

오픈소스 하드웨어와 딥러닝 기반 객체 탐지 알고리즘을 활용한 교내 유동인구 분석

김보람* · 임윤교* · 신 실* · 이진혁* · 추성원* · 김나경* · 박미소* · 윤홍주**

Analysis of Floating Population in Schools
Using Open Source Hardware and Deep Learning-Based Object Detection Algorithm

Bo-Ram Kim* · Yun-Gyo Im* · Sil Shin* · Jin-Hyeok Lee* · Sung-Won Chu* ·
Na-Kyeong Kim* · Mi-So Park* · Hong-Joo Yoon**

요 약

본 연구에서는 오픈소스 하드웨어인 라즈베리파이와 딥러닝 기술 기반 객체 탐지 알고리즘을 이용해 부경대학교 교내 유동인구 조사 및 분석을 수행하였다. 라즈베리파이를 이용하여 이미지를 수집한 후 YOLO3의 IMAGEAI, YOLOv5 모델을 사용하여 수집한 이미지의 인물 검출을 진행하였으며 정확도 비교 분석을 위해 Haar-like features, HOG 모델을 사용하였다. 분석결과, 개교기념일로 인한 휴교에 가장 적은 유동인구가 관측되었다. 대체적으로 입구의 유동인구가 출구의 유동인구보다 많았으며, 입구와 출구 모두 학교의 기념일과 행사에 따라 유동인구가 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

In this study, Pukyong National University's floating population survey and analysis were conducted using Raspberry Pie, an open source hardware, and object detection algorithms based on deep learning technology. After collecting images using Raspberry Pie, the person detection of the collected images using YOLO3's IMAGEAI and YOLOv5 models was performed, and Haar-like features and HOG models were used for accuracy comparison analysis. As a result of the analysis, the smallest floating population was observed due to the school anniversary. In general, the floating population at the entrance was larger than the floating population at the exit, and both the entrance and exit were found to be greatly affected by the school's anniversary and events.

키워드

Floating Population, Deep Learning, Remote Sensing, Object-Detection, OSHW
유동 인구, 딥러닝, 원격 탐사, 객체 탐지, 오픈소스 하드웨어

* 부경대학교 공간정보시스템공학과
(qhflka5987@kakao.com, dbsry129@naver.com,
jgkdjr@naver.com, asd2904@naver.com,
wbdjff1104@naver.com, grknk8852@pukyong.ac.kr,
talkplay48@gmail.com)

** 교신저자 : 부경대학교 공간정보시스템공학과

• 접수일 : 2021. 11. 29
• 수정완료일 : 2022. 01. 08
• 게재확정일 : 2022. 02. 17

• Received : Nov. 29, 2021, Revised : Jan. 08, 2022, Accepted : Feb. 17, 2022
• Corresponding Author : Hong-Joo Yoon
• Division of Earth Environmental System Science Major of Spatial Information Engineering, Pukyong National University,
• Email : yoonj@pknu.ac.kr

I. 서 론

유동인구란 낮시간에 실제 해당지역에서 활동하거나 이동하는 인구를 도시의 동적 활동을 파악하기에 효과적인 지표로서 다양한 활용이 가능하다 [1]. 야간 유동인구 데이터와 인구밀도 데이터 사이의 선형 비선형 관계식을 통하여 집계구 별 인구를 추정하거나 [2] 유전자 알고리즘을 이용하여 긴급상황 발생 시 현실성을 반영한 지진 대피소의 위치를 선정하는 등 [3] 이동하며 움직이는 유동인구 데이터의 중요성이 높아지고 있다.

그러나 기존의 유동인구 분석 방법은 시간과 비용이 많이 소모되며, 조사 방법이 표준화되어 있지 않다. 일반적인 방법은 특정 지역의 거주자 수의 변화량을 계산하거나 사람이 직접 특정 위치에 투입되어 보행자의 수를 계수기 등을 이용해 일일이 조사하는 것이 있다. 계수기를 이용하여 조사한 사례를 보면 유동인구조사 비용의 대부분이 인건비로 사용된다 [4]. 또한 유동인구를 자동적으로 조사하는 방법이 아직 대중적이지 않다. 신용카드 이용분석, Wi-Fi센싱 이용 등의 방식이 새롭게 사용되었으나 유동인구의 정확도가 비교적 떨어진다 [5]. 따라서 인력의 투입으로 인한 시간과 비용의 문제를 줄이면서 보다 정확한 유동인구를 측정하는 자동화된 방법이 필요하다.

최근 기술의 발달로 인공지능에 관한 관심이 높아지고 있으며 인공지능 알고리즘의 개선 및 개발로 인공지능을 이용하여 영상에서 객체를 인식하는 알고리즘의 성능이 향상되었다. 이에 따라 딥러닝 방법 및 영상의 객체 인식 알고리즘을 이용하여 영상에서 화재를 감지하고 [6] 선박을 인식하여 거리를 추정하고 [7] 해충을 인식하는 [8] 등 다양한 분야에서 인공지능 및 객체인식을 적용한 연구가 진행되고 있다.

이에 본 연구에서는 비교적 저렴한 소형 PC인 오픈소스 하드웨어 라즈베리파이를 이용하여 수집한 이미지를 바탕으로 저렴한 비용으로 정확하게 유동인구를 조사할 수 있는 프로그램을 개발하고자 한다. 이미지 속 인물을 탐지하기 위해 1-STEP 방식의 딥러닝 기반 객체인식 알고리즘인 YOLO를 이용하고, 전통적인 인물 검출 방법인 OpenCV 기반의 알고리즘 Haar-like features와 HOG를 비교하여 정확도를 확인할 예정이다. YOLO 모델은 사전학습 라이브러리인

ImageAI와 가장 최신 모델인 YOLO5의 s모델을 사용할 예정이다. 각각의 모델 성능을 비교하여 가장 정확도가 높은 모델을 선정하고 이미지 속 인물을 탐지하는 과정을 통해 유동 인구를 산출하고자 한다. 나아가 부경대학교 교내 유동인구 수를 바탕으로 유동인구 변화의 특성을 파악하고자 한다.

II. 자료 및 방법

2.1 연구 범위

이미지 자료는 2021년 5월 10일부터 2021년 5월 14일까지 총 5일 동안의 부경대학교 환경해양대학의 입/출구에서 라즈베리파이를 통해 수집하였으며 시간대는 점심시간인 12시 ~ 14시로 진행되었다.

공간적 범위는 부경대학교 대연캠퍼스 환경해양대학(B14) 건물의 입구와 출구 구간을 선정하였다. 입구와 출구의 경우 원래 정문과 후문의 개념으로 출입이 동시에 이루어졌지만, 현재 정문은 입구로 후문의 출구로 사용되고 있어 각각 들어가거나 지나가는 인구, 나오거나 지나가는 인구의 관측이 가능하다. 해당연구에서는 그림1과 같이 카메라를 설치하여서 환경해양대학 입출구의 유동인구를 조사하였다. 카메라 설치 위치에서 촬영가능한 범위는 표시한 상자와 같다.



그림 1. 연구 범위와 카메라 설치 위치
Fig. 1 Research scope and camera installation location

2.2 연구 방법

연구 자료들은 그림2와 같이 처리되었다.

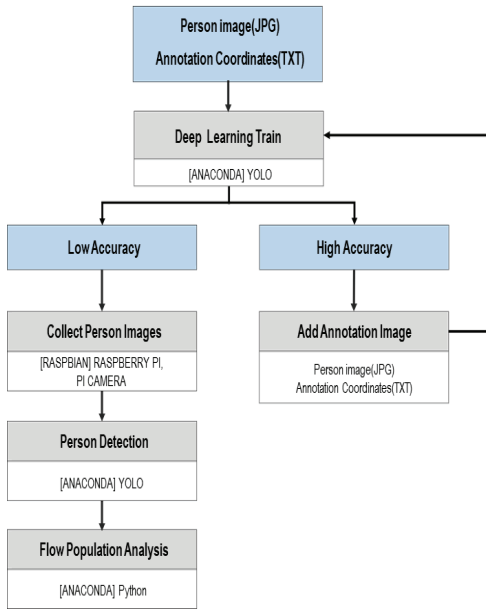


그림 2. 연구 자료 프로세스
Fig. 2 Research resources process

라즈베리파이 카메라를 부경대학교 환경해양대학 입구, 출구에 설치하여 30초 간격으로 인물 이미지를 수집하였다. 수집한 이미지를 바탕으로 카메라 설치 위치의 유동인구 수를 파악하였다. 각 위치별 유동인구 수를 정리하여 OUTPUT DATA를 관리하고, 일주일간의 부경대학교 교내 유동인구 수를 파악하였다. 인물 이미지를 수집할 때, 라즈베리파이에서 취득한 이미지뿐만 아니라 휴대폰이나 카메라 등 다양한 종류의 이미지 데이터를 수집하였다. 총 5,000장의 이미지를 준비하였고, 그중 4,948장의 인물 이미지 데이터를 학습에 이용하였다.

수집한 이미지에서 인물 부분을 찾아 Labeling 하여 데이터 셋을 형성하였다. Labeling이란 이미지에 나타난 객체에 사용자가 주석을 붙이는 것을 의미하는데 준비된 이미지에서 인물이라는 객체를 찾는 다음 상자를 만들어 영역 안의 이미지에 주석을 붙이게 되는 것을 말한다.

Labeling 된 box는 이미지에서 인물이 어느 위치에 존재하는지 XML 파일 형식으로 좌표값을 만들어 기록하고 이렇게 모인 데이터 셋이 학습에 사용된다.

정확도가 높을 경우에는 라즈베리파이를 통해 수집

된 이미지들을 기반으로 학습된 모델을 이용하여 인물을 검출한다. 검출된 이미지 속 인물의 수를 이용하여 유동인구 분석을 수행한다. 그러나 정확도가 낮은 경우에는 학습용 데이터인 이미지를 추가 수집하여 사용자가 원하는 정확도가 나올 때까지 재학습시켰다.

해당 연구에서는 Haar-like features의 인물 전신 검출 필터와 인물 얼굴 검출 필터, HOG, YOLOv3의 사전 학습 모델 라이브러리인 ImageAI, YOLOv5s 모델들을 이용하여 수집한 이미지에서 인물을 검출하고 그 정확도를 비교하였다.

2.3 라즈베리파이

오픈소스 하드웨어(Open-Source HardWare)는 하드웨어의 설계 결과물(회로도, PCB 도면 등)뿐만 아니라 그것을 목적에 맞게 구동하는 소프트웨어의 Source 결과물까지도 무료로 공개함으로써 다수에 의해 공유되고 논의되고 발전/확대되면서 나름대로 생태계를 만들어 나가는 Open-Source 문화와 결과물을 얘기한다. 해당 연구에서는 오픈소스 하드웨어(OSHW)로 라즈베리파이를 이용한다.

라즈베리파이는 작은 사이즈에 리눅스 기반의 운영체제를 지원하고 있어 경량화된 서버 동작이나, 영상 처리 등을 구현할 수 있다. 또한 Python을 포함한 다양한 프로그래밍 언어를 수행할 수 있다 [9]-제거요망. 최근 이를 이용하여 날씨 예보, 시간 표시, 짙막한 인사말, 뉴스 정보 기능, 음성 모듈 기능 실현 등을 바탕으로 하는 스마트 미러 개발 [9], 현관문 위험 감지 시스템 개발 [10] 그리고 실시간 반려동물 모니터링 시스템 [11]등 사물인터넷(IOT) 기술의 핵심 요소로 다양한 분야에 활용되고 있다.

III. 모델 성능 비교

3.1 Haar-like features 검출 결과

Haar-like features는 OpenCV(: OPEN Computer Vision)에서 제공하는 알고리즘[12]으로 얼굴 검출, 전신 검출, 상반신/하반신 검출 등 다양한 필터를 XML 형식의 파일로 제공하고 있다.

인물 검출 분류를 위해서 Haar-like features를 이용한 방식에서는 haarcascade_fullbody.xml필터와

haarcascade_frontface_default.xml 필터를 사용하였다.

인물 검출을 위해 총 1802장의 이미지를 이용해 모델테스트를 진행하였다. haarcascade_fullbody.xml 필터를 이용한 전신 검출에서는 총 이미지 중 916장의 이미지에서 인물이 있다고 감지되었으나 그 중 실제 인물이 있는 사진은 203장이었으며 총 인물 수 376명 중에서는 189명밖에 검출하지 못하였다. 또한 haarcascade_frontface_default.xml를 이용한 정면 얼굴의 검출에서는 1209장에서 인물이 있다고 감지되었으나 그 중 실제 인물이 있는 이미지는 203장이었으며 실제 인물 376명 중에서 단 11명밖에 검출하지 못하였다. 결론적으로 라즈베리파이를 이용하여 수집한 이미지에 대하여 Haar-like features은 전신 검출 필터의 인물 검출 정확도 50.3%, 정면 얼굴 검출 필터의 인물 검출 정확도 2.9%로 나타났다.

그림3과 그림4는 인물 전신과 인물 얼굴을 검출한 결과이다. 인물 전신과 얼굴 검출 모두 7명 중 단 1명만을 검출에 성공하였다.



그림 3. Haar-like features를 이용한 인물 전신 검출
Fig. 3 Human full-body detection using Haar-like features



그림 4. Haar-like features를 이용한 인물 얼굴 검출
Fig. 4 Human face detection using Haar-like features

3.2 HOG 검출 결과

HOG(: Histogram of Oriented Gradients) 알고리즘 역시 Haar-like features와 같이 Open CV에서 제공하는 알고리즘이다. HOG 알고리즘은 SVM(: Support Vector Machine)과 함께 사용하게 되는데 두 그룹으로 나뉜 학습 데이터를 받아서 두 그룹의 영역을 나누는 선을 찾는 방식이다 [13].

HOG를 이용한 전신 검출에서는 총 이미지 중 92장에서 인물이 있다고 감지되었으나 그 중 실제 인물이 있는 이미지는 203장이었으며 총 인물 수 376명 중에서 120명밖에 검출하지 못하였다. 결론적으로 HOG는 인물 검출 정확도가 31.9%로 라즈베리파이를 이용하여 수집한 이미지를 사용하는 본 연구에서 사용한 모델 중 정확도가 가장 낮은 것으로 나타났다.

그림5는 HOG로 인물을 검출한 결과이며 총 7명 중 단 2명만을 검출에 성공하였다.



그림 5. HOG를 이용한 인물 검출
Fig. 5 Human detection using HOG

3.3 YOLOv3 ImageAI 검출 결과

YOLOv3의 사전 학습 모델 라이브러리인 ImageAI는 매우 강력하지만 사용하기 쉬운 클래스와 함수를 제공하여 이미지 객체 감지 및 추출을 수행한다. ImageAI를 통한 인물 검출 결과 총 이미지 중 실제 인물이 있는 이미지 203장이 모두 감지되었고 총 인물 수 또한 376명의 인물 중 347명을 검출하는데 성공하였다. 결론적으로 YOLOv3의 ImageAI는 인물 검출 정확도가 92.3%로 라즈베리파이를 이용하여 수집한 이미지를 사용하는 본 연구에서 사용한 모델 중 정확도가 가장 높은 것으로 나타났다.

그림6은 YOLOv3의 사전학습 모델 라이브러리인 ImageAI를 이용한 인물 검출의 결과이며 총 7명의

사람 중 6명을 검출하였고 각각의 인물들의 정확도를 80.1%로 평가하며 인물 검출 능력과 감별 성능 모두 우수한 것으로 나타났다.



그림 6. YOLOv3의 ImageAI를 이용한 인물 검출
Fig. 6 Human detection using ImageAI in YOLOv3

3.4 YOLOv5S 검출 결과

YOLOv5는 낮은 용량과 빠른 속도를 가지고 있다. 이전 버전의 YOLO 모델들과 달리 크기별로 나누어져 있으며, 크기가 커질수록 더 배수가 높아지면서 속도와 정확도의 차이가 난다. 정확도와 속도는 상충관계이기 때문에 모두 충족하기는 어렵다. 따라서 가장 작은 s모델은 속도가 가장 빠른 대신 정확도는 떨어지고 크기가 가장 큰 x모델은 속도가 가장 느린 대신 정확도는 향상된다. 본 연구에서는 경량화된 하드웨어와 알고리즘을 사용하기 위해 YOLOv5s 모델을 사용하여 유동인구 분석을 수행하였다.

YOLOv5s의 경우 Labeling한 이미지 데이터로 직접 학습시켰으며 총 4948개의 JPG파일과 4948개의 txt 파일을 이용하였다. 학습 모델을 이용한 전신 검출에서는 총 이미지 중 163장에서 인물이 있다고 감지되었고 그 중 실제 인물이 있는 이미지는 203장이었으며 총 인물 수 376명 중에서 272명을 검출하였다. 결론적으로 라즈베리파이를 이용하여 수집한 이미지에 대하여 본 연구의 YOLOv5 학습 모델은 인물 검출 정확도가 72.3%로 전신 검출 정확도가 50.3%인 Haar-like features보다 높게 나타났으나 검출 정확도가 92.3%인 ImageAI보다 낮게 나타났다. 일반적으로 YOLOv5 모델을 직접 학습할 경우 False Positive를 줄이기 위해 추가된 객체가 없는 배경 이미지가 전체 이미지의 10%가 필요하다. 또한 학습을 300epoch로 시작해 600epoch, 1200epoch로 늘려 나가야하지만 본

연구의 학습에서는 배경이미지가 없었고 컴퓨터 성능 등의 문제로 100epoch로 학습시켰으므로 이것이 정확도에 영향을 준 것으로 예상된다.

그림7은 본 연구의 학습 모델을 이용하여 인물을 검출한 결과이며 총 7명의 사람 중 5명을 검출하였고, 각각의 인물들의 정확도를 78%이상으로 평가하였다.



그림 7. YOLOv5s를 이용한 인물 검출
Fig. 7 Human detection using YOLOv5s

IV. 결 과

인물 인식 검출을 위해 이미지 속 인물 검출 능력이 가장 우수한 YOLO3의 IMAGE AI 모델을 사용하여 유동인구를 분석한 결과는 그림8과 그림9로 나타난다. 가로축은 5월 10일부터 14일까지의 5일간의 날짜를, 세로축은 환경해양대학 입구와 출구의 유동인구를 분석을 나타낸다. 그림 10은 환경해양대학 입/출구의 유동인구를 서로 비교한 것이다.

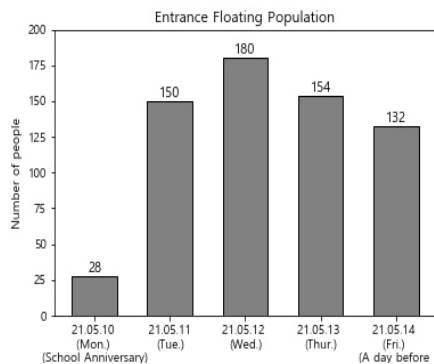


그림 8. 환경해양대학 입구 유동인구 분석
Fig. 8 Analysis of the floating population of environmental and marine university entrance

환경해양대학 입구의 유동인구 분석 결과 (그림8) 부경대학교 개교기념일인 5월 10일 휴교로 인하여 가장 유동인구 수가 적었으며 나머지 요일들은 대체로 비슷한 수준의 유동인구를 보였다. 스승의 날인 15일이 주말인 관계로 하루 전인 14일에 가장 많은 유동인구가 관측될 것이라는 예상과 달리 수요일인 12일에 가장 많은 유동인구가 관측되었다.

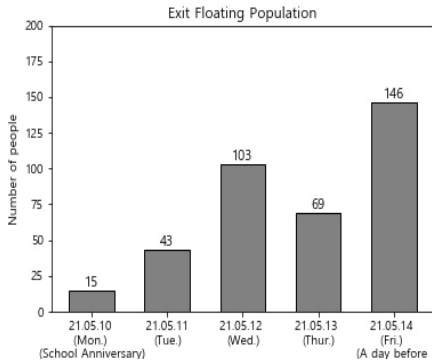


그림 9. 환경해양대학 출구 유동인구 분석
Fig. 9 Analysis of the floating population of environmental and marine university exit

반면 환경해양대학 출구의 5일간 유동인구 분석 결과 (그림 9) 최소 15명에서 최대 146명의 사람이 해당 기간 동안 출구를 이용하였음을 알 수 있다. 날짜별로 살펴보았을 때 입구과 동일하게 개교기념일이었던 10일 휴교로 인한 영향으로 가장 유동인구 수가 적었다. 입구에서는 개교기념일인 10일을 제외한 나머지 요일들이 대체로 비슷한 수준의 유동인구 수가 관측되었지만, 출구의 경우 146명을 관측한 14일이 가장 많은 유동인구를 보였다. 이는 5월 15일 스승의 날이 주말이며, 코로나 19의 영향으로 저녁 회식의 빈도가 줄고 점심 회식의 빈도가 잦아짐에 따라 하루 전인 14일에 많은 사람이 스승의 날 기념행사를 지닌 것으로 보인다.

입구와 출구의 유동인구 수를 비교해본 결과 (그림 10) 대체로 입구의 유동인구가 더 많은 것으로 나타났다. 또한 휴교로 인한 개교기념일에 가장 유동인구가 적었으며, 스승의 날 하루 전인 14일에 출구를 이용하는 유동인구가 많았음을 바탕으로 학교라는 연구 지역의 특성상 특정 기념일과 행사에 따라 유동인구

수의 변화가 나타난다는 점을 알 수 있다. 한편 특정 상황을 제외하였을 때, 평일 중 수요일에 가장 많은 유동인구가 나타나고 있다. 이는 대체적으로 수업이 수요일에 몰려있기 때문에 많은 학생들이 학교를 방문한 것으로 추정된다.

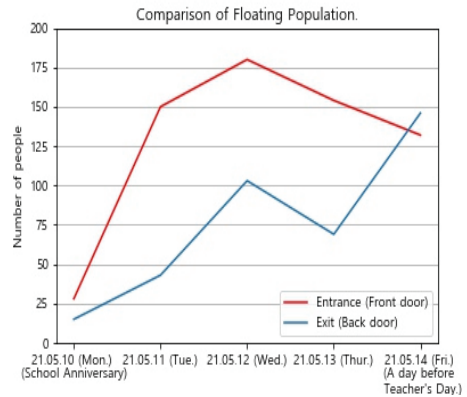


그림 10. 환경해양대학 입/출구 유동인구 비교
Fig. 10 Comparison of the floating population of environmental and marine university entrance/exit

V. 결론

본 연구에서는 오픈소스 하드웨어 라즈베리파이와 딥러닝 기반 모델 YOLO를 활용하여 부경대학교 교내 유동인구를 파악하는 자동화 모델을 제안하였다. 또한 YOLO 모델의 정확도를 분석하기 위해 OpenCV 알고리즘을 사용하여 인물 객체 탐지 결과를 비교하였으며 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, OpenCV의 Haar-like features 및 HOG 모델을 이용하여 이미지에서 인물 검출의 정확도를 비교한 결과 인물의 전신 검출을 기준으로 보았을 때 Haar-like features 모델의 정확도가 더 높게 평가되었다.

둘째, YOLOv3의 사전학습 모델인 ImageAI 및 YOLOv5의 S를 활용한 사용자 학습 모델을 이용하여 이미지의 인물 검출 정확도를 비교한 결과 인물의 전신 검출을 기준으로 ImageAI 모델의 정확도가 더 높게 나타났다. 사전학습 모델을 이용할 때는 ImageAI가 보다 편리하고 정확도가 높으나 사용자가 직접 학

습 모델을 제작할 때는 YOLOv5가 가장 적합한 것을 확인할 수 있었다.

셋째, OpenCV와 YOLO 모델의 인물 검출 정확도를 비교한 결과 인물의 전신 검출을 기준으로 보았을 때 YOLO 모델의 정확도가 더 높게 나타났다. 따라서 라즈베리파이를 이용한 이미지 수집과 YOLO 모델을 접목한 유동인구 분석이 정확도가 가장 높고 사용이 쉽다는 것을 확인할 수 있었다. 다만 연구의 공간적 범위가 부경대학교 환경해양대학의 입/출구로 한정되어 있고, 시간적 범위가 충분하지 못하였던 점으로 미루어 보아 더 많은 기기를 설치하여 이미지를 수집하고 특정 시간이 아닌 24시간 이미지 수집 등의 방식을 이용하면 유동인구 분석이 더욱 효율적이고 신뢰도가 높아질 것으로 사료된다.

넷째, 부경대학교 환경해양대학 건물의 점심시간 유동인구는 출구보다는 입구에서 더 높은 분포를 보였다. 또한 특정 기념일과 유동인구의 수는 깊은 연관이 있는 것으로 확인되었다. 이 특징을 고려하여 유동인구를 조사한다면 도시/상권관리의 차원에서 중요한 자료로 사용될 것으로 기대된다.

향후 해당 연구의 공간적, 시간적 범위를 더욱 확산시킨다면 보다 정확한 유동인구 데이터를 획득할 수 있을 것으로 예상된다.

References

- [1] Y. Jeong and T. Moon, "Analysis of Seoul Urban Spatial Structure Using Pedestrian Flow Data - Comparative Study with '2030 Seoul Plan'," *J. of The Korean Regional Development Association*, vol 26, no. 3, Sept. 2014, pp. 139-158.
- [2] H. Kim, "Inference population using night floating population," *KOREAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS*, Oct. 2015, pp. 29-30.
- [3] J. Bae, M. Kim, S. Yoo, J. Heo, and H. Sohn, "IShelter location-allocation for Tsunami Using Floating Population and Genetic Algorithm," *J. of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography.*, vol. 37, no. 3, June 2019, pp. 157-165.
- [4] M. Byun and U. Seo, "How to Measure Daytime Population in Urban Streets?: Case of Seoul Pedestrian Flow Survey," *The Korean Association for Survey Research, J. Survey Research*, vol. 42, no. 2, 2011, pp. 27-50.
- [5] H. Lee, J. Lee, M. Kim, H. Nam, H. Mun, and Y. Lee "Measurement the Floating Population of the University Using Raspberry pi," *Conf. The Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Jeju, Korea, Dec. 2017, pp. 2092-2094.
- [6] S. Yang, "Implementation of Fire Detection System Using Raspberry Pi-based SSD," Master's Thesis, *Graduate School of Korea Maritime University*, 2020.
- [7] D. Jeong, T. Jung, and T. Im "Deep learning-based ship object detection and recognition using Raspberry Pi," *Conf. Korea Institute Of Communication Sciences*, Pyeongchang, Korea, Feb. 2020, pp. 1059-1060.
- [8] S. Kim, M. Lee, and H. Yoe, "Design of the Pest Recognition System using Raspberry Pi," *J. Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 8, no. 11, Nov. 2018, pp. 941-953.
- [9] Z. Lin and C. Kim, "Development of Smart Mirror System based on the Raspberry Pi," *J. of the KIECS*, vol 16, no. 2, Apr. 2021, pp. 379-384.
- [10] D. Lee, S. Lee, R. Hwan, and I. Hyuk, "Door Surveillance system using the Raspberry Pi," *Proc. of Symp of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, seoul, korea, Nov. 2015, pp. 424-425.
- [11] H. Kim, H. You, and J. Chang, "Development of Realtime Pet Monitoring System by using Raspberry Pi," *The Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Pyeongchang, korea, Dec. 2016, pp. 1543-1545.
- [12] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features," *Proc. of IEEE Computer Society Conf. On Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, 2001, pp. 511-518.
- [13] J. Kim and E. Kim, "Face Recognition and Temperature Measurement Access Control System using Machine Learning," *J. of the KIECS*, vol 16, no. 1, Feb. 2021, pp. 197-202.

저자 소개



김보람(Bo-Ram Kim)

2021년 부경대학교 공간정보시스템공학과 졸업(공학사)

2021년 현재 부경대학교 대학원 지구환경시스템과 학부 공간정보시스템공학전공(석사과정)

※ 관심분야 : 해양 원격탐사, GIS, Deep Learning



임윤교(Yun-Gyo Im)

2022년 부경대학교 공간정보시스템공학과 졸업(공학사)

※ 관심분야 : GIS, 인공지능



신 실(Sil Shin)

2022년 현재 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학전공(학사과정)

※ 관심분야 : GIS, 인공지능



이진혁(Jin-Hyeok Lee)

2022년 부경대학교 공간정보시스템공학과 졸업(공학사)

※ 관심분야 : GIS, 인공지능



추성원(Sung-Won Chu)

2022년 부경대학교 공간정보시스템공학과 졸업(공학사)

※ 관심분야 : GIS, 인공지능



김나경(Na-Kyeong Kim)

2020년 부경대학교 공간정보시스템공학과 졸업(공학사)

2021년 현재 부경대학교 대학원 지구환경시스템과 학부 공간정보시스템공학전공(석사과정)

※ 관심분야 : 해양 원격탐사, Deep Learning



박미소(Mi-So Park)

2021년 부경대학교 공간정보시스템공학과 졸업(공학사)

2021년 현재 부경대학교 대학원 지구환경시스템과 학부 공간정보시스템공학전공(석사과정)

※ 관심분야 : 해양 원격탐사



윤홍주(Hong-Joo Yoon)

1983년 부경대학교 해양공학과 졸업(공학사)

1985년 부경대학교 대학원 해양학과 졸업(공학석사)

1997년 프랑스 그르노블 I 대학교 대학원 위성원격탐사 전공 졸업(공학박사)

1999년~2002년 여수대학교 해양공학과 교수

2002년~현재 부경대학교 공간정보시스템공학 교수

2012년~2013년 부경대학교 공간정보연구소 초대 소장

2013년 (사)한국클라우드센터럴파크 이사

2014년 한국전자통신학회 부회장

2015년 공간정보 Big Data 센터장

2016년 (사)한국생태공학회 회장

2019~현재 한국전자통신학회 회장

※ 관심분야 : 해양 원격탐사, GIS