

# 인공지능 기반 MMS를 활용한 자전거보행자겸용도로 서비스 수준 산정

## Artificial Intelligence Based LOS Determination for the Cyclists-Pedestrians Mixed Road Using Mobile Mapping System

이 태 영\* · 도 명 식\*\*

\* 주저자 : 한밭대학교 인프라자산관리센터(CIAM) 연구원

\*\* 교신저자 : 한밭대학교 도시공학과 교수

Tae-Young Lee\* · Myung-Sik Do\*\*

\* Center of Infrastructure Asset Management, Hanbat National University

\*\* Dept. of Urban Engineering, Hanbat National University

† Corresponding author : Myung sik Do, msdo@hanbat.ac.kr

Vol. 22 No.3(2023)  
June, 2023  
pp.62~72

pISSN 1738-0774  
eISSN 2384-1729  
<https://doi.org/10.12815/kits.2023.22.3.62>

Received 5 April 2023  
Revised 2 May 2023  
Accepted 17 May 2023

© 2023. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

### 요 약

최근, 자전거도로 관련 시설 등의 모니터링과 관리 방안에 대한 중요성이 증가하고 있다. 그러나 자전거도로를 포함한 보행공간에 대한 이용자의 안전 및 편의성에 대한 모니터링과 평가에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 모바일매핑시스템(Mobile Mapping System, MMS)을 활용하여 자전거보행자겸용도로의 상태 모니터링 데이터를 구축하고, 인공지능 기반 객체인식 기법을 이용하여 보행자와 자전거 이용자의 관점에서 겸용도로의 서비스 수준 산정방안을 제시하고자 한다. 본 연구를 통해 제시한 자전거보행자겸용도로의 모니터링과 서비스 수준 산정 방안은 향후 전기자전거와 개인형 이동수단(personal mobility, PM)의 증가에 대비한 보행공간의 정비와 재구조화(reconstruction) 등 계획과 관리에 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어 : 자전거보행자겸용도로, YOLOv4, Mobile Mapping System, AHP, LOS

### ABSTRACT

Recently, the importance of monitoring and management measures for bicycle road related facilities has been increasing. However, research on the monitoring and evaluation of users' safety and convenience in walking spaces including bicycle path is insufficient. In this study, we would like to construct health monitoring data for cyclists-pedestrians mixed road using a mobile mapping system, and propose a plan to calculate the level of service of the mixed roads from the perspective of pedestrians and cyclists using artificial intelligence based object detection techniques. The monitoring and level of service calculation method of cyclists-pedestrians mixed roads proposed in this study is expected to be used as basic information for planning and management such as maintenance and reconstruction of walking spaces in preparation for the increase of electric bicycles and personal mobility in the future.

Key words : Cyclists-pedestrians mixed road, YOLOv4, Mobile Mapping System, AHP, LOS

## I. 서론

1995년 「자전거이용 활성화에 관한 법률」이 제정되고, 자전거 이용과 관련된 정책은 자전거가 일상생활에서 편리한 교통수단으로 활용될 수 있도록 자전거의 편의와 안전을 도모하고 있다. 또한, 2020년 개정된 「자전거 이용시설 설치 및 관리지침」은 자전거 이용을 활성화하고, 자전거도로를 이용하는 자전거 이용자의 통행 안전성 및 편리성의 확보를 목적으로 두고 있다.

그러나, 물리적 기반시설의 지속적인 확충에도 불구하고, 실질적인 자전거 이용 증가나 자전거의 안전한 이용환경 조성 등 뚜렷한 정책효과를 체감하기는 어려운 실정이다(Oh and Namgung, 2013). 자전거 이용의 대부분은 교통수단보다는 여가 목적 및 레저에 집중되고 있으며, 2021년 기준 통계청 자료에 의하면, 전체 자전거도로 총 연장의 75%가 자전거보행자겸용도로로 조사되었다. 따라서 기존 대부분의 자전거보행자겸용도로에서 자전거 이용환경의 연속성과 질 보장의 한계로 인해, 보도 위에 설치되는 자전거보행자겸용도로는 가로시설물과 노상 적치물로 인한 물리적 단절이나 도로의 유효폭 감소로 이어져 보행자와 자전거 이용 주체들의 상충 및 간섭이 발생하고 있다. 특히, 행정안전부 자료에 의하면 자동차, 보행자 등 다른 이용 주체와 도로 위의 방해물로 인해 최소한의 시설기준을 충족하지 못하며, 전체 자전거 사고의 약 44%는 자전거보행자겸용도로에서 발생하고 있다(MOSPA, 2015).

2020년 제정된 「자전거 이용시설 설치 및 관리지침」은 자전거 이용을 활성화하고, 자전거도로를 이용하는 자전거 이용자의 통행 안전성 및 편리성 확보를 목적으로 두고 있으며, 관리지침에서 제시하는 자전거보행자겸용도로의 서비스 수준은 효과적으로 상충횟수를 사용하고 있으며, 상충횟수는 1)보행자 간의 상충, 2)자전거에 의한 보행자의 상충, 3)보행자에 의한 자전거의 상충, 4)자전거간의 상충 4가지로 구분하고 있다. 하지만, 대부분의 자전거보행자겸용도로에서 자전거 이용자는 보행자뿐만 아니라, 도로 상의 방해물에도 영향을 받기 때문에 방해물을 고려할 필요가 있다.

즉, 국내 자전거도로의 특성상 기존 상충횟수뿐만 아니라 실제 자전거, 보행자 이용자들의 입장을 고려한 서비스 수준을 적용해야 하며, 이용자 입장에서 다양한 요소들을 고려한 서비스 수준의 산정을 통해 객관적이며 향후 보행공간의 서비스 수준 산정과 평가를 위한 기준 마련이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 모바일매핑시스템(Mobile Mapping System, MMS)을 활용하여 자전거보행자겸용도로의 상태 모니터링 데이터를 구축하고, 인공지능 기반 보행공간에 존재하는 방해물의 객체인식과 AHP 설문조사를 활용하여 실제 겸용도로를 이용하는 보행자와 자전거 이용자들의 의사를 반영한 보행공간의 서비스 수준 산정 방안을 제시하고자 한다.

## II. 선행연구 고찰

자전거도로(혹은 겸용도로)의 서비스 수준 관련 연구로는 Beura et al.(2017)은 자전거 사용을 위한 도로 적합성을 평가하기 위해 도로 환경변수 데이터를 이용하여 프로빗 회귀 모형 및 순서형 로지스틱 분석을 활용하여 서비스 예측 모델을 도출하였고, 도출된 프로빗 회귀 모형을 통해 자전거 사용 서비스를 예측하는 방법을 개발하였다. Pitchard et al.(2019)는 대학생의 자전거 경로 선택 자료를 활용하여 BLOS(Bicycle Level of Service)의 적용 가능성을 제시하였는데, 평가 방법으로 BCI(Bicycle Compatibility Index), BSL(Bicycle Stress Level), Sixth Edition Highway Capacity Manual(HCM6), LTS(Level of Traffic Stress) 특성을 활용하여 교차로의 자전거 적합성에 대한 객관적인 등급을 제안하였다. Shu et al.(2018)은 자전거의 이동성을 향상시키기 위해 이

용자의 인식에 따른 도로 구간의 자전거 서비스 수준을 제안하였다. 평가 방법으로는 도로시설, 교통특성, 환경여건 측면에서 영향요인을 분석하고, 만족도 조사를 통해 자전거 이용자의 요구에 부응하는 서비스 수준을 제안하였다.

3차원 공간정보를 활용하여 인공지능 기법을 적용한 관련 연구가 최근 많이 이루어지고 있다. Park and Song(2021)은 스트리트뷰(Street-View) 영상을 활용하여 보행 환경에 위치한 방해물(혹은 시설)에 대한 위치 파악을 위한 방법을 제시하였다. 스트리트뷰 영상과 객체탐지 알고리즘을 활용하여 서울시에 위치한 블라드를 학습하고, 도출된 블라드 위치와 보행 공간의 공간매칭을 통해 횡단보도 정보를 개선하여 누락된 구간에 대한 정보 갱신방법을 제안한 바 있다. Choi and Kim(2021)은 MMS를 활용하여 도로 노면 데이터를 취득하고, 취득된 포인트 클라우드 데이터를 활용하여, 딥러닝 학습데이터를 구축하는 방법론을 제안하였는데, 총 2,764개의 데이터를 활용하여 PointNet 모델에 학습시킨 결과 정확도는 약 99.977%로 도출되어, MMS를 활용한 도로 데이터 적용 가능성을 확인하였다.

Ban et al.(2019)은 시각장애인의 보행 안전을 위해 딥러닝 기반의 알고리즘을 활용하여 방해물을 실시간으로 인식하는 방법을 제안하였으며, 제안한 Safe2Walk4Blind 시스템은 서버-클라이언트 구조를 활용하여 방해물의 분류 및 거리 추정치를 실시간 음성으로 제안하고, 약 82.2%의 객체 인식 정확도와 약 89.6%의 거리 추정 정확도를 도출하였다. Arcos-Garcia et al.(2017)은 MMS를 활용하여 교통 표지판 인식 시스템을 제안하였으며, 취득된 RGB 이미지 데이터를 딥러닝에 적용하여 약 99.71%의 정확도를 도출한 바 있다.

기존 연구에서는 2020년 관리지침과 같이 상충횟수만을 기준으로 서비스 수준을 산정하거나 보행공간에 존재하는 방해물을 대상으로 하는 등 보행자 및 자전거 이용자의 관점을 동시에 고려한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 상충횟수를 기준으로 서비스 수준을 제시한 기존 관리지침의 한계를 개선하면서 자전거(혹은 검용도로) 도로 공간에서의 객체 인식의 정확도 개선에 치중한 연구가 가진 정책 활용성의 한계를 동시에 개선하기 위해 자전거 이용자와 보행자의 관점을 동시에 고려한 자전거보행자검용도로의 서비스 수준을 산정하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

### III. 인공지능 기반 방해물 객체 인식 시스템 구축

#### 1. 인공지능을 활용한 방해물 객체 인식









기존 인력 기반의 도로 혹은 보행공간 상의 방해물 파악은 시간과 비용의 제약이 존재하며, 대상 공간의 연장이 길어질수록 제약은 커진다. 따라서, 자전거보행자검용도로의 방해물을 효율적으로 파악하기 위해 인공지능 기술을 이용한 객체인식 알고리즘을 통해 분석을 진행하였다. 객체인식(Object Detection)은 주어진 범위 내에서 시각적인 정보를 분석하고 해당 객체의 위치를 찾아내는 기술로, 자율주행, 보안 등의 다양한 분야에서 활용되고 있다. R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, Mask R-CNN 등 다양한 알고리즘이 있으며, 각각 다른 형태의 알고리즘과 특징을 가지고 있다.

본 연구에서 사용한 알고리즘은 실시간 물체탐지 영역에서 주목받고 있는 YOLO 알고리즘 중에서 v4를 사용하였다. YOLOv4 알고리즘은 Input, Backbone, Neck, Head로 구분되며, Input은 SAT(Self-Adversarial Training)과 Mosaic의 데이터 증강(Data Augmentation)을 통해 데이터를 확장시킬 수 있으며, Backbone은 CSPDarkNet53을 이용해 기울기 소실 문제(Vanishing Gradient Problem)를 해결하여 정확도를 보정하였다. Neck은 SPP(Space Pyramid Pool)와 PANet(Path Aggregation Network)을 적용하여 추출력을 증가하였으며, Head는 3개의 서로 다른

크기의 특징 지도(Feature Map)를 출력하게 된다.

인공지능 학습을 위한 데이터는 한국지능정보사회진흥원에서 제공하는 AI Hub(<https://aihub.or.kr/>)에서 제공하는 인도의 보행영상을 활용하여 데이터를 구축하였고, 데이터 셋의 설계기준은 인도 보행영상의 설계기준을 적용하여, 자전거보행자검용도로 상에 존재하는 방해물을 보행자와 자전거 이용자에게 상충의 위험이 있는 이동체로 보행자, 자전거, 불법 주차 차량으로 정의하였고, 도로 유효폭에 영향을 주는 고정체는 전봇대, 가로수, 버스정류장, 블라드, 불법 쓰레기로 정의하였다. 데이터 라벨링 작업은 GitHub(<https://github.com/>)에서 제공하는 LabelImg tool을 사용하여 학습 데이터(Train Data) 966장(80%), 시험 데이터(Test Data) 242장(20%)으로 총 1,208장의 라벨링 데이터를 취득하였다.

<Table 1> Class Characteristics for Object Detection

	Class Name	Example		Class Name	Example
Moving object	Bicycle		Fixed object	Pole	
	Person			Tree	
	Car			Bus Stop	
Fixed object	Bollard		Garbage		

학습 모델의 평가는 2×2 혼동행렬(Confusion Matrix)을 이용해 알고리즘 모델이 내놓은 답과 실제 정답의 관계를 이용하여 정의할 수 있다. 혼동행렬에서 사용되는 지표로는 TP(True Positive), FP(False Positive), FN(False Negative), TN(True Negative)이 있으며, TP는 실제 True인 정답을 모델이 True라고 분류, FP는 실제 False인 정답을 모델이 True라고 분류, FN은 실제 True인 정답을 모델이 False라고 분류, TN은 실제 False인 정답을 모델이 False라고 분류한 것으로, TP와 TN은 정답으로, FP와 FN은 오답으로 표현할 수 있다.

본 연구에서는 모델의 정확도를 평가하기 위해서 정밀도(Precision), 재현율(Recall), f1-Score 값을 이용하였다. 정밀도는 모델이 True라고 분류한 것 중에서 실제 True인 것의 비율로 Eq.(1)로 표현하며, 재현율은 실제 True인 것 중에서 모델이 True라고 분류한 것의 비율로 Eq.(2)로 표현한다.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \dots\dots\dots (1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \dots\dots\dots (2)$$

일반적으로, 정밀도가 높으면 재현율이 낮고, 재현율이 높으면 정밀도가 낮아, 정밀도와 재현율은 Trade-Off 관계로 정의할 수 있다. 따라서, 정밀도와 재현율의 조화평균 값인 f1-Score 값을 사용하여 모델의 성능을 판단할 수 있고, Eq.(3)으로 표현할 수 있다.

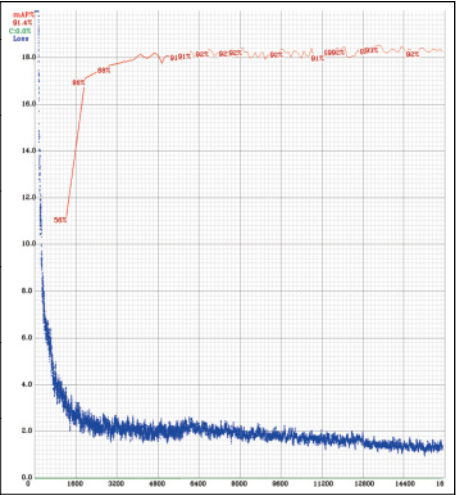
$$f1-Score = \frac{1}{\frac{1}{Precision} + \frac{1}{Recall}} = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \dots\dots\dots (3)$$

모델의 최적값을 찾기 위해서 임계값(IOU-threshold)을 조정하여야 하며, 임계값은 알고리즘에 의해 예측된 객체의 신뢰도가 임계값 이하 값을 가지면 객체를 무시할 수 있으므로, 취득된 자전거보행자검용도로 약 235m 구간을 대상으로 실제 객체 개수와 객체인식 알고리즘에 의한 객체 개수의 오차율 비교를 통해 임계값 0.1부터 0.9까지 분석을 진행하였다. 그 결과 f1-Score는 임계값 0.7 기준으로 가장 성능이 높은 것으로 나타나 객체 탐지 시 임계값 0.7 기준으로 자전거보행자검용도로 방해물 탐지 모델을 구축하였다.

<Table 2> IOU-threshold & mAP, Loss graph

IOU-threshold	Result								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
True (unit)	642	634	631	625	622	618	<b>616</b>	610	592
False (unit)	230	218	212	213	211	211	<b>210</b>	211	223
Precision (%)	85.4	87.4	88.2	88.3	89.2	89.6	<b>90.4</b>	90.6	91.3
Recall (%)	85.2	84.3	84.1	83.6	82.8	82.6	<b>82.4</b>	81.3	78.5
f1-Score (%)	85.3	85.8	86.1	85.9	85.9	86.0	<b>86.2</b>	85.7	84.4

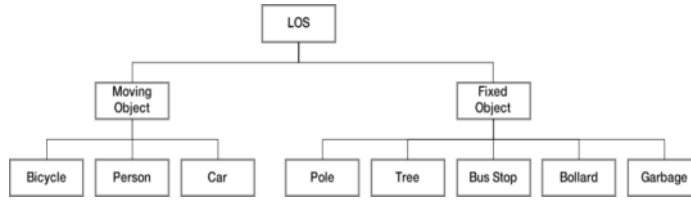
(a) Accuracy Calculation by IOU-threshold



(b) mAP & Loss graph

## 2. AHP 설문조사를 활용한 방해물별 위험도 산정

계층적차분석(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 통하여 이동체와 고정체에 대한 방해물별 가중치를 산정하였다. 평가에서 활용되는 평가항목들을 계층적인 구조로 파악하고, 최적 대안을 도출하는 방법으로 분석을 통해 상대적인 위험도를 척도로 평가하여, 최종적인 위험도를 도출하였다.



<Fig. 1> AHP Hierarchy for Cyclists-Pedestrian road

설문에 참여한 인원은 해당 분야 연구 경험이 있는 공무원, 시민단체, 자전거 동호회, 대학원생 등 관련된 전문가를 대상으로 AHP 설문조사를 시행하였고, 9점 척도를 사용한 쌍대비교를 통하여 요소 간 상대적 가중치를 도출하였고, 지표별 종합가중치를 최종적으로 산정하였다. 또한, 일관성 비율(Consistency Ratio, CR)을 계산하여 응답자들이 평가한 평가항목이 얼마나 논리적이며, 일관성을 가지고 작성하였는지 검증하였고, CR이 10% 이하 응답 결과가 합리적이라고 판단하였다(Choi and Kim, 2010). 설문조사 진행 시 통행방법에 대한 질문을 통해 이용자를 분류하여, 최종적으로 자전거 이용자 35명, 보행자 29명의 결과를 반영하였다.

분석 결과, 자전거 이용자가 느끼는 위험도(가중치)는 이동체가 0.85, 고정체가 0.15로 방해물별 위험도에 대한 가중치는 이동체가 고정체보다 상대적으로 높았으며, 이동체 가운데에서는 보행자가 가장 높은 가중치(0.50)로 나타났으며, 불법주차 차량(0.23), 자전거(0.12) 순으로 나타났다. 고정체의 경우에는 블라드가 0.06, 버스정류장, 무단 쓰레기가 0.03으로 도출되었으며, 가로수(0.01), 전봇대(0.01) 순으로 나타났다.

보행자가 느끼는 위험도(가중치)는 이동체가 0.86, 고정체가 0.14로 나타나 자전거 이용자의 위험도 가중치 결과와 유사하게 나타났다. 이동체 가운데에서 자전거가 0.46으로 가장 높게 도출되었으며, 불법주차 차량(0.31), 보행자(0.09) 순으로 나타났다. 고정체의 경우 블라드가 0.07로 가장 높게 나타났으며, 버스정류장(0.02), 무단 쓰레기(0.02), 전봇대(0.02), 가로수(0.01) 순으로 도출되었다.

<Table 3> Characteristics of Factor and Weight

	Weight		Factor	Weight		Comprehensive Weight		Rank	
	Bicycle User	Pedestrian		Bicycle User	Pedestrian	Bicycle User	Pedestrian	Bicycle User	Pedestrian
Moving object	0.85	0.86	Bicycle	0.14	0.54	0.12	0.46	3	1
			Person	0.59	0.10	0.50	0.09	1	3
			Car	0.27	0.36	0.23	0.31	2	2
Fixed object	0.15	0.14	Pole	0.08	0.12	0.01	0.02	8	7
			Tree	0.09	0.09	0.01	0.01	7	8
			Bus Stop	0.22	0.16	0.03	0.02	6	5
			Bollard	0.38	0.47	0.06	0.07	4	4
			Garbage	0.23	0.16	0.03	0.02	5	6

<Table 3>에서 알 수 있는 바와 같이, 자전거 이용자는 보행자가, 보행자는 자전거가 가장 조심해야 할 대상이라 느끼고 있으며, 이는 자전거보행자검용도로의 특성상 보행자와 자전거 이용자의 상충이 많을수록 위험도가 높아지는 것으로 해석할 수 있다. 그 다음으로 불법주차 차량, 블라드, 버스 정류장, 전봇대의 순은

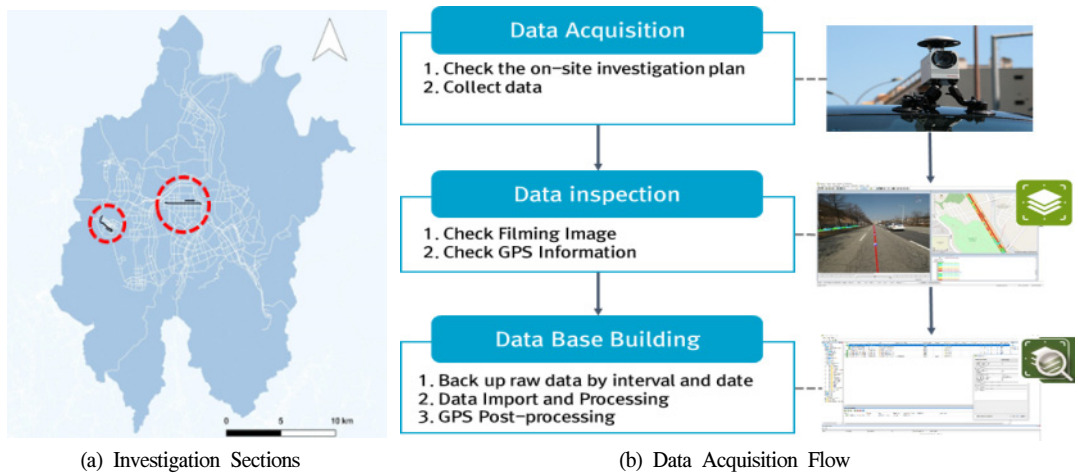
거의 동일하게 나타났다. 따라서 자전거보행자검용도로의 경우 가능하면 자전거와 보행자의 동선을 구분하는 것이 안전성과 효율성을 높이는 방법이라 할 수 있다.

### 3. MMS를 활용한 데이터 취득

본 절에서는 자전거 이용자와 보행자를 대상으로 통행 방해물별로 산정한 위험도의 정합성을 검증하기 위해 실제 자전거보행자검용도로를 대상으로 객체 인식, 위험도 및 서비스 수준 산정의 과정을 거쳤다. 분석 대상 구간은 자전거와 보행자의 동선 분리 유무, 자전거와 보행자 통행량의 많고 적음, 방해물의 많고 적음 등을 고려하여 세 구간을 선정하였으며, 대전광역시 서구 한밭대로 일부 구간과 동지아파트 일부구간, 유성구 학하동 일부 구간을 대상으로 분석을 진행하였다.

공간 정보 취득을 위한 MMS 조사는 자전거도로 상에 자동차가 통행할 수 없어 휠체어에 MMS 장비를 부착해 모니터링 조사를 수행하였다. 본 연구에서 활용한 MMS 장비는 Imajing 사의 Imajbox로 GPS 위치정보를 포함한 실시간 이미지와 주행궤적 데이터, 포인트 클라우드를 취득할 수 있으며, 분석 영역은 2.0~2.5m로 구분하여 취득하였다(Choi et al., 2021).

조사시점은 2022년 11월 중 3일간 MMS 촬영을 진행하였으며, 시간대별로 상이한 보행량 및 자전거 교통량에 대한 수집된 데이터의 객관성을 확보하기 위해 오전과 오후에 동일 구간에 대해 조사를 시행하였다. MMS를 통해 수집된 데이터는 한밭대로 일부 구간 3,081장, 동지아파트 일부 구간 857장, 학하동 일부 구간 2,872장으로 총 6,810장이 수집되었다.



(a) Investigation Sections  
Source : Choi et al.(2021)

(b) Data Acquisition Flow

<Fig. 2> Overview of Data Processing

## IV. 분석 대상구간 시스템 적용

MMS로 촬영된 영상 데이터를 기반으로 방해물 탐지 알고리즘을 활용하여 사진별 객체 개수를 각 방해물 별로 산출한 뒤, AHP 설문조사를 통해 도출된 보행자 및 자전거 이용자의 방해물별 가중치를 곱하여 자전거

보행자검용도로를 5m 간격으로 서비스 수준을 도출하였다. 여기서 도출된 서비스 수준은 방해물별 위험도에 따라 설정되었으며, 바닥 포장재료에 따른 이용자의 안전성도 추가로 고려하였다.

연구대상지에 해당하는 포장재는 아스팔트, 조립식 블록, 자갈 및 모래 등 총 3가지로 구분할 수 있으며, 조사 당시 평탄한 정도와 포장재의 설문조사를 통해 상태별 위험도 순위를 도출하였다. 설문조사로 도출된 상태별 위험도는 아스팔트, 조립식 블록, 자갈 및 모래의 순으로 도출되었으며, 도출된 위험도를 연구대상지에 적용하여 Eq.(4)와 같이 최종 서비스 수준을 도출하였다.

$$LOS = \sum \alpha \times \beta \times \gamma \dots\dots\dots (4)$$

where,

$\alpha$  : Number of obstacles by Class

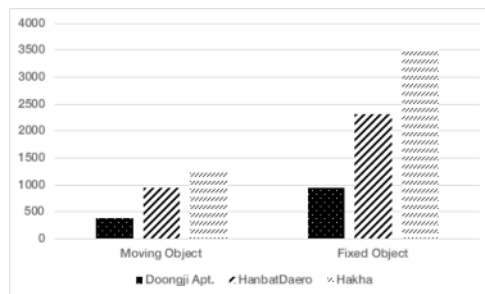
$\beta$  : Risk weight by Class

$\gamma$  : Road condition Weight

<Table 4> LOS for Cyclists-Pedestrian road

Ratings	LOS Criteria
1	LOS < 0.3
2	0.3 ≤ LOS < 1.1
3	1.1 ≤ LOS < 2.2
4	2.2 ≤ LOS < 3.1
5	3.1 ≤ LOS

서비스수준 등급 분류에 대한 방법은 K-means, K-Medoid, K-Median Clustering이 있다. 각각 방법은 클러스터링을 진행할 때, 평균, Medoid, 중앙값을 활용하여, 분류하는 차이점을 지닌다. K-Medoid, K-Median Clustering은 표본의 수의 제곱에 비례하여 분석 시간이 소요되어, 대용량 데이터를 처리하는데 제약을 가진다. 따라서, 본 연구에서는 서비스 수준을 분류하기 위해 K-Means Clustering을 활용하여 5개의 시드를 주고, <Table 4>와 같이 서비스 수준 점수를 분류하였다(Bhuyan and Rao, 2012; Choi et al., 2018).



<Fig. 3> Detection Result of Investigation Section










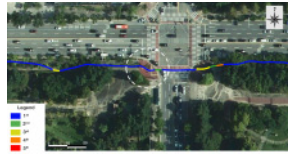
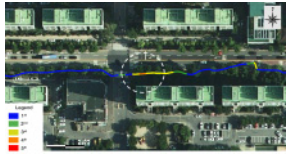
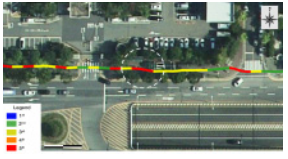
<Fig. 4>에는 인공지능 기반 자전거보행자검용도로를 대상으로 MMS 촬영 대상 구간에 ArcGIS S/W를 활용하여 서비스 수준 산정 결과를 나타내고 있다. 정부청사 인근 한발대로 구간은 자전거, 보행자 구간을 분



리한 도로로 보행자 및 자전거 이용자의 서비스 수준은 1.00~1.48등급이 도출되었다. 등지아파트 인근 자전거도로는 공간 분리가 이루어지지 않으면서 아파트로의 진출입이 많고 가로수 등의 방해물이 다소 검출되어 보행자와 자전거의 서비스 수준은 3.00~3.56등급으로 도출되었다. 반면, 학하동 인근 자전거도로는 상업지역으로 상가 주변에 자전거도로가 있고, 무단쓰레기, 보행자, 불법주정차 차량 및 보행자와 자전거를 이용하는 학생들이 많아 서비스 수준이 4.50~4.81등급으로 나타났다.

요약하면, 1등급의 경우에는 보행자 및 자전거 이용자의 관점에서 보행과 자전거 통행로의 유효폭이 넓은 지역으로 상층의 위험이 없고, 통행 방해물이 많지 않은 구간인 것으로 나타났다. 한편, 보행자의 서비스 수준이 3등급인 경우는 보행자와 자전거 이용 구간이 구분되어 있지 않은 혼재된 구역으로 자전거 이용자와의 상충 위험이 존재하는 구간으로 도출되었으며, 자전거 이용자의 경우도 횡단보도, 블라드 등이 다수 존재하면서 보행자의 통행이 다수 검출된 구역으로 도출되었다.

반면, 보행자 서비스 수준이 5등급인 경우는 도로 폭이 좁고 공간 분리가 되어 있지 않고, 토지이용상황으로 상가건물이 밀집해 있어 방해물이 많으면서 자전거 이용자와 보행자가 다수 검출되는 지역적 특성을 보이며, 자전거 이용자의 경우도 좁은 보행공간이면서 버스 정류장, 가로수 등 방해물이 많고 교차로가 많아 통행이 단절되는 위치에 속하는 대부분의 지역이 여기에 해당함을 확인할 수 있었다.

Pedestrian			
			
Bicycle User			
			
	(a) 1st Grade	(b) 3rd Grade	(c) 5th Grade

<Fig. 4> Examples of LOS

## V. 결 론

본 연구에서는 기존의 자전거보행자검용도로의 상태 모니터링 및 서비스 수준 산정의 한계점을 개선하기

위해, 딥러닝 기반의 방해물 객체인식 시스템을 활용하여 대전시의 일부구간을 MMS를 활용하여 모니터링 조사를 실시하고, AHP 설문조사를 통해 보행자와 자전거 이용자 간의 위험도 분석을 통해 자전거보행자검용도로의 서비스 수준 산정 방안을 제시하고자 하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫 번째, 본 연구에서는 기존의 인력식 자전거보행자검용도로의 상태 및 특성 데이터 구축의 한계점을 개선하는 방안을 제시하였다. MMS를 통한 모니터링 조사를 시행하고, 기존 도면 및 보고서 등의 문서 형식의 방법이 아닌 3차원 공간정보 기반의 데이터 구축을 통해 도로 상의 방해물의 기본 정보, 위치 정보 등의 데이터를 3차원 객체에 저장하는 방식의 개선된 데이터 구축·관리방안을 제시하였다.

두 번째, 인공지능 기반 모니터링 방법을 도입하여 기존 상층횡수 기반 서비스 수준 산정의 한계점을 개선하기 위해 자전거 및 보행자의 입장에서 다양한 요소들을 고려한 서비스 수준 산정방안을 제시하고 실제 대전시 일부 구간을 대상으로 검증을 통해 적용가능성을 확인하였다.

본 연구를 통해 제시한 자전거보행자검용도로의 모니터링과 서비스 수준 산정 방안은 향후 전기자전거와 전동킥보드 개인형 이동수단(personal mobility, PM)의 증가에 대비한 보행공간의 정비와 재구조화(reconstruction) 등 계획과 관리에 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구 과제로는 자전거보행자검용도로를 포함한 도로 시설물의 연결성(networkability) 등 정성적인 지표를 포함한 서비스수준 산정 방안에 대한 연구도 필요할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- Arcos-Garcia, A., Soilan, M., Alvarez-Garcia, J. A. and Riveiro, B.(2017), “Exploiting Synergies for Mobile Mapping Sensors and Deep Learning for Traffic sign Recognition System”, *Expert System with Application*, vol. 89, pp.286-295.
- Ban, J. H., Lee, T. M. and Yoo, J. H.(2019), “Safe2Walk4Blind: DNN-based Walking Assistance System for the Blind”, *Journal of Institute of Control, Robotics and System*, vol. 25, no. 5, pp.565-571.
- Beura, S. K., Kumar, N. K. and Bhuyan, P. K.(2017), “Level of Service for Bicycle Through Movement at Signalized Intersections Operating Under Heterogeneous Traffic Flow Conditions”, *Transportation in Developing Economies*, vol. 3, no. 2, pp.1-16.
- Bhuyan, P. K. and Rao, K. V.(2012), “Defining LOS Criteria of Urban Streets using GPS data: K-means and K-medoid Clustering in Indian Context”, *Transport*, vol. 27, no. 2, pp.149-157.
- Choi, I. H. and Kim, E. M.(2021), “Automatic Construction of Deep Learning Training Data for High-Definition Road Maps Using Mobile Mapping System”, *Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 39, no. 3, pp.133-139.
- Choi, J. S. and Kim, W. W.(2010), “A Study on a measure of Asset Management Information Systems for Highway Transportation Facilities using AHP”, *Korean Society of Civil Engineers*, vol. 30, no. 6, pp.663-673.
- Choi, S. H., Do, M. S., You, S. H. and Cho, C. S.(2018), “Determination of Visual Based Asphalt Pavement Crack Condition Using Deep Learning”, *International Journal of Highway Engineering*, vol. 20, no. 5, pp.75-83.
- Choi, S. H., Park, J. G. and Do, M. S.(2021), “Infrastructure Health Monitoring and Economic

- Analysis for Road Asset Management: Focused on Sejong City”, *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation System*, vol. 20, no. 4, pp.71-82.
- Ministry of Security and Public Administration(MOSPA)(2015), *A Study on the Improvement of Bicycle Pedestrian Road Considering Safety and Convenience*.
- Oh, S. H. and Nangung, J. H.(2013), “A Study on the Improvement of Bicycle Roads Considering Pedestrians”, *Auri Brief*, no. 66, pp.1-12.
- Park, S. L. and Song, A. R.(2021), “Updating Obstacle Information Using Object Detection in Street-View Images”, *Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy, Photo Grammetry and Cartography*, vol. 39, no. 6, pp.599-607.
- Pitchard, R., Froyen, Y. and Sniek, B.(2019), “ Bicycle Level of Service for Route Choice-A GIS Evaluation of Four Existing Indicators with Empirical Data”, *International Journal of Geo-Information*, vol. 8, no. 214. doi: 10.3390/ijgi8050214
- Shu, S., Bian, Y., Rong, J. and Li, S.(2018), “Bicycle Level of Service Evaluation Method for Urban Road Segment”, *Open Journal of Applied Sciences*, vol. 8, no. 2, pp.80-88.