

정책연구 2017-32

공공자전거 타슈의 이용편익추정 연구

An Estimating the Benefits of the public bike system,
Tashu, in Daejeon City

이재영

연구책임자

• 이재영 / 도시기반연구실 선임연구위원

공동연구원

• 도현철 / 도시기반연구실 연구원

정책연구 2017-32

공공자전거 타슈의 이용편익추정 연구

발행인 박 재 목

발행일 2017년 11월

발행처 대전세종연구원

34863 대전광역시 중구 중앙로 85(선화동 287-2)

전화: 042-530-3552 팩스: 042-530-3556

홈페이지 : <http://www.dsi.re.kr>

인쇄: (주)카피팩토리 TEL 070-8279-3343 FAX 0507-711-7732

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시와 세종자치특별시의 정책적 입장과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.

차 례

1. 서론	3
1.1 연구배경	3
1.2 연구목적	4
1.3 연구방법 및 내용	4
2. 타슈의 이용특성	9
2.1 타슈의 개요	9
2.2 타슈의 이용행태 분석	17
3. 선행연구 검토	25
4. 타슈의 편익 추정	33
4.1. 편익추정 구조	33
4.2. 편익의 추정	36
4.3. 편익합계	66
5. 결론	69
5.1 요약	69
5.2 정책제언	70

표 차례

표 2-1. 대전시 타슈 현황(2017.9 기준)	9
표 2-2. 타슈의 운영비	9
표 2-3. 지역별 타슈 대여소 분포	11
표 2-4. 타슈의 이용요금	12
표 2-5. 타슈의 이용현황 총괄	12
표 2-6. 2016년 타슈 이용건수	13
표 2-7. 2016년 타슈의 평균 이용횟수	13
표 2-8. 타슈 이용자의 성별 분포	15
표 2-9. 일별 대여횟수 분포	17
표 2-10. 타슈의 평균 이용시간	18
표 2-11. 타슈의 성별 평균이용시간	19
표 2-12. 타슈의 평균 이용거리	19
표 2-13. 타슈의 성별 이용거리	19
표 2-14. 동일한 스테이션에 대여·반납 상위 순위	20
표 2-15. 스테이션별 대여건수 순위	21
표 2-16. 시간대별 평균이용시간	22
표 3-1. 자전거이용에 따른 편익항목 국내연구	25
표 3-2. 국가별 자전거이용에 따른 편익항목 산정사례	27
표 3-3. 연구자별 편익추정 사례	28
표 3-4. 계량화 여부에 따른 주요 편익항목	29
표 4-1. 편익항목	35
표 4-2. 자전거 대여이력 데이터 오류 검토 결과	37
표 4-3. 통행거리에 따른 수단별 통행시간	39
표 4-4. 통행거리 제약에 따른 통행량 집계 결과	41

표 4-5. Zone-to-Zone 데이터 변환 결과(예시)	41
표 4-6. 여객 O/D 구축 결과	42
표 4-7. 자전거 이용자의 사업미시행시 수단분담율	42
표 4-8. 네트워크 현행화를 통한 편익 산정 항목	43
표 4-9. 주행거리에 따른 수단별 이동시간 비교	46
표 4-10. 주행거리별 자동차와 자전거의 이동시간 비교	46
표 4-11. 이동시간 절감편익	47
표 4-12. 자전거 통행속도	47
표 4-13. 해외 건강편익 비용	49
표 4-14. 공공자전거의 의료비용절감 효과(1)	50
표 4-15. 공공자전거의 의료비용절감 효과(2)	50
표 4-16. 대전시 주차요금 기준	51
표 4-17. 공공자전거의 주차비용절감	51
표 4-18. 수단별 평균 통행시간가치(대전권)	54
표 4-19. 통행시간 절감편익 산정	55
표 4-20. 통행시간 절감편익 산정	55
표 4-21. 통행시간편익 산정 결과 종합	56
표 4-22. 차종별·속도별 차량운행비용 원단위(2015년 기준)	57
표 4-23. 차량운행비절감편익 산정 결과 종합	58
표 4-24. 도로 유형별 교통사고 발생비율	59
표 4-25. 도로부문의 교통사고 비용 원단위(PGS 포함)	60
표 4-26. 교통사고절감편익 산정 결과 종합	60
표 4-27. 차종별·속도별 대기오염비용 원단위(2015년 기준)	61
표 4-28. 소음비용의 평균원단위	62
표 4-29. 대기오염 절감편익 산정 결과 종합	62
표 4-30. 사업시행에 따른 VKT 및 Co2 배출량 변화	63
표 4-31. 온실가스 절감편익	63
표 4-32. 대전시 도로건설 및 운영부문 예산 추이 추정	65
표 4-33. 도로건설 및 유지관리비용 절감편익	65
표 4-34. 주차장건설비용 절감편익	65

표 4-35. 편익 종합	66
■ 부록1. 항목구분에 따른 속도·차종별 차량운행비용(2015년 기준)	75
■ 부록2. 승용차 재차인원	77
■ 부록3. 버스 재차인원	79
■ 부록4. 승용차 환산계수	79
■ 부록5. 전국 기반 도시부 도로 유형별 교통량-지체함수(VDF)	80
■ 부록6. 항목구분에 따른 차종별·속도별 대기오염비용(2015년)	81
■ 부록7. VKT를 이용한 사업 시행시/미시행시 Co2 배출량	83

그림 차례

그림 2-1. 타슈 대여소 위치	10
그림 2-2. 타슈의 성별비율(%)	14
그림 2-3. 타슈 이용자의 성별 연령별 분포	15
그림 2-4. 타슈 이용자의 월별 이용분포	16
그림 2-5. 타슈의 성별 이동거리·이용시간	19
그림 4-1. 공공자전거 편익추정 구조	34
그림 4-2. 자전거 대여소정보 데이터 구조	36
그림 4-3. 자전거 대여이력 데이터 구조	36
그림 4-4. 시간대별/거리별 자전거의 타수단 대체효과	45
그림 4-5. 주행거리에 따른 수단별 이동시간 비교	46
그림 4-6. 의료비용 절감효과 구조	48

서론

- 1.1. 연구 배경
- 1.2. 연구 목적
- 1.3. 연구방법 및 내용

1. 서론

1.1 연구배경

- 대전시의 공공자전거시스템(Public Bike System)인 “타슈”¹⁾(이하 타슈)는 교통부문의 대표적인 친환경적 정책이다. 2009년에 200대를 시범도입하면서 시작된 타슈는 이제 2,200여대로 불과 10년이 채 되지 않는 시간 동안에 10배 이상 커진 셈이다.
- 또한, 타슈는 하루 약 2,000건에 이르는 이용횟수를 보이고 있다. 대중교통 밀도가 상대적으로 낮은 대전시의 여건을 고려할 때, 대중교통의 사각지대를 메꾸어주는 역할을 하며, 시민들의 통행편의성을 증대시키는데 큰 역할을 하고 있다는 평가를 할 수 있다.
- 반면에, 타슈의 운영에 따른 비용부문의 재정부담에 대한 우려의 목소리도 있다. 타슈 운영에 연간 35억 원 수준의 비용이 소요되는 반면 요금수입은 운영비용의 10% 미만에 그치고 있기 때문이다.
- 이와 같이 편익과 비용이 동시에 발생되고 있는 상황에서 비용은 구체적으로 적시되고 있는 반면 편익은 구체적이지 않고 모호하다. 그 동안 편익에 대한 계량화를 하지 않았기 때문이다.

1) 2009년에 도입한 대전시 공공자전거의 브랜드 명칭

- 따라서, 타슈의 편의성과 대중교통과의 보완재적인 긍정적 역할에도 불구하고 의사결정에 어려움을 겪고 있는 것이 사실이다.
- 결국, 타슈 정책의 지속여부에 대한 의사결정은 비용과 편익으로 대별되는 두 항목을 비교함으로써 가능한 것이다. 이것이 곧 편익의 항목을 구체화하고 계량화의 필요성이라 하겠다.

1.2 연구목적

- 본 연구의 목적은 대전시가 운영하는 타슈의 편익범위를 구체화하고, 계량화함으로써 합리적인 의사결정의 근거를 마련토록 하는 데 있다.

1.3 연구방법 및 내용

- 타슈의 이용에 따른 편익을 추정하기 위한 기본적인 구조는 사업을 시행했을 때의 편익에서 사업이 미시행되었을 때의 편익을 제외하는 것이다. 즉, 타슈의 총 편익은 다음과 같다.

$$TB_{tashu} = B_{do-tashu} - B_{undo-tashu}$$

여기서,

TB_{tashu} : 공공자전거 이용에 따른 총편익

$B_{do-tashu}$: 공공자전거사업 시행시 편익

$B_{undo-tashu}$: 공공자전거사업 미시행시 편익

- 추정과 관련하여 2가지 문제가 발생한다. 첫 번째는 편익항목의 범위를 어디까지로 할 것인가?이고 두 번째는 설정된 편익항목의 추정방법에 관한 문제이다.
- 우선, 첫 번째 문제와 관련해서는 국내외 선행연구 및 관련 문헌을 고찰하여 설정하였다.
- 또한, 두 번째 문제와 관련하여서는 각 편익항목에 적합한 방법을 사용하였다. 특히, 통행시간, 이동시간 편익 등의 편익을 산정하기 위해서 신뢰성을 높이기 위하여 자전거 대여이력 빅데이터를 이용하여 구축된 여객 O/D를 반영하여 분석을 수행하였다.
- 연구의 내용은 다음과 같다.
 - 타슈의 운영현황 등 사례분석
 - 타슈의 교통수단분담률 추정
 - 타슈이용 빅데이터 분석을 통한 이용특성 분석
 - 타슈 이용편익의 구분
 - 각 편익항목별 추정방법 고찰
 - 이용편익의 추정

Ⅱ .

택슈의 이용 특성

- 2.1. 택슈의 개요
- 2.2. 택슈의 이용행태분석

2. 타슈의 이용특성

2.1 타슈의 개요²⁾

가. 운영현황

- 대전시가 운영중인 타슈는 2017년 9월 현재 228개소, 2,165대이다. 타슈는 2009년 10개소, 200대로 시범사업을 시작한 이래 연평균 약 35% 수준으로 꾸준히 확대되었다.

표 2-1. 대전시 타슈 현황(2017.9 기준)

지역	동구	중구	서구	유성구	대덕구	합계	비고
스테이션(개소)	30	35	64	65	34	228	
거치대(개)	376	427	851	881	420	2,955	
자전거대수(대)	2,165						

자료 : 대전시설관리공단 내부자료

- 타슈는 대전시 시설관리공단에서 위탁하여 운영하고 있으며 연간 운영비는 2017년 기준 3,450백만원이다.
- 자전거 1대당 연간 운영비는 1,590천원이며, 스테이션 기준으로는 15,131천원이다.

표 2-2. 타슈의 운영비

기 관	자전거수	스테이션수	운영비	자전거 평균운영비	스테이션 평균운영비
대전시	2,165	228	34.5억원	1,590천원	15,132천원

2) 2016년 기준 대여이력 정보 이용(2016.1.1.-2016.12.31.)

- 좌표자료를 이용하여 타슈 대여소의 지역적 분포를 분석한 결과, 유성구가 65개소로 가장 많은 것으로 나타났으며, 다음으로 서구가 64개소, 중구 35개소, 대덕구 34개소, 동구 30개소로 나타났다.
- 그러나, 이러한 결과는 참고사항일 뿐이다. 구별 지리적, 경제사회적 여건이 다르기 때문이다.

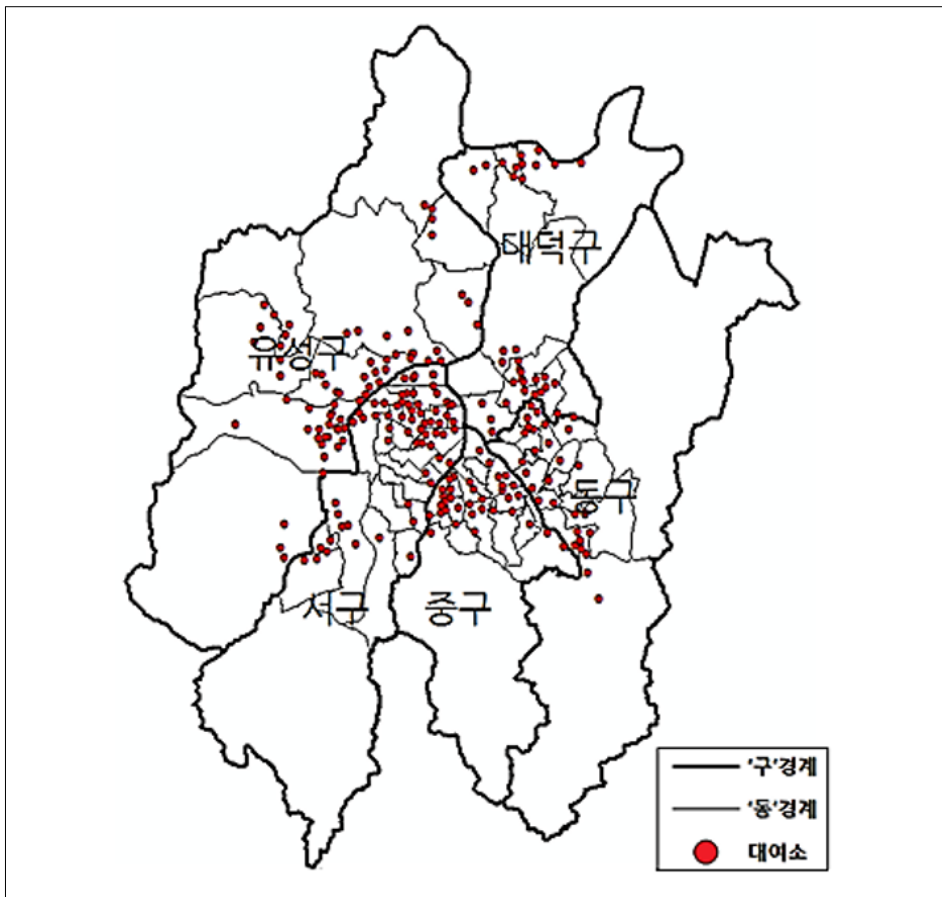


그림 2-1. 타슈 대여소 위치

표 2-3. 지역별 타슈 대여소 분포 (단위 : 개소)

행정구역명	대여소 수	행정구역명	대여소 수	행정구역명	대여소 수	행정구역명	대여소 수				
유성구	온천1동	21	서구	월평3동	3	중구	은행선화동	3	동구	용천동	6
	온천2동	13		둔산3동	3		유천2동	2		효동	5
	신성동	11		관저1동	3		중촌동	2		산내동	4
	노은1동	6		용문동	2		대사동	2		판암1동	3
	진잠동	4		가장동	2		석교동	2		중앙동	2
	전민동	3		관저2동	2		용두동	1		신인동	2
	노은2동	3		갈마2동	1		부사동	1		홍도동	1
	구죽동	2		도마1동	1		산성동	1		자양동	1
	관평동	2		도마2동	1		신탄진동	7		대동	1
서구	둔산2동	10	중구	복수동	1	대덕구	송촌동	5	대덕구	성남동	1
	탄방동	7		정림동	1		법1동	3		삼성동	1
	만년동	6		태평1동	4		법2동	3		용운동	1
	월평1동	5		태평2동	4		중리동	3		가양1동	1
	가수원동	5		대흥동	4		오정동	3		가양2동	1
	둔산1동	4		유천1동	3		회덕동	3		비래동	2
	갈마1동	4		오류동	3		목상동	2		덕암동	1
	월평2동	3		문화1동	3		석봉동	2		-	-

합계 : 228개소

- 타슈의 이용요금은 비회원 기준으로 기본 요금 500 원이며 장시간 사용자는 누진요금을 적용받는다.
- 한편, 타슈에 회원으로 가입한 인원은 30,030명인 것으로 나타났다.

표 2-4. 타슈의 이용요금

구분	회원	비회원	회원수
기본 사용료 (1시간이내)	<ul style="list-style-type: none"> • 1년권 : 30,000원 • 30일권 : 5,000원 • 7일권 : 2,000원 	<ul style="list-style-type: none"> • 기본 1시간 : 500원 	30,030명
추가사용료	-	<ul style="list-style-type: none"> • 추가 30분당 500원 (1시간초과~3시간까지) • 30분당 1,000원 (3시간 초과) 	

나. 타슈의 이용률

- 타슈의 이용률은 시스템의 효율을 판단할 수 있는 가장 중요한 지표가 된다.
- 타슈는 연간 약 715천여건, 하루 약 2천건의 대여가 이루어지고 있으며, 평균 이용거리는 1.9km, 평균이용시간은 29분으로 나타났다.

표 2-5. 타슈의 이용현황 총괄

연간 총 대여건수(2016)	1일평균 대여건수	평균이용거리 (이용시간)
715,137	1,954	1.9km (29분)

- 타슈의 자전거 1대당 일평균이용횟수는 2016년 기준 1.11회로 나타났다. 2010년 10.4회/자전거/일³⁾, 2012년~2013년의 1.62회/자전거/일과 비교할 때, 지속적으로 낮아지고 있음을 의미한다⁴⁾.
- 이용횟수가 낮아지는 것은 기본적으로 타슈가 지역적으로 확대되고 있다는 것으로 해석될 수 있으나, 지나치게 회전률이 낮은 것은 주민요구의 무차별적 수용에 따른 비효율일 가능성도 배제할 수 없다.

표 2-6. 2016년 타슈 이용건수

총 대여건수				
합계	회 원		성 별	
	정회원	비회원	남성	여성
715,137	122,133	593,004	421,837	293,300

표 2-7. 2016년 타슈의 평균 이용횟수

1일평균 대여건수					
합계	평균 이용횟수 (회/자전거/일)	회 원		성 별	
		정회원	비회원	남성	여성
1,954	1.11	334	1,620	1,153	801

3) 이재영(2010), 공공자전거시스템의 이용특성분석 및 대전시 적용방안, p.47

4) 이재영(2015), 공공자전거 타슈의 효율적 운영관리방안, p.18

다. 타슈 이용자의 성별, 연령별 분포

- 타슈 이용자는 남성 59.0%, 여성 41.0%로 남성이용자가 많은 것으로 나타났는데, 특이한 점은 시행초기인 2010년의 성비(남성 55.0%)보다 남성의 비율이 보다 높아졌다는 것이다.
- 여성이용자가 상대적으로 편의성과 이용환경에 민감하다는 일반전제를 따르면, 이용환경이 질적으로 크게 개선되지 않았다는 것으로 해석될 수 있다.

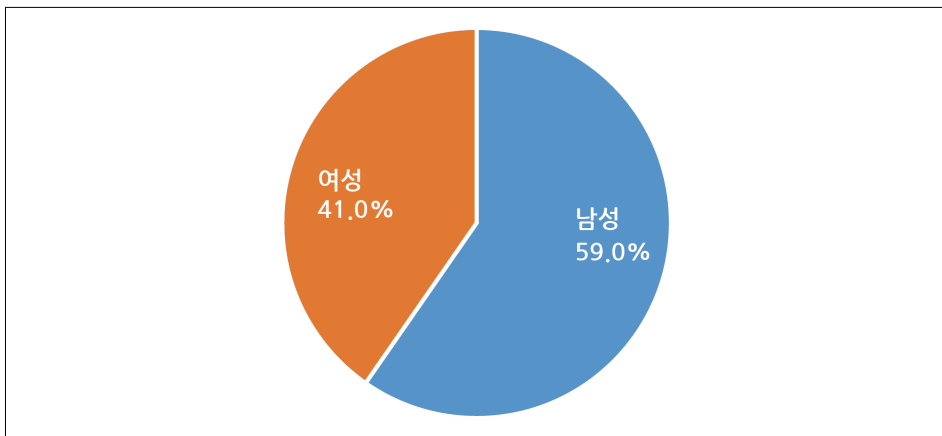


그림 2-2. 타슈의 성별비율(%)

- 타슈이용자의 평균연령은 약 33세이며, 남성과 여성의 평균 연령은 각각 33.3세와 31.2세로 나타났다⁵⁾.
- 성별, 연령별 이용분포는 남성과 여성이 차이를 보이고 있는데, 남성의 경우 40대~60대에서도 상당한

5) 개인정보자료의 관리강화로 이용자 연령정보 획득이 불가하여 이전 연구(2015) 분석자료 제시하였음.

이용분포를 보이고 있는 반면에 여성의 경우는 20-30대의 분포가 상대적으로 두드러진 것으로 나타났다. 이러한 분포는 여성의 사회활동과 레저활동이 증가한 것과 관련이 있을 것으로 판단된다.

표 2-8. 타슈 이용자의 성별 분포

성별	평균연령	N	표준편차
남성	33.32	551,405	11.255
여성	31.21	297,776	12.001
합계	32.58	849,181	11.566

자료 : 이재영(2015), 전게서, p.21

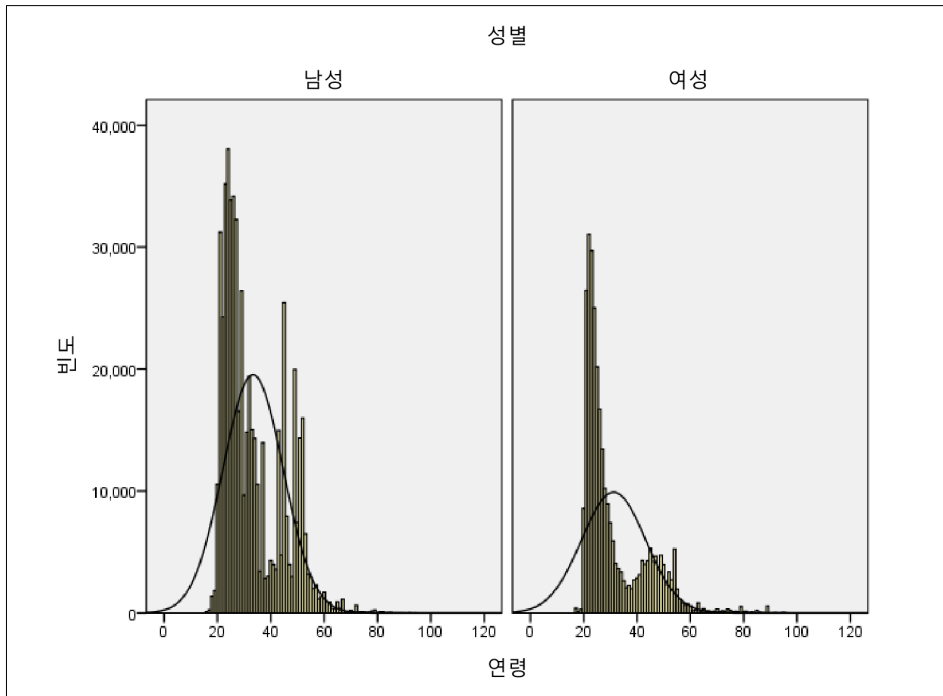


그림 2-4. 타슈 이용자의 성별 연령별 분포

라. 계절별 타슈의 이용률

- 타슈의 이용률이 가장 높은 계절은 봄부터 가을까지 인데, 4~6월이 가장 높고 9월~10월은 그 다음으로 높다. 11월부터 2월까지는 비수기에 해당한다.

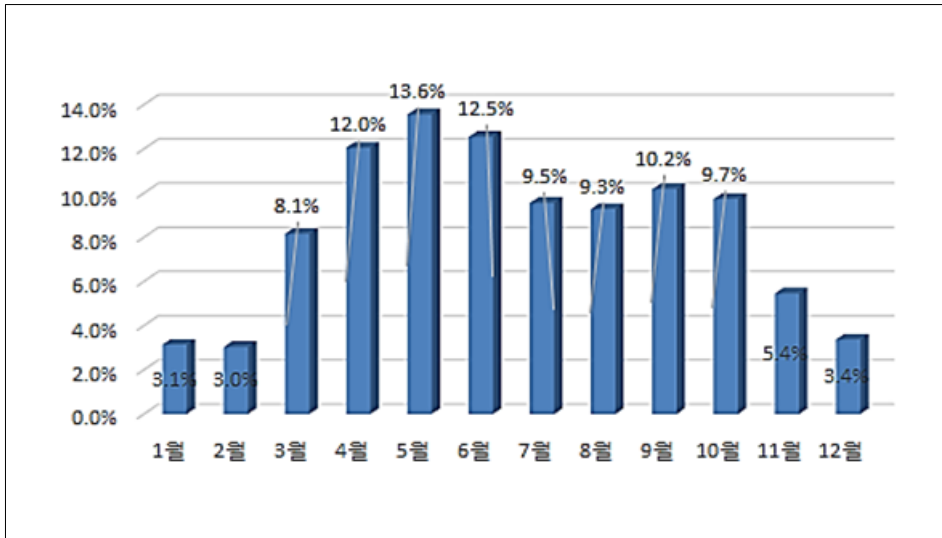


그림 2-6. 타슈 이용자의 월별 이용분포

- 날씨에 영향을 받는 자전거이용의 특성상 4계절이 비교적 뚜렷한 우리나라의 경우에는 계절적 특성을 분석하고 이에 맞는 운영 및 마케팅 전략을 마련할 필요가 있다.

2.2 타슈의 이용행태 분석

가. 분석자료

- 구체적인 타슈의 이용행태를 분석하기 위하여 2016년 9월 1일~9월 30일까지 1개월간의 대여이력데이터를 분석하였다. 대여이력 데이터는 대여일시 및 스테이션, 반납일시 및 스테이션, 성별, 연령대, 이동거리 등의 정보로 구성되어 있다.
- 기초 분석결과, 타슈는 하루 평균 2,414건이 이용되고 있고, 하루 이용횟수는 최소 220건/일에서 최대 3,618건/일로 편차가 크게 나타났다. 이러한 차이는 주로 날씨와 요일에 기인한 것으로 판단된다⁶⁾.

표 2-9. 일별 대여횟수 분포(단위 : 건/일)

대여일시	대여수	대여일시	대여수	대여일시	대여수
20160901	2,696	20160911	3,313	20160921	2,968
20160902	2,246	20160912	2,734	20160922	3,010
20160903	3,427	20160913	2,904	20160923	3,155
20160904	2,699	20160914	1,987	20160924	3,618
20160905	2,693	20160915	-	20160925	3,540
20160906	2,769	20160916	411	20160926	3,079
20160907	2,446	20160917	220	20160927	1,738
20160908	1,755	20160918	1,291	20160928	2,804
20160909	2,480	20160919	2,546	20160929	2,849
합계 : 72,426					

6) 대여수가 각각 411, 220건인 2016년 9월 16일, 17일은 비가 내렸음.

나. 타슈의 이용시간 및 거리

- 타슈 이용자들은 자전거를 평균 31.25분 동안 이용하고 있는 것으로 나타났다. 이는 2012~2013년과 비교할 때, 다소 짧아진 것이어서 면밀한 검토가 필요하겠지만 타슈의 확대 보급에 따른 스테이션 밀도의 증가가 주요한 요인으로 판단된다.
- 타슈의 이용시간을 성별로 보면, 여성의 이용시간은 평균 34.0분, 남성의 이용시간은 평균 27.2분인 것으로 나타났다.
- 한편, 타슈이용자 전체의 평균이용거리는 약 1.8km인 것으로 나타났다. 그러나, 성별로 구분해서 보면, 여성이 1.86km, 남성이 약 1.7km를 이용하는 것으로 나타났다.
- 요컨대, 여성은 남성보다 더 오래 그리고 더 멀리 이동하는 것으로 나타났다. 이동거리와 이용시간의 성별 차이는 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의하다.

표 2-10. 타슈의 평균 이용시간

구분	N	이용시간(분)	표준편차	평균표준오차
2012~2013년 ⁷⁾	848,960	33.36	73.092	.079
2016년	63,832	31.25	29.146	0.115

7) 이제영(2015), 전게서, p.24

표 2-11. 타슈의 성별 평균이용시간

구분	성별	N	이용시간(분)	표준편차	평균의 표준오차
이용시간	남성	37,683	27.237	27.9505	.1440
	여성	25,970	34.003	30.0740	.1866

주 : t값 -28.707, 자유도 53117.277, 유의확률 0.000

표 2-12. 타슈의 평균 이용거리

구분	N	평균(m)	표준편차	평균표준오차
2016년	64,086	1,793	1,275.677	5.039

표 2-13. 타슈의 성별 이용거리

구분	성별	N	평균이동거리(m)	표준편차	평균의 표준오차
이동거리	남성	37,501	1741.31	1263.032	6.522
	여성	25,859	1862.02	1290.446	8.025

주 : t값 -11.719, 자유도 54811.282, 유의확률 0.000

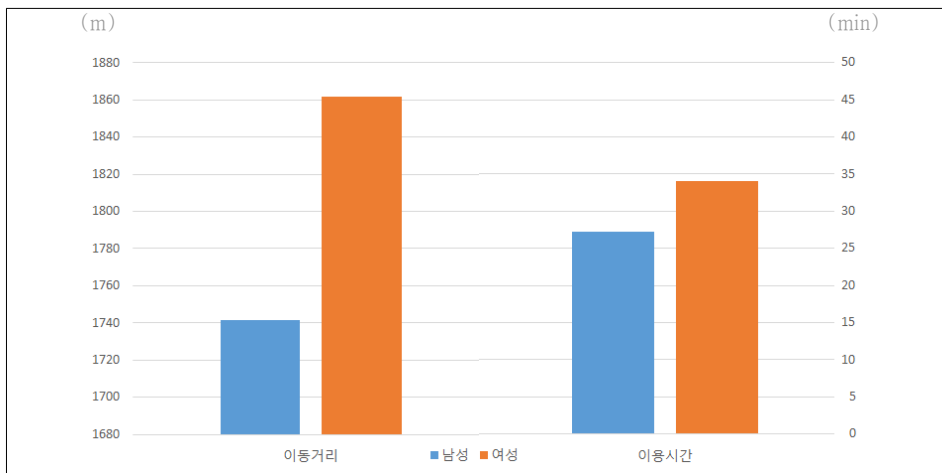


그림 2-7. 타슈의 성별 이동거리·이용시간

다. 타슈 스테이션별 연간 이용자수 및 이용률

- 스테이션별 연간 이용자 수는 스테이션 위치의 적정성을 나타내는 지표인데, 2가지로 특성을 구분할 수 있다.
- 첫째, 동일 스테이션에서 대여 및 반납이 이루어지는 경우이다. 통근, 통학 등과 같이 O/D가 다른 경우보다는 유원지나, 공원, 쇼핑센터 등 동일 구역에서 레저, 쇼핑 등의 활동을 하는 경우에 해당한다.

표 2-14. 동일한 스테이션에 대여·반납 상위 순위

No.	스테이션명	건수	비율	Rank
3	한밭수목원(정문입구)	1340	10.86%	1
186	한밭수목원-2	710	5.76%	2
31	유성구청	428	3.47%	3
56	충대정문오거리2(장대네거리앞)	325	2.63%	4
108	목원대학교 입구	212	1.72%	5
33	월평역	191	1.55%	6
151	우송대 입구	188	1.52%	7
17	타임월드 앞	185	1.50%	8
182	한밭대입구	155	1.26%	9
122	한남대후문 입구	140	1.14%	10
57	한진오피스텔앞	133	1.08%	11
55	충대정문오거리1	132	1.07%	12
5	둔산대공원 입구(버스정류장)	130	1.05%	13
178	노은역	129	1.05%	14
29	만년동주민센터	127	1.03%	15
12	정부청사역 앞(4번 출구)	125	1.01%	16
200	지족역	120	0.97%	17
1	무역전시관입구(택시승강장 앞)	119	0.96%	18
175	건양대 사거리	118	0.96%	19
105	카이스트 서쪽 쪽문	110	0.89%	20

- 한밭수목원, 유성구청, 충대정문오거리, 목원대학교 입구, 우송대 입구, 한밭대 입구 등 공원이나 대학교

의 입구에 있는 스테이션에서 이용수요가 많았다.

- 공원은 주로 레저목적이용이고, 학교는 학교내에 스테이션이 없기 때문에 대여반납 스테이션이 같은 것으로 풀이된다.
- 둘째, 각각 다른 스테이션에서 대여와 반납이 이루어진 경우이다. 스테이션 중 대여순위가 가장 높은 곳은 충대정문오거리, 타임월드, 한발수목원 등으로 나타났다. 이들 지역은 연계수단이 부족하고, 단거리 통행이 많은 특징을 갖고 있다. 반면에, 아파트단지 앞, 외곽의 버스정류장, 외곽지역 근린시설 등과 인접한 지역의 스테이션의 대여수요는 매우 적으로 것으로 나타났다.

표 2-15. 스테이션별 대여건수 순위

No.	스테이션명	건수	비율	Rank
56	충대정문오거리2(장대네거리앞)	1432	2.37%	1
17	타임월드 앞	1388	2.30%	2
186	한발수목원-2	1368	2.26%	3
3	한발수목원(정문입구)	1365	2.26%	4
33	월평역	1188	1.96%	5
21	카이스트 학사식당 앞	1086	1.80%	6
31	유성구청	1062	1.76%	7
105	카이스트 서쪽 쪽문	1046	1.73%	8
19	현대아이텔 앞(버스정류장)	1040	1.72%	9
14	둔산 하이마트 앞	959	1.59%	10
∴	∴	∴	∴	∴
102	은어송마을2단지앞	11	0.02%	199
128	과선교버스정류장	7	0.01%	200
86	삼부프라자앞	3	0.00%	201
194	호동우체국 건너편	1	0.00%	202

라. 타슈 대여이력 데이터 분석

- 표 2-16.은 시간대별 이용시간 분포를 나타내고 있다. 전체적으로 20분대 후반과 30분대 초반으로 평균에 근접해 있는 것을 볼 수 있다.
- 그러나, 오전 07시대, 08시대 즉, 출퇴근 시간에는 각각 22.4분, 19.4분으로 평균 이용시간보다 상대적으로 작은 값을 보이고 있다. 따라서, 통근 및 통학 시간에는 상대적으로 시간적 여유가 많지 않아 주로 단거리 구간에서 단일 혹은 연계통행으로 이용되었을 것으로 추정할 수 있다.

표 2-16. 시간대별 평균이용시간

시간대	평균	N	표준편차
0	29.45	80	23.413
5	29.55	400	32.913
6	29.09	646	39.630
7	22.41	1607	23.179
8	19.36	2734	20.400
9	24.65	1737	30.489
10	29.56	1579	35.592
11	30.80	1757	33.647
12	29.83	2257	32.846
13	31.89	2400	33.729
14	35.53	2605	37.131
15	35.12	3153	33.429
16	33.66	4159	30.778
17	32.34	5268	29.869
18	31.21	7327	28.338
19	35.32	5874	29.908
20	38.08	6046	30.112
21	33.88	6007	24.947
22	27.95	5347	18.600
23	18.37	2849	10.858

Ⅲ .

선행연구 검토

3. 선행연구 검토

- 자전거 이용에 따른 편익을 추정할 때, 가장 기본적인 것은 편익항목의 범위이다. 이 편익은 다시 계량 가능한 항목과 계량불가능한 항목으로 구분되고, 계량가능한 항목은 다시 금전가치화가능항목과 금전가치화불가능항목으로 구분할 수 있다. 의사결정 종류에 따라 다르지만, 비용편익분석에서는 통상 금전가치화가능항목을 대상으로 한다.
- 국내에서는 금전가치화가능 항목에 국한하여 김형철·이재영(1998)과 신희철외(2010)의 연구가 있다. 김형철·이재영(1998)은 자전거운행비용과 차량운행비, 소음 및 진동 등 항목을 반영하였다. 신희철외(2010)은 통행시간절감편익, 건강증진효과, 대기오염물질 저감, 온실가스저감, 에너지절감 편익을 산정하였다.

표 3-1. 자전거이용에 따른 편익항목 국내연구

구 분	항목	비고
이재영 (1998)	<ul style="list-style-type: none"> · 자전거운행비용 · 차량운행비용 · 차량에너지 소모 · 교통사고비용 · 자전거/보행자/차량운전자 시간비용 · 대기질 개선 · 소음 및 진동 감소 · 만족도의 증가 등 	일정구간 전제 원단위 활용
신희철 (2010)	<ul style="list-style-type: none"> · 통행시간절감편익 · 건강증진효과 · 대기오염물질 저감편익 · 온실가스저감편익 · 에너지절감편익 	수단분담률 가정한 시뮬레이션

- 해외의 연구는 국가마다 항목과 결과값에 차이가 있다. 국내연구와 다른 점은 자전거 이용에 따른 다양한 직간접 편익항목을 고려하여 최대한 금전가치화하고 있다. 예를 들면, 안락감, 불안감, 공공건강, 외부비용, 주차비용, 사고비용 등이 그 것이다.
- 노르웨이(TemaNord, 2005)에서는 교통사고, 통행시간, 불안(Insecurity), 학교버스대체, 단기건강효과, 중장기 건강효과, 외부비용, 주차비용 등을 자전거도로의 건설에 따른 편익 및 비용으로 산정하였다.
- 여기서, 불안(Insecurity)은 자전거이용자가 도로를 주행할 때 느끼는 불안에 대한 편익(비용)을 의미하고, 학교버스대체는 자전거도로가 건설되면 학생들에게 제공되는 스쿨버스의 제공필요성이 감소됨에 따른 편익을 의미한다. 또한, 주차비용은 주차장을 렌트할 때 소요되는 비용을 의미한다.
- 한편, 동일한 편익항목에서도 국가에 따라 편익의 크기를 다르게 적용하고 있는 것으로 나타났다. 예컨대, 표 3-2를 살펴보면 통행시간가치의 경우 스웨덴에서는 SEK 90(=10€)를 반영하는 반면, 핀란드는 17.31€, 덴마크에서는 4.7€를 반영하고 있는 것으로 나타났다.

표 3-2. 국가별 자전거이용에 따른 편익항목 산정사례

효과	노르웨이 (Saelensminde)	스웨덴 (Lind et al)	핀란드 (Metsäranta Tervonen)	덴마크 (Krag et al)
안락감	-	SEK 0-20/통행 SEK 0-5/자전거·km	건강편익과 외부비용에 포함	€ 0.06/자전거·km
불안감	NOK 2/자전거·km	안락감에 포함	No value	No value
공공건강 편익	NOK 7300/년 (활동인구)	SEK 12000/년 (50-60세의 활동인구)	€ 1200 /년	DKK 2,760 /년 혹은 € 2.35 /자전거·시간
단기결석	NOK 2500/년 (고용된 활동인구)	-	건강편익에 포함	건강편익에 포함
외부비용	NOK 0.4-1.4/km·년 (감소된 교통량)	SEK 0.45/년·km (감소된 교통량)	€ 0.009-0.02/년·km (감소된 배출량), €0.6 /연·시간	€ 0.05/인·km
주차	NOK 325-1165/월·자동 차	외부비용에 포함	차량비용 포함 (수단변경의 경우 평균 €24.7)	-
대중교통	-	-	€ 1.8-3 / 통행 (감소된 소득)	DKK 2 /인·km
자전거이용비 용	-	SEK 0.6/자전거·km	No value	€ 0.05 per cyclekm
학생	3.90 NOK/어린이·km (감소된 학교버스통행)	-	-	No value
교통사고	-	SEK 0.34-3 /사상사고	€84,000 / 사고	No value
자전거이용자 의 통행시간	-	SEK 70-90/자전거·시 간	평균 €17.31	€ 4.7 /자전거·시간
지체	-	SEK 2.3 /분 (도로횡단)	-	-

자료 : TemaNord, 2005, 「CBA of cycling」, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, p.47.

- 또한, 연구자들도 다양한 형태의 연구를 수행하였고, 원단위도 다양하다.

표 3-3. 연구자별 편익추정 사례

	Betz	Fix & Loomis	Lindsey	Litman	Nelson	Sharples
대기오염	-	-	-	\$0.20 - \$0.40	\$0.24 - \$0.40	184kg of CO2
혼잡	-	-	-	\$0.04 - \$0.40	\$0.03 - \$0.32	varies
소득	-	-	\$14,434,000	-	-	-
생태/환경	-	-	-	\$0.23	\$0.23	-
경제적 편익	\$18.46 - \$29.23 (surplus)	\$197 - \$205 (surplus)	\$1.43 - \$6.13 UDV	-	-	-
에너지비용	-	-	-	-	\$0.10 - \$0.12	-
일자리	-	-	982 FTE	-	-	-
소음	-	-	-	\$0.05 - \$0.10	\$0.02	1.5dB
주차	-	-	-	\$0.25 - \$1.50	\$0.23 - \$2.25	varies
도로유지관리	-	-	-	\$0.05 - \$0.10	\$0.02	varies
교통안전	-	-	-	-	-	£450,000
파생수요	-	-	\$21,000,000 est.	-	-	-
운전자비용	-	-	-	\$0.55 - \$0.85	\$0.40 - \$0.60	£7,472
합계	-	-	-	\$1.37 - \$3.20	\$1.27 - \$3.42	-

자료 : Krizek, <http://kevinjkrizek.org/wp-content/uploads/2013/03/Estimating-the-Economic-Benefits-of-Bicycling.pdf>

- 주요 항목을 데이터 또는 계량화가능 여부에 따라 정리하면 다음과 같다.

표 3-4. 계량화 여부에 따른 주요 편익항목

자전거이용효과	방법	요구되는 자료
차량운행비	수단별 자동차·km 변화. 즉, 승용차, 대중교통, 자전거간의 차이	교통량 및 모델링 자료
시간비용	수단별 통행시간의 변화	교통량 혹은 모델링
사고비용	자전거 개입 혹은 자전거 개입 없는 교통사고건수 변화	교통사고, 교통량 혹은 모델링
대기오염 및 외부비용	각 교통수단별 주행거리의 변화	교통량 혹은 모델링
레크리에이션 비용	자전거이용길이의 변화 및 자전거이용자 설문 자료	교통사고, 인터뷰, 교통량 혹은 모델링
건강편익	자전거주행거리 변화	교통량 혹은 모델링
안전	사고건수, 자전거주행거리의 변화	교통사고, 인터뷰, 교통량 혹은 모델링
불안감	자전거주행거리의 변화	교통량 혹은 모델링
상품가치	정성적인 효과	-
도시공간	정성적 효과	-
시스템편익	자전거주행거리의 변화	교통량 혹은 모델링

Source : Eva Willumsen et al(2010), Economic evaluation of cycle projects—methodology and cases, Association for European Transport and Contributions.

Velo Mondial(2014), New ways to go Public Investment in Cycling, p.56 재인용

IV .

타슈의 편익 추정

- 4.1. 편익추정 구조
- 4.2. 편익의 추정
- 4.3. 편익합계

4. 타슈의 편익 추정

4.1. 편익추정 구조

- 타슈의 편익추정과 관련하여 2가지 문제를 사전에 검토할 필요가 있다.
- 첫째, 편익항목의 범위에 관한 문제이다. 어떤 항목을 편익에 포함시킬 것인가의 문제로서 관점에 따라 다를 수 있다. 또한, 편익항목의 편입에는 동의하더라도 계량화 및 금전가치화는 또 다른 문제이다.
- 이 문제와 관련해서 본 연구는 비용편익분석(COBA)을 목적으로 하기 때문에, 금전가치화 가능한 항목을 그 대상으로 한정하였다.
- 둘째, 편익항목의 추정에는 다양한 가정이 필요하다. 대체로 충분한 분석자료가 부재하거나 알 수 없는 경우가 많기 때문이다. 따라서, 편익항목의 추정에는 적절한 전제가 합리적으로 포함되어야 한다.
- 그 중에서 가장 중요한 것이 자전거의 자동차통행 대체가능성이다. 가장 간편한 방법으로는 자전거의 이동거리만큼 자동차통행거리를 대체한 것으로 추정하는 방법이다. 이 방식은 소극적, 최소화된 추정 결과를 가져올 수 있다. 자전거의 통행은 통행수요 자체를 줄이거나 동일한 통행O/D에서 자동차통행보다 통행거리가 짧은 경우가 많기 때문이다. 예컨대, 자전거를 주 교통수단으로 이용하면 불필요한

통행을 줄이는 효과가 있으며, 이로 인하여 대중교통이용이 증가할 수 있다.

- 또한, 동일한 기종점(O/D)을 갖는 통행이지만 도로만을 이용해야 하고 주차장을 찾아야 하는 자동차보다 자전거의 통행거리가 짧아지는 특성이 있다.
- 본 연구에서는 직접 주행대체거리(시간)을 반영하였으며, 동일 기종점에 대해서는 타 수단에 대한 거리(시간) 경쟁력을 반영하였다.
- 편익추정 구조는 다음과 같다.

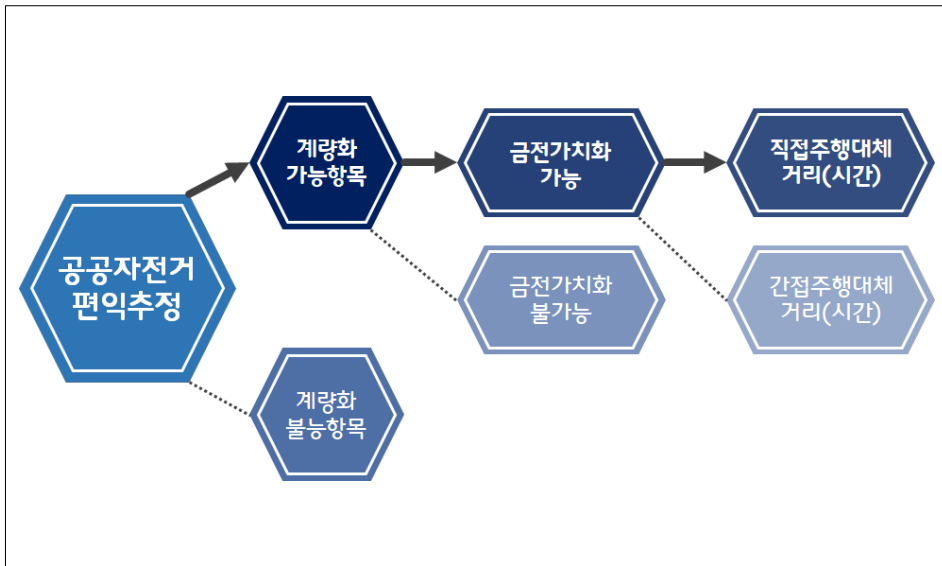


그림 4-1. 공공자전거 편익추정 구조

- 본 연구에서 적용한 편익항목은 다음과 같다.

표 4-1. 편익항목

편익 구분	항목	기준 원단위 및 고려요소	계량화 여부	승용차 통행거리 반영
개인	이동시간단축	동일O/D 기준 자동차통행루트에 비하여 상대적으로 짧은 통행거리로 인한 통행시간 단축	○	
	의료비용 절감	자전거를 이용하면 활동성이 향상되고 비만을 감소시키며, 이로 인해 질병이 줄어 의료비용을 감소	○	
	주차비용 절감	공공자전거를 이용하면 자동차를 이용하지 않음으로써 주차비용 절감	○	
사회	자동차이용자의 통행시간 절감	공공자전거이용으로 인한 자동차통행의 감소는 도로상의 혼잡완화 및 이로 인한 통행시간의 절감	○	○
	차량운영비	공공자전거이용으로 인한 자동차통행의 감소는 유류비, 유지관리비 등 차량운영비 절감	○	○
	교통사고감소	공공자전거이용으로 인한 자동차통행의 감소는 교통사고 감소.	○	○
	대기오염물질감소편익	공공자전거이용으로 인한 자동차통행의 감소는 대기오염물질 감소	○	○
	이산화탄소배출 감소편익	공공자전거이용으로 인한 자동차통행의 감소로 이산화탄소의 배출감소	○	○
	기반시설비용 (도로건설 및 유지관리비) (주차장건설비)	공공자전거이용으로 인한 자동차통행의 감소는 도로의 건설 및 유지관리, 주차장 건설비용을 절감시킴	○	○

주 : 원단위는 여러 가지 요인에 의하여 영향을 받으므로 적용시점에 따라 변경하여 적용하여야 함.

4.2. 편의의 추정

4.2.1. 기초자료분석

가. 자료 구조

- 연구에 활용된 자전거 대여이력 데이터는 1개월 (2016년 9월)간의 자료이며, 총 72,794건을 분석대상으로 하였다.
- 자전거 데이터는 대여소정보와 대여이력 데이터로 구분되는데, 먼저 대여소정보는 스테이션ID(번호), 대여소명, 위도, 경도로 구분되어 있다(그림 4-2.참조).
- 자전거 대여이력 데이터의 구조는 대여스테이션, 대여일시, 반납스테이션, 반납일시, 대여자출생년도앞자리, 성별, 이동거리(m)로 그림 4-3.과 같다.

번호	대여소명	위도	경도
1	무역전시관입구(택시승강장 앞)	36.374580	127.386131
2	대전컨벤션 센터 앞	36.374390	127.392375
3	한밭수목원(정문입구)	36.369084	127.388451
4	초원아파트 104동 부근(버스정류장)	36.367945	127.379302
5	둔산대공원 입구(버스정류장)	36.364974	127.388856
6	백한4가 앞(농현앞)	36.362315	127.376427

그림 4-2. 자전거 대여소정보 데이터 구조

대여스테이션	대여일시	반납스테이션	반납일시	대여자출생년도앞자리	성별	이동거리(m)
52	20160901000003	110	20160901003909	9	1	1000
111	20160901000003	184	20160901001929	9	1	2700
9	20160901000034	155	20160901013716	9	1	2540
55	20160901000035	178	20160901002644	9	1	1730
62	20160901050115	147	20160901052824	8	1	2880
80	20160901050248	80	20160901051141	7	2	540

그림 4-3. 자전거 대여이력 데이터 구조

나. 데이터 오류 검토

- 자전거 대여소정보 관련 데이터는 오류 항목이 존재하지 않은 것으로 나타났다.
- 그러나, 본 연구에 필요한 O/D(통행량)를 구축하기 위한 오류 검토를 수행한 결과, 반납스테이션ID 오류 368건, 이동거리 오류 356건으로 표 4-2.와 같이 나타났다.
- 본 연구에서는 오류데이터를 제외한 72,426건의 데이터를 이용하여 분석을 수행했다.
- 72,426건의 데이터 중 대여스테이션ID와 반납스테이션ID가 동일한 자료는 총 5,759건으로 집계되었다.

표 4-2. 자전거 대여이력 데이터 오류 검토 결과 (단위 : 건/월)

오류 항목	오류 데이터수	정상 데이터수	사용 자료	비고
1. 반납스테이션 ID가 없는 경우	368	72,426	72,426	O/D자료 구축 및 편익 산정 불가
2. 이동거리가 없는 경우	356	72,438		

주 : 오류항목 1과 2는 중복됨에 따라 O/D 구축이 가능한 데이터는 총 72,426건임.

다. 추정방법

- 편익추정의 기본구조는 다음과 같다.

$$TB_{tashu} = B_{do-tashu} - B_{undo-tashu}$$

여기서,

TB_{tashu} : 공공자전거 이용에 따른 총편익

$B_{do-tashu}$: 공공자전거사업 시행시 편익

$B_{undo-tashu}$: 공공자전거사업 미시행시 편익

- 사업미시행시는 자전거 대여이력 데이터를 이용하여 구축된 여객 O/D를 반영하여 다음과 같이 분석을 수행하였다.
 - 우선, 자전거 통행거리⁸⁾를 '1km미만 및 1km이상'과 '0.33km미만 및 0.33km이상'으로 구분하여 추정하였다⁹⁾. 왜냐하면, 공공자전거 이용 이전에 어떤 수단을 이용했을 것인가에 대한 합리적인 추론이 필요하다. 본 연구에서는 2가지 자료에 근거하여 각각 구분하여 추정한 것이다.
 - 자전거 통행거리가 1km(또는 0.33km)미만인 경우에는, 사업미시행시 도보 수단을 이용한 것으로 가정하여 통행시간절감편익만 산정하였다.
 - 자전거 통행거리 1km(또는 0.33km)이상인 경우, 사업미시행시는 시행시 O/D와 자전거 대여이력 데이터를 통해 구축된 O/D를 결합하여 통행배정 수행했다.
 - 사업미시행시 통행시간비용은 자전거 대여이력 데이터의 통행거리와 도보통행속도(4km/h)를 이용하여 산정했다.

8) 통행거리자료는 자전거에 부착된 GPS를 통하여 수집된 실주행 기록이다.

9) 1km는 평균시속 12km의 자전거가 5분간 주행할 수 있는 거리로서, 5분 이내의 거리는 도보로 이용했을 것으로 가정한 것이며, 0.33km는 도시내 역세권에서의 평균도보거리(이제영외,)로서 도보한계거리로 전제한 것이다.

- 또한, 사업시행시에는 다음과 같이 추정하였다.
 - 통행시간비용은 자전거 대여이력 데이터의 통행거리 자료와 평균 자전거 통행속도(12.0km/h)를 이용하였다.
 - 자전거 통행거리 1km(또는 0.33km)이상인 경우, 사업시행시 분석은 네트워크 현행화에 적용된 O/D를 이용하였다.
 - 내부통행은 통행배정모형에서 배정이 되지 않기 때문에 자전거 이력데이터의 통행거리 자료와 표 4-3.과 같이 수단별/통행거리별 자료를 이용하여 통행시간 절감편익을 산정하였다.
 - 외부통행은 일반적인 공로의 편익산정 방법을 적용했다.

표 4-3. 통행거리에 따른 수단별 통행시간

통행 거리(m)	통행시간(분)		
	승용차	버스	자전거
500	6.5	15.5	4.0
1,000	8.1	18.0	5.8
1,500	10.0	20.2	8.0
2,000	11.7	22.5	10.0
2,500	13.9	25.3	12.3
3,000	16.8	27.6	14.3
3,500	17.0	30.1	16.6
4,000	19.2	32.8	18.9
4,500	21.0	35.0	20.8
5,000	22.5	-	22.5
5,500	24.8	-	25.0
6,000	26.7	-	27.1

자료: Dekoster and Schollaert(1999)

4.2.2. 여객 O/D통행량 구축 및 네트워크 현행화

가. 전제조건 및 존 매칭

- 여객 O/D 구축에 앞서 다음과 같은 가정을 설정하였다.
 - 자전거 통행거리에서 1km(또는 0.33km)미만의 통행은 기존 도보 수단이용자로 가정하며, 1km(또는 0.33km)이상은 기존에 동력수단(승용차/택시, 버스)을 이용했던 이용자로 가정하였다.
 - 1개월간의 자전거 이용자를 해당 월의 일수(30일)로 나누어 1일 통행량 산정하였다.
 - 1km(또는 0.33km)이상 자전거 통행자의 기존 통행 수단은 해당 Zone-to-Zone간 수단분담률을 적용하였다. 내부통행과 외부통행은 구분해서 수단분담률을 적용하였고, O/D pair간 여객 수단분담률이 '0'인 경우, 대전시의 평균 수단분담률을 적용하였다.(승용차 약 77.7%, 버스 약 22.3%)
- 자전거 대여이력 데이터는 Station-to-Station의 구조로 이를 분석용 네트워크의 존체계로 변환하였으며, 변환 방법은 앞서 설명한바와 같이 Arc-GIS를 이용하여 자전거 대여소가 위치해 있는 행정동명 및 Network ID를 부여하였다.
 - 통행거리 1km미만의 Zone-to-Zone은 999pair로 '일'단위로 환산한 통행량은 약 921.0통행/일로 나타났으며, 통행거리 1km이상의 Zone-to-Zone은 1,852pair로 '일'단위로 환산한 통행량은 약 1,493.2통행/일
 - 또한, 통행거리 0.33km미만의 Zone-to-Zone은 799pair로 '일'단위로 환산한 통행량은 약 291.0통행/일로 나타났으며, 통행거리 0.33km이상의 Zone-to-Zone은 1,910pair로 '일'단위로 환산한 통행량은 약 2,123.2통행/일.

표 4-4. 통행거리 제약에 따른 통행량 집계 결과 (단위 : 통행/일)

구분	1km(0.33km) 미만	1km(0.33km) 이상	합계
1km 제약	920.97	1,493.23	2,404.20
0.33km 제약	291.03	2,123.17	2,404.20

표 4-5. Zone-to-Zone 데이터 변환 결과(예시) (단위 : 건/일)

Origin Station ID	Destination Station ID	Origin Zone Name	Destination Zone Name	Origin Zone Network ID	Destination Zone Network ID
52	110	탄방동	용문동	40	39
111	184	용문동	오정동	39	66
9	155	월평3동	오정동	50	66
55	178	온천2동	노은1동	59	62
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

나. 여객OD 구축결과

- 자전거 이력데이터의 통행거리 1km이상 통행한 이용자에 대하여 수단별 여객 O/D 구축 결과, 내부통행량은 약 354.3통행/일, 외부통행량은 약 1,138.7통행/일로 나타났다.
- 또한 통행거리 0.33km이상 통행한 이용자에 대하여 수단별 여객 O/D 구축 결과, 내부통행량은 약 623.0통행/일, 외부통행량은 약 1,500.1통행/일로 나타났다.

표 4-6. 여객 O/D 구축 결과 (단위 : 통행/일)

구분	통행량(1km 이상)			통행량(0.33km 이상)		
	승용차	버스	합계	승용차	버스	합계
내부통행	308.66	45.91	354.57	542.77	80.26	623.03
외부통행	864.56	274.10	1,138.67	1,132.98	367.15	1,500.13
합계	1,173.22	320.01	1,493.23	1,675.76	447.41	2,123.17

- 자전거 이용자의 사업미시행 수단 분담율은 통행거리 1km 이상의 경우, 승용차 78.9%, 버스 21.1%로 나타났으며, 통행거리 0.33km 이상에서는 승용차 78.6%, 버스 21.4%로 나타났다.

표 4-7. 자전거 이용자의 사업미시행시 수단분담율 (단위 : %)

구분	통행량(1km 이상)			통행량(0.33km 이상)		
	승용차	버스	합계	승용차	버스	합계
내부통행	87.12	12.88	100.00	87.05	12.95	100.00
외부통행	75.53	24.47	100.00	75.93	24.07	100.00
평균	78.93	21.07	100.00	78.57	21.43	100.00

- 도보 통행 가능거리 1km를 기준으로 대여소간 O/D pair(Station-to-Station)를 분석한 결과, 1km미만에서는 총 3,719 O/D쌍(27,629건)이 집계되었으며, 1km이상에서는 총 9,148 O/D쌍(44,797건)이 집계되었다.
- 도보 통행 가능거리 330m를 기준으로 대여소간 O/D 쌍(Station-to-Station)을 분석한 결과, 330m미만에서는 총 2,308 O/D 쌍(8,731건)이 집계되었으며, 330m이상에서는 총 9,966 O/D 쌍(63,695건)이 집계되었다.

다. 네트워크 현행화

- 네트워크 현행화는 2014년을 기준으로 수행하였으며, 편익의 항목별 원단위는 『2016년 상반기 예비타당성조사 착수회의자료』(한국개발연구원, 2016)에 제시된 2015년 원단위를 적용했다.
- 네트워크 현행화를 통한 편익은 차량운행비용 절감편익, 통행시간절감편익, 사고비용, 환경비용이며, 최종 편익은 디플레이터를 적용하여 2016년 기준으로 제시하였다.

표 4-8. 네트워크 현행화를 통한 편익 산정 항목

구분	통행거리 1km (또는 0.33km) 미만	통행거리 1km(또는 0.33km) 이상	
		내부통행	외부통행
차량운행비용 절감편익	X	X	O
통행시간 절감편익	O	O	O
사고비용 절감편익	X	X	O
환경비용 절감편익*	X	X	O

* 환경비용 절감편익의 Co2절감에 의한 편익은 제외함.

- 통행배정에 사용되는 재차인원 및 승용차환산계수 (Passenger Car Equivalent: PCE), VDF함수 등은 KTDB 대전권 네트워크에서 제공하는 원단위를 적용하였으며, 전일 O/D를 이용하여 통행배정을 수행하였다.
- 네트워크 현행화는 대전광역시 주변의 고속도로 6개 지점, 일반국도 2개 지점, 대전시 내부도로 23개 지

점 등 총 41개 지점과 IC 4개 지점을 수행하였으며
각 도로구간의 오차율은 - 25.73% ~ 23.57% 이다.

4.2.3. 편익의 추정

가. 이동시간의 단축

- 공공자전거로 이동하면 개인통행시간을 줄일 수 있을까?
일반적으로 자전거를 이용하면, 2가지의 잇점이 있다.
- 하나는 자전거를 이용하면 통행수요 자체가 감소한다는 이론이다. 단거리 이동에 유리한 자전거로 장거리 이동이 필요한 마트에 가거나 외식을 하는 등 여러 가지를 할 수 없기 때문에 통행수요 자체가 줄어드는 효과가 있다는 것이다.
- 또 다른 하나는 동일한 기종점을 통행하더라도 자전거를 이용하면 훨씬 더 짧은 루트를 이용하기 때문에 통행시간이 절감된다는 것이다.
- 전자인 경우는 효과를 가상설문에 의존하여야 하고, 실제로 얼마나 대체되었는지를 정량화하는 것은 입증하기도 어렵고 신뢰성도 낮아 매우 어렵다.
- 그러나, 후자인 경우는 여러 가지 방법이 있다. Faghih-Imani A et al(2017)는 뉴욕의 공공자전거인 CitiBike를 이용하여 동일한 O/D 기종점을 가진 통행을 택시와 공공자전거를 비교하였다.

- 주중 통행중 3km 이내 구간에서 50%의 공공자전거 OD쌍이 자가용승용차(택시)보다 빠르거나 경쟁력이 있는 것으로 분석되었다. 또한, 주중, 2km미만 통행의 경우, 20~36%의 O/D쌍이 택시보다 빠르다는 분석결과가 있다(Faghih-Imani et al, p.7).
- 이러한 결과는 '5km미만의 통행에서는 다른 어떤 수단보다 경쟁력이 있다'는 Dekoster and Schollaert(1999)의 연구를 입증한 것이다.

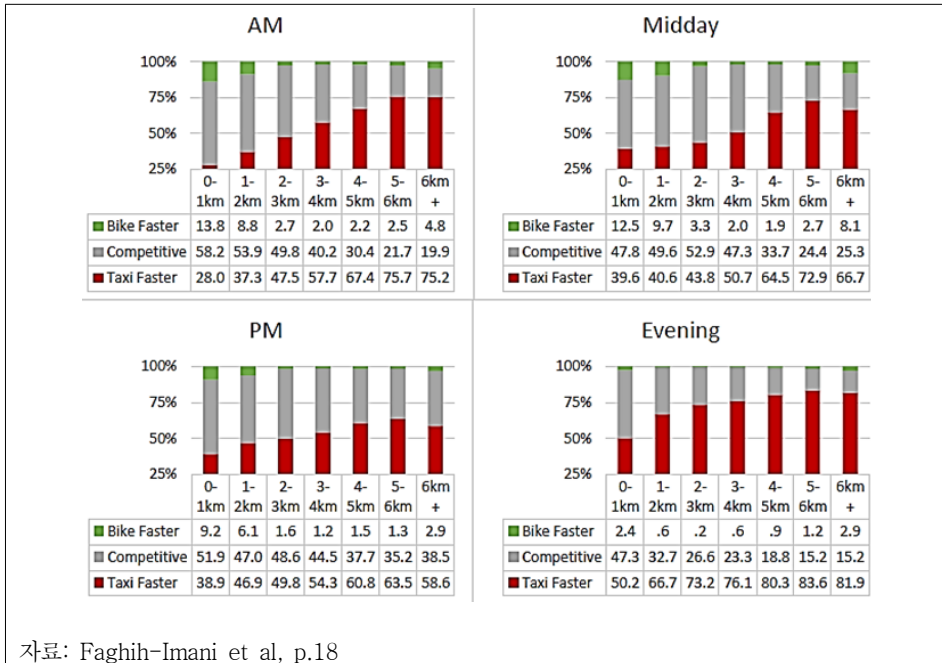


그림 4-4. 시간대별/거리별 자전거의 타수단 대체효과

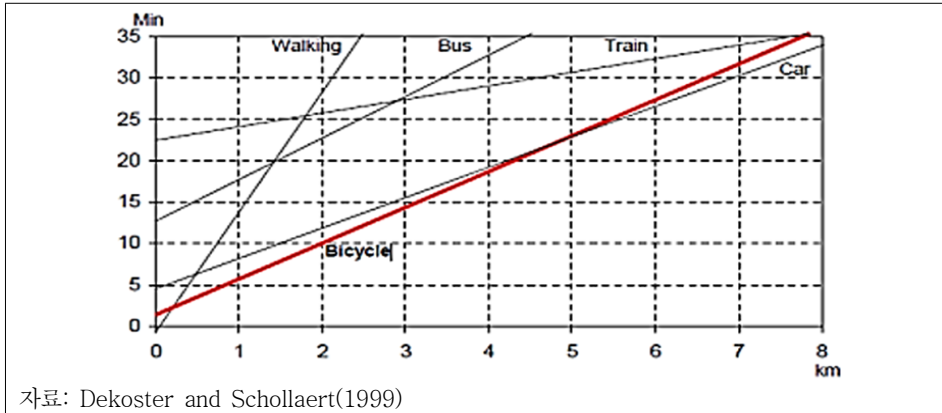


그림 4-5. 주행거리에 따른 수단별 이동시간 비교

표 4-9. 주행거리에 따른 수단별 이동시간 비교 (단위 : min)

구 분	0.5km	1km	1.5km	2km	2.5km	3km	3.5km	4km	4.5km	5km	5.5km	6km
Car	6.5	8.1	10.0	11.7	13.9	16.8	17.0	19.2	21.0	22.5	24.8	26.7
Bicycle	4.0	5.8	8.0	10.0	12.3	14.3	16.6	18.9	20.8	22.5	25.0	27.1
Train	23.5	24.2	25.0	26.0	26.5	27.2	28.1	29.0	29.8	30.5	32.4	33.1
Bus	15.5	18.0	20.2	22.5	25.3	27.6	30.1	32.8	35.0	-	-	-
Walk	6.9	14.0	21.9	28.8	36.3	-	-	-	-	-	-	-

자료 : Dekoster and Schollaert(1999)

표 4-10. 주행거리별 자동차와 자전거의 이동시간 비교(단위 : min, 건)

구 분	0.5km	1km	1.5km	2km	2.5km	3km	3.5km	4km	4.5km	5km	5.5km	6km
Car	6.5	8.1	10.0	11.5	13.9	16.8	17.0	19.2	21.0	22.5	24.8	26.7
Bicycle	4.0	5.8	8.0	10.0	12.3	14.3	16.5	19.0	20.8	22.5	25.0	27.1
차이	2.5	2.3	2	1.5	1.6	2.5	0.5	0.2	0.2	0	-0.2	-0.4
통행수	12,018	15,618	12,269	8,486	6,274	4,516	3,799	2,921	2,133	1,763	1,357	280
합계	30,045	35,921	24,538	12,729	10,038	11,290	1,900	584	427	-	-271	-112

주 : Dekoster and Schollaert(1999)

- 따라서, 이동시간단축편익은 사업시행 전에서 사업시행 후의 자전거이용자의 총 통행시간 차이에 자전거이용자의 시간가치를 곱하여 구할 수 있다.

표 4-11. 이동시간 절감편익

감소된 통행시간(분)	증가된 통행시간(분)	총감소 통행시간(시간)	자전거이용자 시간가치	절감편익 (백만원)
127,471	383	2118.2	17,903	455

표 4-12. 자전거 통행속도

통행목적	중간값 (Median)	평균값 (Mean)	표준편차 (Std D)	표본수
통근관련 통행	12	12.0	2.9	523
운동	11.7	11.3	3.9	116
귀가	10.5	10.5	3.0	586
여가 활동	10.3	10.1	3.2	218
쇼핑 및 개인업무	9.6	9.6	3.2	333
전체	10.8	10.8	3.2	1,776

Source : OTREC(2008), Understanding and Measuring Bicycling Behaviour: a Focus on Travel Time and Route Choice. p.35

나. 의료비용의 절감

- 공공자전거의 이용은 건강을 증진시킴으로써 의료비용을 절감시킬 수 있다(ITF 2014; Pucher, et al. 2010). 즉, 자전거를 이용하면 활동성이 향상되고 비만을 감소시키며, 이로 인해 질병이 줄어 의료비용을 감소시키는 것이다.

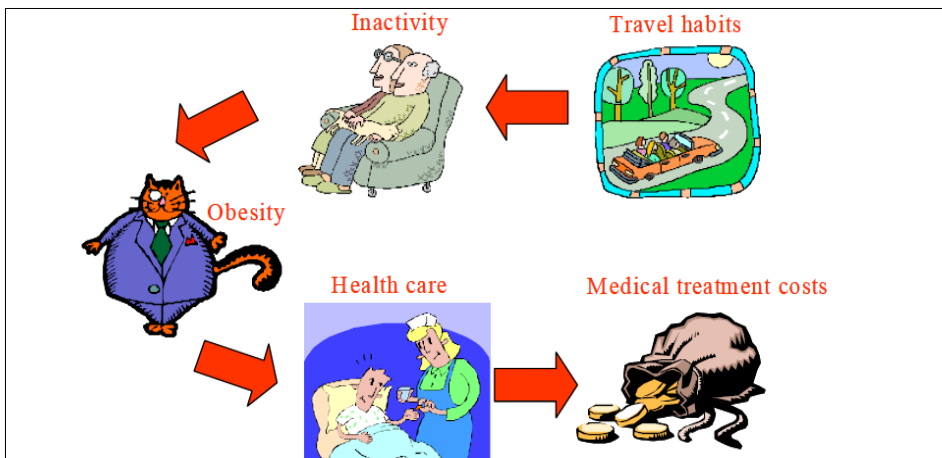


그림 4-6. 의료비용 절감효과 구조

- 국내에서는 신희철 등(2010)은 통근인구 중 신체활동 미충족(일주일간 150분 미만의 실체활동) 인구를 자전거사업으로 인한 건강증진 효과의 대상으로 보고 수단전환비율을 적용하여 건강효과를 산출하였다. 원단위는 1인당 연간 2,176,739원을 적용하였다.
- 해외의 경우, 자전거이용에 따른 의료비용의 절감을 연구한 연구는 상당히 많다. Saelensminde(2002)는 보통의 신체활동을 하는 사람을 기준으로 연간 880€의

건강비용을 산출했고, Rutter(2005)는 자전거이용자에 대하여 740€의 건강비용을 산출했다. 또한, NZTA(2010)는 자전거와 보행을 통해서 얻을 수 있는 편익을 각각 1.6\$/mile와 3.0\$/mile로 산출하였다.

- 또 다른 연구에서는 건강편익으로 자전거이용 시간을 기준으로 다음과 같이 제시하였다.

표 4-13. 해외 건강편익 비용

구분	연구자	건강편익	
		연간 편익(€/y)	시간당 편익(€/h)
스위스	Briain Martin et al, 2001	564	3.09
노르웨이	TOI, 2002	980	5.37
영국	Harry Rutter, Unpublished	738	4.04
평균			4.04

- 공공자전거를 이용한 건강증진 효과는 공공자전거 이동거리를 기준으로 하는 방법과 공공자전거이용자를 기준으로 하는 방법으로 구분할 수 있다.
- 선행연구들 역시 2가지 방법을 사용하고 있다. 본 연구에서 공공자전거의 건강편익은 2가지 방식으로 추정하였다.
- 건강편익에 활용되는 변수를 각각 공공자전거이용자 (N_b), 공공자전거이용거리(인·km), 그리고, 의료비용 절감비용(H_c)이라고 하면, 의료비용절감편익(B_h)은

다음과 같이 산출할 수 있다.

$$Bh = Nb \times Hc(/인) \quad (1)$$

$$Bh = Nb \times Hc(/인 \cdot km) \quad (2)$$

표 4-14. 공공자전거의 의료비용절감 효과(1)

구분	일평균 통행수(건)	1인당 연간 의료비용 절감(원)	총 절감편익 (백만원/년)
의료비용(1)	2,348	916,920	2,153

표 4-15. 공공자전거의 의료비용절감 효과(2)

구분	연간 총 주행거리(km)	km당 의료절감비용(원)	총 절감편익 (백만원/년)
의료비용(2)	1,455,837	1,094	1,592

다. 주차비용 절감

- 공공자전거를 이용하면 주차비용을 절감할 수 있다. Kjartan Saelensminde et al(2005)는 주차비용을 민간 회사에서 지불하는 주차비용을 대체하는 것으로 산정하였다. 주차비용은 자동차 1대당 월간 Trondheim, Hamar and Holkksund에서 각각 nok(노르웨이 크로네) 1,165, nok 560, nok 325를 지불하는 것으로 나타났다.
- 핀란드에서는 자동차1대당 월평균 24.7€를 적용하는 것으로 조사되었다.

- 본 연구에서는 공공자전거 이용통행수를 기준으로 다음과 같이 산출하였다.

- 1) 총 공공자전거 통행수 중 자동차 대체 통행수 추출
- 2) 일일 자동차 대체 통행수 × 일평균 주차요금

$$Bp = Nc \times Pc(\text{일/대})$$

표 4-16. 대전시 주차요금 기준

구분	2시간 까지		2시간 초과 (1구획당 10분 기준)	1일 주차권	정기 주차권(월)	
	최초 10분	10분 초과 후 매 10분 이내			주간	야간
1 급지	400	300	600	12,000	140,000	100,000
2 급지	300	200	400	8,700	104,000	69,000
3 급지	150	150	300	6,500	72,000	43,000
4 급지	100	100	200	2,400	43,000	26,000
평균	-	-	375	7,400	89,750	59,500

표 4-17. 공공자전거의 주차비용절감

구분	일평균 자동차대체통행수	일주차요금(원)	총 절감편익 (백만원)
주차비용	1,675	7,400	4,524

라. 통행시간 절감 편익

1) 통행시간 산정방법

- 공공자전거를 이용하면 도시전체의 통행시간을 절감할 수 있다. 즉, 기존의 교통체계에 공공자전거가 새로이 도입됨으로써 자가용승용차, 버스, 전철, 도보

등 다른 통행의 감소를 유발하고, 자동차통행의 감소는 도로상의 혼잡완화 및 이로 인한 통행시간의 절감으로 나타나기 때문이다.

- 공로상 통행시간 절감효과는 공공자전거의 통행이 없을 때(사업미시행)와 공공자전거로 통행이 이루어질 때(사업시행)를 기준으로 통행배정하여 링크별 통행시간과 차종별 교통량의 곱을 이용하여 총 통행시간을 산출한다.
- 다만, 대전의 경우는 공공자전거가 현재 운영중(사업시행)에 있으므로 현재를 사업시행시로 하여 사업시행시의 총 통행시간에서 사업미시행시의 총 통행시간을 빼면 공공자전거로 인한 통행시간절감 편익을 산출할 수 있다.
- 통행시간의 절감편익은 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$VOIS = VOT_{\text{사업미시행}} - VOT_{\text{사업시행}}$$

여기서, $VOT = \left\{ \sum_l \sum_{k=1}^3 (T_{kl} \times P_k \times Q_{kl}) \right\} \times 365$

T_{kl} : 링크 l 의 차종별 통행시간

P_k : 차종별 시간가치

Q_{kl} : 링크 l 의 차종별 통행량

k : 차종(1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물차)

- 여기서, 중요한 것은 현재의 공공자전거통행량과 이전 통행수단으로부터 공공자전거 수단전환비율이다.
- 지금까지 국내외 자전거관련 편익의 산정사례에서는 목표분담률을 제시하고, 수단전환율을 산정하는 방

식으로 추정하였다(신희철외, 2010). 그러나, 자전거 분담률의 목표치를 설정한다는 것은 처음부터 강력한 가정이 전제된 것이라는 한계가 있다.

- 수단전환률 즉, 공공자전거 이전에 어떤 수단을 이용했는지에 대한 수단전환율 산정은 설문조사를 실시하는 방법과 통행행태자료를 활용하는 방법으로 접근할 수 있다.
- 첫째, 설문조사를 활용하는 방법이다. 대체로 설문조사는 “공공자전거를 이용하시기 전에 어떤 수단을 이용하셨습니까?”와 같은 질문을 통하여 도출하는 방법이다.
- 그러나, 이 방법은 정확성이 낮고, 행태를 충분히 반영하기 어려운 한계가 있다. 즉, 공공자전거의 통행은 단독통행이라기보다는 연계통행이 많아 수단전환을 1:1로 매칭하기 어렵다는 한계가 있다. 공공자전거가 없었다면 통행전체의 루트를 달리했을 수도 있고, 동일한 루트를 사용했다고 하더라도 마지막 어떤 통행을 대체했는지 구체화하기 어려운 측면이 있다. 더구나, 이 방법은 통행의 시간과 거리를 추정하기 어려운 문제점이 있다.
- 두번째 방법은 O/D를 이용한 수단통행 분포를 작성하는 것이다. 즉, 대여정보를 이용하여 통행거리별로 구분하고, 도보를 대체한 통행과 자동차를 대체한 통행으로 구분한 다음, 자동차 대체통행은 통행 거리에 따라 해당 O/D에 매칭하는 방법이다. 본

연구에서는 두 번째 방법을 사용하였다(4.2.2.참조).

표 4-18. 수단별 평균 통행시간가치(대전권)

구분	승용차		버스		화물차		철도	
	업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무
재차인원(인)	0.18	1.38	1.15	21.54	1.00	-	0.03	0.97
시간가치(원)	22,775	9,748	17,260(1인) 22,775(0.15인)	5,011	16,374	-	22,775	5,033
시간가치(원/대시)	4,100	13,452	20,676	107,937	16,374	-	683	4,882
평균 시간가치(원/대)	17,552		128,613		16,374		5,565	
2015년기준 평균시간가치(원/대)	17,903		131,185		16,701		5,676	

주 : 1) 재차인원은 국가교통DB센터 제동자료 기준

2) 2015년 기준 가치는 2013년 가치에 편익보정지수(소비자물가지수) 102.0%를 적용한 값임.

2) 통행거리 1km 제약

- 「대전시 공공자전거 시스템의 경제적 가치 평가 및 결정요인」(이재영 외, 2016)에서 제시된 대전시 시민 공영자전거 월평균 지불의사액 약 3,821.5원을 적용한 결과 통행시간 절감편익은 미미한 것으로 나타났다.
- 또한, 통행거리 1km이상 내부통행에 대한 편익은 약 2.9억원/년, 외부통행에 대한 편익은 약 4.6억원/년으로 나타났다.

표 4-19. 통행시간 절감편익 산정

구분		사업 미시행시(A)	사업 시행시(B)	통행시간 절감편익(A-B) (억원/년)
통행거리 1km 미만		0.00(0.00013)	0.00(0.00041)	0.00(0.00028)
통행거리 1km 이상	내부통행	3.85	1.00	2.85
	외부통행	19,315.88	19,311.24	4.64

3) 통행거리 0.33km 제약

- 통행거리 0.33km 미만 자전거 이용자의 통행시간 절감편익은 거의 없는 것으로 나타났다. (대전시 시민공영자전거 월평균 지불의사액 약 3,821.5원 적용).
- 통행거리 0.33km이상 내부통행에 대한 편익 산정 결과 약 4.1억원/년으로 나타났으며, 0.33km이상 외부통행에 대한 편익은 약 5.37억원/년으로 나타났다.

표 4-20. 통행시간 절감편익 산정

구분		사업 미시행시(A)	사업 시행시(B)	통행시간 절감편익(A-B) (억원/년)
통행거리 0.33km 미만		0.00(0.00000)	0.00(0.00001)	0.00(0.00001)
통행거리 0.33km이상	내부통행	5.38	1.28	4.10
	외부통행	19,316.60	19,311.24	5.37

- 통행시간편의 산정 결과를 종합해보면 다음과 같다.
- 자전거통행 0.33km 이상을 자동차의 전환통행이라고 보면 연간 956백만원, 1km 이상을 전환통행이라고 보면 756백만원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다.

표 4-21. 통행시간편의 산정 결과 종합 (단위 : 백만원/년)

구분	통행거리 1km 미만	통행거리 1km 이상		2016년
		내부통행	외부통행	
0.33km이상	0.00	410	537	956
1.0km이상	0.00	285	464	756

주: 2016년 편익은 2015년 편익 결과에 디플레이터(100.97)를 적용한 결과임.

마. 차량운행비 절감편익

- 차량운행비용은 통행배정 작업의 결과로 산출된 링크의 주행속도와 교통량을 이용하여 주행속도에 따른 차량운행비 원단위를 적용하여 산출하였다.
- 즉, 분석도로망에 부하된 각 링크의 차종별 교통량과 길이를 곱한 결과를 링크 평균속도에 기초한 차종별 차량운행비 원단위와 곱하여 개별 링크의 차량운행비를 산출하였으며 이러한 산정식을 분석 도로망 내에 있는 모든 링크를 대상으로 합한 뒤 사업미시행시와 사업시행시의 비교된 차액을 운행비용의 절감편익으로 산출하였다.
- 차종별 링크 주행속도는 상이한 것이 현실적이나 현재의 통행배정 모형에서 이를 반영하기는 어려우므로 차량편의 산정을 위한 차종별 속도의 구분은 없는 것으로 전제하였다.

- 각 분석연도의 차량운행비용 절감편익(VOCS) 계산은 다음과 같다.

$$VOCS = VOS_{\text{사업미시행}} - VOC_{\text{사업시행}}$$

여기서, $VOC = \sum_l \sum_{k=1}^3 (D_{kl} \times VT_k \times 365)$

D_{kl} = 링크 l 의 차종별 대·km
 VT_k = 해당 속도에 따른 차종별 차량운행비용
 k = 차종 (1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물차)

- 고속도로 기준의 차종별·속도별 차량운행비용은 표4-22와 같다.

표 4-22. 차종별·속도별 차량운행비용 원단위(2015년 기준)(단위 : 원/km)

속도	승용차	소형버스	대형버스	소형트럭	중형트럭	대형트럭
10	486.77	675.99	861.88	436.50	683.35	974.51
20	395.82	528.67	689.12	348.98	526.34	772.11
30	336.53	432.42	566.10	291.42	448.73	652.16
40	287.98	365.01	482.17	251.87	389.88	575.40
50	252.52	321.58	431.36	227.82	356.54	520.65
60	233.39	291.49	401.67	212.45	336.93	491.89
70	220.06	270.42	385.75	203.74	329.62	477.45
80	206.54	254.22	377.77	200.06	332.77	475.69
90	200.06	245.81	375.67	203.92	350.28	500.93
100	197.60	242.75	386.53	216.03	394.88	529.40
110	198.14	243.78	413.23	-	-	-
120	201.23	255.61	-	-	-	-

자료: 한국개발연구원, 『2016년 상반기 예비타당성조사 착수회의자료』, 2016.

- 차량운행비용은 주로 차량의 주행성과 관련된 사항으로 도로여건, 교통조건, 선형·지형 및 주변환경

등과 밀접한 관계가 있으므로 고속주행이 가능한 고속도로가 일반도로에 비해 효율적이다.

- 표준지침에 의하면 일반도로의 차량운행비용은 고속도로에 비해 승용차는 125%, 버스는 115%, 트럭은 120%가 더 소요되는 것으로 제시하고 있다.
- 따라서 본 조사에서는 지침에 따라 일반도로의 경우 차종별로 차량운행비용을 할증하여 산출하였다.

표 4-23. 차량운행비절감편의 산정 결과 종합 (단위 : 백만원/년)

구분	통행거리 1km 미만	통행거리 1km 이상		2016년
		내부통행	외부통행	
0.33km이상	-	-	355	358
1.0km이상	-	-	306	309

주: 2016년 편익은 2015년 편익 결과에 디플레이터(100.97)를 적용한 결과임.

바. 교통사고 감소편의

- 본 연구에서는 현실적인 제약 상 객관적인 손실의 항목은 교통사고로 인하여 발생하는 사망 및 부상으로 한정하였다. 이에 대한 비용은 2007년 기준 교통사고 비용을 참고하고, 도로 유형별 발생건수는 도로유형별 1억대·km당 교통사고 발생건수를 기본으로 하였다.
- 도로망의 통행배정 결과를 이용하여 고속도로, 국도, 지방도 링크로 구분하여 사업시행과 사업미시행시의 억대·km를 산출하고, 그 차이를 활용하여 교통사고

감소편익을 산출하였다.

- 분석 각 연도의 교통사고 감소 편익(VICS) 계산식은 다음과 같다.

$$VACC = VAC_{\text{사업미시행}} - VAC_{\text{사업시행}}$$

$$\text{여기서, } VAC = \sum_{t=1}^3 \sum_{s=1}^3 (A_{ts} \times P_s \times VL_t)$$

A_{ts} = 도로유형별·사고유형별 1억대·km 당 교통사고 사상자수 및 사고건수

P_s = 사고유형별 사고비용 (만원/인, 만원/건)

VL_t = 연간 도로유형별 억대·km

t = 도로유형별 (1: 고속도로, 2: 국도, 3: 지방도)

s = 사고유형 (1: 사망, 2: 부상, 3: 차량, 4: 대물)

- 2007년을 기준으로 도로유형별로 km 당 교통사고 사상자수 및 사고건수는 표4-24.와 같다.

표 4-24. 도로 유형별 교통사고 발생비율

도로유형	인적피해(인)		물적피해(건)	
	1억대·km당 사망자수	1억대·km당 부상자수	1억대·km당 차량손해 사고건수	1억대·km당 대물피해 사고건수
고속국도	0.79	16.97	107.35	72.75
일반국도	3.11	107.27	914.40	619.63
지방도	2.40	73.61	689.92	467.51

주 : 1) 기타 도로는 제외하였음

2) 물적피해 사고건수의 경우는 추정사고건수임.

자료 : 경찰청, 『교통사고통계』, 2008

건설교통부, 『2007 도로교통량통계연고』, 2008

도로교통공단, 『07. 도로교통 사고비용의 추계와 평가』, 2008

보험개발원, FY2007 종목별 총괄손해상황(미 발간자료), 2008

- 직접적인 손실비용, 교통처리비용과 PGS비용의 합을 교통사고 비용으로 정의하는 경우 사고 건당 1인

당 교통사고 비용은 표4-25.와 같다.

표 4-25. 도로부문의 교통사고 비용 원단위(PGS 포함)

구분	인적피해(만원/인)		물적피해(만원/건)	
	사망	부상	차량손해	대물피해
2007년 기준	52,741	2,156	110	119
2015년 기준	64,133	2,622	134	145

주 : 1) 인적피해 비용구성=순평균비용(위자료, 장례비, 생산손실비, 의료비 및 기타)+교통경찰 비용+보험행정비용+PGS비용
 2) 물적피해 비용구성=순평균비용+교통경찰비용+보험행정비용
 3) 부상의 경우에는 PGS비용 중 가중평균값을 적용
 4) 물적피해비용은 순평균비용+교통경찰비용+보험행정비용임.
 자료 : 도로교통공단, 『07. 도로교통 사고비용의 추계와 평가』, 2008
 한국교통연구원, 『2005년 교통사고비용 추정』, 2007.

표 4-26. 교통사고절감편의 산정 결과 종합 (단위 : 백만원/년)

구분	통행거리 1km 미만	통행거리 1km 이상		2016년
		내부통행	외부통행	
0.33km이상	-	-	0.00	0.00
1.0km이상	-	-	0.00	0.00

주: 2016년 편익은 2015년 편익 결과에 디플레이터(100.97)를 적용한 결과임.

사. 대기오염물질 절감편익

- 대기오염의 환경비용을 추정하는 경우 대상이 되는 오염물질은 일산화탄소(CO), 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 미세먼지(PM) 및 휘발성유기화합물(VOC)이 된다.
- 이들 오염물질을 대상으로 추정식을 정리하면 다음과 같다.

$$AC = \sum_{l=1}^5 (PC_l \cdot EF_{k,l})$$

AC: 자동차사용으로 인한 연간 대기오염물질의 환경오염비용

PC: 오염물질 l 한 단위가 발생시키는 환경오염비용 (원/g)

k : 승용 및 RV 자동차

l : CO(1), NO_x(2), PM(3), SO_x(4), VOC(5)

- 여기에서 AC는 오염물질이 초래하는 환경오염비용 (원/g)과 지역별로 자동차 주행거리를 곱하는 방식으로 배출되는 모든 오염물질별로 계산하게 된다.
- 대기오염물질배출량은 환경부에서 발표한 대기오염물질 배출량 자료를 사용하였다.

표 4-27. 차종별·속도별 대기오염비용 원단위(2015년 기준) (단위 : 원/km)

속도	승용차	소형버스	중형버스	대형버스	소형트럭	중형트럭	대형트럭
10	82.17	61.66	184.88	485.53	74.08	290.76	734.70
20	41.81	42.00	122.14	360.35	50.86	198.12	546.74
30	28.80	33.66	94.23	302.97	41.05	157.79	461.06
40	22.30	29.68	77.65	267.96	34.92	133.90	408.49
50	18.39	27.14	67.44	243.70	31.58	116.43	372.77
60	15.75	26.38	60.81	-	29.46	103.31	345.74
70	13.84	26.99	57.16	-	28.39	94.82	324.47
80	12.43	28.80	56.12	-	28.39	90.38	307.13
90	11.30	31.90	60.72	-	29.39	89.87	292.67
100	10.39	36.24	72.90	-	31.37	93.14	280.32

주: 1) 대형버스는 시내버스를 의미하며, 시내버스 이외의 대형버스는 대형트럭의 배출계수를 적용함.

2) 환경비용 절감편의 산정시 Co₂배출에 따른 비용은 제외하였으며, 해당 원단위는 「첨부 4」참고. 자료: 한국개발연구원, 『2016년 상반기 예비타당성조사 착수회의자료』, 2016.

표 4-28. 소음비용의 평균원단위(단위 : 원/db·m·년)

구분	도시부	지방부	평균
소음비용의 평균원단위(2007년)	3,739	1,614	1,903
소음비용의 평균원단위(2015년)	4,547	1,963	2,314

- 2004년을 기준으로 자가용 승용차 평균 주행거리는 단위 환경오염 비용을 산출하기 위해 승용차 1일 주행거리를 기준으로 연간 주행거리를 도출한 결과 연간 자가용승용차의 주행거리는 14,819km로 나타났다.
- 승용차 주행거리 당 평균 환경오염비용을 추정하기 위해 자가용으로 이용되는 승용차 등록 현황과 연평균 주행거리를 근거로 연간 총 승용차 km를 산정하였고, 이를 근거로 총배출량을 나누어 단위 승용차 km당 환경비용을 추정하였다.
- 따라서 승용차 1km 주行的 평균 환경오염비용은 해당대기오염물질 배출에 따른 환경오염비용의 합으로써 45.4원이 추정되었다.

표 4-29. 대기오염 절감편익 산정 결과 종합 (단위 : 백만원/년)

구분	통행거리 1km 미만	통행거리 1km 이상		2016년
		내부통행	외부통행	
0.33km이상	-	-	48	48
1.0km이상	-	-	46	46

주: 2016년 편익은 2015년 편익 결과에 디플레이터(100.97)를 적용한 결과임.

아. 온실가스 절감편익

- 승용차 및 RV차량의 이산화탄소 배출량 추정을 위해서는 에너지원별 CO2 배출량을 알아야 한다. IPCC의 배출계수를 사용하였고 이로부터 CO2 배출량을 간접추정 하였다.
- CO2 배출량에 따른 원단위는 $0.23136\text{kg}/\text{v} \cdot \text{km}$ 를 활용하였으며, 이산화탄소 배출량의 가격은 온실가스 감축을 위해 EU에서 실시하고 있는 배출권 거래 제도를 기준으로 하였다.
- 온실가스배출권(KAU) 거래 가격은 한국거래소 2017년 2월 8일 기준 26,000원을 활용하였다. 이에 따라 온실가스 절감편익은 약 8백만으로 산출되었다.

표 4-30. 사업시행에 따른 VKT 및 Co2 배출량 변화 (대·km, kg)

구분	사업미시행시 (1km제약, A)	사업미시행시 (0.33km제약, B)	사업시행시 (C)	차이	
				(A-C)	(B-C)
VKT	27,116,114.19	27,116,607.06	27,112,977.30	3,136.90	3,629.76
Co2 배출량	6,273,584.18	6,273,698.21	6,272,858.43	725.75	839.78

표 4-31. 온실가스 절감편익

온실가스 원단위 (g/km)	절감량 (ton)	이산화탄소 배출비용 (원/톤)	비용 (백만원)
230	306	26,000	8.0

자. 기반시설 설치 및 유지관리비용 감소

- 공공자전거는 기반시설 설치 및 유지관리 비용을 절감시킬 수 있다. 기반시설 설치 및 유지관리 비용은 크게 도로와 주차장으로 구분할 수 있다.
- 도로건설 및 관리비용은 공공자전거이용자 중 자동차 전환수요를 고려하여 산출하고, 주차장 설치비용은 승용자동차를 기준으로 산출할 수 있다.
- 우선, 도로건설 및 관리비용은 자동차 1대당 평균 도로건설 및 관리비용을 적용하고, 주차장설치비용은 1면당 주차장설치비용에 주차장 설치율을 곱하여 산출하였다.

1) 도로건설 및 유지관리비 $B_{cm} = N_{pb} \times M \times C_{Mc}$

B_{cm} : 도로건설 및 유지관리 편익

N_{pb} : 공공자전거이용자수

M : 수단전환률(자동차→공공자전거)

C_{Mc} : 자동차1대당 평균 도로건설 및 유지관리비

2) 주차장 건설비 $B_p = N_{pb} \times M \times PR \times C_p$

B_p : 주차장건설편익 N_{pb} : 공공자전거이용자수

M : 수단전환률(자동차→공공자전거)

PR : 주차장설치율

C_p : 주차1면당사업비

표 4-32. 대전시 도로건설 및 운영부문 예산 추이 추정

구 분	세입규모	경상지출	투자가용재원			
				교통건설분야		
					건설도로과	도로건설 및 운영
2017년	4,280,102	809,067	3,471,035	568,182	304,813	161,551
2018년	4,451,355	934,785	3,516,570	597,817	219,100	116,123
2019년	4,629,440	972,182	3,657,257	621,734	227,865	120,769
2020년	4,814,634	1,011,073	3,803,561	646,605	236,981	125,600
2021년	5,007,615	1,051,599	3,956,016	672,523	246,480	130,634
2022년	5,208,311	1,093,745	4,114,566	699,476	256,358	135,870
2023년	5,417,028	1,137,576	4,279,452	727,507	266,631	141,315
2024년	5,634,087	1,183,158	4,450,929	756,658	277,315	146,977
2025년	5,859,817	1,230,562	4,629,255	786,973	288,426	152,866
2026년	6,085,906	1,278,040	4,807,865	817,337	299,554	158,764
2027년	6,320,716	1,327,350	4,993,366	848,872	311,112	164,889
2028년	6,564,584	1,378,563	5,186,021	881,624	323,115	171,251
2029년	6,817,858	1,431,750	5,386,108	915,638	335,581	177,858
2030년	7,080,902	1,486,989	5,593,913	950,965	348,529	184,720
합계	93,655,786	19,654,885	74,000,900	12,548,654	4,599,038	2,437,490

- 도로건설 및 유지관리비용은 대전시 예산을 기준으로 2016년 관련부문 예산 142,411백만원/년을 산입하였다. 주차장건설비용은 평균 2800만원/면을 적용하였다.

표 4-33. 도로건설 및 유지관리비용 절감편익

연간예산 (백만원)	자동차대당 비용(백만원)	일평균 자동차대체통행	비용 (백만원)
161,551	219,742	1,675	368

표 4-34. 주차장건설비용 절감편익

평균 주차장 건설비용(원/면)	일평균 자동차대체통행	비용 (백만원)
28,000,000	1,675	46,900

4.3. 편익합계

- 공공자전거이용에 따른 편익을 계량화가능 및 금전가치화 가능항목을 중심으로 도출한 결과는 다음과 같다.
- 분석결과, 공공자전거로 인한 총 편익은 연간 약 557.7억원에 달하는 것으로 나타났다.
- 주요한 편익으로는 의료비용절감분이 연간 약21억원, 주차비용절감분이 연간 45억원, 도로및주차장 등 기반시설감소분이 469억원 등인 것으로 나타났다.

표 4-35. 편익 종합

항목	절감비용 (백만원/년)
이동시간단축	455
의료비용 절감	2,153
주차비용 절감	4,524
자동차이용자의 통행시간 절감	956
차량운행비	358
교통사고감소	0.0
대기오염물질감소편익	48
이산화탄소배출감소편익	8.0
기반시설비용 (도로건설및유지관리)	368
기반시설비용 (주차장건설비)	46,900
합계	55,770

V .

결론

5.1. 요약

5.2. 정책 제언

5. 결론

5.1 요약

- 본 연구의 목적은 공공자전거의 편익을 명확히 계량화하여 합리적인 의사결정의 근거를 마련토록 하는데 있다.
- 우선, 타슈의 이용자료 72,000건을 활용하여 분석을 한 결과는 다음과 같다.
- 타슈의 자전거 1대당 하루평균이용횟수는 2016년 기준 1.11회로, 평균연령 32.6세, 평균 이용시간은 31.25분 인 것으로 나타났다.
- 이용횟수가 높은 스테이션은 충대정문오거리, 타임월드, 한밭수목원 등으로 나타났다. 즉, 대학교 입구, 쇼핑중심지, 공원 등인데, 연계수단이 부족하고, 단거리 통행이 많은 구역에서 주로 많은 대여수요가 높은 것으로 나타났다.
- 다음으로 편익추정과 관련한 결과는 다음과 같다. 우선, 편익의 추정을 개인편익과 사회편익으로 구분하여 추정하였는데, 전자는 이동시간단축, 의료비용 절감, 주차비용 절감 등이고, 후자는 자동차이용자의 통행시간 절감, 차량운행비, 교통사고감소, 대기오염물질감소편익, 이산화탄소배출감소편익, 기반시설비용(도로건설 및 유지관리비) 등의 항목으로 구성하였다.

- 특히, 통행시간은 전체 편익에 중요한 영향을 미치는 항목인데, 자전거이용 O/D를 이용하였으며 오류 데이터를 제외한 72,426건의 데이터를 이용하여 분석을 수행하였다.
- 공공자전거이용에 따른 편익을 계량화가능 및 금전가치화 가능항목을 중심으로 도출한 결과, 총 편익은 연간 약 557.7억원에 달하는 것으로 나타났다.

5.2 정책제언

- 첫째, 타슈의 운영은 그 동안 초창기 효율성 중심에서 점차 형평성 중심의 설치 및 운영으로 변화하였다. 동기간 타슈의 회전률은 10.4회/자전거/일에서 1.11회로 낮아졌다. 이제는 다양한 이용자를 흡수하면서 동시에 효율을 고려한 운영을 고민할 때다. 특히, 1개월에 100건이 안 되는 스테이션은 위치 조정을 고려해야 할 것으로 판단된다.

또한, 스테이션의 추가 설치 시에는 수요를 우선적으로 고려하여 설치하여야 할 필요가 있다.

- 둘째, 날씨에 영향을 받는 자전거이용의 특성상 한계가 있다 하더라도 계절적 특성을 극복하기 위한 운영 및 마케팅 전략을 마련할 필요가 있다. 특히, 겨울철 자전거도로의 유지관리(제설 등)에 힘쓰고, 요금을 할

인 하는 등 마케팅도 차별화할 필요가 있다.

- 셋째, 3km이내의 단거리 통행을 중심으로 시간경쟁력을 제고하고, 홍보 시에도 이를 적극 활용할 수 있도록 할 필요가 있다. 주중통행 중 3km이내 구간에서 50%가 자가용승용차보다 빠른 것으로 나타났기 때문이다.
- 그 외 주차비용, 건강 비용, 대기오염 감소, 온실가스 감소 등은 물론이고 주차장이나 도로 등 기반시설 설치비용 감소편익 등을 적극적으로 홍보 및 교육에 활용할 필요가 있다.
- 넷째, 비용은 편익을 기준으로 효율성을 가늠하여야 하고, 사업의 우선순위 역시 효율성을 우선적 기준으로 삼아야 할 것이다. 다만, 작년보다 증가했다거나 규모가 크다고 해서 비효율적이라고 볼 수는 없다. 예컨대, 타슈 운영비용과 도로 유지관리나 주차장건설에 드는 비용의 효율성을 판단하기 위해서는 편익의 검증토대위에서만 비교가 가능하다는 것을 인식할 필요가 있다.



부 록

<부 록>

■ 부록3. 항목구분에 따른 속도·차종별 차량운행비용(2015년 기준)
(단위 : 원/km)

차종	속도	유류비	엔진오일비	타이어비	유지관리비	감가상각비	합계
승용차	10	106.02	2.87	1.08	7.70	369.10	486.77
	20	67.78	2.39	1.98	9.09	314.58	395.82
	30	52.19	2.08	3.04	10.77	268.45	336.53
	40	44.12	1.76	4.41	11.19	226.50	287.98
	50	39.60	1.76	5.64	12.59	192.93	252.52
	60	37.12	1.76	7.16	13.30	174.05	233.39
	70	36.10	1.76	8.84	13.99	159.37	220.06
	80	36.29	1.59	10.66	15.39	142.61	206.54
	90	37.73	1.44	12.96	15.81	132.12	200.06
	100	40.75	1.76	15.40	16.79	122.90	197.60
	110	46.15	2.23	18.74	18.61	112.41	198.14
	120	55.92	3.35	22.27	20.29	99.40	201.23
버스	10	172.34	4.07	0.82	9.04	489.72	675.99
	20	108.69	3.69	1.52	10.21	404.56	528.67
	30	83.26	3.29	2.46	11.24	332.17	432.42
	40	70.27	2.91	3.44	11.58	276.81	365.01
	50	63.05	2.91	4.40	12.75	238.47	321.58
	60	59.16	2.71	5.50	13.33	210.79	291.49
	70	57.62	2.53	6.86	13.91	189.50	270.42
	80	58.08	2.33	8.38	15.08	170.35	254.22
	90	60.64	2.13	10.17	16.58	156.29	245.81
	100	65.90	2.13	12.09	17.85	144.78	242.75
	110	75.37	2.33	14.70	19.36	132.02	243.78
	120	92.82	2.71	17.85	20.86	121.37	255.61
대형 버스	10	418.62	6.57	2.19	10.78	423.72	861.88
	20	298.55	5.61	3.54	12.37	369.05	689.12
	30	241.63	4.79	5.17	13.80	300.71	566.10
	40	210.28	4.38	7.21	14.27	246.03	482.17
	50	192.28	3.96	9.65	16.34	209.13	431.36
	60	182.69	3.69	12.52	18.24	184.53	401.67
	70	179.38	3.41	15.80	19.03	168.13	385.75
	80	181.92	3.14	20.16	22.20	150.35	377.77
	90	190.07	3.56	25.19	24.27	132.58	375.67
	100	206.35	4.24	31.18	25.85	118.91	386.53
110	234.77	5.19	37.85	27.44	107.98	413.23	

<표 계속>

차종	속도	유류비	엔진오일비	타이어비	유지관리비	감가상각비	합계
소형 트럭	10	161.30	4.02	0.97	8.95	261.26	436.50
	20	117.66	3.63	1.78	10.09	215.82	348.98
	30	96.94	3.25	2.90	11.12	177.21	291.42
	40	85.84	2.88	4.02	11.46	147.67	251.87
	50	79.98	2.88	5.15	12.61	127.20	227.82
	60	77.68	2.68	6.45	13.19	112.45	212.45
	70	78.35	2.49	8.05	13.76	101.09	203.74
	80	82.17	2.29	9.82	14.91	90.87	200.06
	90	90.15	2.11	11.90	16.39	83.37	203.92
	100	104.87	2.11	14.16	17.66	77.23	216.03
중형 트럭	10	332.07	4.77	2.02	11.30	333.19	683.35
	20	224.88	4.32	3.20	12.03	281.91	526.34
	30	179.83	3.84	4.53	12.78	247.75	448.73
	40	157.40	3.38	6.21	13.58	209.31	389.88
	50	146.55	3.07	8.24	15.01	183.67	356.54
	60	143.41	2.78	10.24	16.05	164.45	336.93
	70	147.04	2.61	12.43	18.03	149.51	329.62
	80	158.57	2.31	15.46	19.75	136.68	332.77
	90	182.11	2.61	18.48	21.92	125.16	350.28
	100	229.70	2.93	22.18	23.46	116.61	394.88
대형 트럭	10	592.57	8.81	3.13	14.58	355.42	974.51
	20	448.43	7.87	5.45	18.41	291.95	772.11
	30	374.15	6.74	8.24	21.87	241.16	652.16
	40	331.57	6.00	11.70	23.03	230.10	602.40
	50	306.80	5.52	15.34	24.17	168.82	520.65
	60	293.82	4.96	20.28	26.86	145.97	491.89
	70	290.05	4.40	25.39	26.86	130.75	477.45
	80	294.79	3.66	32.31	30.69	114.24	475.69
	90	308.89	3.93	40.71	35.69	111.71	500.93
	100	335.25	4.40	49.95	39.52	100.28	529.40

자료 : 『철도투자평가편람 전면개정 연구』(한국철도시설공단·한국교통연구원, 2010)에서 제
시한 2010년 기준 단가를 소비자 물가지수(109.8)를 이용하여 보정한 값임

■ 부록4. 승용차 재차인원

구분		재차인원		구분		재차인원	
162개 시군	시군	시군간	내부존	162개 시군	시군	시군간	내부존
1	서울특별시	1.33	1.42	41	강릉시	1.59	1.43
2	부산광역시	1.47	1.40	42	동해시	1.58	1.44
3	대구광역시	1.43	1.30	43	태백시	1.50	1.65
4	인천광역시	1.3	1.35	44	속초시	1.64	1.44
5	광주광역시	1.53	1.33	45	삼척시	1.56	1.49
6	대전광역시	1.49	1.33	46	홍천군	1.67	1.51
7	울산광역시	1.52	1.33	47	횡성군	1.55	1.64
8	수원시	1.32	1.36	48	영월군	1.69	1.32
9	성남시	1.32	1.52	49	평창군	1.51	1.38
10	의정부시	1.35	1.49	50	정선군	1.63	1.57
11	안양시	1.23	1.32	51	철원군	1.26	1.34
12	부천시	1.26	1.38	52	화천군	1.44	1.43
13	광명시	1.30	1.46	53	양구군	1.68	1.56
14	평택시	1.46	1.40	54	인제군	1.87	1.38
15	동두천시	1.43	1.51	55	고성군	1.62	1.47
16	안산시	1.29	1.38	56	양양군	1.72	1.44
17	고양시	1.26	1.42	57	청주시	1.35	1.24
18	과천시	1.33	1.67	58	충주시	1.66	1.37
19	구리시	1.32	1.47	59	제천시	1.63	1.43
20	남양주시	1.35	1.46	60	보은군	1.63	1.35
21	오산시	1.30	1.33	61	옥천군	1.52	1.32
22	시흥시	1.19	1.24	62	영동군	1.66	1.28
23	군포시	1.27	1.48	63	증평군	1.31	1.30
24	의왕시	1.29	1.23	64	진천군	1.33	1.35
25	하남시	1.38	1.45	65	괴산군	1.67	1.55
26	용인시	1.35	1.51	66	음성군	1.37	1.33
27	파주시	1.36	1.40	67	단양군	1.63	1.33
28	이천시	1.53	1.45	68	천안시	1.37	1.22
29	안성시	1.40	1.39	69	공주시	1.56	1.41
30	김포시	1.34	1.49	70	보령시	1.84	1.28
31	화성시	1.31	1.37	71	아산시	1.34	1.30
32	광주시	1.35	1.42	72	서산시	1.59	1.46
33	양주시	1.36	1.42	73	논산시	1.51	1.33
34	포천시	1.36	1.33	74	계룡시	1.31	1.24
35	여주시	1.56	1.52	75	금산군	1.51	1.49
36	연천군	1.30	1.41	76	부여군	1.60	1.52
37	가평군	1.80	1.43	77	서천군	1.63	1.38
38	양평군	1.52	1.34	78	청양군	1.51	1.37
39	춘천시	1.73	1.47	79	홍성군	1.54	1.28
40	원주시	1.60	1.43	80	예산군	1.39	1.38

<표 계속>

구분		재차인원		구분		재차인원	
162개 시군	시군	시군간	내부존	162개 시군	시군	시군간	내부존
81	태안군	1.60	1.34	122	안동시	1.58	1.37
82	당진시	1.53	1.24	123	구미시	1.32	1.20
83	전주시	1.40	1.29	124	영주시	1.54	1.29
84	군산시	1.44	1.35	125	영천시	1.37	1.47
85	익산시	1.32	1.29	126	상주시	1.54	1.35
86	정읍시	1.55	1.36	127	문경시	1.75	1.38
87	남원시	1.76	1.22	128	경산시	1.25	1.32
88	김제시	1.36	1.34	129	군위군	1.49	1.34
89	완주군	1.28	1.28	130	의성군	1.74	1.29
90	진안군	1.39	1.32	131	청송군	1.62	1.49
91	무주군	2.01	1.35	132	영양군	1.62	1.37
92	장수군	1.71	1.29	133	영덕군	1.43	1.42
93	임실군	1.41	1.46	134	청도군	1.42	1.41
94	순창군	1.76	1.58	135	고령군	1.49	1.52
95	고창군	1.67	1.50	136	성주군	1.36	1.40
96	부안군	1.79	1.49	137	칠곡군	1.26	1.35
97	목포시	1.44	1.44	138	예천군	1.54	1.42
98	여수시	1.42	1.36	139	봉화군	1.36	1.31
99	순천시	1.45	1.36	140	울진군	1.71	1.44
100	나주시	1.30	1.24	141	울릉군	1.33	-
101	광양시	1.38	1.34	142	창원시	1.38	1.26
102	담양군	1.52	1.43	143	진주시	1.64	1.39
103	곡성군	1.71	1.53	144	통영시	1.59	1.44
104	구례군	1.72	1.31	145	사천시	1.55	1.44
105	고흥군	1.64	1.32	146	김해시	1.31	1.35
106	보성군	1.80	1.52	147	밀양시	1.56	1.35
107	화순군	1.40	1.44	148	거제시	1.68	1.44
108	장흥군	1.69	1.36	149	양산시	1.35	1.28
109	강진군	1.51	1.41	150	의령군	1.45	1.36
110	해남군	1.50	1.40	151	함안군	1.34	1.36
111	영암군	1.32	1.39	152	창녕군	1.45	1.33
112	무안군	1.45	1.51	153	고성군	1.46	1.42
113	함평군	1.56	1.42	154	남해군	1.70	1.44
114	영광군	1.60	1.33	155	하동군	1.75	1.24
115	장성군	1.43	1.38	156	산청군	1.62	1.38
116	완도군	1.70	1.36	157	함양군	1.69	1.56
117	진도군	1.31	1.39	158	거창군	1.66	1.34
118	신안군	1.46	1.43	169	합천군	1.70	1.38
119	포항시	1.56	1.37	160	제주시	1.56	1.37
120	경주시	1.47	1.39	161	서귀포시	2.00	1.37
121	김천시	1.37	1.31	162	세종시	1.40	1.36

자료: 한국교통연구원, 『교통수요 분석 기초자료 배포 설명자료』, 2016.

■ 부록5. 버스 재차인원

연번	시도	재차인원	연번	시도	재차인원
1	서울특별시	19.75	9	강원도	16.12
2	부산광역시	20.65	10	충청북도	17.95
3	대구광역시	18.60	11	충청남도	15.92
4	인천광역시	12.33	12	전라북도	15.86
5	광주광역시	19.98	13	전라남도	19.11
6	대전광역시	21.69	14	경상북도	18.15
7	울산광역시	20.22	15	경상남도	15.36
8	경기도	12.91	16	제주특별자치도	16.50

자료: 한국교통연구원, 『교통수요 분석 기초자료 배포 설명자료』, 2016.

■ 부록6. 승용차 환산계수

권역	버스 평균	트럭 소형	트럭 중형	트럭 대형
대전권	2.00	1.30	3.70	3.80

자료: 한국개발연구원, 『도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구 (제5권)』, 2008.

■ 부록7. 전국 기반 도시부 도로 유형별 교통량-지체함수(VDF) 파라미터 값과 차로 용량

구분	등급	도로 유형	교차로 밀도 (개/km)	차로수	α	β	자유 속도 (kph)	용량 (pcphpl)	
도시부	1	고속 도로	연속류	2차로 이하	0.56	1.8	100.7	1,846	
	3			3차로 이상	0.57	1.68	115.1	2,028	
	5	도시고속도로		2차로 이하	0.47	2.43	95.5	1,773	
	7			3차로 이상	0.48	2.4	97.5	2,182	
	9	비연속류 도로	≤ 0.3	1차로	0.51	2.69	66.5	1,100	
	11			2차로 이상	0.67	2.16	80.7	1,420	
	13		≤ 0.7	1차로	0.54	2.47	63.9	957	
	15			2차로 이상	0.68	2.08	79.2	1,341	
	17		≤ 1.0	1차로	0.6	2.15	55.7	873	
	19			2차로 이상	0.69	1.93	71	1,242	
	21		≤ 2.0	1차로	0.6	1.92	51	862	
	23			2차로 이상	0.71	1.8	69.6	985	
	25		≤ 4.0	1차로	0.67	1.86	44.1	636	
	27			2차로 이상	0.72	1.79	62.4	936	
	29		> 4.0	1차로	0.8	1.82	38.3	595	
	31			2차로 이상	0.82	1.66	57	801	
지방부	2		고속 도로	연속류	2차로 이하	0.55	2.09	95.2	1,786
	4				3차로 이상	0.57	2.07	108.2	1,987
	10	비연속류 도로	≤ 0.3	1차로	0.51	2.82	67.5	1,090	
	12			2차로 이상	0.65	2.24	82.3	1,400	
	14		≤ 0.7	1차로	0.54	2.16	65	925	
	16			2차로 이상	0.72	2.14	80.7	1,188	
	18		≤ 1.0	1차로	0.59	1.87	62.8	767	
	20			2차로 이상	0.73	1.82	72.2	971	
	22		≤ 2.0	1차로	0.63	1.87	58.1	583	
	24			2차로 이상	0.8	1.81	70	831	
	26		≤ 4.0	1차로	0.68	1.79	54.4	580	
	28			2차로 이상	0.82	1.72	69.3	756	
	30		> 4.0	1차로	0.72	1.72	44.2	465	
	32			2차로 이상	0.83	1.7	60	736	

자료: 한국교통연구원, 『교통수요 분석 기초자료 배포 설명자료』, 2016.

■ 부록8. 항목구분에 따른 차종별·속도별 대기오염비용(2015년)
(단위: 원/km)

차종	속도	CO	NOx	HC	PM	CO2	합계
승용차	10	41.58	13.00	7.96	-	19.63	82.17
	20	18.35	7.45	2.74	-	13.27	41.81
	30	11.37	5.39	1.47	-	10.57	28.80
	40	8.09	4.28	0.94	-	8.99	22.30
	50	6.21	3.58	0.67	-	7.93	18.39
	60	5.02	3.08	0.50	-	7.15	15.75
	70	4.18	2.72	0.39	-	6.55	13.84
	80	3.58	2.44	0.33	-	6.08	12.43
	90	3.11	2.23	0.27	-	5.69	11.30
	100	2.74	2.06	0.23	-	5.36	10.39
소형버스	10	10.64	20.62	2.48	7.45	20.47	61.66
	20	7.38	13.80	1.45	5.34	14.03	42.00
	30	5.96	10.91	1.06	4.38	11.35	33.66
	40	5.12	9.98	0.84	3.82	9.92	29.68
	50	4.55	9.23	0.71	3.64	9.01	27.14
	60	4.13	9.12	0.61	3.89	8.63	26.38
	70	3.82	9.69	0.55	4.17	8.76	26.99
	80	3.55	10.92	0.49	4.44	9.40	28.80
	90	3.34	12.84	0.45	4.72	10.55	31.90
	100	3.16	15.41	0.40	5.02	12.25	36.24
중형버스	10	38.89	82.89	14.40	22.68	26.02	184.88
	20	25.29	54.49	9.19	13.14	20.03	122.14
	30	19.67	42.62	7.06	9.56	15.32	94.23
	40	16.46	35.81	5.86	7.62	11.90	77.65
	50	14.32	31.28	5.07	6.99	9.78	67.44
	60	12.79	28.03	4.51	6.54	8.94	60.81
	70	11.62	25.52	4.09	6.54	9.39	57.16
	80	10.71	23.54	3.75	6.99	11.13	56.12
	90	9.95	25.22	3.48	7.90	14.17	60.72
	100	9.33	32.59	3.25	9.25	18.48	72.90
대형버스	10	70.43	290.64	19.76	50.14	54.56	485.53
	20	49.48	219.63	12.38	36.36	42.50	360.35
	30	40.25	186.45	9.42	30.13	36.72	302.97
	40	34.75	165.98	7.76	26.36	33.11	267.96
	50	31.02	151.68	6.68	23.77	30.55	243.70

<표 계속>

차종	속도	CO	NOx	HC	PM	CO2	합계
소형트럭	10	13.12	28.27	2.57	7.82	22.30	74.08
	20	10.04	17.34	1.79	6.59	15.10	50.86
	30	8.58	13.02	1.45	5.97	12.03	41.05
	40	7.69	10.06	1.26	5.57	10.34	34.92
	50	7.04	8.57	1.12	5.28	9.57	31.58
	60	6.57	7.54	1.02	5.05	9.28	29.46
	70	6.19	6.94	0.94	4.86	9.46	28.39
	80	5.87	6.81	0.89	4.69	10.13	28.39
	90	5.62	7.11	0.83	4.57	11.26	29.39
	100	5.39	7.86	0.79	4.45	12.88	31.37
중형트럭	10	63.05	138.30	26.30	29.09	34.02	290.76
	20	39.65	94.37	16.77	19.41	27.92	198.12
	30	30.23	76.49	12.89	15.32	22.86	157.79
	40	24.94	66.44	10.69	12.96	18.87	133.90
	50	21.49	58.38	9.25	11.37	15.94	116.43
	60	19.03	52.34	8.22	9.64	14.08	103.31
	70	17.16	48.30	7.44	8.63	13.29	94.82
	80	15.69	46.26	6.82	8.06	13.55	90.38
	90	14.51	46.23	6.32	7.95	14.86	89.87
	100	13.52	48.20	5.90	8.29	17.23	93.14
대형트럭	10	76.89	383.87	26.52	85.38	162.04	734.70
	20	46.00	295.32	17.91	63.83	123.68	546.74
	30	34.06	253.33	14.24	53.82	105.61	461.06
	40	27.52	227.21	11.66	47.70	94.40	408.49
	50	23.32	208.81	10.66	43.44	86.54	372.77
	60	20.38	194.90	9.62	40.24	80.60	345.74
	70	18.18	183.86	8.82	37.71	75.90	324.47
	80	16.46	174.80	8.17	35.65	72.05	307.13
	90	15.09	167.19	7.64	33.94	68.81	292.67
	100	13.95	160.65	7.21	32.46	66.05	280.32

자료: 한국개발연구원, 『2016년 상반기 예비타당성조사 착수회의 자료』, 2016.

■ 부록9. VKT를 이용한 사업 시행시/미시행시 Co2 배출량
(단위 : 대·km, kg)

구분	사업미시행시 (1km제약, A)	사업미시행시 (0.33km제약, B)	사업시행시 (C)	차이	
				(A-C)	(B-C)
VKT	27,116,114.19	27,116,607.06	27,112,977.30	3,136.90	3,629.76
Co2 배출량	6,273,584.18	6,273,698.21	6,272,858.43	725.75	839.78

<참고문헌>

- 건설교통부, 『2007 도로교통량통계연고』, 2008
- 경찰청, 『교통사고통계』, 2008
- 김형철·이재영(1999), 비용편익분석을 이용한 위치별 자전거도로 평가모형에 관한 연구, 경원대학교 환계연논문집 제4호, pp.17-34
- 도로교통공단, 『07. 도로교통 사고비용의 추계와 평가』, 2008
- 보험개발원, FY2007 종목별 총괄손해상황(미 발간자료), 2008
- 신희철 외 3인(2010), 자전거전용차로 설치에 따른 기해효과 추정:서울시 사례를 중심으로, 대한교통학회지, 제28권 제4호, pp.97-106
- 이재영·김형철(1998), 비용편익분석을 이용한 자전거도로 평가모형에 관한 연구, 경원대학교 환경계획연구소 논문집, 제4호 p.17
- 이재영(2010), 공공자전거시스템의 이용특성분석 및 대전시 적용방안, 대전발전연구원
- 이재영(2015), 공공자전거 타슈의 효율적 운영방안, 대전발전연구원
- 한국개발연구원(2016), 2016년 상반기 예비타당성조사 착수회의자료
- 한국교통연구원(2007), 2005년 교통사고비용 추정
- Ahmadreza Faghih-Imani, Sabreena Anowar, Eric J Miller, Naveen Eluru(2017), Hail a cab or ride a bike? A travel time comparison of taxi and bicycle-sharing systems in New York City, Transportation Research Part A: Policy and Practice, pp.11-21
- Betz, C., J. Bergstrom and J. M. Bowker(2003), A Contingent Trip Model for Estimating Rail-trail Demand, Journal of Environmental Planning and Management 46(1): 79-96
- Dekoster and Schollaert(1999), Cycling: the way ahead for towns and cities, European Communities. p.11
- Eva Willumsen et al(2010), Economic evaluation of cycle projects-methodology and cases, Association for European Transport and Contributions.
- Fix, P. and J. Loomis(1997), The economic benefits of mountain biking at one of its Meccas: an application of the travel cost method to mountain biking in Moab, Utah., Journal of Leisure Research 29(3): 342-352
- John Pucher, Ralph Buehler, David R. Bassett and Andrew L. Dannenberg(2010), Walking and Cycling to Health: A Comparative Analysis of City, State and

- International Data, American Journal of Public Health, at <http://aphapublications.org/cgi/reprint/AJPH.2009.189324v1>.
- Krang, T(2005), Cost Benefit Analysis of Cycling–Denmark, Nordic Council of Minister’s seminar Stockholm, February 1–2
- Krizek, <http://kevinjkrizek.org/wp-content/uploads/2013/03/Estimating-the-Economic-Benefits-of-Bicycling.pdf>
- Lind, G(2005), Benefits and costs of bicycle infrastructure, Nordic Council of Ministers’ seminar Stockholm, February 1–2
- Lindsey, G. and G. Knaap.(1999), Willingness to pay for urban greenway projects, Journal of the American Planning Association 65(3):297–301
- Litman, T.(2004), Economic Value of Walkability, World Transport Policy&Practice 10(1): 5–14
- Metsäranta, H(2004), Finnish guidelines for the assessment of walking and cycling projects, presentation at NTF seminar Copenhagen, December 7–8
- Nelson, C., C. Vogt, A. van der Woud, B. Valentine and J. Lynch(2001), 2000 Midland County Recreation Needs Assessment: The Pere Marquett Rail–Trail. East Lansing, Department of Park, Recreation and Tourism Resources.
- NZTA(2010), “Economic Evaluation Manual”, Vol 2, New Zealand Transport Agency(www.nzta.govt.nz); pp.8–11
- OTREC(2008), Understanding and Measuring Bicycling Behaviour: a Focus on Travel Time and Route Choice. p.35
- Rutter, H(2005), Valuing the mortality benefits of regular cycling. Nordic Council of Ministers’ seminar Stockholm. February 1–2, 2005.
- Saelensminde, K.(2002), Gang-ochsykkelvegnett I norske byer. Nytte-kostnadsanalyser inkludert helseeffekter og eksterne kostnader av motorisert vegtrafikk, TOI rapport 567.
- Saelensminde, K.(2004), Cost-benefit analyses of walking and cycling track networks taking into account insecurity, health effects and external costs of motorized traffic. Transportation Research Part A 38 (2004) 593–606.
- Sharples, R.(1995a), A framework for the evaluation of facilities for cyclists – Part 1, Traffic Engineering and Control: 142–149.
- Sharples, R.(1995b), A framework for the evaluation of facilities for cyclists –

Part 2, Traffic Engineering and Control: 221–223.

TemaNord(2005), 「CBA of cycling」, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, p.47.

ITF(2014), Cycling, Health and Safety, International Transport Form(DOI:10.1787/9789282105955-en); at www.oecd-library.org/transport/cycling-health-and-safety-9789282105955-en.

Todd Litman(2017), Evaluating Active Transport Benefits and Costs—guide to Valuing Walking and Cycling Improvements and Encouragement Programs, 20. at <http://www.vtpi.org/nmt-tdm.pdf>

Velo Mondial(2014), New ways to go Public Investment in Cycling, p.56 재인용