

# 시각 장애인의 보행 보조를 위한 점자블록 인식 정확도 향상 방안: YOLOv5와 꼭짓점 좌표 분석 활용

(A Method to Enhance the Accuracy of Braille Block  
Recognition for Walking Assistance of the Visually Impaired:  
Use of YOLOv5 and Analysis of Vertex Coordinates)

강 준 구 <sup>†</sup>  
(Junekoo Kang)

바제네자 발렌틴 <sup>††</sup>  
(Valentin Bajenezza)

안 소 명 <sup>†††</sup>  
(Somyeong Ahn)

성 민 우 <sup>†††</sup>  
(Minwoo Sung)

이 영 석 <sup>††††</sup>  
(Youngseok Lee)

**요 약** 본 논문에서는 시각장애인의 보행에 도움을 주기 위하여 점자블록을 하나의 카메라로 정확하게 인식할 수 있는 정확도 향상 방안을 제안한다. 본 논문은 YOLO와 이진화 처리, 꼭짓점 검출 알고리즘을 조합하여 점자블록을 실시간 검출하여 관심 영역을 추출하는 정확도 향상 기법을 제안한다. 추출된 관심 영역을 정확하고 효율적인 이진화 작업을 수행할 수 있도록 프레임마다 유동적인 색상 범위를 설정함으로써 강인한 이진화 처리가 가능하다. 이진화된 영상에서 꼭짓점을 검출한 뒤 꼭짓점의 개수와 매칭되는 테이블 정보에 따라 점자블록 상태를 판단한다. 실험 결과, 이전 기존 연구보다 정확한 점자블록 패턴 정보를 제공하며, 성능이 가장 우수하게 나타났다. 본 논문에서 제안한 점자블록 인식 기술을 활용하면, 시각장애인의 안정적인 보행에 도움을 줄 수 있는 보조 장치 개발에 기여할 수 있을 것이다.

**키워드:** 시각 장애인, 보행 보조, 점자블록, YOLO, 꼭짓점

**Abstract** In this paper, the method to enhance the accuracy of braille block recognition through a camera to help visually impaired pedestrians is proposed. This paper proposes an accuracy improvement technique that extracts the regions of interest (ROI) by detecting braille blocks in real time through a combination of YOLO, binarization, and vertex extraction algorithms. Robust binarization is possible by setting flexible color boundaries for each frame so that the extracted ROI can be binarized accurately and efficiently. After detecting the vertices in the binarized image, the type of a braille block is confirmed based on number of vertices and information provided in the matching

· 이 논문은 2021 한국컴퓨터종합학술대회에서 '시각장애인의 보행 보조를 위한 점자블록 인식 정확도 향상 방안 : YOLOv5와 꼭짓점 좌표 분석 활용'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

<sup>†</sup> 학생회원 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 학생  
engineerJKK@gmail.com

<sup>††</sup> 학생회원 : 강남대학교 IoT전자공학과 학생  
bajenezza13@gmail.com

<sup>†††</sup> 학생회원 : 강남대학교 소프트웨어응용학부 학생  
sso.mmyeong@gmail.com  
okekdma2@gmail.com

<sup>††††</sup> 종신회원 : 서울교육대학교 컴퓨터교육과 교수  
(Seoul Nat'l Univ. of Education)  
yslee38@snu.ac.kr  
(Corresponding author임)

논문접수 : 2021년 9월 23일  
(Received 23 September 2021)  
논문수정 : 2022년 3월 8일  
(Revised 8 March 2022)  
심사완료 : 2022년 3월 8일  
(Accepted 8 March 2022)

Copyright©2022 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.  
정보과학회논문지 제49권 제4호(2022. 4)

table. Based on the experimental results, this research showed better performance in generating braille block information than existing studies. If you use the proposed method of the braille block recognition technology described in this paper, it will not only help visually impaired pedestrians to walk stably, but will also contribute to the development of walking assistance devices for the visually impaired.

**Keywords:** visually impaired, walking assistance, braille block, YOLO, vertices

## 1. 서 론

세계적으로 고령 인구가 빠르게 증가하고 있어 시력에 문제를 가진 사람들이 지속적으로 증가하는 추세로 이어질 것이라는 연구가 있다[1]. 이처럼 고령 노인과 시각 장애인에게 점자블록은 시각적 장애 문제에 대해 가장 원시적이지만 보행에 가장 중요한 역할을 하고 있다.

따라서 점자블록은 “공공건물 및 공공이용 편의시설의 편의시설 종류 및 설치기준”에 따라 건축물의 주 출입구와 교통 시설을 연결하는 보도에 점자블록을 설치해야 하며 교통시설을 이용할 수 있도록 승하차 지점에 점자블록을 설치하여야 한다는 점에서 시각 장애인에 보행하는 대부분 공간에 점자블록이 존재한다[2].

2018년 장애인편의시설 실태전수조사에 따르면 점자블록 설치율은 80%이고 적정설치율은 74.8%이다. 설치율과 적정설치율의 차이는 5.4%이다. 2013년도 조사 결과보다 12.3% 상승한 수치로 현재는 더 높아질 것으로 예상한다[3].

이러한 점자블록은 시각 장애인이 조심해야 하는 곳과 방향을 안내해야 하는 등의 상황 확인을 위해서 설치하는 것으로 위치 감지용 점형 블록과 방향 유도용 선형 블록이 있다[4,5].

시각 장애인들은 점형 블록이나 선형 블록을 이용하여 보행하고 있지만, 낮선 경로에서는 진행 방향을 잃고 방황하는 경우가 적지 않다. 시각 장애인 길 찾기에 관한 연구에서는 두 명의 시각 장애인의 점자블록을 통한 보행 특징을 관찰한 결과, 익숙하지 않은 경로에서는 점자블록이 있어도 보행자가 진행해야 할 방향을 제대로 인지하지 못하는 연구사례가 존재한다[6-8].

또한 시각 장애인 200명을 대상으로 한 연구보고서에 따르면 안내 보행 서비스를 이용하는 비중이 42%이며, 1주일 중 1번 이상 길을 잃는 비중이 52%로 나타났다[9].

이러한 연구사례를 통해 본 연구에서는 시각장애인에게 카메라만을 이용하여 점자블록의 위치나 방향에 대한 안내 정보를 빠르고 정확하게 전달함으로써 보행에 도움을 주고자 하였다.

## 2. 관련 연구

많은 장애인이 보행에 어려움을 겪는 만큼, 이를 해결하기 위한 연구는 다양하게 진행되고 있다. 점자블록을 실시간 탐지하기 위해서는 객체 검출을 빠르고 정확하게

표 1 객체 검출 모델 성능 평가 지표  
Table 1 Object detection evaluation metrics

Method	size	mAP-50	Inference time(ms)
SSD	513	50.4	125
RetinaNet-50	500	50.9	73
YOLOv3	608	57.9	51
YOLOv5-M	640	63.1	11
YOLOv5-L	640	66.9	14
YOLOv5-X	640	68.8	16

처리할 필요가 있다.

객체 검출은 카메라로부터 입력된 이미지로부터 관심 영역의 객체 좌표를 활용하여 바운딩 박스로 출력함으로써 객체를 분류하는 것이다. 이를 위한 실시간 객체 인식으로 YOLOv3(You Look Only Once Version 3)[10], SSD(Single Shot Detector)[11], RetinaNet[12], YOLOv5 모델[13] 등이 있다. 각 모델의 성능 평가 지표로서는 mAP(mean Average Prediction)와 Inference time을 사용하였고, 여러 실험 자료를 비교 분석한 결과는 표 1과 같다.

COCO 데이터셋을 사용한 실험에서 SSD513[11], RetinaNet-50[12] 모델보다 YOLOv3-608 모델[10]이 더 높은 mAP와 더 빠른 Inference time을 나타내고 있음을 알 수 있다. YOLO 모델은 현재 Version 5로 발전한 상태이고, YOLOv5는 모델의 성능에 따라 S, M, L, X로 분류된다. 본 연구에서는 객체 검출 정확도가 높으며 수행 속도가 빠른 YOLOv5를 사용하였으며 그 중 YOLOv5-M 모델을 활용하여 객체 검출을 수행한다.

따라서 기존 모델과 동일한 평가 척도인 mAP와 Inference time을 비교 분석한 결과를 통해 YOLOv5-M 모델은 빠른 객체 인식을 통해 정보를 제공해 줄 수 있다고 판단할 수 있고, 점자블록의 학습 및 실시간 탐지에 적합하다고 할 수 있다[13-15].

하지만 정지와 직진을 나타내는 점형블록과 선형블록 인식에서는 우수하지만, 시각 장애인들의 보행에 중요한 요소인 삼거리, 사거리와 같은 방향에 대한 연구가 YOLOv5-M 모델만으로는 미흡하다[15].

이진화 처리를 통해 점자블록의 패턴 정보를 인식하는 연구의 경우 이상적인 환경일 때에는 인식 정확도가 높다. 하지만 점자블록 설치 후 노후화로 인하여 색이 변질하거나 주변 노이즈가 있으면, 정확도가 낮아지는

문제가 있다[16].

야외 점자블록과 실내 점자블록 인식 연구의 경우 야외에서 노란색의 HSV 값이 유동적이기 때문에 일정 부분은 인식하고 나머지 부분은 명확하게 인식하지 못하는 문제가 있다[17,18].

객체의 색상과 형태를 활용하여 해당하는 후보군을 찾아 여러 개의 색상 임계값으로 이진화를 수행함으로써 각 임계값에 해당하는 영상 피라미드를 만들어, 피라미드 영상 모두에 인식 알고리즘을 수행하여 조명 등에 강인한 알고리즘을 제안한 관련 연구가 있다[19].

따라서 본 연구에서는 점자블록 인식의 정확도 향상을 위해서 YOLOv5 알고리즘을 활용하여 실시간 객체 검출과 정확성을 향상하면서 논리적인 판단이 가능하도록 특징점 검출 및 꼭짓점 좌표 분석을 적용한다.

이를 통해 본 연구에서의 목적은 시각장애인에게 안정적으로 점자블록의 정보를 전달해 줄 수 있도록 한다.

### 3. 점자블록 인식 향상도 방안 설계

#### 3.1 연구 절차

본 연구에서는 실시간 점자블록 인식을 위해 YOLOv5 알고리즘을 적용하고, 정확성을 높이기 위해서 이진화 처리를 통한 꼭짓점 인식을 추가한 시스템의 알고리즘을 제시하고자 한다. 본 연구에서 제시한 방안을 설계한 구조도는 그림 1과 같다.

제안하는 방법을 구현하기 위한 연구 절차는 다음과 같다. 첫째, 데이터 프레임 수집 및 전처리하여 YOLOv5 모델을 통해 점자블록에 Bounding Box 처리를 한다. 둘째, Bounding Box 처리한 좌표를 추출한다. 셋째, 좌표를 나타내는 사각형 내부를 이진화한 뒤 꼭짓점 개수

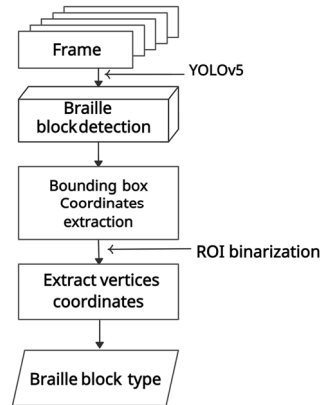


그림 1 YOLOv5와 꼭짓점 좌표를 활용한 점자블록인식  
Fig. 1 Flowchart of using YOLOv5 and vertex coordinates for braille block recognition method

를 추출한다. 넷째, 꼭짓점 개수에 따른 점자블록 상태 판단을 사용자에게 알려준다.

#### 3.2 데이터 수집과 전처리

이미지 데이터 Labeling 작업은 ‘makesense.ai’에서 수행하였으며[20], 생성된 데이터 세트를 이용하여 학습을 진행하였다. 학습은 Google Colab 환경에서 런타임 유형은 Python 3, 하드웨어 가속기는 GPU를 사용하였다. 학습된 모델을 활용하여 Ubuntu 20.04 환경에서 실험을 진행하였다.

학습에 적합한 이미지 산출을 위해 일반적인 낮, 밤 환경과 지하철 환경에서의 점자블록 이미지 총 500장을 Google 지도와 직접 촬영을 통해 확보하였고, 예시 이미지는 그림 2와 같다.

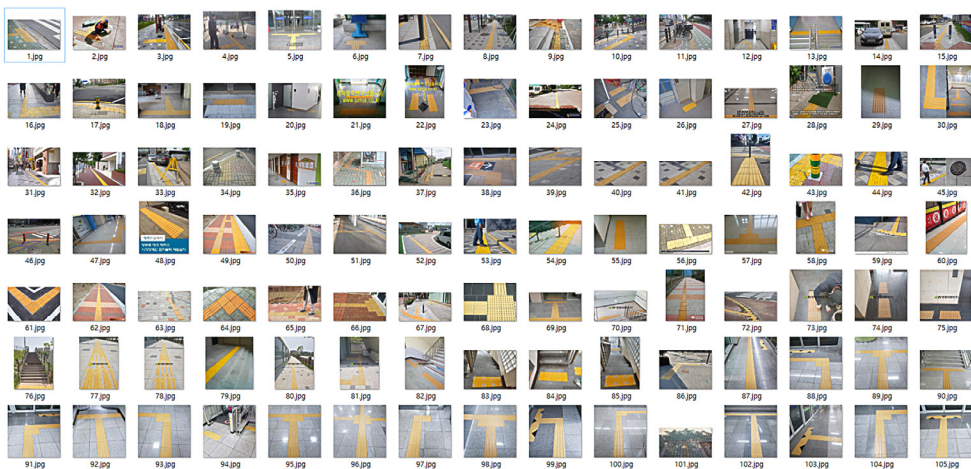
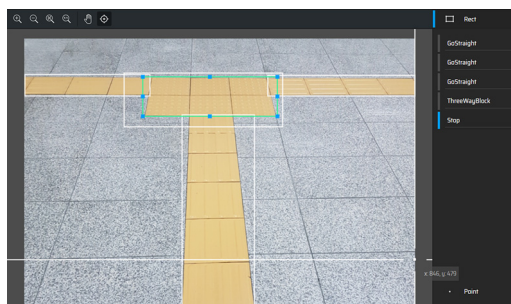


그림 2 이미지 데이터 수집 예시  
Fig. 2 An example of image data collection



1 0.495707 0.639330 0.185194 0.721340  
 1 0.160887 0.170194 0.320103 0.079365  
 1 0.811322 0.171958 0.377355 0.075838  
 0 0.457688 0.223986 0.405954 0.197531  
 2 0.474858 0.211640 0.344632 0.144621

그림 3 이미지 데이터 라벨링

Fig. 3 Image data labeling

학습할 이미지는 Labeling 작업이 필요한데, 이는 탐지할 객체에 대해서 이미지 화면에 좌표를 Labeling 하는 전처리 과정은 위 그림 3과 같다.

Labeling 작업 후 각각의 이미지별로 텍스트를 생성하여 객체 분류 번호와 학습 이미지의 좌표 지점을 기록하였다. 텍스트 정보의 첫 번째 자리 숫자가 객체 분류 번호, 두 번째 자리 숫자부터 좌표 지점이 소수점 자릿수로 처리되도록 하였다. 예를 들어 1 0.495707 0.639330 0.185194 0.721340에서 1은 'Go Straight', 0495707는 중앙 좌표 X값, 0639330는 중앙 좌표 Y값, 0185194는 너비, 0721304는 높이로 기록된다.

### 3.3 데이터 학습 과정

학습 횟수는 1001회, 이미지 크기는 640 by 640픽셀로 설정하였으며, 배치 크기는 16, pretrained weights는 yolov5m을 사용하였다. 총 학습 시간은 3.130 시간 소요되었고, 학습 과정을 그래프로 나타낸 결과는 그림 4와 같다.

그림 4에 나타난 것처럼 학습, 검증 오차가 감소하다가 어느 시점부터 수렴하는 그래프임을 알 수 있으며, 수렴 이후의 학습은 별다른 차이가 없다고 판단하여 본 연구에서는 학습 횟수를 1,001회로 설정하였다.



그림 4 데이터 학습 과정

Fig. 4 Data training process

## 4. 실험 결과

### 4.1 Bounding Box 안에서의 이진화 처리

YOLOv5에서 검출한 노란 점자블록 안에서 이진화 처리를 해주면 불필요한 외부 환경의 노란색으로부터 방해받지 않을 수 있다. 따라서 YOLOv5 모델에서 검출한 객체의 좌표를 활용하여 그 안에서만 이진화를 처리한다. 지하철 환경과 외부 바깥 환경, 그리고 노후화로 인한 노란 점자블록의 색상은 모두 다르므로 Bounding Box 중앙 좌표에서 20 pixel by 20 pixel 크기의 구역을 한 번 더 만들어주고 그 안에서 검출된 색상의 평균 BGR (Blue, Green, Red)값에서 각각 -20, +20의 범위를 설정한 뒤 이진화 처리를 수행한다. 이에 관한 결과는 그림 5와 같다.

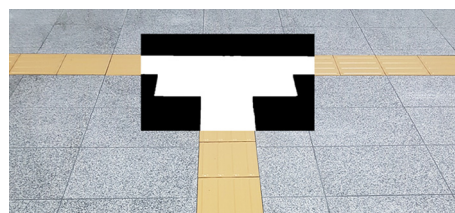


그림 5 Bounding Box 안에서 이진화 처리 작업

Fig. 5 Binarization inside bounding box

### 4.2 이진화 영상의 꼭짓점 개수 검출

본 연구에서는 시각장애인에게 정보를 제공하기 위해 해당 이미지가 겹쳐있을 때, 삼거리인지 사거리인지를 판단하여 알려준다. Douglas-Peucker 알고리즘[21]을 활용하여 꼭짓점을 검출한다. 삼거리의 경우 꼭짓점이 8, 12개이며, 사거리의 경우 20개, 직진의 경우 4개이다. 이에 관한 실험적으로 처리한 삼거리 사례는 그림 6과 같으며, 꼭짓점이 12개로 나타나서 삼거리라고 판단할 수 있다.

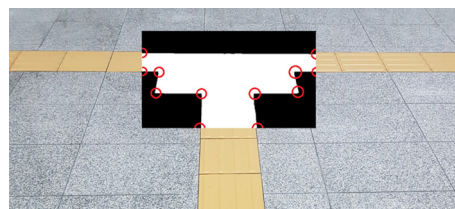


그림 6 꼭짓점 검출 결과

Fig. 6 Vertex extraction results

### 4.3 제안하는 방식의 성능 평가

본 연구에서 제안하는 방법의 성능평가를 하기 위한 정확도 계산에는 표 2와 식 (1)을 사용하였다.

표 2 정확도 계산을 위한 분류표

Table 2 Confusion Matrix

Predict result \ Real	Positive	Negative
Positive	TP (True positive)	FN (False negative)
Negative	FP (False positive)	TN (True negative)




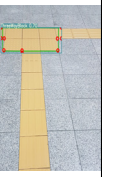








$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{TP}{All\ Positive\ Detections} \quad (1)$$

식 (1)은 전체 인식한 결과 중에서 정확하게 인식한 정도를 말한다. 위 표에서 true positive를 의미하는 TP와 false positive를 의미하는 FP로 나타내었다. 각각 ‘옳은 검출’과 ‘틀린 검출’을 의미한다. 따라서 Precision은 알고리즘이 검출해낸 것 중에서 올바르게 검출한 비율을 뜻한다. 예를 들어 본 연구에서 삼거리 점자블록 10개를 검출하였는데 그 중 8개가 옳게 검출해낸 것이라면 Precision은 0.8이며 80%가 된다.

본 논문에서 제안하는 정확도 계산 방식의 성능을 평가하기 위하여 기존 연구와 비교 분석한 결과는 표 3과 같다.

표 3 기존 연구와의 성능 평가 결과

Table 3 Performance evaluation results with related research

	A Original Image	B YOLOv5	C Binary Image	D Proposed Method
				
Precision		68%	75%	94%
				
Precision		68%	72%	86%
				
Precision		65%	58%	90%

실험 정확도 기준은 현재 시각장애인이 처한 상황에서 올바른 정보를 전달했으면 True로 판단하고 그렇지 않으면 False로 판단한다. 이 중 전체 True와 False 중 True의 비율이 Precision이 된다.

첫 번째로, 기존 이미지인 A를 기준으로 실내와 실외 상황을 비교하였다. (B) YOLO의 경우 한 객체 안에서 직진, 정지, 삼거리 등 다양하게 인식하므로 선형블록과 점형블록의 구분에 어려움이 있어서 정확성이 낮다. (C) 이진화 패턴의 경우 이상적인 지하철 환경에서는 비교적 잘 검출하지만, 실외에서 주변 노이즈들이 함께 검출되므로 정확도가 낮다.

본 연구에서는 YOLOv5로 관심 영역의 범위를 좁혀준 뒤 그 안에서 이진화 처리 후 꼭짓점 개수를 검출한다. 즉 (B)와 (C)를 결합하여 더욱 정확한 점자블록 패턴인식 정보를 제공해 주므로 상대적으로 성능이 가장 좋게 나타났다. 또한, YOLOv5와 이진화 처리, 꼭짓점 검출 알고리즘을 결합하여 더욱 정확한 점자블록의 방향 안내 정보를 제공해 줄 수 있게 된다.

추가적인 보완점으로 제안된 연구의 Outdoor2의 경우 YOLOv5에 의하여 지정된 관심 영역에서 이진화된 점자블록을 볼 수 있다.

이러한 예외 상황인 노이즈가 직선으로 인식되는 경우에도 계층 구조에 의하여 내부 검출된 꼭짓점은 무시되므로, 3가지 기법을 조합하면서 표 1과 식 (1)의 기준으로 판단하는 방법이 성능이 가장 우수하게 나타났으며, 각각의 실내외 환경에 대하여 분석한 결과는 그림 7과 같다.

YOLOv5와 이진화 패턴으로 단독 사용하였을 경우 정확도가 70% 내외였지만 YOLOv5와 꼭짓점 검출 알고리즘을 융합한 본 연구에서는 정확도가 약 90% 가까이 확인되었다. 이를 통해 객체 검출 알고리즘인 YOLO만 사용하는 것보다 이진화 기반 꼭짓점 검출 알고리즘을 통해 좀 더 안정적으로 시각장애인에게 정보를 전달할 수 있다.

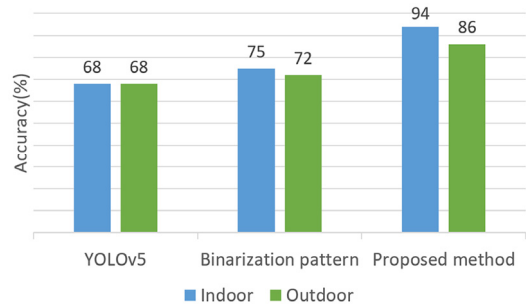


그림 7 실내외 점자블록 인식 정확도

Fig. 7 Accuracy of recognition of braille blocks indoors and outdoors



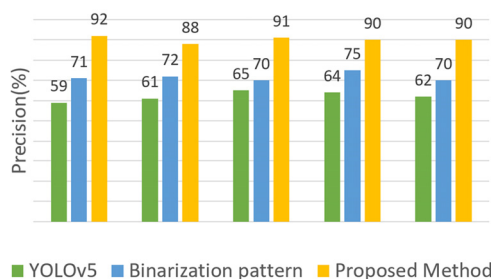


그림 8 기존 연구와 본 연구 정확도 비교

Fig. 8 Comparison of accuracy between previous studies and the proposed method

본 연구에서 총 5회의 반복 실험 결과 안정적으로 90% 내외의 정확도로 점자블록 패턴 인식했음을 볼 수 있다. 점자블록이 일반적으로 크게 색상 범위를 벗어나지 않고 한정적인 범위의 패턴 특성으로 인하여 딥러닝 모델인 YOLOv5보다 정통적 이진화 패턴인식이 더 정확도가 높았다. 조명 등 주변 환경에 좀 더 강한 이진화 패턴인식을 제공해 주기 위하여 색상 범위와 관심 영역을 YOLOv5를 통해 범위를 좁혀주어 향상된 결과는 그림 8을 통해서 확인할 수 있다.

## 5. 결론

시각장애인들의 안전한 보행을 위하여 점자블록을 개선하고 관련 행정 조치를 수행 중이지만, 시각 장애인의 걷는 불편함을 제대로 배려하지 못한 정책으로 인하여 시각장애인의 이동권 권리에 대한 보장이 아직 부족하며 관련 연구와 기술 개발의 도움이 필요하다.

본 연구에서는 시각장애인의 보행 보조를 위하여 점자블록 인식에 대한 정확도를 향상하는 방안을 설명하였다. 제안하는 방법의 성능을 분석하기 위해 실내와 실외 이미지 약 500장의 데이터 세트를 구축한 뒤 학습시켜 YOLOv5 모델을 만들었다. 제작한 YOLOv5 모델을 활용하여 검출한 점자블록만을 이진화 처리한 뒤, 각각의 패턴이 가지는 꼭짓점 개수를 활용하여 정확한 방향을 안내하는 정보를 제공할 수 있도록 하였다.

실험 결과, 기존 연구 기법과 비교하여 노이즈에 강하고 높은 정확도를 보였음을 확인했다. 하지만 그 과정에서 훼손되거나 색이 바랜 점자블록의 경우 이진화 처리를 수행하는 데 어려움을 겪었다. 이를 해결하는 방안으로써 반복적인 실험을 수행한 결과 검출된 객체의 평균 BGR에서 각각 -20, +20 범위값을 정한 뒤 이진화 처리를 함으로써 해결하였다. 프레임마다 새롭게 BGR 범위를 지정해 주기 때문에 조명으로부터 영향을 받지 않는 강점이 있다. 따라서 자체 실험 결과 HSV, YCrCb 색상 모델을 사용하지 않으면서 더 높은 정확도를 얻을 수 있었다.

또한, 다양한 기상환경과 시간대의 점자블록 인식을 위한 추가적인 데이터 학습과 점자블록의 다양한 패턴으로 인하여 다르게 나올 꼭짓점 개수 변수에 대비할 필요가 있어 앞으로 추가적인 연구가 진행하여 시각장애인의 보행 보조 개발에 기여할 수 있을 것이다.

## References

- [1] Matthew J Burton, Jacqueline Ramke, Ana Patricia Marques, Rupert R A Bourne, Nathan Congdon, Iain Jones and others, "The Lancet Global Health Commission on Global Eye Health: vision beyond 2020," *The Lancet Global Health*, Vol. 9, No. 4e489-e551, Published: Feb. 16, 2021.
- [2] Yim Soon-ho, "A Study on Analysing the Handicapped's Accessibility to the Public Facility in JeonJu City," *Master's Program in Architectural Engineering*, Graduate School of Industry, Kon Kuk University, 2000.
- [3] 2018 Survey on the Status of Convenience Facilities for the Disabled, *Ministry of Health and Welfare of South Korea*, 2018.
- [4] Facilities Support Center for Visually impaired, Installation manual of disabled facilities of for the visually impaired, *Korea Blind Union*, 2017.
- [5] JooWan Kim, Development of technology for improving walking convenience and safety for the visually impaired, *Electronics and Telecommunications Research Institute*, pp. 110-111, 2018.
- [6] Hahn, Sang-Il, Kim, Jong-Su, Cha, Hyung-Tai, Information, System for Blind People, *The Korean Institute of broadcast and media engineers*, pp. 383-386, 2009.
- [7] Jeong Je-young, "Space through a plane-shreduction model in aliving facility for the visually impaired. A Study on Cognition," *Master's thesis at Chungju University Graduate School of Industry*, pp. 17-22, 2006.
- [8] Si Yeon kyung, Report on the results of the interview survey to identify the problems and needs of the visually impaired, *GyeongSangbuk-do Association for the Blind*, pp. 25-27, 2009.
- [9] Electronics and Telecommunications Research Institute, *Korea Blind Union*, A Study of Requirements for Pedestrian Convenience of Visually impaired, Final report, 2015.
- [10] Joseph Redmon, Ali Farhadi, "YOLOv3: An Incremental Improvement," *arXiv preprint arXiv: 1804.02767*, 2018.
- [11] Liu W. et al., SSD: Single Shot MultiBox Detector. In: Leibe B., Matas J., Sebe N., Welling M. (eds) *Computer Vision-ECCV 2016, ECCV 2016*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 9905, Springer, Cham, 2016.
- [12] Tsung-Yi Lin, Priya Goyal, Ross Girshick, He,

- Piotr Dollar, "Focal Loss for Dense Object Detection," *Proc. of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp. 2980-2988, 2017.
- [13] Zheng Ge, Songtao Liu, Feng Wang, Zeming Li, Jian Sun, "YOLOX: Exceeding YOLO Series in 2021," *arXiv:2107.08430*, 2021.
- [14] Changseok Lee, Minsoo Kin, Minhee Kang, Jaein Song, Ki Yeon Hwang, "A Study on the YOLO based Pedestrian Detection Method to Prevent Traffic accidents," *The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, pp. 53-57, 2020.
- [15] Serang Oh, Youngchul Bae, "Braille Block Recognition Algorithm for the Visually Impaired Based on YOLO V3," *Journal of the Korean Institute of Intelligent Systems*, pp. 60-67, 2021.
- [16] KyoungBin Kim, KyeongHoon Jun, "Classification of Braille Block Pattern for Guiding the Visually Impaired People," *The Institute of Electronics and Information Engineers*, pp. 356-359, 2020.
- [17] Kim Seon Hong, Yoo Dong Hee, "Design of Braille Block Recognition Module Using Image Processing Technique," *Proc. of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, pp. 923-924, 2021.
- [18] Oh Su-jin, "A study on the braille-block detection using Artificial Neural Networks," *Master's Program in Computer Science and Engineering*, The Graduate School of Engineering Hanyang University, 2017.
- [19] Kil, Tae-Ho, Cho, Nam-Ik, "Light Invariant Traffic Sign Detection and Recognition," *The Korean Institute of broadcast and media engineers*, 139-141, 2014.
- [20] Piotr Skalski. 2019. makesense.ai. <https://www.makesense.ai/>.
- [21] D. H. Douglas and T. K. Peucker, Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a line or its caricature, *The Canadian Cartographer*, 10(2):112-122, 1973.



강 준 구

2016년 3월~2022년 2월 강남대학교 IoT 전자공학과 학사. 2022년 3월~현재 중앙대학교 컴퓨터공학과 석사과정. 관심분야는 인공지능, 컴퓨터비전, 영상 처리



바제네자 발렌틴

2018년 3월~2022년 2월 강남대학교 IoT 전자공학과 학사. 관심분야는 인공지능, 컴퓨터비전, 빅데이터



안 소 명

2016년 3월~2022년 2월 강남대학교 소프트웨어융합부 학사. 관심분야는 인공지능, 컴퓨터비전, 영상 처리



성 민 우

2016년 3월~2022년 2월 강남대학교 소프트웨어융합부 학사. 관심분야는 인공지능, 컴퓨터비전, 영상 처리



이 영 석

1999년 2월 서울교육대학교 초등교육과(교육학사). 2001년 2월 서울교육대학교 컴퓨터교육과(교육학석사). 2009년 8월 한양대학교 전자통신전파공학과(공학박사) 2016년 3월~2022년 2월 강남대학교 참인재대학 교수. 2022년 3월~현재 서울교육대학교 컴퓨터교육과 교수. 관심분야는 컴퓨팅(SW)교육, 지능형 웹 정보 시스템, 인공지능, 컴퓨터비전