

■ 論 文 ■

Grey System Theory를 이용한 차량 및 보행환경 통합평가

Evaluation of Vehicle and Pedestrian Environments using Grey System Theory

이진각

((주)로드코리아 기술본부 이사)

손영태

(명지대학교 교통공학과 교수)

한상진

(한국교통연구원 기후변화대응센터 센터장)

박진영

(한국교통연구원 국가교통물류전략연구본부 연구위원)

이상화

(명지대학교 교통공학과 연구원)

목 차

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 방법

II. 본론

1. 기존 연구고찰
2. 결과요약

III. 분석방법론 및 사례연구

1. Grey System Theory(GST)
2. 사례연구(보행우선구역 대상)

IV. 결론 및 향후연구과제

참고문헌

Key Words : 네트워크 평가, 차량환경, 보행환경, 평가지표, 그레이 시스템 이론

Network Evaluation, Vehicle Environment, Pedestrian Environment, Grey System Theory(GST)

요 약

본 연구에서는 기존의 차량 및 보행환경의 평가에 있어서 종합적이고 통합적인 접근방식에 한계가 있다고 진단하고, 이를 고려하는 평가 방법 개발에 중점을 두었다. 여기에서의 통합적인 평가라 함은 차량환경과 보행환경에서 쓰이고 있는 수단별 평가 지표에 대한 통합과 더불어, 공간적 개념에서 선/축의 평가방식을 포함한 면적인 차원의 평가라 할 수 있겠다. 본 연구에서는 통합 평가를 위한 이론적 배경으로 Grey System Theory(GST)를 적용하였으며, 대상지역은 보행우선구역 시범사업지로 하여 차량 및 보행환경에 대한 평가를 수행하였다. GST에 의한 종합평가 및 분석결과, 같은 서비스 수준 또는 상대적으로 차량 및 보행환경의 운영지표상(도로용량편람)에서는 보다 양호한 상태라 할지라도 관측된 데이터가 Grey Category 범위에 따라 통합 평가 시에는 평가지표간 가중치 등이 고려되어 산정되었기에 Category 상에서의 종합점수는 달라지는 것을 알 수 있었다. 이러한 점을 종합적으로 고려해 볼 때, 도로운영상의 지표들이 상대적으로 좋다고 하더라도 안전상의 지표들이 나쁠 경우에는 그에 따라 Grey Category상의 점수들도 변화하는 것을 알 수 있었으며, 본 평가 방법을 통해 향후 도시가로 형태별로 현재 상태를 진단할 뿐 아니라 노선별(축별), 면적인 개념에서의 평가와 더불어 평가지표간 통합평가가 이루어 질 것으로 기대하고 있다.

In this paper, understanding there is a limitation with a comprehensive and network approach for the evaluation of existing vehicle and pedestrian environments, the authors focus on developing an integrated approach to assessing these environments. The network evaluation here means the assessment at a three-dimensional level that includes evaluation methods of lines/axes in a spatial concept as well as integration of evaluation indicators being used for vehicles and the walking environment. Grey System Theory (GST) was applied based on the theoretical background for network and comprehensive integrated evaluation, and the evaluation of the vehicle and pedestrian environment was performed by assigning target areas to walking preference zones. As a result of the comprehensive evaluation and analysis by GST, even if the service level is the same as the operating indicators (Highway Capacity Manual) of the vehicle and pedestrian environment, or relatively better, it was identified that the total score could be varied over Grey Category because the observed data are calculated after considering the weights between evaluation indicators by the range of Grey Category on the comprehensive evaluation. Considering comprehensively these points, although the indicators on the operation of roads are relatively good, in the event that the indicators on the safety of roads are bad, it was known that the scores over Grey Category also could be changed. The result is that this evaluation method can be used to evaluate the network concept per lane (per axis) as well as to diagnose the current state by type of urban street in the future.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

교통수단 및 행위의 첫 출발점은 항상 보행에서부터 시작되고 있다. 이러한 보행의 중요성을 인지하여 최근에는 복잡하고 심각한 교통과 환경문제를 해결하고자 보행환경 개선 등에 대한 많은 노력들이 이루어지고 있다.

특히 걷고 싶은 거리, 문화의 거리, 보행우선 구역 시범 사업지 등 사람중심의 도시를 구현하고 도시의 삶의 활력과 매력을 높이기 위한 사업들이 활발히 추진 중에 있다.

그러나 이러한 노력에도 불구하고 대부분의 도시 가로 공간은 사람 중심보다는 주로 자동차로 채워져 사람들과 보행활동을 위한 공간부족과 머무는 시간이 줄어들고, 더 나아가 보행자의 교통사고가 빈번히 발생하는 등 아직까지는 보행환경이 매우 열악한 실정이다. 아울러 이러한 차량과 보행환경에 대하여 함께 종합적으로 진단할 수 있는 기준과 평가방법들이 미흡하여 정책 입안 또는 개별 사업 추진시 애로사항이 항상 존재하고 있다.

실제 기존의 도시가로의 차량환경과 보행환경에 대한 평가들을 살펴보면, 지금까지 매우 다양한 방법들이 개발되어 왔지만, 주로 도로용량 및 운영상의 평가(KHCM), 경관 및 환경적인 요소에 대한 만족도 평가, 안전성을 고려한 모형개발과 효과평가에 치중된 측면이 있다. 또한 일부 보행환경 평가의 경우에는 기하구조의 시설물별(횡단 보도, 계단 등)로 각각에 대한 설치효과 및 만족도에 대한 정성적인 측면에서의 평가가 일부 이루어진 정도이다.

현재 도시가로 또는 시가지로 형성된 지역의 경우, 차량, 자전거, 주차, 보행, 교통약자 등 다양한 분석요소들이 혼재되어 있으며, 도로의 기능에 따라 다양한 네트워크 구조로 구성되어 있어 기존의 평가방법으로는 이러한 복잡성을 포함하고 있는 통합적인 관점의 평가 수행에는 분명 한계가 있다고 볼 수 있다.



<그림 2> 연구의 목적

이에 본 연구에서는 차량환경과 보행환경을 함께 고려할 수 있는 평가지표들을 고찰하여 보고, 이를 통합적으로 평가할 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 또한 도로의 기능 및 용도지역 특성 등에 대한 반영이 가능한 조사방법을 수행함으로써 본 연구에서 추구하고자 하는 통합평가 방안을 수립하고자 한다.

본 연구에서의 통합적인 평가란 각 교통수단별로 활용되고 있는 독립적인 지표들 간에 대한 상호 연관성을 함께 표현할 수 있는 평가를 말하며, 평가 대상도 지점/구간/축 개념에서 벗어나 공간적인 개념의 면적인 통합을 함께 고려함을 의미한다.

2. 연구의 방법

본 연구는 다음과 같이 크게 3가지로 구분하였다.

첫째, 기존 연구내용을 고찰함으로써 실제 통합 평가에 수행될 교통수단별 평가지표를 정의하고, 둘째 통합 평가를 위한 이론적 배경으로써 Grey System Theory에 대한 소개와 적용방안을 논의하고자 한다. 마지막으로 본 연구의 조사 대상지점인 보행우선구역 시범사업지를 평가함으로써 기존의 평가방법의 중심이 되는 KHCM의 서비스 수준과 비교 검토하고자 한다.

II. 본론

1. 기존 연구 고찰

차량 및 보행환경에 대한 평가방법론에 대하여 국내외 연구문헌을 살펴보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 우선 가장 대표적인 것이 도로용량편람(2005)(미국 HCM 포함)이라 할 수 있는데, 여기서 제시되고 있는 방법은 차량과 보행환경을 각각 구분하여 별



<그림 1> 기존 차량환경 및 보행환경 평가

도의 평가지표를 토대로 서비스 수준을 판별하는 방식을 따르고 있다.

- ② 개인 연구논문상에서 보행환경 평가 부분은 대부분 상관분석, 회귀분석, 분산분석 등의 통계적인 기법 등을 활용하여 평가를 수행(김진영(2002), 임진경(2004) 등)하였으며, 대부분 보행자도로에 초점을 맞추어 보행환경의 유형별 특성을 고려하고, 서비

스수준에 미치는 영향인자를 규명하고자 한 노력들이 큰 것을 알 수 있었다.

- ③ 평가방법론의 경우, 기술적 통계방법(김경환(1999), 김정현(2002), 김용석(2006) 등)이 주로 사용되었으며, 기타 퍼지(Fuzzy)기법과 AHP(가중치)(김용석(2006) 등)를 통해 보행과 차량의 만족도 분석 등에 대한 정성적 항목 평가를 하고자 하는 노

<표 1> 국내외 차량 및 보행환경 평가방법론 연구 요약

국내 저자 (연도)	연구 대상	활용된 변수 및 평가 내용	분석 방법론	국의 저자 (연도)	연구 대상	활용된 변수 및 평가 내용	분석 방법론
KHCM (2005)	차량 보행	· 차량 : 평균통행속도 · 보행 : 보행대기공간, 보행교통류용 활용	기술통계	USHCM (2000)	차량 보행	· 차량 : 도시가로의 경우 평균통행속도 지표 활용 · 보행 : 보도 및 횡단보도에 대한 지표로 보행교통류용, 보행자 지체도 활용	기술 통계 Graph 기법
이재길 (1993)	차량 보행	· 차량 : 효율성 지표 · 보행 : 만족도 조사 결과활용	AHP	陳章元 (1998)	차량 보행	· 보차혼합공간에서의 교통환경 지표 도출, 지구교통계획분야의 적용성 검토 · 시공간점유량의 개념으로 교통환경평가지표 응용	기술 통계
정현영 (1998)	차량 보행	· 도로환경 및 도로의 기능별에 따라 6개의 대분류에서 13개의 세부지표간 상관관계 및 중요도 판단	중회귀분석 AHP	John. S. Miller (2000)	보행	· 시설물(보도, 횡단보도), 장애인, 조명 등 체크항목 · 수준별 체크항목의 LOS 수준 점수 부여 평가	Rating 기법
김경환 (1999)	보행	· 일반보도 평가 : 보행교통류용 활용 · KHCM과의 LOS 수준 비교분석	기술통계 Graph 기법	Jaskiewicz. F (2000)	보행	· 보도폭원, 여유공간, 차량속도, 노상주차 등 건축변수 활용 · 체크항목에 대한 정성적인 지표별 평가 수행	Rating 기법
이태진 (1999)	차량 보행	· 차량 : 가로망의 형성 여부 (계획별 3가지 구분) · 보행 : 6가지 지표별 만족도 조사	기술통계	Bruce W. Landis (2001)	차량 보행	· 차량 : 교통량, 증차량 구성비, 노상주차 정도 · 보행 : 보도폭, 연석, 보행자 만족도 등 활용	회귀 분석
김정현 (2002)	보행	· 계단과 대기공간에 대한 분석 수행 (보행류용, 대기공간) · KHCM과의 LOS 수준 비교 분석	기술통계 Graph 기법	Shelia Shaker (2002)	보행	· 보도의 연속성 및 포장, 속도, 보행환경에 대한 체크항목을 토대로 만족도 분석	Rating 기법
김진영 (2002)	차량 보행	· 차량 : 주거지역의 이면도로를 대상으로 보행영향 요소 규명 · 보행 : 보행속도에 영향을 미치는 요소 분석	상관분석 회귀분석 분산분석	Martin Guttenplan (2003)	보행	· 보행자 만족도 및 보행량, 보도의 연속성 지표 바탕 · GSI 프로그램을 활용 보행자 서비스수준 지도 작성	기술 통계
김태호 (2002)	보행	· 횡단보도의 잔여신호에 따른 보행행태 분석 · 신호횡단보도의 LOS 수준 분석(안전성, 범위반율, 폐적성 등 지표 활용)	Graph 기법 차이 검증 (T-test)	Flannery et al (2004)	차량	· 도로의 서비스수준을 실제 운전자 느끼는 만족도에 따라 재평가 · 실제 도로의 LOS와 차량 운전자가 느끼는 정도 비교	기술 통계
노만영 (2003)	차량	· 교통효율성 평가를 목적으로 시뮬레이션 분석 · 소가구 가로망의 크기에 대한 분석	기술통계 시뮬레이션				
김용석 (2006)	차량 보행	· 보도설계시 자동차와 보행자의 상호작용 고려 · 가로의 기능과 지역 토지이용 특성에 따라 종합적으로 고려할 수 있는 방안 검토(보도폭원 기준 제시)	기술통계 AHP	Thambiah Muralaetharan (2004, 2005)	보행	· 일반보도와 횡단보도의 종합적인 LOS 측정을 위한 효율가치의 영향관계 규명 · 간접설문조사 등을 활용 LOS 기준 제시	컨조인트 회귀 분석
이군상 (2007)	차량	· 적정가로망 설치기준에 따른 교차로 간격 분석 · 시뮬레이션 분석을 통해 간선도로와 집산도로의 적정 교차로 간격 제시	시뮬레이션				

력들이 있었다. 아울러, 이군상(2007)에서는 적정 가로망 설치기준에 따른 교차로 간격을 시뮬레이션 분석을 통해 도출하여, 도시가로에 대한 평가를 수행하였다는 점에서 다른 연구와의 차별성을 두었다.

- ④ 또한, 국외 연구문헌에서의 특징은 보행관련 시설 및 수준별 Check List를 도입하여 평가(Shelia Shaker (2002))하고자 하는 노력과 GIS기반의 보행자 서비스수준 분석결과를 속성으로 입력하여 분석지도를 작성한 연구가 있었음을 알 수 있었다. 아울러, 정성적 항목과 정량적 항목을 함께 고려할 수 있는 종합적 평가가 필요하다고 제안한 연구¹⁾가 있었다.
- ⑤ 기타, 도시가로 내 특히 보행의 시설물 측면에서 수준별 체크항목을 통하여, LOS를 판단하는 기법을 Rating 기법을 통해 도출한 연구(John. S. Miller (2000), Shelia Shaker(2002))가 있었음을 알게 되었다. 이와 더불어 실제 운전자가 도로를 주행하면서 느끼는 만족도에 따라 재평가를 수행함으로써, 현재 주어진 도로 운영상의 LOS 수준과 이용자가 실제 느끼는 LOS 정도를 비교한 연구(Flannery et al(2004))가 국내연구와의 차별성이라 하겠다.

이에 국내외 연구문헌을 종합적으로 살펴보았을 때, 대부분 차량환경별 평가지표 선정, 보행환경별 평가지표를 선정하여 그 지표간 영향요인, 상관분석, 정량적 항목과 정성적 항목의 통합수준에서 연구가 진행된 것을 알 수 있으며, 이를 분석하기 위한 기술적 방법에 있어서도 기술통계적 방법과 일부 퍼지이론을 통한 근사추론방법, 가중치 고려를 위한 AHP산정방법이 있음을 알 수 있다.

또한 평가지표의 경우에서도 여러 가지 측면에서 다양하게 지표들이 고려되어져 왔지만, 평가방법과의 상관성을 고려한 지표들이라기보다는 관측데이터 수집과 조사수행에 대한 용이성, 시설물별 관점에 따른 중요도에 대한 평가지표가 대부분이었음을 알 수 있었다.

<표 1>은 차량 및 보행환경에 대한 국내외 연구를 요약 기술한 것이다.

2. 결과 요약

이러한 국내 연구의 종합결과, 대부분의 평가방법론과 관련된 연구에서는 차량 및 보행환경을 별도의 지표와 기준에 따라 평가가 수행된 것을 알 수 있었으며, 지표간

상관관계 및 영향여부에 따라 종합평가를 수행하려고 한 일부 연구성과들이 있었음을 알 수 있었다.

국의 연구의 경우에도 국내외 마찬가지로 차량 및 보행 환경에 대한 각각의 분석방법을 별도의 기준과 방법에 따라 제시하고 있으며 일부 연구에서 차량과 보행환경에 대한 통합적인 관점의 평가가 필요할 것을 제시한 것을 알 수 있었다.

이에 본 연구에서는 차량 및 보행환경을 함께 고려할 수 있는 방법론 검토와 평가지표 등에 대한 심도있는 논의를 하고자 한다.

III. 분석방법론 및 사례연구

1. Gray System Theory (GST)

1) Gray System Theory

본 연구에서 통합평가 방법론에 사용하고자 하는 Grey System Theory의 경우, 1982년 중국의 Julong Deng에 의해 제안된 이론으로서, 불규칙한 시계열 Data와 과거, 현재의 상태에 따른 진단 및 경향예측을 수행하는데 사용되는 방법이다.

보통의 경우, 도로교통의 차량 및 보행환경을 판단·평가하고, 예측하기 위해서는 통계적 수법인 회귀분석, 최소 분산예측법과 연속적 수법인 모델 예측법, 그리고 지수평활화, 잔류 오차분리법 등을 활용한다.

하지만 실제로 도로교통의 상태를 나타내는 데이터는 불규칙한 시계열 데이터가 많으며, 기존의 방법을 적용할 경우 대량의 데이터 또는 일정수 이상(최소 표본수)의 데이터가 필요하며 계산량이 많아지는 단점을 가지고 있다.

그러나 Grey System Theory(이하 GST)의 경우에는 이러한 단점을 보완하기 위해 새로운 경향예측법으로 개발되었으며 다양한 자연과학 분야에서 연구 및 응용되고 있다.

이 GST는 퍼지(Fuzzy)이론과 비슷한 형태를 보이고 있으며, 기본적인 전체적인 개념에 있어서는 퍼지와 같다고 할 수 있으나, 방법론과 접근방법(데이터 형태, 처리방법 등)에서 차이가 존재한다고 할 수 있겠다.

이는 실제 관측된 또는 측정된 데이터(Whitening Value)가 어느 범주에 포함(Black)되어 평가가 되는가

1) Jonathan Byd, Virginia P. Sisiopku(2006), "Comparison of Level of Service Methodologies for Pedestrian Sidewalks", TRB Annual Meeting

하는 개념을 가지고 있다.

따라서 불확정 정보를 처리할 수 있는 장점을 지니고 있으며, 스케일이 다른 각 변수(지표)간 하나의 표준화된 값을 변환/평가가 가능하다는 점에서 퍼지이론과 상대적으로 다른 점을 지니고 있다.

예를 들어, 퍼지이론에서는 “젊은 사람”이라는 개념을 적용할 경우, 연령대(Age)별로 범위설정이 애매모한 경우가 발생할 수 있다. 또한 분석자에 관점에 따라 애매모호한 정도가 달라질 수 있는 한계를 지니고 있다.

특히, 교통공학적 관점에서 관측되는 데이터(Whitening Number)들은 일정범위 내에서 각 단위 및 스케일로 구분이 가능하고, 관측된 데이터가 어느 범주에 속할지(Black Box)를 평가해야 하므로 Grey System Theory가 퍼지이론과 다른 분석방법을 가지고 있다 하겠다(<표 2> 참조).

GST가 통계학과 퍼지이론과 비교하여 큰 특징을 다시 한 번 살펴보면 우선적으로 첫째, 관측 데이터 또는 자료의 개수에 있어서 통계학은 데이터의 개수가 되도록 많을수록 좋고, 퍼지이론은 데이터의 개수를 주로 경험에 의한 값을 토대로 의존하여 형성하게 되는데, GST는 단지 몇 개(4개 이상의 데이터)를 가지고도 방법을 전개해 나갈

수 있는 장점이 있다.

또한 통계학은 자료의 분포가 일반적이고 전형적인 분포 형태(예 : 정규 분포 등)를 따른다는 가정하에 이론을 전개해 나가고, 각 변수들 간의 상관성을 매우 중요한 요소로 판단한다. 퍼지 이론은 소속 함수에 이론적 기반을 두는데 반해, GST는 어떤 형태의 분포도 가정하지 않는다는 차이점이 있다.

아울러, 통계학뿐만 아니라 다양한 알고리즘이 개발된 사례에서는 대부분 완전한 데이터를 기반으로 고안되고 발전되어 왔으나 실제 상황에서는 결측값이 포함된 불완전한 데이터를 처리해야 하는 경우가 많이 있다.

이러한 결측값을 처리하기 위해서는 전통적으로 결측값이 포함된 케이스를 제거하거나 무시하는 방법을 주로 사용하여 왔고, 결측값을 새로운 값으로 대체하는 방법을 개발하여 사용하기도 하였다.

이러한 GST 이론에서는 총 3개의 기본 시스템이 존재하는데, “Black”, “White”, “Grey”로 구분할 수 있다. “Black”이라는 시스템은 정보 또는 데이터에 대해 아무것도 알려져 있지 않음을 의미하고, “White”라는 시스템은 정보(관측 데이터)에 대해 완벽하게 알고 있음을 의미한다. 또한 “Grey”라는 시스템은 정보 및 데이터에 대해 부분적으로 알고 있음을 의미한다. 이에 불분명하고 불완전한 정보(Incomplete Information)를 갖는 시스템은 GST라 한다.

Gray System 이론에는 우선 최소값과 최대값의 범위 안에서 존재하는 Gray 값을 가지고 있는데, 이를 수식으로 표현하면 식(1)과 같다.

$$\oplus x \in [\underline{\oplus}x, \overline{\oplus}x] \tag{1}$$

여기서, $\underline{\oplus}x$ 는 최소값, $\overline{\oplus}x$ 는 최대값

또한, 관측값 또는 결정된 값(Whitening Number)을 \acute{x} 이라고 가정하면, 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\oplus x \in \acute{x}, \acute{x} \in [\underline{\oplus}x, \overline{\oplus}x] \tag{2}$$

관측된 값은 Gray Clustering(집단군)에 따라 카테고리별로 행렬로 표현이 가능하게 되며, 크게 3가지의 집단군으로 정리할 수 있다.

- ① 평가하고자 하는 대상(구간, 지점 등)에 대한 집단군(k, k=1, 2, ..., n)
- ② 선정된 평가지표의 항목 집단군(예 : V/C, 속도, 사고건수 등, i(i=1, 2, ..., m))

<표 2> Grey System Theory와 다른 분석방법과의 비교

구분	Grey System Theory	확률 통계방법	퍼지 이론 방법
연구 목적	불확실하고 열악한 정보 처리	불확실한 정보의 통계적 예측	인지의 불확실성 판단
기본 구성	Grey Number	대표성을 지닌 판단 방법(회귀분석 등)	퍼지 Set
분석 방법	Grey 함수식 및 정보범위로 구분(최소, 최대값)	확률 분포	퍼지 멤버십 함수
분석 과정	Grey 평가단계에 따라 분석	빈도, 데이터 분포 활용	한계 표본 구성 및 그에 따른 분석 수행
필요 조건	어떤 분포 또는 어떠한 데이터도 가능	전형적으로 분포모형을 따름(정규분포 등)	경험, 조사 등에 대한 인지정도에 대한 데이터
수단	실제데이터, 사실을 원칙	통계방법을 원칙	인지정도
특성	적은 샘플	큰 샘플 또는 최소 샘플수 요구	경험(실험)을 통해 나온 데이터

③ 좋고 나쁨을 평가하는 Gray Category 집단군(예 : 매우 좋음, 좋음, 보통, 나쁨 등, $j(j=1, 2, \dots, p)$)

2) 통합평가를 위한 평가지표 선정

Grey System Theory(GST)를 이용하여 통합평가를 수행하기 위해서는 평가지표를 선정해야 하는데, 이때 고려해야 할 중요한 사항이 평가하고자 하는 대상 또는 사업의 특성을 잘 파악하고 그에 따른 지표가 적절하게 선정되어야 한다.

본 연구에서는 보행우선구역 시범사업지를 조사대상지역으로 선정하였으며, 그에 따라 차량 및 보행환경이 함께 고려될 수 있는 평가지표를 선정하도록 하였다.

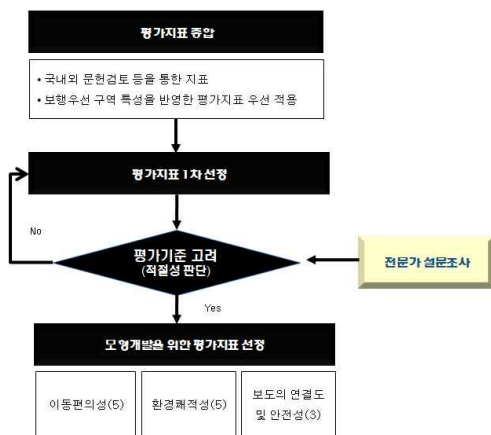
이에 따라 평가지표 선정을 위한 과정에는 국내외 문헌 고찰 및 보행우선구역 특성을 반영한 평가지표를 종합화 하였으며, 그에 따라 1차 평가지표를 선정하였다.

그 이후 평가기준을 마련하여 선정된 평가지표가 적절한가에 대한 판단을 전문가 설문조사를 통해 결정하였다. (<그림 3> 참조)

이 평가지표는 이는 1, 2차 보행우선구역 시범사업지 연구를 통해 도출된 지표 항목을 기준으로 전문가 설문조사 등을 토대로 보완된 사항이며, 이진각·손영태(2009)에서 제시하였던 평가지표를 좀 더 차량 및 보행환경을 통합적으로 바라볼 수 있도록 추가 보완하여 기술하였다.

아울러, 최종 평가지표 선정을 위하여 <그림 4>와 같이 선정 기준을 마련하고, 이에 대한 전문가 설문조사 등을 토대로 평가방법 구축을 위한 최종 지표를 선정하였다.

지표선정을 위해 사용된 기준은 ① 순위의 경우, 평가방법 개발에 직간접적으로 활용성이 크고 정량화가 가능



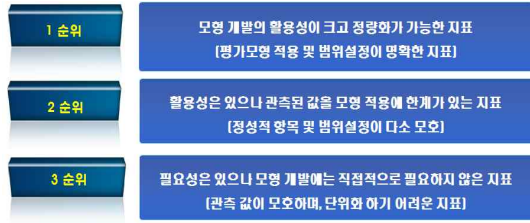
<그림 3> 평가지표 선정과정

한 지표로서 관측값이 범위설정이 명확하고 용이한 지표를 말하며, ② 순위는 활용성은 있으나 관측값을 평가방법에 바로 적용하기에는 한계가 있는 지표로서 만족도와 같

<표 3> 1차로 선정된 평가항목 및 선정여부

목표	구분	평가항목	평가내용	기준 및 선정여부	
				기준	선정여부
이동 편리성	보행자	보행량	첨두시 보행량	①	○
		교통약자 이동가능 도로	교통약자 이동가능 도로의 비용	②	○
			휠체어와 유모차의 운행가능 여부		
	보행네트워크	차로부터 안전한 도로의 적절한 제공 여부	②	○	
			구역내 주요보행네트워크의 비용		
생활 환경	탁넛추기	탁넛추기 적절성	②	○	
		짐지블록	짐지블록 설치 적절성	②	○
안전성	보행자	보행관련 교통사고	보행관련 교통사고간수 및 사망자수	①	○
		보행자 안전	보행자 안전 여부	③	×
	차량	교통사고	교통사고간수 및 사망자수	①	○
			차량의 주행속도	①	○
		차량 주행속도의 적절성			
	운전 형태	구역내 운전형태의 변화	③	×	
	생활 환경	어린이 안전	거리에서 어린이 안전여부	③	×
		보행로 단절	보행로의 단절 여부	②	○
		조명	조명시설의 적절성	③	×
쾌적성	보행자	대중교통시설 의 혼잡도	대기공간의 혼잡도	①	○
	차량	소음	차량의 소음	②	○
	생활 환경	식재 및 휴게공간	식재 및 휴게공간 위치의 적절성	③	×
			청결상태	보행로의 청결상태	②
		이웃과의 소통	이웃간의 교류 중대	③	×
		거리의 활력	거리에서 활동(이벤트)의 중대	③	×
		보행장애요소	보행장애를 유발하는 시설물의 수	②	○
	차량 교통 영향	불법주차	불법주차 대수	②	○
차량이용형태			차량이용형태의 변화	③	×
주차		주차의 용이성	③	×	
		주차장소와 목적지의 거리			
교통량		첨두시 교통량	①	○	
총 통행시간		구역내 차량의 총 통행시간	①	○	
총 차량 주행거리	구역내 차량의 총 주행거리	①	○		

주 : 여기에 보행우선구역 특성에 맞추어 “보행자 속도”를 추가 선정



<그림 4> 평가지표 선정 기준

은 정성적 항목을 포함한 지표와 범위설정이 다소 모호한 지표 등이 이에 포함될 수 있겠다.

마지막으로 ③순위는 평가지표 그 자체로는 필요한 항목이나 평가방법 개발에 직접적으로 필요하지 않은 지표로서, 예를 들어 차량은행행태, 거리의 활력, 이웃과의 교류 등에 대한 지표라 하겠다.

이에 본 연구에서는 ①순위와 ②순위를 통해 결정된 지표를 토대로 기준에 대한 적절성 여부와 함께 전문가 설문 조사를 수행하였으며, 총 45인의 전문가 답변 중 43인(약 95.6%)이 적정하다는 결과가 나왔다.

최종으로 선정된 평가지표는 우선 대분류를 이동편의성, 환경쾌적성, 보도의 연결도 및 안전성으로 크게 3가지로 구성하였다.

이 중 이동편의성의 경우에는 차량 및 보행환경에 있어서 운영상에 평가지표(도로용량편람상에 제시된 지표)를 중심으로 구성하여 향후 통합평가 이후 도로용량편람상의 서비스수준(LOS)와 비교 검토가 가능하도록 하였다.

이외 추가로 보행우선구역 특성을 고려하여 보행자 속도를 추가로 포함시켰다.

또한, 보행우선구역 특성을 고려하여 환경쾌적성에는 보행 대기공간 이외에 도로주변의 소음도, 차량 배기가스 배출도, 보도 포장상태의 만족도, 보행 청결도 등을 포함시켰다. 이 중에서 차량 배기가스 배출도의 경우에는 날로 심각해져가는 온실가스 증가에 대한 세계적인 관심이 쏟아지고 있는 CO2 항목을 대표적인 지표로 선정하였다.

보도의 연결도 및 안전성 지표는 보차분리도로의 경우에는 차량 통행(접속도로, 건물의 진출입구 등)으로 발생하는 보행의 단절여부를 고려한 보행 연결도와 보차혼용 도로에서 보행환경에 영향을 주는 불법주정차 대수를 세부지표로 선정하였다(사고건수 포함).

선정된 평가지표는 Grey Category에 따라 총 4개로 매우 좋음, 좋음-보통, 보통-나쁨, 매우 나쁨으로 구성하였으며, 최대한 도로용량편람상에서 제시된 서비스 수준을 기준으로 구분하여 추후 일관성 있는 평가에 활용하였다

<표 4> 최종 선정된 평가지표 및 Grey Category 구성

대분류	세분류		Grey Category				비고
	평가지표	기호	매우 좋음 (Excellent)	좋음-보통 (Good-Medium)	보통-나쁨 (Medium-Poor)	매우 나쁨 (Poor)	
			LOS A	LOS B-C	LOS D-E	LOS F	
이동 편의성	교차로 지체(초)	SD1	<15	15~50	50~100	100<	*
		SD2	<10	10~25	25~50	50<	*
	평균 차량속도 (km/h)	VS1	>67	37~67	21~37	21>	*
		VS2	>60	33~60	10~33	10>	*
		VS3	>49	29~49	12~29	12>	*
	포화도(V/C, %)	VC	<0.5	0.5~0.75	0.75~0.95	0.95<	*
보행교통류율(인/분/m)	PC	<20	20~46	46~106	106<	*	
환경 쾌적성	보행자속도(m/분)	PS	>75	69~75	40~69	40>	*
	보행 대기공간(m ² /인)	PR	>1	0.6~1.0	0.2~0.6	0.2>	*
	도로주변 소음도(데시벨, dB)	NI	<50	50~65	65~75	75<	**
	차량 대기오염 비용(원/km)	AP	<5.39	5.39~7.39	7.39~10.91	10.91<	**
	보도 포장상태의 만족도(점)	SA1	>9	7~9	5~7	5>	**
보도의 연결도 및 안전성	보행로의 청결상태(점)	SA2	>9	7~9	5~7	5>	**
	차대보행 사고건수(건수/년)	ER	<3	3~5	5~7	7<	***
	불법 주정차대수 비율(%)	IP	<10	10~30	30~50	50<	**
	보도 연결성(%)	WC	>90	70~90	50~70	50>	**

*' 도로용량편람, 대한교통학회, 2001, 기준에 의함.
 ** 국외 문헌 및 현장조사를 통해 얻은 Data를 기준으로 Category 구성
 *** ' 교통사고 잦은곳 기본개선계획 및 효과분석, 도로교통안전관리공단, 2008, 기준에 의함.

<표 4> 참조.

평가지표의 조사방법은 크게 2가지로 <표 5>와 같이 구분될 수 있다.

첫째로 기존 연구내용과 및 통계자료를 중심으로 한 문헌조사가 중심이 되며, 둘째로 문헌 등에 기초하여 조사되지 못한 관측 데이터는 조사지점별 도시가로 특성에 따라 각 교차로의 신호운영 현황 및 교차로 방향별 교통량, 보도의 연결성, 포장상태 및 청결도의 만족도 등을 추가 현장조사와 설문 면접조사를 통해 산출하였다.

또한 일부 평가지표의 경우에는 사전 예비조사 및 문헌 조사 등을 통해 기준 및 범위를 설정하였다.

3) Gray System 이론 평가 단계 및 수식²⁾

■ 1단계 : Gray Category 별 단위 표준화

각 평가지표는 각각이 지닌 특성에 따라 단위, 스케일 및 기호가 다르게 나타나므로, 이를 하나의 통합된 평가방법에 따라 평가하기 위해서는 단위의 표준화가 필요하게 된다.

지표로 선정된 각 지표 <표 4>는 식(3)과 같이 항목별로 행렬표현이 가능하게 되며, 식(4)와 같이 카테고리 중 최대값을 가지고 있는 변수를 기준으로 각 항목의 값들을 나누어 단위 표준화가 가능하게 된다. 따라서, 바뀌어지는 최대값은 1이 되며 각 카테고리별 변수들은 그에 대응하는 가중치 값으로 변환된다.

우선 선정된 평가지표(λ^0)는 행렬로 표현되어지는데, 행렬로 구성된 항목 중 열(Column)은 Grey Clustering (집단군) 중 i에 해당하는 항목으로 평가하고자 하는 평가지표의 수가 되며, 행(Row)은 Grey Category로 3개의 집단군(Grey Clustering)중 k에 해당하는 것으로 각 평가지표의 스케일에 따라 구분되어 평가기준이 되는 항목이다(예 : 매우 좋음, 좋음, 보통, 나쁨).

$$\lambda^0 = \begin{bmatrix} \lambda_{11}^0 & \lambda_{12}^0 & \dots & \lambda_{1p}^0 \\ \lambda_{21}^0 & \lambda_{22}^0 & \dots & \lambda_{2p}^0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{m1}^0 & \lambda_{m2}^0 & \dots & \lambda_{mp}^0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서,

$$\lambda_{ij} = \frac{\lambda_{ij}^0}{\max_{1 \leq j \leq p} \{\lambda_{ij}^0\}} \quad (4)$$

<표 5> 평가지표별 조사방법 종합

대분류	세분류 (지표항목 및 기호)	단위	조사방법
이동 편리성	교차로 지체(SD)	초	현장조사를 토대로 재구성
	평균 차량속도(VS)	km/h	문헌자료
	포화도(VC)	비율 (%)	문헌자료를 토대로 재구성
	보행교통류율(PC)	인/분/m	문헌자료
	보행자속도(PS)	m/분	문헌자료
환경 쾌적성	차량 대기오염 비용(CO2)(AP)	원/km	문헌자료를 토대로 재구성
	도로주변 지역 소음도(NI)	데시벨 (dB)	현장조사
	보행대기공간 (PR)	m ³ /인	문헌자료
	보도 포장상태의 만족도(SA1)	10점만점 (설문)	현장조사 (설문)
	보행로의 청결상태 (SA2)	10점만점 (설문)	현장조사 (설문)
보도의 연결도 및 안전성	차대보행 사고건수 (ER)	건수/년	문헌자료
	불법 주정차대수 비율(IP)	비율 (%)	현장조사
	보도 연결성 (WC)	비율 (%)	현장조사

이에 각 지표별로 최대값을 기준으로 <표 1>의 평가지표 항목을 변환하면 다음과 같다.

$$\lambda = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.15 & 0.50 & 1.00 \\ 0.20 & 0.20 & 0.50 & 1.00 \\ 1.00 & 0.55 & 0.31 & 0.31 \\ 1.00 & 0.55 & 0.17 & 0.17 \\ 1.00 & 0.59 & 0.24 & 0.24 \\ 0.53 & 0.53 & 0.79 & 1.00 \\ 0.19 & 0.19 & 0.43 & 1.00 \\ 1.00 & 0.92 & 0.53 & 0.53 \\ 1.00 & 0.60 & 0.20 & 0.20 \\ 0.67 & 0.67 & 0.87 & 1.00 \\ 0.33 & 0.33 & 0.46 & 1.00 \\ 1.00 & 0.78 & 0.56 & 0.56 \\ 1.00 & 0.78 & 0.56 & 0.56 \\ 0.43 & 0.43 & 0.71 & 1.00 \\ 0.20 & 0.20 & 0.60 & 1.00 \\ 1.00 & 0.78 & 0.56 & 0.56 \end{bmatrix}$$

■ 2단계 : 관측 데이터의 Matrix 및 단위 표준화

각 평가지표에 해당하는 관측 데이터에 대해서도 1단계의 Category 별 단위 표준화를 수행한 것과 마찬가지로 Matrix화 및 단위를 표준화 해주어야 한다.

2) 본 연구에서 수행한 평가단계에 따른 수식은 Sifeng Liu · Yi Lin(2006), "Grey Information, Theory and Practical Applications", Springer의 내용을 인용하였음.

이는 GST 이론이 가지고 있는 방법의 특성을 반영하기 위한 과정으로서 최소 0, 최대 1의 값에서 평가를 수행하기 때문이다.

실제로 관측된 데이터를 $D^0 = \{d_{11}^0, d_{12}^0, \dots, d_{nm}^0\}$ 라고 하였을 때, 이 또한 1단계의 식(4)와 마찬가지로 각 항목별로 단위를 표준화 할 수 있다.

$$D^0 = \begin{bmatrix} d_{11}^0 & d_{12}^0 & \dots & d_{1m}^0 \\ d_{21}^0 & d_{22}^0 & \dots & d_{2m}^0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1}^0 & d_{n2}^0 & \dots & d_{nm}^0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$d_{ki} = \frac{d_{ki}^0}{\max_{1 \leq j \leq p} \{\lambda_{ij}^0\}} \quad (6)$$

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nm} \end{bmatrix} \quad (7)$$

■ 3단계 : 표준화된 값들에 대한 Gray Category별 계산

Gray Category별로 표준화된 값들 계산한다. 이때, 관측된 값들이 카테고리 범위에 따라 $f_{ij}(d_{ki})$ 함수식에 의해 정리가 되는데, 관측된 값이 최소값보다 작은 경우, 각 Category 범위안에 있을 경우, 최대값보다 클 경우 등으로 구분되며, <표 6>과 같이 표현된다.(<표 7>은 <표

<표 6> Gray Category별 함수식

	최소값보다 작은 경우
	$f_{ij}(d_{ki}) = \begin{cases} 1 & d_{ki} \in [0, \lambda_{ij}] \\ \frac{\bar{\lambda}_{ij} - d_{ki}}{\bar{\lambda}_{ij} - \lambda_{ij}} & d_{ki} \in [\lambda_{ij}, \bar{\lambda}_{ij}] \\ 0 & d_{ki} \notin [0, \bar{\lambda}_{ij}] \end{cases}$
	각 Category 범위안에 있을때
	$f_{ij}(d_{ki}) = \begin{cases} \frac{d_{ki} - \bar{\lambda}_{ij}}{\lambda_{ij} - \bar{\lambda}_{ij}} & d_{ki} \in [\bar{\lambda}_{ij}, \lambda_{ij}] \\ \frac{\bar{\lambda}_{ij} - d_{ki}}{\bar{\lambda}_{ij} - \lambda_{ij}} & d_{ki} \in [\lambda_{ij}, \bar{\lambda}_{ij}] \\ 0 & d_{ki} \notin [\bar{\lambda}_{ij}, \bar{\lambda}_{ij}] \end{cases}$
	최대값보다 큰 경우
	$f_{ij}(d_{ki}) = \begin{cases} 1 & d_{ki} \in [\lambda_{ij}, \infty] \\ \frac{d_{ki} - \bar{\lambda}_{ij}}{\lambda_{ij} - \bar{\lambda}_{ij}} & d_{ki} \in [\bar{\lambda}_{ij}, \lambda_{ij}] \\ 0 & d_{ki} \notin [\bar{\lambda}_{ij}, \infty] \end{cases}$

4>의 평가지표의 함수식 중 신호교차로를 예로 Category별 그림으로 표현한 것이다.)

■ 4단계 : 평가지표간 가중치 계산 및 상관관계를 통한 종합점수화

평가 대상구간에 대한 종합적이며, 표준화된 평가 수행을 위해서는 평가지표간의 가중치 산정이 필요하게 된다. 이는 1단계에서 평가지표의 Gray Category별로 단위를 표준화하였으나 각 지표간의 상대적인 차이는 분석이 고려되지 않은 상황을 4단계에서 보정하기 위함이다.

계산된 가중치는 앞서 3단계의 <표 6>의 Gray 함수식을 통해 계산된 값과 더불어 종합평가 지표로 활용된다.

$$\eta_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{\sum_{i=1}^m \lambda_{ij}} = \frac{\lambda_{ij}}{\lambda_{1j} + \lambda_{2j} + \dots + \lambda_{mj}} \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^m \eta_{ij} = 1 \quad (9)$$

$$\sigma_{kj} = \sum_{i=1}^m f_{ij}(d_{ki}) \eta_{ij} \quad (10)$$

<표 7> 평가지표별 Gray 범위(신호교차로 예)

매우 좋음	$f_{i1} = \begin{cases} 1 & (SD-1) \in [0, 0.15] \\ \frac{0.50 - (SD-1)}{0.35} & (SD-1) \in [0.15, 0.50] \\ 0 & (SD-1) \notin [0, 0.50] \end{cases}$
좋음	$f_{i2} = \begin{cases} \frac{(SD-1)}{0.15} & (SD-1) \in [0, 0.15] \\ \frac{0.50 - (SD-1)}{0.35} & (SD-1) \in [0.15, 0.50] \\ 0 & (SD-1) \notin [0, 0.50] \end{cases}$
보통	$f_{i3} = \begin{cases} \frac{(SD-1) - 0.15}{0.35} & (SD-1) \in [0.15, 0.50] \\ \frac{1 - (SD-1)}{0.50} & (SD-1) \in [0.50, 1] \\ 0 & (SD-1) \notin [0.50, \infty] \end{cases}$
나쁨	$f_{i4} = \begin{cases} 1 & (SD-1) \in [1, \infty] \\ \frac{(SD-1) - 0.50}{0.50} & (SD-1) \in [0.50, 1] \\ 0 & (SD-1) \notin [0.50, \infty] \end{cases}$

<표 8> 평가지표간 가중치 계산 (예)

n	매우 좋음	좋음	보통	나쁨
신호교차로	0.014	0.018	0.063	0.090
비신호교차로	0.019	0.024	0.063	0.090
차량속도1	0.094	0.067	0.039	0.028
차량속도2	0.094	0.067	0.021	0.015
차량속도3	0.094	0.072	0.031	0.022
포화도	0.049	0.064	0.099	0.090
보행교통류율	0.018	0.023	0.054	0.090
보행자속도	0.094	0.112	0.067	0.048
보행 대기공간	0.094	0.073	0.025	0.018
도로주변 소음도	0.062	0.081	0.109	0.090
차량대기오염비용(CO ₂)	0.031	0.041	0.057	0.090
보도 포장만족도	0.094	0.094	0.070	0.050
보행로 청결도	0.094	0.094	0.070	0.050
차대보행 사고건수	0.040	0.052	0.089	0.090
불법주정차대수 비율	0.019	0.024	0.075	0.090
보도 연결성	0.094	0.094	0.070	0.050
	1	1	1	1

<표 9> 시범사업지 특성 및 조사 지점

지역 및 특성	조사지점도
서울시 영등포구 (A) - 상업지역, 업무시설 밀집 - 대중교통시설 양호 - 광로 1, 대로 2, 중로 6, 소로 2 - 간선 2, 보조간선 2, 기타 5 - 신호교차로 6개소	
제주도 서귀포시 (B) - 전 지역 일반 상업지역 - 주요 경계부 비신호 교차로 - 중로 3, 소로 4 - 신호교차로 0개소	
인천시 남동구 (C) - 주거지역, 상업지역, 녹지지역 - 대형할인마트 및 터미널 등 인접 - 대로 3, 중로 5, 소로 5 - 신호교차로 4개소	

■ 5단계 : Gray Category중 최대값 선정

4단계의 식(10)을 통해 산정된 값을 토대로 Gray Category별로 나열하고, 그 중에서 가장 높은 점수를 받은 항목을 그 대상구간의 종합 평가지표로 활용한다.

이에 계산되어진 값들은 Grey Category상으로 확률의 개념(0과 1사이)을 갖는 의미로 사용되어지며, 그 중에서 가장 최대값을 조사 대상 지점의 점수로 인정한다. 또한 평가지표간 나타내어진 점수의 총 합은 1이 된다.

<표 10> 지점별 교차로 운영 및 차량속도 정의

지역	교차로 운영		차량속도	
	유형	지점번호	유형	지점번호
서울시 영등포구 (A)	신호	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10	1	1, 2, 5, 6, 7, 10
	비신호	8, 9	2	3, 4
제주도 서귀포시 (B)	신호	-	1	-
	비신호	All	2	1, 2, 3, 4, 5, 6
인천시 남동구 (C)	신호	1, 2, 3	1	1, 2, 3
	비신호	4, 5, 6, 7, 8	2	4, 5, 6
			3	7, 8

2. 사례연구(보행우선구역 대상)

1) 보행우선구역 시범사업지

본 연구에서 적용한 보행우선구역 시범사업지는 1차년도 시범사업지 2개소, 2차년도 시범사업지 1개소 총 3개소를 선정하여 현장조사를 통한 데이터 구축 및 평가지표별 서비스 수준을 판단하였다.

시범사업지의 경우, 보행우선구역 선정기준에 따라 보행량이 많으며, 보행관련 교통사고가 주변지역보다 많이 발생하는 구역, 통과교통량이 많지 않은 구역 등 정량적 항목을 기준으로 면적은 1km²을 초과할 수 없는 특징을 가지고 있다.

그러나 선정된 시범사업지의 경우, 가로별 특성 및 용도지역 특성이 은 서로 상이한 패턴을 보이는 것으로 나타나 사업 평가(현재 상태 진단, 사전/사후 평가 등)에 대한 분석시 동일한 판단기준으로 결과를 산출하기에 한계성을 지니고 있다.

<표 9>는 본 연구에서 검토한 보행우선구역 시범사업지의 특성 및 조사 지점도를 보여주고 있다. 또한 주요 조사내용은 <표 4>에서 제시한 평가지표를 중심으로 수행하였다.

2) 도시가로 특성 반영

평가지표 항목 중에 도시가로 및 용도지역 특성에 따라 도로의 유형을 구분하고 그에 따른 차량속도의 범위를 차별화하였다. 차량속도의 범위는 현재 도로용량편람상에서 제시하고 있는 “도시 및 교외간선도로”를 기준으로 설정하였다.

<표 11> 서울시 영등포구 여의도동 지점의 Grey Category 종합평가

지점		Grey Category 종합평가															
		매우좋음	좋음-보통	보통-나쁨	매우나쁨												
		A-1	0.4782	0.2959	0.2230	0.0000											
		A-2	0.3765	0.4430	0.1785	0.0019											
		A-3	0.2139	0.5953	0.1617	0.0291											
		A-4	0.2234	0.4857	0.2370	0.0538											
		A-5	0.5763	0.2960	0.1277	0.0000											
		A-6	0.4340	0.2928	0.2733	0.0000											
		A-7	0.1350	0.4611	0.3459	0.0581											
		A-8	0.0648	0.4731	0.3542	0.1078											
		A-9	0.1288	0.4992	0.2856	0.0864											
		A-10	0.3053	0.3702	0.2261	0.0984											
지점	이동편의성					환경쾌적성					네트워크 연결도 및 안전성						
	SD	VS	VC	PC	PS	PR	NI	AP	SA1	SA2	ER	IP	WC				
A-1	442	C	42.0	C	0.62	38.0	C	78.0	A	5.1	53.0	7.2	8.0	8.0	2.0	192	88.0
A-2	362	C	38.0	C	0.61	35.0	C	70.0	C	3.2	52.0	7.6	8.0	8.0	3.0	133	82.0
A-3	27.4	B	32.0	D	0.31	21.0	B	67.0	D	0.5	58.0	8.4	6.8	6.8	1.0	6.8	80.0
A-4	29.6	B	27.0	D	0.32	36.0	C	66.0	D	0.5	60.0	9.3	6.3	6.7	3.0	15.0	92.0
A-5	22.0	B	53.0	B	0.37	10.0	A	76.0	A	1.8	62.0	6.3	7.8	7.8	1.0	8.3	96.0
A-6	35.4	C	57.0	B	0.40	12.0	A	75.0	A	0.0	65.0	6.1	7.5	7.5	5.0	3.1	90.0
A-7	52.0	D	36.0	D	0.56	10.0	A	71.0	C	0.5	64.0	7.9	5.9	6.3	4.0	2.3	72.0
A-8	27.4	B	24.0	D	0.52	26.0	B	65.0	D	0.5	62.0	10.0	6.4	6.7	5.0	39.3	70.0
A-9	25.0	C	22.0	D	0.08	12.0	A	61.0	E	0.5	62.0	10.4	6.1	6.7	3.0	17.9	69.0
A-10	49.6	E	39.0	C	0.05	16.0	A	72.0	B	0.5	63.0	7.5	7.5	7.5	9.0	5.0	88.0

또한 교차로의 경우에도 신호운영 유무에 따라 신호교차로와 비신호교차로가 가지고 있는 서비스 수준이 다르게 나타나므로 범위를 각기 다르게 설정하였고, 그에 따라 조사를 수행하였다.

이 중에서 제주도 서귀포시의 경우에는 모든 교차로의 신호운영상태가 비신호 교차로로 운영 중에 있었으며, 기타 서울시의 경우에는 10개 교차로 중 비신호 교차로가 2개소, 인천시 남동구는 총 8개 교차로 중 5개소가 비신호 교차로로 운영 중에 있었다.

이에 조사지점에 따라 차량속도 범위와 신호운영 유무를 정리하면 <표 10>과 같다.

3) 보행우선구역 시범사업지별 통합평가 결과

서울시 영등포구 여의도동의 시범사업지는 KBS 별관 주변으로 동측 사업지 경계가 여의길, 서측이 의사당로, 남측 용호로, 북측 여의2길로 되어 있으며, 내부도로는 대부분 일방통행으로 운영되고 있다.

대부분의 용도지역 특성이 상업지역과 업무시설 등으로 밀집되어 있어, 평일 보행량(특히, 낮시간대 11:00~12:00사이)에 집중되는 현상을 보이며, 주말 보행량이 적은 것으로 나타났다.

서울시 영등포구 여의도동 지점의 분석결과, 3개 지점의 경우 매우좋은의 Category를, 7개 지점은 좋음-보통의 Category에서 최대값이 산정되었으며, 보통-나쁨과 매우나쁨의 범주에는 포함된 지역이 없었다.

그러나 A-1, A-4, A-6, A-7, A-8, A-9, A-10의 경우, 보통-나쁨의 범주가 전체에서 약 22% 이상 차지하고 있는 것으로 분석되어 평가지표의 관측값 범위에 따라 현재의 상태에서 나쁨의 점수로 옮겨갈 여지가 많은 것으로 나타났다.

이는 불법주정차대수(IP)의 영향과 더불어, 보행관련 사고건수(ER)과 대기오염도(AP) 등의 부정적 영향의 결과로 볼 수 있겠다.

따라서 추후 개선사업을 진행할 경우, 각 Category의

<표 12> 제주도 서귀포시 정방동 지점의 Grey Category 종합평가

지점		Grey Category 종합평가															
		매우좋음	좋음-보통	보통-나쁨	매우나쁨												
		B-1	0.2148	0.4767	0.2530	0.0555											
		B-2	0.2001	0.4560	0.2323	0.1116											
		B-3	0.3579	0.3799	0.2492	0.0131											
		B-4	0.5452	0.2735	0.1674	0.0139											
		B-5	0.3697	0.5124	0.1003	0.0175											
		B-6	0.3196	0.5212	0.1343	0.0249											
		B-7	0.1742	0.5343	0.1878	0.1038											
		B-8	0.1994	0.4723	0.1943	0.1341											
		B-9	0.2519	0.3882	0.2194	0.1405											
		B-10	0.2630	0.3554	0.2371	0.1445											
지점	이동편의성					환경쾌적성				네트워크 연결도 및 안전성							
	SD	VS	VC	PC	PS	PR	NI	AP	SA1	SA2	ER	IP	WC				
B-1	26.7	D	38.0	C	0.24	12.0	A	67.0	D	0.7	63.0	7.6	7.8	7.5	6.0	8.0	75.0
B-2	24.6	C	39.0	C	0.28	10.0	A	65.0	D	1.0	66.0	7.5	7.7	7.0	8.0	5.0	83.0
B-3	18.4	C	45.0	C	0.17	4.0	A	73.0	B	1.0	58.0	6.9	6.7	8.0	5.0	4.0	85.0
B-4	14.8	B	43.0	C	0.14	6.0	A	76.0	A	3.4	60.0	7.1	6.5	8.0	1.0	2.9	89.0
B-5	13.8	B	43.0	C	0.24	3.0	A	70.0	C	4.0	52.0	7.1	6.3	7.3	3.0	6.7	77.0
B-6	13.9	B	51.0	B	0.28	2.0	A	68.0	D	1.0	51.0	6.5	6.2	7.3	4.0	11.4	85.0
B-7	15.2	C	27.0	D	0.08	1.0	A	62.0	D	1.0	48.0	9.3	5.3	6.5	0.0	4.0	70.0
B-8	13.2	B	22.0	D	0.06	4.0	A	58.0	E	1.0	50.0	10.4	4.9	6.5	0.0	8.6	75.0
B-9	9.5	A	19.0	E	0.08	6.0	A	55.0	E	1.0	55.0	11.4	5.6	6.0	2.0	13.3	85.0
B-10	8.6	A	22.0	D	0.04	3.0	A	48.0	E	1.0	54.0	10.4	5.9	6.0	0.0	12.5	90.0

<표 13> 인천시 남동구 구월동 지점의 Grey Category 종합평가

지점		Grey Category 종합평가															
		매우좋음	좋음-보통	보통-나쁨	매우나쁨												
		C-1	0.2154	0.4051	0.2719	0.1076											
		C-2	0.4759	0.2618	0.1753	0.0870											
		C-3	0.4439	0.2961	0.1641	0.0959											
		C-4	0.2164	0.6469	0.1162	0.0205											
		C-5	0.3063	0.4979	0.1183	0.0776											
		C-6	0.3365	0.5606	0.0938	0.0091											
		C-7	0.2224	0.5345	0.1315	0.1116											
		C-8	0.1366	0.5569	0.2769	0.0296											
지점	이동편의성					환경쾌적성				네트워크 연결도 및 안전성							
	SD	VS	VC	PC	PS	PR	NI	AP	SA1	SA2	ER	IP	WC				
C-1	48.6	C	42.0	C	0.47	36.0	C	70.0	C	0.7	65.0	7.2	6.5	6.5	8.0	2.0	95.0
C-2	33.2	C	43.0	C	0.51	19.0	A	77.0	A	10.0	63.0	7.1	7.8	8.1	7.0	5.0	95.0
C-3	29.4	B	50.0	C	0.53	21.0	B	78.0	A	3.8	66.0	6.5	7.4	7.5	8.0	3.3	89.0
C-4	18.5	C	35.0	C	0.26	5.0	A	65.0	D	1.0	46.0	8.0	7.3	6.9	0.0	6.0	75.0
C-5	9.8	A	26.0	D	0.21	11.0	A	73.0	B	1.0	52.0	9.5	7.5	7.5	6.0	4.0	76.0
C-6	11.2	B	36.0	C	0.38	16.0	A	70.0	C	1.0	54.0	7.9	7.7	7.2	2.0	7.3	88.0
C-7	12.3	B	35.0	C	0.23	19.0	A	66.0	D	1.0	50.0	8.0	6.7	6.7	7.0	22.0	82.0
C-8	13.5	B	31.0	C	0.13	21.0	B	69.0	C	1.0	63.0	8.6	6.5	6.9	5.0	6.0	74.0

값들을 살펴보면 제일 문제가 되는 경우의 확률을 찾아 추진하는 것이 바람직하다.

제주도 서귀포시 정방동 지점은 매우좋음 지점이 1개

소, 좋음-보통이 9개소이며, 서울시와 마찬가지로 보통-나쁨과 매우나쁨의 범주에 포함된 지점은 없었다.

또한 B-1, B-2, B-3, B-9, B-10의 지점은 다른 지

점에 비해 보통-나쁨의 범주의 값이 상대적으로 높게 나타났는데, 이는 B-1, B-2, B-3지역이 다른 지역에 비해 보행관련 사고건수(ER)이 높기 때문인 것으로 분석되었으며, B-9, B-10은 불법주정차대수(IP)의 영향을 받는 것으로 나타났다.

지체도(SD)와 차량속도(VS), 포화교통류율(VC)와의 상관성은 크게 나타나지 않은 것으로 나타났는데, 그 이유는 SD의 경우에는 신호/비신호 운영에 따른 각 방향별 지체도를 활용하였고, VS와 VC의 경우에는 각 구간별 총차량대수의 평균값과 교통량을 활용하였기 때문이다.

아울러, 보행교통류율(PC)는 LOS A이나 보행자속도(PS)의 경우 A'E로 다양하게 나타나는 이유는 조사 대상지역 특성상 관광지역 및 보행물, 상가밀집지역으로 보행자들의 활동이 비교적 느린 속도로 구간을 지나는 특성을 보이는 것으로 나타났다.

각 평가지표별 운영지표상의 서비스수준 및 결과는 <표 12>에 요약 기술하였다.

인천시 남동구 구월동 지점도 다른 지역과 같이 보통-나쁨과 매우나쁨의 범주에 포함된 지점은 없었으며, 매우 좋음 2개소, 좋음이 6개소로 나타났다.

C-1의 지역은 보행관련 사고건수가 다른 지역보다 높게 나와 27%정도의 보통-나쁨일 확률을 보이는 것으로 나타났으며, C-8지역은 다른 지역의 비해 보도연결성(74%)과 보도상태 및 청결도 만족도의 점수가 낮아 보통-나쁨의 범주의 값이 상대적으로 높게 나타난 것으로 분석되었다.

본 대상지역 역시, 제주도 서귀포시와 비슷하게 보행교통류율(PC)와 보행자속도(PS)간의 상관성이 떨어지는 것은 보행물 및 상가, 공연 및 전시 등의 공간으로 인하여 보행자의 보행속도가 상대적으로 느리게 나타난 결과로 보인다.

인천시의 조사된 항목에 따른 평가지표별 운영상 서비스수준과 결과에 대해서는 <표 13>에 요약하였다.

IV. 결론 및 향후연구과제

1. 결론

GST를 이용하여 보행우선구역 시범사업지에 대한 통합평가 수행 사례연구 분석결과를 요약해 보면 다음과 같다.

- ① 평가지표 항목 중 이동편의성에 포함되는 차량환경의 지체도의 경우에는 서울시 영등포구 A-10지점

(LOS E)을 제외하고는 모든 지역이 도로용량편람상에서 제시하고 있는 LOS C이상으로 나타났으며, 차량속도의 경우에는 B-9(LOS E)지점 이외에 기타 다른 지역은 LOS D이상으로 분석되어 비교적 양호한 상태임을 알 수 있었다.

- ② 보행환경관련 지표중 보행교통류율의 경우에는 제주도의 경우에는 모든 지점이 LOS A로 나타났으며, 서울시 영등포구와 인천시 남동구의 경우에도 LOS C로 양호한 상태를 보이는 것으로 분석되었다.
- ③ GST를 이용하여 종합 분석한 결과로는 조사 대상 지점인 보행우선구역 시범사업지의 대부분이 좋음, 또는 매우좋은 범주 내에서 최대점수를 보이는 것으로 나타났으며, 특히, 제주도와 인천시의 경우에는 차량과 보행환경에 미치는 나쁜 요소가 서울시에 비해 많지 않아 보통일 확률을 나타내는 범주가 상대적으로 적었던 것으로 나타났다.

이러한 최대점수를 보이는 Category가 그 지점의 대표 Category를 보이는 것이며, 다른 Category 상의 값들도 매우 의미있는 결과로서, 향후 대상구역에 대한 기하구조 변화(도로다이얼트, 대중교통시설 확충, 차로 확장, 보도 확장 등)와 개선 전후에 대한 변화요인을 관찰하는데 쓰이게 된다.

또한 이때의 평가지표간 가중치가 관리자 또는 대상구역을 바라보는 관찰자에 따라 변화하게 되며, 이에 대한 연관성을 토대로 종합평가지표를 활용하게 됨을 의미한다.

- ④ 이에 조사지점 중 서울시 영등포구의 경우, 향후 평가지표의 관측값의 변화에 따라 보통-나쁨의 범주로 이동할 확률이 높은 지역이 총 10개 지점 중 7개 지점, 제주도 서귀포시의 경우 10개 지점 중 5개 지점, 인천시 남동구의 경우 8개 지점 중 2개소로 나타났다.
- ⑤ 아울러, 도로용량편람상에서 제시되고 있는 서비스수준에 따라 지점별로 서비스 수준이 비슷하거나 더 좋은 수준이라 하더라도 종합 평가시에는 지표간 가중치 적용에 따라 그 결과가 달라지는 것으로 나타났다. 예를 들면, 제주도 지역의 B-2와 인천시 지역의 C-4는 도로용량편람상에서 제시하고 있는 LOS가 같으나, B-2는 종합점수에서 좋음-보통의 범주에서 최대 0.4560의 점수를 받았으나 C-4는 좋음-보통의 범주에서 0.6469의 점수를 받았다.
- ⑥ 또한 B-5지점과 C-3을 비교해 보았을 때 비슷한 LOS이나 C-3은 매우 좋음, B-5는 좋음-보통의 범

주에서 최대점수를 나타냈다.

- ⑦ 이를 종합적으로 살펴보면 도로용량편람상에서 제시된 각 대상 시설물에 대한 서비스 수준 결과를 토대로 현재의 네트워크 상태를 어떠한 상태라고 규명할 수 없었던 한계를 극복하고, 또한 정량적 항목 이외에 정성적 항목을 함께 고려하여 종합적인 평가가 가능했다는 것을 알 수 있다.
- ⑧ 또한 평가지표의 항목 설정과 그에 대한 기준설정이 잘 마련되어 있다고 가정할 때, 변화하는 관측값에 따라 정책과 사업 추진별 효과 분석에 사전 예측 지원 수단 뿐 아니라 사전/사후 모니터링의 결과로 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

2. 향후연구과제

본 연구에서는 평가지표에 대한 고찰과 더불어 보행우선구역 특성에 맞는 지표 선정을 함으로써 사례연구와의 일치성 부분을 강조하였다.

그러나 사업추진방식에 있어서 바라보는 관점은 정책 입안자와 분석가에 따라 달라질 여지가 많이 있다. 이러한 점을 향후 극복하고 보다 현실적이며 합리적인 통합 평가 방법들이 추진되어야 할 것으로 판단된다.

하지만 연구기간과 목적의 한계성 등으로 인해 본 연구에서 종합적으로 다루지 못하고 향후 연구과제로 추진되어야 하는 항목들을 다음과 같이 제시하고자 한다.

- ① 정책 특성 및 사업추진 방식에 따라 평가지표의 세분화 및 정의가 필요할 것으로 보인다. 예를 들어, 녹색교통을 추진함에 있어서 정책추진 시 도로다이얼트, 자전거 도로 확충 등 도로기하구조 변경에 따른 부분과 교통운영상 네트워크체계에서의 신호운영계 개선에 따라 바라보는 상대적인 지표선정이 달라질 수 있기 때문이다.
- ② 또한, 세분화된 지표에 대해서는 Grey Category 별로 범위 설정이 가능한 심도있는 연구가 필요할 것으로 보인다. 현재 기준으로 제시되고 있는 도로용량편람상의 서비스수준에 따른 기준 이외에, 각 세부 지표 항목별에 따라 어떠한 기준을 가지고 평가가 가능할 것인지에 대한 논의가 지속적으로 필요할 것으로 생각된다(정성적 항목에 대한 지표 포함).
- ③ 아울러 보행환경은 보차분리도로 이외 보차혼용도로가 많이 존재함으로 본 연구에서 제시한 불법주정차 대수 비율 이외에 다양한 평가지표들이 개발

되어야 할 것으로 보여진다.

- ④ 마지막으로 평가지표간의 상대적 가중치를 산정을 통해(AHP 기법 등) 여러 의식구조를 반영할 수 있는 새로운 대안의 방법들이 연구되어 본 연구의 통합 평가 방법과 연계되어진다면 향후 보다 현실적인 대안 마련들이 가능할 것으로 보여진다.

알림 : 본 논문은 대한교통학회 제61회 학술발표회(2009.11.6)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

참고문헌

1. 건설교통부(2001), “도로용량편람”.
2. 국토해양부(2008, 2009), “보행우선구역 시범사업지 설계보고서”.
3. 건설교통부(2000), “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙”.
4. 도로교통안전관리공단(2008), “교통사고 잦은 곳 기본개선계획 및 효과분석”.
5. 한국개발연구원(2008), “도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구”, 제5판.
6. 이재길(1993), “가로망 평가를 위한 지표와 평가수법에 관한 연구”, 교통정책, pp.61~68.
7. 장우교(1994), “Grey System 이론을 이용한 기계상태의 경향예측”, 대한기계학회 94년도 추계학술대회 논문집(1), 대한기계학회, pp.630~634.
8. 박종호(1997), “도시가로공간의 특성과 보행환경질의 관련성 연구”, 한양대 석사논문.
9. 정현영·정준영·김승룡(1998), “도로교통환경에 따른 지역주민들의 도로평가에 관한 연구”, 도시연구, Vol. 6. No 1.
10. 김경환·김종복(1999), “보행 서비스 수준에 대한 국내 보행자의 평가”, 경상대학교 생활기술연합논문집 14권, pp.151~161.
11. 김연금(1999), “주거지역의 보행환경이 인지거리 및 보행환경만족에 미치는 영향에 관한 연구”, 시립대 석사학위논문.
12. 김정현·오영태·손영태·박우신(2002), “보행자 시설 서비스 수준 산정에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제 20권 제1호, 대한교통학회, pp.149~156.
13. 노만영(2003), “소가구와 대가구 가로망의 교통효

율성 비교 연구”, 경원대학교 박사학위논문.
 14. 김건영·김형철·오승훈(2004), “주거지역 이면도로의 보행특성 분석”, 대한토목학회 논문집, 제22권 제2-D호, 대한토목학회, pp.197~205.
 15. 김태호·이수일·원제무·김용식(2004), “보행 잔여신호기 도입에 따른 보행행태 변화에 관한 연구”, 국토계획, 제39권 1호, pp.263~272.
 16. 임진경·신혜숙·김형철(2004), “유형별 보행자도로의 서비스수준 평가기준 설정”, 대한토목학회 논문집, 제24권 제5-D호, 대한토목학회, pp.723~728.
 17. 김경환·박상훈·김대현(2006), “퍼지근사추론을 이용한 보행 서비스수준 산정”, 대한토목학회 논문집, 제26권 제2-D호, 대한토목학회, pp.241~250.
 18. 김용석·최재성(2006), “보행자와 자동차를 동시에 고려한 도시 가로의 균형적 계획 및 설계에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제24권 제6호, 대한교통학회, pp.55~64.
 19. 이군상(2007), “택지개발 예정지구내 적정가로망 설치기준에 관한 연구”, 박사학위논문.
 20. 김용석(2007), “용도지역 특성을 반영한 도시 보도 설계기준 정립방안”, 서울시립대학교 박사학위논문.
 21. 김태호(2008), “지속가능한 보행환경을 위한 보행자 네트워크 서비스 질 평가지표 개발”, 한양대학교 박사학위논문.
 22. 원제무·하오근(2009), “주거지역 도로망 평가지표 개발”, 서울도시연구 제10권 제2호 pp.3~10.
 23. 이진각·손영태(2009), “Gray System Theory를 이용한 도시가로 특성별 통합평가 방법 개발 -보행우선 구역 시범사업지를 대상으로-”, 제61회 학술발표회, 대한교통학회, pp.803~808.
 24. John J. Fruin, Ph.D.(1987), “Pedestrian Planning and Design”, ELEVATOR WORLD, INC.
 25. TRB National Research Council(2000), “Highway Capacity Manual”.
 26. Little, R. J. A.·Rubin D. B.(2002), “Statistical Analysis with Missing Data, Second Edition, New York : Wiley.
 27. Wen, K.-L.(2004), “Grey System : modeling and prediction”, Yang’s Scientific Press.
 28. Sifeng Liu·Yi Lin(2006), “Grey Information, Theory and Practical Applications”, Springer.
 29. Land Transport New Zealand(2007), “Pedestrian Planning and Design Guide”.
 30. Geo H. Huang·Brian W. Baetz·Gilles G. Party(1994), “Grey Dynamic Programming for Waste-Management Planning under Uncertainty”, Journal of Urban Planning and Development, Vol. 120, No 3, September, ASCE, pp.132~156.
 30. Wong Wing-gun(1999), “Grey Evaluation Method of Concrete Pavement Comprehensive Condition”, Journal of Transportation, Vol 125, No. 6, November/December, ASCE, pp.547~551.
 31. Ni-Bin Chang·S. C. Teh·G. C. Wu(1999), “Stability analysis of grey compromise programming and its application to watershed land-use planning”, International Journal of System Science, Vol. 30, No. 6, pp.571~589.
 32. Chang, W. C.(2000), “A Comprehensive study of grey relational generating”, Journal of Chinese Grey System 3, pp.53~62.
 33. Ghaug-Ing Hsu·Yuh-Horng Wen(2000), “Application of Grey theory and multi-objective programming towards airline network design”, European Journal of Operation Research Vol. 127, Issue 1, 16 November, Elsevier. pp.44~68.
 34. John. S. Miler·Jeremy A. Biglow, and Nicholas J. Garber(2000), “Calibrating Pedestrian Level-of-Service Metric with 3-D Visualization”, TRR 1705.
 35. Jaskiewicz, F.(2000), “Pedestrian Level of Service Based on Trip Quality”, Transportation Research Circular, TRB.
 36. Bruce W. Landis, VenKat R. Vattikuti, Russell M. Ottenberg, Dougl’s S. McLeod, Martin Guttenplan(2001), “Modeling the Roadside Walking Environment a Pedestrian Level of Service”, TRB No. 01-0511.
 37. Sheila Saker(2003), “Qualitative Evaluation of Comfort Needs in Urban Walkways in Major Activity Centers”, TRB Annual Meeting.

38. Yi Lin, Sifeeng Liu(2004), "A Historical Introduction to Grey Systems Theory", 2004IEEE
39. Huang, C.-C., Lee, H.-M.(2004), "A Grey Based Nearest Neighbor Approach for Missing Attribute Value Prediction", Applied Intelligence 20, pp.239~252.
40. Thambiah Muraleetharan(2004), "A Study on Evaluation of Pedestrian Level-of-Service along Sidewalks and Crosswalks using Conjoint Analysis", Journal of Infrastructure Planning, Japan Society of Civil Engineers Vol. 21 No 3, pp.727~735.
41. J Li(2004), "Performance Evaluation of Signalized Urban Intersections under Mixed Traffic Conditions by Grey System Theory", Journal of Transportation, Vol. 130, No. 1, January 1, ASCE, pp.113-121.

✉ 주 작 성 자 : 이진각

✉ 교 신 저 자 : 손영태

✉ 논문투고일 : 2010. 3. 22

✉ 논문심사일 : 2010. 5. 25 (1차)

2010. 7. 15 (2차)

2010. 7. 23 (3차)

✉ 심사판정일 : 2010. 7. 23

✉ 반론접수기한 : 2010. 12. 31

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필