

수원시 자전거 이용환경 평가지표 개발 및 토지이용별 적용방안 연구

김숙희* · 임혜진**

Kim Sukhee*, Lim Hyejin**

Development and Application of Evaluation Indicators of Bike Environment by Land Use in Suwon

ABSTRACT

In this study, an evaluation index was developed and applied to derive indicators related to the environment for bicycle use and to evaluate the environment for bicycle use in the city of Suwon. Analysis showed that the relative importance between the assessment factors was highest in bicycle safety and that the relative importance among the assessment indicators was highest in terms of priority of items directly affecting bike riding, and items with indirect influence were low in importance. As a result of applying the evaluation model to bike paths in Suwon, it was confirmed that they can be described in a relatively realistic manner. The findings are expected to contribute to the development of local government directives for improving the environment of cycle paths.

Key words : Bicycle evaluation indicators, Bicycle safety, Bicycle convenience, Bicycle policy, Analytic hierarchy process

초록

본 연구는 자전거 이용에 필요한 이용환경과 관련된 지표를 도출하고, 자전거 이용환경을 평가할 수 있는 평가지표를 개발 및 적용하였다. 분석 결과 평가요소 간 상대적 중요도는 자전거 안전성이 가장 높았으며 전체적으로 자전거 주행에 직접적인 영향을 미치는 항목의 우선순위가 높고 간접적인 영향을 미치는 항목은 중요도가 낮은 것으로 나타났다. 평가모형을 토지이용별로 자전거도로에 적용한 결과 비교적 현실적으로 묘사할 수 있는 것으로 확인되었고 향후 이를 활용하여 지자체의 자전거도로 이용환경 개선을 위한 개선방향 도출 등에 기여할 것으로 기대된다.

검색어 : 자전거 평가지표, 자전거 안전성, 자전거 이용편의성, 자전거 정책, 수원시자전거, AHP

1. 서론

국내에서는 지속가능한 교통체계 구축의 중요성이 대두되면서 자전거에 대한 사회적 관심이 높아지고 있으며 자전거 이용활성화를 위한 다양한 노력들이 이루어지고 있다.

행정안전부(Ministry of the Interior and Safety, 2008)는 지금까지의 자전거도로 정책은 양적 부족을 해소하는데 중점이었고 안전하고 편리한 자전거 이용 환경을 확보하는데 다소 미흡했으며, 대부분의 자전거도로가 여가 활동을 목적으로 하천변이나 공원에 설치되어 생활교통 목적의 자전거 이용 활성화에는 한계가 있어 향후 자전거도로 정책은 이러한 문제의식을 반영하여 자전거 이용환경의 질적 개선과 생활 목적의 자전거 이용 확대를 중요하게 다루고 있다.

* 종신회원·교신저자·수원시정연구원 연구위원 (Corresponding Author · Suwon Research Institute · sukheek@suwon.re.kr)

** 수원시정연구원 도시공간연구소 연구위원 (Suwon Research Institute · hjlim@suwon.re.kr)

Received October 14, 2020/ revised November 3, 2020/ accepted December 28, 2020

이에 따라 수원시는 민선5기부터 자전거 이용활성화 정책에 많은 노력을 기울이고 있으며, 그 일환으로 자전거 수리센터 운영, 시민보험가입, 자전거 인프라 구축, IoT기술을 적용한 스테이션 없는 민영 공유자전거 도입 등 다양한 정책을 시행하고 있다.

그러나 실질적으로 자전거 수단분담률에는 큰 영향을 미치지 못하고 있는 것으로 나타나고 있다. 그 이유는 자전거 인프라가 아직 체계적으로 구축되어 있지 않고 자전거도로 정비 및 안전시설 등이 확보되어 있지 않은 것도 하나의 원인으로 작용하고 있다. 또한 자전거 이용활성화를 위해 자전거 관련 시설 점검·개선 등이 필요하며 민영 공유자전거 도입에 따른 자전거 인프라 구축 및 자전거 이용환경 개선 등이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 자전거 이용환경 평가지표를 도출하고 수원시 자전거 이용환경을 평가할 수 있는 평가지표를 개발하고 토지이용별로 적용하고자 한다. 개발된 평가지표를 통해 자전거 정책의 우선순위 결정과 안전하고 편리한 자전거 이용환경 구축을 위한 평가체계 마련을 통해 자전거 이용활성화에 기여하고자 한다.

2. 연구방법론 및 평가항목

2.1 연구방법론

본 연구는 문헌고찰을 통해 자전거도로 유형과 평가요소 도출 후, 전문가의사결정기법을 통해 평가요소 간 상대적 중요도 분석과 통계적 검증을 통해 적절성을 확인한다. 다음으로 각 평가요소의 평가지표를 도출하고 교통전문가, 수원시 자전거 관련 공무원 및 자전거 동호회 회원을 대상으로 설문조사를 실시한 후 AHP 기법을 적용하여 각 지표별 가중치 산정 및 우선순위를 도출하여 수원시 자전거 이용환경 평가지표를 개발하였다.

자전거 이용환경 평가지표를 수원시 토지이용별(신도심 및 구도심의 주거지역/상업지역/역세권, 하천변 자전거도로)로 총 8개의 구간에 적용하여 모형 평가를 진행했으며 본 연구의 진행절차는 Fig. 1과 같다.

2.2 평가항목 및 계층구조

본 연구에서 평가지표 적용을 위해 분류한 유형은 신도심·구도심의 주거지역, 상업지역, 역세권과 하천변 자전거도로이며 문헌고찰을 통해 평가지표와 유형을 선정하였다. Im et al.(2010)은 이용자 만족도 모형을 통한 자전거도로 활성화 대책 도출시 평가요소로 안전성, 접근성, 쾌적성, 편리성, 경제성으로 총 4개의 평가지표를 선정하여 진행했고, Jung and Lee(2011)는 자전거 이용시설 점검을 위한 세부 평가지표로 자전거 이용 시설 확충, 이용 시설 유지관리, 안전 및 편의증진, 정책 추진역량의 평가요소를 선정하였고 요소별 세부적인 평가지표와 평가내용을 선정하여 이용시설 점검 지표개발을 실시했다. 더불어 「자전거 이용시설 설치 및 관리 매뉴얼」에 명시되어 있는 도로교통시설, 주차시설, 휴게시설, 수리시설, 자전거도로 등의 종류와 내용을 참고하여 평가요소와 항목을 선정하였다.

관련 문헌고찰을 통해 최종적으로 3개의 평가요소(자전거 안전성, 자전거 이용편의성, 자전거 정책)와 총 19개의 평가지표를 선정하였다. 각 평가요소별 평가지표는 자전거 안전성은 6개(자전거의 교통표지, 노면표시, 전용신호등, 안전시설, 횡단도, 교통사고), 자전거 이용편의성도 6개(자전거의 주차시설, 휴게시설, 수리센터, 공유자전거 운영, 자전거도로 연장, 자전거도로 폭원), 자전거 정책의 경우 7개(자전거도로의 종류, 도로대장 관리, 유지보수, 전담부서의 운영, 안전교육장 운영, 자전거 보험, 자전거도로 단속 및 정비)를 선정하였으며 Fig. 2와 같다.

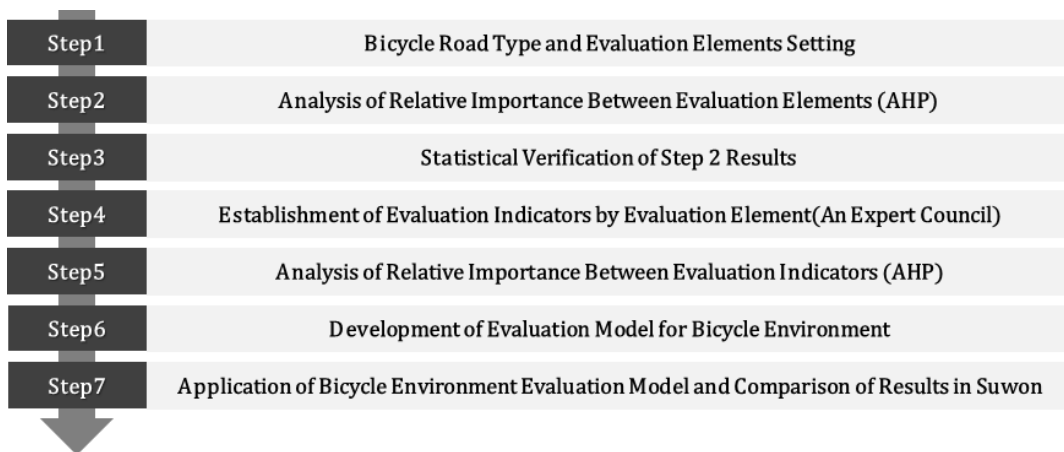


Fig. 1. The Research Process

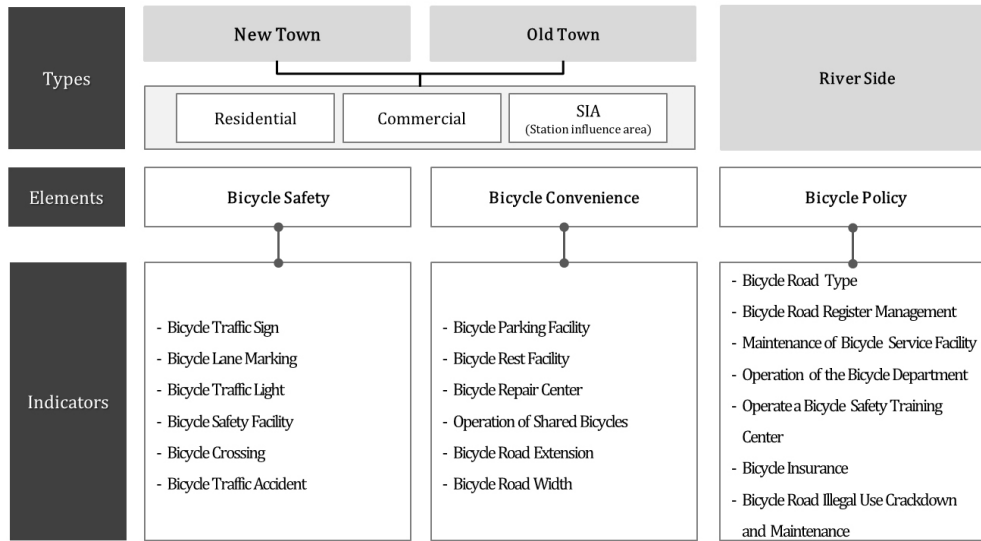


Fig. 2. Hierarchy of Evaluation Criteria for Bicycle Environment Assessment by Bicycle Road Type

3. 선행연구 고찰

3.1 국내·외 사례연구

Koo et al.(2013)은 생활교통형 자전거도로의 서비스 질을 이용자 관점에서 평가하고 시사점 도출을 위해 서울시 송파구의 생활교통형 자전거도로를 대상으로 법적 기준과 주변 토지이용 특성에 따라 자전거도로 유형을 나누고, 중요도-만족도 분석(IPA: Importance Performance Analysis)을 실시하여 유형별 서비스 특성을 분석했다.

Lee et al.(2012)은 도시의 규모와 구조, 대중교통여건 등이 다른 세 도시의 공공자전거 시스템을 대상으로 요금구조와 이용률 간의 관계, 생활교통수단으로서의 역할, 타 교통수단에 대한 대체효과 그리고 평균이용시간 및 계절적 이용특성 등을 분석하였다.

Shin et al.(2012)은 서울특별시에서 발생한 자전거 대 차 사고 자료 분석을 통해 자전거 대 차 사고 심각도에 영향을 미치는 요인들에 대해 로지스틱 회귀모형을 이용하여 분석하고 모형을 구축하여 모형구축 결과에 따라 자전거사고 안전성을 향상시킬 수 있는 대안을 제시하였다.

Won and Jin(2012)은 통근·통학 시 자전거 이용환경을 평가할 수 있는 평가모형을 개발하고 적용하여 자전거 이용환경을 평가하고 향후 개선사항과 시사점을 제시하였다.

Won and Lee(2012)는 창원시를 대상으로 지역주민들의 자전거 이용행태에 영향을 미치는 근린환경요인을 분석함으로써 자전거이용환경 설계 시 고려되어야 할 사항들과 정책방향을 제시하였다.

An et al.(2011)은 지하철의 이용률을 높일 수 있도록 지하철역 출입구까지의 수단(보행, 자전거) 사용에 따른 접근시간 지도 제작 방법론을 개발했고, 이를 활용하여 접근 취약지역 분석을 목표로 하여 적합한 경로알고리즘을 선정하여 접근시간 기반의 접근지도

제작 방법론을 도출하였다.

Kim et al.(2011)은 자전거가 도시의 지속가능성을 확보하고 도시경쟁력을 확보할 수 있는 자전거 중심 녹색도시교통체계를 구축하는 방안을 연구하여, 여러 가지 자전거 이용활성화 정책들이 도시 차원에서 조화롭게 시행되고, 자전거가 주요 교통수단으로 기능하는 도시교통체계를 구축하기 위해 자전거 중심 녹색도시교통체계라는 도시계획 모형을 제시하였다.

Jung and Lee(2011)은 지자체의 자전거 정책을 평가할 수 있도록 자전거 이용시설에 대한 점검 지표를 개발하고, 행정안전부와 공동으로 지자체 자전거 이용시설 정비 현황을 점검·평가하고, 그 결과 분석을 통해 정책방향을 도출하였다.

Im et al.(2010)는 자전거 이용자 만족에 영향을 미치는 요인을 구조방정식 모형에 적용하여 제시하였다. 분석결과 자전거도로는 안전성과 접근성이 만족도에 영향을 미치는 것으로 제시되었다.

Kang(2012)은 서울시 자전거 이용자를 대상으로 레저형과 생활교통형으로 유형을 분류하여, 운행시설, 운행환경, 정책관련 평가지표를 도출하여 중요도-만족도(IPA)분석을 하였다.

Feizi et al.(2019)는 자전거 이용자의 운전 수준에 따른 자전거 환경 분석을 실시하였다. 다양한 센서를 갖춘 자전거(IPB)를 활용하여 도로 환경 및 동적 움직임에 대한 자전거 이용자의 상호 작용을 모니터링 할 수 있으며 교차로 유형, 다양한 노면 상태를 포함한 현장에서 이동성과 편의성에 초점을 맞춰 실험을 진행하였다.

Schepers et al.(2011)은 네덜란드 시가지 지역에 있는 비신호 교차로 540개에서 일어난 교통사고를 사고 형태에 따라 2가지 타입으로 구분하여 음이항, 포아송 회귀분석을 이용하여 자전거 사고 예측 모형을 구축하였다. 분석을 통해 차도와 자전거 시설과의 이격거리, 자전거 교차점 처리방법, 부도로 차로 수 등이 사고에

영향을 미치는 유의한 변수로 도출되었다.

Suh and Kim(2010)은 송파구의 도로다이어트 방식을 이용하여 조성된 자전거도로를 대상으로 이용환경에 대한 만족도 파악을 위해 설문조사를 실시한 후, 회귀분석을 실시하여 영향력이 높은 요인을 파악하여 전체만족도간의 상관관계를 분석하였다.

3.2 시사점 및 연구의 차별성

선행연구의 경우 자전거 이용환경과 관련된 다양한 연구가 진행되었지만 주로 자전거 이용 현황 파악과 통행·통근, 자전거 사고 등과 같이 특정 상황에 대한 모형개발에 초점이 맞춰져있으며, 중요도-만족도(IPA) 분석을 활용하여 진행된 연구가 많았다.

본 연구는 기존과 같이 특정목적이 아닌 일반적인 상황의 자전거 도로의 이용환경을 평가하고, 안전한 자전거도로 이용 활성화를 목적으로 개선방향 도출이 가능한 모형을 제시하고자하며 자전거 도로의 유형은 신도심·구도심의 주거지역, 상업지역, 역세권과 하천변 자전거도로 유형으로 세분화하여 총 8개의 구간을 선정했으며 평가요소와 지표는 상대적 중요도 및 가중치를 계층적 의사결정 분석(AHP)기법을 활용하여 연구를 진행했다.

4. 토지이용별 자전거 이용환경 평가 모형 개발

4.1 자전거 이용환경 평가 모형의 구조

자전거도로 유형에 따라 통행특성, 환경 등과 같은 다양한 요인으로 인해 차이가 발생하기 때문에 자전거 이용환경 평가 모형은 차별성이 존재해야 한다는 것을 전제를 기본으로 이용환경 평가를 위해 Eq. (1)과 같이 모형식을 구성하였다.

자전거 이용환경 평가모형은 총 3개의 평가요소(자전거 안전성, 자전거 이용편의성, 자전거 정책)와 총 19개의 평가지표(자전거 교통표지, 주차시설, 종류 등)로 구성되며, 각 평가요소와 지표의 상대적 중요도와 가중치를 적용했다.

$$B.E.^T = (\omega_s \times f_s)^T + (\omega_c \times f_c)^T + (\omega_e \times f_e)^T \quad (1)$$

$$f_s^T = \sum_{r=1}^6 (\omega_{s,r} \times i_{s,r})^T$$

$$f_c^T = \sum_{r=1}^6 (\omega_{c,r} \times i_{c,r})^T$$

$$f_e^T = \sum_{r=1}^7 (\omega_{e,r} \times i_{e,r})^T$$

여기서, $B.E.$: 자전거 환경 평가지표

T : 자전거도로 유형(신·구도심의 주거지역·상업지역·역세권, 하천변 자전거도로)

w : 가중치

f : 자전거환경 평가요소

i : 자전거환경 평가지표

s : 자전거 안전성

c : 자전거 이용편의성

e : 자전거 정책

4.2 자전거 이용환경 평가요소 그 가중치

평가요소 간 상대적 중요도(우선순위)는 설문조사 결과를 바탕으로 계층적 의사결정 분석기법(AHP)을 적용하였고, 조사대상은 교통 전문가, 수원시 자전거 관련 공무원 및 자전거 동호회원으로 구성된 총 30명을 대상으로 진행되었다. 분석과정에서 일관성 비율(CR)이 0.1이상인 데이터는 제외하고 기하평균을 활용하여 가중치를 산정하였다.

평가지표의 상위계층 항목의 중요도는 Table 1과 같이 자전거 안전성(0.434), 자전거 이용편의성(0.291), 자전거 정책(0.275) 순으로 나타났으며 이는 자전거 이용환경 중 안전성이 중요도가 높은 요소임을 파악할 수 있다.

4.3 자전거 이용환경 평가지표 및 그 가중치

평가요소 가중치 산정방법과 동일하게 전문가 설문조사 결과를 바탕으로 총 3개의 상위항목과 19개의 하위항목의 중요도를 고려하여 종합적 가중치를 Table 2와 같이 분석하였고 이를 통해 자전거 이용환경 구축 시 우선적으로 고려해야하는 평가지표를 파악할 수 있다.

총 19개의 하위항목 중 자전거 안전시설(0.123)이 가장 높게 나타났고, 자전거 교통사고(0.113), 자전거도로 연장(0.077), 자전거 횡단도(0.074), 자전거도로 폭원(0.070), 자전거 노면표시(0.067), 자전거 안전교육장 운영(0.056), 자전거 전담부서 운영 및 공유자전거 운영(0.053), 자전거 이용시설 유지보수(0.045) 등의 순으로 Fig. 3과 같이 나타났다. 이는 자전거 안전성 및 이용편의성 중 자전거 이용자 주행에 직접적인 영향을 미치는 항목이 높은 우선순위를 차지하는 것으로 해석할 수 있다. Im et al.(2010)등의 선행연구들에서 자전거도로의 경우 안전성과 접근성이 만족도에 영향을 미치는 요소라고 지적하였다.

Table 1. Weight and Priority between Evaluation Elements

Evaluation Element (f)	Weight (w)	Priority
Bicycle Safety (s)	0.434	1
Bicycle Convenience (c)	0.291	2
Bicycle Policy (e)	0.275	3

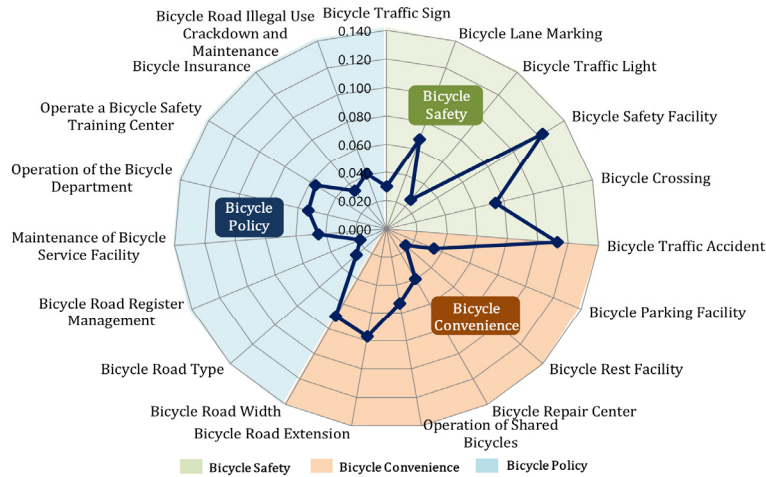


Fig. 3. Weight and Priority Between Evaluation Indicators

Table 2. Results of Comprehensive Importance Analysis of Evaluation Indicators

Evaluation Element (<i>f</i>)	<i>r</i>	Evaluation Indicator (<i>i</i>)	Evaluation Indicator Weight	Comprehensive Weight	Points	Comprehensive Priority
Bicycle Safety (<i>s</i>)	1	Bicycle Traffic Sign	0.069	0.030	3.0	15
	2	Bicycle Lane Marking	0.155	0.067	6.7	6
	3	Bicycle Traffic Light	0.061	0.026	2.6	17
	4	Bicycle Safety Facility	0.283	0.123	12.3	1
	5	Bicycle Crossing	0.171	0.074	7.4	4
	6	Bicycle Traffic Accident	0.261	0.113	11.3	2
Bicycle Convenience (<i>c</i>)	1	Bicycle Parking Facility	0.119	0.034	3.4	13
	2	Bicycle Rest Facility	0.057	0.017	1.7	19
	3	Bicycle Repair Center	0.138	0.040	4.0	12
	4	Operation of Shared Bicycles	0.181	0.053	5.3	8
	5	Bicycle Road Extension	0.264	0.077	7.7	3
	6	Bicycle Road Width	0.242	0.070	7.0	5
Bicycle Policy (<i>e</i>)	1	Bicycle Road Type	0.098	0.027	2.7	16
	2	Bicycle Road Register Management	0.071	0.019	1.9	18
	3	Maintenance of Bicycle Service Facility	0.163	0.045	4.5	10
	4	Operation of the Bicycle Department	0.194	0.053	5.6	8
	5	Operate a Bicycle Safety Training Center	0.203	0.056	5.6	7
	6	Bicycle Insurance	0.122	0.034	3.4	13
	7	Bicycle Road Illegal Use Crackdown and Maintenance	0.149	0.041	4.1	11
Total					100	—

반면에 자전거 휴게시설(0.017), 자전거 도로대장 관리(0.019), 자전거 전용신호등(0.026), 자전거도로 종류(0.027), 자전거 교통표지(0.030) 등의 순으로 중요도가 낮은 것으로 나타났다. 이는 자전거 이용자 주행에 간접적인 영향을 미치거나 자전거 이용자들에게 인지도가 낮은 항목이 낮은 우선순위를 가지는 것으로 해석할 수 있다. 특히 자전거 휴게시설의 중요도가 낮은 이유는 자전거가 단거리 통행의 목적으로 이용되기 때문이라 보인다.

5. 자전거 이용환경 평가지표 적용결과

평가지표 적용을 위해 항목별 규모, 특성 등을 고려하여 정량화했으며, 정량화를 위해 정량적 항목과 정성적 항목으로 구분했으며 정량적 평가가 가능한 항목은 적절한 기준을 제시했고 정성적 평가 항목은 2~3개의 등급으로 분류하는 방법을 사용하여 도출한 세부 내용은 Table 3과 같다.

Table 3. Quantification of Bicycle Environment Assessment Indicators

Evaluation Element (<i>f</i>)	Evaluation Indicator (<i>i</i>)	Quantified Indicators	Remark
Bicycle Safety (<i>s</i>)	Bicycle Traffic Sign	Number of traffic signs installed / Road extension (m) - Urban bicycle lane: 200 m interval	-
	Bicycle Lane Marking	Number of lane marking installations / Road extension (m) - Urban bicycle lane: 100 m interval	-
	Bicycle Traffic Light	Number of lane marking installations / Road extension (m)	-
	Bicycle Safety Facility	Number of safety facilities installed/ Road extension (m)	-
	Bicycle Crossing	Number of bicycle crossings / Crosswalk	-
	Bicycle Traffic Accident	Number of bicycle accidents - Less than 0 cases: Safety - $1 \leq \text{case} < 4$: Normal - More than 4 cases: Danger	Safety : 1 points Normal : -1 points Danger : -2 points
Bicycle Convenience (<i>c</i>)	Bicycle Parking Facility	Riding time between parking facilities (based on about 10 km/h) - 15 minutes or less: Excellent - 15 minutes over 30 minutes: Normal - Uninstalled or over 30 minutes: Insufficient	Excellent : 2 points Normal : 1 points Insufficient : 0 points
	Bicycle Rest Facility	Riding time between rest facilities (based on about 10 km/h) - Less than 30 minutes: Excellent - 30 minutes over 60 minutes or less: Normal - Uninstalled or over 60 minutes: Insufficient	Excellent : 2 points Normal : 1 points Insufficient : 0 points
	Bicycle Repair Center	Riding time from repair center (based on about 10 km/h) - Less than 30 minutes: Excellent - 30 minutes over 60 minutes or less: Normal - Uninstalled or over 60 minutes: Insufficient	Excellent : 2 points Normal : 1 points Insufficient : 0 points
	Operation of Shared Bicycles	Shared bicycle operation status - Operation: Excellent - Not installed: Insufficient	Excellent : 2 points Insufficient : 0 points
	Bicycle Road Extension	Bicycle lane extension (m) / Road extension (m)	-
	Bicycle Road Width	Whether to installation minimum width of one-way bicycle path per extension road - 1.5 m or higher: Excellent (More than 3.0 m for non-separable combined road) - 1.2 m or more and less than 1.5 m: Normal (2.4 m or more but less than 3.0 m for non-separable combined roads) - Less than 1.2 meters: Insufficient (Less than 2.4 m for non-separable combined roads)	Excellent : 2 points Normal : 1 points Insufficient : 0 points
Bicycle Policy (<i>e</i>)	Bicycle Road Type	Whether a bicycle lane is established per extension road - Installation of dedicated road, dedicated lane, combined road (separate), priority road : Excellent - Combined road (non-separable) installation: Normal - Not installed on bike road: Insufficient	Excellent : 2 points Normal : 1 points Insufficient : 0 points
	Bicycle Road Register Management	Whether to prepare and manage the bike's road log - Preparation and management: Excellent - Not yet written: Insufficient	Excellent : 2 points Insufficient : 0 points
	Maintenance of Bicycle Service Facility	Maintenance status of bicycle service facilities - Operation: Excellent - Not installed: Insufficient	Excellent : 2 points Insufficient : 0 points
	Operation of the Bicycle Department	Install and operate a department dedicated to bicycles - Installation and operation: Excellent - Operation that is not a dedicated department: Usually - Not installed: Insufficient	Excellent : 2 points Usually : 1 points Insufficient : 0 points
	Operate a Bicycle Safety Training Center	Install and operate a bicycle safety training center - Installation and operation: Excellent - Not installed: Insufficient	Excellent : 2 points Insufficient : 0 points
	Bicycle Insurance	Whether to operate bicycle insurance - Operation: Excellent - Not installed: Insufficient	Excellent : 2 points Insufficient : 0 points
	Bicycle Road Illegal Use Crackdown and Maintenance	whether Crack down status on bicycle roads for illegal parking/stopping, roadblocks, and illegally parked bicycles - More than 24 cases a year: Excellent - 12 or more cases per year and less than 24 cases per year: Normal - Less than 12 cases a year: Insufficient	Excellent : 2 points Normal : 1 points Insufficient : 0 points

Table 4. Application of Evaluation Indicators by Bicycle Road Type

Evaluation Element (<i>f</i>)	Evaluation Indicator (<i>i</i>)	Bicycle Road Type (<i>T</i>)							
		New Town			Old Town			River Side	
		Residential	Commercial	SIA (Station Influence Area)	Residential	Commercial	SIA (Station Influence Area)	Seoho River	Suwon River
Bicycle Safety (<i>s</i>)	Bicycle Traffic Sign	5.6	4.0	2.7	0.0	0.0	0	0	0
	Bicycle Lane Marking	6.7	15.6	5.8	0.0	2.6	0	0	0
	Bicycle Traffic Light	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0
	Bicycle Safety Facility	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0
	Bicycle Crossing	1.9	1.5	3.1	0.0	7.4	0	0	0
	Bicycle Traffic Accident	-22.6	-11.3	-22.6	11.3	-11.3	-22.6	11.3	11.3
	Subtotal	-8.4	9.8	-11.0	11.3	-1.3	-22.6	11.3	11.3
Bicycle Convenience (<i>c</i>)	Bicycle Parking Facility	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
	Bicycle Rest Facility	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
	Bicycle Repair Center	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8	8	8
	Operation of Shared Bicycles	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	Bicycle Road Extension	7.7	7.7	4.9	0.0	0.4	1.75	7.7	7.7
	Bicycle Road Width	14.0	14.0	14.0	0.0	14.0	14	14	14
	Subtotal	50.5	50.5	47.7	28.8	43.2	44.55	50.5	50.5
Bicycle Policy (<i>e</i>)	Bicycle Road Type	5.4	5.4	5.4	0.0	5.4	5.4	2.7	2.7
	Bicycle Road Register Management	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	Maintenance of Bicycle Service Facility	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9	9	9
	Operation of the Bicycle Department	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	Operate a Bicycle Safety Training Center	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
	Bicycle Insurance	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
	Bicycle Road Illegal Use Crackdown and Maintenance	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
	Subtotal	55.0	55.0	55.0	49.6	55.0	55.0	52.3	52.3
Total	97.1	115.3	91.7	89.7	96.9	76.95	114.1	114.1	

자전거도로 유형별 모형과 가중치를 수원시 자전거도로에 적용하여 자전거 이용환경을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 본 모형을 적용하여 자전거도로의 이용환경을 비교하기 위해 다수의 자전거 도로를 대상으로 진행했다.

수원시 자전거도로에만 적용했기 때문에 자전거 도로 유형, 폭원을 제외한 자전거 정책의 결과 값이 동일하게 도출되어 비교지표로는 용이하지 않아 자전거 안전성과 이용편의성을 중점으로 살펴보았다. 단, 타 지자체와 비교할 경우 중요한 자전거 정책 지표로 작용할 것으로 보인다.

신도심 자전거도로에 적용한 결과, 거주지역을 제외한 나머지 용도의 경우 구도심에 비해 자전거 안전성과 자전거 이용편의성이 높게 나타났으며 그 이유는 자전거 도로 설치 유무의 영향으로 판단된다. 또한 신도심은 하천변 자전거도로에 비해 “자전거 안전

상”이 낮게 나타났는데 신도심에서는 자전거 교통사고가 빈번하게 발생했기 때문인 것으로 보인다.

구도심 자전거도로에 적용한 결과, 신도심과 하천변 자전거도로에 비해 “자전거 이용편의성”이 낮게 나타났고 “자전거 안전상”의 경우 역세권의 교통사고 발생으로 인해 가장 낮게 나타났다. 구도심의 역세권의 경우 중요도가 높은 자전거 교통사고가 발생한 것으로 보아 사고원인을 파악하고 교통사고 감소를 위한 대책방안 마련이 필요할 것으로 보인다.

하천변 자전거도로에 적용한 결과, 자전거·보행자겸용도로(비분리형)가 설치되어 있고 구도심 주거지역을 제외한 나머지 유형의 지역에서 비해 정책 점수가 낮게 분석되었다. 또한 자전거 도로폭원은 규정에 맞지 않게 설치되어 자전거와 보행자의 상충으로 인한 자전거 교통사고가 우려되어 폭원 확장이 필요한 것으로 보인다.

공통적인 문제는 신·구도심 모두 역세권 근처의 교통사고가 많이 발생하고, 평가지표 중요도가 높은 자전거 안전시설 및 횡단도, 노면표시의 설치가 미흡함을 파악할 수 있다.

따라서 수원시는 평가지표의 중요도와 문제점을 고려하여 자전거 이용환경 구축과 개선이 필요한 것으로 보인다.

6. 결론 및 향후과제

본 연구는 안전하고 편리한 자전거 이용환경 구축을 목적으로 자전거도로 유형별 이용환경 평가모형을 적용하였다. 총 3개의 평가요소와 총 19개의 평가지표로 총 8개 구간의 자전거도로에 적용하여 현황 파악과 개선방향을 제시하였다.

평가모형의 평가요소와 지표에 대한 상대적 중요도와 우선순위를 계층적 의사결정 분석 방법(AHP)을 활용하여 분석하였고, 그 결과 평가요소 간 상대적 중요도는 ‘자전거 안전성’이 가장 높았으며 이는 자전거 이용환경 중 안전성은 중요한 요소임을 파악할 수 있었다. 또한 평가지표 간 상대적 중요도는 자전거 주행에 직접적인 영향을 미치는 항목(안전시설, 폭원, 노면표시 등)이 높은 우선순위로 나타났고, 자전거 주행에 간접적인 영향을 미치거나 인지성이 낮은 시설물(휴게시설, 도로대장 관리, 전용신호등 등)의 상대적 중요도가 낮은 것으로 나타났다. 이는 자전거의 경우 단거리 통행을 주목적하여 이용하는 이용자가 많기 때문이라 보인다.

상대적 중요도와 가중치를 파악한 평가지표를 정량화하여 총 8개 구간(수원시 신도심·구도심의 주거지역/상업지역/역세권, 하천변 자전거도로)에 적용하였으며 적용결과와 시사점은 다음과 같이 요약된다.

수원시는 평가지표 중요도가 높은 자전거 교통사고 발생 건수와 자전거 안전시설 및 노면표시, 자전거 횡단도 등의 항목이 미설치되어 있거나 미흡하였으며 특히, 구도심의 경우 자전거 교통사고가 발생하였지만 자전거도로가 미설치 또는 일부 구간만 설치되어 있어 안전한 자전거 이용환경과는 괴리가 발생했다. 이에 따라 수원시는 자전거 이용자의 안전과 편의를 위해 자전거 인프라 구축의 필요성을 보였으며, 평가지표 중요도에 따라 자전거 이용환경을 개선하고 구축할 필요가 있다고 사료된다.

본 연구의 자전거 이용환경의 평가모형을 통해 자전거 이용환경 평가와 우선순위 파악이 가능하여 자전거도로의 개선방향 도출이 용이하며 효율적인 환경을 위한 평가체계 마련이 가능할 것으로 기대된다.

다만 본 연구는 상위지표인 자전거 정책에서 자전거도로 종류·길이·폭원을 제외한 자전거 도로대장 관리, 자전거 보험, 자전거 전담부서, 단속 및 정비 등은 적용구간이 아닌 수원시 전체를 포괄적으로 운영하여 토지이용·자전거도로 유형별 적용 시 변별력의 한계

가 있으므로 각 항목에 대한 구체적인 후속연구 진행이 필요한 것으로 보이며 평가항목간의 상호배타적인 관계에 대해 추가적인 검토가 필요하다.

더불어 개인형이동수단(PM)의 자전거도로 주행이 가능해짐에 따라 도로폭원, 안내표지, 교통사고 발생 등 평가결과와 변동이 발생할 수 있어 향후 개인형이동수단(PM) 주행에 대한 부분까지 고려한 폭 넓은 연구 진행이 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

본 논문은 수원시정연구원 기본과제(SRI-기본-2018-03)로 수행되었으며, 제73회 대한교통학회 학술대회에서 발표한 논문을 수정·보완하였습니다.

References

- An, Y. S., Jang, S. M. and Lee, S. I. (2011). “A study on the map of walk-and bicycle-access time to subway station using a shortest-part algorithm for Gangnam area of seoul.” *Seoul Studied*, Vol. 12, No. 3, pp. 129-140 (in Korean).
- Feizi, A., Oh, J. S., Kwigizile, V. and Joo, S. H. (2019). “Cycling environment analysis by bicyclists’ skill levels using instrumented probe bicycle (IPB).” *International Journal of Sustainable Transportation*, Vol. 14, No. 9, pp. 722-732.
- Im, J. B., No, R. R., Hong, J. Y. and Lee, S. B. (2010). “Bikeway vitalization countermeasures using bikeway user satisfaction model.” *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 28, No. 5, pp. 163-172 (in Korean).
- Jung, K. O. and Lee, J. Y. (2011). *Development of an evaluation system for bicycle facility policies of local governments*, Policy Research Reports, The Korea Transport Institute, pp. 1-39 (in Korean).
- Kang, N. H. (2012). “A comparative study on the service characteristics for user’s trip purpose of bicycle by using importance-performance analysis.” *Design Convergence Study*, Vol. 11, No. 2, pp. 75-85 (in Korean).
- Kim, D. J., Shin, H. C., Jeong, S. Y. and Moon, J. W. (2011). “Bicycle oriented green urban transportation systems.” *Journal of Transportation Systems*, Vol. 18, No. 2, pp. 29-45 (in Korean).
- Koo, J. H., Lee, J. L. and Kim, J. H. (2013). “An evaluation of quality of service for community bicycle road according to road types and land use characteristics.” *Seoul Studied*, Vol. 14, No. 3, pp. 131-143 (in Korean).
- Lee, J. Y., Park, J. H. and Leem, Y. T. (2012). “Characteristics and strategic lessons through a comparative analysis of public bikes usage in three cities of Korea.” *Journal of Korea Planning Association*, Vol. 47, No. 3, pp. 295-308 (in Korean).
- Ministry of the Interior and Safety (2008). *Guidelines for installation and management of bicycle facilities* (in Korean).

- Schepers, J. P., Kroeze, P. A., Sweers, W. and Wust, J. C. (2011). "Road factors and bicycle-motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections." *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 43, No. 3, pp. 853-861.
- Shin, H. J., Hong, J. Y. and Lee, S. B. (2012). "A study on the factors affecting the severity of bicycle-related accidents." *Journal of Transport Research*, Vol. 19, No. 1, pp. 67-78 (in Korean).
- Suh, J. H. and Kim, D. H. (2010). "A study of user's satisfaction for bike paths in the city: Focusing on the bike paths of Songpa-gu (Seoul City)." *Journal of Digital Design*, Vol. 10, No. 4, pp. 443-452 (in Korean).
- Won, D. H. and Lee, K. H. (2012). "Effect of neighborhood environment on resident's bicycle use in Changwon." *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol. 28, No. 12, pp. 323-329 (in Korean).
- Won, J. M. and Jin, W. Y. (2012). "A development of the evaluation criteria for bicycle's facilities of attending work and school trip." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, KSCE, Vol. 32, No. 5D, pp. 429-435 (in Korean).