



## Fruit Classification System Using Deep Learning

Soo-Ho Jeong<sup>1</sup>, Meong-hun Lee<sup>2</sup>, Hyun Yoe<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Information & Communication Engineering, Suncheon National University

<sup>2</sup>Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences

### ABSTRACT

Deep learning technology among artificial intelligence technologies has shown good results in image recognition field. In this paper, we use a learning model that is based on a Tensorflow based model that utilizes this deep learning technique and that has been repaired by Inception-v3 model. Based on the characteristics of the fruit, we construct a fruit classification system that classifies into four categories : Healthy apple, Damaged apple, Diseased apple and Discolored apple. To do this, we designed a learning model in which the number of learning iterations was 500 times based on 1,280 apple image data of four kinds and conducted a model evaluation experiment based on the fruit image data taken by the user. Experiments were based on images taken in three directions for accurate model evaluation. Experimental results show that the accuracy of the learning model is more than 90%. However, since fruit showed different classification results according to direction, it suggested the necessity of classification algorithm according to image direction in the future. If such a deep learning based fruit classification system is applied to farmers, fruit quality classifiers due to farm labor shortage are essential, and it will be possible to construct a fruit quality screening system with high accuracy and low cost.

© 2018 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS :** Deep learning, Machine learning, Tensorflow, Inception model, Fruit Classification Systems

**ARTICLE INFO:** Received 5 September 2018, Revised 8 October 2018, Accepted 12 October 2018.

\*Corresponding author is with the Department of Information & Communication Engineering, Suncheon National University, 255, Jungang-ro, Suncheon-si, 57922,

KOREA

*E-mail address:* yhyun@scnu.ac.kr

## 1. 서론

국내 과일 농가는 생산인구의 고령화 및 노동력 부족으로 과일의 품질을 자동으로 분류하는 장치가 필수적인 현실이다.[1, 2]

최근 들어 영상처리 기술을 이용한 과일 품질 선별이 늘고 있으며, 그에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 대표적으로 머신 비전 시스템을 이용한 과일 품질 시스템이 많이 연구되고 있는데, 머신 비전 시스템은 결함 검사, 분류, 인식 등의 응용 분야에서 수동 검사자를 대체하여 반복적으로 높은 정밀도의 검사를 수행할 수 있어서 널리 연구되고 적용되어 왔다.[3, 4, 5]

이러한 연구에도 불구하고 아직 많은 응용분야에 있어 머신 비전 시스템이 전적으로 수동 검사자를 대신하지 못하여 수동검사가 이루어지고 있다. 본 논문의 주제와 같은 과일의 품질 평가의 경우 수동 검사자는 무의식적으로 다양한 속성을 고려하여 평가하지만 머신 비전 시스템 프로세스는 카메라에 집중되어 데이터를 분석하고 스스로 품질을 결정하는 것은 쉬운 일이 아니다.

이에 본 논문은 최근 인공지능 기술의 발전에 따라 이미지 인식 분야 중 가장 주목받고 있는 기술인 딥러닝 기술을 활용하여 과일의 품질을 분류하고자 한다. [6, 7]

딥러닝(Deep Learning)은 컴퓨터의 지능을 한 차원 더 올려 대량의 데이터와 컴퓨팅 기술을 활용해 심층신경망(Deep Neural Networks)을 구현한다. 딥러닝 기술의 기본 원리는 인간 두뇌의 연결성을 모방해 데이터셋을 분류하고 데이터 간의 상관관계를 찾아내는 것이다. 이러한 기술을 이용하여 이미지 학습 모델을 구축하고 이미지 학습을 통해 과일의 품질을 결정하고자 한다.[8, 9, 10]

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 레이아웃 제공을 위한 시스템 설계에 대해서 살펴

본다. 제3장에서는 실험 및 결과, 제4장은 결론을 기술한다.

## 2. 시스템 설계

### 2.1 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 과일 선별 시스템의 흐름은 다음 <그림 1>과 같다.

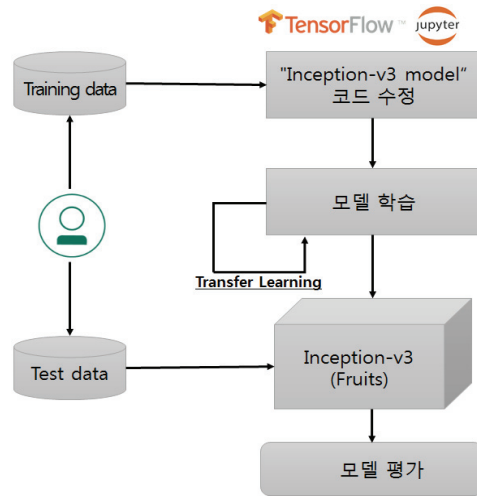


그림 1. 과일 분류 시스템의 흐름도  
Figure 1. Flow chart of fruit classification system

첫 번째로 사용자는 사전 수집된 과일 이미지 데이터를 바탕으로 텐서플로우를 통해 딥러닝 학습 모델을 구축한다. 이때 본 논문은 이미 다양한 범주의 이미지를 분류하는데 효과적으로 증명된 모델은 Inception-v3를 활용한다. 그리고 기존 훈련된 모델을 가져와 과일 데이터셋에 대한 학습을 위해 마지막 분류를 수행하는 레이어를 바꾸어주는 학습 방법인 Transfer Learning을 통해 모델 재학습을 진행한다. 모델 평가는 주피터 노트북에서 과일 이미지 데이터를 기반으로 재학습된 Inception-v3모델을 사용자가 직접 촬영한 이미지

(Test data)를 가지고 정확성 실험을 진행한다. 마지막으로 촬영한 이미지 데이터는 4가지 클래스로 분류된다.[11, 12, 13]

### 2.2 시스템 구축 환경

모든 시스템은 윈도우 환경에서 구축되었으며, 시스템 환경은 컴퓨터 사양, 실험에 사용된 프로그램 및 Programming Language로 구성되어있으며 다음 <표 1>과 같다.

표 1. 시스템 환경  
Table 1. System Environment

Computer Specifications (H/W)	CPU : Intel Core™ i7-4790 @ 3.60GHz RAM : 16.0GB VGA : NVIDIA GeForce GTX 970
Programs/Tools Used	- Anaconda Prompt for window - Tensorflow - Jupyter notebook
Programming Languages	- JAVA - Python

### 2.3 데이터 셋

다음 <표 2>는 실험에 사용된 학습 데이터셋 중 실험 과일의 클래스별 대표 이미지이다.

정확한 분류를 위해 구글 이미지 검색을 포함한 각 포털사이트 이미지 데이터 및 직접 찍은 사진 데이터를 바탕으로 텐서플로우에서 사용할 수 있도록 TFRecord 행태로 변환 후 Training data로 사용하였다.[14]

Training data의 클래스는 건강한 빨간 사과, 손상된 사과, 병충해 사과, 초록색 사과로 나누었으며 Fruits 디렉토리 안에 등급별 폴더를 만들고 이미지 데이터를 분류해서 저장했다.

표 2. 클래스별 대표 이미지  
Table 2. Representative images by class





클래스	Form	이미지
Healthy apple	.jpg (.jpeg)	
Damaged apple	.jpg (.jpeg)	
Diseased apple	.jpg (.jpeg)	
Discolored apple	.jpg (.jpeg)	

표 3. 과일 이미지 데이터셋  
Table 3. Fruit image data set

클래스	원본 이미지	rotation 이미지	총 개수
Healthy apple	40	280	320
Damaged apple	40	280	320
Diseased apple	40	280	320
Discolored apple	40	280	320

데이터는 각 클래스에 대해 40개씩 수집했지만, 일반적으로 딥러닝 기반 이미지 인식의 정확도는 데이터의 양에 비례하기 때문에 본 논문에서는 각 이미지에 대해 좌우 반전, 90, 180, 270도 회전(rotation)을 주어 데이터의 개수를 늘렸다. 즉, 하나의 원본 데이터에 대해 8개의 데이터를 추가 생성하는 것이다.[15] 그 결과 학습에 사용된 과일 이미지 데이터셋의 수량은 <표 3>과 같다.

### 3. 실험 및 결과




#### 3.1 실험 준비

실험을 위한 Test data는 Training data와의 중복을 피하고자 직접 찍은 이미지 데이터를 통해 진행하였다. 이미지 분류 모델의 학습 반복 횟수(Training step)는 적절한 값을 찾기 위해 100번부터 1,000번까지 수행하였으며 그 결과 500번일 때 가장 높은 정확도를 보였다. 그리고 그 이상의 반복횟수와 정확도가 거의 차이를 보이지 않았기 때문에 실험은 500번의 학습 반복 횟수를 수행한 모델로 진행하였다.

검증 실험은 학습된 모델을 바탕으로 각 클래스당 1개의 임의의 데이터를 3방향에서 촬영하였을 때 이미지 데이터에 대한 정확성을 측정하는 방식으로 진행하고 결과를 도출하였다.

#### 3.2 실험 결과

표 4. Healthy apple의 Test data에 대한 실험 결과  
Table 4. Experimental results on Healthy apple test data




Test data	이미지	Accuracy	평균 정확도
Healthy apple		98%	93.3%
		91%	
		91%	

<표 4>는 Healthy apple의 Test data에 대한 실험 결과이다. 3가지 방향 모두에서 90% 이상의 높은 정확도를 보이는 결과를 나타냈다.

다음 <표 5>는 Damaged apple의 Test data에 대한 실험 결과이다. 이 실험의 결과는 첫 번째 이미지를 제외하고 나머지 이미지 데이터는 낮은 결괏값을 보였다. 손상되지 않은 부분은 Healthy apple로 분류되기 때문이다.

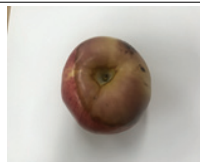

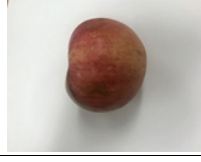
이 실험의 결과를 통해 3가지 방향의 이미지 데이터 정확도의 평균보다 특정 방향에서 손상된 사과가 검출될 경우를 더욱 중요하게 생각해야 한다는 결과를 보였다.

표 5. Damaged apple의 Test data에 대한 실험 결과  
Table 5. Experimental results on Damaged apple test data

Test data	이미지	Accuracy
Damaged apple		91%
		17%
		10%

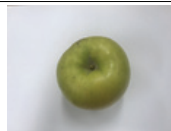


다음 <표 6>은 Diseased apple의 Test data에 대한 실험 결과이다. 이 실험의 결과는 앞선 실험과 마찬가지로 첫 번째 이미지를 제외하고 나머지 이미지 데이터는 비교적 낮은 결괏값을 보였다. 병해를 입지 않은 부분은 건강한 사과로 분류되기 때문이다.

표 6. Diseased apple의 Test data에 대한 실험 결과  
Table 6. Experimental results on Diseased apple test data

Test data	이미지	Accuracy
Damaged apple		90%
		71%
		9%

다음 <표 7>은 Discolored apple의 Test data에 대한 실험 결과이다. 이 실험의 결과는 3가지 방향 모두에서 90% 이상의 높은 정확도를 보이는 것으로 나타났다.

표 7. Discolored apple의 Test data에 대한 실험 결과  
Table 7. Experimental results on Discolored apple test data

Test data	이미지	Accuracy	평균 정확도
Damaged apple		98%	98.3%
		98%	
		99%	

## 5. 결론

본 논문은 사과 이미지 데이터를 바탕으로 텐서플로우와 재학습된 Inception-v3 모델을 통해 과일 선별 시스템을 설계하고 성능을 평가하였다. 실험에 사용된 총 데이터 셋은 1,280개의 과일 이미지 데이터였으며, 학습 반복 횟수는 500번일 때 가장 높은 정확도를 보이는 것으로 확인되었다.

각 테스트 데이터의 방향을 달리하여 실험을 진행한 결과 대부분 90% 이상의 높은 확률의 분류 정확도를 보였으며, 이미지의 방향에 따라 다른 분류 결과값을 보이기도 했다. 성능의 차이를 보이는 이유는 과일의 특성상 특정한 부분만 손상되거나 병해를 입을 수 있기 때문이다. 이를 보완하기 위한 연구로는 첫 번째로 더 많은 클래스의 선별 시스템 구축을 위해 학습 데이터 셋을 더 추가해야 하며 이미지의 방향에 따른 분류 값에 대한 상관 관계를 파악하여 과일을 선별하는 알고리즘이 제시되어야 한다.

이러한 과정을 통해 과일 선별시스템이 구축된다면 머신비전에 사용되는 고가의 카메라가 아닌 저가의 카메라로도 높은 정확도의 과일 선별기를 구축할 수 있을 것이며, 인공지능의 특성인 스스로 학습을 통해 향후 선별 정확도를 더욱 높일 것으로 기대된다.

## References

- [1] S. H. Jeong, and H. Yoe, *Development of machine vision based fruit quality screening system*, Korean Institute of Communication Sciences, 2017.
- [2] D. H. Lim, *Development of apple color grading system by statistical color image processing*, The Korean Communications in

- Statistics, Vol. 10, No. 2, pp. 325-332, 2003.
- [3] J. T. Kim, H. Y. Jo, and E. J. Choi, *Machine vision technology using deep learning technique Recent application trends*, The Magazine of the IEIE, Vol. 43, No. 11, pp. 18-26, 2016.
- [4] M. Baigvand, A. Banakar, S. Minaei, J. Khodaei, and N. B. Khazaei, *Machine vision system for grading of dried figs*, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 119, pp. 158-165, 2015.
- [5] Face It – The Artificially Intelligent Hairstylist, <https://software.intel.com/en-us/articles/face-it-the-artificially-intelligent-hairstylist>, Jun. 2018
- [6] G. S. Juan, M. G. Jose D, S. O. Emilio, M. S. Marcelino, M. B. Rafael, and B. Jose, *Detecting rottenness caused by Penicillium genus fungi in citrus fruits using machine learning techniques*, Expert systems with applications, Vol. 39, No. 1, pp. 780-785, 2012.
- [7] I. Sa, Z. Ge, F. Dayoub, B. Uperoft, T. Perez, and C. McCool, *DeepFruits: A fruit detection system using deep neural networks*, Sensors 2016, Vol. 16, No. 8, 2016.
- [8] S. H. Jeong, and H. Yoe, *Retraining Inception-v3 for fruits quality classification*, International Conference Wireless Networks, pp. 64-67, 2018.
- [9] M. Koike, [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=1&v=4HCE1P-m118](https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=4HCE1P-m118), Jun. 2018
- [10] How a Japanese cucumber farmer is using deep learning and TensorFlow, <https://cloud.google.com/blog/products/gcp/how-a-japanese-cucumber-farmer-is-using-deep-learning-and-tensorflow>, Jun. 2018
- [11] Codelabs, *Image classification transfer learning with inception v3*, Google Developers, 2017.
- [12] Solaris, <http://solarisailab.com/archives/1422>, Jul. 2018.
- [13] Hvass-Lab : TensorFlow Tutorials, <https://github.com/Hvass-Labs/TensorFlow-Tutorials/>, Jun. 2018.
- [14] J. N. Park, and H. S. Yong, *Rock image classification with deep convolutional neural network based on Tensorflow*, Korean Institute of Information Scientists and Engineers, pp. 1121-1123, 2018.
- [15] W. Ding, and G. Taylor, *Automatic moth detection from trap images for pest management*, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 123, pp. 17-28, 2016.

---

## 딥러닝 기반 과일 선별 시스템

정수호<sup>1</sup>, 이명훈<sup>2</sup>, 여 현<sup>3</sup>

<sup>1</sup>순천대학교 정보통신공학과 석사과정

<sup>2</sup>국립농업과학원 스마트팜개발과 연구사

<sup>3</sup>순천대학교 정보통신공학과 교수

---

### 요 약

인공지능 기술 중 딥러닝 기술은 이미지 인식분야에서 좋은 성과를 보이고 있다. 본 논문에서는 이러한 딥러닝 기술을 활용하는 텐서플로우 기반 모델인 Inception-v3 모델을 재학습한 학습모델을 사용하여 과일의 특징에 따라 4가지로 분류하는 과일 선별 시스템을 구축한다. 이를 위해 4가지 클래스의 사과 이미지 데이터 1,280개를 바탕으로 학습 반복횟수를 500번 진행한 학습모델을 설계하였으며, 사용자가 직접 촬영한 과일 이미지 데이터를 바탕으로 모델 평가 실험을 진행하였다. 실험은 정확한 모델 평가를 위해 세 가지 방향에서 촬영한 이미지를 기준으로 진행하였다. 실험 결과 학습모델의 정확도는 90% 이상으로 정확하게 나타났다. 하지만 한 가지 과일에서 방향에 따라 다른 분류 결과를 보였기 때문에 향후 이미지 방향에 따른 분류

---

알고리즘의 필요성을 제시하였다. 이러한 딥러닝 기반 과일 선별 시스템을 농가에 활용한다면 농가 노동력 부족으로 인한 과일 품질 분류기가 필수가 되어있는 현실에서 저비용으로 높은 정확도의 과일 품질 선별 시스템의 구축이 가능할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2018-2013-1-00877)

이 논문은 2017년 순천대학교 학술연구비(과제번호: 2017-0247) 공모과제로 연구되었음.



**Soo-ho Jeong** received the bachelor's degree in the Department of Information & Communication Engineering from the Suncheon University in 2017. He is studying the M.S. degree in the Department of Information & Communication Engineering from the Suncheon University since 2017.

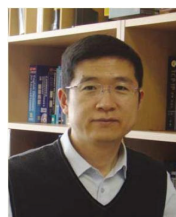
*E-mail address:* aosi274@naver.com



**Meong-hun Lee** is a researcher of National Institute of Agricultural Sciences, Republic of Korea. he received his M.S. (2006) and Ph.D. (2011) degrees from Suncheon National University. His work includes a wide variety of wireless communication, big data analytics, and applied research for Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), where he was a senior researcher. He has been co-chair and TPC member of numerous conferences and is a Member of IEEE. His research interests are in

the fields of mobile and wireless networks (mobile WiMAX, WLAN, and Zigbee), ICT convergence (agriculture, industry, and security), and standards (increasing industry support by facilitating communications standards development).

*E-mail address:* leemh5544@gmail.com



**Hyun Yoe** received the bachelor's degree in the Department of Electric Engineering from the Korea Aerospace University in 1984. He received the M.S.

degree and the Ph.D. degree in the Department of Electric Engineering from Soongsil University in 1987 and 1992, respectively. Since 1993, he is professor of Information and Communication Engineering at Suncheon National University. Since 2011, he has been the head of the Center for Agrifood IT Convergence Research at Suncheon National University. He has been vice president Korea Association of ICT Convergence in the Agriculture and Food Business since 2014 and is Director of Agriculture ICT Convergence Support Center. He is conducting an overall research on agricultural ICT technology.

*E-mail address:* yhyun@sunchon.ac.kr