적 방법과 국소적 방법, 본 논문의 방법으로 처리한 객체 분할 결과를 보여준다. 제안한 방법이 기존의 방법보다 영상의 국소적 특성을 잘 반영하

여 객체를 분할할 수 있음을 볼 수 있다. 분할된 객체들에 대해 SVM 분류기로 분류한 결과는 Table 1와 같고, 10개의 해충 영상에 대해 평균 검출율은 95%였다. 검출율은 전문가에 의한 개체수를 조사한 것을 기준하여, 본 논문의 방법으로 개체 수를 추정된 것의 비율을 나타낸다.

5. 결론

본 논문에서는 페로몬 트랩 영상에서 복숭아심식나방의 해충 검출을 위한 객체 분할 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 해충 영상의 국소적 특성을 반영하므로 매우 정교한 문턱치 처리를 할 수 있는 장점이 있다. 실험에서 기존의 전역적 방법과 국소적 방법과 비교하여 제안한 방법이 우수한 성능을 나타남을 보였다. 또한 해충 영상에 대해 개체 분류를 수행하여 평균 95%의 검출율을 얻어 과수원의 복숭아심식나방의 모니터링에 유용하게 사용할 수 있음을 보였다.

향후 영상에 다양한 해충이 나타나는 성페로몬 해충 영상들에 대한 복숭아심식나방의 검출에 대한 연구가 필요하다.

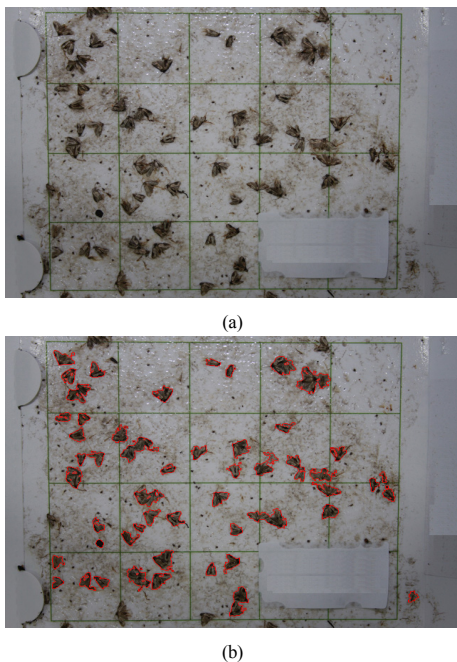


Fig. 11. Typical detection of *Carposina sasakii* in moth image: (a) input image and (b) the objects of red contours represent single or multiple interest moths.

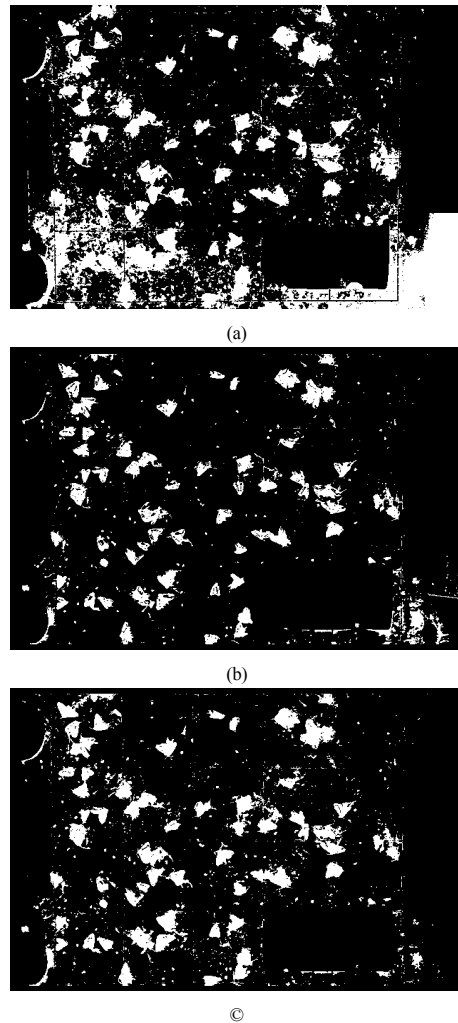


Fig. 12. Thresholding results: (a) by globally optimal thresholding, (b) by locally optimal thresholding, and (c) by thresholding using the proposed method.

Table 1. Detection and its success rate of *Carposina sasakii* in ten moth images.

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Correct moths	65	66	10	8	8	9	19	9	11	4	209
Detected moths	57	62	10	9	9	9	21	9	9	4	199
Rate(%)	88	94	100	88	88	100	91	100	82	100	95

References

- [1] Sun-Young Lee, Kyung-Hee Choi, Yun-Su Do, Soon-Won Lee, Changmann Yoon and Gil-Hah Kim, "Management of *Grapholita molesta* and *Carposina sasakii* Using Mating Disruption in Non-Chemical or Organic Apple Orchards", *Korean J. Appl. Entomol.*, 53(2), pp. 103-110, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.5656/KSAE.2013.11.0.056>
- [2] Jeong, Sun-A, Lalit Prasad Sah, Jeong Joon Ahn, Young-il Kim, and Chuleui Jung, "Occurrence Patterns of Three Major Fruit Moths, *Grapholita molesta*, *Grapholita dimorpha* and *Carposina sasakii*, Monitored by Sex Pheromone in Plum Orchards", *Korean J. Appl. Entomol.*, 51(4), pp. 449-459, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5656/KSAE.2012.10.0.061>
- [3] Adriano Guarnieri, Stefano Maini, Giovanni Molari, Valda Rondelli, "Automatic trap for moth detection in integrated pest management", *Bulletin of Insectology*, 64(2), pp. 247-251, 2011.
- [4] Young-Seuk Park, Man-Wi Han, Hwang-Yong Kim, Ki-Baik Uhm, Chang-Gyu Park, JangMyung Lee, and Tae-Soo Chon, "Density Estimation of Rise Planthoppers Using Digital Image Processing Algorithm", *Korean J. Appl. Entomol.*, 42(1), pp.57-63, 2003.
- [5] Chang Bae Moon, Byeong Man Kim, Jong Yeol Yi, Jae Wook Hyun, and Pyoung Ho Yi, "Detection of Candidate Areas for Automatic Identification of Scirtothrips Dorsalis", *J Korea Industr Inf Syst Res*, Volume 17, Number 6, pp.51-58, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.9723/jksiis.2012.17.6.051>
- [6] Chenglu Wen, Daniel E. Guyer, Wei Li, "Local feature-based identification and classification for orchard insects", *Biosystems Engineering*, 104, pp.299-307, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.07.002>
- [7] Weiguang Diang, Graham Taylor, "Automatic moth detection from trap images for pest management", *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, pp.17-28, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.02.003>
- [8] Chenglu Wen, Daniel Guyer, "Image-based orchard insect automated identification and classification method", *Computers and Electronics in Agriculture*, 89, pp.110-115, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.08.008>
- [9] Hyeon-Joong Yoo, Tae-Woo Kim, and Chun-Seok Oh, *Digital Image Processing*, Firstbook, 2013.
- [10] Nobuyuki Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), pp.62-66, 1979.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TSMC.1979.4310076>

김 태 우(Tae-Woo Kim)

[종신회원]



- 1992년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학석사)
- 1995년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 2003년 2월 : 삼성 종합기술원 U-health팀 수석연구원
- 2003년 3월 ~ 현재 : 한양사이버 대학교 전기전자통신공학부 교수

<관심분야>

영상처리, 패턴인식, 기계학습, 인공지능, 정보통신

조 태 경(Tae-Kyung Cho)

[종신회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학박사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 정보보안공학과 교수

<관심분야>

정보보안시스템, 데이터통신, e-Learning, 영상처리, 정보통신