

정책연구 2023-24

대전광역시 타슈의 적정 운영규모 및 편익 추정 연구

이 재 영

연구책임

• 이재영 / 공간환경연구소 선임연구위원

정책연구 2023-24

대전시 타슈의 적정 운영규모 및 편익 추정 연구

발행인 김 영 진

발행일 2023년 09월

발행처 대전세종연구원

34863 대전광역시 유성구 전민로 37(문지동)

전화: 042-530-3512 팩스: 042-530-3528

홈페이지 : <http://www.dsi.re.kr>

TEL 042-221-3111 FAX 042-221-5116

ISBN : 979-11-6075-386-8(93350)

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〉

[연구결과 요약]	vii
1. 서론	3
1.1. 연구의 필요성 및 목적	3
1.1.1. 연구 배경	3
1.1.2. 연구 목적	4
1.2. 연구의 범위 및 방법	5
1.2.1. 연구 범위	5
1.2.2. 연구 방법	6
1.3. 본 연구의 차별성	8
2. 타슈의 운영 특성 및 과부족 분석	11
2.1. 타슈의 운영 특성	11
2.2. 타슈의 과부족 분석	20
2.3. 타슈의 민원 분석	26
3. 타슈의 적정 운영 규모 추정	31
3.1. 접근방법	31
3.2. 타슈의 수요예측	35
3.2.1. 모형의 개요	35
3.2.2. 데이터 수집·가공	36
3.2.3. 모형의 정립	41
3.3. 적정규모의 추정	46
3.3.1. 추정의 전체	46
3.3.2. 적정 규모 추정	46
3.4. 스테이션 설치 우선순위 결정	52

4. 타슈의 편익 추정	57
4.1. 편익추정 구조	57
4.2. 편익의 추정	59
4.2.1. 추정 방법	59
4.2.2. 편익 항목	60
4.2.3. 이용편익추정 결과	72
5. 요약 및 정책 제언	75
5.1. 요약	75
5.2. 정책 제언	82
<참고문헌>	84

〈표 차례〉

[표 1-1] 연구배경 및 목적	4
[표 1-2] 주요 연구 내용	5
[표 1-3] 본 연구의 차별성	8
[표 2-1] 2009년~2022년간 타슈 운영대수 추이	11
[표 2-2] 타슈 정책 연혁	14
[표 2-3] 타슈 이용량의 변화	15
[표 2-4] 타슈 이용거리(시간)	16
[표 2-5] 타슈 이용자 성비(性比)	17
[표 2-6] 타슈 월별 이용현황(단위: 건)	18
[표 2-7] 공유형 타슈 평균 비용(수익)	19
[표 2-8] 타슈 이용자 성비(性比)	21
[표 2-9] 타슈 이용불편 민원분석	27
[표 3-1] 타슈 적정규모 결정방법	33
[표 3-2] 모형의 유의성 검증	35
[표 3-3] 데이터 수집 리스트	36
[표 3-4] 변수 설정	41
[표 3-5] 구축 DB 코드 및 내용	42
[표 3-6] 타슈 수요예측 모형요약	43
[표 3-7] 분산분석 결과	44
[표 3-8] 변수의 통계적 유의성 검증	45
[표 3-9] 적용 수치	46
[표 3-10] 균등 접근성을 고려한 타슈 수요 추정 결과	47
[표 3-11] 경제성을 고려한 타슈 수요 추정 결과	50
[표 3-12] 타슈 적정규모 추정 종합	51

[표 3-13] 설치 우선순위 위치	52
[표 4-1] 편익항목	58
[표 4-2] 공공자전거 타슈 편익추정 대상	59
[표 4-3] 자전거 이용에 따른 건강 편익	63
[표 4-4] 해외 건강 편익 비용	63
[표 4-5] 전국 교통사고 사망자 현황	65
[표 4-6] 대전시 보행과 자전거 사고 비교	65
[표 4-7] 주행거리에 따른 수단별 이동시간 비교 (단위 : min)	67
[표 4-8] 편익 산정결과	72
[표 5-1] 타슈 적정규모 추정 종합	79
[표 5-2] 총편익 산정결과	81

〈그림 차례〉

[그림 1-1] 연구의 흐름	7
[그림 2-1] 타슈 대여소 위치(2023.3 기준)	12
[그림 2-2] 타슈 대여	13
[그림 2-3] 타슈 반납	13
[그림 2-4] 타슈 회전율 변화 추이	15
[그림 2-5] 타슈 평균 이용거리 및 시간	16
[그림 2-6] 타슈 이용자 성비	17
[그림 2-7] 타슈 월별 이용현황(%)_2021년 기준	18
[그림 2-8] 연도별 수입금 합계	19
[그림 2-9] 특정 시각 타슈 자전거 이용 가능 대수(예시)	20
[그림 2-10] 시간대별 타슈의 평균부족률(%)	22
[그림 2-11] 대전시 타슈 이용가능시간 비율(08:19-09:18)	23
[그림 2-12] 각 구별 이용가능시간 비율(08:19-09:18)	25
[그림 2-13] 타슈의 이용불편 민원 분석결과	26
[그림 3-1] 적정 규모에 대한 접근방법	31
[그림 3-2] 적정규모 추정 방법	34
[그림 3-3] 데이터 구축 흐름도	37
[그림 3-4] 속성 테이블 결합 (Join Attribute Table)	38
[그림 3-5] 데이터의 분할 및 배정	40
[그림 3-6] 경제성을 고려한 (최대)공급규모	49
[그림 3-7] 타슈의 공급증가 및 누적수요 그래프	49
[그림 3-8] 공급규모에 따른 한계효용(편익)체감	50
[그림 3-9] 공급 우선순위도(대전시 전체)	53
[그림 3-10] 공급 우선순위 확대(예시)	54

[그림 4-1] 공유형 자전거 타슈의 편익추정 구조	57
[그림 4-2] 의료비용 절감 효과 구조	61
[그림 4-3] 건강증진 효과 추정 구조	62
[그림 4-4] 도시별 교통사고 사망자(연간 사망자/자전거 1만 대)	64
[그림 4-5] 주행거리에 따른 수단별 이동시간 비교	66
[그림 4-6] 교통수단별 에너지 소모 비교	68
[그림 4-7] 교통수단별 온실가스 배출량	69
[그림 4-8] 자전거 분담률과 미세먼지	70
[그림 4-9] 자전거와 도시공간	71
[그림 5-1] 타슈의 이용불편 민원 분석결과	76
[그림 5-2] 적정규모 추정 방법	78
[그림 5-3] 경제성을 고려한 (최대)공급규모	79
[그림 5-4] 공급 우선순위도(대전시 전체)	80
[그림 5-5] 공유형 자전거 타슈의 편익추정 구조	81

[연구 결과 요약]

본 연구의 목적은 타슈의 수요를 기반으로 형평성과 효율성의 관점에서 적정 운영 규모 및 편익을 추정하고 설치 우선순위를 제시하는 데 있다.

이를 위해 타슈의 수요예측모형 정립하고 250m*250m 규격의 셀 수요를 추정하였으며 총비용과 총편익이 같아지는 지점을 경제성을 고려한 최적 규모로 설정하였다.

설치 우선순위는 수요에 따라 가장 수요가 높은 셀(장소)부터 가장 수요가 낮은 셀을 제시하였다.

타슈의 편익 항목은 8개 항목으로 약 641억 원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 장래에 운영규모 대비 편익이 비례하여 증가하지 않는 이유는 운영대수에 따른 수요증가 폭이 상대적으로 크지 않기 때문이다.

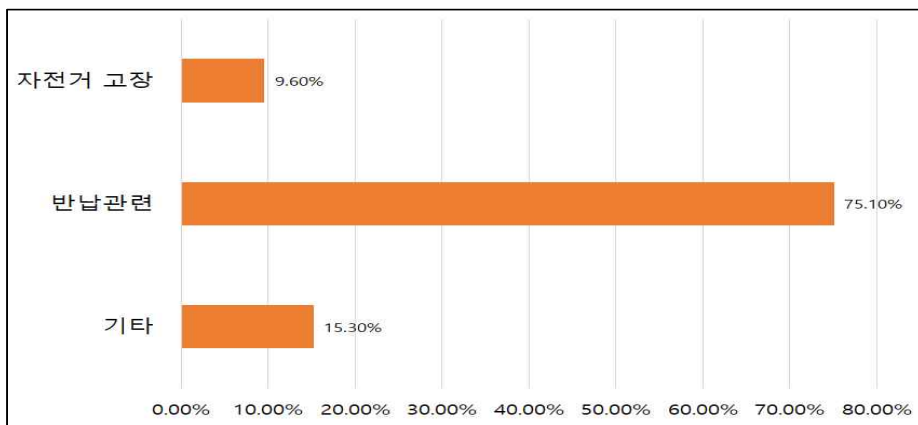
연구결과에 따르면, 타슈이용 특성을 반영한 운영계획을 수립하고, 수요예측 결과를 기준으로 설치지점을 검토할 필요가 있다.

가. 타슈의 과부족 및 관련 민원 분석

- OPEN API소스 이용 타슈의 과부족 분석
 - 조사시간 : 2023 7월 6일~7일(2일간), 08:19~09:18(첨두시)
 - 분석방법 : OPEN API 이용 1분 단위 저장 및 분석
 - 조사대상 : 대전시 전역 타슈 스테이션 1,148개소
 - 지 표 : 평균부족률(%)
- 평일 첨두시(17:00-18:00) 타슈의 부족률은 최소 27% 최대 62.2%

나. 타슈이용민원 분석

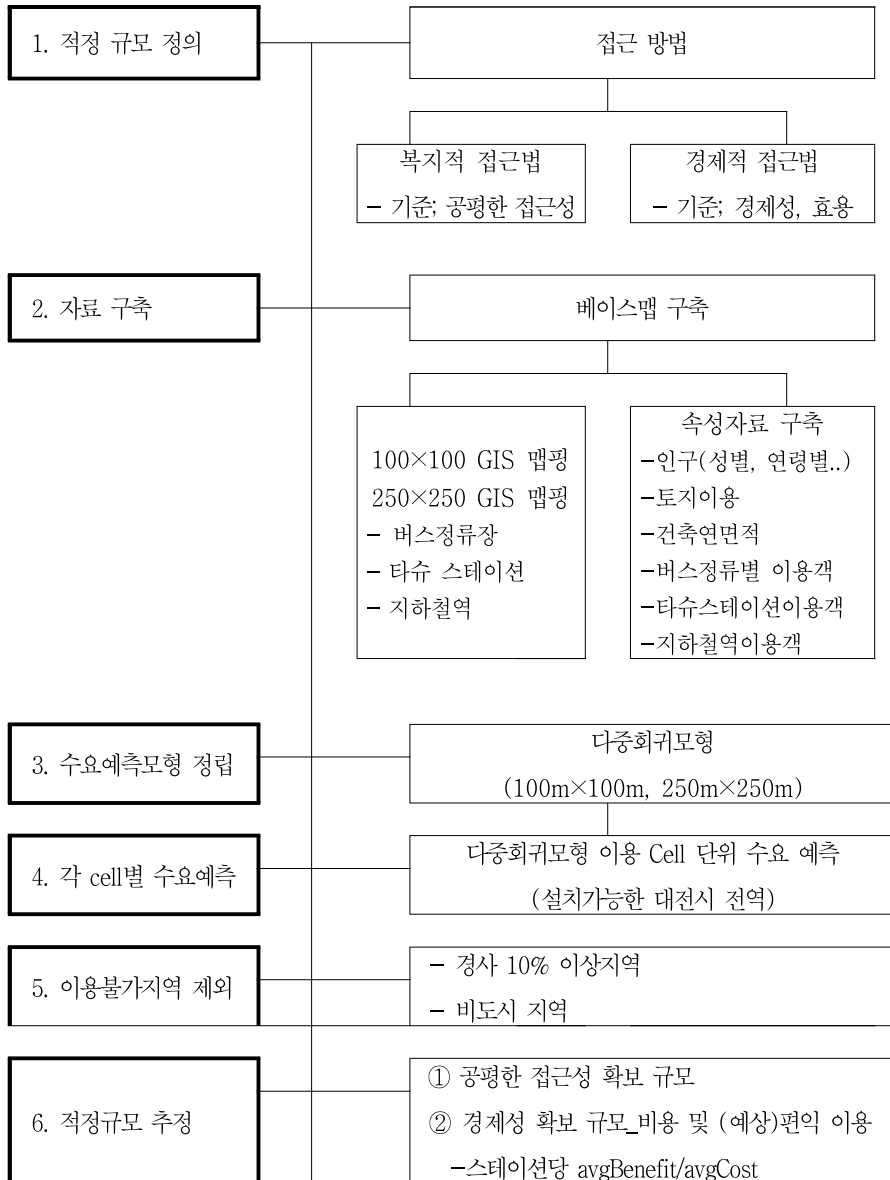
- 1개월(2023.5)간 민원건수 : 25,977건
- 이용건수 506,916건 대비 5.1%
- 대부분의 불편요인은 ‘반납관련’불편으로 전체의 75.1%



[타슈의 이용불편 민원 분석결과]

다. 타슈의 적정 규모 추정 방법

- 본 연구에서 적용한 적정 규모의 추정방법 및 흐름



[적정규모 추정 방법]

라. 타슈의 수요예측모형 정립

◦ 도출된 수요예측모형

$$y = 1.335 + 0.004x_1 + 6.820x_2 + 0.003x_3 + 0.000x_4 - 0.353x_5$$

	y	: 타슈 이용량(회/일/cell)
	x_1	: 버스 하차인원수
	x_2	: 자전거도로 유무
	x_3	: 지하철 승차인원수
단,	x_4	: 건축연면적
	x_5	: 경사도(%)

◦ 모형의 설명

- 변수의 부호는 일반적인 인식에 부합
- 모형의 설명력을 나타내는 R^2 값은 0.459, F-test값 299.368(0.000)
- 분산팽창계수는 1.1~1.38수준으로 변수간 다중공선성 없음.

◦ 본 연구 확인사항; 공유형은 키오스크방식의 타슈와 다르다.

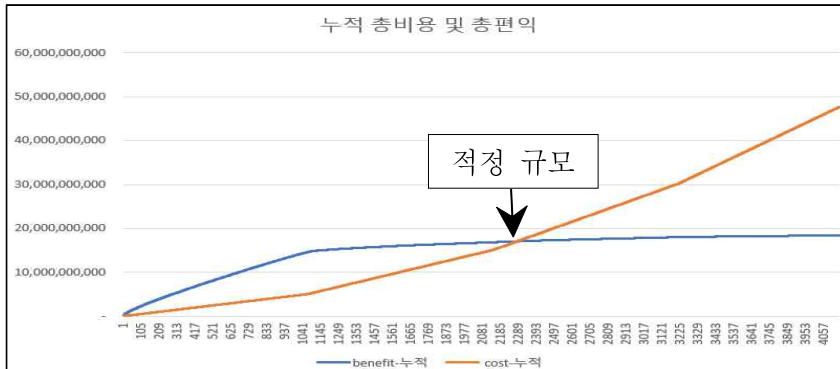
- 공유형 공공자전거는 경사와 자전거도로 유무에 큰 영향
- 대중교통수단 이용객변수는 통계적 영향은 있으나 그 값은 적음
- 결과적으로, 공유형 타슈는 기존의 스테이션 기반 자전거의 수요특성과는 다른 이용특성을 보임.

◦ 모형의 의의 및 활용성

- 공유형 타슈의 수요 영향요인을 파악하여 타슈 운영 활용.
- 영향변수는 기존의 스테이션 기반 이용수요와는 다르다는 것을 확인.
대중교통이나 공원 등의 변수가 유의미한 영향 없음.
- 일반에 제공되고 있는 국가 데이터베이스를 이용하여 모형을 도출.
모형의 일반화 및 타 도시에서의 활용성 높임.

마. 타슈의 적정 운영 규모 도출

- 복지적 접근과 경제적 접근으로 구분하여 적정 운영규모 도출함.
- 복지적 접근법(경사 및 마이너스 수요 지역 제외)
 - 적정 운영 스테이션수 : 4,443개소, 타슈 자전거 : 9,401대
- 경제적 접근법(편익이 비용을 초과하는 최대 운영 규모)
 - 총비용과 총효용(편익)이 같아지는 지점의 누적편익 170.5억원
 - 누적 비용은 170.4억원
 - 수요가 가장 높은 셀부터 순서대로 나열하였을 때, 2285번째 셀
 - 적정 운영 스테이션수 : 2,445개소
 - 적정 운영 타슈 자전거 : 5,159대



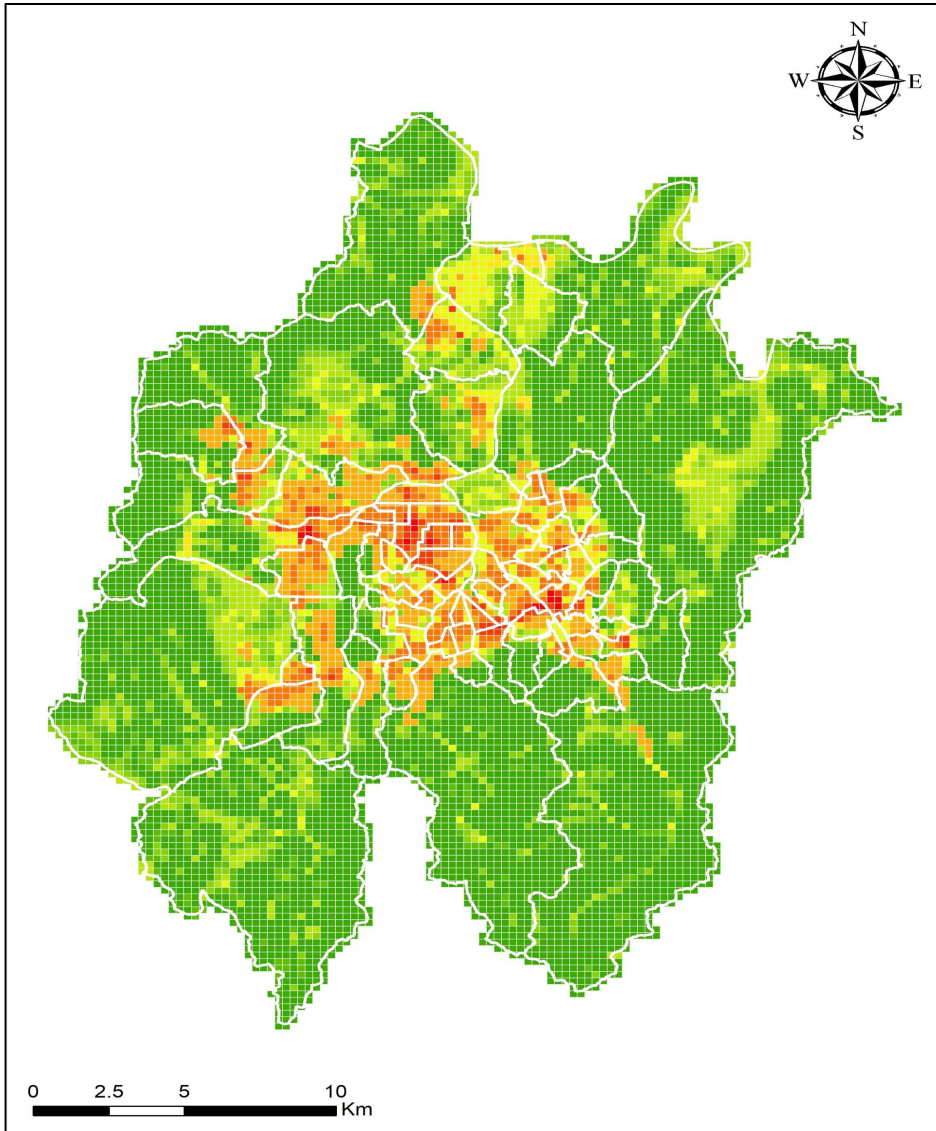
[경제성을 고려한 (최대)공급규모]

[타슈 적정규모 추정 종합]

구 분	추정 결과
① 균등한 접근성 확보 규모	· <u>균등한 접근성 확보 규모(경사 및 마이너스 수요 지역 제외)</u> - 스테이션수 : 4,443개소, 타슈 자전거 : 9,401대
② 경제성 확보 규모	· <u>편익이 비용을 초과하는 최대 운영 규모</u> - 스테이션수 : 2,445개소, 타슈 자전거 : 5,159대

바. 스테이션 설치 우선순위

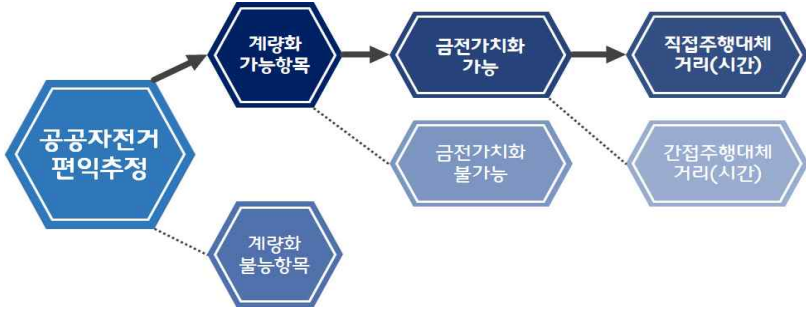
- 우선순위는 수요에 따라 가장 수요가 높은 셀(장소)부터 가장 수요가 낮은 셀을 제시하였음(1번째~4,443번째 셀, 1번째 ~2,445번째 셀).
- 좌표값을 활용하여 위치확인 가능



[공급 우선순위도(대전시 전체)]

사. 타슈의 이용편의 추정

- 편익추정 구조



[공유형 자전거 타슈의 편익추정 구조]

- 편익추정 결과
- 현재 수준의 운영규모를 유지하는 경우, 총편익은 연간 약 535억 원이 발생
- 장래 타슈를 추가로 확충하여 운영하는 경우, 약 641억 원의 편익이 발생
- 장래에 운영규모 대비 편익이 비례하여 증가하지 않는 이유는 운영대수에 따른 수요증가 폭이 상대적으로 크지 않기 때문.

[총편익 산정결과]

항목	원단위 (원/통행)	장래1 (2,500대)	장래2 (5,200대)
총편익(원/년)	-	53,524,140,225	64,087,338,792

아. 정책 제언

- 정책 제언타슈이용 특성 반영한 운영계획
 - 공유형 타슈 이동거리는 키오스크형 타슈에 비해서 짧음. 이동거리를 기준으로 스테이션 운영 밀도를 조정 필요.
 - 타슈 이용자는 남성이 여성보다 많음. 인프라 및 교통운영 여건은 여성 이용자 입장에서 점검하여 개선 필요.
 - 타슈는 월별로 이용 특성이 다름. 특히, 겨울철에 운영효율 현격하게 낮아짐. 겨울철 운영정책 보완 및 자전거도로 및 주차장 등 인프라 유지관리 보완 필요.

- 타슈 민원사항 개선; 시스템 안정화
 - 타슈 이용불편 민원이 매우 많음. 이용건수 대비 5.1%.
 - ‘반납관련’ 불편이 많음. 운영확대 이전 시스템 안정화 필요

- 적정규모의 범위내에서 운영규모 설정
 - 본 연구에서 제시한 ‘적정 규모’는 운영자전거대수 기준임.
 - ‘운영 규모’는 점진적으로 증가시키는 것이 바람직. 비용/편익에 대한 모니터링이 필요하기 때문.

- 수요예측 결과를 기준으로 우선설치 지점 검토
 - 본 연구에서 스테이션별 수요값과 구체적인 좌표값을 제시하였음.
 - 동일한 규모를 증가시키더라도 수요가 높은 지역부터 공급 우선
 - 250m×250m 범위에서 현장조사를 통하여 설치지점 설정 필요
 - 현장상황에 따라 스테이션의 운영규모를 적절하게 조정 가능.

서론

- 1.1. 연구의 필요성 및 목적
- 1.2. 연구의 범위 및 방법
- 1.3. 연구의 차별성

1장

1. 서론

1.1. 연구의 필요성 및 목적

1.1.1. 연구 배경

- 대전시 공공자전거 ‘타슈’의 자전거 부족현상이 심각하다. 타슈의 이용률이 대폭 증가한 것이 직접적인 원인이다¹⁾. 타슈의 이용률이 증가한 주요 요인은 도크리스방식으로 전환한 대여방식과 스테이션의 증가, 1시간 내 요금 무료 등으로 요약될 수 있다.
- 타슈의 인기가 높아지면서 이용자들은 ‘추가 설치’를 요구하고 있으며 대전시 또한 타슈의 추가설치를 고려하고 있다.
- 그러나, 타슈를 추가로 설치하기 위해서는 몇 가지 선결되어야 하는 문제들이 있다. 본 연구의 배경이기도 하다.
- 첫째, 얼마만큼 부족한 지에 대한 분석이 필요하다. 타슈의 과부족 정도를 파악하여 추가 공급의 필요성을 판단할 필요가 있다.
- 둘째, ‘적정 운영규모’에 대한 분석이 필요하다. 추가공급이 필요하다면 공급규모의 수준에 대한 결정이 필요하다. 운영규모가 커질수록 운영비가 증가하고 수요와 과리가 커진다면 예산효율이 낮아지기 때문이다.
- 셋째, ‘우선 순위’에 대한 분석이 필요하다. ‘적정 운영규모’가 도출되었다 하더라도 어느 지역에 먼저 설치할 것인지 즉, 우선순위에 대한 판단이 필요하다. 정책효과와 효율의 문제이기 때문이다.
- 넷째, 타슈 확대에 따른 편익의 크기를 추정할 필요가 있다. 정책효과를 제시함으로써 다른 정책과의 우선순위를 비교할 수 있기 때문이다.

1) 2022년 10월 기준 타슈의 이용률은 전년 동기 대비 6배가 증가하였다.

1.1.2. 연구 목적

- ‘적정규모’는 철학적 배경과 정책 의지에 따라 최대치의 규모에서부터 최소치의 규모까지 다양하게 도출될 수 있다. 예컨대, 경제적 관점과 사회복지적 관점에 따라 ‘적정 규모’는 확연하게 차이가 날 수 있다.
- 본 연구에서는 ‘정책의지’와 같은 정책적·정성적 방법은 검토하지 않는다.
- 본 연구는 ‘적정 규모는 기본적으로 경제적 관점 즉 「효율」과 복지적 관점의 「형평」 사이의 어느 수준에서 결정된다’라고 전제한다. 통상, 공공정책에서 ‘적정’이라는 의미는 ‘효율’을 주된 기준으로 삼고 ‘형평 혹은 평등’을 부수적인 기준으로 받아들여지고 있다. 본 연구도 마찬가지다.
- 따라서, 본 연구의 목적은 타슈의 수요를 기반으로 형평성과 효율성의 관점에서 적정 운영규모 및 편익을 추정하고 설치 우선순위를 제시하는 데 있다.

[표 1-1] 연구배경 및 목적

연구 배경	<ul style="list-style-type: none"> • 첫째, 타슈의 과부족 현상에 대한 분석 필요 • 둘째, 운영효율을 고려한 ‘적정 운영규모’의 추정 필요 • 셋째, 타슈 스테이션의 ‘우선 순위’ 제시 필요 • 넷째, 다른 정책과의 우선순위 비교를 위한 ‘타슈의 편익’ 추정 필요
연구 목적	<ul style="list-style-type: none"> • 타슈의 적정 운영규모 추정, 편익의 추정, 설치 우선순위 제시

1.2. 연구의 범위 및 방법

1.2.1. 연구 범위

- 본 연구의 범위는 내용적으로 다음과 같이 나뉜다.
- 첫째, 적정규모 추정 방법이다. ‘적정’에 대한 기준을 정립할 필요가 있다. 기준은 다시 철학적 배경이나 정책적 성향에 따라 다르게 나타나므로 이를 고찰할 필요가 있다. 다만, 본 연구에서는 철학적 기준이나 배경을 깊이 있게 다루지는 않는다. 우리 사회 특히 공공정책부문-인프라의 건설 및 운영-에서 보편타당하게 받아들여지고 있는 ‘형평’과 ‘효율’의 관점을 중심으로 검토한다.
- 둘째, 수요추정모형의 정립. 적정 공급규모는 물론 우선순위 설정에 활용한다.
- 셋째, 설치 우선순위 제시 부문이다. 우선순위는 격자망(cells)을 기준으로 제시한다.
- 넷째, 편익의 추정은 타 정책과의 우선순위 비교를 위한 것이다.

[표 1-2] 주요 연구 내용

이론 및 선행연구 검토	<ul style="list-style-type: none"> • 운영규모 추정관련 철학적 배경에 관한 이론 • 운영규모 추정에 관한 선행연구
타슈 현황 및 과부족 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 타슈 이용관련 Open API소스를 활용한 과부족 분석 • 타슈 이용관련 민원분석
적정 운영규모 추정 - 적정규모 방법론 고찰 - 이용수요 예측모형 정립 - 적정 운영 규모 추정	<ul style="list-style-type: none"> • 경제학적, 사회적, 환경론적 혹은 공리주의적인 기준에 따라 ‘적정’에 대한 접근방법 도출 • GIS 및 다중회귀모형을 이용한 이용수요예측모형 정립 • 최소 및 최대 운영 규모 제시 • 스테이션 추가설치를 위한 우선순위 제시
타슈 이용편익 추정	<ul style="list-style-type: none"> • 현재 및 장래 적정 규모를 고려한 타슈의 이용편익 추정
결론 및 정책제언	<ul style="list-style-type: none"> • 결론 및 정책 제언

1.2.2. 연구방법

- 연구내용별 연구방법은 다음과 같다.

1) 공공자전거 타슈의 운영특성 및 과부족 분석

- 타슈 대여반납 및 운영자료
- Open API소스를 이용한 분석
- 타슈 이용자 민원사항 분석

2) 적정규모 추정을 위한 이용수요예측 모형 정립

(1) 베이스맵

- 대전시 전체 100m X 100m 지도 구축_국립지리원
- 대전시 전체 250m X 250m 지도 구축_국립지리원

(2) 공간데이터 매칭

- 버스정류장, 지하철역, 타슈_스테이션 위치자료

(3) cell 속성자료 구축

- 인구속성자료(성별, 연령별)
- 토지이용자료
- 건축연면적자료
- 버스정류장 승하차_승차, 하차, 환승 구분
- 지하철역 이용자료_승차, 하차, 환승 구분
- 타슈이용자료_대여, 반납, 환승 구분
- 경사도

(4) 이용수요예측모형 정립

- 통계모형; 다중회귀모형

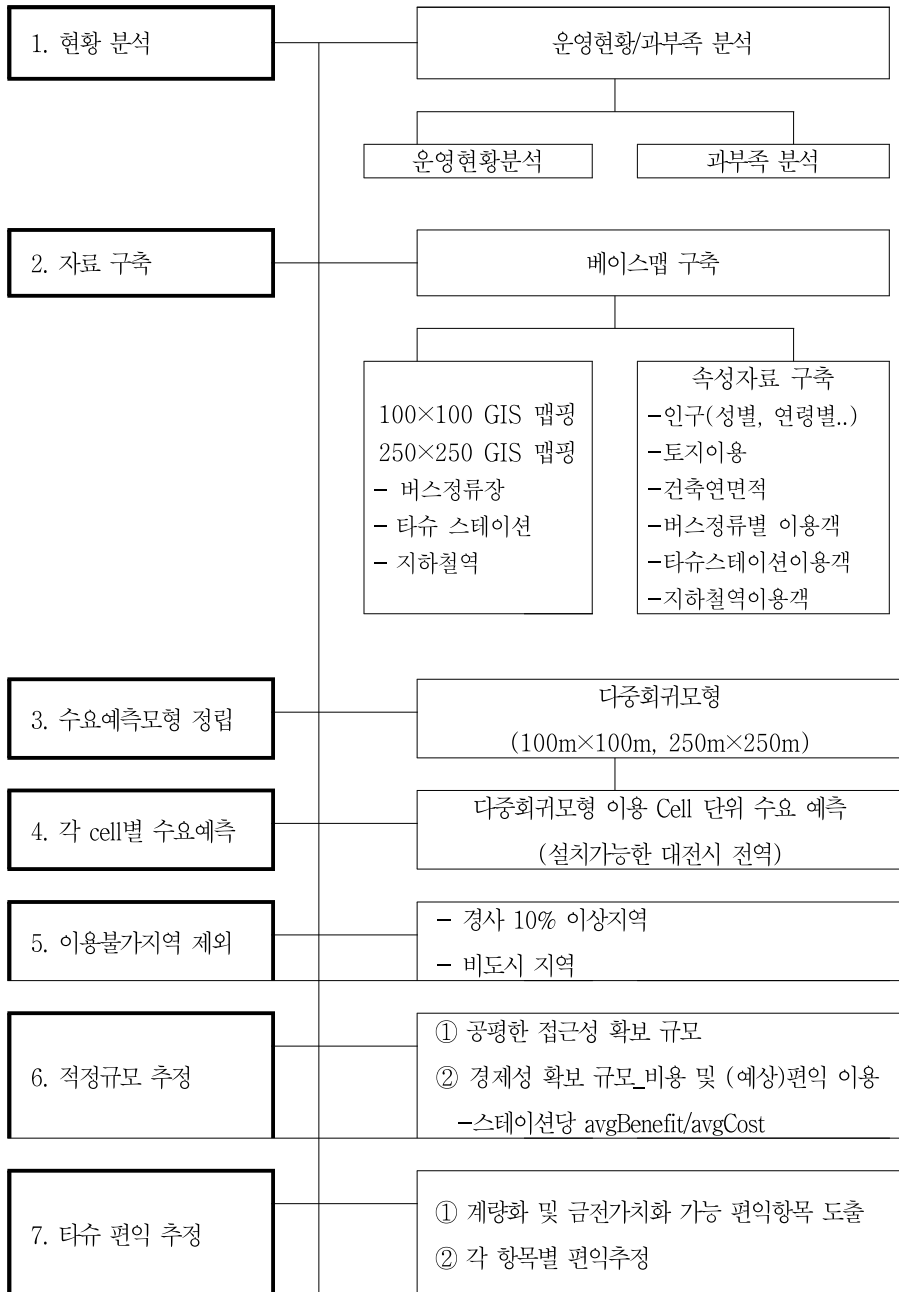
3) 적정공급규모 설정 및 우선순위 제시

- 균일접근법, 경제적 접근법 등

4) 타슈 이용편의 추정

- 다양한 편익항목 중 금전가치화 가능한 항목
- 현재 및 장래 적정 규모 기준 추정/기존 추정방법 활용

◦ 본 연구의 흐름은 [그림 1-1]과 같다.



[그림 1-1] 연구의 흐름

1.3. 본 연구의 차별성

본 연구의 차별성은 다음과 같이 4가지로 요약할 수 있다.

- 첫째, 구득가능하며 일관된 기준 적용 가능한 자료 활용.
 - 국토지리원 제공 GIS 지도 및 속성자료 활용
 - 버스정류장 승하차 인원, 도시철도 이용객수, 경사도 등 구득 가능한 자료를 활용하여 모형의 적용성 극대화.
- 둘째, 도시(지자체) 단위 적용가능한 모형 정립.
 - 기존 연구들은 특정구역의 자료이용 모형화
 - 공공자전거는 도시(지자체)단위로 운영
 - 본 연구에서는 도시 전체를 대상으로 자료구축 및 모형 정립
- 셋째, 공공자전거 운영의 ‘적정 규모’에 대한 방법론 제시
 - 기존 국내 관련연구는 ‘수요추정’ 한정 적정 규모 없었음.
 - ‘적정 규모’에 대한 근거와 추정방법론 제시 의의
- 넷째, 공유형 공공자전거의 이용편익 추정.
 - 기존에 공유형 공공자전거 편익추정 없었음.
 - 편익추정을 통하여 정책추진 근거 및 정책 우선순위 결정 지원

[표 1-3] 본 연구의 차별성

		기존 연구	본 연구
차 별 성	자료 구득	•수변까지의 거리, 공원 등 자료 및 기존 특정 지역 적용 전제	•구득용이하고 일관된 기준 적용가능 한 자료 활용
	모형의 일반화	•특정구역 중심 모형정립 시도	• 도시(지자체) 단위 적용가능한 모형 정립. 일반화에 따른 위험성 최소화
	적정규모 방법론	•수요예측은 있었으나 적용의 한계를 나타내는 적정규모 제시 방법론 없음	•‘ 공유형 공공자전거 수요모형 정립 ’ •‘적정 규모’에 대한 방법론 제시
	공유형 자전거 편익추정	•공공자전거 편익 추정 있었으나 공 유방식 추정 없었음.	• 공유형 공공자전거의 이용편익 추정 활용성 극대화

타슈의 운영특성 및 과부족 분석

- 2.1. 타슈의 운영특성
- 2.2. 타슈의 과부족 분석
- 2.3. 타슈의 민원 분석

2장

2. 타슈의 운영특성 및 과부족 분석

2.1. 타슈의 운영특성

가. 타슈의 운영개요

- 대전광역시가 운영하는 공공자전거의 브랜드는 ‘타슈’다. 타슈는 2009년에 자전거 80대로 운영을 시작하였다.
- 이후 타슈는 공공교통수단으로서의 기능이 강화되어 2023년 3월 기준 자전거 2,500대, 스테이션²⁾ 1,150개소로 확대·운영중이다.
- 대여방식은 도크리스방식³⁾이다. 고정된 스테이션과 키오스크가 없는 형태로 어디서나 반납과 대여가 자유로운 장점이 있다⁴⁾.
- 기존 방식은 정해진 장소_스테이션에서만 반납과 대여가 가능했었다. 2022년 7월에 변경되었다.

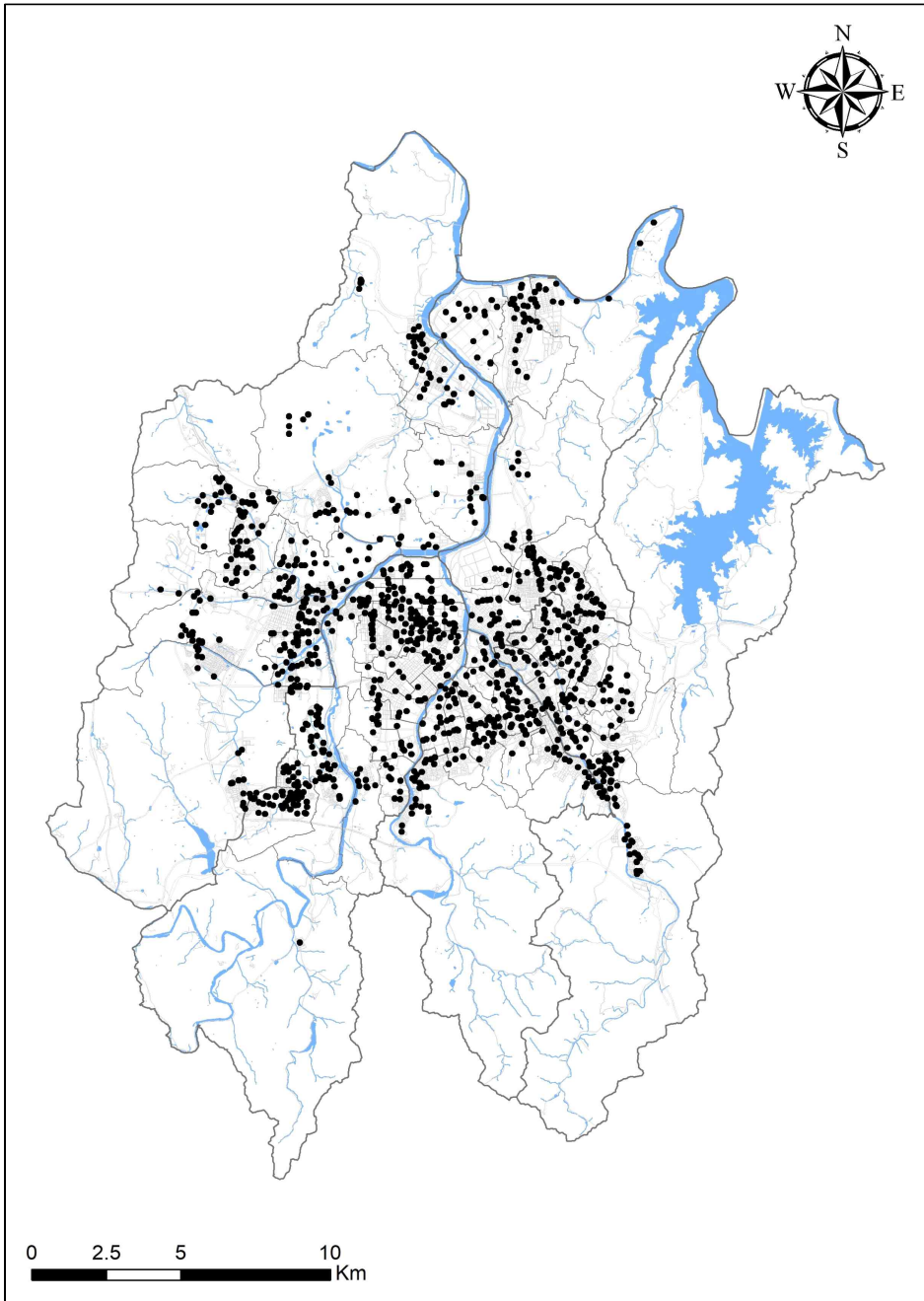
[표 2-1] 2009년~2022년간 타슈 운영대수 추이

구분	'09	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22
대여소	20	3	84	37		58	24	23	12	-	-	250	1,150
운영대수	80	957		1,390	1,450	2,025	2,135	2,355	2,355	2,895	2,305	2,305	2,500
운영방식	스테이션/키오스크												공유형/ 도크리스

2) 자전거를 반납하고 대여하기 위하여 일정하게 정한 장소 혹은 구역. GPS를 이용하여 대여·반납하기 때문에 거치대가 필요 없지만, 편의상 거치대를 두고 있다.

3) 스테이션이 없다는 것은 대여/반납을 위한 물리적 잠금장치를 포함한 거치대가 없다는 의미이다. 도크리스 방식이라도 대여/반납할 장소 지정을 위해 간이거치대는 설치하여 운영하고 있다.

4) 이론적으로 어디에서나 반납과 대여가 가능하지만 관리의 편의를 위해 대여·반납지점을 정해서 운영하고 있다. 다만, 기존 키오스크 방식에 비하여 인프라 설치비용이 거의 없기 때문에 기존보다 훨씬 많은 지점을 운영하고 있다.

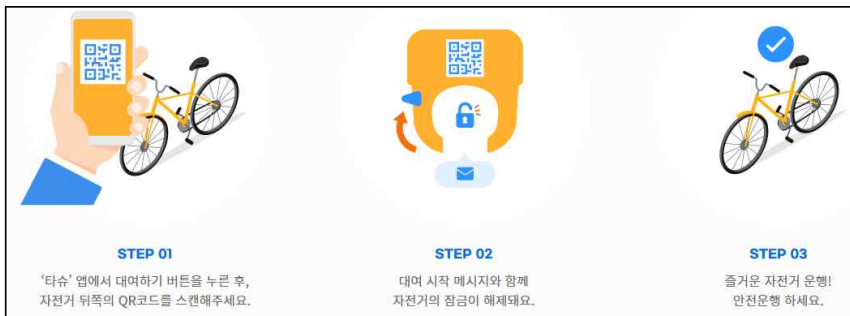


주) 1,150개소의 스테이션 좌표를 GIS 지도정보에 얹어 도면화하였다

[그림 2-1] 타슈 대여소 위치(2023.3 기준)

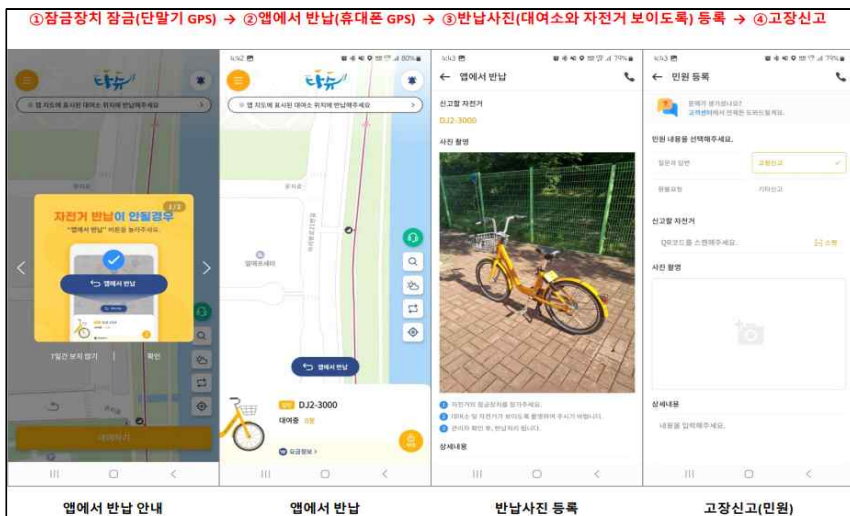
나. 타슈의 이용방법 및 연혁

- 타슈는 기본적으로 스마트폰 앱(APP), 자전거, QR단말기, GPS 등으로 구성되어 운영된다.
- 이용자는 앱(APP)을 이용하여 대여가능한 자전거가 있는 스테이션을 검색한 다음 스테이션에서 자전거에 부착된 QR코드를 읽어 대여한다.



[그림 2-2] 타슈 대여

- 반납은 반납위치에 자전거를 거치하고 잠금장치 잠근 후, 앱에서 '반납' 버튼을 누르면 된다.



[그림 2-3] 타슈 반납

- 한편, 타슈는 그동안 여러 차례 정책 변화과정을 거쳤다. 가장 큰 변화는 2022년 ‘도크리스방식, 운영 스테이션의 확대, 1시간 이용요금 무료화 정책’ 이다.
- 다만, 도크리스방식의 도입은 서울시의 ‘따릉이’ 보다 3년이 늦다.

[표 2-2] 타슈 정책 연혁

구 분	내용	비고
2018.09.	무인대여시스템 개선방침 결정	
2019.09.	개선용역착수 (21. 8. 22. 용역 준공)	
2020.06	환승체계 구축 추진방안 방침 결정 완료/타슈 기본 이용시간(1시간 이내) 무료화	
2020.11.	타슈 무인대여시스템 개선방침 결정(거치대중심⇒위치기반)	
2021.04.	타슈 무인대여시스템 고도화 용역 추진계획 수립	
2021.06.	공영자전거 제조구매 계약체결	
2021.08.	시스템 개선된 공영자전거 타슈 시범운영(대여소 40개소, 자전거 400대 운영)	
2021.12..	타슈 무인대여시스템 고도화(앱 2종 Android, iOS 및 대여소 관리) 용역 추진	
2022.05.	공영자전거 대여소 1,000개소 위치 선정 및 구축 완료	
2022.07.	공유형자전거 타슈 2,500대, 대여소 1,150개소 운영	
2022.08.	공영자전거 대여소보도폭 협소구간 150개소 개선	

자료 : 대전시 내부자료

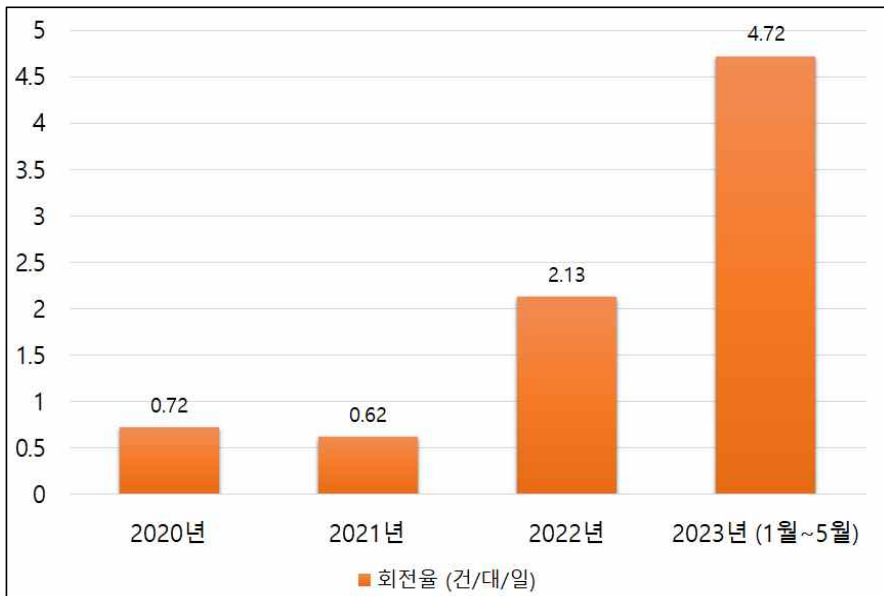
다. 타슈의 이용특성

- 운영방식이 변경된 2022년 7월부터 타슈의 이용량은 이전에 비해 크게 증가하기 시작했다.
- 2023년 1월부터 5개월간의 자료를 기준으로 보면, 총 이용 건수는 5개월간 약 177만 건, 평균 회전율은 4.72건/대/일이다. 즉, 자전거 1대당 하루 4.72회의 대여가 이루어진 것이다.
- 2021년의 0.62건/대/일과 비교하면, 7.6배가 증가한 것이다.

- 괄목할만한 변화다. 공유방식의 자전거 대여방식이 얼마나 편리한지를 알려주는 수치다.
- 공유방식으로 전환하면서 스테이션 수가 크게 증가하였고, 대여방식이 이용자중심으로 변화되었기 때문으로 풀이된다⁵⁾.

[표 2-3] 타슈 이용량의 변화

연도	총 대여건수 (건/년)	운영대수	일평균 대여건수(건/일)	회전율 (건/대/일)	비고
2023 (1월~5월)	1,768,779	2,500	11,791	4.72	
2022	1,945,175	2,500	5,329	2.13	
2021	522,716	2,305	1,432	0.62	
2020	604,446	2,305	1,651	0.72	



[그림 2-4] 타슈 회전율 변화 추이

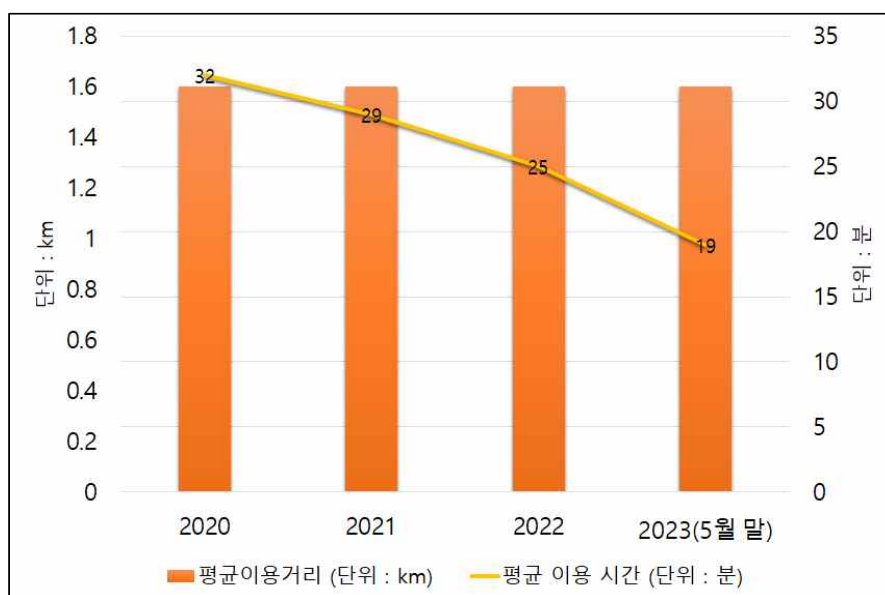
5) 스테이션 수 증가 : 250개소에서 1,115개소로 증가
 대여방식의 변화 : 키오스크방식-> 공유방식

- 타슈 이용자의 평균 이동거리와 이용시간은 각각 1.6km와 19분이다.
- 특이한 점은 이용시간이 이전 방식에 비하여 약 24%가 감소하였다는 점이다.
- 스테이션이 촘촘하게 설치되어 이전에 비해 반납과 대여를 위한 접근성이 크게 개선된 점이 주요한 원인이라 판단된다.
- 타슈의 이용이 가장 많은 첨두시(peak hour)는 16-18시로 나타났다.

[표 2-4] 타슈 이용거리(시간)

연도	평균이용거리(이용시간)	첨두시
2023(1월-5월)	1.6km (19분)	16-18
2022	1.6km (25분)	16-18
2021	1.6km (29분)	17-21
2020	1.6km (32분)	17-21

자료 : 대전시 내부자료



[그림 2-5] 타슈 평균 이용거리 및 시간

- 타슈 이용자는 남성이 여성보다 많다. 남성은 61.6%, 여성은 38.4% 여성보다는 남성 이용자가 월등히 많은 것으로 나타났다. 공유형으로 바뀐 2022년부터 남성의 비율이 좀 더 높아졌다.

[표 2-5] 타슈 이용자 성비(性比)

연도	총 대여건수 (건)				
	합계	건수		비율(%)	
		남성	여성	남성	여성
2023 (1월-5월)	1,768,779	1,089,440	679,339	61.6	38.4
2022	1,945,175	1,205,075	740,100	61.9	38.1
2021	522,716	305,534	217,182	58.4	41.5
2020	604,446	343,867	260,579	56.9%	43.1%

자료 : 대전시 내부자료

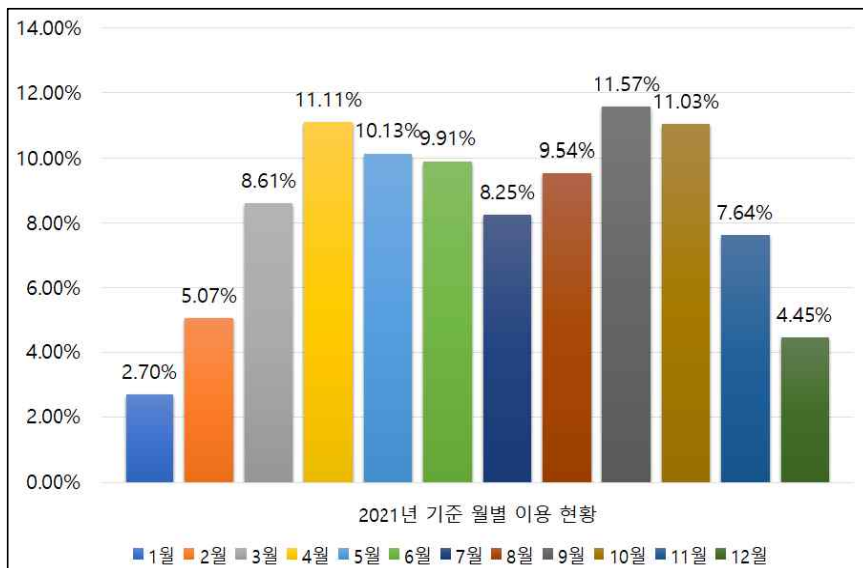


[그림 2-6] 타슈 이용자 성비

- 타슈는 월별로 이용특성이 다르다. 기상여건 때문이다.
- 봄, 가을을 제외하면 여름에는 무덥고 겨울에는 낮은 기후 특성에 따른 것이다.
- 기후 요인 중에는 특히, 기온의 영향이 크다.
- 이용량으로 볼 때, 타슈 이용자는 고온(더위)보다는 저온(추위)에 더욱 민감하게 반응하는 것으로 판단된다.

[표 2-6] 타슈 월별 이용현황(단위: 건)

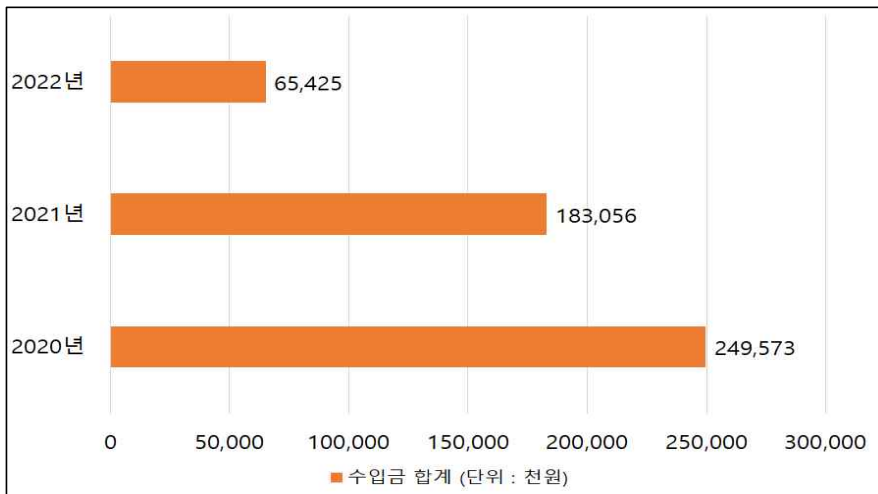
구분	합계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2023	1,766,887	156,142	232,755	426,599	444,475	506,916							
2022	1,945,175	31,388	35,755	71,289	116,078	141,100	106,864	82,509	125,429	354,185	301,701	409,803	169,074
2021	522,716	14,117	26,478	44,998	58,087	52,929	51,788	43,133	49,864	60,496	57,659	39,918	23,249
	100%	2.70%	5.07%	8.61%	11.11%	10.13%	9.91%	8.25%	9.54%	11.57%	11.03%	7.64%	4.45%
2020	604,446	19,359	20,231	54,945	76,266	76,822	61,065	50,193	39,344	74,440	74,412	37,329	20,040



주) 2022년은 기존 타슈와 공유형이 공존한 시기_계절변동 분석에 2021년 자료 활용.
[그림 2-7] 타슈 월별 이용현황(%) 2021년 기준

라. 타슈의 운영 특성

- 타슈의 수입은 2022년 약 2.5억원이었다. 무료화가 본격적으로 시행된 2023년에는 연간 약 1억원 수준에 머물것으로 예상된다. 반면, 운영비용은 연간 47억원 수준이다.
- 요금수입과 운영비용은 타슈 대여 1건당 각각 25원과 1,095원이다. 불균형이 심하다. 한마디로, 거의 100% 공공서비스사업인 셈이다.
- 타슈는 공공서비스의 일환이며 요금보조 기준으로는 버스보다 더 크다고 할 수 있다.



[그림 2-8] 연도별 수입금 합계

[표 2-7] 공유형 타슈 평균 비용(수익)^{주)}

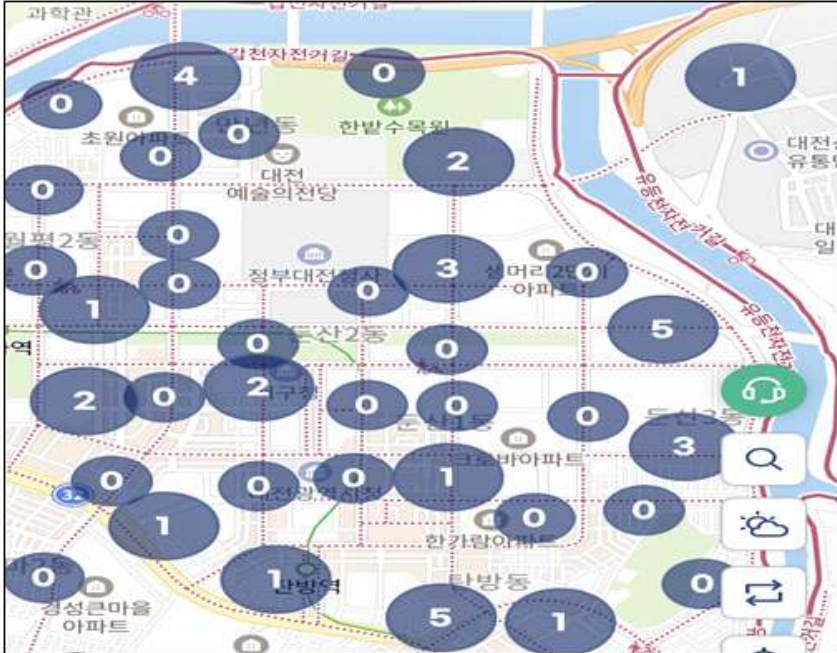
이용건수/5개월 (23.01-23.05)	1,766,887건 (연간 약 429만건 추정)	11,779건/일	4.7건/대/일
비용(원)	4,700,000,000/년	12,900,000/일	1,095/건
수입(원)/5개월 (23.01-23.05)	43,566,000	290,440/일	25원/건

주) 대전시 내부자료 이용 추정값

2.2. 타슈의 과부족 분석

가. 타슈의 과부족 조사 개요

- 이용가능한 타슈 자전거가 얼마나 되는지 정확하게 알 수 있는 통계는 집계되고 있지 않다.
- 본 연구에서는 타슈관리시스템의 OPEN API소스를 이용하여 다음과 같이 이용가능한 타슈가 얼마나 되는지 추정했다.
 - 조사시간 : 2023 7월 6일~7일(2일간), 08:19~09:18(첨두시)
 - 분석방법 : OPEN API 이용 1분 단위 저장 및 분석
 - 조사대상 : 대전시 전역 타슈 스테이션 1,148개소
 - 지 표 : 평균부족률(%)



[그림 2-9] 특정 시각 타슈 자전거 이용 가능 대수(예시)

나. 타슈의 과부족 현황

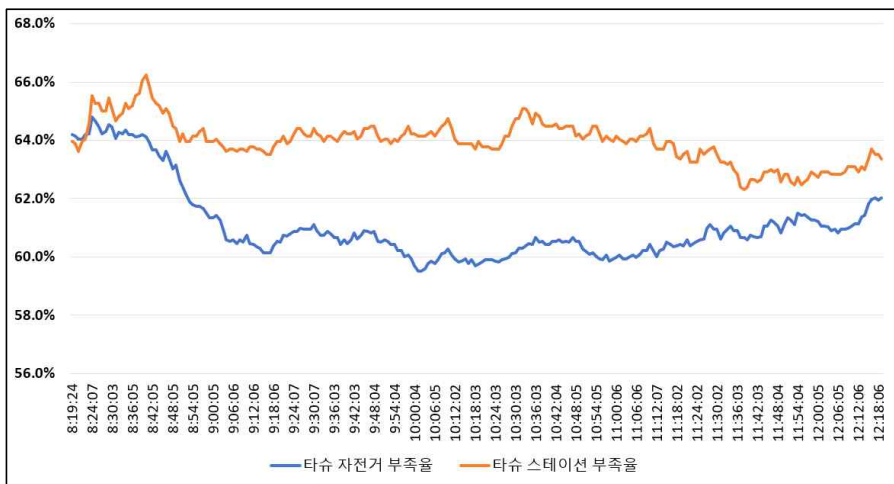
- 침두시 1시간 동안 대전시 타슈의 평균 스테이션 부족률은 64.4%로 나타났다. 100개 스테이션 중 64개의 스테이션에 이용가능한 자전거가 없다는 의미다.
- 침두시 1시간 내내 이용가능한 자전거가 없는 스테이션도 49.3%에 이르는 것으로 나타났다.
- 지역별로 부족률 평균의 편차는 거의 없이 대략 64% 수준의 부족률을 보이는 것으로 나타났다. 그러나, 1시간 동안 이용가능한 자전거가 0인 스테이션은 지역에 최고 62%에서 최저 23.4%까지 나타났다.
- 지역과 스테이션에 따라 수요의 편차가 크다는 의미다.
- 동구의 경우가 특히 그렇다. 62%의 스테이션에는 1시간 동안 이용가능한 자전거가 1대도 없었다. 반면, 평균부족률은 다른 지역과 유사하다. 스테이션별 수요의 편차가 크다는 의미다.
- 서구는 23.4%로 낮다. 상대적으로 스테이션 수요가 고르게 나타난 것이다.

[표 2-8] 타슈 이용자 성비(性比)

	스테이션 수	평균 부족율(%) ^{주)}	1시간 동안 이용가능 자전거가 0대인 스테이션(개소, %)
전체	1,146	64.4%	566(49.3%)
서구	364	64.20%	85 (23.35%)
동구	182	64.40%	113 (62.09%)
중구	160	64.20%	60 (37.50%)
유성구	282	64.20%	134 (47.52%)
대덕구	158	64.30%	85 (53.80%)

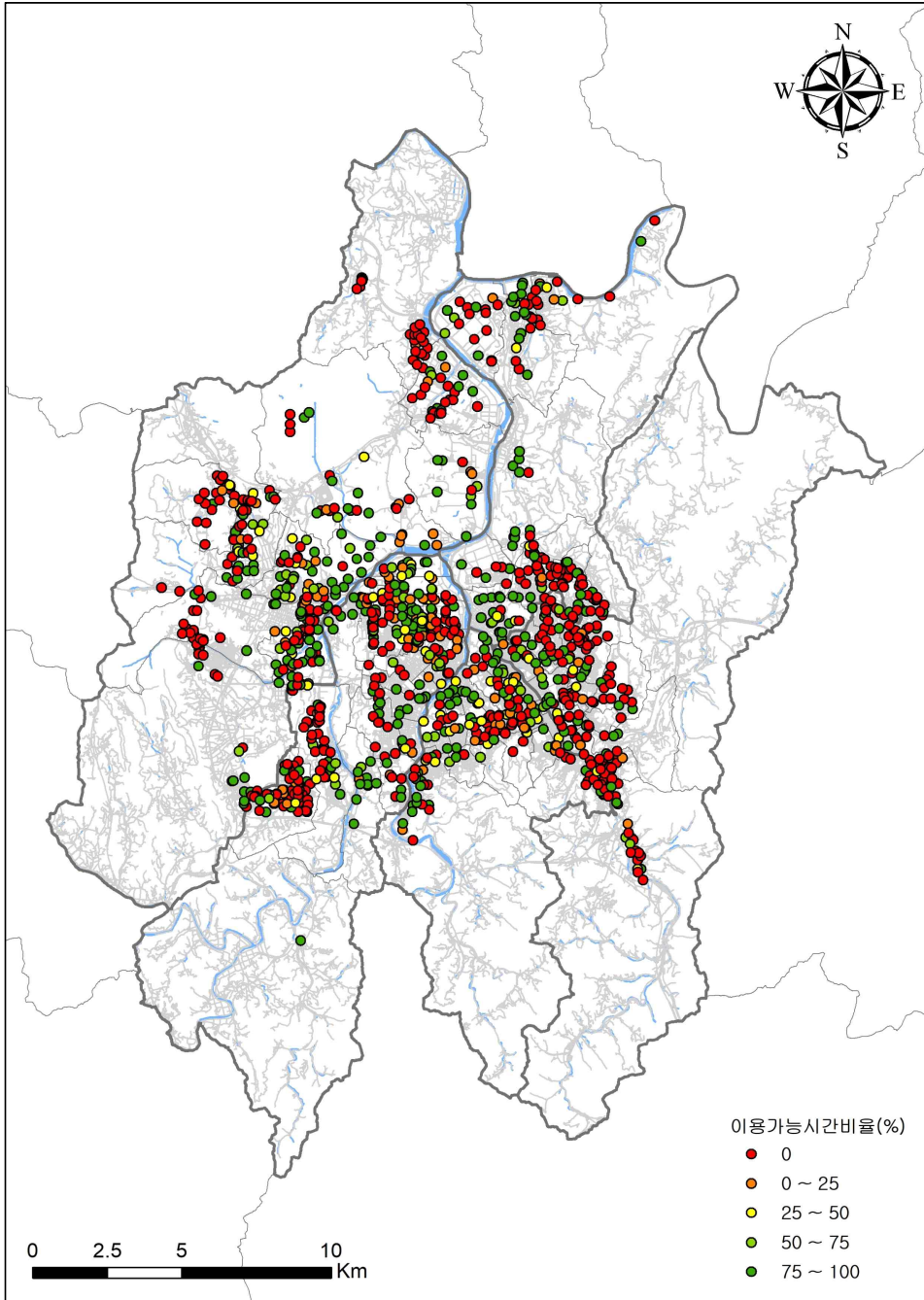
주) 평균부족률(%) = $\sum b_i / n$ (여기서, $i = 1$ 번 스테이션부터 n 번째 스테이션까지, $b = 1$ 분 간격으로 저장한 데이터 중 이용가능한 자전거가 0인 횟수 / 60)

- 아래 그림은 대전시의 시간대별 타슈 스테이션 평균부족률(%)과 타슈 자전거 부족률을 나타낸 것이다.
- 전반적으로 스테이션 부족률이 더 높고 자전거 부족률은 상대적으로 낮다. 시간대별로 스테이션과 자전거의 수요의 편차가 크다는 의미다. 다시 말해, 자전거가 스테이션에 한 대도 없는 스테이션이 있는 반면 같은 시각에 이용가능한 자전거가 많다는 것은 수요의 불균형을 나타내는 것이다.
- 타슈스테이션 부족률은 08:24-25분에 65%로 피크를 보이다가 오전 10시를 전후로 60%로 낮아진다.
- 다만, 이 그래프는 평균을 낸 것이기 때문에 지역별 · 스테이션별로 편차는 있을 수 있으며, 고장이나 오작동으로 '이용불가상태에 있는 자전거'가 '이용가능한 자전거'에 포함되어 있다는 점을 유념할 필요가 있다.



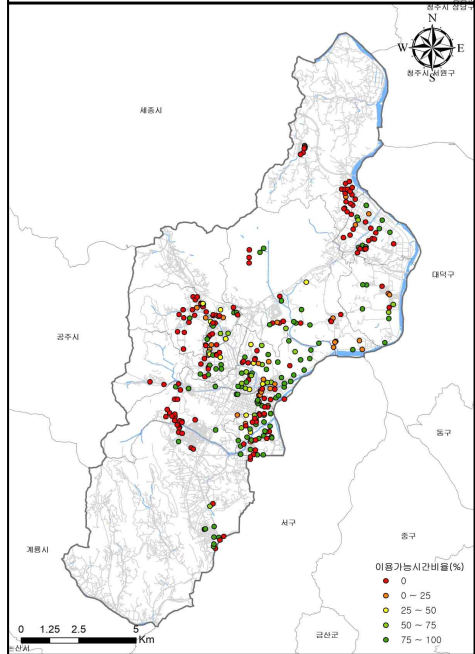
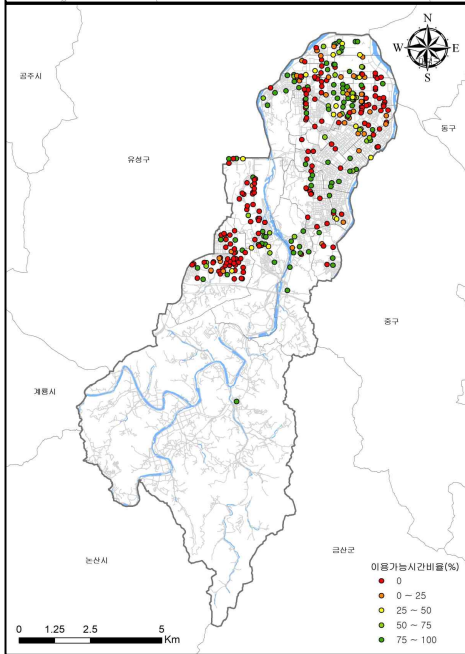
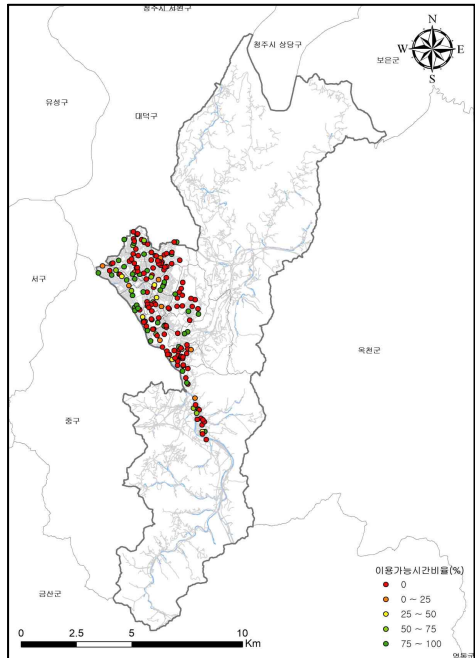
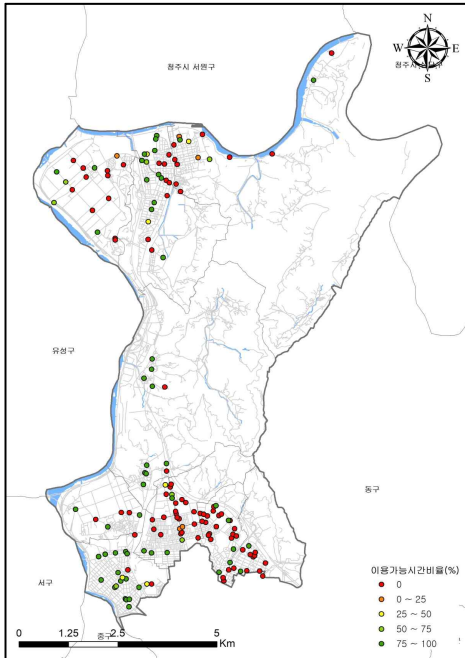
주) 타슈의 자전거부족률 : 시각(1분 간격)별 이용가능 자전거총수/총운영자전거대수
 타슈스테이션 부족률 : 평균부족률 참조

[그림 2-10] 시간대별 타슈의 평균부족률(%)

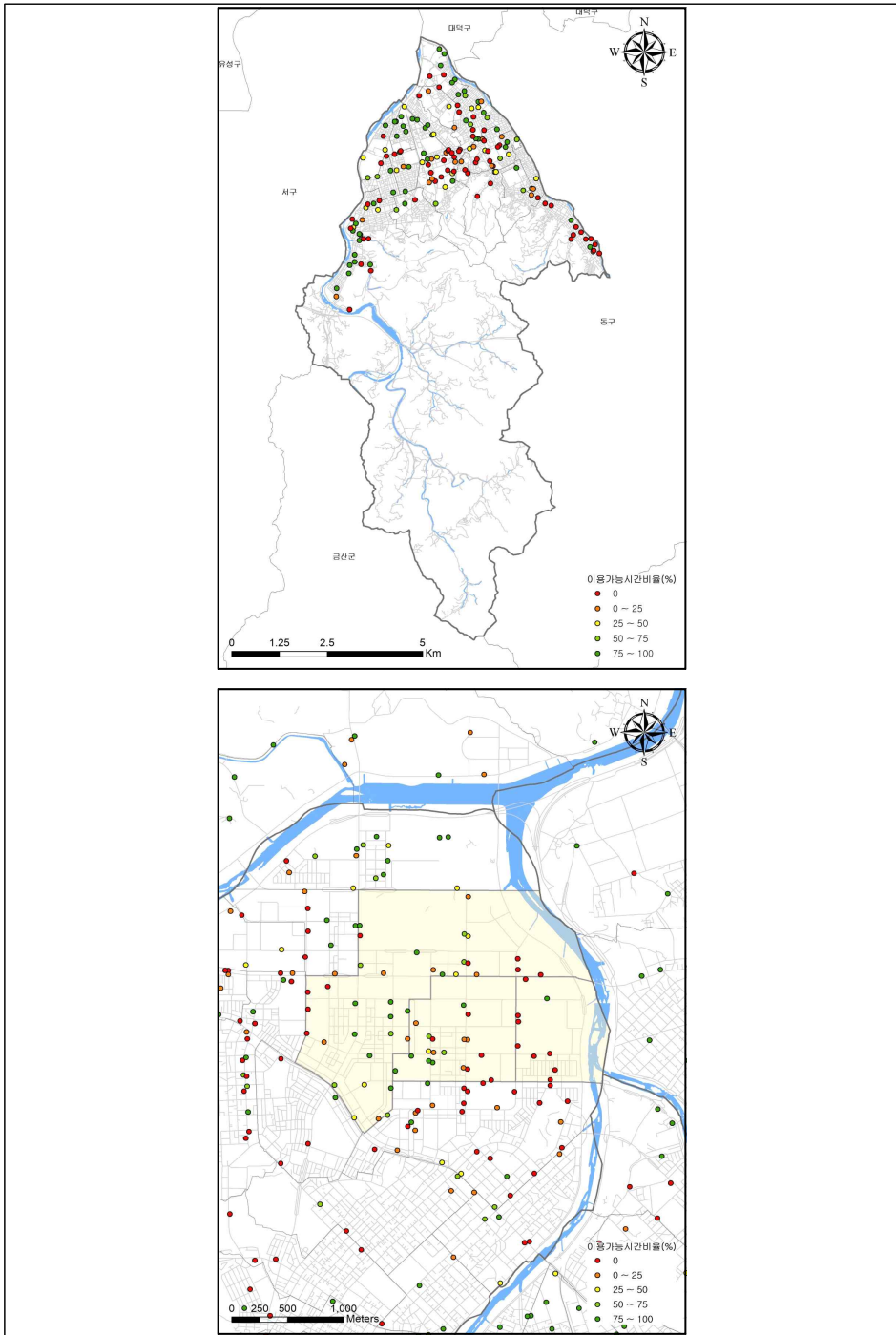


주) 1시간 동안 각 스테이션에서 이용가능한 자전거가 있는 시간의 비율(x/60분)

[그림 2-11] 대전시 타슈 이용가능시간 비율(08:19-09:18)



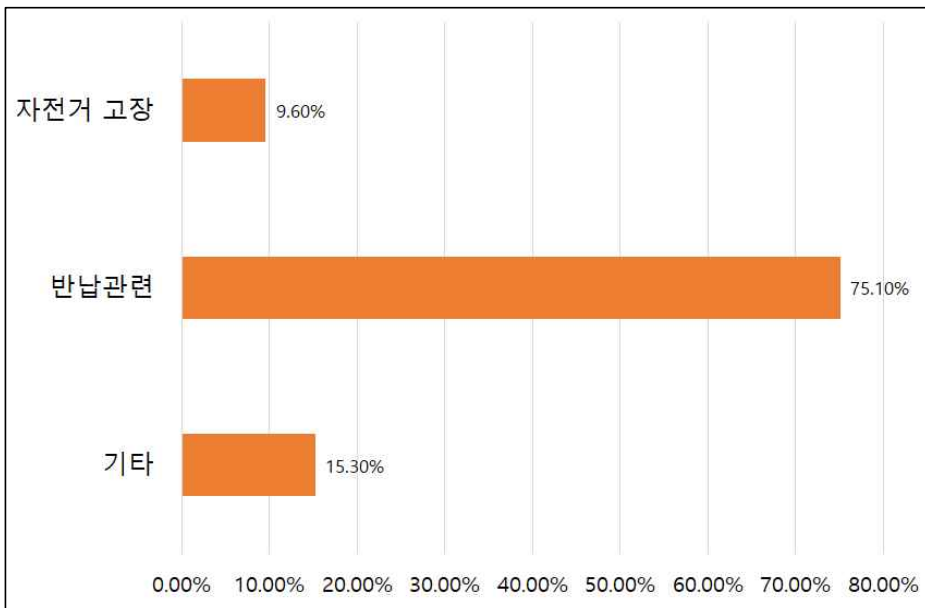
[그림 계속]



[그림 2-12] 각 구별 이용가능시간 비율(08:19-09:18)

2.3. 타슈의 민원 분석

- 과부족을 제외한 타슈의 이용과 관련하여 접수된 민원을 기준으로 분석한 이용불편 내용은 다음과 같다.
- 분석 대상 기간 : 2023년 5월 1일 ~ 2023년 5월 31일
- 분석 대상 건수 : 25,977건
- 분석 내용
 - 주목할 점은 이용불편 민원이 매우 많다는 것이다. 5월 1개월간 민원건수 25,977건은 총 이용 건수 506,916건 대비 5.1%다.
 - 민원의 내용은 ‘반납관련불편’ 민원이 전체의 75.1%인 19,529건이다.
 - 다음으로, 잠금장치 고장 13.4%, 자전거 고장 9.6% 순이다.



[그림 2-13] 타슈의 이용불편 민원 분석결과

[표 2-9] 타슈 이용불편 민원분석

민원 구분	건(%)	세부 민원	건수/5월	비율(%)
잠금장치 고장	3,492 (13.4%)	1. (고장신고) 잠금장치 고장	3492	13.4%
자전거 고장	2,470 (9.6%)	2. (고장신고) 브레이크 고장	232	0.9%
		3. (고장신고) 체인 고장	679	2.6%
		4. (고장신고) 안장 고장	300	1.2%
		5. (고장신고) 타이어 고장	306	1.2%
		6. (고장신고) 페달 고장	109	0.4%
		7. (고장신고) 라이트 고장	31	0.1%
		8. (고장신고) 핸들 고장	71	0.3%
		9. (고장신고) 기어고장	75	0.3%
		10. (기타신고) 기타고장(서버, 종, 배터리 부족, 바구니 고장 등)	667	2.6%
반납 관련	19,529 (75.1%)	11. (반납요청) 반납요청	16922	65.1%
		12. (반납요청) 패널티 요청	2607	10.0%
기타	486 (1.9%)	13. (기타) 타슈 부족 문제	266	1.0%
		14. (기타) 분실사고	84	0.3%
		15. (기타) 보험처리 가능 여부	18	0.1%
		16. (기타) 사유화 신고	22	0.1%
		17. (기타) 오염 신고	2	0.0%
		18. (기타) 앱에서는 존재(실물 자전거 없음)	50	0.2%
		19. (기타) 거치대가 아닌 곳에서 장시간 방치	44	0.2%
합계			25977	100.0%

자료 : 대전광역시 시설관리공단 제공

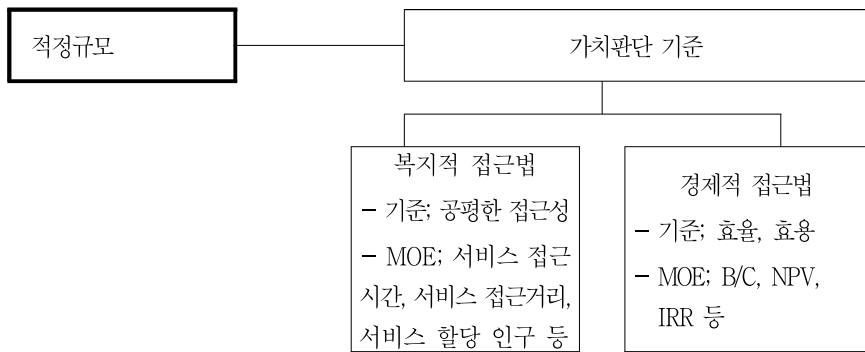
타슈의 적정 운영규모 추정

- 3.1. 접근방법
- 3.2. 타슈의 수요예측
- 3.3. 적정규모 추정
- 3.4. 스테이션 설치 우선순위 결정

3. 타슈의 적정 운영규모 추정

3.1. 접근방법

- 타슈의 적정 운영규모를 추정하기 위해서는 ‘적정’에 대한 정의가 필요하다. ‘적정’의 정의와 기준은 철학적 배경이나 정책적인 성향에 따라 다르기 때문이다.
- 본 연구에서는 공공정책과 관련한 ‘적정의 기준’을 복지적인 접근법과 경제적인 접근법으로 나누었다.
- 전자는 서비스의 공평한 분배와 평등한 서비스접근성을 판단 기준으로 삼는 반면 후자는 서비스의 효율 즉 경제성이 기준이 된다. 따라서, 본 연구에서 ‘적정’은 전자의 최대 규모에서부터 후자의 최소 규모까지의 범위를 의미한다.



[그림 3-1] 적정 규모에 대한 접근방법

- 공공서비스에 대한 복지적 접근방법의 기준은 ‘서비스에 대한 공평한 접근성’이다. 공리주의적 접근이다.

6) 공리주의는 개인의 행복의 총합을 최대로 추구한다. 이 것을 전제로 한다면 어떤 정책은 개인에 대하여 한계효용이 체감하므로 결과적으로 마지막 개인에게까지 분배가 이루어진다. 총효용이 증가하기 때문이다.

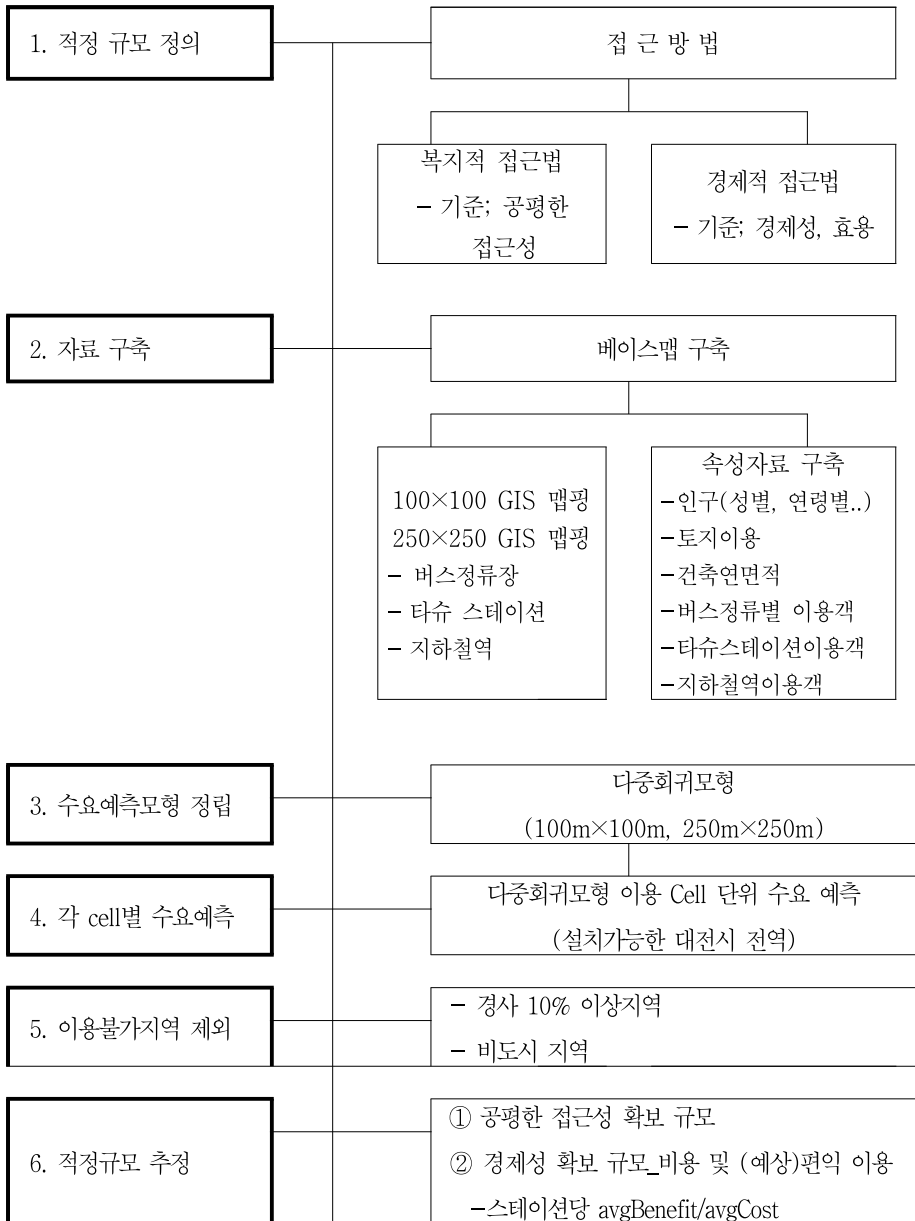
- 서비스 접근성과 관련한 효과척도(MOE; Measure of Effectiveness)는 서비스 접근시간, 서비스 접근거리, 서비스 할당 인구 등이 될 수 있다.
- ‘공평한 서비스 접근성’은 운영비용이나 운영효율을 고려하지 않는다. 오직 수혜자를 기준으로 서비스가 공평하게 분배되었는지, 모두에게 충분한 서비스를 제공하는지를 중요하게 여긴다.
- 이것을 타슈에 적용한다면,
- 거주지역, 연령, 소득에 관계없이 동일한 서비스를 제공할 수 있다는 전제하에서의 운영 규모를 의미한다. 비용을 고려하지 않기 때문에 효율성이 낮으나 운영 규모 면에서는 최대 규모가 도출될 수 있다.
- 다만, 이 경우라 할지라도 물리적 제약-예컨대, 경상도-의 경우에는 서비스 제약요소로 공급 규모에서 제외할 필요가 있다. 운영 자체가 제한받기 때문이다
- 반면, 경제적 접근법은 공공부문 특히 인프라건설 및 운영부문에서 폭넓게 적용되고 있는 방법이다. 즉, 경제성을 기준으로 사업의 타당성과 규모를 결정한다.
- 경제성을 평가하는 효과척도는 B/C(비용편익비), NPV(순현재가치), IRR(내부수익률) 등이 대표적이다. 경제적 접근성에서 더 나아가 재무적인 요소를 고려한다면 FNPV, FIRR을 지표로 사용하기도 한다.
- 그 외, 행정기관 등에서 간단하게 활용하는 방법으로 비교법이 있다.
- 도시규모나 평균보급률 등의 지표를 활용하여 해당도시와 비교도시간의 차이를 비교를 통해 과부족 및 적정 수준을 판단하는 방법이다. 본 연구에서는 제외한다. 편리하긴 하지만 논거가 부족하기 때문이다.
- 본 연구에서는 서비스 제공의 ‘형평성’과 ‘효율성’을 반영할 수 있는 방법을 중심으로 4가지 방법을 제시하였다.
- 다만, 정책특성상 의미가 없고 논리가 부족하기 한 ‘재무성 확보’ ‘기타’의 방법은 제외하였다.

- [표 3-1]은 타슈의 적정규모 결정 기준과 방법에 대한 설명이다.

[표 3-1] 타슈 적정규모 결정방법

기준	방법
① 균등한 접근성	<ul style="list-style-type: none"> • 각 거주지역으로부터 균등한 타슈 이용접근성 확보 • 운영비용과 관계없음 • 적용, 물리적, 기타 운영제약 요인 제외한 가능 규모
② 경제성	<ul style="list-style-type: none"> • 경제적 편익이 운영비용을 초과하는 규모 <ul style="list-style-type: none"> - 편익: 접근시간비용감소, 운영비용감소, 환경편익, 건강편익 등 - 비용: 타슈 운영비용의 누적 합 • 누적편익 > 누적비용; 경제성이 있는 최소 규모 • $\sum_{t=0}^n [\frac{B_t}{(1+r)^t} / \frac{C_t}{(1+r)^t} > 1]$ <p>단, B_t: t시점에서의편익, C_t: t시점에서의비용 r: 분석기간의이자율 ※ 경제성분석에서는 이자율을 고려한 현재가치로 환산하여 적용한다. 다만, 타슈는 단기사업으로 비용과 편익을 단순비교한다.</p>
③ 재무성	<ul style="list-style-type: none"> • 비용 및 (예상)수익 이용 <ul style="list-style-type: none"> - 수익: 요금수입, 광고수입, 기타수입 등 - 비용: 타슈 운영비용 • $\sum_{t=0}^n [\frac{R_t}{(1+r)^t} / \frac{C_t}{(1+r)^t} > 1]$ <p>단, R_t: t시점에서의수입</p>
④ 기타	<ul style="list-style-type: none"> • 비교법 <ul style="list-style-type: none"> - 1인당 평균보급대수, 도시간 비교 등

◦ 본 연구에서 적용한 적정 규모의 추정방법 및 흐름은 다음과 같다.



[그림 3-2] 적정규모 추정 방법

3.2. 타슈의 수요예측

3.2.1. 모형의 개요

- 본 연구에서 ‘적정 타슈의 운영규모’를 산출하기 위한 방법으로 다중회귀모형식을 활용하였다. 일정한 공간단위(7)로 이미 구축되어 있는 연속변수형태의 데이터셋을 활용하기 용이하고 각 독립변수들의 영향력을 분석하는데 용이하기 때문이다.
- 모형의 기본 구조는 다음과 같다.

$$y = a_1 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + \dots - bx_n$$

여기서, y : 타슈이용수요(대/일), a_1 : 상수,

b_n : 계수(Coefficient), x_n : 영향변수

- 다중회귀식은 독립변수와 종속변수간 뚜렷한 상관성이 있어야 하고, 다중공선성이 존재하면 안 된다.
- 본 연구에서는 상관계수 및 분산팽창지수를 활용하여 상관성과 다중공선성 분석을 실시하고, F검정, t검정을 통하여 모형의 통계적 유의성을 검증하였다.

[표 3-2] 모형의 유의성 검증

검증	데이터명
변수간 상관관계	상관분석
공선성진단	분산팽창지수(MF)
F검정	유의수준 < 0.05
t검정	t값>2
계수검정	연구자의 부호 의미 해석
모형의 설명력	R^2 ; 예측모형 성격이나 자료의 수집용이성에 따라 영향

7) 본 연구에서는 일정한 크기의 격자 셀(cell)을 공간적 단위로 한다.

3.2.2. 데이터 수집 · 가공

가. 데이터 수집

- 지금까지 공유형 공공자전거의 이용수요 관련 조사와 분석은 없다. 다만, 스테이션 기반 공공자전거의 수요에 영향을 미치는 변수로는 대중교통, 자전거도로관련, 인구관련, 토지이용관련, 건축물관련, 지형관련 변수 등이 있다.
- 본 연구에서 변수는 공유형 공공자전거의 변수도 유사할 것이라고 전제하고 구독의 용이성과 다른 도시 혹은 다른 지역에서 활용성을 고려하여 변수를 단순화하였다.
- 특히, 공간특성분석을 위해 격자망형태의 국토통계지도를 수집 · 활용하였다⁸⁾.

[표 3-3] 데이터 수집 리스트

번호	데이터명	형태	출처	비고
1	타슈 대여소 정보	xlsx	대전시	좌표정보 포함
2	타슈 이용량 정보	xlsx	대전시	대여, 반납, 합계
3	전국 버스정류장 위치 정보	xlsx	국토교통부	좌표정보 포함
4	대전 버스정류장 승하차 정보	xlsx	대전시	승차, 하차, 환승
5	대전 도시철도역 정보	xlsx	대전교통공사	주소
6	대전 도시철도 이용량	xlsx	대전교통공사	역별 이용량
7	총인구수, 연령별인구수	shp	국토지리정보원	인구특성
8	국토통계지도 (250m)	shp	국토지리정보원	건축물특성 연면적, 건축면적 등
9	경사도	dwg	국토지리정보원	%
10	자전거도로	dwg	대전시	지도

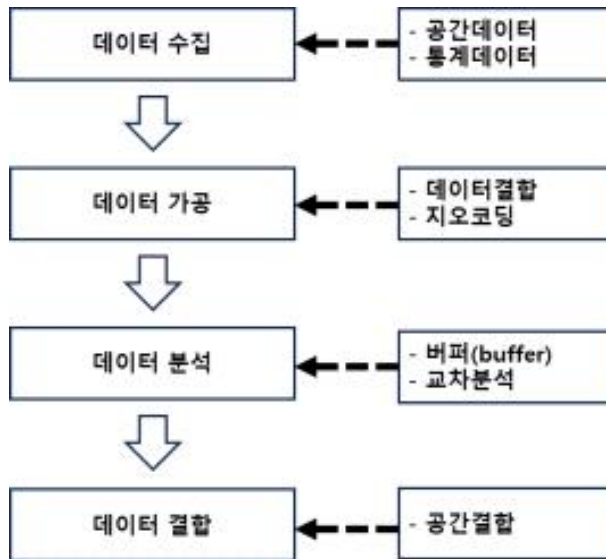
8) 전국 버스정류장 위치정보 : <https://www.data.go.kr/data/15067528/fileData.do>

대전 도시철도역 정보 : <https://www.djtc.kr/kor/stationInfo.do?menuIdx=38>

국토통계지도 : <https://map.ngii.go.kr/ms/map/NlipMap.do>

나. 데이터 가공

- 선정된 자료의 수집·가공 및 예측의 공간적 단위를 100m×100m, 250m×250m 격자단위로 설정하였다. 타슈의 설치거리가 300~400m 내외이며, 타슈에 접근할 수 있는 이용반경 역시 300m 내외인 점을 고려한 것이다.
- 따라서, 속성정보자료는 격자망 단위로 분할 및 배정하였다. 각각의 자료는 다음과 같은 절차에 따라 영향범위를 설정하고, 중첩을 고려하여, 격자망에 배정하는 데이터 가공 과정을 거쳤다.



[그림 3-3] 데이터 구축 흐름도

다. 속성정보와 지리정보데이터 결합방법

- 수집한 데이터 중 타슈 대여소와 버스정류장의 위치정보는 좌표정보(경위도)를 활용하여 위치정보를 표시하였다.
- 도시철도의 위치정보 데이터는 주소정보만 있어 주소정보를 좌표정보

로 변환하는 지오코딩(Geocoding)⁹⁾과정을 수행했다.

- 속성정보는 좀 더 복잡한 과정을 거쳐서 위치정보데이터와 결합하였다.
- 각의 위치정보_본 연구에서는 cell 단위_에 이용량 정보가 입력되어 있지 않기 때문이다. 따라서, 기존 이용량 데이터와 위치정보 데이터를 결합하는 작업이 필요하다.
- 데이터 결합은 테이블 결합(Join Attribute Table) 기능을 사용하였다. ArcGIS에서 제공하는 기능이다. 대상이 된 자료는 타슈, 버스, 도시철도의 위치정보 데이터와 이용량 데이터들이다.
- [그림 3-4]는 속성 테이블 결합 기능에 대한 예시이다.
- 좌측의 그림은 위치정보를 나타내고 있고, 우측의 표는 속성 테이블 결합 기능을 통해 위치정보(대여소명)와 이용량을 결합한 것을 나타낸 것이다. 이와 같은 방법으로 타슈, 버스, 도시철도의 위치정보와 이용량을 결합하였다.

	ID	대여소명	대여	반납	합계
	A	두드림	5	4	9
	B	세이브존	8	5	13
	C	둔산동 샤크존	196	250	446
	D	홈플러스 둔산점	25	60	85
	E	대덕구청 별관	87	70	157
	F	서대전KT	93	65	158
	G	동구보건지소	25	21	46
	H	대전대 후문	45	43	88
	I	보문산	100	85	185

[그림 3-4] 속성 테이블 결합 (Join Attribute Table)

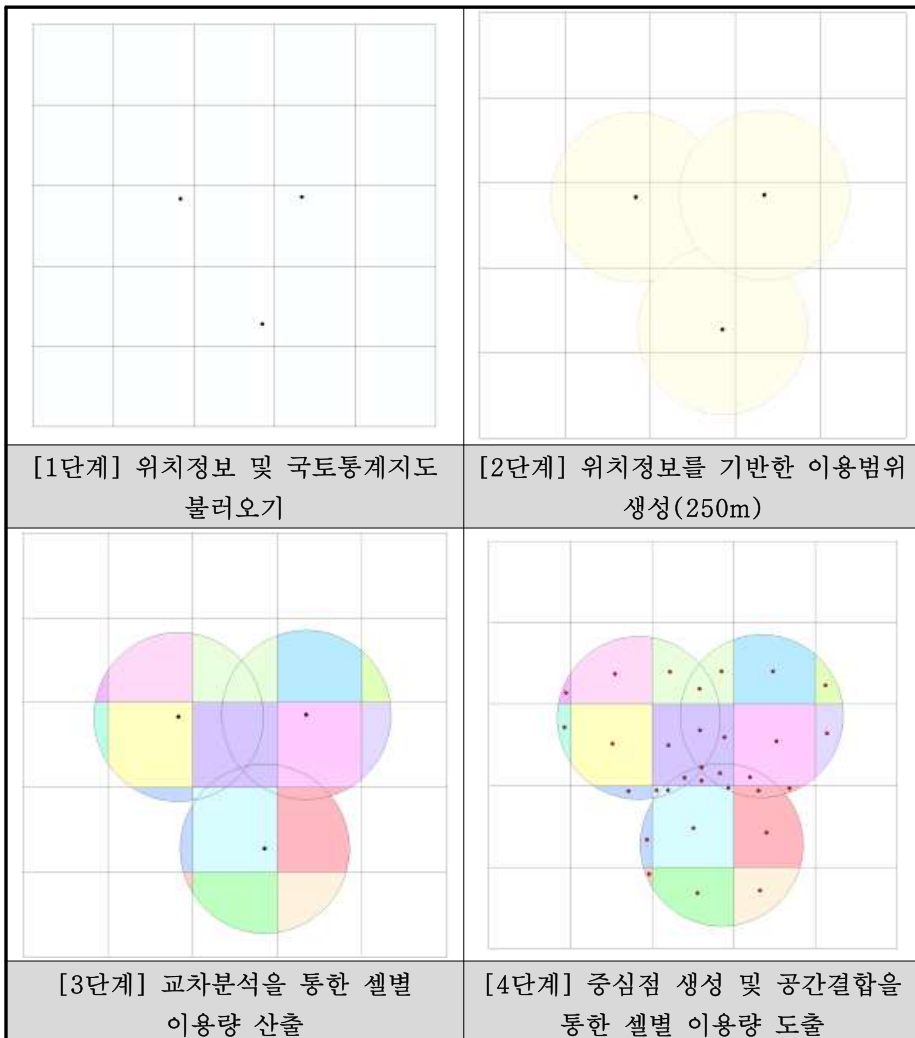
9) 주소값을 위도와 경도의 좌표값으로 변환하는 과정

라. 데이터의 분할 및 배정

- 분석단위인 격자망(100m×100m, 250m×250m)을 기준으로 데이터를 재분할하는 과정이다.
- 타슈, 버스, 도시철도의 이용량 데이터는 역(정류장 혹은 대여소)을 기준으로 수집된 자료이다. 이 자료를 대여소가 위치한 격자(cell)에 그대로 반영¹⁰⁾했을 때 자료의 편기(bias)가 생길 수 있다. 물론, 필요에 따라서는 그렇게 할 수도 있다.
- 다만, 대중교통이나 타슈 이용수요와 관련해서는 거리가 이용에 영향을 미치기 때문에 all or nothing 방식은 결과를 왜곡할 가능성이 크다.
- 본 연구에서는 이용거리와 중첩을 고려하여 배분하였다. ArcGIS의 버퍼분석과 교차분석기능을 활용하였다.
- ArcGIS의 버퍼분석을 통해서는 교통수단별 위치정보를 활용하여 이용범위를 설정하였다. 이용범위는 위치정보 데이터를 기반으로 반경 250m를 설정하였다.
- 교차분석을 통해서는 공간별 이용량을 산출하였다. 이용량을 산출하는 방법은 버퍼분석을 통해 도출된 이용범위와 격자망 데이터를 서로 교차하여 각 격자에 포함되는 이용범위의 비율에 따른 이용량을 계산하여 산출하였다.
- 이후 파편화된 이용범위를 활용하여 중심점을 생성한 뒤 ArcGIS의 공간결합(Spatial Join) 기능을 활용하여 각각의 격자에 속해있는 중심점의 속성정보를 격자에 귀속하여 각 셀당 이용량을 도출하였다.
- 과정은 [그림 3-5]와 같다.
- 1단계에서는 각 대여소나 정류장, 도시철도역을 지리정보시스템의 격자망에 결합한 것이다.
- 2단계에서는 각 변수의 영향변수를 설정한 것이다. 본 연구에서는 250m를 수요의 한계 범위로 설정하였다.

10) All or nothing 방식의 배정법이다.

- 3단계에서는 교차분석을 통하여 격자별로 이용량을 배정한 것이다. 하나의 격자에는 각각의 원이 겹쳐진다. 각 원의 면적을 기준으로 격자망과 겹쳐지는 비율만큼 수요를 격자에 배정한다.
- 4단계에서는 새로이 중심점을 생성하고, 중심점에 속성정보를 귀속하여 각 셀당 이용량을 도출하였다.
- 최종적으로 1,769개 격자망에 속성정보가 배정(assign)되었다.



[그림 3-5] 데이터의 분할 및 배정

3.2.3. 모형의 정립

가. 변수의 구성

- 회귀모형분석을 위해 구축한 변수는 다음과 총 28개 변수다.

[표 3-4] 변수 설정

변수code	설명	비고
t_rent	타슈 대여	
t_return	타슈 반납	
t_tot	타슈 합계	
b_in	버스 탑승	
b_out	버스 하차	
b_trans	버스 환승	
b_tot	버스 합계	
s_in	지하철 탑승	
s_out	지하철 하차	
s_tot	지하철 합계	
slope	경사도	
t_pop	총인구	
m_pop	총인구(남)	
f_pop	총인구(여)	
es_pop	초등학생	
ms_pop	중학생	
hs_pop	고등학생	
a20_pop	20대	
a30_pop	30대	
a40_pop	40대	
a50_pop	50대	
a60_pop	60대	
a70_pop	70대	
a80_pop	80대	
a90_pop	90대	
a100_pop	100세이상	
au_19	20대미만	
a2030	2~30대	
a4050	4~50대	
a6070	6~70대	
자전거도로	있다 1, 없다 0	

나. 상관분석

- 모형에 활용할 변수의 추출을 위해 타슈이용과 변수간의 상관분석을 시행했다. 본 연구에서는 Pearson 상관계수가 낮은 변수는 제외하였다. 변수간 다중공선성이 높은 변수도 제외하였다.

[표 3-5] 구축 DB 코드 및 내용

코드	pearson 상관계수	유의수준(양쪽)
b_in	0.381**	0.000
b_out	0.389**	0.000
b_trans	0.328**	0.000
b_total	0.380**	0.000
sub_in	0.304**	0.000
sub_out	0.295**	0.000
sub_total	0.299**	0.000
slope	-0.280**	0.000
t_pop	0.139**	0.000
m_pop	0.134**	0.000
f_pop	0.144**	0.000
es_pop	0.102**	0.000
ms_pop	0.122**	0.000
hs_pop	0.129**	0.000
a20_pop	0.208**	0.000
a30_pop	0.157**	0.000
a40_pop*	0.121**	0.000
a50_pop*	0.126**	0.000
a60_pop*	0.096**	0.000
a70_pop*	0.065**	0.007
a80_pop*	0.060*	0.012
a90_pop	0.089**	0.000
au_19*	0.116**	0.000
a2030*	0.191**	0.000
a4050*	0.126**	0.000
a6070*	0.087**	0.000
ao70	0.066**	0.006
b_area	0.251**	0.000
r_area*	0.018	0.455

*: 분석에서 제외된 변수

다. 모형의 정립

- 자료로 구축한 29개의 변수 중 상관성과 다중공선성을 고려하여 총 6개의 변수를 이용하여 다중회귀분석을 실시하였다.
- 구축된 모형은 다음과 같다.

$$y = 1.335 + 0.004x_1 + 6.820x_2 + 0.003x_3 + 0.000x_4 - 0.353x_5$$

y : 타슈 이용량(회/일/cell)
 x_1 : 버스 하차인원수
 x_2 : 자전거도로 유무
 x_3 : 지하철 승차인원수
 단, x_4 : 건축연면적
 x_5 : 경사도(%)

- 모형에 포함된 변수의 부호는 일반적인 인식에 부합한다. 경사변수(slope)를 제외하고는 (+)부호를 보이고 있다. 마이너스 (-) 경사변수는 자전거의 특성상 수요와 마이너스 상관성이 있으므로 자연스러운 결과이다.
- 모형의 설명력을 나타내는 R^2 값은 0.459로 나타났으며 F-test는 299.368(0.000)로 통계적으로 유의하다.
- 변수간의 상관성을 나타내는 다중공선성 통계에서 분산팽창계수는 1.1~1.38수준으로 변수간 영향은 모형에 영향을 미치지 않는 수준인 것으로 나타났다.
- 요컨대, 본 연구에서 도출된 공유형 타슈의 수요예측 모형은 통계적으로 유효하다.

[표 3-6] 타슈 수요예측 모형요약

모형 요약b			
모형	R	R 제곱	조정된 R 제곱
1	.679a	.461	.459

a. 예측변수: (상수), slope, b_area, sub_in, b_road, b_out

b. 종속 변수: t_rent

[표 3-7] 분산분석 결과

모형		제곱합	df	평균 제곱	F	유의수준
1	회귀분석	39321.741	5	7864.348	299.368	.000b
	잔차	46051.081	1753	26.270		
	총계	85372.822	1758			

a. 종속 변수 : t_rent

b. 예측변수 : (상수), slope, b_area, sub_in, b_road, b_out

- 모형의 설명력의 경우, 교통수요는 다양한 요소로부터 영향을 받는다는 점에서 이 정도의 설명력은 통계적 신뢰성은 물론 활용성도 충분한 것으로 판단된다.
- 특히, 공공자전거이용에 미치는 수많은 변수 중에 구독이 용이한 인구 통계변수 및 도시계획변수, 교통변수만을 고려한 결과치고는 상당히 높은 수준의 설명력이라는 의미다.
- 모형의 변수별로는 몇 가지 특징이 나타났다. 기존의 스테이션 기반 자전거의 수요특성과는 다른 이용특성을 보이는 것으로 판단된다¹¹⁾.
- 공유형 공공자전거는 경사와 자전거도로 유무에 상당한 영향을 받고 있으며 대중교통 즉, 버스의 이용객이나 지하철 이용객과는 통계적 영향은 있으나 그 값은 크지 않다는 것이다.
- 이것은 기존의 타슈 즉, 스테이션을 기반으로 운영되었던 것과는 다소 다른 결과이다. 공유형 타슈는 특별한 물리적 시설이 필요하지 않고 설치비용이 저렴하기 때문에 대중교통 결절점(역, 정류장)을 크게 고려하지 않고 설치되어 있는 점 역시 반영된 것으로 판단된다.
- 결과적으로, 공유형 타슈는 기존의 스테이션 기반 자전거의 수요특성과는 다른 이용특성을 보이는 것으로 판단된다.

11) 기존 연구 중 도명식·노윤승(2014)에서는 젊은층 비율, 버스승객, 공원유무, 자전거도로연장 등이 주요한 영향변수로 도출되었었다.

[표 3-8] 변수의 통계적 유의성 검증

모형	비표준 계수		표준계수	t	유의수준	공선성	
	B	표준 오차	베타			허용오차	VIF
(상수)	1.335	.260		5.140	.000		
b_out	.004	.000	.189	9.181	.000	.724	1.382
b_road	6.820	.265	.487	25.743	.000	.860	1.163
sub_in	.003	.001	.099	4.927	.000	.761	1.315
b_area	.000	.000	.156	8.767	.000	.973	1.028
slope	-.353	.076	-.085	-4.612	.000	.902	1.109

a. 종속 변수 : t_rent

라. 모형의 의의 및 활용

- 본 연구에서 도출된 수요예측 모형은 다음과 같은 의의와 활용성을 갖는다.
- 첫째, 공유형 타슈의 수요 영향요인을 파악하여 향후 타슈 운영 및 정책에 활용 가능할 것이다. 기존에 키오스크에 대한 수요영향요인분석은 있었으나 공유형 방식을 대상으로 한 것은 이 번이 처음이다.
- 둘째, 영향변수는 기존의 스테이션 기반 이용수요와는 다르다는 것을 확인하였다. 예컨대, 대중교통이나 공원 등의 변수가 유의미하게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.
- 셋째, 일반에 제공되고 있는 국가 데이터베이스를 이용하여 모형을 도출하였다. 이는 모형의 일반화 및 타 도시에서의 활용성을 높일 수 있을 것이다.

3.3. 적정규모 추정

3.3.1. 추정의 전제

- 타슈의 적정규모 추정에 활용된 원단위는 타슈 스테이션 수 및 타슈 운영 대수이다.
- 시점은 2022년을 기준연도로 하였다.
- 연간단위로 환산 시 계절 계수를 활용하였다.
- 수요예측 및 적정규모 추정을 위한 공간적 원단위는 격자형 셀이며 크기는 250m×250m 셀이다¹²⁾.

[표 3-9] 적용 수치

구 분	방 법
① 운영	<ul style="list-style-type: none"> • 타슈 운영 대수(2022년 기준) : 2,500대 • 타슈 스테이션 수 : 1,182개소 • 평균 타슈 운영 대수/스테이션 ; 2.115대
② 이용량 기준	<ul style="list-style-type: none"> • 타슈 10월 이용량 : 581,066 • 타슈 10월 계절계수 : 1.164

3.3.2. 적정 규모 추정

가. 균등접근성 고려한 적정규모

- 타슈의 운영규모와 관계없이 모든 지역에서 균등한 접근성을 유지하도록 타슈를 공급하는 방안이다.

12) 이전 단계까지 100*100셀과 250*250셀을 구축하였으나 100*100의 통계분석 결과, 통계적 유의성이 없는 것으로 나타나 폐기했다.

- 다만, 이 경우에도 물리적으로 타슈 운영에 영향을 미치는 경사도와 마이너스 수요¹³⁾가 도출되는 곳은 제외하였다.
- 250×250기준 대전시는 총 9,026개 셀로 구성되어 있다.
- 이중 경사도 10% 이상인 지역(1,210개소)과 마이너스 수요인 지역을 제외하면 7,816개 셀이 남고 이중 마이너스 수요를 보이는 곳을 제외하였다.
- 최종적으로 균등한 접근성 확보를 위해 공급되어야 하는 자전거의 대수는 다음과 같다.

- 경사(10%) 고려; 자전거 17,696대, 스테이션수는 8,363개소.

- 경사+수요미발생지역; 자전거 9,401대, 스테이션수는 4,443개소

[표 3-10] 균등 접근성을 고려한 타슈 수요 추정 결과

구 분		추정 결과
① 균등한 접근성 확보 위한 규모	a.경사10% 이상 제외	<ul style="list-style-type: none"> • 7,816구역(cells) • <u>스테이션수 : 8,363개소, 타슈 자전거 : 17,696대</u> ※ average st =1.07/cell, average bicycles: 2.116/st
	b. 경사10%이상 및 마이너스 수요지역 제외	<ul style="list-style-type: none"> • 4,152구역(cells) • <u>스테이션수 : 4,443개소, 타슈 자전거 : 9,401대</u> ※ average st =1.07/cell, average bicycles: 2.116/st

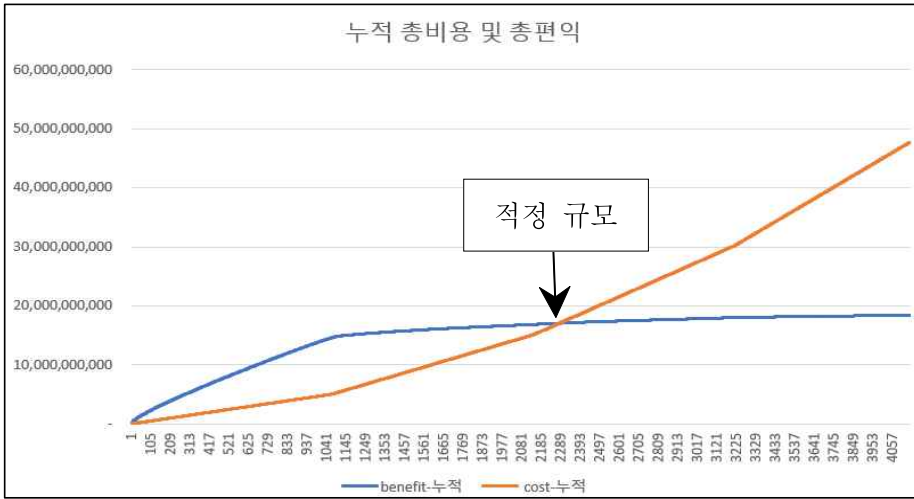
나. 경제성 고려한 적정규모

- 경제성을 고려한 방법은 비용과 편익의 함수관계를 이용하는 방법이다.
- 다시 말하면, 총편익이 총비용을 초과하는 지점까지 공급을 증가시키는 개념이다.

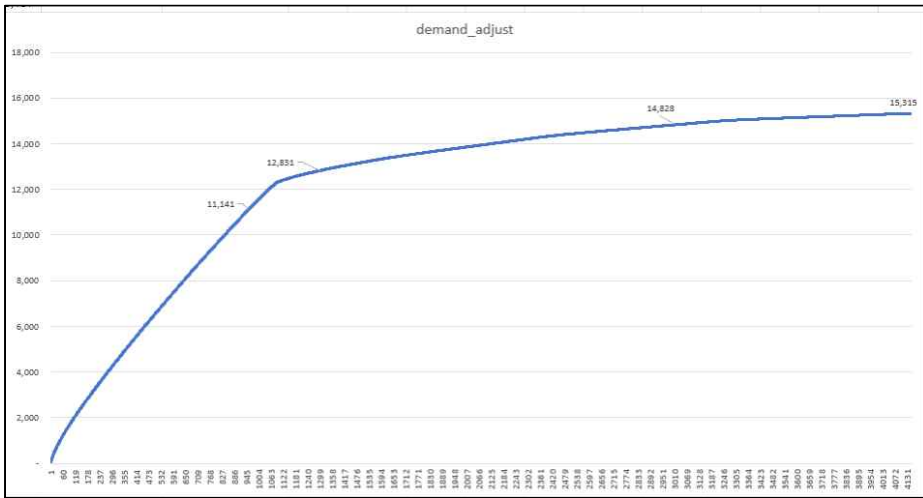
13) 실제 수요는 0이지만 모형상 경사도가 영향을 미치기 때문에 마이너스 값이 도출될 수 있다.

- 총비용은 운영비와 구축비를 반영하였다.
- 총효용(편익)은 다음의 편익을 반영하였다.
 - 여가활동의 증가 편익
 - 의료비용의 절감 편익
 - 자동차유류비 절감 편익
 - 주차비용 절감 편익
 - 공간효율성 편익
 - 통행시간절감 편익
 - 대기오염물질 감소 편익
 - 이산화탄소배출 감소 편익
 - 도로건설 및 유지관리비용 절감 편익
 - 교통사고 절감 편익
- 총비용과 총효용(편익)이 같아지는 지점은 누적편익은 170.5억원 지점이다. 이때의 누적 비용은 170.4억원이다. 수요가 가장 높은 셀부터 순서대로 나열하였을 때, 2285번째 셀이다 ([그림 3-6] 참조).
- 즉, 수요가 가장 높은 셀부터 2,285번째 셀까지 공급규모를 한정하면 총편익이 총비용을 초과하는 지점이다.
- 따라서, 총공급 규모는 2,445개소($2285 * 1.0714$)의 스테이션이 된다. 또한, 이때의 자전거는 현재 공급수준(2.11/st)을 고려했을 때, 5,159대이다.
- 이후 규모에서는 한계효용(편익)의 증가는 미미한 수준인데 반하여 한계비용은 거의 고정되어 상대적으로 총비용의 증가분이 총편익의 증가분을 추월하게 된다([그림 3-7] 및 [그림 3-8] 참조).

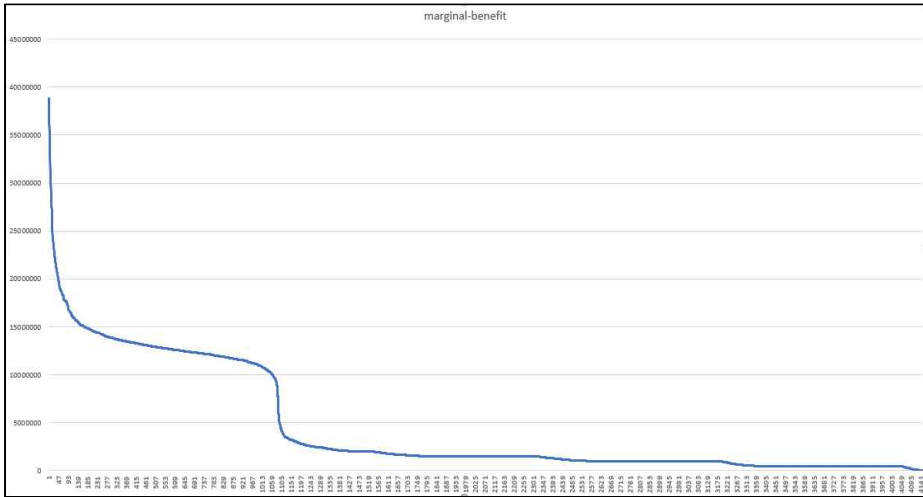
14) 셀당 스테이션 평균 설치규모



[그림 3-6] 경제성을 고려한 (최대)공급규모



[그림 3-7] 타슈의 공급증가 및 누적수요 그래프



[그림 3-8] 공급규모에 따른 한계효용(편익)체감

- 결과적으로, 경제성을 고려한 타슈의 적정 운영규모는 5,159대이다.

[표 3-11] 경제성을 고려한 타슈 수요 추정 결과

구 분	추정 결과
② 경제성 확보 규모	<ul style="list-style-type: none"> • 경제성 확보 규모 : 총누적비용=총누적편익 • 분석기준시점 : 2023년 현재(할인률 무시) • 총비용 <ul style="list-style-type: none"> - 연간 운영비 약 40억원/년, - 구축비용 : 매2500대마다 17.5억원 • 총편익 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 수준_연간 기대편익 통행당 3,292원 - 평 통행거리 1.6km/통행 기준 • 경제성 고려 공급규모 : 자전거 5,159대(2,445개 스테이션) ※ 비용은 고정비용 사용(현실적으로 구분 불가) ※ 편익은 한계효용 사용 ※ 수요가 높은 1번 셀부터 4,152번째 셀까지 하나씩 늘리면서 총비용과 총편익의 변화 산정

- 한편, 재무성을 기준으로 한 분석은 실시하지 않았다. 연간 수입 대비 운영비용의 차이로 인해 접점이 발생하지 않기 때문이다.

다. 적정 규모 추정 종합

- 첫째, 균등한 접근성 확보를 위해 공급되어야 하는 자전거의 대수는 다음과 같다.
 - 경사(10%) 고려; 자전거 17,696대, 스테이션수는 8,363개소.
 - 경사+수요미발생지역; 자전거 9,401대, 스테이션수는 4,443개소
- 둘째, 경제성을 고려한 타슈의 적정 공급규모는 다음과 같다.
 - 스테이션 운영 규모 : 2,445개소
 - 자전거 운영 대수 : 5,159대
- 셋째, 재무성을 고려한 타슈의 적정 공급규모는 추정하지 않았다.

[표 3-12] 타슈 적정규모 추정 종합

구 분	추정 결과
① 균등한 접근성 확보 규모	<ul style="list-style-type: none"> · 운영가능 모든 지역(경사 10% 이상 제외) - 스테이션수 : 8,363개소, 타슈 자전거 : 17,696대 · 균등한 접근성 확보 규모(경사 및 마이너스 수요 지역 제외) - 스테이션수 : 4,443개소, 타슈 자전거 : 9,401대
② 경제성 확보 규모	<ul style="list-style-type: none"> · 편익이 비용을 초과하는 최대 운영 규모 - 스테이션수 : 2,445개소, 타슈 자전거 : 5,159대
③ 재무성 확보 규모	<ul style="list-style-type: none"> · 2022년 기준 수입은 65백만원/년 · 운영비용은 약 40억원/년 · 재무적 관점에서 접근 무의미

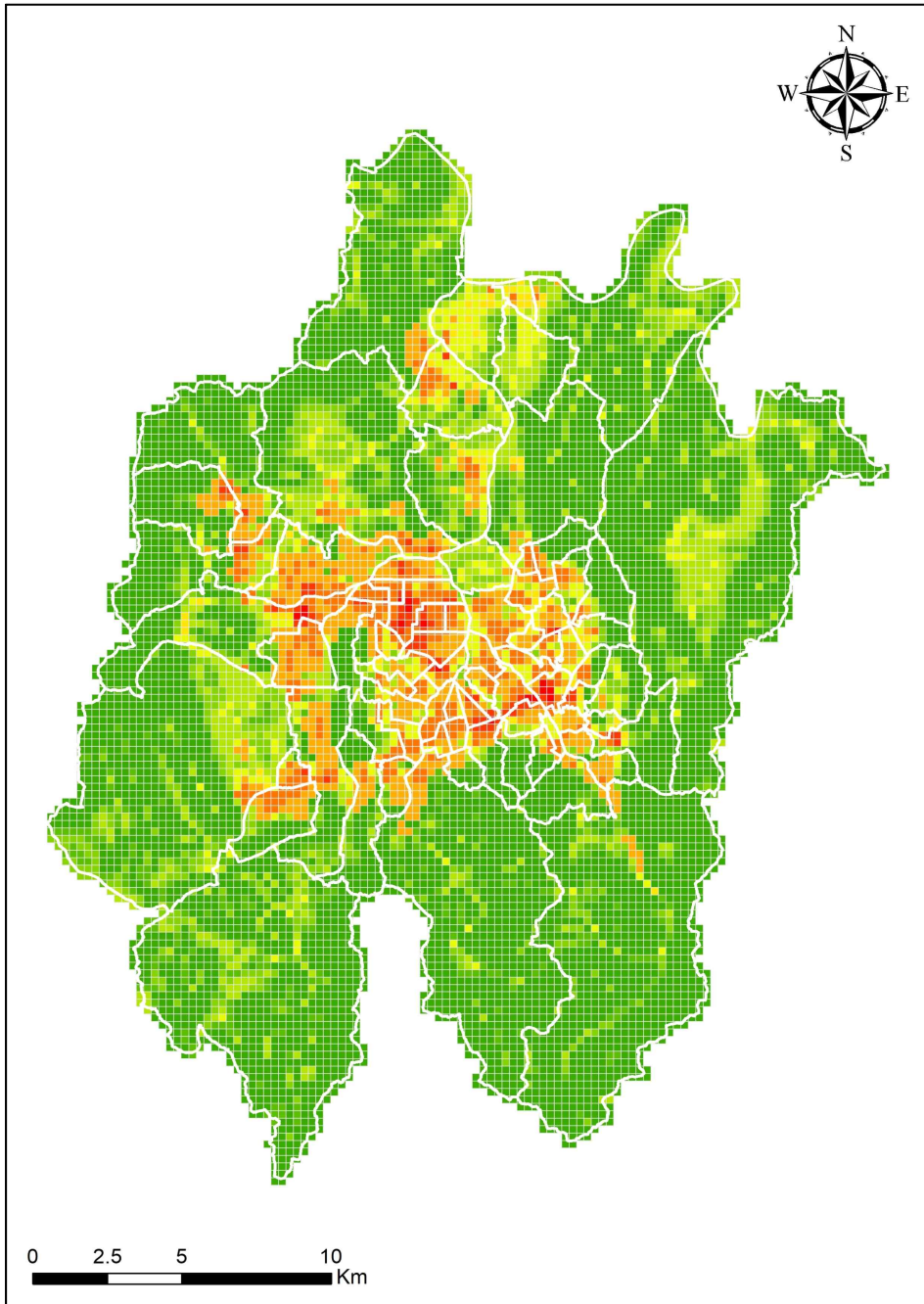
3.4. 스테이션 설치 우선순위 결정

- 앞 절에서 균등접근성 확보 규모와 경제성 확보 규모를 각각 4,443개소, 2,445개소로 제시하였다.
- 다음으로 제시되는 문제는 어디에 우선적으로 타슈 스테이션을 설치하느냐의 우선순위 문제다.
- 우선순위는 수요에 따라 가장 수요가 높은 셀(장소)부터 가장 수요가 낮은 셀을 제시하였다(1번째~4,443번째 셀, 1번째 ~2,445번째 셀).
- 다만, 이 셀은 250m×250m의 크기의 셀로 도면을 활용하여 경사지를 제외하였으며 실제 설치 여건은 고려하지 않았다.
- 따라서, 구체적인 설치지점은 물리적인 여건을 고려하여 설치지점을 설정하여야 할 것이다.([그림 3-9~10] 참조).

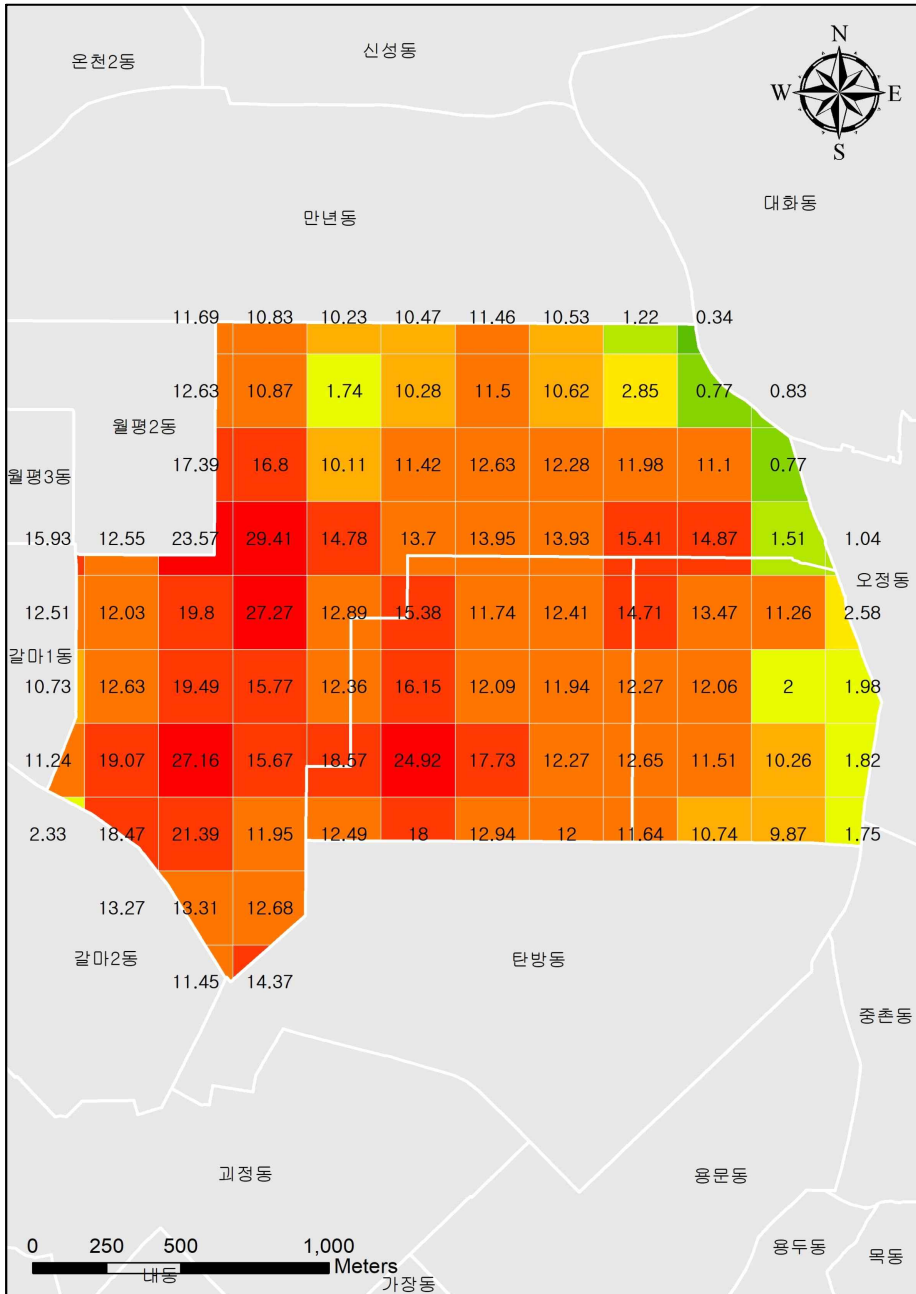
※각 셀별 위치 및 우선순위, 수요추정치는 부록으로 수록

[표 3-13] 설치 우선순위 위치

구분	방 법
대상	<ul style="list-style-type: none"> • 균등접근 확보 규모 : 4,443개 셀 • 경제성 확보 규모 : 2,445개 셀
방법	<ul style="list-style-type: none"> • 가장 수요가 많은 셀부터 설치 검토 • 경사, 하천 등 현장 설치여건 검토 후 설치



[그림 3-9] 공급 우선순위도(대전시 전체)



※ 숫자는 각 셀별 수요

[그림 3-10] 공급 우선순위 확대(예시)

타슈의 편익 추정

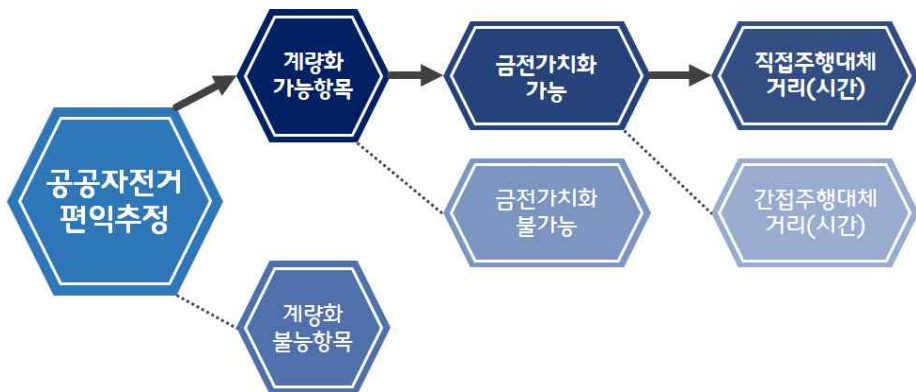
4.1. 편익추정 구조

4.2. 편익의 추정

4. 타슈의 편익 추정

4.1. 편익추정 구조

- 본 연구에서 타슈의 편익추정과 관련하여 2가지 문제를 사전에 검토할 필요가 있다.
- **첫째, 편익항목의 범위에 관한 문제**이다. 어떤 항목을 편익에 포함시킬 것인가의 문제로서 관점에 따라 다르다. 또한, 편익항목의 편입에는 동의하더라도 계량화 및 금전가치화는 또 다른 문제이다.
- **둘째, 추정의 대상에 관한 문제**이다. 본 연구에서 추정하고자 하는 ‘편익’은 대전시에서 운영중인 공공자전거 ‘타슈’이다. 타슈는 2022년부터 공유형_키오스크가 포함된 스테이션이 없는_으로 운영되고 있다. 따라서, 기존의 스테이션 기반형 자전거와 차이점을 반영할 필요가 있다.
- 위 문제와 관련하여 본 연구에서는 각각 금전가치화 가능한 항목에 한정하고, 타슈의 이용거리¹⁵⁾ 자료를 반영하였다.
- 편익추정 구조는 다음과 같다.



[그림 4-1] 공유형 자전거 타슈의 편익추정 구조

15) 분석결과, 타슈의 이동거리는 기존 스테이션 기반 대비 더 짧은 것으로 나타났다.

- 본 연구에서 적용한 편익항목은 다음과 같다.

[표 4-1] 편익항목

편익 구분	항목	기준 원단위 및 고려요소	계량화 여부	승용차 통행거리 반영
개인	이동시간 단축	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	○	
	주차 비용 절감	공공자전거를 이용하면 자동차를 이용하지 않음으로써 주차비용 절감	○	
사회	자동차 이용자의 통행시간 절감	공공자전거이용으로 인한 자동차통행의 감소는 도로상의 혼잡완화 및 이로 인한 통행시간의 절감	○	○
	차량운행비	공공자전거이용으로 인한 자동차통행의 감소는 유류비, 유지관리비 등 차량운행비 절감	○	○
	교통사고 감소	공공자전거이용으로 인한 자동차통행의 감소는 교통사고 감소	○	○
	대기오염물질 감소편익	공공자전거이용으로 인한 자동차 통행의 감소는 대기오염물질 감소	○	○
	이산화탄소 배출 감소편익	공공자전거이용으로 인한 자동차 통행의 감소로 이산화탄소의 배출감소	○	○
	기반시설비용 (도로건설 및 유지관리비) (주차장건설비)	공공자전거이용으로 인한 자동차 통행의 감소는 도로의 건설 및 유지관리, 주차장 건설비용을 절감시킴	○	○

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

4.2. 편익의 추정

4.2.1. 추정방법

가. 편익 추정의 전제

- 정책과제인 본 연구에서 ‘편익추정’의 목적은 ‘타슈를 확대공급 하였을 때 어느 정도 규모의 편익이 발생할 것인가?’이다.
- 편익의 크기는 총운영 규모의 설정이나 타 정책과의 우선순위 비교에 활용될 수 있다.
- 본 연구에서는 원단위를 활용하여 총편익을 추정하였다. 대상은 아래에서 제시한 바와 같이 현재 운영중인 타슈의 규모와 장래 규모를 전제로 추정한다.
- 원단위는 이재영(2017), 「공공자전거 타슈의 이용편익 추정연구」에서 제시한 원단위를 활용하되 분석시점에 맞게 조정하였다.

[표 4-2] 공공자전거 타슈 편익추정 대상

구분		스테이션수	자전거대수
추정 대상	현재 운영 타슈	1,150	2,500
	장래 운영 타슈	2,445	5200
추정 방법		원단위 이용	
기준 방식		공유형 타슈(도크리스 방식)	

- 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

4.2.2. 편익 항목¹⁶⁾

가. 자전거이용 효과

- John Ryan은 『지구를 살리는 7가지 불가사의』에서 지구적 관점에서 자전거의 이점을 다음과 같이 설명하였음.

자전거는 지금까지 발명된 교통수단 가운데 에너지 효율이 가장 높다. 걷는데 사용되는 에너지원의 1/3 정도만 소비한다. 자전거는 화석연료가 아닌 탄수화물을 연료로 사용하니까 화석연료를 사용할 필요도 없다. 또한 자전거는 교통 혼잡을 일으키지도 않고 막대한 예산을 들여 도로를 닦고 포장할 필요도 없다. 교통사고 두려움에서 자유롭다. 좋은 운동이 되며, 주차공간이나 도로를 위해 자연을 훼손하지 않아도 된다.

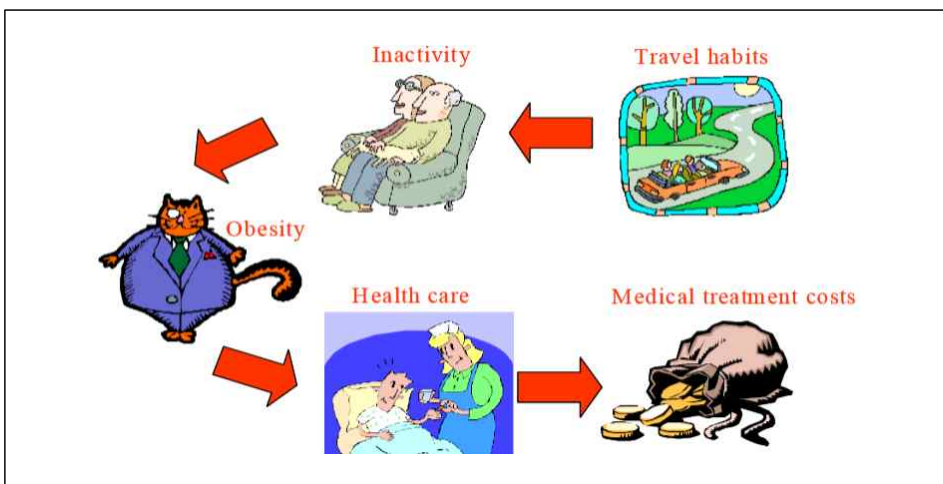
- 자전거 이용에 따른 효과는 매우 다양하게 나타나고 있으나 대체적으로 계량화 혹은 금전 가치화가 가능한 효과는 다음과 같다.

1. 건강한 도시를 만든다.
2. 안전한 도시를 만든다.
3. 평등한 도시를 만든다.
4. 행복한 도시를 만든다.
5. 통행시간을 줄여 준다.
6. 통행비용을 줄여 준다.
7. 에너지 소모를 줄인다.
8. 대기오염물질을 줄인다.
9. 도시공간을 만들어 낸다.
10. 지역경제 활성화에 도움을 준다.

16) 4.2.2는 이제영(2017)의 연구를 수정보완하여 재작성한 것임

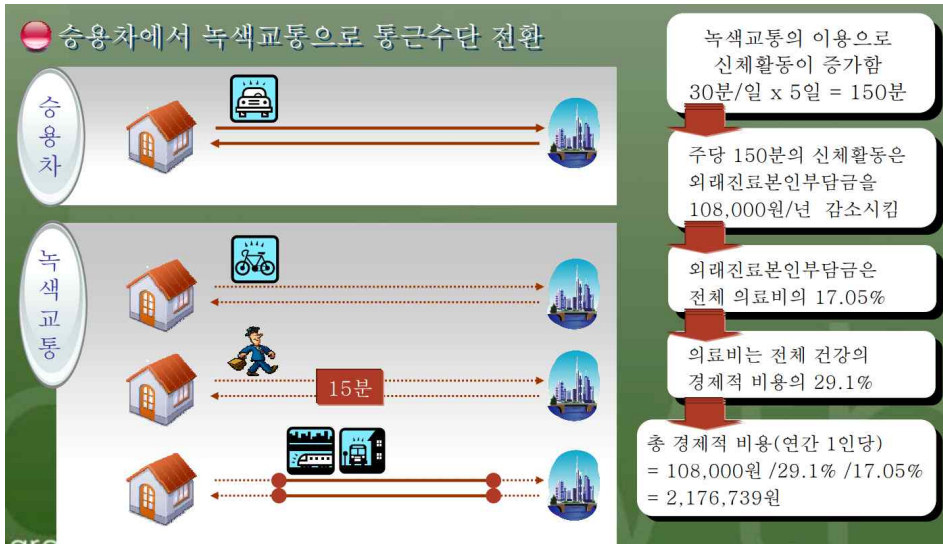
나. 건강증진 편익

- 우리의 신체는 지난 수십만 년 동안 수렵 및 채집 생활에 익숙하게 발달해 왔고 아직까지 이러한 생물학적 운명을 극복하지 못했다는 것이 학계의 정설이다. 비록 자동차 중심의 사회에 익숙해져 있다 하더라도 그것에 의존한 생활은 불과 100년 남짓에 불과하기 때문에 인간의 생물학적 진화는 자동차생활에 적합하지 않다는 의미한다. 다시 말하면, 움직이지 않는 것은 생물학적 요구와 달라 각종 신체적 문제를 일으킬 수 있다는 것. 자전거를 이용하면 건강해지는 이유이다.
- 건강은 개인에게는 의료비용을 절감시켜 주는 것은 물론 삶의 질을 높이는 핵심적인 요소이며 국가나 사회에는 사회구성원의 건강을 위해 국가가 지불하는 의료비용의 지출을 줄임으로써 사회 전체의 재정건전성 유지에 도움을 준다.
- 자동차로 인한 신체 활동의 저하는 암, 당뇨, 조기사망 등 심각한 질병이 증가하게 되어 의료비용의 증가를 초래한다.
- 자전거의 이용은 많은 신체 활동을 동반하게 되고 신체 활동의 증가는 질병의 감소로 나타나 조기사망이 감소하게 된다. 결국, 개인과 사회의 의료비용이 절감되는 효과가 있다.



[그림 4-2] 의료비용 절감 효과 구조

- 성현곤.박지형.김혜자(2008)¹⁷⁾는 통근인구 중 신체 활동 미충족 인구를 자전거로 전환하여 하루 30분 이상 신체 활동, 자전거 이용을 하게 하여 6개월간 추적 관찰한 결과를 토대로 건강증진에 따른 경제적 효과를 1인당 연간 2,176,739원으로 추정한 바 있다.



[그림 4-3] 건강증진 효과 추정 구조

- 외국에서는 건강증진 효과와 관련하여 꽤 많은 연구가 진행되었는데, Saelensminde (2002)는 보통의 신체 활동을 하는 사람을 기준으로 연간 880€의 건강 비용을 산출했고, Rutter(2005)는 자전거 이용자에 대하여 740€의 건강 비용을 산출하였다.
- NZTA(2010)는 자전거와 보행을 통해서 얻을 수 있는 편익을 각각 1.6\$/mile과 3.0\$/mile로 산출하였다.
- 또 다른 연구에서는 자전거 이용에 따른 건강 편익을 다음과 같이 제시하였다.

17) 성현곤.박지형.김혜자(2008), 녹색교통이 국민건강증진에 미치는 효과분석, 한국교통연구원

[표 4-3] 자전거 이용에 따른 건강 편익

구분	연구자	건강 편익	
		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		760.67	4.04

원자료: CBA of cycling(2005), p.34.

자료: 이재영(2017), p.49. 재인용

[표 4-4] 해외 건강 편익 비용

구분	연구자	건강 편익		
		연간 편익 (€/y)	연간 편익 (원/년) ¹⁸⁾	기준환율
스웨덴	Lind et al,	12,000SEK	1,558,200	129.83(원/SEK)
노르웨이	Saelensminde	7,300NOK	1,013,167	138.79(원/NOK)
Finland	Metsäranta, Tervonen	1,200EUR	1,660,788	1,383.99(원/EUR)
덴마크	Krag et al	2,760DKK	513,774	186.15(원/DKK)
평균			1,186,482.25	

자료: CBA of cycling(2005), p.47 정리

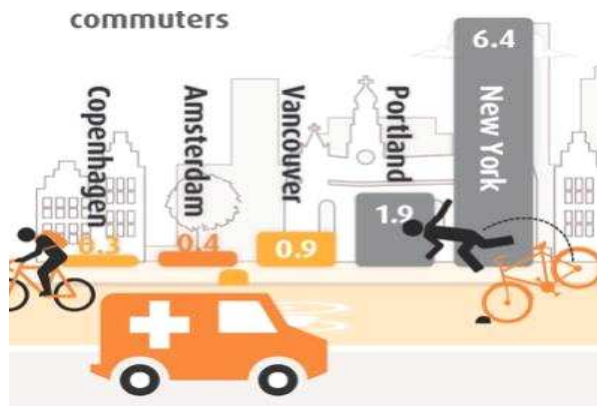
다. 안전한 도시를 만든다; 교통사고 감소 편익

- 전 세계적으로 한 해 동안 135만 명이 교통사고로 사망한다. 매일 3,500명이 교통사고로 사망하는 것이고 1시간마다 148명, 1분에 2.5 명이 사망하는 것이다¹⁹⁾.

18) 2022년 9월 8일 환율 기준으로 환산

19) World Health Organization (WHO). Global Status Report on Road Safety 2018. December 2018. [cited 2020 October 28]. Available from URL: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en

- 교통사고 사망자 중 50% 이상이 자전거, 보행자, 모터사이클 이용자다. 또한, 교통사고 사망자의 93%는 중-저소득 국가에서 발생하지만, 이들 국가의 자동차 보유 대수는 전체의 60%에 불과하다.
- 교통사고로 인한 경제적 피해는 GDP의 약 3% 수준이다.
- 그렇다면, 자전거 분담률과 교통사고 및 교통사고 사망자 간의 관계가 있을까?
- 많은 연구에서 자전거 분담률이 높을수록 교통사고와 교통사고 사망자가 적은 것으로 나타났다.
- 이재영(2009)에 따르면, 자전거 분담률이 가장 높은 국가인 네덜란드의 교통사고 사망자는 하루 100만 자전거 통행을 기준으로 연간 15.1명이지만, 우리나라의 경우는 252명으로 나타났다.
- 다시 말하면, 동일한 자전거 통행 수(백만 자전거 통행)를 기준으로 할 때, 우리나라는 네덜란드보다 사망자 수가 17배 많음. 우리나라는 자전거 분담률이 낮아 사망률이 매우 높다는 의미이다.
- 코펜하겐의 경우, 자동차 분담률이 높은 뉴욕시의 1/20에 불과하다.



[그림 4-4] 도시별 교통사고 사망자(연간 사망자/자전거 1만 대)

- 2020년 우리나라 전체 교통사고 사망자 3,081명 중 자전거 승차 중 사망은 198명으로 6.4%를 차지함. 자전거 분담률이 1.4%인 것을 감안하면 매우 높은 수준이다.
- 보행 중 사망자 비율이 35.5%를 차지한 것은 사실이나 전체 보행 분담률 약 40%를 고려하면 자전거에 비하여 상대적으로 낮은 것이다.
- 또한, 최근 보행사고는 -16.1% 수준으로 크게 감소하고 있는 반면 자전거는 10.6% 수준으로 증가하고 있다는 점을 주목할 필요가 있다.

[표 4-5] 전국 교통사고 사망자 현황

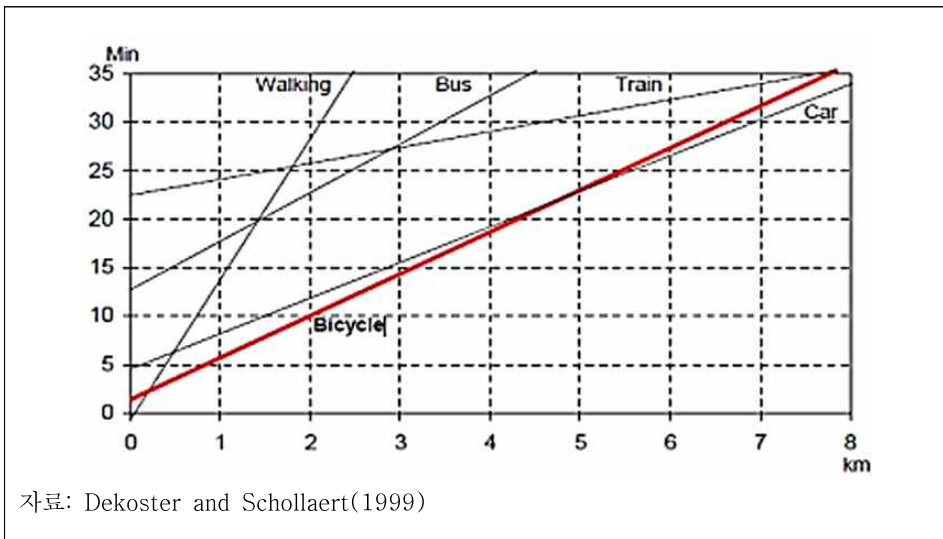
구분	계	보행 중	자동차	이륜차	자전거	기타
			승차 중	승차 중	승차 중	
2020년	3,081	1,093	1,071	694	198	25
2019년	3,349	1,302	1,150	699	179	19
대비	-268	-209	-79	-5	19	6
(%)	(-8.0)	(-16.1)	(-6.9)	(-0.7)	10.6	31.6

[표 4-6] 대전시 보행과 자전거 사고 비교

	사고 건수	사망자 수	부상자 수	분담률 (%)	10만 통행당 사고 건수	10만 통행당 사망자 수	10만 통행당 부상자 수
자전거	528.0	8.0	544.0	1.2	885.9	13.4	912.8
보행자	1,610.0	40.0	1,626.0	31.0	108.3	2.7	109.4

라. 통행시간과 비용을 줄여 준다; 통행시간 감소편익

- 자전거는 가장 빠른 교통수단이다. 도시 내 5km 이내 구간에서 경쟁력을 갖는다.
- 집에서 나와 차가 있는 곳까지 걸어서 가서, 자동차를 도로에까지 끌고 나오고 도로에서는 교통혼잡으로 제 속도를 내지 못한다. 직장에 도착해서도 사무실 바로 앞에 주차를 할 수 있는 사람은 거의 없을 것이다. 자동차를 Door to Door 수단이라고 하지만 실제로는 Parking to Parking이기 때문이다.
- 반면, 자전거는 문자 그대로 Door to Door 수단으로서 주차장을 찾아 헤매거나 혼잡으로 지체되는 일은 거의 없다.



[그림 4-5] 주행거리에 따른 수단별 이동시간 비교

- Shoup와 학생들의 연구에 따르면, 로스엔젤레스 15블록을 대상으로 한 연구에서 운전자들은 주차장을 찾기 위해 평균 0.5마일을 사용했다는 연구 결과가 있음. 이 블록에서만 연간 95만 v.km를 소비한 셈인데, 시속 20km/h로 주차장을 찾았다면 약 47,500시간을 소비한 것으로 나타났다.

- 또한, 자전거는 통행요금과 유지관리비용 측면에서 자동차와 비교해 월등한 경쟁우위를 가진다.
- 자동차를 이용하기 위해서는 주행에 소요되는 유류비용 외에 주차요금, 자동차 감가상각비, 보험료 등이 있다. 자동차는 통상 5년이 지나면 잔존가치를 30%로 보기 때문에 5,000만 원짜리 자동차라면 5년 후에 1,500만 원만 남게 되는 것. 결국 매년 감가상각비용만 700만 원, 매달 58만 원이 드는 셈.
- 계산에 따라 차이가 있지만, 자동차는 자전거의 28배에 유지관리비용이 소요된다.

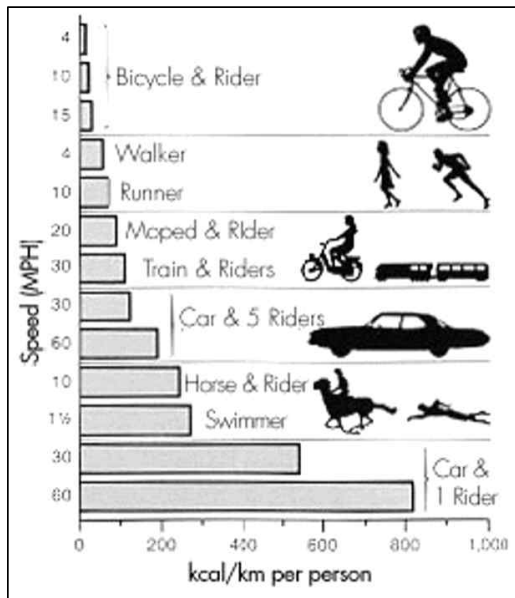
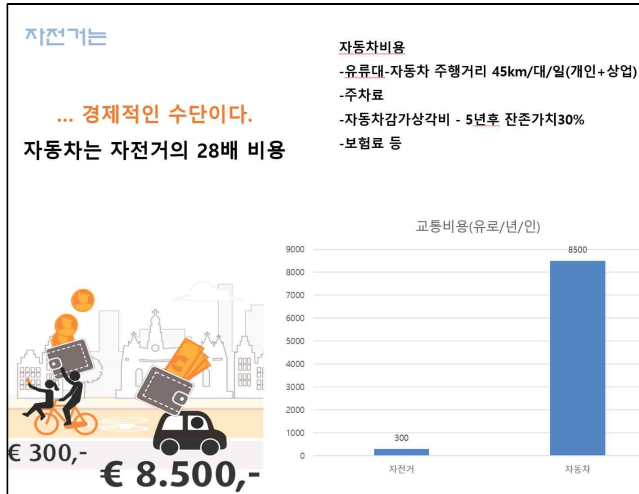
[표 4-7] 주행거리에 따른 수단별 이동시간 비교 (단위 : min)

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)

마. 에너지 절감 효과

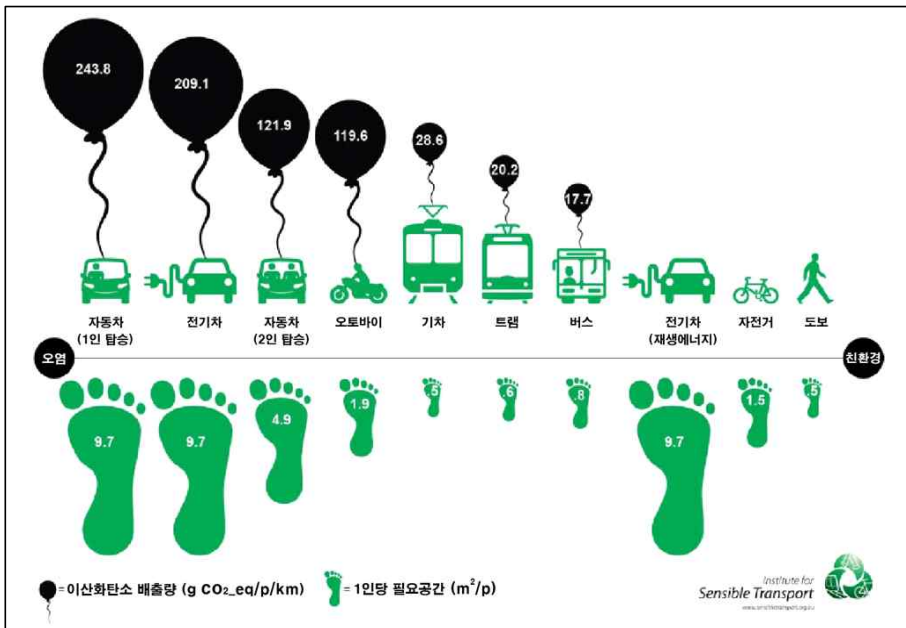
- 자전거는 에너지 효율적이다. 1km - 자동차-1,860kcal, 자전거 35kcal 소모(자동차 100%이라면 자전거는 2%의 에너지 소모한다. 심지어는 보행보다 더 효율적이다.



[그림 4-6] 교통수단별 에너지 소모 비교

바. 대기오염물질 배출 저감 효과

- 자전거는 대기오염물질의 배출이 거의 없음. 자동차는 일산화탄소, 질소산화물, 황산화물과 2차 생성되는 이산화탄소, 미세먼지 등을 발생시킴. 최근 증가하고 있는 전기차라고 해도 대기오염물질과 미세먼지를 배출함. 발전소에서 화력발전을 이용해서 전기를 생산하기 때문이다.
- 온실가스 배출량 (g/인.km)은 자전거가 0g/인.km인 데 비해 자동차는 241g/인.km²⁰이다.

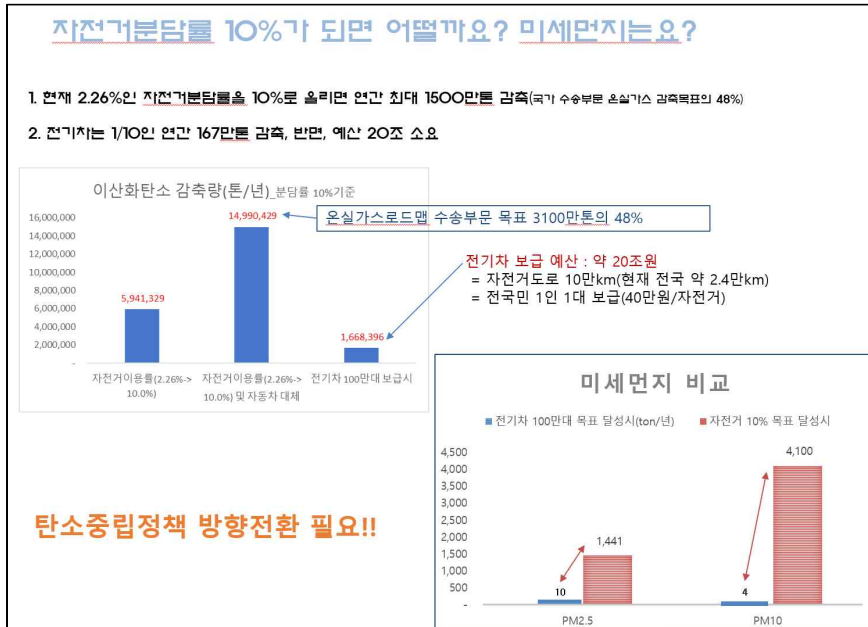


[그림 4-7] 교통수단별 온실가스 배출량

- 전기차라 할지라도 온실가스와 미세먼지 배출량은 일반 승용자동차와 비교하여 결코 적지 않다. 우리나라의 전기생산은 약 66%가 화력발전 에 의존하고 있어 배출원이 달라졌을 뿐이다.
- 미세먼지 역시 일반자동차 대비하여 거의 유사한 양의 미세먼지를 배

20) 환경부 온실가스 종합정보센터(<http://www.gir.go.kr/>), 21년 국가 온실가스배출·흡수계수

출한다. 전기차는 일반 동급 자동차에 비하여 약 30% 더 무겁다. 이는 배터리로 인한 무게인데, 타이어 마찰이 증가하여 미세먼지를 배출하게 된다. 일반적으로, 전기차의 타이어 교체 주기는 일반 자동차의 70% 수준으로 3년에서 3.5년이다.



[그림 4-8] 자전거 분담률과 미세먼지

사. 자전거는 도시공간을 만들어 낸다; 공간절감효과

- 도시의 토지는 매우 비싼 생산요소임. 사람이 많이 모여 사는 대도시일 수록 토지의 가치는 올라가는데, 자동차는 대도시라고 해서 더 작은 주차공간이 필요하지는 않다.
- 따라서, 도시에서 자동차가 차지하는 주차공간은 매우 큰 도시의 생산요소를 잠식하고 있는 것이다.

- 대체로 자동차는 자전거의 17배~ 최대 37배의 주차공간을 24시간 필요로 한다. 주차공간은 개인적으로 주차장을 소유한 경우가 아니라면 대부분 공용의 공간을 사용하고 있기 때문에 이로 인한 사회비용이 발생한다.
- 우리나라의 대도시에서는 부족한 주차장을 공급하기 위해 매년 막대한 예산이 소요되고 있다. 주차장 1면을 공급하는데 소요되는 비용은 적게는 5,000만 원에서 많게는 1억 원에 이르고 있다.



[그림 4-9] 자전거와 도시공간

4.2.3. 타슈의 이용편익 추정

- 타슈에서 최종적으로 산정한 편익항목은 다음과 같이 8개 항목이다.
- 기본적으로 원단위는 이재영(2017)의 연구를 적용하였다. 다만, 의료비용은 국내 연구결과²¹⁾로 바꾸었다.
- 또한, 이동거리는 공유형 타슈의 이동거리²²⁾를 적용하였다.
- 편익산정결과는 아래 표와 같다.
- 현재 수준의 운영규모를 유지하는 경우, 총편익은 연간 약 535억원이 발생하는 것으로 산정되었다.
- 또한, 장래 타슈를 추가로 확충하여 운영하는 경우, 약 641억원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다.
- 다만, 편익의 증가분은 타슈운영대수의 증가분에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 본 연구에서 추정된 수요모형에 따르면 타슈를 추가로 확대할 경우 한계수요(효용)체감 현상이 발생하기 때문으로 풀이된다.

[표 4-8] 편익 추정 결과

항목	원단위 (원/통행)	장래1 (2,500대)	장래2 (5,200대)
이동시간단축	638	2,745,601,331	3,287,456,499
의료비용 절감	3,019	12,991,823,439	15,555,810,645
주차비용 절감	6,343	27,299,121,801	32,686,710,338
자동차이용자의 통행시간 절감	1,340	5,768,779,939	6,907,271,238
차량운행비	502	2,160,275,333	2,586,614,125
대기오염물질감소편익	67	289,645,855	346,808,598
이산화탄소배출감소편익	11	48,274,309	57,801,433
기반시설비용 (도로건설및유지관리)	516	2,220,618,219	2,658,865,916
합 계(원/년)		53,524,140,225	64,087,338,792

21) 성현근외(2008)

22) 1.6km/통행

요약 및 정책 제언

- 5.1. 요약
- 5.2. 정책 제언

5장

5. 요약 및 정책 제언

5.1 요약

본 연구의 목적은 타슈의 수요를 기반으로 형평성과 효율성의 관점에서 적정 운영 규모 및 편익을 추정하고 설치 우선순위를 제시하는 데 있다.

이를 위해 타슈의 수요예측모형 정립하고 250m*250m 규격의 셀 수요를 추정하였으며 총비용과 총편익이 같아지는 지점을 경제성을 고려한 최적 규모로 설정하였다.

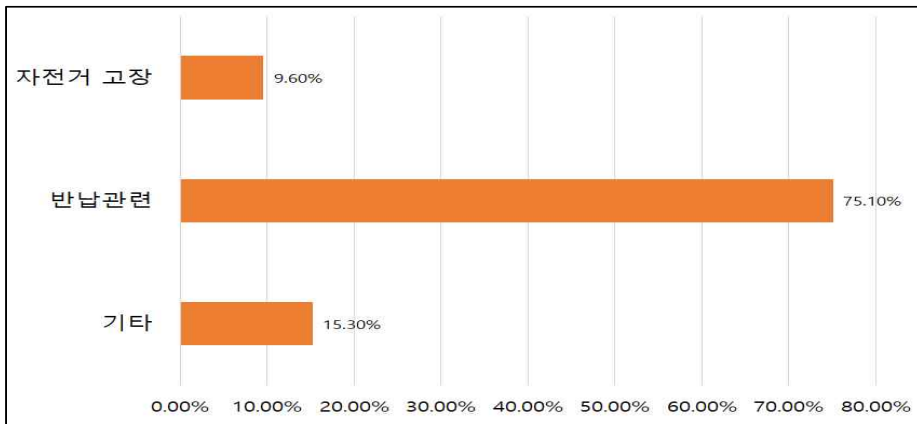
설치 우선순위는 수요에 따라 가장 수요가 높은 셀(장소)부터 가장 수요가 낮은 셀을 제시하였다.

타슈의 편익 항목은 8개 항목으로 약 641억 원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 장래에 운영규모 대비 편익이 비례하여 증가하지 않는 이유는 운영대수에 따른 수요증가 폭이 상대적으로 크지 않기 때문이다.

연구결과에 따르면, 타슈이용 특성을 반영한 운영계획을 수립하고, 수요예측 결과를 기준으로 설치지점을 검토할 필요가 있다.

가. 타슈의 과부족 분석

- 본연구에서는 OPEN API소스를 이용하여 다음과 같이 이용가능한 타슈가 얼마나 되는지 추정했다.
- 조사결과, 타슈 부족률은 심각하다.
- 평일 첨두시(17:00-18:00) 타슈의 부족률은 최소 27%~62.2%까지 나타났다.
- 타슈의 이용과 관련하여 접수된 민원을 기준으로 분석한 이용불편 내용은 다음과 같다.
 - 주목할 점은 이용불편 민원이 매우 많다는 것이다. 5월간 이용건수가 506,916건 대비 25,977건으로 이용건수 대비 5.1%다.
 - 대부분의 불편요인은 '반납관련' 불편으로 전체의 75.1%



[그림 5-1] 타슈의 이용불편 민원 분석결과

나. 타슈의 수요예측모형 정립

- 본 연구에서 ‘적정 타슈의 운영규모’를 산출하기 위한 방법으로 다중회귀모형식을 활용하였다. 활용되는 변수를 특정 공간단위²³⁾로 수집하기 용이하고 기존 연구들을 통하여 영향변수들이 추출되어 있기 때문이다.
- 구축된 모형은 다음과 같다.

$$y = 1.335 + 0.004x_1 + 6.820x_2 + 0.003x_3 + 0.000x_4 - 0.353x_5$$

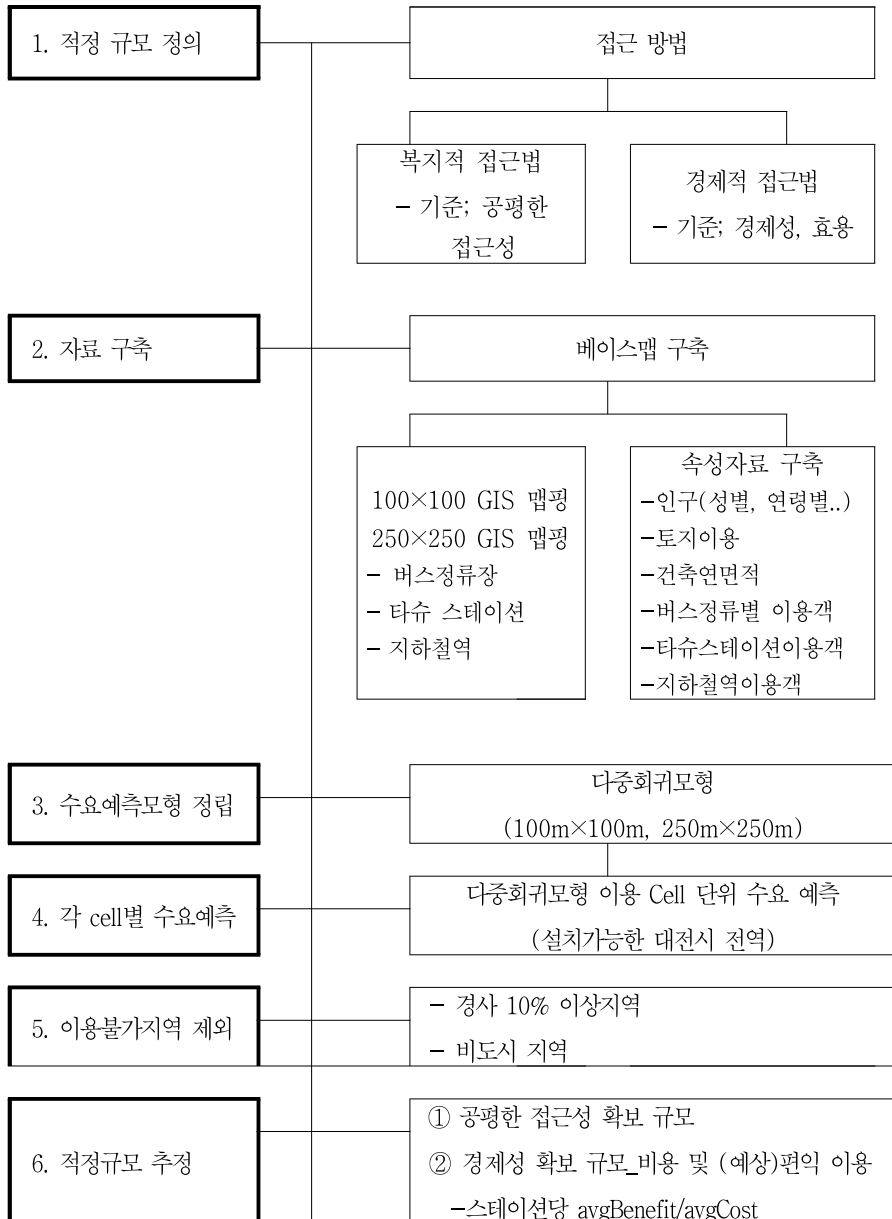
y	: 타슈 이용량(회/일/cell)
x_1	: 버스 하차인원수
x_2	: 자전거도로 유무
x_3	: 지하철 승차인원수
단, x_4	: 건축연면적
x_5	: 경사도(%)

- 모형에 포함된 변수의 부호는 일반적인 인식에 부합한다. 경사변수(slope)를 제외하고는 (+)부호를 보이고 있다. 마이너스 (-) 경사변수는 자전거의 특성상 수요와 마이너스 상관이 있으므로 자연스런 결과이다.
- 모형의 설명력을 나타내는 R^2 값은 0.459로 나타났으며 F-test는 299.368(0.000)로 통계적으로 유의하다.
- 본 연구에서 도출된 수요예측 모형은 다음과 같은 의의와 활용성을 갖는다.
- 첫째, 공유형 타슈의 운영규모를 추정하기 위한 1차적 목표가 있으나 모형을 통하여 타슈의 수요 영향요인을 파악하였으므로 향후 타슈 운영 및 정책에 활용 가능할 것이다.
- 둘째, 모형에서 도출된 타슈의 이용수요 영향변수는 기존의 스테이션 기반 이용수요와는 다르다는 것을 확인하였다. 예컨대, 대중교통이나 공원 등의 변수가 유의미하게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.
- 셋째, 이미 구축되어 일반에 제공되고 있는 최소한의 국가자료를 이용하여 모형을 도출하였다.

23) 본 연구에서는 일정한 크기의 격자 셀(cell)을 공간적 단위로 한다.

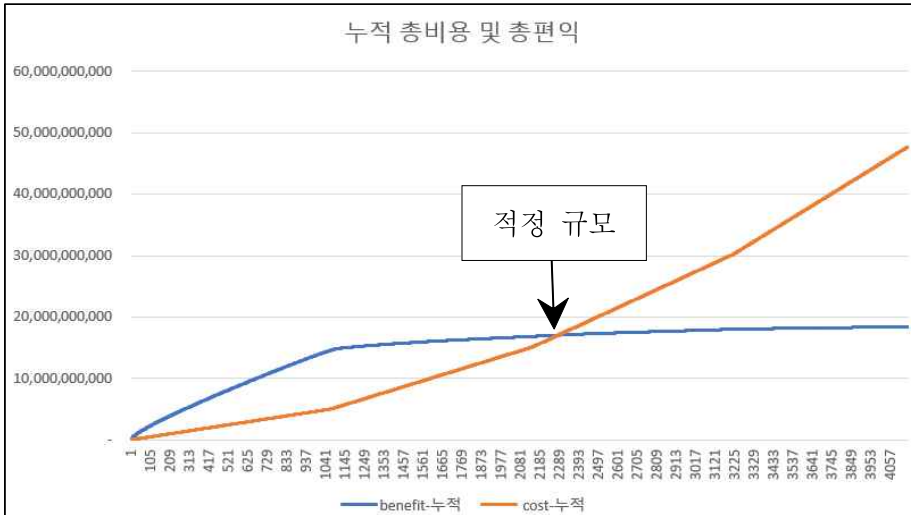
다. 타슈의 적정 규모 추정 방법

◦ 본 연구에서 적용한 적정 규모의 추정방법 및 흐름은 다음과 같다.



[그림 5-2] 적정규모 추정 방법

- 경제성을 고려한 추정방법은 다음과 같다.
- 총비용과 총효용(편익)이 같아지는 지점은 누적편익은 170.5억원 지점이다. 이때의 누적 비용은 170.4억원이다. 수요가 가장 높은 셀부터 순서대로 나열하였을 때, 2285번째 셀이다 ([그림 5-3] 참조).



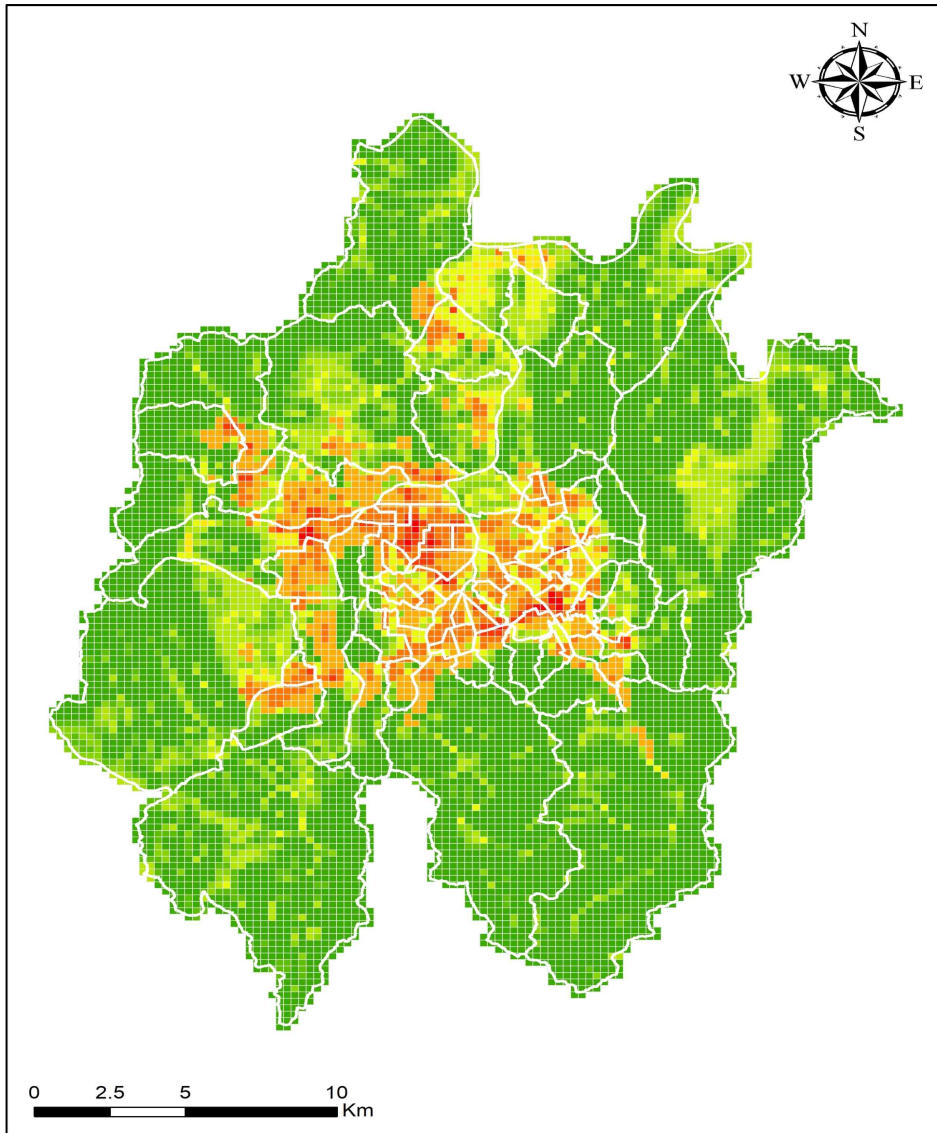
[그림 5-3] 경제성을 고려한 (최대)공급규모

[표 5-1] 타슈 적정규모 추정 종합

구 분	추정 결과
① 균등한 접근성 확보 규모	<ul style="list-style-type: none"> • <u>균등한 접근성 확보 규모(경사 및 마이너스 수요 지역 제외)</u> - <u>스테이션수 : 4,443개소, 타슈 자전거 : 9,401대</u>
② 경제성 확보 규모	<ul style="list-style-type: none"> • <u>편익이 비용을 초과하는 최대 운영 규모</u> - <u>스테이션수 : 2,445개소, 타슈 자전거 : 5,159대</u>

라. 스테이션 설치 우선순위(값) 제시

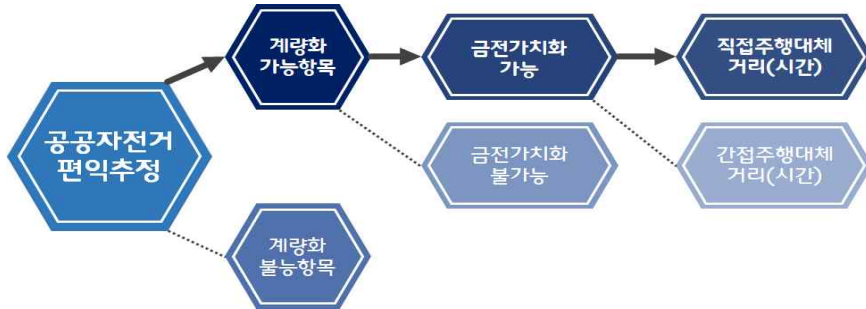
- 우선순위는 수요에 따라 가장 수요가 높은 셀(장소)부터 가장 수요가 낮은 셀을 제시하였다(1번째~4,443번째 셀, 1번째 ~2,445번째 셀).



[그림 5-4] 공급 우선순위도(대전시 전체)

마. 편익추정 구조

- 편익추정 구조는 다음과 같다.



[그림 5-5] 공유형 자전거 타슈의 편익추정 구조

- 타슈에서 최종적으로 산정한 편익 항목은 다음과 같이 8개 항목이다.
- 편익산정결과는 아래 표와 같다.
- 현재 수준의 운영규모를 유지하는 경우, 총편익은 연간 약 535억 원이 발생하는 것으로 산정되었다.
- 장래 타슈를 추가로 확충하여 운영하는 경우, 약 641억 원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다.
- 장래에 운영규모 대비 편익이 비례하여 증가하지 않는 이유는 운영대수에 따른 수요증가 폭이 상대적으로 크지 않기 때문이다.

[표 5-2] 총편익 산정결과

항목	원단위 (원/통행)	장래1 (2,500대)	장래2 (5,200대)
총편익(원/년)	-	53,524,140,225	64,087,338,792

5.2. 정책 제언

가. 타슈이용 특성 반영한 운영계획

- 공유형 타슈 이동거리는 키오스크형 타슈에 비해서 짧다. 스테이션 밀도가 높아졌기 때문이다. 지역별 스테이션간 이동거리를 기준으로 스테이션 운영 밀도를 조정할 필요가 있다.
- 또한, 타슈 이용자는 남성이 여성보다 많다. 아직 자전거 이용환경이 녹록지 않다는 의미다. 타슈를 중심으로 인프라 및 교통운영여건을 여성 이용자 입장에서 점검하여 개선할 필요가 있다.
- 타슈는 월별로 이용 특성이 다르다. 기상여건 때문이다. 특히, 겨울철에 운영효율이 현격하게 낮아진다. 겨울철에도 이용률을 높이기 위해 기상에 따른 운영정책 보완 및 자전거도로 및 주차장 등 인프라 유지관리를 보완할 필요가 있다.

나. 타슈 민원사항 개선; 시스템 안정화

- 타슈의 이용과 관련 주목할 점은 이용불편 민원이 매우 많다는 것이다. 전체 이용건수 대비 5.1%다. 특히, ‘반납관련’ 불편이 많다.
- 운영규모 확대 이전에 반드시 시스템이 안정될 수 있도록 우선적으로 노력할 필요가 있다.

다. 적정규모의 범위내에서 운영규모 설정

- 본 연구에서는 적정 운영규모를 제시했다.
- 다만, 총편익의 추정에서 나타난 바와 같이 총편익은 증가하나 한계편익이 상대적으로 감소하는 측면이 있다. 즉, 규모를 키울수록 총편익은 증가하나 경제성은 낮아진다는 의미이다.

- 철학적 배경이 다르더라도 ‘적정 규모’의 최소범위와 최대범위를 벗어나면 안된다. 총비용이 총편익을 초과하거나 물리적으로 운영이 불가능한 범역이기 때문이다.
- ‘운영규모’를 정하였다 하더라도 점진적으로 증가시키는 것이 좋겠다. 한계비용이나 수요 추이를 고려하여 적용시키는 것이 정책리스크를 줄일 수 있기 때문이다.

라. 수요예측 결과를 기준으로 우선설치 지점 검토

- 동일한 규모를 증가시키더라도 수요가 높은 지역부터 공급하는 것이 운영효율이나 만족도 측면에서 바람직하다.
- 다만, 설치장소는 현장조사를 통하여 구체적인 지점을 설정해야 한다. 본 연구에서는 ‘경사도’를 제외하고는 현장 상황을 고려하지 않았기 때문이다.
- 현장조사에 따라 스테이션의 운영규모를 적절하게 조정하여 운영할 필요가 있다. 즉, 수요가 높을 경우 1개의 스테이션을 좀 더 크게 운영하거나 더 적게 세분화하여 운영할 수 있는 것이다.

〈참고문헌〉

- 국도교통부-전국 버스정류장 위치정보 <https://www.data.go.kr/data/15067528/fileData.do>
- 국도정보플랫폼-국도통계지도 <https://map.ngii.go.kr/ms/map/NlipMap.do>
- 대전교통공사-대전도시철도역 정보 <https://www.djtc.kr/kor/stationInfo.do?menuIdx=38>
- 대전광역시 시설관리공단 <https://www.djsiseol.or.kr/>
- 환경부 온실가스종합정보센터-국가온실가스배출·흡수 계수 <http://www.gir.go.kr/>
- 도명식·노윤승(2014), 대전시 공유자전거 이용수요에 영향을 미치는 요인에 관한 연구, 대한토목학회논문집(국문), vol.34, no.5, 통권 176호 pp.1517-1524.
- 성현곤·박지형·김혜자(2008), 녹색교통이 국민건강증진에 미치는 효과분석, 한국교통연구원.
- 이재영(2017), 공공자전거 타슈의 이용편익 추정연구, 대전세종연구원
- Dekoster and Schollaert(1999), Cycling: the way ahead for towns and cities, European Communities. p.11
- 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' 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 Forum(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>
- World Health Organization (WHO). Global Status Report on Road Safety 2018. December 2018. [cited 2020 October 28]. Available from URL: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en