

중 · 소도시 버스이용자의 한계도보시간 추정

Estimation of the Marginal Walking Time of Bus Users in Small-Medium Cities

김경환* · 유환희** · 이상호***

Kim, Kyung Whan · Yoo, Hwan Hee · Lee, Sang Ho

Abstract

Establishing realistic bus service coverage is needed to build optimum city bus line networks and reasonable bus service coverage areas. The purposes of this study are understanding the characteristics of the present walking time and marginal walking time of small-medium cities and constructing an ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) model to estimate the marginal walking time for certain age and income. The cities of Masan, Chongwon and Jinju are selected for study cities. The 80 percentile of present walking time of bus users of these cities are 10.2-11.1 minutes, thus the values are greater than the 5 minutes of the maximum walking time in USA and the marginal walking times of 21.1-21.8 minutes are much greater. An ANFIS model based on pulled data of the cities are constructed to estimate the marginal walking time of small-medium cities. Analyzing the relationship between marginal walking time and age/income by using the model, the marginal walking time decreases as the age increases, but is near constant from the age of 25 to 35. And the marginal walking time is inversely proportional to the income. In comparing the surveyed and the estimated values, as the statistics of coefficient of determination, MSE and MAE are 0.996, 0.163, 0.333 respectively, it may be judged that the explainability of the model is very high. The technique developed in this study can be applied to other cities.

Keywords : ANFIS, bus service coverage area, fuzzy inference system, marginal walking time, neuro-fuzzy

요 지

현실적인 버스서비스권역 설정은 시내버스의 합리적인 노선망 및 서비스권역 구축을 위해 필요하다. 본 연구는 중소도시 버스이용자들의 현재도보시간 및 한계도보시간을 추정하고 그 특성을 파악하며 연령 및 소득수준별 한계도보시간 추정을 위해 ANFIS 모형을 구축코자 하였다. 이를 위해 경남의 마산시, 창원시, 진주시가 연구대상 도시로 선정되었다. 경남의 중소도시 버스이용자들의 현재도보시간의 80% 누적분포 값(미국의 최대도보시간에 해당)은 10.2-11.1분으로 미국의 최대도보시간 5분보다 큰 것으로 나타났으며 한계도보시간은 21.1-21.8분으로 매우 큰 것으로 나타났다. 중소도시의 한계도보시간 추정을 위해 세 도시의 데이터를 통합한 ANFIS 모형을 구축하였다. 연령과 한계도보시간과의 관계에서는 연령이 증가함에 따라 한계도보시간이 감소하나 25세에서 35세 사이에는 한계도보시간에 변화가 없는 소강상태를 보이며 수입과 한계도보시간은 반비례하는 선형관계를 보였다. 구축된 ANFIS 모형을 이용한 추론치와 조사치의 비교에서 0.996, MSE 0.163, MAE 0.333으로 예측력이 아주 우수한 것으로 평가된다. 본 연구에서 개발된 모형은 타 중소도시의 한계도보시간 추정에 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : ANFIS, 버스서비스권역, 퍼지추론 시스템, 한계도보시간, 뉴로-퍼지

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

대중교통활성화는 자동차 1,600만대 시대에 교통문제 해결을 위한 근본적인 방안 중의 하나이며 교통약자들의 통행권 신장 차원에서도 필요하다. 정부도 이의 중요성을 인식하고 “대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률”을 제정하고 “대중교통 기본계획”을 수립하여 대중교통을 체계적으로 육성·

지원하고 국민의 대중교통 이용을 촉진하기에 이르렀다.

이렇게 사회적으로 중요성이 부각되고 있는 대중교통수단 중에서도 시내버스는 수송 분담률 31%(2006년, 건설교통부 통계)를 담당하는 가장 대표적인 도시 대중교통수단이며 지하철이 없는 중소도시의 경우에는 유일한 대중교통수단이다. 이러한 시내버스의 합리적 노선망 및 운영체계의 구축은 매우 중요하며 이를 위해 현실적인 버스서비스권역이 설정되어야 한다. 일반적인 버스서비스권역은 버스정류장으로부터

*정회원 · 경상대학교 도시공학과 교수 · 환경 및 지역발전연구소 고문 · 공학박사 (E-mail : kwkim@gnu.ac.kr)

**정회원 · 경상대학교 도시공학과 교수 · 2단계 BK21 지역특화도시연구인력양성사업팀 · 공학박사 (E-mail : hhyookkwim@gnu.ac.kr)

***경상대 대학원 도시공학과 석사과정 (E-mail : addlsh78@naver.com)

한계도보시간 이내의 거리(그림 1 참조)로, 버스서비스권역의 산정을 위해서는 버스이용자들의 한계도보시간에 대한 연구가 필요하다.

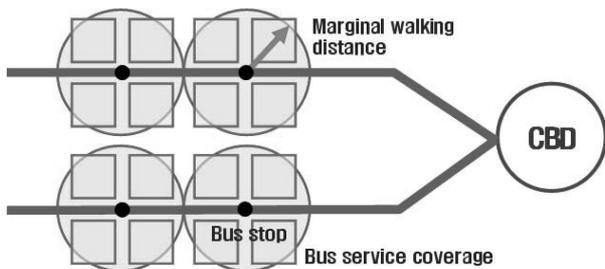


그림 1. 한계도보거리와 버스서비스권역의 개념도(김점산 등, 2005)

한계도보시간에 관하여 미국의 경우에는 Transit Capacity and Quality of Service Manual(TCRP Report 100, 2003)이 계획단계의 버스서비스권역의 결정을 위한 최대도보거리를 제시하고 있다. 이 편람은 현장조사에 기초하여 버스정류장으로부터 0.25mi(400m) 또는 5분을 최대도보거리 또는 시간으로 제시하고 있다. 또한 최대도보거리를 단축시키는 인자로 보도 미설치, 정비되지 않은 보도, 가로등 미설치, 안전하고 편리한 횡단시설이 없는 광폭 및 교통량이 많은 가로 같은 보행자 환경을 들고 있다. Spasovic 등(1933, 1994)는 수익 극대화화 및 사회복지 측면에서 최적 대중교통서비스권역을 설정하는 방법을 제시한 바 있다.

국내의 경우 김점산 등(2005)는 개별 버스이용자들의 한계도보시간을 조사하고 버스이용자를 연령 및 월평균수입에 따라 각각 5개의 그룹과 4개의 그룹으로 구분한 후 연령과 월평균수입 각 그룹에 대하여 도보시간과 수용비율간의 회귀모형식들을 개발하여 이용객수를 산정하는 기법을 제시하였다.

위의 기존 연구 중 미국의 경우는 버스서비스권역의 결정에 있어 중요한 인자인 이용자들의 인적속성이 반영되지 못하고 있으며, 김점산 등(2005)는 도보시간에 따른 이용객수 추정에 버스이용자의 인적속성이 고려되긴 했으나 한계도보시간에 따른 버스이용자의 버스 이용비율이 그룹별로 추정되었다. 한계도보시간은 버스이용자의 인적속성 및 특성에 따라 상당히 다른 값을 가지므로, 한 도시 버스 이용자들의 대표적인 한계도보시간 추정을 위해서는 개별 버스이용자에 기초한 정교한 분석이 요구된다.

본 연구는 중소도시 버스이용자들의 현재도보시간 및 한계도보시간을 추정하고 그 특성을 파악하며 연령 및 소득수준별 한계도보시간 추정을 위해 그 신뢰성이 검증된 ANFIS(Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) 모형(Kim, 2008)을 구축코자 하였다. 본 연구에서 개발된 모형은 타 중소도시에도 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 자료수집 및 분석

2.1 연구대상 도시 여건 분석

연구대상 도시로는 중소도시이며 경남의 대표적 도시인 마산시, 창원시, 진주시의 3개 도시가 선정되었으며 이들 도시

의 2006년말 현재의 면적 및 인구는 표 1과 같다. 인구규모는 33만-51만으로 전형적인 중소도시이며 인구밀도는 도시별로 큰 차이를 보이고 있다.

표 1. 연구대상도시 인구 및 면적

도시명	인구(인)	면적(km ²)	인구밀도(인/km ²)
마산	421,783	329.9	1,278.5
창원	509,535	292.65	1,741.1
진주	333,554	712.86	467.9

연구대상 도시들의 지형 및 가로망에서, 창원시는 평지에 계획적으로 개발된 도시로 격자형 가로망이 근간을 이루며 진주시는 남강변에 자연적으로 형성된 도시이나 6·25사변에 전소된 후 구획정리사업에 의해 시가지가 조성되어 격자형 가로망을 이루고 있다. 이에 반해 마산시는 해안 기슭에 형성된 도시로 시가지 폭이 좁고 경사가 심한 도시로 해안을 따른 교통축 중심의 가로망체계를 이루고 있다.

연구대상 도시들의 2006년 말 현재의 1일 수단통행량 및 시내버스 이용객은 표 2와 같다. 상대적으로 소득수준이 낮은 마산시의 시내버스 이용비율이 가장 높으며 소득수준이 높은 창원시의 이용비율이 가장 낮은 것으로 나타났다.

표 2. 연구대상도시 1일 수단통행량 및 시내버스이용객

도시명	수단통행량(통행)	시내버스 이용객(인)	시내버스 이용비율
마산	1,151,352	161,274	14.0%
창원	1,364,394	126,647	9.3%
진주	724,415	97,070	13.4%

2.2 자료수집

본 연구에서는 중소도시 버스이용자들의 특성을 파악하고 개별속성을 반영한 한계도보시간을 추정하기 위해 경남의 진주시, 마산시, 창원시를 대상으로 버스이용자의 인적속성, 버스정류장까지의 현재도보시간과 추가허용 도보시간을 조사하였다. 한계도보시간 추정을 위해, 우리나라 중소도시의 도시 환경에서 버스이용자의 한계도보시간에 영향을 주는 주요 인적속성으로 나타난(김점산 등, 2005) 버스이용자의 연령, 수입이 조사되었다. 또한 현재의 버스정류장까지 도보로 접근하는데 걸리는 시간을 조사한 후 “현재의 버스정류장까지의 도보시간에 몇 분이 추가되었을 경우 다른 대안(통행포기, 택시이용 등)을 선택하겠는가?”라는 추가질의를 하여 추가허용 도보시간을 조사하였다. 버스이용자들을 대상으로 현재도보시간과 한계도보시간을 질의하여 분석하는 것이 타당하나 설문 대상자들이 자신의 접근거리를 정확하게 인지할 수 없으므로 현재도보시간과 추가허용 도보시간을 질의하고 이 결과를 분석하여 버스이용자별 한계도보시간을 산정하였다. 모형의 현실성을 부여하기 위해 한계도보시간 30분 이상에 해당하는 자료는 제외하였다. 자료수집을 위한 조사대상과 내용 및 방법은 다음과 같다.

- 조사대상: 진주시, 마산시, 창원시에 거주하는 15세 이상

성인, 주 1회 이상 버스이용자(각 시마다 연령을 고려한 300명)

- 조사일시: 2006년 4월(한달간)
- 조사내용: 연령, 수입의 인적사항, 버스정류장까지 도보시간, 추가허용 도보시간
- 조사방법: 각 시 버스정류장에서의 조사원에 의한 면접조사

2.3 자료분석

연구대상도시 버스이용객의 평균 연령, 수입, 현재도보시간 및 한계도보시간은 표 3과 같다. 각 도시 300명 표본의 평균연령은 35.6-36.6세이고 평균수입은 143-174만원 수준이며, 평균한계도보시간은 21.1-21.8분으로 평균 현재도보시간의 2.6-2.9배인 것으로 나타났다. 현재의 평균도보시간은 7.6-8.3분으로 김점산 등(2005)의 연구에서의 경기지역 중소도시의 평균도보시간 6분보다 큰 값을 가졌다. 마산시는 시가지의 폭이 좁음에도 현재의 평균도보시간이 큰 것은 버스노선망에 문제가 있는 것으로 판단된다.

각 도시 버스이용객의 인적속성 및 도보시간의 차이를 파악하기 위하여 평균에 대한 가설검정을 시행한 결과 연령과 한계도보시간에는 유의적인 차이가 없었으나 평균수입에서는 진주와 마산·창원 간이 5% 수준에서 유의적이었으며 현재도보시간은 마산와 창원·진주 간이 10% 수준에서 유의적이었다.

표 3. 연구대상도시 버스이용객의 인적속성 및 도보시간

도시명	평균연령(세)	월평균수입(천원)	평균현재도보시간(분)	평균한계도보시간(분)
마산시	36.6 (202.3)	1736.4 (1,587,974)	8.3 (13.7)	21.7 (20.8)
창원시	36.3 (203.7)	1726.6 (1,662,536)	7.7 (6.7)	21.1 (35.9)
진주시	35.6 (211.1)	1427.1 (1,251,332)	7.6 (6.2)	21.8 (30.6)

주: () 안의 숫자는 분산값 임

연구대상 도시들의 현재도보시간의 누적분포는 그림 2와 같다. TCRP Report 100(2003)에서 최대도보시간으로 제안한 80% 누적분포 도보시간은 마산시 11.4분, 창원시 10.4분, 진주시 10.2분 수준으로 미국의 최대도보시간 5분의 두 배의 값을 보이며, 버스이용자에 대한 설문조사에서 분석된 표 3의 평균한계도보시간도 큰 차이를 보이고 있다.

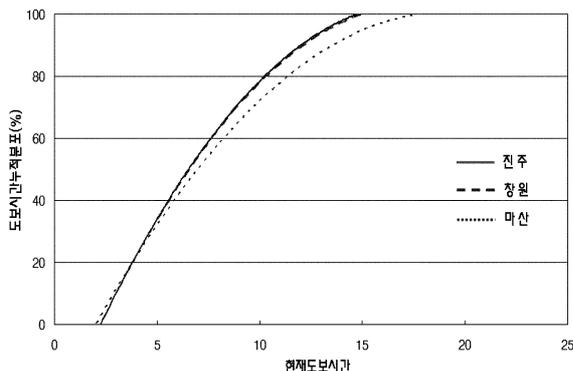


그림 2. 연구대상 도시 현재도보시간의 누적분포

3. 모형구축 및 분석

3.1 모형의 구축

대상도시 버스이용자의 한계도보시간 추정을 위한 ANFIS 모형 구축을 위해 버스이용자의 연령과 수입을 언어적으로 변수화한 퍼지 입력변수들의 분류는 표 4와 같다.

표 4. 퍼지 입력변수의 분류

	입력 변수	퍼지변수	
		연령	수입
영향인자	연령	연령이 적다.	Young
		연령이 중간이다.	Middle
		연령이 많다.	Old
	수입	수입이 적다.	Low
		수입이 중간이다.	Middle
		수입이 많다.	High

본 모형의 9개 퍼지규칙(Fuzzy Rule)은 아래와 같고 이를 표로 나타내면 표 5와 같다. 출력변수 Outmf1~Outmf9에는 각 조건에서 조사된 한계도보시간의 평균값을 이용하였다.

R1 : IF Age is Young and Income is Low THEN Marginal Walking Time (MWT) is Outmf1

R2 : IF Age is Young and Income is Middle THEN MWT is Outmf2

⋮

R8 : IF Age is Old and Income is Middle THEN MWT is Outmf8

R9 : IF Age is Old and Income is High THEN MWT is Outmf9

표 5. 모형의 퍼지제어 규칙(Fuzzy Rule)

Rule	입력변수		출력변수
	연령	수입	한계도보시간
1	Young	Low	Outmf1
2		Middle	Outmf2
3		High	Outmf3
4	Middle	Low	Outmf4
5		Middle	Outmf5
6		High	Outmf6
7	Old	Low	Outmf7
8		Middle	Outmf8
9		High	Outmf9

모형의 입력변수의 멤버십 함수를 그림으로 나타내면 그림 3과 같고 ANFIS의 구조는 그림 4와 같다.

3.2 각 도시별 ANFIS 학습 및 결과분석

ANFIS 학습을 위해 이용 가능한 방법은 두 개의 상이한 알고리즘을 사용하는 Hybrid(Least Square Method와 Error Back-propagation의 혼합)방법과 오차역전파(Error Back-

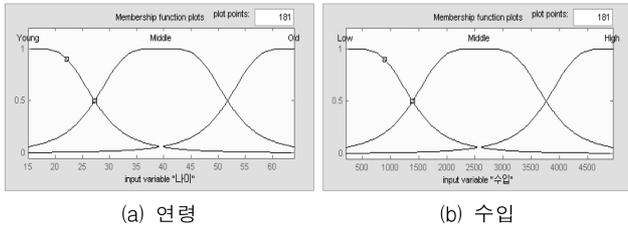


그림 3. 모형의 입력변수의 멤버십 함수

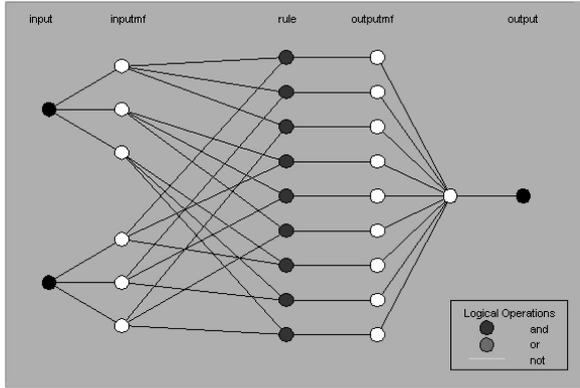


그림 4. 모형의 ANFIS 구조

propagation)방법 두 가지가 있다. ANFIS에서 제안된 Hybrid 방법은 주어진 학습 데이터 집합에 대하여 결론부 선형 변수들을 최소자승법(Least Square Method)으로 구한 후, 결정 된 선형 변수값들에 대하여 오차의 변화율을 입력 부로 역전시켜 비선형 변수값들을 최급강하법(Gradient Descent)으로 찾는 것이다. 이러한 과정은 정해진 학습 횟수 (Training Epochs)만큼 반복되거나 최종 오차가 설계범위 (Error Tolerance)에 도달할 때까지 반복하여 학습하게 된다.

본 연구에서는 각 도시별로 학습용 데이터 150개와 평가용 데이터 150개인 입출력집합을 Hybrid방법을 이용하여 학습하였으며 학습횟수는 예비연구 결과에 기초하여 최적횟수인 100회로 하였다.

연구대상 도시 버스이용자의 연령과 한계도보시간과의 관계는 그림 5와 같다. 마산시 버스이용자들의 한계도보시간은 25세까지 급격히 감소하나 그 이후 아주 완만히 감소하는

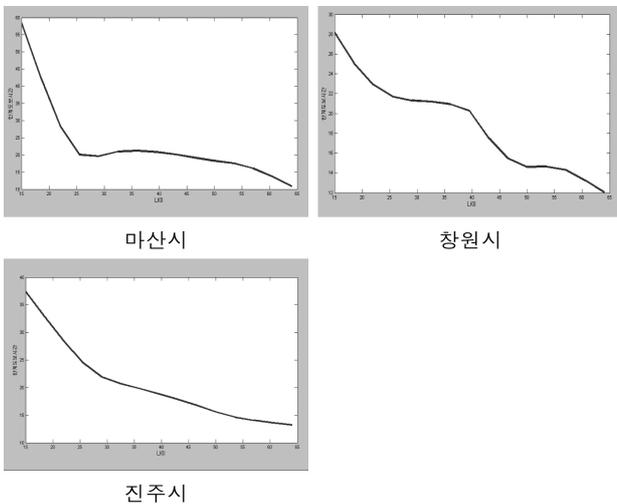


그림 5. 연구대상 도시 버스이용자의 연령과 한계도보시간과의 관계

반면 창원시는 구간별 완급은 있으나 전체적으로 완만히 감소하고 있다. 진주시는 28세까지 급히 감소하다 그 이후 완만히 감소하는 것으로 나타났다.

수입과 한계도보시간과의 관계는 그림 6에서 보는 바와같이 마산시가 1,200천원까지는 급히 감소하다 그 이후 완만히 감소하였으며 창원시는 3,300천원까지는 완만히 감소하다 그 이후 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다. 진주시는 전반적으로 완만히 감소함을 볼 수 있다.

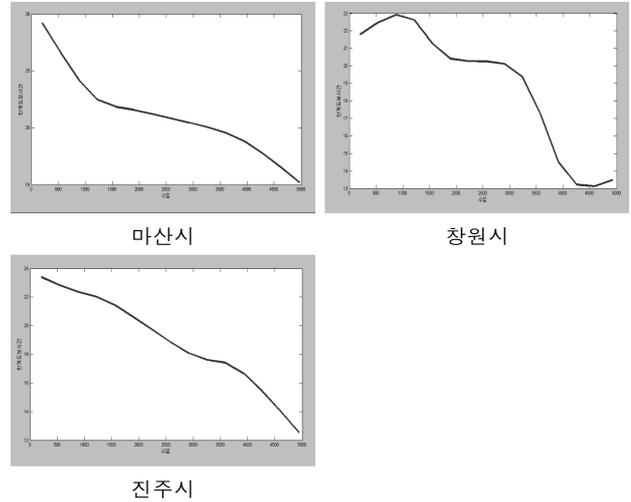


그림 6. 연구대상 도시의 수입과 한계도보시간과의 관계

3.3 중소도시 ANFIS 통합모형 구축

3.3.1 ANFIS 학습

경남의 대표적 도시인 마산시, 창원시, 진주시는 중소도시로 각 도시의 특성이 상이하나 평균한계도보시간에서 21분대의 유사한 값을 보이므로 3개 시의 데이터를 통합한다면 경남의 중소도시에 적용할 수 있는 버스이용자의 한계도보시간 추정 모형을 구축할 수 있을 것으로 판단된다. 이에 따라 이들 시의 데이터를 합하고 ANFIS를 이용하여 한계도보시간 추정을 위한 모형을 구축코자 하였다.

세 도시의 데이터를 통합하여 학습용 데이터 450개와 평가용 데이터 450개인 입·출력집합을 만들고 Hybrid 방법을 이용하여 100회 학습하였다. 그 학습결과는 그림 7과 같다.

그림 7에서 평가용 데이터에 대한 오차인 checking error는 특정한 부분까지 감소했다가 증가하는데 ANFIS는 최소

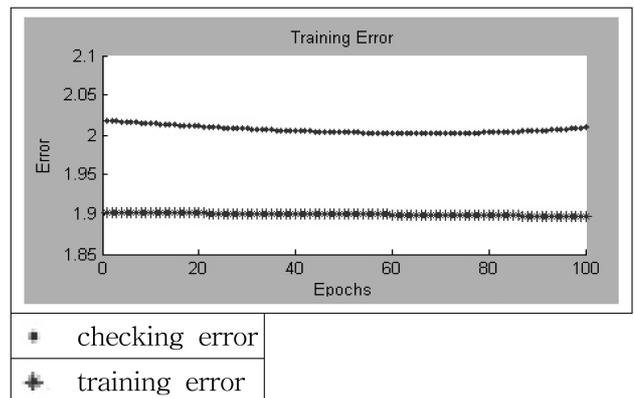


그림 7. ANFIS 학습결과

checking error와 관련된 모형 파라미터를 선택한다.

그림 8은 평가용 데이터에 학습을 통해 구축된 퍼지추론 시스템을 테스트한 결과이고, ANFIS를 이용하여 학습된 두 개의 입력변수의 멤버십 함수들은 그림 8과 같다.

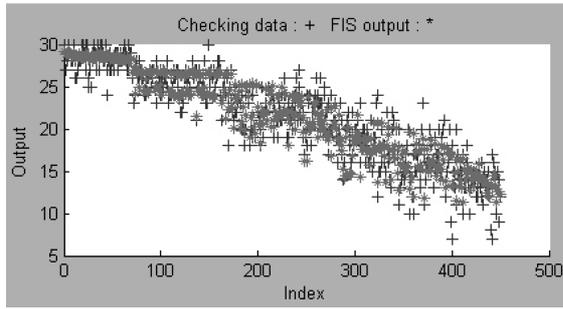
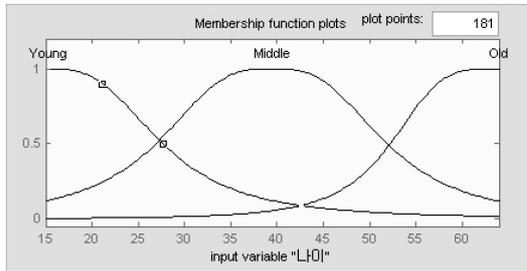


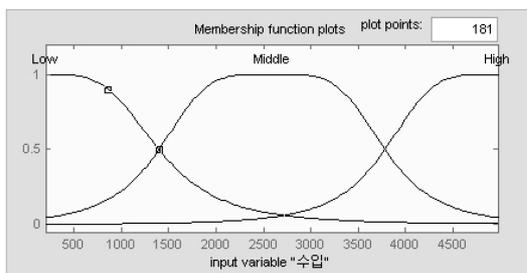
그림 8. 평가용 데이터에 의한 검정

3.3.2 멤버십 함수의 검토

그림 9에서와 같이 연령 변수의 ‘연령이 적다’ 집합의 멤버십 함수는 초기형태에 비해 기울기가 다소 완화된 반면 ‘연령이 많다’ 집합의 멤버십 함수는 기울기가 급해졌다. 그리고 ‘연령이 중간이다’ 집합의 멤버십 함수의 모양은 정부의 폭이 좁게 변화하였다. 수입 변수의 경우에는 ‘수입이 적다’ 집합의 멤버십 함수의 기울기가 다소 완화된다는 점을 제외하고는 거의 변화가 없었다.



(a) 연령



(b) 수입

그림 9. 학습된 입력변수의 멤버십 함수

그림 10은 연령과 한계도보시간과의 관계를 나타내었고 그림 11은 수입과 한계도보시간과의 관계를 나타내고 있다. 연령이 증가함에 따라 한계도보시간이 감소하나 25세에서 35세 사이에는 한계도보시간에 변화가 없는 소강상태를 보이며 수입과 한계도보시간은 반비례하는 선형관계를 이루고 있어 세 도시의 특성이 통합됨을 볼 수 있다. 이 그래프를 3차원으로 보면 그림 12와 같다.

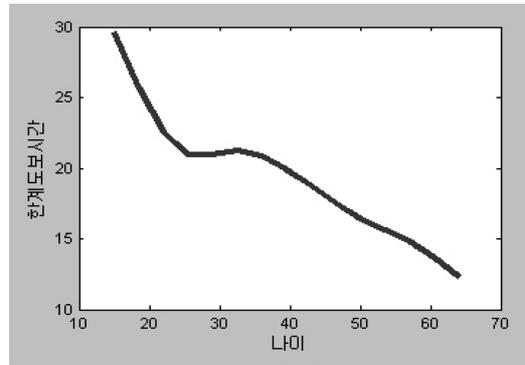


그림 10. 연령과 한계도보시간과의 관계

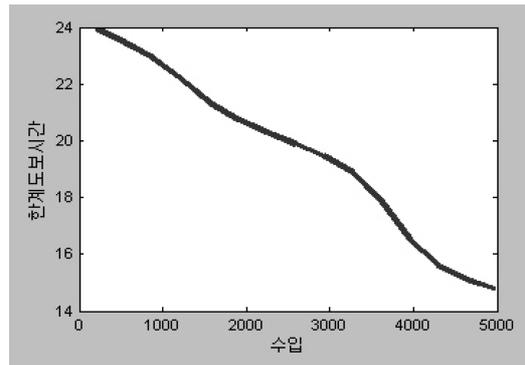


그림 11. 수입과 한계도보시간과의 관계

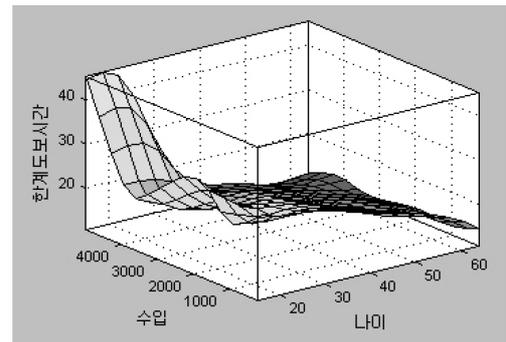


그림 12. 연령, 수입, 한계도보시간과의 관계

3.3.3 모형 평가

세 도시의 통합된 데이터를 불러들여 Matlab 7.0에서 ANFIS를 학습시키면 그림 13과 같은 Rule Viewer를 볼

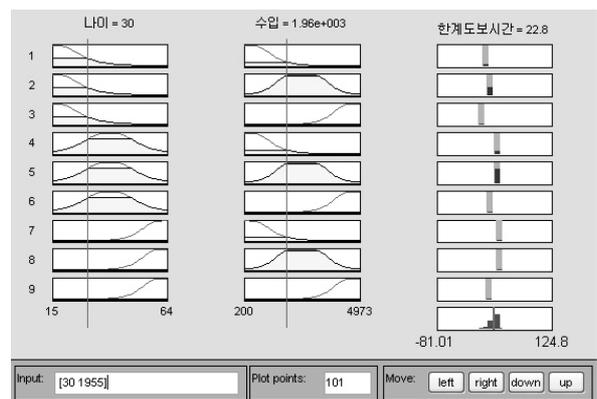


그림 13. 한계도보시간 추정 예시

수 있다. 그림 13은 CASE 5의 추론을 예를들어 나타낸 것이다. input란에 [연령:30 수입:1955]를 입력하면 한계도보시간 22.8이 추론된다.

이렇게 모형의 9가지 규칙이 완성되었다. 이들 규칙에 전문가 조언을 얻어 설정한 15개 CASE의 연령과 수입을 입력하면 모형을 통해 추론된 한계도보시간 추론치를 얻을 수 있다. 수입과 한계도보시간의 조사치는 각 조건에서 조사된 데이터의 평균을 산정하여 사용하였고 그 결과는 아래의 표 5와 그림 14에 나타내었다.

표 5. 통합모형 추론결과

구분	연령	수입	한계도보시간 조사치	한계도보시간 추론치
CASE 1	18	247	28.0	28.4
CASE 2	20	1095	25.4	24.5
CASE 3	25	846	25.4	24.6
CASE 4	28	1281	24.9	24.0
CASE 5	30	1955	22.4	22.8
CASE 6	33	2073	21.8	22.3
CASE 7	36	1970	22.4	21.8
CASE 8	40	2243	19.5	20.1
CASE 9	43	2795	18.6	18.6
CASE 10	46	2350	18.1	17.9
CASE 11	50	2840	15.8	16.1
CASE 12	53	2376	16.1	16.1
CASE 13	56	2181	16.1	15.8
CASE 14	60	1876	13.5	14.9
CASE 15	63	1798	13.4	13.6

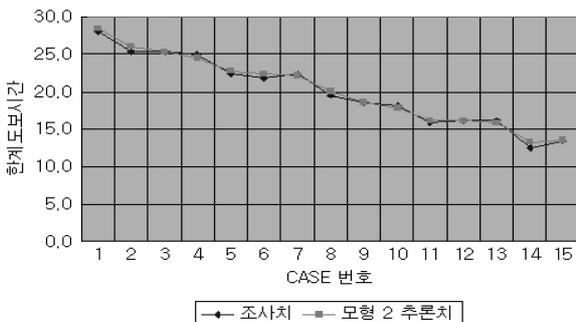


그림 14. 통합 조사치와 추론치의 비교

그림 14에서 보듯이 CASE 14를 제외하고는 오차가 1분 이내로 조사치와 추론치의 결과가 아주 근사함을 볼 수 있다.

조사치와 추론치를 비교한 표 5의 통계치들을 이용하여 모형의 예측력을 분석하였다. 모형의 예측력 분석은 결정계수인 R^2 와 평균절대오차(MAE) 그리고 평균제곱오차(MSE)의 통계적 분석을 통하여 모형의 적합도와 모형의 오차 및 분산 정도를 측정하였다. 통계적 검정결과는 표 6에서 보는 바와 같이 R^2 가 0.99 이상으로 모형의 예측력이 아주 우수한 것으로 평가된다.

표 6. 중소도시 통합모형의 예측력 평가결과

구분	검정결과
R^2	0.996446
평균제곱오차(MSE)	0.162667
평균절대오차(MAE)	0.333333

4. 결 론

현실적인 버스서비스권역 설정은 시내버스의 합리적인 노선망 및 서비스권역 구축을 위해 필요하다. 본 연구는 중소도시 버스이용자들의 현재도보시간 및 한계도보시간을 추정하고 그 특성을 파악하며 연령 및 소득수준별 한계도보시간 추정을 위해 ANFIS 모형을 구축코자 하였다. 이를 위해 경남의 마산시, 창원시, 진주시가 연구대상 도시로 선정되었다.

경남의 중소도시 버스이용자들의 현재도보시간의 80% 누적분포 값(미국의 최대도보시간에 해당)은 10.2-11.1분으로 미국의 최대도보시간 5분보다 큰 것으로 나타났으며 한계도보시간은 21.1-21.8분으로 매우 큰 것으로 나타났다. 연령 및 수입과 한계도보시간과의 관계는 도시별로 상이한 관계를 보이고 있었다.

중소도시의 연령 및 소득수준별 한계도보시간 추정을 위해 세 도시의 데이터를 통합하여 ANFIS 모형을 구축하였다. 연령과 한계도보시간과의 관계에서는 연령이 증가함에 따라 한계도보시간이 감소하나 25세에서 35세 사이에는 한계도보시간에 변화가 없는 소강상태를 보이며 수입과 한계도보시간은 반비례하는 선형관계를 이루고 있어 세 도시의 특성이 통합되어 나타났다. 구축된 ANFIS 모형을 이용한 추론치와 조사치의 비교에서 R^2 0.996, MSE 0.163, MAE 0.333으로 예측력이 아주 우수한 것으로 평가된다. 본 연구에서 개발된 모형은 타 중소도시의 한계도보시간 추정에 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구과정에서 조사원의 면접조사에 의해 현재의 도보시간이 분 단위로 조사되었으나 실제 도보시간과 인식하는 도보시간에 차이가 있을 수 있으며 동일 거리라 하더라도 보속에 따라 보행시간에 차이가 있어 보행시간에 의한 버스서비스권역 추정은 보편성의 결여가 예상된다. 차후의 이 분야의 연구에서는 도면이나 지반을 이용하여 보행거리를 조사함으로써 보편성이 높은 버스서비스권역의 추정이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

김점산, 권용석(2005) 이용자 속성을 고려한 버스서비스권역 결정모형의 개발, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제23권 제3호.
 박종진, 최규석(2001) 퍼지제어시스템, 교우사.
 서의훈(2002) SPSS 10.0 한글판을 이용한 SPSS 통계분석, 자유아카데미.
 이광용, 오길록(1997) 퍼지이론 및 응용, 홍릉과학출판사.
 이현엽, 문경일(1999) MATLAB을 이용한 퍼지-뉴로, 도서출판 아진.
 정현술(2005) MATLAB Toolbox 핸드북, 도서출판 아진.
 Fuzzy Logic Toolbox for Use with Matlab User's Guide Version 2.0 (2000) The MathWorks, Inc.

- Hines, J.W. (1997) *Matlab Supplement to Fuzzy and Neural Approaches in Engineering*, John Wiley & Sons, Inc.
- Kim, K.W. and Lee, D.H. (2008) A model to estimate the marginal walking time of bus users by using adaptive neuro-fuzzy inference system, *KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol. 12, No. 32.
- Nelson\Nygaard Consulting Associates (1997) *Tri-Met Transit Network Phase Report*, Portland, PA.
- Spasovic, L.N., Boile, M.P., and Bladikas, A.K. (1994) Bus transit service coverage for maximum probit and social welfare, *Transportation Research Record 1451*.
- Spasovic, L.N. and Schonfeld, P.M. (1993) Method for optimizing transit service coverage, *Transportation Research Record 1402*.
- Transportation Research Board (2003). *Transit Capacity and Quality of Service Manual-2nd edition: 3-9 - 3-11*, TCRP Report 100, Washington, DC.
- Transportation Research Board (1999) *A Handbook for Measuring Customer Satisfaction and Service Quality*, National Academy Press, Washington, DC.
- (접수일: 2007.12.21/심사일: 2008.1.16/심사완료일: 2008.4.30)