

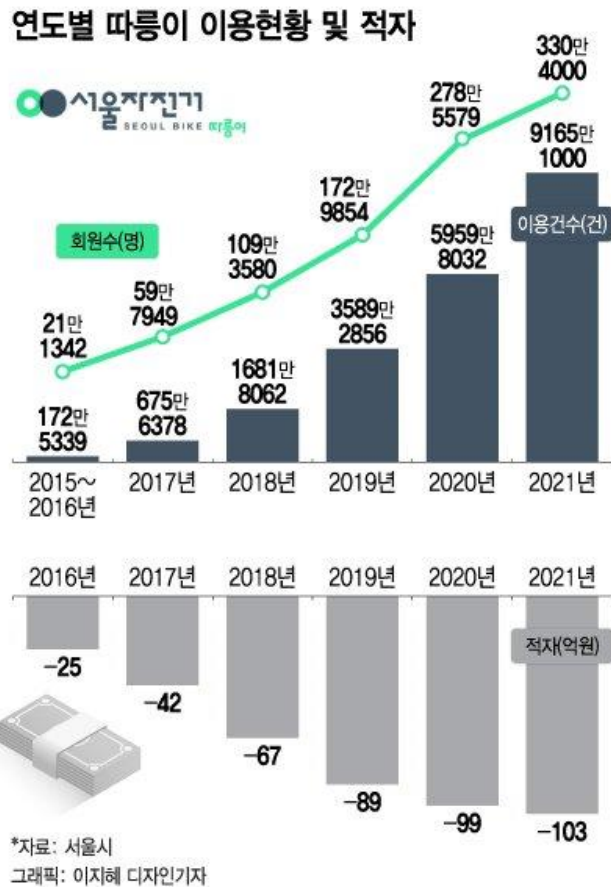
# 시뮬레이션을 통한 강남구 따릉이 대여소 최적화

3조

강세정 국호연 김경진 문지성 박진호 유동준

# 0. MOTIVATION

## Background



- 따릉이 이용자 수는 매년 증가하지만 적자폭이 점점 커지는 상황
  - 2021년 기준 2600곳을 넘어선 대여소는 포화 상태
  - 통행 방해, 안전 문제 등으로 대여소 철거요청 민원 심화



대여소 철거, 따릉이 거치 대수 조정 등 최적화를 통한 운영이 필요

# CONTENTS

1

INTRODUCTION

2

METHODS & ANALYSIS

3

RESULTS & DISCUSSION

4

CONCLUSION

# 1. INTRODUCTION

## Objectives

1. 각 대여소 철거 시 Profit function(서울시 수익)의 비교

**OBJECTIVE FUNCTION** = *MAX Total Profit = Ticket Earned + Co2 save cost*  
*- Bike maintenance cost - Relocation Worker Salary - Additional Walking cost - Disappointment cost*

2. 각 대여소 철거 시 rejected 된 고객 숫자 비교

3. 각 대여소 철거 시 CO<sub>2</sub> emission의 변화량 비교

# 1. INTRODUCTION

## Project objectives

OBJECTIVE

강남구 따릉이 대여소 철거 시  
예상 효과 및 문제점 파악

강남구 선정이유

서울시 자치구 중 대여소 숫자 대비  
사용이력 비율이 가장 낮음

↓

공익성을 유지하면서 수익성을 개선하려  
는 프로젝트 목적에 적합

구로 구	노원 구	광진 구	서초 구	마포 구	강동 구	강남 구	종로 구	은평 구	강서 구	...	중구	도봉 구	영등포 구	송파 구	동대문 구	강북 구	양천 구	동작 구	중랑 구	성북 구
13245	16416	20230	8394	16641	12946	6860	12636	10584	21323	...	10221	10667	20202	15658	16650	10422	18984	11179	10670	12254

<서울시 각 자치구 별 대여소 수 대비 사용이력 비율>

# 1. INTRODUCTION

## Input data

	대여소 번호	보관소(대여소)명	소재지(위치)	상세주소	위도	경도	설치 시기	거치대수-LCD	거치대수-QR	운영 방식
4	102.0	망원역 1번출구 앞	마포구	서울특별시 마포구 월드컵로 72	37.5556488	126.9106293	2022-05-03	NaN	15	QR
5	103.0	망원역 2번출구 앞	마포구	서울특별시 마포구 월드컵로 79	37.55495071	126.9108353	2022-05-03	NaN	14	QR
6	104.0	합정역 1번출구 앞	마포구	서울특별시 마포구 양화로 59	37.55062866	126.9149857	2022-05-12	NaN	13	QR

<대여소명, 위치, 거치 대수 데이터>

	자전거번호	대여일시	대여 대여소번호	대여 대여소명	대여거치대	반납일시	반납대여소번호	반납대여소명	반납거치대	이용시간	이용거리
0	SPB-33633	2022-01-02 16:02:42	3	중랑센터	0	2022-01-02 16:14:14	540	군자역 7번출구 베스트샵 앞	0	11	2419.63
1	SPB-49457	2022-01-06 08:09:11	3	중랑센터	0	2022-01-06 08:19:43	3	중랑센터	0	10	0.00
2	SPB-32344	2022-01-11 17:53:40	3	중랑센터	0	2022-01-11 18:05:07	529	장한평역 8번 출구 앞	0	11	1081.14

<각 이용건에 대한 대여소, 반납대여소, 이용시간, 거리 데이터>

대여소 그룹	팀명	대여소 명	대여 건수
5	강동구 천호1팀	1014. 강동구평생학습관앞	3
6	성동구 테스트	9980. 에이텍	3
7	동작구 영남2팀	2063. 대방역 4번출구	4

<대여소 별 이용정보 데이터>

자전거번호	등록일시	고장구분
0 SPB-36049	2022-01-01 0:45	기타
1 SPB-34190	2022-01-01 1:01	기타
2 SPB-39295	2022-01-01 1:08	체인

<고장신고 내역>

```
In [92]: for k, j in enumerate(target):
          tmp = target_log[target_log['대여 대여소번호']==j]
          print()
          print('#'*30)
          print(k, '변환')
          print('#'*30)
          for i in target:
              print('-'*30)
              result_table = tmp[tmp['반납대여소번호']==i]['이용시간']
              print(result_table)
              print(j, "에서", i, "로", len(result_table))
          ...

#####
0 번째
#####

943640      38
943652      54
943653      68
943654      64
943666      63
...
1189655     35
1189660     29
1189667     46
1189669     105
1189670      31
Name: 이용시간, Length: 5993, dtype: int64
2301 에서 2301 로 5993
-----
999999      101

In [50]: for k, j in enumerate(target):
          tmp = target_log[target_log['대여 대여소번호']==j]
          for i in target:
              result_table = pd.DataFrame(tmp[tmp['반납대여소번호']==i]['이용시간'])
              name = str(j)+" to "+str(i)+".csv"
              result_table.to_csv(name, index=False, header=False)
```

<서울시 따릉이 운영정보 전처리 과정>

서울시 공공데이터포털 활용해 21.06 ~ 22.06 기간 동안의 데이터 수집 및 가공



# 1. INTRODUCTION

## Location decision



<선정한 강남구 따릉이 대여소 위치>

현실적으로 강남구 전체 159곳의 대여소를 모두 고려하여  
모델링 하는 것이 어렵다고 판단

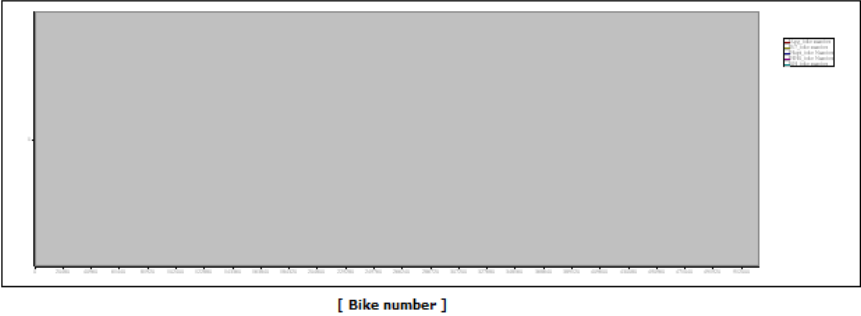
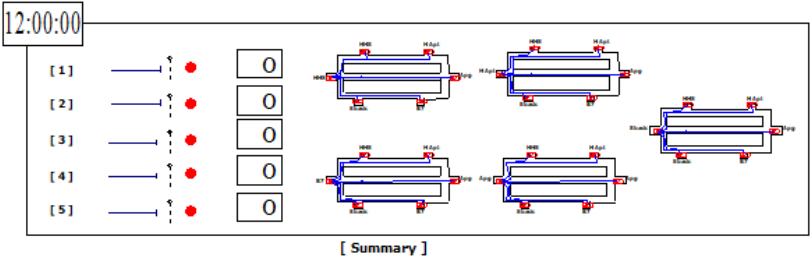
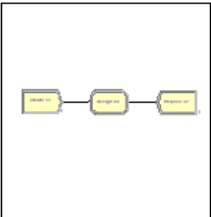
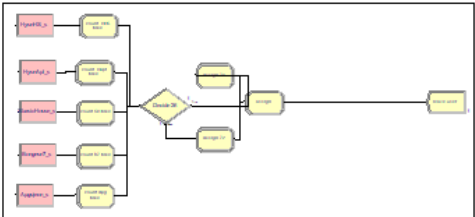
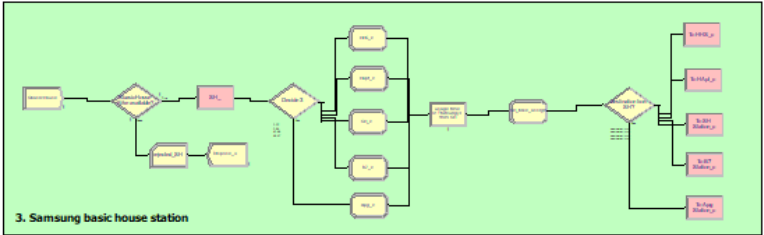
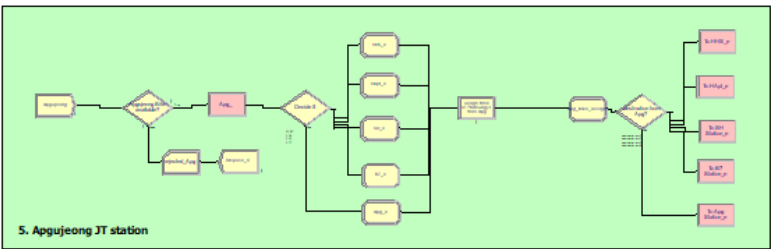
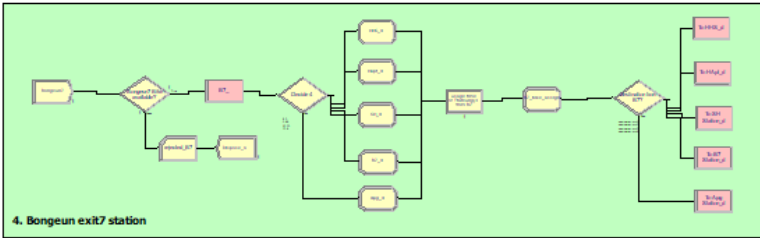
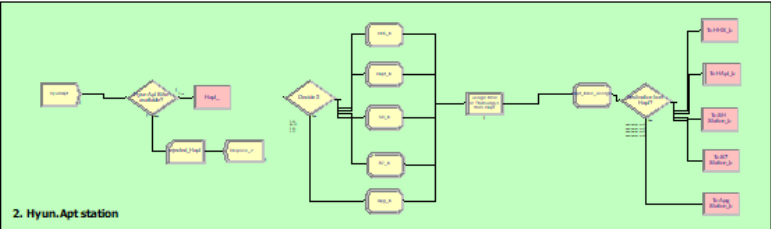
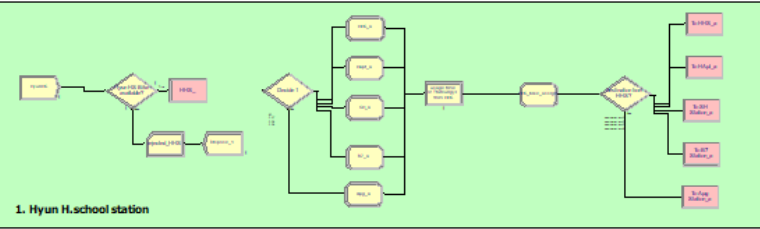
→ 이용횟수를 기준으로 5개의 집단으로 분류, 집단 별로 이용횟수가  
가장 많은 1개의 대여소 선정해 총 5곳의 데이터 사용

1. 현대고등학교(HHS)
2. 현대아파트(Hapt)
3. 삼성동 베이직하우스(SH)
4. 봉은사역 7번출구(B7)
5. 압구정나들목(Apg)

# 2. METHODS & ANALYSIS

## Modeling – Base model

Project Final\_Team 3





## 2. METHODS & ANALYSIS

### Input data – Variable & Schedule

	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values	Report Statistics
1 ▶	HHS_bike Number				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
2	Hapt_bike Number				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
3	SH_bike number				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
4	B7_bike number				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
5	Apg_bike number				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
6	Relocation workers				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
7	ticket earn				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
8	co2 save				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
9	co2 amount				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
10	additional walk cost				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
11	additoinal walk hours				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>

- Station bike number
- Relocation workers
- Ticket earn
- CO<sub>2</sub> save
- CO<sub>2</sub> save amount
- Additional walk cost
- Additional walk hours

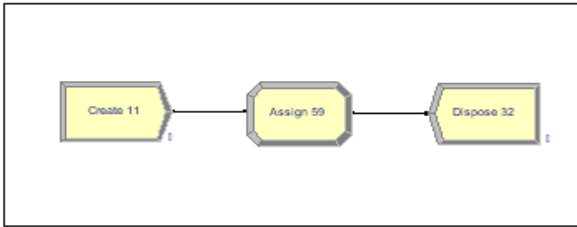
	Name	Type	Time Units	Scale Factor	File Name	Durations
1 ▶	Schedule HyunHS	Arrival	Days	1.0		6 rows
2	Schedule HyunApt	Arrival	Days	1.0		6 rows
3	Schedule SbasicHouse	Arrival	Days	1.0		6 rows
4	Schedule BongeunStation	Arrival	Days	1.0		6 rows
5	Schedule Apgujeong	Arrival	Days	1.0		6 rows
6	Schedule HHS_bike Number	Capacity	Quarterhours	1.0		1 rows
7	Schedule Hapt_bike Number	Capacity	Quarterhours	1.0		1 rows
8	Schedule SH_bike number	Capacity	Quarterhours	1.0		1 rows
9	Schedule B7_bike number	Capacity	Quarterhours	1.0		1 rows
10	Schedule Apg_bike number	Capacity	Quarterhours	1.0		1 rows

Schedule\_(station) : 데이터의 현실성, 한 해동안의 경향성을 반영하고 동시에 축소 모델로 운영하기 위해 실제 따릉이 운영 데이터를 6개월로 축소(1,3,5,7,9,11월)

Schedule\_(station)\_(bike number) : resource capacity 기입해 실시간으로 변하는 각 대여소의 따릉이 수 반영

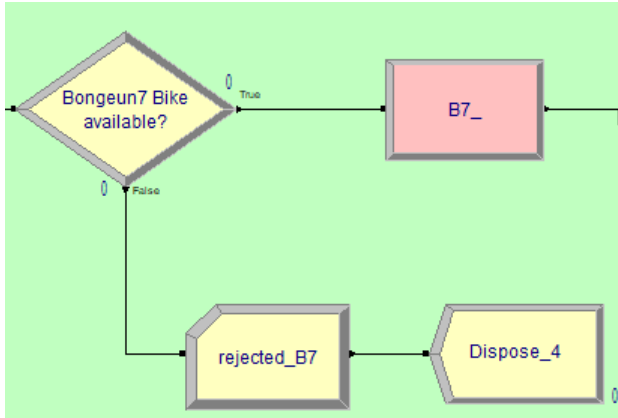
## 2. METHODS & ANALYSIS

### Modeling - Settings



[ Relocation ]

90명의 workers, 하루마다 재배치 진행  
초기 자전거 52대, SH에 12대, 나머지 정류소에 각각 10대씩 배치



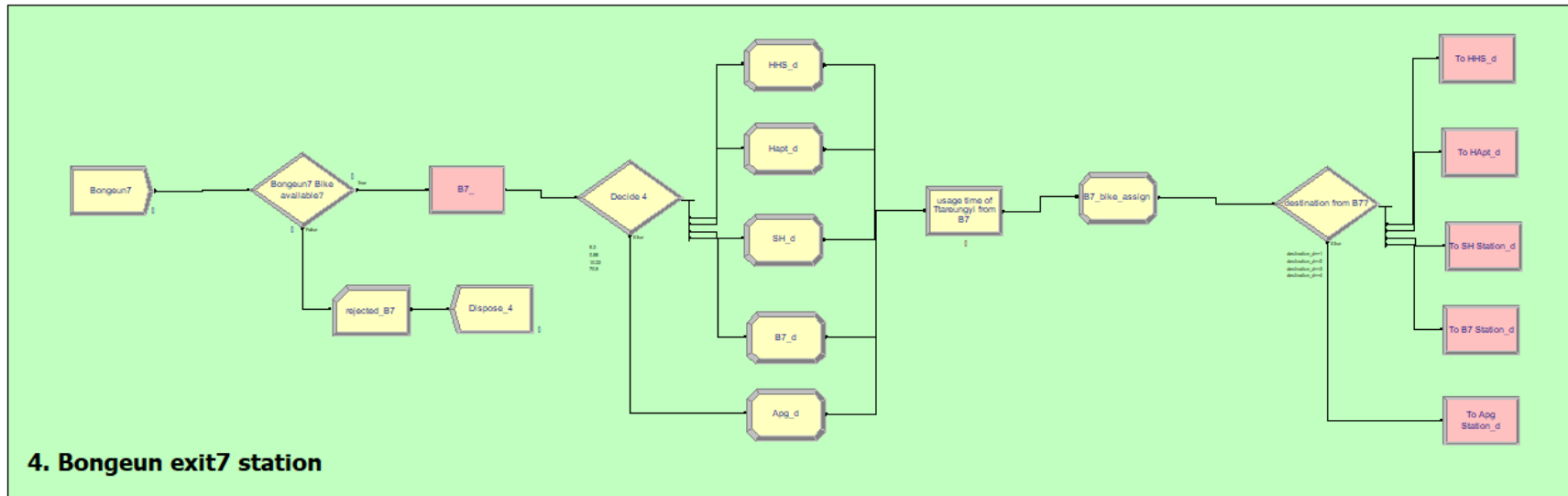
[Reject model]

대여소에 자전거가 존재하지 않을 시 Process 상에서 reject  
대여소가 철거되었을 경우 50%는 reject, 50%는 가장 가까운  
대여소로 이동

## 2. METHODS & ANALYSIS

### Modeling – Base model

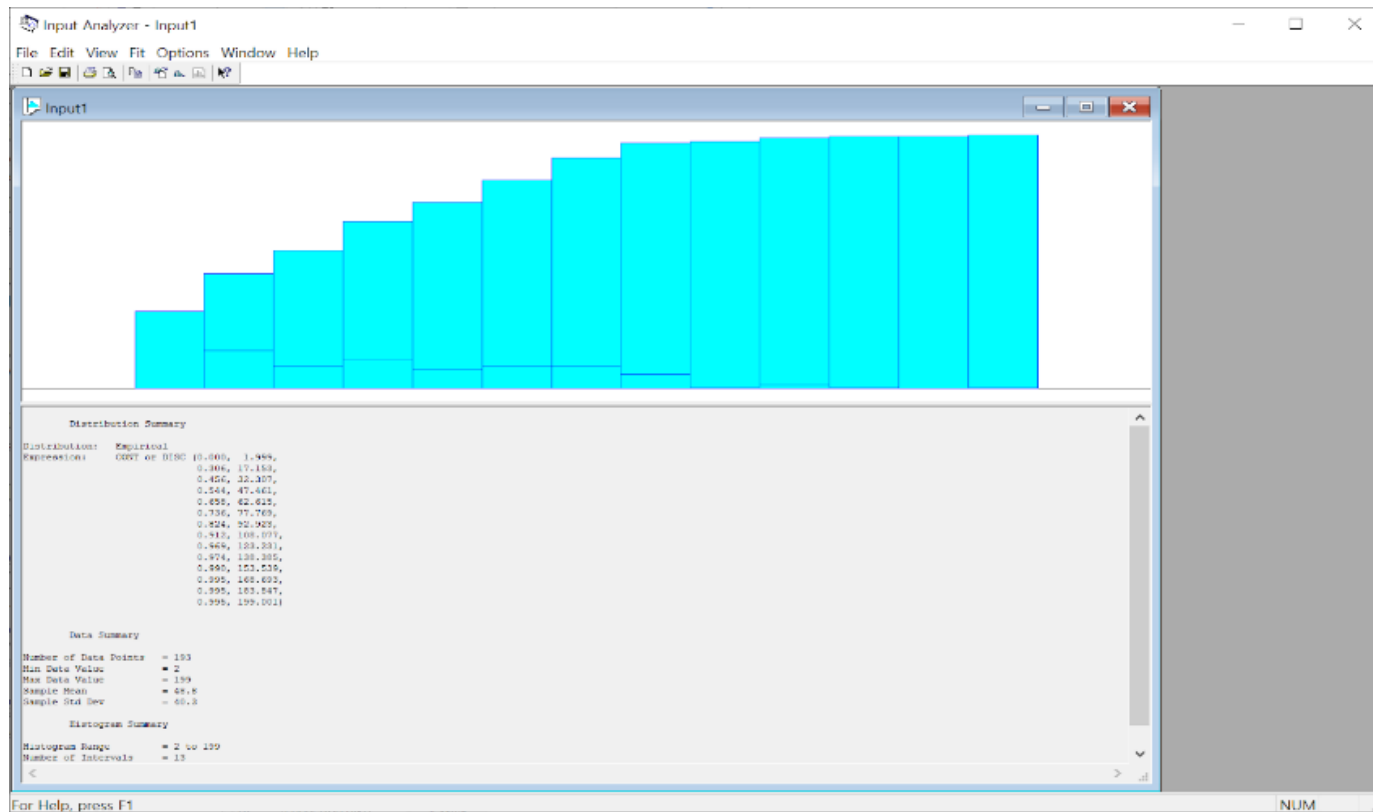
각 station 끼리의 연결을 통해 대여소에서 또 다른 대여소로 이동하며 나올 수 있는 25가지 모든 경우의 수를 route와 station으로 지정



<B7에서 출발하는 따릉이 이용 모델>

## 2. METHODS & ANALYSIS

### Modeling – Base model



총 25가지 경우의 route 각각에 대해 1년치 이용 시간 데이터를 input analyzer의 empirical 분포를 구하여 Route time 적용함

각 route time은 Assign 모듈을 통해 미리 attribute에 할당

## 2. METHODS & ANALYSIS

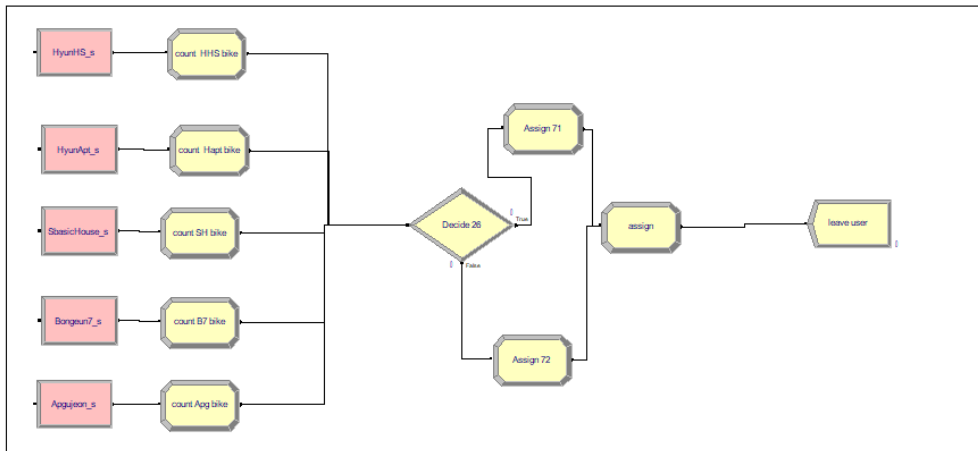
### Modeling – Base model

도착 대여소 확률					
도착 / 출발	1	2	3	4	5
1	93	0.91	2.55	9.2	13.95
2	0.17	94.05	0.64	0.88	0.39
3	0.06	0.61	40.98	10.22	0.21
4	0.28	1.37	49.47	70.8	0.77
5	6.49	3.05	6.37	8.91	84.68

<각 대여소 도착 확률>

- 연간 사용이력 데이터 기반으로 각각의 따릉이 대여소에 도착할 확률 계산

- 대여소 철거 시 해당 대여소 제거한 후 사용이력 데이터 재가공해 사용



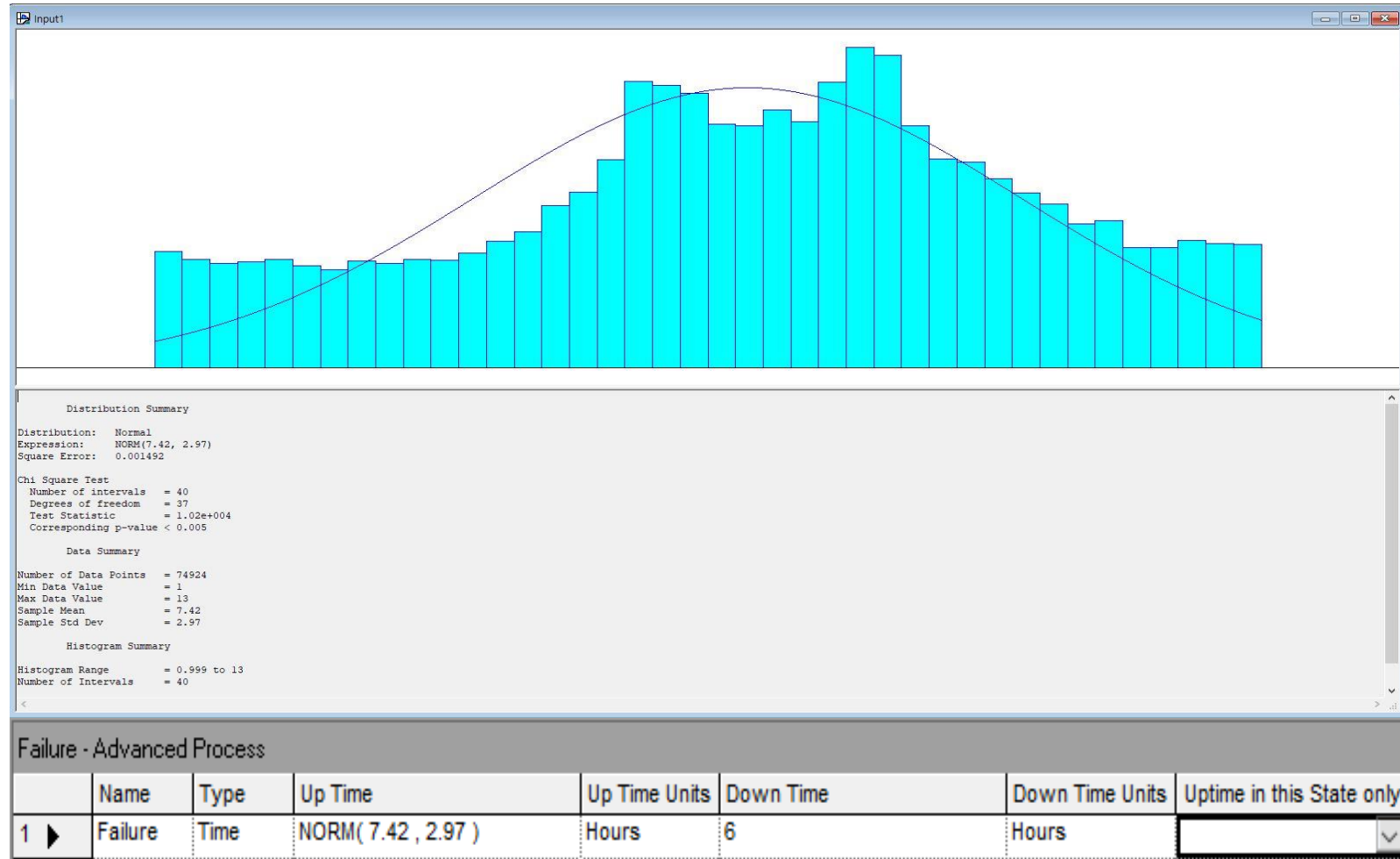
[ Station to Station ]

각 대여소를 출발할 때 station bike number variable 1 감소, 이용 완료 후 도착 시 도착 station bike number variable 1 증가시킴으로써 대여소 별 실시간 따릉이 보유 대수 확인

시뮬레이션 팀 프로젝트 3조

## 2. METHODS & ANALYSIS

Input data – Failure



Input analyzer 통해 고장신고내역 데이터 입력(NORM(7.42, 2.97))

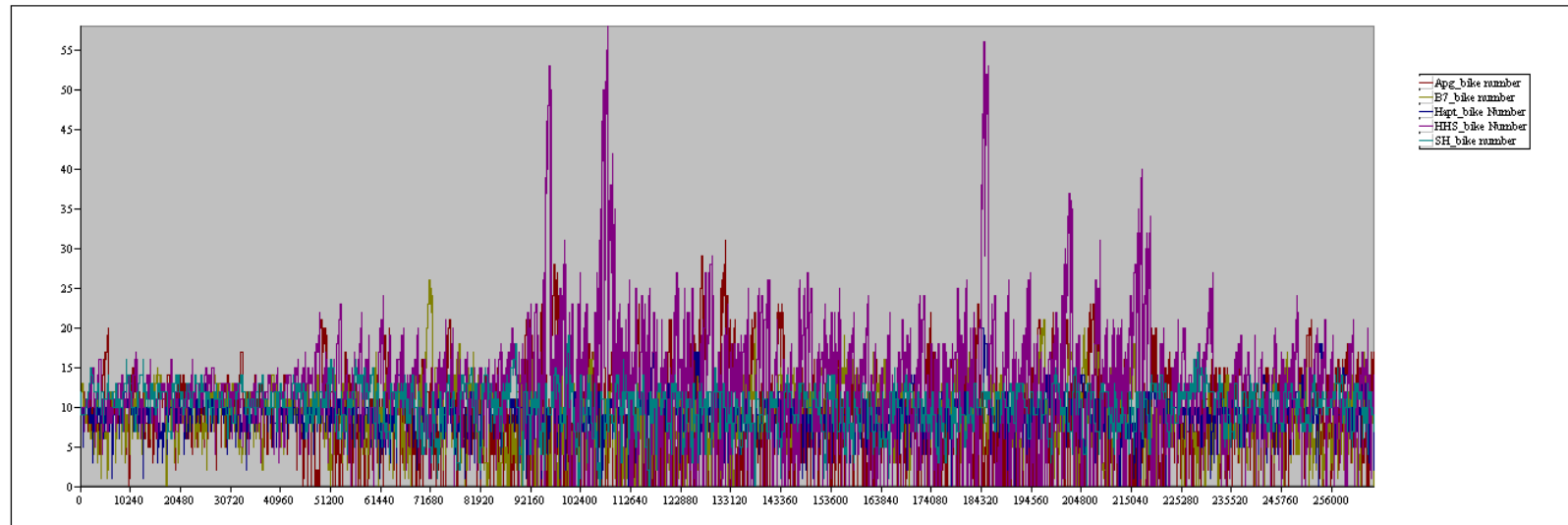
고장신고 접수, 확인 및 조치까지의 Down time을 6시간으로 설정



시뮬레이션 팀 프로젝트 3조

## 2. METHODS & ANALYSIS

Modeling – Base model



[ Bike number ]

<대여소 별 실시간 따릉이 보유대수 그래프>

Run Setup

Run Speed | Run Control | Reports | Project Parameters

Replication Parameters | Array Sizes | Arena Visual Designer

Number of Replications: 10

Initialize Between Replications

☒ Statistics ☒ System

Start Date and Time: 2022년 12월 10일 토요일 오후 4:18:05

Warm-up Period: 0.0 Time Units: Hours

Replication Length: 4416 Time Units: Hours

Hours Per Day: 24

Base Time Units: Minutes

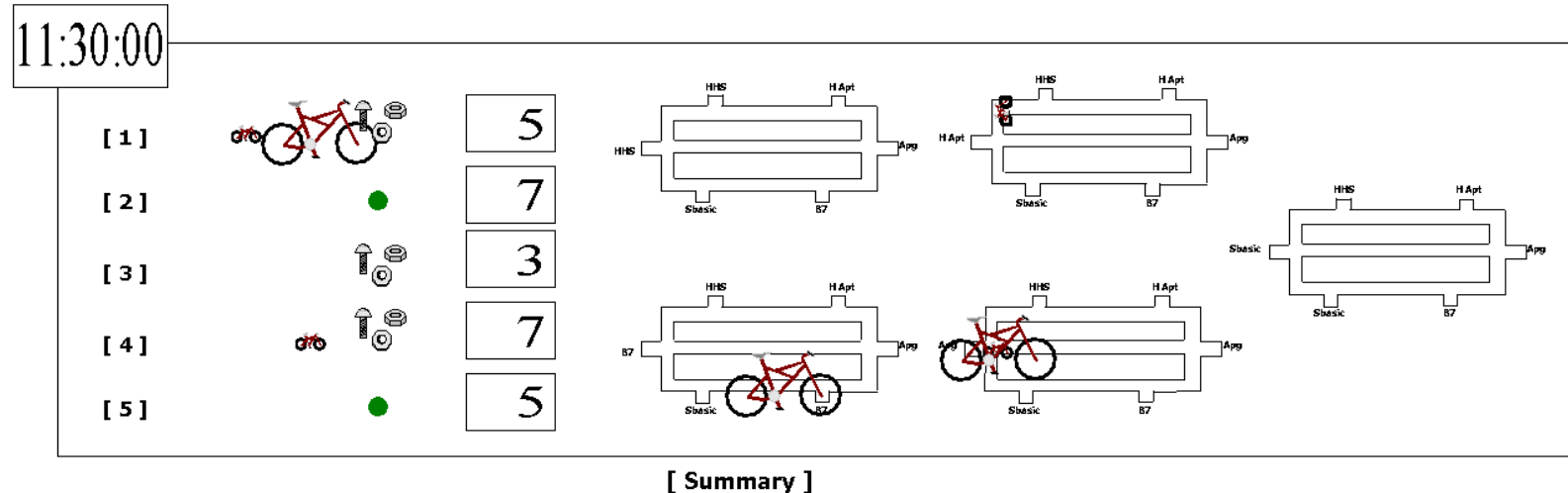
Terminating Condition:

Runtime은 4416 hours(6개월)로  
설정, 총 10회 replication 진행

시뮬레이션 팀 프로젝트 3조

## 2. METHODS & ANALYSIS

Modeling – Base model



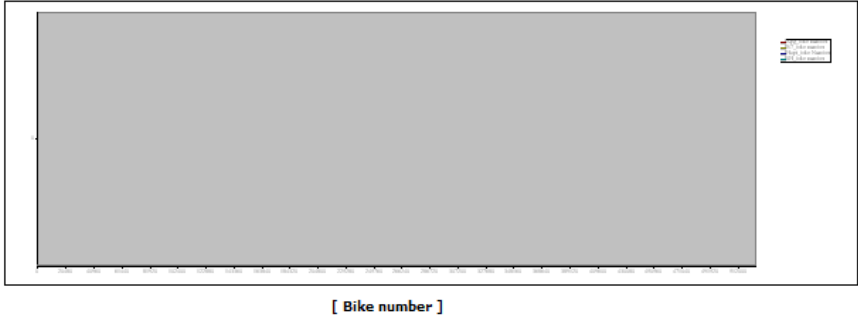
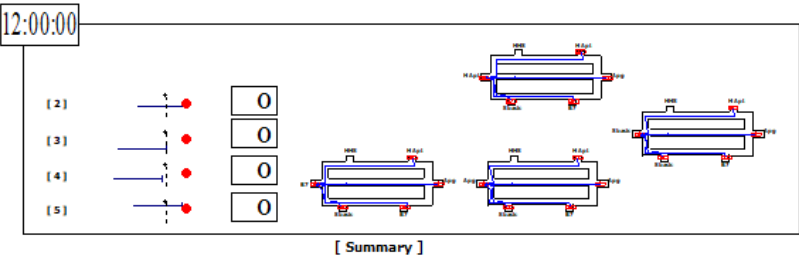
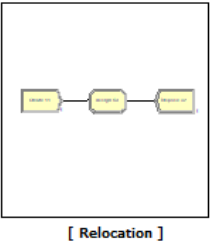
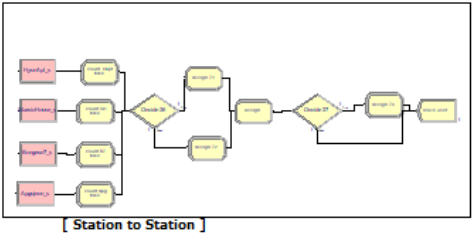
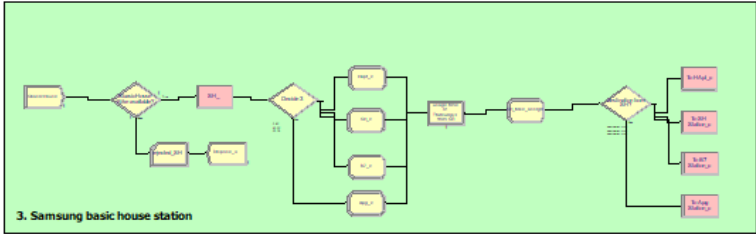
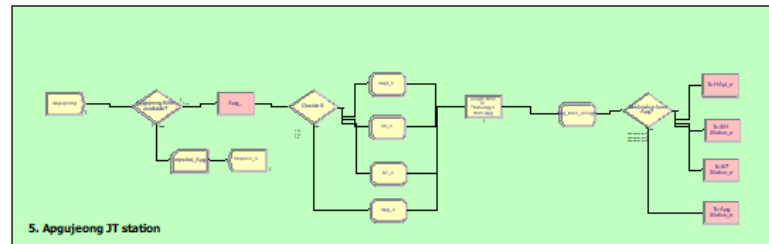
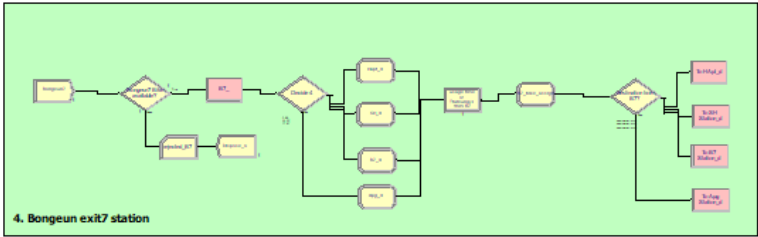
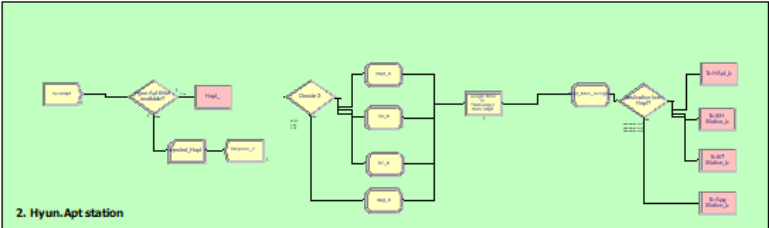
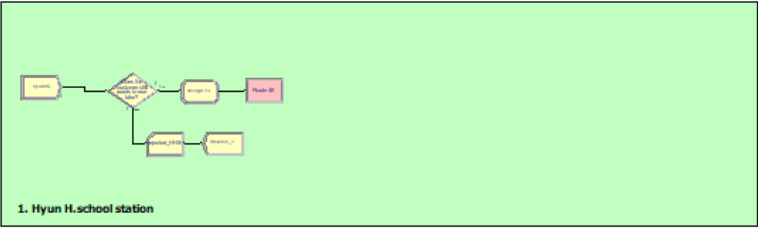
1. Clock : 모델 작동시간 직관적으로 표현
2. Resource picture : Inactive/Active/Idle/Failure 구분하여 각 대여소에서 운영하는 자전거 상황을 실시간으로 시각화
3. Variable : 각 대여소에서 운영된 자전거의 수 총합
4. Station & Route : 1~5번 따릉이 대여소 간의 이동 시각화

# 2. METHODS & ANALYSIS

## Modeling - 대여소 철거 모델

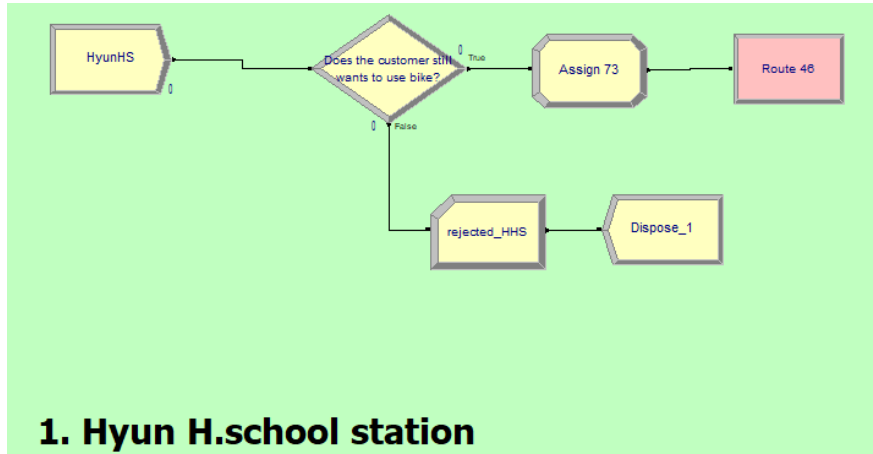


Project Final\_Team 3



## 2. METHODS & ANALYSIS

### Modeling – 대여소 철거 모델



#### 1. Hyun H.school station

<대여소 철거 모델(HHS)>

Decide

Name:

Does the customer still wants to use bike?

Percent True (0-100):

50 %

<Decide module>

Name:

Route 46

Route Time: 0.475 Units: Hours

Destination Type: Station Station Name: Depart\_Apg

OK Cancel Help

<가장 가까운 대여소까지의 이동시간>

대여소 철거 시 해당 대여소 이용하려던 고객의 50%는 가장 가까운 대여소로 이동하고, 나머지 50%는 이용을 포기함.

각각의 대여소 별로 가장 가까운 대여소와의 거리 계산 후, 이를 평균 보행속도(4km/h)로 나누어 시간 계산.

# 3. RESULTS & DISCUSS

## 1. 각 대여소 철거 시 Profit function(서울시 수익)의 비교

**OBJECTIVE FUNCTION** = *MAX Total Profit = Ticket Earned + Co2 save cost*  
*- Bike maintenance cost - Relocation Worker Salary - Additional Walking cost - Disappointment cost*

## 2. 각 대여소 철거 시 rejected 된 고객 숫자 비교

## 3. 각 대여소 철거 시 CO<sub>2</sub> emission의 변화량 비교

# 3. RESULTS & DISCUSS

## Cost 비교

**OBJECTIVE FUNCTION** = MAX Total Profit = Ticket Earned + Co2 save cost  
- Bike maintenance cost - Relocation Worker Salary - Additional Walking cost - Disappointment cost

Ticket earned : 기본 요금 1000원, 60분 초과 시 2000원

CO<sub>2</sub> save cost : 따릉이 이용 시 탄소 배출 감소량(kg) = 이동거리 \* 0.232

Save cost = 배출 감소량 \* 40(원)

Bike maintenance Cost : 자전거 한대 당 유지비(83만원) \* 자전거 대수

Relocation workers salary : 서울시 전역 재배치 인원 90명의 평균 월급을 해당 지역에 맞게 축소

Additional walking cost : (따릉이 정거소 철거로 추가로 걷는 시간(분)/60) \* 1000(원) \* 4

Disappointment cost : 5000(원) \* 총 rejected 고객 수



시뮬레이션 팀 프로젝트 3조

# 3. RESULTS & DISCUSS

Cost 비교

	Scenario Properties				total profit
	S	Name	Program File	Reps	
1		Scenario 2	1 : 00.base.p	10	-17468919
2		Scenario 3	1 : 01. no hhs.p	10	-30997211
3		Scenario 7	1 : 05. no apgujeong.p	10	-29522880
4		Scenario 6	1 : 04. no B7.p	10	-21004332
5		Scenario 4	1 : 02. no hapt.p	10	-18534813
6		Scenario 5	1 : 03. no SH.p	10	-16731037

Responses									
ticket earned	co2 save money	운영비	additional walking cost	co2 save amount	RejectedHHS	RejectedApg	RejectedB7	RejectedHapt	RejectedSH
21053914	2121726	21320000	0	53043	900	1063	101	2	11
16968768	1666526	17220000	93118	41663	6922	1168	46	3	11
18122047	1852021	17220000	86664	46301	1618	6151	47	2	9
19528755	2007991	17220000	18769	50200	1005	1023	2478	1	27
20057358	2000292	17220000	39904	50007	878	1086	35	1547	175
20222315	2072274	16400000	8151	51807	877	1061	367	2	1053

Base model에서의 적자 : ₩17468919

SH (이용률 최저) 대여소 철거 모델에서는 적자 개선

다른 대여소 철거 모델에서는 수익성 악화

대여소의 사용빈도와 해당 대여소 철거 시 절약 비용이 반비례

# 3. RESULTS & DISCUSS

## Rejection 비교

RejectedHHS	RejectedApg	RejectedB7	RejectedHapt	RejectedSH
900	1063	101	2	11
6922	1168	46	3	11
1618	6151	47	2	9
1005	1023	2478	1	27
878	1086	35	1547	175
877	1061	367	2	1053

기존 Base model에서는 평균 415.4였던 대여소 별 rejected 수가 HHS 대여소 철거 시 1630까지 증가, 다른 대여소에서도 유의미하게 증가함

대여소 철거가 불가피하다고 가정할 경우, Reject를 최소화 할 수 있는 것은 SH대여소의 철거

# 3. RESULTS & DISCUSS

## CO<sub>2</sub> 절감효과 비교

Paired-T Means Comparison : Co2 Saiving Amount: Base vs noHHS						
IDENTIFIER	ESTD. MEAN DIFFERENCE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS
co2 save amount	2.64e+004	1.03e+003	738	1.17e+005	1.19e+005	10
				9.02e+004	9.23e+004	10
REJECT H0 => MEANS ARE NOT EQUAL AT 0.05 LEVEL						

<HHS CO<sub>2</sub> saving 비교>

Paired-T Means Comparison : Co2 Saiving Amount: Base vs noHapt						
IDENTIFIER	ESTD. MEAN DIFFERENCE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS
co2 save amount	6.18e+003	1.05e+003	750	1.17e+005	1.19e+005	10
				1.11e+005	1.13e+005	10
REJECT H0 => MEANS ARE NOT EQUAL AT 0.05 LEVEL						

<Hapt CO<sub>2</sub> saving 비교>

Paired-T Means Comparison : Co2 Saiving Amount: Base vs noSH						
IDENTIFIER	ESTD. MEAN DIFFERENCE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS
co2 save amount	2.26e+003	912	653	1.17e+005	1.19e+005	10
				1.13e+005	1.17e+005	10
REJECT H0 => MEANS ARE NOT EQUAL AT 0.05 LEVEL						

<SH CO<sub>2</sub> saving 비교>

Paired-T Means Comparison : Co2 Saiving Amount: Base vs noB7						
IDENTIFIER	ESTD. MEAN DIFFERENCE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS
co2 save amount	5.78e+003	836	598	1.17e+005	1.19e+005	10
				1.11e+005	1.13e+005	10
REJECT H0 => MEANS ARE NOT EQUAL AT 0.05 LEVEL						

<B7 CO<sub>2</sub> saving 비교>

Paired-T Means Comparison : Co2 Saiving Amount: Base vs noApg						
IDENTIFIER	ESTD. MEAN DIFFERENCE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS
co2 save amount	1.49e+004	640	458	1.17e+005	1.19e+005	10
				1.02e+005	1.05e+005	10
REJECT H0 => MEANS ARE NOT EQUAL AT 0.05 LEVEL						

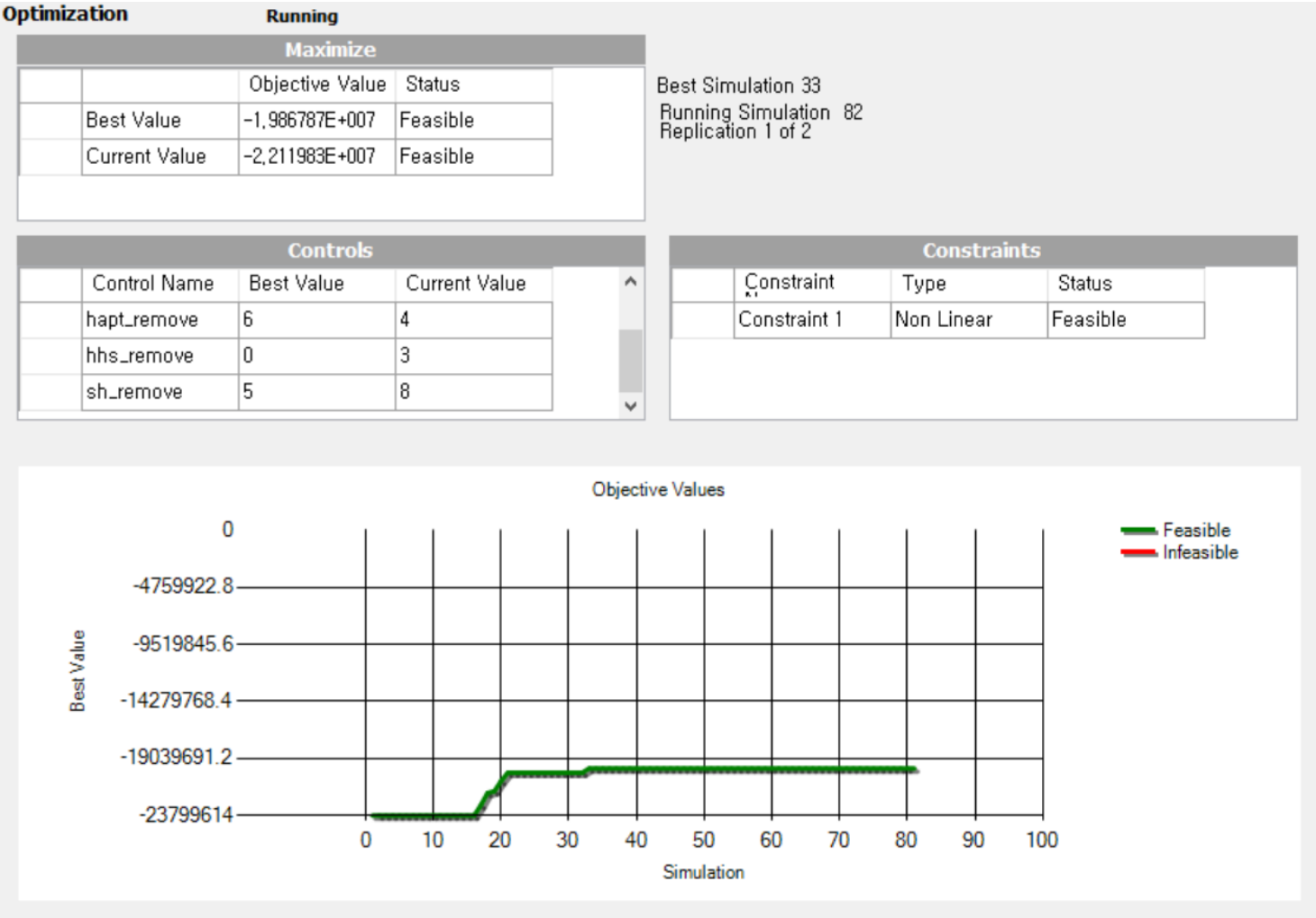
<Apg CO<sub>2</sub> saving 비교>

모든 철거 모델에서 Base model에 비해 탄소 배출량이  
유의미하게 증가

철거 모델 중에서는 SH 철거 시 탄소 배출량이 가장 합리적

# 3. RESULTS & DISCUSS

## 대여소 별 따릉이 대수 최적화



1. 현대고등학교(HHS)
2. 압구정나들목(Apg)
3. 봉은사역 7번출구(B7)
4. 현대아파트(Hapt) 6대 감축
5. 삼성동 베이직하우스(SH) 5대 감축

## 4. CONCLUSION

대여소 철거를 통해 수익 개선이 가능하다는 유의미한  
결과 확보

대여소의 사용빈도와 해당 대여소 철거 시 절약 비용이  
반비례한다는 결과 도출

강남구 일부 대여소 뿐만이 아닌 서울시 전체  
사업에 적용 및 수익 개선 가능성



A row of white bicycles with green wheels parked on a sidewalk. The bicycles are parked in a line, with the front of the row facing right. The background shows a city street with a black car and some people. The text "Q&A" is overlaid in the center of the image.

Q&A