

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2021.7.4.635

JCCT 2021-11-78

딥러닝 기법을 이용한 주차 공간 자동 식별 시스템

An Automatic Parking Space Identification System using Deep Learning Techniques

서민경*, 엄성용**

Min-Gyung Seo*, Seong-Yong Ohm**

요약 본 논문에서는 촬영된 주차장 사진으로부터 빈 주차 공간을 자동 식별할 수 있는 주차 공간 자동 식별 시스템에 대해 설명한다. 이 시스템은 딥러닝 기법에 기반한 시스템으로, 다양한 주차장 사진들을 토대로 학습을 진행하여 식별 결과의 정확도가 높으며, 기존의 주차 관리 시스템에 적용할 수 있다. 한편, 본 시스템은 손쉬운 적용 테스트를 위해, 스마트폰용 애플리케이션으로도 개발되었다. 따라서 스마트폰 카메라를 통해 주차장 사진을 찍으면, 촬영된 이미지를 자동 인식하며 빈 주차 공간을 자동 식별할 수 있다.

주요어 : 전이 학습, 텐서플로우 라이트, 티처블 머신, 안드로이드 스튜디오

Abstract In this paper, we describe a parking space identification system that can automatically identify empty parking lot spaces from a parking lot photo. This system is based on a deep learning technique, and the accuracy of the identification result is good by learning various existing parking lot images. It could be applied to the existing parking management system. This system was also developed as a smartphone application for easy testing. Therefore, if you take a picture of a parking lot through a smartphone camera, the captured image is automatically recognized and an empty parking space can be automatically identified.

Key words : Transfer Learning, TensorFlow Lite, Teachable Machine, Android Studio

1. 서론

국가 통계 포털에 의하면 지난해 2020년에만 등록된 자동차 수는 총 2,436만 5979대에 달하고 있으며, 이는 국민 1인당 0.5대의 자동차를 보유하는 것을 의미한다 [1]. 자동차의 보유율은 나날이 증가하는 반면, 주차 공간은 충분히 확보되지 않아 주차난에 시달리고 있다. 주거 시설을 선정하거나 상업 시설을 이용할 때, 주차 공간이 고려되고 있을 만큼 주차 공간 파악의 중요성이

나날이 커지고 있는 것이 현실이다[2-3].

대형 복합 건물 또는 대형 매장, 백화점 등 주차장 입구에 전광판을 통해 주차 공간의 잔여량을 확인할 수 있다. 하지만 주차장 입구까지 가지 않고도 주차 공간의 여유에 대해 알 수 있다면 사람들이 붐비는 것으로 인해 혼잡할 가능성이 많은 도로의 교통이 한결 원활해질 것이다. 또한, 노상 주차장, 공영 주차장 같은 좁은 곳의 주차 공간의 여유에 대해 알 수 있다면 일방통행이 대부분인 근처 골목의 교통 또한 원활해질 것이며

*준회원, 서울여자대학교 소프트웨어융합학과 학부생 (제1저자) Received: August 7, 2021 / Revised: August 25, 2021

**정회원, 서울여자대학교 소프트웨어융합학과 교수 (교신저자) Accepted: August 30, 2021

접수일: 2021년 8월 7일, 수정완료일: 2021년 8월 25일

게재확정일: 2021년 8월 30일

*Corresponding Author: osy@swu.ac.kr

Dept. of Software Convergence, Seoul Women's Univ, Korea

주차 공간을 찾아 헤매던 사람들의 시간 낭비를 줄일 수 있다.

본 논문에서는 촬영된 주차장 사진으로부터 빈 주차 공간을 자동 식별할 수 있는 주차 공간 자동 식별 시스템에 대해 설명한다. 이 시스템은 주차 공간 식별의 정확도 향상을 위해 전이 학습(transfer learning)[4]에 기반한 딥러닝(deep learning) 기법[5]을 활용한다. 이 시스템에서는 다양한 주차장 사진들을 토대로 학습을 진행하여 임의의 주어진 주차장 사진으로부터 주차 공간 여부를 자동 식별한다.

2장에서는 관련 기술 및 기존에 개발된 주차 공간 식별 시스템에 대해 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안한 시스템의 구성 및 사용된 이미지 분류 모델에 대해 상세히 설명한다. 4장에서는 모델의 학습 방법 및 적용 결과를 설명하고, 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련 연구

현재까지 사용되고 있는 차량 인식 방법은 영상처리 기법인 OpenCV를 이용하는 방법[6-7], 적외선 센서를 이용하는 방법[8], 인공지능 기법을 이용하여 자동차 객체를 인식하는 방법[9-11] 등 다양한 방법들이 있다.

1. 전이 학습

전이 학습은 미리 학습된 인공 신경망(Artificial Neural Network, ANN)의 일부를 재학습하여 원하는 작업에 맞는 모델을 재생성하는 방법이다[4]. 원하는 작업에 대한 데이터가 부족하거나 컴퓨팅 자원의 효율적 활용을 위해 기존 모델을 재활용하여 학습하는 것이 특징이다. 규모가 큰 딥러닝 모델을 학습시킬 때 처음부터 새로 학습시키는 경우 학습 속도가 느려지는 문제가

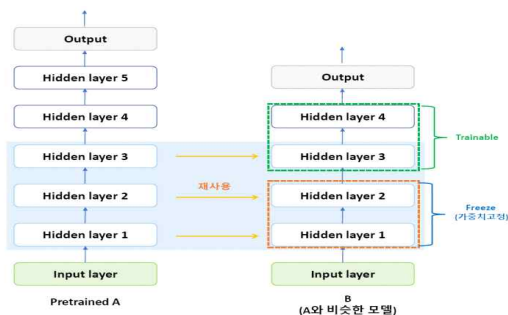


그림 1. 전이 학습의 개념
Figure 1. Concept of Transfer Learning

발생한다. 이런 경우, 기존에 학습된 비슷한 모델이 있을 때 이 모델의 하위층(lower layer)를 가져와 재사용하는 것으로 학습 속도를 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 학습에 필요한 데이터 세트도 작아진다[12-14].

그림 1과 그림 2는 전이 학습의 개념과 효율성을 보여주는 참조 그림이다.

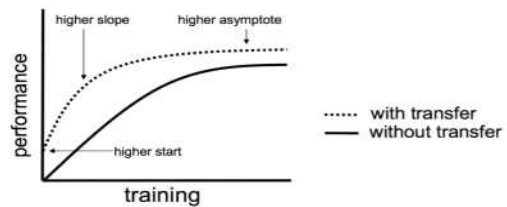


그림 2. 전이 학습의 효율성
Figure 2. Efficiency of Transfer Learning

2. 영상처리 기법을 이용한 주차 공간 인식

OpenCV(Open Source Computer Vision)는 공개 소프트웨어의 일종으로 실시간 컴퓨터 비전 처리용 프로그래밍 라이브러리이다[6-7]. 이 방법에서는 전체 주차장을 촬영한 후, 각 주차 칸을 정확히 인식하기 위해 왜곡 보정 알고리즘을 이용하여 사다리꼴 형태의 주차 칸을 직사각형 형태로 바꿔주는 작업을 수행한다. 또한 움직이는 차량을 추적하면서, 한 주차 칸에서 5초 이상 움직이지 않는 경우, 주차가 완료되었다고 판단한다.

3. 적외선 센서를 이용한 차량 인식

차량 진입로에서 크기 측정을 담당하는 거리 측정 센서 부분, 물체의 유무를 담당해줄 감지 센서 부분, 차량의 정보표시를 위한 LCD 모듈, 차량 유도를 위한 LED등으로 구성된 장비를 이용한다. 차량이 진입하면 거리 측정용 적외선 센서에 의해 감지되어 측정값이 프로세서에 전달되고, 이를 이용해 프로세서는 할당될 위치를 검색한 후, LCD 모듈에 표시하며 차량이 지나야 할 경로들을 LED등을 통해 유도한다. 공간의 할당 여부를 판별하기 위한 감지 센서를 사용하여, 주차 여부를 판단한다[8].

4. YOLO 기법을 이용한 주차면 인식

딥러닝 기법 중에 YOLO(You Only Look Once)가 있으며 이는 한 개의 네트워크가 한 번에 물체의 위치를 찾을 수 있으며 동시에 클래스 분류가 이루어진다는

특징을 가지고 있다. CCTV를 이용하며 주차장의 실시간 동영상 인식에 YOLO를 적용하였다. 주차된 차량을 경계 보조선을 표기하여 차량의 수를 산출하고 주차장 내 주차된 차량의 대수와 주차장의 공간 혼잡도를 측정하며 빈 주차면 수를 표시한다. Darknet은 C와 CUDA(Compute Unified Device Architecture)로 작성된 오픈소스 신경망 프레임워크(framework)로 DNN(Deep Neural Network, DNN)을 학습시키고 실행시킨다. 표시한 주차된 차량 객체를 Darknet을 사용하여 학습시킨다. 특징점을 가진 주차된 차량 객체가 인식되면 경계 보조선을 이미지에 표시한다[9-10].

5. 딥러닝 기반의 주차 공간 인식

인공신경망(Artificial Neural Network, ANN)은 생물학의 신경망에서 영감을 얻은 통계학적 학습 알고리즘이다. 라즈베리파이(Raspberry Pi) 장치에 카메라 모듈과 와이파이 확장 실드를 부착한 외부 장치로부터 이미지를 받아온다. 이것을 입력 데이터로 하여 인공신경망에 최적화시킨다. 최적화된 이미지 데이터 세트에 의해 현재 입력된 이미지가 해석된다. 해석 결과에는 시간, 인식된 차의 개수, 전체 주차 공간 등의 정보가 담겨있다[11].

표 1은 주차 공간을 인식하기 위해 사용되고 있는 기술들을 간략하게 비교한 것이다. 본 논문에서는 데이터의 수가 적을 때도 효과적이며 학습 속도도 빠르며 높은 정확도를 제공하는 전이 학습을 바탕으로 한 딥러닝 기법을 이용하여 모델을 학습시킨다.

표 1. 적용 가능한 기술 비교
 Table 1. Applicable Technology Comparison

구분	OpenCV	적외선 센싱	전이 학습 기반 이미지 인식
하드웨어	카메라	적외선 센서 등 각종 센서	카메라
특징	객체 인식	1:1 대응 센싱	빠른 학습 속도 및 높은 정확도
처리방식	그레이 스케일의 특징점 검출 비교	입력 센서값 기준 판단	데이터 세트를 이용한 인공신경망 구성

III. 시스템 구성 및 적용 모델

1. Teachable Machine을 통한 이미지 분류

Google에서 지원하는 ‘Teachable Machine’은 기계학습 모델을 쉽고 빠르고 간단하게 만들 수 있도록 제작된 웹 기반 도구이다[15]. 이 모델은 전이 학습을 이용하여 사전에 학습된 신경망을 사용한다. 자체 클래스를 만들면 이 클래스가 신경망의 마지막 레이어가 된다. 이미지 모델의 경우, 사전 학습된 MobileNet 모델을 통해 학습이 진행되는 방식이다. 우선, Kaggle에서 수집한 포토 세트와 추가로 인터넷을 통해 수집한 사진을 통합하여 데이터 세트를 구성한다. 주차 공간이 하나라도 있을 경우를 ‘Free’로 가정하고 주차 공간이 하나도 없을 경우를 ‘Full’로 가정하여 총 두 개의 클래스로 분류한다. 클래스가 분류되었으면 예폭 50, 배치 사이즈 16, 학습률 0.001으로 설정하여 모델을 훈련한다. 훈련이 종료된 후, model.tflite 파일과 model_unquant 파일, labels.txt 파일 총 3가지 파일을 추출한다.

2. 학습된 모델을 적용한 TensorFlow Lite

모바일 디바이스에서 Teachable Machine을 사용하기 위해 앞서 추출된 파일을 적용할 수 있는 TensorFlow Lite를 사용한다.

3. Android Studio를 이용한 애플리케이션 개발

Teachable Machine에서 학습한 모델을 스마트폰과 같은 모바일 장치에서 작동시키기 전에 TensorFlow Lite를 Android Studio를 이용하여 불러온다. Teachable Machine에서 추출해온 파일 3개를 해당 프로젝트에 넣어준다.

그림 3은 추출 파일을 받아 코드를 수정하는 과정을 보여주는 화면이다. 프로젝트 내에 ClassifierFloatEfficientNet과 ClassifierFloatMobileNet의 getModelPath()가 model_unquant.tflite을 반환하도록 수정하고 getLabelPath()는

```

@Override
protected String getModelPath() {
    return "model_unquant.tflite";
}

@Override
protected String getLabelPath() {
    return "labels.txt";
}

@Override
protected String getModelPath() {
    return "model.tflite";
}

@Override
protected String getLabelPath() {
    return "labels.txt";
}
    
```

그림 3. Android Studio에서 코드를 수정하는 화면
 Figure 3. Code Modification at Android Studio

labels.txt를 반환하도록 수정한다. 또한, ClassifierQuantized EfficientNet과 ClassifierQuantizedMobileNet의 getModelPath()가 model.tflite를 반환하도록 수정하고 getLabelPath()는 labels.txt를 반환하도록 수정해준다.

IV. 모델 학습 및 적용 결과

1. 모델 학습

1) 데이터 세트 구축

본 논문에서는 데이터 세트 구축을 위해 Kaggle에서 수집한 'Full'과 'Free'로 분류된 주차장 사진 세트를 사용한다. 사용된 데이터 세트는 'Free'일 경우의 사진 1,068장과 'Full'일 경우의 사진 2,205장으로 구성된다. 본 논문에서 'Full'과 'Free'는 각각 '주차 공간 없음'과 '주차공간 있음'을 의미한다.

2) Teachable Machine 학습

주차 공간을 식별하는 모델을 개발하기 위해 본 논문에서는 Google에서 제공하는 Teachable Machine을 사용하여 주차 공간을 식별하도록 모델을 학습시킨다. 에폭은 50, 배치 사이즈는 16, 학습률은 0.001로 설정하여 모델 학습을 수행한다. 학습된 모델을 tflite 파일 2개와 labels.txt 파일 1개로 추출하였다.

그림 4는 Teachable Machine을 사용하여 모델을 훈련하는 과정을 보여주는 화면이다.

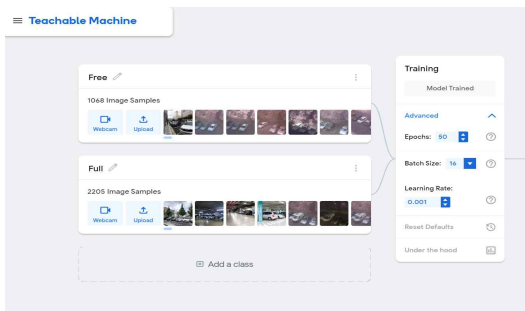


그림 4. Teachable Machine 훈련 과정
Figure 4. Teachable Machine Training Process

2. 실험 결과

1) 주차 공간이 있는 경우

학습된 모델에 입력이 가능하도록 설정하고, 파일에서 이미지를 가져오도록 한다. 인식된 사진에 주차 공간이 있는지 혹은 주차 공간이 없는지 식별하고 그 결과를 출력하도록 한다.

그림 5는 주차 공간이 있는 예제에 대한 적용 결과를 보여준다. 주차장에 주차 공간이 있음을 확연하게 파악하여, 100%의 높은 정확도로 'Free'(주차 공간 있음)임을 결과로 산출한다.

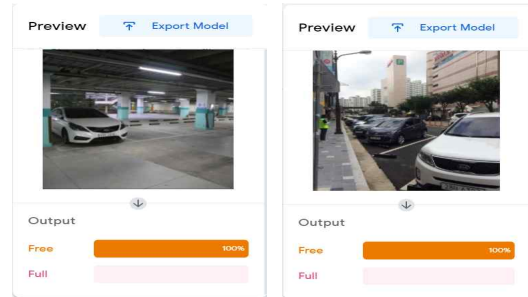


그림 5. 결과 화면 예시('Free'를 출력)
Figure 5. A Result Screen Example(Output 'Free')

2) 주차 공간이 없는 경우

그림 6, 7, 8은 주차 공간이 없는 여러 상황에 대한 실험 결과를 각각 보여준다. 그림 6의 경우, 주차장에 주차 공간이 남아 있지 않은 모습을 확실하게 알 수 있어 100%의 높은 정확도로 'Full'(주차 공간 없음)임을 식별하고 있다.

반면, 그림 7은 빈 주차 공간에 주차 금지 표지판과 같은 일부 장애물이 포함된 경우에 대한 적용 결과를 보여준다. 주차 금지 표지판의 크기가 비교적 작음에도 불구하고 첫 번째 사진은 100%의 확률로 주차 공간이 없음을 식별하여 'Full'을 출력하는 것을 알 수 있다. 두 번째 사진은 앞과 뒤의 주차 공간이 비어있고 앞줄에만 주차 금지 표지판이 설치되어 있어 주차 공간이 있음의 여부를 판단하기에 혼동이 올 수 있음에도 불구하고 75%의 정확도로 주차 공간이 없어 'Full'로 식별하는 것을 알 수 있다.

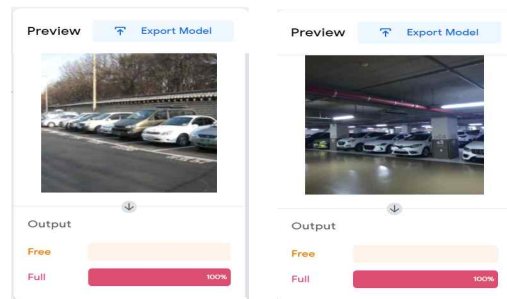


그림 6. 결과 화면 예시('Full'을 출력)
Figure 6. A Result Screen Example(Output 'Full')

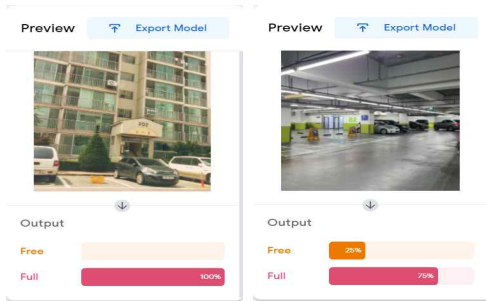


그림 7. 결과 화면 예시('Full'을 출력)
 Figure 7. A Result Screen Example(Output 'Full')

그림 8은 1대의 차량이 2개의 주차 공간을 차지하고 있는 경우를 훈련된 모델로 식별한 결과를 보여준다. 주차 공간이 불확실하게 자리하고 있어 주차 공간이 있다고 판단하는 데에 어려움이 존재한다. 실제로 차량을 주차하기에 공간이 협소하여 주차 공간이 존재한다고 하기에 난처한 모습이다. 그러나 본 시스템은 이와 같은 불확실한 주차 공간을 실질적으로 주차를 할 수 없는 공간이라고 식별한다. 이를 바탕으로 99~100%의 높은 정확도로 주차 공간이 없다고 출력한 사진이다.

3) 스마트폰 애플리케이션을 이용한 실험

새로운 데이터를 손쉽게 촬영하여 결과를 알아보기 위해, 본 논문에서는 제안된 시스템을 스마트폰 애플리케이션으로 구현하였다. 스마트폰 애플리케이션을 이용하여 이미지를 인식시키면 주차 공간이 하나라도 있을 경우에는 0(Free)로 출력하고, 주차 공간이 하나도 없을 경우에는 1(Full)로 출력하는 것을 확인할 수 있다.

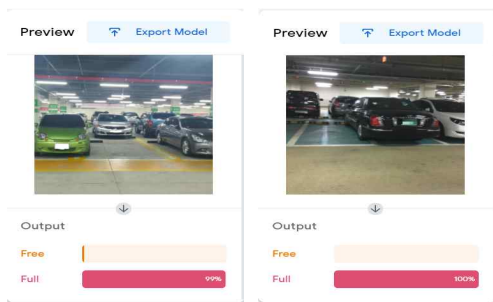


그림 8. 결과 화면 예시('Full'을 출력)
 Figure 8. A Result Screen Example(Output 'Full')

그림 9는 스마트폰을 이용하여 촬영한 사진에 대한 적용 결과를 보여준다. 첫 번째 사진은 주차 공간이 명확하게 보이는 사진으로 99.22%의 높은 정확도로 0(Free)를 출력하는 것을 볼 수 있다. 두 번째 사진은

주차 공간에 어린이가 존재하고 있는 사진을 스마트폰을 이용하여 촬영한 결과이다. 주차 공간에 어린이가 있어 주차 공간이 없다고 인지하여 1(Full)을 출력할 것을 우려하였으나 98.83%의 높은 정확도로 주차 공간이 존재한다고 식별하여 0(Free)를 출력하는 것을 볼 수 있다.

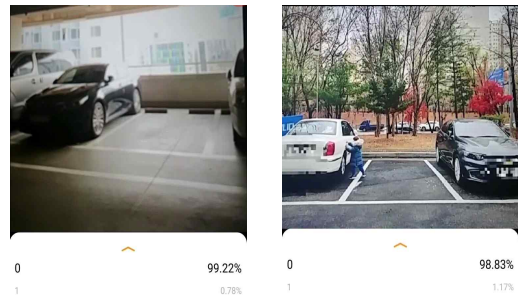


그림 9. 스마트폰 결과 화면 예시('Free'를 출력)
 Figure 9. A Result of Mobile Application(Output 'Free')

그림 10은 주차 공간이 없는 경우로서 스마트폰으로 촬영한 사진에 대한 적용 결과를 보여준다. 첫 번째 사진은 주차 공간이 존재하고 있지 않음을 뚜렷하게 보여주는 사진으로 98.44%의 높은 정확도로 1(Full)을 출력하고 있다. 두 번째 사진은 테이터 세트를 이루고 있는 이미지들과는 사진 각도가 반대이고 차량 간의 간격이 좁으므로 식별한 값의 변동이 잦을 것을 예측하였다. 하지만 적은 변동과 98.05%의 높은 정확도로 1(Full)임을 식별하고 있다.

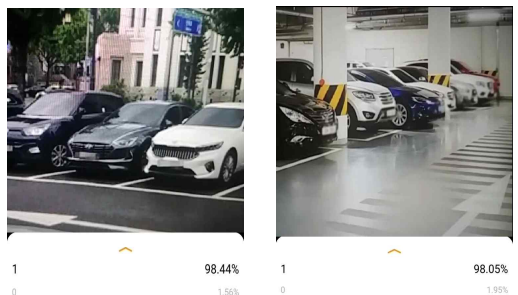


그림 10. 스마트폰 결과 화면 예시('Full'을 출력)
 Figure 10. A Result of Mobile Application(Output 'Full')

V. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 자동차의 이용이 일상생활과 분리하여 생각할 수 없는 현실을 반영한다. 주차장에서 주차 공간의 존재 여부를 식별해주는 기술을 개발하였다. 해당 기술을 이용하면 주차 공간을 정확하게 인식하여 식

별해주는 것을 통해 현실에서 큰 도움을 받을 수 있을 것으로 기대한다.

본 시스템은 전이 학습을 기반으로 모델을 훈련한다. 일반적으로 데이터 세트를 구축하는 데에 약 1,000,000 개 이상의 데이터/이미지가 필요하다. 그러나 전이 학습을 활용하면 데이터 세트를 경량화시킬 수 있다. 본 논문에서는 약 3,000개의 이미지를 데이터 세트로 사용했다. 일반적인 딥러닝 이미지 인식에 비해, 데이터 세트의 규모가 상대적으로 작았음에도 불구하고 원활한 수행을 보여주었으며 높은 정확도로 식별하는 것을 확인할 수 있다.

향후, 더욱 다양한 각도에서 촬영한 사진들을 바탕으로 더욱 풍성한 데이터 세트를 구성한다면 보다 정확한 식별이 가능할 것으로 기대한다. 또한, 빈 주차 공간 여부가 아니라, 개수 및 정확한 위치까지 세분화하여 훈련한다면 보다 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] Korea Statistical Information Service, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1YL20731&conn_path=I2.
- [2] Online News Department, *One in Two People Owns a Car, Popular Officetel with Convenient Parking Facilities*, Seoul News.
- [3] Yong-min Choi, *One car per Two..Popularity of Commercial Facilities combined with Parking Specialization*, Newstomato.
- [4] Soo-Chul Kang, “Trends in Artificial Intelligence Transfer Learning and Applications”, ITFIND, No. 1943, 2020.
- [5] Wikipedia. *Deep Learning*. https://ko.wikipedia.org/wiki/Deep_Learning.
- [6] Kun-Kook Kim, Woong-Gi Son, Min-Gyu Lee, Jung-Gu Han, Young-Wook Park, “The study of Parking Management System by Image Processing”, JKIECS, Vol. 12, No. 4, pp.651-656, 2017. doi.org/10.13067/JKIECS.2017.12.4.651
- [7] Eun-Joo Nam, Deouk-Kyi An, You-Jin Seo, “Management System for Parking Free Space based on Open CV”, JIIBC, Vol. 20, No. 1, pp. 69-75, 2020. doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.1.69
- [8] Seong-Kwon Lee, Young-Gon Kim, “Parking-Lots Management System Using IR-Sensor”, KIISE, Vol. 35, No. 2(B), pp. 296-299, 2008.
- [9] Dae-Jin Kim, Chang-Pyo Yoon, Chi-Gon Hwang, “Deep Learning based Parking Occupation Detection using Pre-Post-processing”, JDCS, Vol.20, No.10, pp.2087-2096, 2019. doi.org/10.9728/dcs.2019.20.10.2087
- [10] Tae-Jin Yun, Hyun-seung Kim, Yong-Ju Chung, Young-Hun Lee, “Development of parking lot recognition system using deep learning technology”, KSCI, Vol. 27, No. 1, pp. 301-302, 2019.
- [11] Se-Hoon Lee, Jung-Won Park, Byung-Ho Kim, “Parking Information Service System using Image Recognition based on Deep Learning”, KSCI, Vol. 23, No. 2, pp. 19-22, 2015.
- [12] Sang-Keun Woo, Ye-ji Gim, “Analysis and Key Implication of Artificial Intelligence (AI) 9 Keys Technologies”, NIA, IT & Future Strategy Report, No. 1, January 15, 2021.
- [13] Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and Tensorflow: Concept, Tools, and Techniques to Build Intelligent System, Chapter 11, 2017.
- [14] Handbook Of Research On Machine Learning Application and Trends: Algorithms, Methods, and Techniques, Chapter 11, Transfer Learning, p.243.
- [15] Teachable Machine, https://teachablemachine.withgoogle.com/faq#Teachable_Machine.

※ 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학지원사업의 연구 결과로 수행되었음(2016-0-00022).