



지불용의액(WTP)을 이용한 서울도시철도 9호선 8량화의 편익분석*

Analysis of the Benefits of the 8-Car Train of Seoul Metro Line 9 Using Willingness to Pay

이정욱** · 이향숙***

Lee, Jung-wook · Lee, hyang-sook

Abstract

As of 2020, Seoul has urban railroads on Lines 1 to 9, except for the light rail lines. Lines 1 to 8, which are managed by the Seoul Metro, have 8- to 10-car trains, while line 9 is operated with 6-car trains. Owing to this limited capacity, there is severe congestion on Line 9 during peak hours. Therefore, this study analyzes the benefit of operating Line 9 with 8-car trains to evaluate the effects of a new strategy. The willingness to pay (WTP) factor was investigated using the contingent valuation method (CVM) in accordance with the scenario of mitigating congestion inside the train. From the study, additional payment amounts of 7.3–114.3 won were estimated based on the congestion phase-reduction scenario. When Line 9 is operated with 8-car trains, considering the number of passengers using Line 9, the benefits amount to about 2.37 billion won as of 2019 and about 3.01 billion won as of 2030. This study is a pilot attempt to apply a national guideline, and the results are expected to be provide useful data for establishing an operation strategy for the Seoul Subway Line 9.

주제어 지불용의액, 혼잡비용, 9호선, 도시철도혼잡
Keywords Willingness to Pay, Congestion Cost, Seoul Subway Line 9, Urban Railroad Congestion

1. 서론

1. 연구의 배경

서울도시철도 9호선은 서울 남부의 동·서를 잇는 노선으로 2009년 1단계 구간(개화역-신논현역)의 운행을 시작하였다. 현재 3단계 구간까지 개통되어 운행되고 있으며, 2027년 4단계 구간 개통을 앞두고 있다. 9호선은 김포공항, 고속터미널, 종합운동장 등의 교통거점과 여의도와 강남 등 주요 업무지역을 통과하는 노선

으로, 2019년 기준 일평균 602천 명의 인원을 수송하고 있다(서울시메트로9호선(주) 내부자료).

서울도시철도의 평균혼잡도는 135%이고, 9호선의 일반열차는 91%이지만 급행열차는 175%로 타 노선에 비해 매우 혼잡한 상태를 보이고 있다(한국철도공사, 2019). 이는 8량~10량으로 운행되는 타 노선과 달리 9호선은 6량 열차로 운행되고 있는 이유가 크다. 열차 내부의 혼잡은 쾌적성 저하로 이어지며, 이를 비용으로 환산할 경우 서울시 지하철 전체 연간 약 2,317억 원, 9호선의 경우 연간 약 560억 원의 혼잡비용이 발생한다(김승준, 2016). 열차

* 이 논문은 서울시메트로9호선(주)의 "혼잡도 개선방안 연구" 보고서를 수정·보완하여 작성하였음.

** Doctorate Candidate, Incheon National University (First Author: jw34668811@daum.net)

*** Professor, Incheon National University (Corresponding Author: hslee14@inu.ac.kr)

내부의 혼잡으로 인해 승강장에서 승·하차 시 소요되는 시간도 예정보다 길어짐으로써 전체 구간에서 서행운행 및 지연도착이 연쇄적으로 발생한다. 이렇게 열차가 지연됨으로써 발생하는 시간손실비용은 서울시 지하철 전체에서 연간 약 4,930억 원이며, 9호선의 경우 연간 약 181억 원의 시간 손실 비용이 발생하고 있다(김승준, 2016).

9호선은 2019년 전체열차를 6량화하며 혼잡완화를 위해 노력하였으나 혼잡을 완전히 해소하기에는 역부족인 상황이다. 또한 추가적인 열차 증편은 막대한 예산이 필요하기 때문에 세금의 지원 또는 요금의 인상이 불가피하다. 이에 본 연구에서는 서울 지하철 9호선을 대상으로 혼잡완화에 대한 추가지불용의액을 추정하고, 이를 기반으로 현재 6량 열차로 운행 중인 9호선이 8량화 운영을 할 때의 편익을 분석하고자 한다.

II. 서울도시철도 운행 및 수송인원 현황

1. 운행 노선 현황

서울 내에서 운행되고 있는 도시철도로는 현재 1~9호선(중전철) 및 우이신설선(경전철)이 있다. 이 중 1~8호선은 서울교통공사가 운영하고 있으며, 9호선은 서울메트로9호선과 서울교통공사, 우이신설선은 우이신설경전철에서 각각 운영하고 있다. 이 밖에도 공항철도, 신분당선, 분당선, 경의선, 중앙선, 경춘선이 서울과 경기도를 잇고 있다.

2. 서울도시철도 수송인원 및 혼잡도

서울도시철도는 2018년 기준 하루 700만 명이 이용하며, 이 중 20% 이상이 출근시간대에 집중되어 있다. 노선별 수송인원의 경우 서울내부를 순환하는 2호선이 가장 많으며, 다음으로 인천에서 시작하여 강남을 지나 의정부로 연결되는 7호선의 수송인원이 많은 것으로 나타났다. 노선별 수송인원 및 평균 혼잡도는 <Table 1>에 나타나 있다.

3. 9호선 수송인원 및 혼잡도

9호선이 개통된 2009년 수송실적은 승차기준 214천 명/일이었으나, 2단계가 개통된 2015년에는 440천 명/일로 급격히 증가하였으며, 3단계 개통 후 2019년에는 602천 명/일로, 연평균 17.4%의 증가율을 보이고 있다. 특히, 2단계가 개통된 2015년에는 연평균 14.7%의 증가율을 보였고, 3단계 개통 후 2019년에는 연평균 14.2%의 증가율을 보이고 있다.

역사별 이용승객수를 살펴보면(<Table 2> 참조) 고속터미널역에서의 승차와 하차 승객수가 가장 많으며, 3호선/7호선 환승역

Table 1. The number of passengers by route (1,000person/day)

Line	The number of passengers	
	The number of passengers	Average congestion degree (%)
Line 1	464	105
Line 2	2,210	170
Line 3	890	140
Line 4	893	160
Line 5	900	110
Line 6	557	111
Line 7	1,031	156
Line 8	295	130
Line 9	514	일반: 91(급행: 175)
Ui-Sinseol Line	70	-

Source: Korail, 2019. "2018 Korea Railway Statistics"

이 존재하고 있어 환승통행(환승승차+환승하차)도 많은 것으로 나타났다.

2019년 12월에 시행된 주요 역사(가양, 염창, 당산, 여의도, 노량진)혼잡도 목적조사 결과, 일반열차의 혼잡도는 평균 77~90%의 분포를 보였으며, 급행열차의 경우 평균 139~155%로 급행열차의 혼잡도가 상대적으로 심각한 것으로 나타났다.

III. 선행연구 검토

1. 도시철도혼잡에 대한 연구

오석문(2005)은 혼잡 시 지하철역의 승하차 시간을 분석하였다. 본 논문의 전반부에서 대도시권 열차의 정차시간을 구성하는 요소들을 설명하고 국내외 대도시권 열차들의 정차시간 구성형태를 비교하였다. 특히 승하차 승객의 수에 따라 정차시간이 좌우된다는 분석 결과를 제시하였다. 승하차 시간에 대한 정확한 분석이 노선의 신설 및 개량 사업의 경제적 타당성 조사에 필수적인 항목임을 주장하고 승하차 시간에 대한 분석결과가 경제적 타당성 평가에 활용되는 예시를 제시하였다.

이호·최진경(2015)은 교통카드자료를 바탕으로 도시철도 승강장의 혼잡도 추정 알고리즘을 개발하였다. 알고리즘은 환승역 여부와 승강장 구조 등의 역사정보, 개별 승하차 자료, 이력OD자료, 이력 환승자료를 바탕으로 방향별 누적승강장유입인원을 계산하고 역별 열차출발시간정보를 토대로 승강장 대기인원을 산정하여 승강장의 혼잡도를 계산하였다.

김승준(2016)은 서울시 도시철도의 혼잡비용 산정과 정책적 활용방안에 대한 연구를 진행하였다. 도시철도 혼잡에 대한 국내외

Table 2. The number of passengers by station of Line 9 (person/day)

Station	Get in	Get off	Total
Gaehwa	3,404	2,293	5,697
Gimpo Int'l Airport	51,647	51,492	103,139
Airport Market	3,465	3,746	7,211
Sinbanghwa	8,517	8,339	16,856
Magongnaru	12,629	12,495	25,124
Yangcheon Hyanggyo	11,183	11,098	22,281
Gayang	25,061	24,102	49,163
Jeungmi	8,409	8,312	16,721
Deungchon	12,546	12,780	25,326
Yeomchang	21,043	19,837	40,880
Sinmokdong	4,978	4,348	9,326
Seonyudo	8,777	8,461	17,238
Dangsan	64,650	67,929	132,579
National Assembly	22,729	22,406	45,135
Yeouido	60,907	61,287	122,194
Saetgang	6,794	7,323	14,117
Noryangjin	87,387	90,027	177,414
Nodeul	5,561	4,592	10,153
Heukseok	11,785	12,249	24,034
Dongjak	28,047	27,319	55,366
Gubanpo	3,772	3,903	7,675
Sinbanpo	3,771	3,639	7,410
Express Bus Terminal	87,559	90,508	178,067
Sapyeong	4,299	4,027	8,326
Sinnonhyeon	44,899	48,059	92,958
Eonju	11,769	12,133	23,902
Seonjeongneung	34,393	35,363	69,756
Samseongjungang	8,016	8,319	16,335
Bongeunsa	25,874	25,909	51,783
Sports Complex	23,363	23,470	46,833
Samjeon	7,091	6,963	14,054
Seokchon Gobun	6,458	6,219	12,677
Seokchon	27,497	26,182	53,679
Songpanaru	4,955	5,386	10,341
Hanseong Baekje	2,863	2,578	5,441
Olympic Park	19,678	18,730	38,408
Dunchon Oryun	1,214	1,057	2,271
VHS Medical Center	10,948	9,473	20,421
Total	787,938	792,353	1,580,291

Source: Seoul Metro Line 9(2019)

동향에 대해 연구하고, 서울시 도시철도 혼잡 실태와 이용자의 인식에 대해 조사하였다. 이어 서울시 도시철도 혼잡비용의 산정과 도시철도 혼잡비용의 정책적 활용방안에 대하여 제시하였다.

안재홍·강인성(2017)은 비용효과분석을 통하여 서울시 도시철도 9호선의 혼잡도 개선방안에 관한 연구를 진행하였다. 현재 9호선의 과다한 혼잡은 잘못된 수요예측으로 인한 예비타당성 검사의 잘못과 서울시와 기획재정부 사이의 예산안 충돌 때문임을 주장하였다. 혼잡완화를 위해 배차간격 축소, 열차 칸 증설, 대체 교통수단의 3가지 방안을 제시하였다.

King et al.(2014)는 캐나다 토론토의 Yonge station을 분석대상으로 환승역사내의 혼잡과 보행자 이동에 대한 시뮬레이션 분석을 시행하였다. 분석결과 환승노선들에서 열차가 동시진입 할 때 역사의 용량을 초과하는 혼잡이 발생하였으며, 열차의 시간표를 조절하여 환승역사로의 동시진입을 피하게 설정할 경우 최대 63%의 혼잡감소가 나타났다.

2. 지불용의액(WTP)분석에 대한 연구

이운정 외(2015)은 교통사고 긴급통보시스템 도입을 위한 지불용의액 산정방안에 대해 비교분석하였다. 연구에서 교통사고 긴급통보시스템의 지불의사액을 추정된 결과 토빗모형의 경우 90,117원, 다중회귀분석의 경우 135,878원의 지불의사액이 추정되었다.

장진영 외(2017)는 이륜자동차 정비제도 도입에 따른 지불용의액 추정에 대한 연구를 진행하였다. 온라인 및 오프라인 설문조사를 통해 이륜자동차 이용자의 개인특성 및 차량특성, 양분선택형 질의를 통한 추가 지불의사 금액을 수집하였다. 분석결과, 정비제도 도입 시 중소형 이륜자동차 보유자는 연간 16,924원, 대형 보유자는 39,220원의 추가 지불용의액을 나타냈으며, 이를 토대로 편익을 산출한 결과 연간 380억 원이 추정되었다.

김경현 외(2018)는 중형 저상전기버스 도입에 따른 지불용의액 추정에 대한 연구를 진행하였다. 수도권 마을버스 이용자를 대상으로 설문조사를 수행하였으며, 비시장 가치 평가방법 중 하나인 조건부 가치측정법을 이용하여 지불용의액을 추정하였다. 560명을 대상으로 이중양분선택형 질문법을 통한 조사를 수행하였으며, 평균 지불용의액은 51.4(원/회·인)으로 추정하였다. 이를 기반으로 편익을 산출한 결과 평일 약 5천만 원, 주말 약 4천만 원의 편익이 발생 할 것으로 분석하였다.

Prud'homme et al.(2012)는 WTP조사를 기반으로 프랑스 파리 지하철의 혼잡비용을 분석하였다. 설문조사를 통해 추정된 WTP는 현재 부담하고 있는 승차요금의 3배로 나타났으며, 혼잡에 의한 사회적 손실은 2002-2007년 동안 매년 7천 5백만 유로로 분석되었다.

Eboli and Mazzulla(2008)는 가상가치평가법과 WTP조사를

기반으로 이탈리아 버스의 서비스 수준 상승에 대한 WTP를 조사하였다. 혼잡단계 변화와 탑승구간의 길이에 따라 0.07~24유로의 WTP가 추정되었다.

3. 선행연구와의 차별성

선행연구 검토 결과, 지불용의액을 활용하여 도시철도의 혼잡비용에 대하여 연구한 국내외 문헌은 미미한 것으로 파악되었다. 본 연구는 실증적인 조사를 바탕으로 혼잡도 완화에 대해 추가적으로 지불할 의사가 있는 금액을 조사하고, 다시 이를 기반으로 다시 혼잡완화에 대한 편익을 추정한다는 점에서 기존 연구와의 차별성을 가진다.

IV. 분석방법론

1. 설문방법

본 연구에서는 혼잡비용을 분석하기 위해 가상가치평가법(CVM, Contingent Valuation Method)을 이용하였다. 이는 가상적 시장상황에 대한 응답자의 지불용의액을 질문하거나 제시된 가격에 대한 수용의사를 조사하는 방법으로 신뢰할 만한 추정값을 제공할 수 있는 방법론으로 인식된다(유정복·이성준, 2014). 가상가치평가법은 경제학적인 관점에서 강한 이론적 근거를 가지고 있으며 다음과 같은 장점을 지닌다. 첫째, 다른 기법에 비해 상대적으로 많은 재화에 폭넓은 적용이 가능하다. 둘째, 시장에서 거래되지 않는 다양한 재화에 대한 가격의 직접 측정이 가능하다. 셋째, 특정 재화를 소비하지 않는 사람이 재화에 부여하는 가치도 측정할 수 있기 때문에 사용가치뿐 아니라 존재가치도 측정이 가능하다.

설문방법은 양분선택형(Single-Bounded Dichotomous Choice)을 사용하였다. 이 방법은 가상가치평가법의 실증연구에서 많이 사용되는 방법 중 하나이다. 양분선택질문법은 응답자가 제시된 지불의사금액에 대해 '예' 또는 '아니오'로 응답하기 때문에 응답이 용이하며, 비합리적인 지불의사금액이 발생할 우려가 적다.

2. 분석 방법 및 연구모형 설정

본 연구에서는 도시철도 이용객을 대상으로 혼잡단계 변화에 따른 지불용의액을 조사하고, 이를 토대로 로지스틱회귀모형을 구축하였다. 로지스틱회귀모형은 독립변수의 선형 결합을 이용하여 사건의 발생 가능성을 예측하는 데 사용하는 통계기법이다. 로지스틱회귀모형의 본래 목적은 일반적인 회귀모형과 동일하게 종속변수와 독립변수의 관계를 구체적인 함수로 나타내어 사건의 예측모형에 사용하고자 하는 것이다.

로지스틱회귀분석은 선형 회귀 분석과 다르게 종속변수가 범주형 데이터를 대상으로 하며 입력데이터가 주어졌을 때 해당 데이터의 결과가 특정 분류로 나뉘기 때문에 일종의 분류기법으로도 볼 수 있다. 흔히 로지스틱 회귀모형은 종속변수가 이항형 문제를 지칭할 때 주로 사용된다.

추가적인 지불용의액의 추정을 위해 Hanemann이 제시한 확률효용모형을 이용하였다. 이 모형은 응답자가 자신의 효용함수를 인지하고 있으며, 소득(y)과 개인특성(s)에 의해 서비스 수준 변화에 대해 느끼는 효용(y(j,y;s))을 표현할 수 있다. 하지만 연구자가 관측할 수 없는 부분이 있기 때문에 효용함수는 식 (1)과 같은 확률적인 요소(E_j)를 갖게 된다. 이때, 응답자가 서비스에 대한 지불의사(B)에 대한 질문에 "예"라고 응답하는 경우의 효용함수는 식 (2)와 같이 표현된다.

$$u(j, y; s) = v(j, y; s) + \epsilon_j \cdot j = 0, 1 \tag{1}$$

$$u(1, y - B; s) \geq u(0, y; s) \tag{2}$$

효용극대화 문제에 직면한 각 응답자(i=1,...,N)는 제시금액(B)를 추가지불할지 여부에 대해 '예' 또는 '아니오'로 응답할 수 있으며 이는 아래의 식 (3)과 같이 표현된다. 이는 응답자의 선택에 따라 '1' 또는 '0'의 값을 가지는 지시(Indicator) 함수로 구성할 수 있다.

$$\begin{aligned} i^{yes} &= 1 \text{ (i번째 응답자의 답변이 '예'인 경우)} \\ i^{no} &= 0 \text{ (i번째 응답자의 답변이 '아니오'인 경우)} \end{aligned} \tag{3}$$

효용극대화를 추구하는 응답자 N명의 표본을 가정할 경우, 1번째 응답자의 응답결과를 구분하여 식 (4)와 같이 로그우도 함수로 구성할 수 있다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N I_i^y \ln[1 - G_c(B)] + I_i^n \ln[G_c(B)] \tag{4}$$

'식(4)'의 $G_c(B)$ 를 로지스틱 분포로 가정하면, '식 (5)'와 같이 정형화할 수 있으며, WTP의 평균값은 '식 (6)'과 같이 계산된다(장진영 외, 2017).

$$G_c(B) = [1 + \exp(\alpha + \beta B)]^{-1} \tag{5}$$

$$WTP_{mean} = -\alpha / \beta \tag{6}$$

3. 혼잡도 완화 시나리오 설정

비시장재화의 편익추정방법론상 현시선호(RP: revealed preference)가 아닌 진술선호(SP: stated preference) 방식이며, 이용

자의 지불용의액 추정을 위해서 가상의 시나리오를 설정할 필요성이 있다.

이를 위해 본 연구에서는 9호선 이용자를 대상으로 <Table 3> 과 같은 혼잡단계를 설정하여 혼잡이 완화될 때 추가로 지불할 의향이 있는 금액에 대해 설문조사하였다.

현재 서울시철도의 정원은 1량당 160인이며, 신성일(2011)에 따르면 정원 대비 230% 정도(368인)가 승차한계인 것으로 제시하고 있다. 하지만 9호선 현장조사 결과 정원의 200% 수준(1량당 승차인원 320명)정도가 승차할 수 있는 한계로 추정되어 본 연구의 혼잡단계 시나리오 설정 시 최대탑승 인원은 정원의 200%로 설정하고 혼잡단계를 구분하였다. 열차 내 혼잡의 단계를 위와 같이 4 단계로 구분하고, 단계 변화에 따라 이용자가 체감하는 쾌적성은 변화할 것으로 가정하였다.

4. 지불용의액 설정

본 연구에서는 설문금액에 따라 6개의 타입으로 설문지를 구성하였다. 이 질문금액을 설정하기 위해 본 설문조사 이전 예비조사를 시행하여 지불용의액을 조사하였으며, 최상위 및 최하위 15%는 제외한 후 설문 제시금액을 설정하였다. 설문지는 질문금액에 따라 총 6개 Tpye의 설문지를 구성하였으며, 설문지 TPYE에 따른 설문금액과 <Table 4>와 같다.

V. 분석모형 구축

1. 설문결과 분석

설문조사는 2020년 3월 2일부터 2020년 3월 20일까지(총 19일)

Table 3. Congestion level

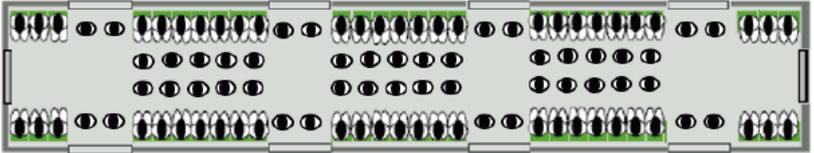
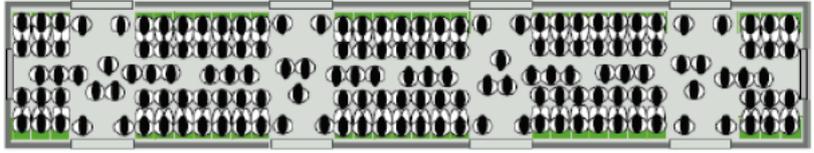
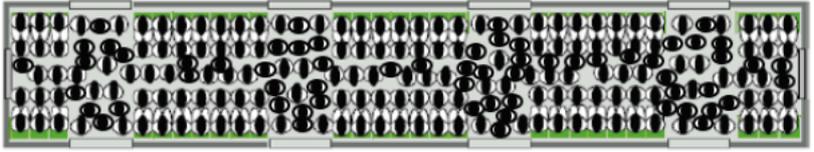
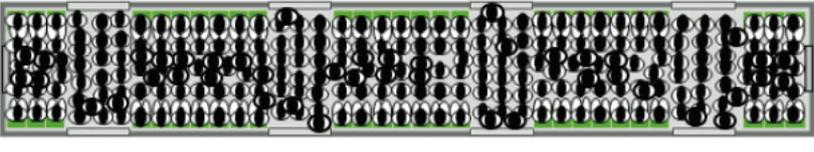
Parameter		
Good	Congestion degree under 80%	
Normal	Congestion degree 80.1~120%	
Bad	Congestion degree 120.1~160%	
Too bad	Congestion degree over 160.1%	

Table 4. Survey amount (won)

Scenario		Tpye 1	Tpye 2	Tpye 3	Tpye 4	Tpye 5	Tpye 6
Scenario1	Normal→Good(1step improvement)	50	100	150	200	250	300
Scenario2	Bad→Normal(1step improvement)	50	100	150	200	250	300
Scenario3	Bad→Good(2steps improvement)	100	150	200	250	300	350
Scenario4	Too Bad→Bad(1step improvement)	50	100	150	200	250	300
Scenario5	Too Bad→Normal(2steps improvement)	100	150	200	250	300	350
Scenario6	Too Bad→Good(3steps improvement)	150	200	250	300	350	400

9호선 이용자를 대상으로 온라인 설문방식을 통해 시행되었으며, 지불용의액 응답 여부를 고려하여 총 300부의 유의한 설문지를 최종 선별하였다.

응답자 성별의 경우 남자(51.7%), 여자(48.3%)로 남자가 소폭 많았으며, 나이대의 경우 30대(18.0%)가 가장 많은 것으로 나타났다. 플랫폼 혼잡 인식의 경우 혼잡하다'라고 응답한 경우가

57.7%로써 가장 많은 응답을 보였다. 급행열차와 일반열차 모두 배차간격과 혼잡에 대해서는 각각 '보통이다', '혼잡하다'라는 의견이 가장 많은 것으로 나타났다.

설문 응답자 속성을 집계한 결과는 <Table 5>와 같다.

설문지 TPYE에 따른 추가 지불금액 수용률은 <Table 6>과 같다. 설문지 타입과 시나리오에 따라 최소 50원~최대 400원의 추

Table 5. Analysis of individual characteristics

Type	Contents	Person	Rate	Type	Contents	Person	Rate
Sex	Female	145	48.3%	User time zone (Time)	Weekday 7~9	177	33.5%
	Male	155	51.7%		Weekday 18~20	167	31.6%
Age	10's	20	6.7%		Weekday etc	104	19.7%
	20's	50	16.7%	User time zone (Day)	Weekend	81	15.3%
	30's	54	18.0%		Weekday	5.1	75.0%
	40's	43	14.3%	Transfer	Weekend	1.7	25.0%
	50's	50	16.7%		To other subway	203	67.7%
	60's	53	17.7%		To bus	71	23.7%
	Occupation	70's and above	30	10.0%	Ect	8	2.7%
		Professional occupation	40	13.3%	No transfer	18	6.0%
Office worker		145	48.3%	Congestion recognition (Platform)	Too crowded	50	16.7%
self-employment		19	6.3%		Crowded	173	57.7%
Agriculture, fisheries and livestock industries		2	0.7%		Normal	71	23.7%
House wife		37	12.3%		Comfortable	4	1.3%
Student		37	12.3%	Very comfortable	2	0.7%	
Unemployed		10	3.3%	Recognition of headway (Express train)	Too long	16	6.8%
Etc	10	3.3%	Long		81	34.3%	
0	83	27.7%	Normal		125	53.0%	
Income (10,000 won)	Under 100	2	0.7%	Short	12	5.1%	
	Above 100~Under 200	17	5.7%	Very short	2	0.8%	
	Above 200~Under 300	55	18.3%	Congestion recognition (Express train)	Too crowded	78	33.1%
	Above 300~Under 400	68	22.7%		Crowded	107	45.3%
	Above 400~Under 500	28	9.3%		Normal	44	18.6%
	Above 500	47	15.7%		Comfortable	6	2.5%
Passenger car	Possession	195	65.0%	Very comfortable	1	0.4%	
	Not possession	105	35.0%	Recognition of headway (General Train)	Too long	11	6.3%
Purpose of use	Commute and business	175	44.8%		Long	73	42.0%
	Going to school	51	13.0%		Normal	79	45.4%
	Leisure life	162	41.4%		Short	11	6.3%
	Etc	3	0.8%	Very short	0	0.0%	
User time zone	Weekday	111	37.0%	Congestion recognition (General Train)	Too crowded	23	13.2%
	Weekend	21	7.0%		Crowded	71	40.8%
	Weekday & Weekend	168	56.0%		Normal	62	35.6%
				Comfortable	18	10.3%	
				Very comfortable	0	0.0%	

Table 6. Accept ratio

Scenario	Scenario	Tpye 1		Tpye 2	
		1st Survey (won)	Accept ratio	1st Survey (won)	Accept ratio
Scenario1	Normal→Good (1step improvement)	50	74.1%	100	61.1%
Scenario2	Bad→Normal (1step improvement)	50	77.6%	100	51.9%
Scenario3	Bad→Good (2steps improvement)	100	67.2%	150	57.4%
Scenario4	Too Bad→Bad (1step improvement)	50	46.6%	100	46.3%
Scenario5	Too Bad→Normal (2steps improvement)	100	65.5%	150	50.0%
Scenario6	Too Bad→Good (3steps improvement)	150	50.0%	200	44.4%
Scenario	Scenario	Tpye 3		Tpye 4	
		1st Survey (won)	Accept ratio	1st Survey (won)	Accept ratio
Scenario1	Normal→Good (1step improvement)	100	61.1%	200	40.0%
Scenario2	Bad→Normal (1step improvement)	100	51.9%	200	40.0%
Scenario3	Bad→Good (2steps improvement)	150	57.4%	250	42.0%
Scenario4	Too Bad→Bad (1step improvement)	100	46.3%	200	42.0%
Scenario5	Too Bad→Normal (2steps improvement)	150	50.0%	250	40.0%
Scenario6	Too Bad→Good (3steps improvement)	200	44.4%	300	44.0%
Scenario	Scenario	Tpye 5		Tpye 6	
		1st Survey (won)	Accept ratio	1st Survey (won)	Accept ratio
Scenario1	Normal→Good (1step improvement)	250	37.5%	300	61.9%
Scenario2	Bad→Normal (1step improvement)	250	32.5%	300	50.0%
Scenario3	Bad→Good (2steps improvement)	300	32.5%	350	54.8%
Scenario4	Too Bad→Bad (1step improvement)	250	17.5%	300	31.0%
Scenario5	Too Bad→Normal (2steps improvement)	300	32.5%	350	38.1%
Scenario6	Too Bad→Good (3steps improvement)	350	37.5%	400	42.9%

가 비용 지불의사를 설문하였으며, 최대 77.6% ~최소 17.5%의 수용률을 보였다. 금액이 커지는 설문지 TPYE 6으로 갈수록 전반적으로 추가 지불의사가 적어지는 것으로 나타났다.

2. 모형분석 결과

혼잡단계 변화에 따라 총 6개 유형의 시나리오를 구성하여 설

문조사한 결과를 토대로 모형을 구축하였으며, 최초분석결과과는 <Table 7>과 같다. 분석결과 지불금액에 대한 계수는 음(-)의 값으로 나타났다. 이는 제시된 값이 높을수록 추가 지불의사가 감소하는 것을 의미하므로 경제이론의 합리성에 부합한다고 볼 수 있다.

다만 1차 분석의 시나리오5와 시나리오6의 경우 각각 2단계와 3단계의 혼잡단계 상승에도 불구하고 시나리오2보다 작은 절댓

Table 7. First Model analysis results

Scenario			B	S.E.	Wald	D.F	p-value	Exp(B)	Estimated WTP
Scenario1	Normal→Good (1step improvement)	BID	-.004	.001	6.768	1	.009	.996	-198
		Constant	.792	.262	9.165	1	.002	2.207	-198
Scenario2	Bad→Normal (1step improvement)	BID	-.005	.001	12.534	1	.000	.995	-168.8
		Constant	.844	.262	10.356	1	.001	2.326	-168.8
Scenario3	Bad→Good (2steps improvement)	BID	-.004	.001	6.723	1	.010	.996	-218.5
		Constant	.874	.323	7.301	1	.007	2.396	-218.5
Scenario4	Too Bad→Bad (1step improvement)	BID	-.004	.001	6.741	1	.009	.996	-19.75
		Constant	.079	.260	.093	1	.760	1.083	-19.75
Scenario5	Too Bad→Normal (2steps improvement)	BID	-.005	.001	10.578	1	.001	.995	-157.8
		Constant	.789	.324	5.938	1	.015	2.202	-157.8
Scenario6	Too Bad→Good (3steps improvement)	BID	-.001	.001	.950	1	.330	.999	-129
		Constant	.129	.383	.113	1	.736	1.138	-129

Table 8. Second Model analysis results

Scenario			B	S.E.	Wald	D.F	p-value	Exp(B)	Estimated WTP (a)	Accept rate (b)	Final WTP (a*b)
Scenario1	Normal→Good (1step improvement)	BID	-.004	.001	6.768	1	.009	.996	-198.0	54.7%	108.2
		Constant	.792	.262	9.165	1	.002	2.207			
Scenario (2+5)	Bad→Normal (1step improvement)	BID	-.005	.001	24.566	1	.000	.995	-163.2	47.7%	77.8
		Constant	.816	.200	16.554	1	.000	2.260			
Scenario3	Bad→Good (2steps improvement)	BID	-.004	.001	6.723	1	.010	.996	-218.5	52.3%	114.3
		Constant	.874	.323	7.301	1	.007	2.396			
Scenario4	Too Bad→Bad (1step improvement)	BID	-.004	.001	6.741	1	.009	.996	-19.75	37.0%	7.3
		Constant	.079	.260	.093	1	.760	1.083			

값의 지불용의액이 추정되어 합리적이지 못한 것으로 판단하여, 시나리오2와 시나리오5를 통합하여 두 번째 분석을 수행하였다.

두 번째 모형구축 결과(〈Table 8〉 참조), 총 4개의 혼잡단계 변화에 따라 추정된 지불용의액은 혼잡단계 변화에 따라 19.75원~218.5원으로 추정되었다. 추정된 지불용의액에 지불의사가 있다고 응답한 비율(수락률)을 계산하여 최종적인 지불용의액을 산출하였으며, 혼잡단계 변화에 따라 보통→쾌적 108.2원, 혼잡→보통 77.8원, 혼잡→쾌적 114.3원, 매우혼잡→혼잡 7.3원으로 나타났다. 전반적으로 쾌적한 상태로 변화하는 시나리오에서는 비교적 큰 지불용의액이 추정되었으나, 매우혼잡에서 혼잡으로 개선되는 경우에는 지불용의액이 매우 적은 것으로 나타났다. 이 금액은 승객이 혼잡단계의 개선이 있을 시 추가적으로 지불할 의향이 있는 운임을 의미하며, 서울도시철도의 기본요금인 1,250원 임을 감안할 때 합리적인 금액으로 판단된다.

VI. 편의 추정

1. 혼잡도 분석

편의를 추정하기 위해 우선적으로 〈Table 9〉에 보이는 바와 같이 현재 9호선의 혼잡도 수준을 판단하였다.

본 연구에서는 2019년 12월 13일(금) 기준의 교통카드 데이터를 기준으로 혼잡도를 분석하였다. 분석에 활용한 기초자료는 티머니 등 교통카드 유관기관의 협조를 받아 취득하였으며, 분석목적에 맞게 자료를 재구성하였다. 일반열차는 평균 25.8%, 최대 86.8%의 혼잡도를 보였으며, 급행열차는 평균 82.6%, 최대 197.8%의 혼잡도를 보였다.

일반열차에서는 큰 혼잡이 나타나지 않는 것으로 나타나 본 분석에서는 급행열차만을 분석하였다. 〈Table 10〉은 분석 기준일자 기준의 6량열차 기준의 혼잡도와 8량으로 운행될 시 혼잡도를

Table 9. Line 9 Congestion analysis

	General train				Express train			
	Morning peak		Afternoon peak		Morning peak		Afternoon peak	
	Upstream	Downline	Upstream	Downline	Upstream	Downline	Upstream	Downline
Gaehwa	-	-	-	-	-	-	-	-
Gimpo Int'l Airport	23.9%	7.7%	13.3%	7.0%	34.5%	24.4%	21.6%	34.8%
Airport Market	28.4%	8.1%	13.9%	10.7%	34.5%	24.4%	21.6%	34.8%
Sinbanghwa	43.5%	9.6%	14.5%	20.7%	34.5%	24.4%	21.6%	34.8%
Magongnaru	26.6%	9.9%	12.3%	14.5%	65.9%	34.4%	33.1%	52.0%
Yangcheon Hyanggyo	40.6%	14.8%	17.1%	23.9%	65.9%	34.4%	33.1%	52.0%
Gayang	24.5%	16.1%	9.2%	18.7%	120.5%	45.3%	50.6%	82.7%
Jeungmi	31.4%	24.1%	16.9%	23.5%	120.5%	45.3%	50.6%	82.7%
Deungchon	50.0%	25.7%	19.3%	36.5%	120.5%	45.3%	50.6%	82.7%
Yeomchang	58.4%	22.8%	16.5%	42.0%	158.1%	52.5%	60.4%	108.4%
Sinmokdong	68.3%	23.2%	17.6%	46.8%	158.1%	52.5%	60.4%	108.4%
Seonyudo	75.3%	36.3%	28.4%	52.2%	158.1%	52.5%	60.4%	108.4%
Dangsan	86.8%	21.6%	25.4%	55.8%	152.5%	62.7%	64.4%	122.9%
National Assembly	59.4%	66.7%	51.5%	35.4%	152.5%	62.7%	64.4%	122.9%
Yeouido	22.4%	42.3%	30.4%	32.5%	185.7%	154.5%	143.9%	143.2%
Saetgang	19.8%	51.4%	37.1%	32.2%	185.7%	154.5%	143.9%	143.2%
Noryangjin	43.3%	42.9%	40.8%	48.8%	197.5%	160.4%	140.5%	167.2%
Nodeul	48.7%	37.9%	39.0%	51.1%	197.5%	160.4%	140.5%	167.2%
Heukseok	46.9%	39.5%	38.8%	51.0%	197.5%	160.4%	140.5%	167.2%
Dongjak	45.1%	29.1%	33.0%	59.7%	197.8%	150.3%	136.2%	160.0%
Gubanpo	43.9%	28.8%	32.5%	59.2%	197.8%	150.3%	136.2%	160.0%
Sinbanpo	43.0%	27.6%	31.8%	58.9%	197.8%	150.3%	136.2%	160.0%
Express Bus Terminal	20.5%	18.2%	23.5%	27.7%	142.3%	124.8%	108.3%	130.7%
Sapyeong	19.1%	14.6%	20.9%	26.8%	142.3%	124.8%	108.3%	130.7%
Sinnonhyeon	33.2%	26.9%	21.0%	40.5%	92.7%	110.4%	89.1%	88.0%
Eonju	19.8%	33.3%	25.6%	28.5%	92.7%	110.4%	89.1%	88.0%
Seonjeongneung	22.3%	26.6%	19.6%	26.7%	62.4%	98.1%	73.5%	59.3%
Samseongjungang	10.7%	28.6%	19.0%	15.2%	62.4%	98.1%	73.5%	59.3%
Bongeunsa	7.4%	38.5%	26.6%	9.4%	31.2%	96.5%	65.6%	33.3%
Sports Complex	13.2%	36.8%	29.6%	12.0%	23.5%	79.8%	49.1%	23.6%
Samjeon	11.6%	28.7%	23.6%	10.1%	23.5%	79.8%	49.1%	23.6%
Seokchon Gobun	10.1%	22.3%	19.0%	7.8%	23.5%	79.8%	49.1%	23.6%
Seokchon	5.5%	18.1%	13.8%	3.8%	17.7%	40.6%	25.7%	16.9%
Songpanaru	5.1%	9.2%	7.5%	3.2%	17.7%	40.6%	25.7%	16.9%
Hanseong Baekje	4.8%	4.8%	4.6%	2.7%	17.7%	40.6%	25.7%	16.9%
Olympic Park	3.0%	7.2%	2.3%	3.0%	8.8%	11.4%	9.8%	8.0%
Dunchon Oryun	2.6%	4.5%	1.1%	2.6%	8.8%	11.4%	9.8%	8.0%
VHS Medical Center	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Source: Seoul Metro Line 9 (2019)

Table 10. Express train Congestion analysis

	6 car-train				8 car-train			
	Morning peak		Afternoon peak		Morning peak		Afternoon peak	
	Upstream	Downline	Upstream	Downline	Upstream	Downline	Upstream	Downline
Gaehwa	-	-	-	-	-	-	-	-
Gimpo Int'l Airport	34.5%	24.4%	21.6%	34.8%	25.9%	18.3%	16.2%	26.1%
Airport Market	34.5%	24.4%	21.6%	34.8%	25.9%	18.3%	16.2%	26.1%
Sinbanghwa	34.5%	24.4%	21.6%	34.8%	25.9%	18.3%	16.2%	26.1%
Magongnaru	65.9%	34.4%	33.1%	52.0%	49.4%	25.8%	24.8%	39.0%
Yangcheon Hyanggyo	65.9%	34.4%	33.1%	52.0%	49.4%	25.8%	24.8%	39.0%
Gayang	120.5%	45.3%	50.6%	82.7%	90.4%	34.0%	38.0%	62.0%
Jeungmi	120.5%	45.3%	50.6%	82.7%	90.4%	34.0%	38.0%	62.0%
Deungchon	120.5%	45.3%	50.6%	82.7%	90.4%	34.0%	38.0%	62.0%
Yeomchang	158.1%	52.5%	60.4%	108.4%	118.6%	39.4%	45.3%	81.3%
Sinmokdong	158.1%	52.5%	60.4%	108.4%	118.6%	39.4%	45.3%	81.3%
Seonyudo	158.1%	52.5%	60.4%	108.4%	118.6%	39.4%	45.3%	81.3%
Dangsan	152.5%	62.7%	64.4%	122.9%	114.4%	47.0%	48.3%	92.2%
National Assembly	152.5%	62.7%	64.4%	122.9%	114.4%	47.0%	48.3%	92.2%
Yeouido	185.7%	154.5%	143.9%	143.2%	139.3%	115.9%	108.0%	107.4%
Saetgang	185.7%	154.5%	143.9%	143.2%	139.3%	115.9%	108.0%	107.4%
Noryangjin	197.5%	160.4%	140.5%	167.2%	148.1%	120.3%	105.4%	125.4%
Nodeul	197.5%	160.4%	140.5%	167.2%	148.1%	120.3%	105.4%	125.4%
Heukseok	197.5%	160.4%	140.5%	167.2%	148.1%	120.3%	105.4%	125.4%
Dongjak	197.8%	150.3%	136.2%	160.0%	148.3%	112.7%	102.2%	120.0%
Gubanpo	197.8%	150.3%	136.2%	160.0%	148.3%	112.7%	102.2%	120.0%
Sinbanpo	197.8%	150.3%	136.2%	160.0%	148.3%	112.7%	102.2%	120.0%
Express Bus Terminal	142.3%	124.8%	108.3%	130.7%	106.7%	93.6%	81.2%	98.0%
Sapyeong	142.3%	124.8%	108.3%	130.7%	106.7%	93.6%	81.2%	98.0%
Sinnonhyeon	92.7%	110.4%	89.1%	88.0%	69.5%	82.8%	66.9%	66.0%
Eonju	92.7%	110.4%	89.1%	88.0%	69.5%	82.8%	66.9%	66.0%
Seonjeongneung	62.4%	98.1%	73.5%	59.3%	46.8%	73.6%	55.1%	44.5%
Samseongjungang	62.4%	98.1%	73.5%	59.3%	46.8%	73.6%	55.1%	44.5%
Bongeunsa	31.2%	96.5%	65.6%	33.3%	23.4%	72.4%	49.2%	25.0%
Sports Complex	23.5%	79.8%	49.1%	23.6%	17.7%	59.9%	36.8%	17.7%
Samjeon	23.5%	79.8%	49.1%	23.6%	17.7%	59.9%	36.8%	17.7%
Seokchon Gobun	23.5%	79.8%	49.1%	23.6%	17.7%	59.9%	36.8%	17.7%
Seokchon	17.7%	40.6%	25.7%	16.9%	13.3%	30.5%	19.3%	12.7%
Songpanaru	17.7%	40.6%	25.7%	16.9%	13.3%	30.5%	19.3%	12.7%
Hanseong Baekje	17.7%	40.6%	25.7%	16.9%	13.3%	30.5%	19.3%	12.7%
Olympic Park	8.8%	11.4%	9.8%	8.0%	6.6%	8.5%	7.4%	6.0%
Dunchon Oryun	8.8%	11.4%	9.8%	8.0%	6.6%	8.5%	7.4%	6.0%
VHS Medical Center	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Source: Seoul Metro Line 9 (2019)

Table 11. Express train boarding person

	Passenger who is already on board (Express train)				Passenger who is get on the train (Express train)			
	Morning peak		Afternoon peak		Morning peak		Afternoon peak	
	Upstream	Downline	Upstream	Downline	Upstream	Downline	Upstream	Downline
Gaehwa	-	-	-	-	-	-	-	-
Gimpo Int'l Airport	4,967	3,514	3,111	5,018	3,814	0	3,042	0
Airport Market	4,967	3,514	3,111	5,018	0	0	0	0
Sinbanghwa	4,967	3,514	3,111	5,018	0	0	0	0
Magongnaruru	9,483	4,960	4,763	7,495	1,440	83	874	112
Yangcheon Hyanggyo	9,483	4,960	4,763	7,495	0	0	0	0
Gayang	17,355	6,519	7,292	11,913	5,134	536	1,665	277
Jeungmi	17,355	6,519	7,292	11,913	0	0	0	0
Deungchon	17,355	6,519	7,292	11,913	0	0	0	0
Yeomchang	22,767	7,557	8,697	15,610	4,393	368	927	109
Sinmokdong	22,767	7,557	8,697	15,610	0	0	0	0
Seonyudo	22,767	7,557	8,697	15,610	0	0	0	0
Dangsan	21,959	9,026	9,280	17,701	3,477	1,988	2,543	2,953
National Assembly	21,959	9,026	9,280	17,701	0	0	0	0
Yeouido	26,739	22,243	20,727	20,627	5,455	563	8,206	2,048
Saetgang	26,739	22,243	20,727	20,627	0	0	0	0
Noryangjin	28,439	23,105	20,233	24,074	6,065	3,557	3,308	2,215
Nodeul	28,439	23,105	20,233	24,074	0	0	0	0
Heukseok	28,439	23,105	20,233	24,074	0	0	0	0
Dongjak	28,476	21,648	19,616	23,047	1,015	2,623	594	946
Gubanpo	28,476	21,648	19,616	23,047	0	0	0	0
Sinbanpo	28,476	21,648	19,616	23,047	0	0	0	0
Express Bus Terminal	20,495	17,975	15,590	18,821	2,019	5,500	2,514	4,917
Sapyeong	20,495	17,975	15,590	18,821	0	0	0	0
Sinnonhyeon	13,342	15,894	12,837	12,675	780	2,282	1,653	4,401
Eonju	13,342	15,894	12,837	12,675	0	0	0	0
Seonjeongneung	8,986	14,127	10,588	8,544	479	2,572	572	3,273
Samseongjungang	8,986	14,127	10,588	8,544	0	0	0	0
Bongeunsa	4,494	13,902	9,445	4,799	80	723	847	3,326
Sports Complex	3,389	11,495	7,071	3,399	453	2,652	546	1,366
Samjeon	3,389	11,495	7,071	3,399	0	0	0	0
Seokchon Gobun	3,389	11,495	7,071	3,399	0	0	0	0
Seokchon	2,548	5,848	3,706	2,431	290	5,072	174	1,334
Songpanaru	2,548	5,848	3,706	2,431	0	0	0	0
Hanseong Baekje	2,548	5,848	3,706	2,431	0	0	0	0
Olympic Park	1,266	1,637	1,415	1,146	167	3,368	87	1,125
Dunchon Oryun	1,266	1,637	1,415	1,146	0	0	0	0
VHS Medical Center	-	-	-	-	0	1,636	0	1,140

Source: Seoul Metro Line 9 (2019)

나타내고 있다.

분석결과, 전반적으로 오후첨두보다는 오전첨두에서 많은 혼잡이 나타났으며, 하행보다는 상행에서 많은 혼잡이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 혼잡도 160% 이상의 매우혼잡단계는 주로 오전, 상행의 여의도-신반포 구간과 오후, 하행의 신반포-노량진 구간에서 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 서울에서 업무단지가 많이 밀집하여 있는 여의도와 강남지역을 잇는 구간에서 많은 혼잡이 발생한다는 것을 의미한다.

8량화 후 혼잡단계가 전반적으로 개선되는 것을 확인할 수 있다.

2. 승차인원 분석

혼잡도 변화에 따른 편익을 산정하기 위해서 재차인원 및 순승차인원을 분석하였다. 본 연구에서는 급행열차를 중심으로 편익을 산정하기 때문에 앞서 분석한 지불용의액에 급행열차의 재차인원을 적용하여 편익을 산정하였다.

또한 혼잡단계가 변화한 이후로부터 탑승한 승객의 편익을 산출하기 위하여 각 역의 승차인원을 분석하였다. 승차인원의 경우 상행의 경우 여의도역, 노량진역에서 탑승인원이 많으며, 하행의 경우 고속터미널역과 신논현역에서 탑승인원이 많은 것으로 나타났다(〈Table 11〉 참조).

3. 편익 추정

앞서 분석하였던 지불용의액과 혼잡단계 변화를 토대로 9호선 8량화의 편익을 분석한 결과 상행에서 약 10억 8천만 원의 편익과 하행에서 약 12억 8천만 원의 편익이 발생하여 합계 약 23억 7천만 원의 편익이 발생하는 것으로 분석되었다.

또한 분석된 편익에서 장래년도의 수요증감률을 적용하여 2030년~2045년까지의 편익을 분석한 결과는 〈Table 12〉와 같다. 장래년도의 재차인원 변화에 따라 2030년도의 편익이 가장 큰 것으로 추정되었다.

Ⅶ. 결론

본 연구에서는 서울도시철도 9호선의 8량화에 대한 편익을 분

석하였다. 현재 9호선은 많은 혼잡이 발생하고 있으나 8~10량 열차가 운행되고 있는 1~8호선과 달리 9호선만 6량 열차로 운행되고 있다. 이에 본 연구에서는 9호선 8량 운행 시 발생하는 편익에 대해 분석하였다.

국내 교통 혼잡비용에 대한 선행연구를 검토한 여러 연구가 있으나, 본 연구에서는 8량 열차로 운행되는 1~8호선과 달리 6량 열차로 운행되는 9호선의 혼잡비용을 분석하는 것을 주 내용으로 하였다.

본 연구에서는 혼잡비용을 분석하기 위해 현재 존재하지 않는 재화의 평가방법인 가상가치평가법(CVM, Contingent Valuation Method)을 사용하였으며, 설문방법에는 양분선택형의 설문을 통해 혼잡단계 완화에 따른 추가 지불의사를 설문하였다. 설문응답자의 기초통계 분석결과 플랫폼의 혼잡도에 대하여 ‘혼잡하다’라고 인식하는 응답자가 57.7%로써 가장 많은 비중을 차지하였다. 급행열차의 배차간격과 혼잡도에 대한 인식의 경우 각각 ‘보통이다’(53.0%)와 ‘혼잡하다’(45.3%)라고 응답한 경우가 가장 많은 응답을 보였다. 일반열차의 배차간격과 혼잡도에 대한 인식의 경우 각각 ‘보통이다’(45.4%)와 ‘혼잡하다’(40.8%)로써 혼잡도의 경우 전반적으로 ‘혼잡하다’라는 응답자가 많았으며 배차간격에 대해서는 ‘보통이다’라고 응답한 응답자가 많은 것으로 나타났다.

혼잡단계 완화에 대한 추가지불용의액을 함께 조사하였으며, 조사결과를 기반으로 한 지불용의액 추정 결과 혼잡단계 변화 시나리오에 따라 7.3원~114.3원으로 예상되었다. 이를 기반으로 재차인원 및 승차인원에 적용하여 연간편익을 추정한 결과 약 23억 7천만 원의 편익이 발생하는 것으로 나타났으며, 2030년 기준 약 30억 1천만 원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 본 연구에서 추정된 편익은 향후 9호선의 운영정책 수립 시 기초자료로써 활용될 수 있을 것이다. 또한 본 연구에서 추정된 지불용의액은 향후 대중교통요금 조정 시 참고사항으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 한계로는 가상가치평가 추정 시 과소 또는 과대평가의 가능성을 내포하고 있는 점이다. 이는 현재 시장에 존재하는 재화나 서비스에 대한 비용을 책정하는 것이 아니라 존재하지 않는 즉 가상의 재화에 대해 설문대상자에게 설명한 후 이에 대한 지불의사를 묻는 것으로 설문응답자가 가상의 혼잡단계 변화에 대해 제대로 이해하지 못하였을 수도 있으며, 막연한 기대감에 의해 설문응답을 하였을 수도 있기 때문이다. 또한 혼잡단계를 각 시나리오별로 나누어 분석을 수행하면서 혼잡도는 완화되었으나 본 연구에서 구분한 시나리오(혼잡 단계 변화)에 포함되지 않아 실제로는 혼잡완화(편익)가 발생하였으나 계산에는 포함되지 않은 값이 있을 수 있다. 향후 보다 깊이 있는 연구를 통해 통계분석을 보완함으로써 시나리오 변화에 포함되지 않은 편익도 고려할 수 있는 연구가 필요할 것이다.

Table 12. Estimated benefit (won)

	Upstream	Downline	Total
2019	1,088,776,715	1,279,122,323	2,367,899,038
2030	1,458,673,152	1,552,067,994	3,010,741,146
2035	1,454,134,896	1,419,380,053	2,873,514,949
2040	1,454,383,666	1,349,487,574	2,803,871,240
2045	1,475,130,455	1,202,560,993	2,677,691,448

인용문헌 References

1. 김경현·박상민·박성호·윤일수, 2018. “중형 저상전기버스 도입에 따른 지불용의액 추정 연구”, 「한국ITS학회」, 17(1): 17-30.
Kim, K.H., Park, S.M., Park, S.H., and Yoon, I.S., 2018. “Study of the WTP Estimation for Introduction of Medium-sized Low Floor Electric Bus”, *The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 17(1): 17-30.
2. 김승준, 2016. “서울시 지하철의 혼잡비용 산정과 정책적 활용방안” 서울연구원.
Kim, S.J., 2016. “A Study on the Estimation of Congestion Cost and Policy Application of Subway in Seoul”, The Seoul Institute.
3. 신성일, 2011. “대중교통카드를 활용한 도시철도 혼잡도 지표개발연구”, 서울연구원.
Shin, S.I., 2011. “Congestion Index of Urban Rail Transit Using Public Transportation Card Data”, The Seoul Institute.
4. 안재홍·강인성, 2017. “비용효과분석을 통한 서울시 지하철 9호선 혼잡도 개선방안에 관한 연구”, 「한국공공관리학보」, 31(2): 105-128.
Ahn, J.H. and Kang, I.S., 2017. “A Study on the Improvement of congestion on Subway Line No. 9 in Seoul by Cost Effect Analysis”, *Korean Public Management Review*, 31(2): 105-128.
5. 오석문, 2005. “서울시 혼잡 지하철역의 승하차 시간 분석”, 「한국철도학회논문집」, 42-49.
Oh, S.M., 2005. “An Analysis of the Passenger Flow Time in the Congested Subway Stations”. *Journal of the Korean Society For Railway*, 42-49.
6. 유정복·이성준, 2014. “CVM을 이용한 교통사고의 심리적 비용 산정”, 「교통연구」, 21(2): 41-55.
Yu, J.B. and Lee, S.J., 2014. “Estimation of Psychological Traffic Accident Cost by Using CVM”, *Traffic Research*, 21(2): 41-55.
7. 이윤정·도명식·장택영·한대석, 2015. “교통사고 긴급통보시스템 도입을 위한 지불의사액 산정방안 비교분석”, 「한국 ITS학회 논문지」, 14(6): 50-59.
Lee, Y.J., Do, M.S., Jang, T.Y., and Han, D.S., 2015. “Comparative Analysis of Calculation Methods on Willingness to Pay for Introduction of Emergency-call System”, *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 14(6): 50-59.
8. 이호·최진경, 2015. “대중교통카드 자료를 활용한 도시철도 승강장 혼잡도 추정 알고리즘 개발”, 「한국철도학회논문집」, 18(3): 270-277.
Lee, H. and Choi, J.K., 2015. “Development of an Algorithm for Estimating Subway Platform Congestion Using Public Transportation Card Data”, *Journal of the Korean Society For Railway*, 18(3): 270-277.
9. 장진영·구자현·추상호, 2017. “CVM을 활용한 이륜자동차 정비제도 도입 시 이용자측면 기대효과 분석”. 「국토계획」, 52(2): 67-80.
Jang, J.Y., Koo, J.H., and Choo, S.H., 2017. “An Analysis for Introduction of Motorcycle Repair System Effect on User’s Perspective by a Contingent Valuation Method”, *Journal of Korea Planning Association*, 52(2): 67-80.
10. 한국철도공사, 2019. “2018 철도통계연보”
Korail, 2019. “2018 Korea Railway Statistics”.
11. King, D., Srikunthiran, S., and Shalaby, A., 2014. “Using Simulation to Analyze Crowd Congestion and Mitigation at Canadian Subway Interchanges: Case of Bloor-Yonge Station, Toronto, Ontario”, *Transport Resesarch Board*, 2417(1): 27-36.
12. Prud’homme, R., Koning, M., Lenormand L., and Fehr, A., 2012. “Public Transport Congestion Costs: The Case of the Paris Subway”, *Transport Policy*, 21: 101-109.
13. Eboli, L. and Mazzulla, G., 2008. “Willingness-to-pay of Public Transport Users for Improvement in Service Quality”, *European Transport*, 38: 107-118.

Date Received 2020-09-12

Date Reviewed 2020-11-03

Date Accepted 2020-11-03

Date Revised 2020-12-17

Final Received 2020-12-17