

시뮬레이션을 이용한 고객 수송 시스템 운영 방안 수립

이용주^a, 공민철^a, 윤서영^a, 전태보^{a*}

Planning A Customer Transportation System Operation using Simulation

Y. J. Lee^a, M. C. Kong^a, S. Y. Yoon^a, T. B. Jeon^{a*}

^aSystem and Management Engineering Department, Kangwon National University, 243-41

Received 3 March 2017; Revised 10 August 2017; Accepted 21 August 2017

Abstract

The purpose of this research is to propose an efficient loop line operation plan for customer transportation in a new theme park. Based on the expected customer arrivals, customer loading/unloading methods, and scheduled/non-scheduled departure schemes, movement time between stations etc., we have performed indepth analyses and derived the best optimal policy. Our results show that, over all, the operation with separate loading/unloading doors and scheduled departure is preferred to the other options. We then derived the optimal number of trains and cars meeting minimal customer dissatisfaction with low cost for each season.

Keywords: Simulation, Optimal Solution, Sensitivity, VV&A, Verification, Validation&Accreditation

1. 서론

신축 예정인 WoW Adventure World (이하 WoW) 공원 내 4개의 테마파크 간 고객 수송 수단은 환상선(continuous loop) 궤도 열차로 공원 운영에 매우 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 따라서 효율적인 고객 운송시스템 구축을 위한 심층 분석이 필요하다.

본 연구의 목적은 높은 고객 도착률 하에서 열차의 수, 열차 당 차량의 수를 고려하여 고객 만족도 및 비용 측면에서 효과적인 대안을 파악하는 것이다. 분석을 위하여 각 테마파크 내부에서의 고객 시간 소요 등은 명시적으로 고려하지 않고 4개의 테마파크에의 도착 및 이동을 중점적으로 고려하고자 한다.

연구 수행을 위하여 제 2절에서는 WoW의 전반적인 내용을 고찰하였으며, 제 3절에서는 공원의 운송시스템을 대상으로 ARENA

14.5^[1]를 이용한 시뮬레이션 모형을 수립하였다. 제 4절에서는 분석을 위한 파라미터, 변수, 수행평가 기준을 정의하고 시뮬레이션을 수행하였다. 얻어진 결과 데이터를 바탕으로 다양한 분석 수행 및 종합결론을 도출하였다.

2. 시스템 개요 및 문제 정의

2.1 전체 시스템 개요

WoW는 Fig. 1과 같이 개구리 연못(Frog Pond), 스킨크 계곡(Skunk Hollow), 악어 섬(Gator Island), 너구리 촌(Raccoon Corner) 등 4개의 테마파크들로 구성되며 오전 10시에 개장하여 오후 10시에 폐장한다. 공원내외로부터 각 파크의 정류장에 도착한 고객들은 목적 역으로 이동하기 위해 단방향 환승선 열차(이하 Tram)만을 이용한다. 열차의 운행 방향은 개구리 연못, 스킨크 계곡, 악어 섬, 너구리 촌 그리고 개구리 연못 순이다.

* Corresponding author. Tel.: +82-033-250-6286

fax: +82-033-255-6281

E-mail address: tjjeon@kangwon.ac.kr (T. B. Jeon).

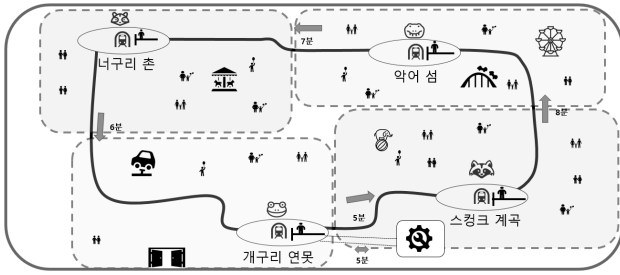


Fig. 1 Thema Park Layout

고객의 도착률은 Table 1과 같이 정류장 별, 시간별로 다르며, 추가로 시즌 및 요일 등에 따라 변동될 수 있다. 정류장 간 고객 이동 비율 및 Tram의 이동 시간은 Table 2, 3과 같다.

Table 1 Customer Arrival Rate by Time

시간	역(정류장)			
	개구리 연못	스텝크 계곡	악어 섬	너구리 촌
10 ~ 11	450	400	325	385
11 ~ 12	300	350	340	320
12 ~ 13	275	250	260	280
13 ~ 14	285	275	210	265
14 ~ 15	310	290	240	290
15 ~ 16	320	305	280	315
16 ~ 17	280	300	290	300
17 ~ 18	260	280	275	320
18 ~ 19	290	310	295	280
19 ~ 20	315	320	330	310
20 ~ 21	385	360	395	360
21 ~ 22	415	405	430	395

Table 2 Customer Moving Between Stations (%)

탑승	하차	개구리 연못	스텝크 계곡	악어 섬	너구리 촌
개구리 연못	-	-	40	35	25
스텝크 계곡	37	-	-	39	24
악어 섬	42	29	-	-	29
너구리 촌	41	28	31	-	-

Table 3 Time Between Stations (minutes)

출발역	도착역	이동 시간
개구리 연못	스텝크 계곡	5
스텝크 계곡	악어 섬	8
악어 섬	너구리 촌	7
너구리 촌	개구리 연못	6

2.2 WoW 운영 개요

Tram은 1대의 열차와 여러 대의 차량들로 구성되며, 개장 전 각 정류장으로 이동하여 대기하고 폐장 후 모든 고객이 공원을 떠날 때까지 운행한다. 각 열차 및 차량의 수용 인원은 25명으로 Tram에 탑승할 수 있는 고객의 수는 Tram의 총 정원 중 현재 탑승하고 있는 고객의 수에 따라 달라진다.

분석 상 중요한 고려사항은 고객의 승·하차 방식과 Tram 운영방식이다. 고객의 승·하차 방식은 한쪽으로만 승·하차 하는 방식과 한쪽으로 승차하고 반대쪽으로 하차하는 양쪽 승·하차 방식으로 나뉜다. 한쪽 승·하차 방식은 2분의 승·하차 시간이 소요되며 승객들로 인해 문을 제때 닫지 못하는 경우 10초 간 지연이 발생한다. 양쪽 승·하차 방식은 하차 30초, 승차 45초의 시간이 소요되며 열차 및 차량 당 하루 2만원의 추가 비용이 발생한다. Tram의 운영방식은 정시 출발 운영방식과 비정시 출발 운영방식으로 나뉜다. 정시 출발 운영방식은 일정 시간(승차 및 하차 시간) 동안 정차하고 출발하는 방식이며, 비정시 출발 운영방식은 Tram이 고객으로 꽂 차거나 거의 다 찼을 때, 적정시간이 경과했을 때, 다음 Tram이 그 역에 도착했을 때에만 출발하는 방식이다.

2.3 주요 분석 대상

주요 분석 대상으로는 고객 불만족도, Tram 운영비용, 미충족 시간의 비율이 있다.

먼저, 고객 불만족도는 Tram이 대기 고객을 모두 태우지 못하고 출발하는 경우를 고려한 것이다. 유형을 아래와 같이 4개로 나눌 수 있다. 유형 1,2,3을 고려하되, 특히 유형 4의 발생을 지양한다.

- 유형 1: 모든 대기 고객을 태우고 떠남
- 유형 2: 1~24명의 대기 고객을 남겨두고 떠남
- 유형 3: 25~49명의 대기 고객을 남겨두고 떠남
- 유형 4: 50명 이상의 대기 고객을 남겨두고 떠남

둘째, Tram 운영비용은 하루에 열차 당 80만원, 차량 당 50만원의 비용이 발생한다.

셋째, 미충족 시간 비율이란 Tram이 각 정류장에 도착하는 총 횟수 중 모든 대기 고객을 태우지 못하고 출발하는 비율을 말한다.

3. 시뮬레이션 모형 수립

3.1 모형 설정을 위한 가정

프로그램 작성을 위한 전반적인 가정들은 다음과 같다.

- Tram 탑승 시 모든 고객의 우선순위는 없으며 선입선출(FIFO) 원칙을 적용한다.
- 당일 결정된 Tram 당 차량 수는 동일하며 고정된 것으로 한다.
- 개장 전 Tram은 개구리 역의 차량기지에서 출발하고, 폐장 후 차량기지에 주차한다. 차량기지는 열차 운행 종료 후 주차, 정차, 검수, 청소가 수행되는 장소이다.
- Tram은 하루 종일 쉬지 않고 동일한 배차시간 간격으로 운행된다.

3.2 모형 수립을 위한 정의

(1) 고객 유형 및 비율

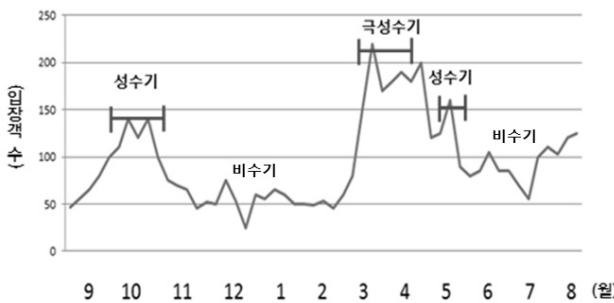
고객은 개인(1명), 연인(2명), 가족/친지/동료(3~10명), 그리고 단체(10~50명)로 분류된다. 연인 및 가족/친지/동료 등은 항상 함께 이동하고, 단체 고객은 입장 후 개별적으로 이동하여 개인 고객과 동일하게 취급한다. 따라서, 총 3가지 유형으로 분류 가능하며, 여러 유사 파크의 자료를 검토하여 개인 및 단체는 70%, 연인은 15%, 가족/친지/동료는 15%로 정의하였다.

(2) 고객의 도착률

실제 고객의 도착률은 앞의 Table 1 자료에 추가로 시즌과 요일에 따른 가중치를 적용하여 산정하였다.

1) 시즌 별 고객 도착률 변동

유사 테마파크 자료 Fig. 2 분석을 통하여 극성수기(4월), 성수기(5, 10월), 비수기(기타기간)으로 시즌을 분류하였다.



* 출처: LK Diary(2016)

Fig. 2 Everland Monthly Visiting Trend

2) 요일 별 고객 도착률 변동

유사 공원자료 검토를 통하여 극성수기와 성수기의 토요일은 매우 혼잡, 목, 금, 일요일은 혼잡, 기타 요일은 덜 혼잡함을 알 수 있었다. 반면, 비수기의 토요일은 혼잡하고 기타 요일은 한산하였다¹⁾.

3) 시즌 및 요일을 고려한 고객 도착률 가중치

시즌과 요일의 특성을 고려하여 가중치(w)를 다음 Table 4와 같이 정의하였다. 단, 문제의 복잡성을 피하고자 실제 분석 과정에서는 w를 1.0, 1.7, 2.5 등 3가지 대표치만을 적용하여 최종적으로 고객의 도착은 지수분포(기본 값×가중치)로 정의하였다.

Table 4 Customer Arrival Weights by Season & Week

Week	월	화	수	목	금	토	일
Peak Time							
극성수기 (4월)	2.0	2.0	2.0	2.2	2.2	2.5	2.4
성수기 (5, 10월)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.6	1.7	1.6
비수기 (기타)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	0.9

(3) 고객 승·하차 방식

고객 승·하차 방식에는 한쪽 문으로 승·하차 하는 방식과 한쪽 문으로 승차하고 반대 쪽 문으로 하차하는 2가지 방식이 있으며 자세한 내용은 제2절에서 설명하였다. 이중 Table 5의 실제 자료를 바탕으로 한쪽 승·하차의 경우 총 지연 중 승객에 의한 지연 발생 비율을 약 30%로 정의하였다.

$$\frac{\text{승객관련 지연 발생회수}}{\text{총 지연 발생회수}} \times 100 = \frac{14,539}{50,308} \times 100 = 28.90(\%)$$

Table 5 Number of Delays Per Year

* 출처: Son(2014)

구분	승객 관련	차량 관련	선로 관계	신호 전기	운전 관련	기타	계
2011	1,832	2,384	533	186	3,572	73	8,580
2012	3,798	3,964	1,851	192	5,064	164	15,033
2013	3,243	3,659	276	311	4,361	731	12,581
2014	5,666	2,951	1,149	256	3,474	615	14,114
계	14,539	12,958	3,809	945	16,471	1,583	50,308

(4) Tram 운영 방식

1회 순환 시간을 역 간 이동시간과 역 정차시간을 포함하여 약 35분으로 고려하였다. 따라서 이 값을 운행 Tram 수로 나눈 시간을 배차간격으로 정의하며, 운행 Tram의 수에 따라 변화되도록 고려하였다. Tram 수를 3~6대로 할 경우 배차간격이 최대 10분 정도이므로 기본 1분 30초~2분의 정차에 7분까지 추가로 대기함을 고려하여 비정시 출발 조건을 탑승률에 따라 탑승률이 80% 이상일 때 30초, 60% 이상일 때 1분, 40% 이상일 때 3분, 20% 이상일 때 5분, 20% 미만일 때 7분 대기하고 출발하는 것으로 정의하였다.

(5) 목적 함수

• Y_1 은 고객 불만족도로 다음과 같이 정의하며, 본 연구에서는 특히 유형 4의 발생을 억제하고자 하므로 n_4 를 중점적으로 최소화하고자 한다.

$$Y_1 = C_1n_1 + C_2n_2 + C_3n_3 + C_4n_4$$

단, C_i - 유형 i 의 가중치 ($i=1,2,3,4$)

n_i - 유형 i 의 발생 건수

- Y_2 는 연간 Tram의 운영비용으로 다음과 같이 정의한다.

$$Y_2 = \sum_{j=1}^{365} \{Tram 수 \times (80 + 50N_{Ej})\}_j$$

단, N_{Ej} - j 일의 운행 Tram 당 차량 수($j=1,2,\dots,365$)

- Y_3 는 Tram이 모든 대기 고객을 태우지 못하고 떠나는 시간의 비율로 다음과 같이 정의한다.

$$Y_3 = \frac{\text{유형 2,3,4의 총 발생 횟수}}{\text{Tram들이 정류장들을 지나는 총 횟수}}$$

3.3 시뮬레이션 프로그램 작성

모델의 구현은 시뮬레이션 언어인 ARENA 14.5를 통하여 수립하였다. 전체 프로그램의 logic은 다음과 같이 요약된다.

- 시뮬레이션 초기, 변수 값(열차 수, 차량 수, 가중치, 운행 방식, 승하차 방식 등)이 입력되며 최대 가능치로 설정한 8대의 Tram이 차량기지에서 대기한다.
- 주어진 가중치에 따라 도착한 고객들은 Tram 승차를 위해 정류장에서 대기하며 Tram이 도착한 후 가용한 좌석이 있을 경우 탑승하고 Tram이 각 정류장에 도착할 때마다 고객은 자신의 목적지인지 체크하고 하차 또는 통과 여부를 판단한다. 목적 정류장에 하차한 고객은 시스템을 떠난다.
- Tram은 고객의 승하차 방식, 정시 또는 비정시 출발 방식에 따라 운행되며 일과 종료 시 Tram에 남아있는 고객 수에 따라 추가적으로 운행하거나 모든 고객이 퇴장하면 운영을 종료한다.
- 이상의 시뮬레이션 과정을 일정기간 반복적으로 수행하며, 매일 그리고 매 정류장을 Tram이 통과할 때 마다 앞에서 정의한 수행 평가치(n_4 , Y_2 , Y_3 등)와 관련한 값들을 측정하고 누적해 간다. 시뮬레이션 수행 중의 화면은 Fig. 3과 같으며, 주요 입력, 진행 상태, 그리고 정의한 3가지 수행 결과치 등이 동적으로 도시된다.

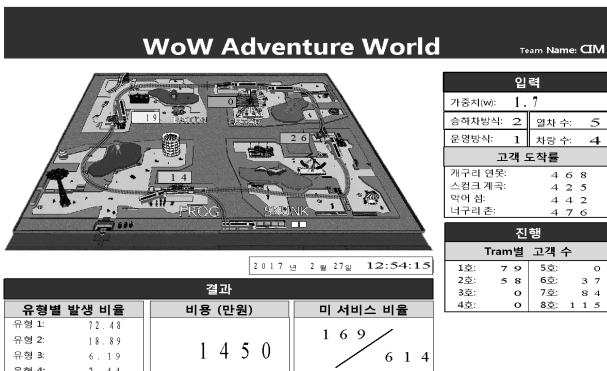


Fig. 3 Program Screen for WoW Operation

4. 시스템 수행 및 결과 분석

4.1 수행평가 기준 및 실험 수행

고객 운송 시스템에 대한 가장 중요한 수행평가 기준은 n_4 (유형4 발생 횟수), Y_2 (연간 Tram 운영비용), Y_3 (미서비스 발생 비율)로 각각 작을수록 좋다.

우리는 고객의 승하차 방식, Tram 운영 방식의 대안 조합 별로 고객 도착률 가중치, 열차 수, 차량 수를 변화시켜 가면서 수행평가 기준 결과를 산출하였다.

4.2 시뮬레이션 수행 결과 및 분석

Table 6, 7, 8은 고객 승하차 방식, Tram 운영 방식 조합 별로 열차 수, 차량 수에 따른 시뮬레이션 실험결과를 도시한다.

Table 6 In Case of Non-Peak Season (Weight : 1.0)

한쪽 - 정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
3	2	2.09	2.05	2.42	93.43	197,100	0.98
3	3	12.5	17.28	13.76	56.46	251,850	0.88
3	4	70.22	19.31	6.99	3.48	306,600	0.3
4	2	10.86	17.62	15.42	56.10	262,800	0.89
4	3	80.06	15.43	3.49	1.02	335,800	0.2
4	4	98.93	1.06	0.02	0	408,800	0.01
5	2	67.53	23.27	6.57	2.63	328,500	0.32
5	3	98.26	1.73	0.01	0	419,750	0.02
5	4	99.97	0.03	0	0	511,000	0
한쪽 - 비정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
3	2	2.44	2.49	3.31	91.76	197,100	0.98
3	3	5.42	10.04	11.00	73.54	251,850	0.95
3	4	54.48	21.75	14.50	9.27	306,600	0.46
4	2	4.32	11.41	12.28	71.99	262,800	0.96
4	3	68.90	20.47	8.01	2.63	335,800	0.31
4	4	94.24	5.22	0.54	0	408,800	0.06
5	2	48.23	30.12	14.46	7.19	328,500	0.52
5	3	93.93	5.5	0.57	0	419,750	0.06
5	4	98.90	1.01	0.1	0	511,000	0.01

양쪽 - 정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
3	2	1.98	1.9	2.83	93.28	203,670	0.98
3	3	26.21	25.06	14.78	33.94	260,610	0.74
3	4	76.33	19.05	3.87	0.74	317,550	0.24
4	2	22.49	28.43	15.28	33.8	271,560	0.78
4	3	84.24	13.97	1.51	0.27	347,480	0.16
4	4	98.37	1.62	0.01	0	423,400	0.02
5	2	72.73	22.99	3.59	0.69	339,450	0.27
5	3	98.19	1.81	0	0	434,350	0.02
5	4	99.97	0.03	0	0	529,250	0
양쪽 - 비정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
3	2	2.13	1.67	2.29	93.91	203,670	0.98
3	3	16.42	18.16	12.83	52.59	260,610	0.84
3	4	70.87	18.71	7.42	3.01	317,550	0.29
4	2	14.73	20.90	13.32	51.05	271,560	0.85
4	3	78.71	16.77	3.65	0.87	347,480	0.21
4	4	97.34	2.59	0.09	0	423,400	0.03
5	2	66.44	23.53	7.32	2.71	339,450	0.34
5	3	96.3	3.49	0.2	0	434,350	0.04
5	4	99.3	0.64	0.01	0	529,250	0.01

Table 7 In Case of Peak Season (Weight : 1.7)

한쪽 - 정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
4	4	7.40	8.70	11.12	72.79	408,800	0.93
4	5	55.52	16.36	11.00	17.12	481,800	0.44
4	6	86.75	8.16	3.39	1.70	554,800	0.13
5	4	66.06	15.49	9.48	8.96	511,000	0.34
5	5	93.97	4.61	1.09	0.34	602,500	0.06
5	6	99.42	0.58	0	0	693,500	0.01
6	4	93.42	5.33	0.98	0.26	613,200	0.07
6	5	99.68	0.32	0.01	0	772,700	0
6	6	99.94	0.06	0	0	832,200	0
한쪽 - 비정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
4	4	3.32	4.27	5.71	86.70	408,800	0.97
4	5	35.05	14.65	11.97	38.33	481,800	0.65
4	6	76.22	10.89	7.68	5.21	554,800	0.24
5	4	58.06	16.45	11.42	14.07	511,000	0.41
5	5	83.87	9.40	4.42	2.31	602,500	0.16
5	6	95.89	2.99	0.92	0.19	693,500	0.04
6	4	84.02	11.00	3.78	1.20	613,200	0.16
6	5	96.98	2.33	0.65	0.04	772,700	0.03
6	6	98.97	0.77	0.24	0.02	832,200	0.01

양쪽 - 정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
4	4	20.71	16.79	10.11	52.38	423,400	0.79
4	5	65.24	19.28	8.10	7.38	499,320	0.35
4	6	89.27	9.00	1.36	0.36	575,240	0.11
5	4	72.48	18.01	5.81	3.70	529,250	0.28
5	5	93.54	5.97	0.46	0.04	624,150	0.06
5	6	99.38	0.62	0.01	0	719,050	0
6	4	93.36	6.30	0.33	0.01	635,100	0.07
6	5	99.60	0.39	0.01	0	748,980	0
6	6	100	0	0	0	862,860	0
양쪽 - 비정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
4	4	11.27	12.05	8.62	68.06	423,400	0.89
4	5	58.96	16.59	10.36	14.09	499,320	0.41
4	6	86.13	9.09	3.54	1.24	575,240	0.14
5	4	66.94	15.45	9.02	8.59	529,250	0.33
5	5	91.21	6.39	2.12	0.28	624,150	0.09
5	6	97.84	1.67	0.48	0.02	719,050	0.02
6	4	90.17	7.54	1.94	0.35	635,100	0.10
6	5	98.27	1.43	0.29	0.01	748,980	0.02
6	6	99.39	0.54	0.07	0	862,860	0.01

Table 8 In Case of Dramatic Peak Season (Weight : 2.5)

한쪽 - 정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
5	5	12.46	8.44	8.78	70.32	602,500	0.88
5	6	52.78	11.19	9.93	26.10	683,500	0.47
5	7	83.19	8.08	4.94	3.79	784,750	0.17
6	5	63.11	11.79	8.68	16.41	722,700	0.37
6	6	89.36	6.70	2.21	1.73	832,200	0.11
6	7	98.39	1.37	0.23	0.01	941,700	0.02
7	5	88.32	7.02	2.65	1.86	843,150	0.12
7	6	98.71	1.20	0.08	0.01	970,900	0.01
7	7	99.86	0.14	0	0	1098,650	0
한쪽 - 비정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
5	5	3.22	3.67	5.88	87.24	602,500	0.97
5	6	32.98	10.95	9.66	46.46	683,500	0.67
5	7	72.02	8.60	7.71	11.68	784,750	0.28
6	5	42.25	11.41	9.74	36.6	722,700	0.58
6	6	79.06	8.83	6.62	5.49	832,200	0.21
6	7	92.99	4.2	2.15	0.66	941,700	0.07
7	5	80.11	10.24	5.61	4.03	843,150	0.2
7	6	94.82	3.72	1.34	0.12	970,900	0.05
7	7	98.91	0.8	0.27	0.03	1098,650	0.01

양쪽 - 정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
5	5	25.36	16.40	8.28	49.96	624,150	0.75
5	6	65.15	15.56	7.35	11.94	719,050	0.35
5	7	86.33	9.31	2.72	1.63	813,950	0.14
6	5	69.38	15.29	7.40	7.94	748,980	0.31
6	6	90.56	7.61	1.46	0.37	862,860	0.09
6	7	98.45	1.46	0.08	0.01	976,740	0.02
7	5	76.33	10.94	6.34	6.38	873,810	0.24
7	6	95.84	3.31	0.75	0.1	1006,670	0.04
7	7	99.56	0.43	0.01	0	1139,530	0
양쪽 - 비정시							
열차 수	차량 수	n1 비율 (%)	n2 비율 (%)	n3 비율 (%)	n4 비율 (%)	비용 (만원)	미서비스 발생비율
5	5	14.95	10.06	7.38	67.61	624,150	0.85
5	6	58.25	13.40	7.30	21.05	719,050	0.42
5	7	81.98	7.81	5.26	4.95	813,950	0.18
6	5	63.20	12.68	7.64	16.48	748,980	0.37
6	6	87.57	6.51	3.55	2.37	862,860	0.12
6	7	96.31	2.46	0.92	0.30	976,740	0.04
7	5	87.03	7.45	3.46	2.06	873,810	0.13
7	6	97.00	2.12	0.70	0.19	1006,670	0.03
7	7	99.15	0.61	0.22	0.02	1139,530	0.01

이들 결과를 바탕으로 분석한 내용을 정리하면 다음과 같이 요약된다.

- 양쪽 승하차 방식이 한쪽 승하차 방식보다 유형 4 발생이 대체로 적으나 3.5% 정도의 추가 비용이 소요된다. 따라서 다소의 비용이 발생하나 유형 4의 방지 측면에서 양쪽 승하차 방식을 권장한다. 다만, 보다 명확한 판단을 위해서는 양쪽 승하차와 관련된 열차, 차량의 제작비를 고려해야 한다.
- 정시 운영 방식이 비정시 운영 방식보다 유형 1과 유형 4의 발생 비율을 고려하였을 때, 전반적으로 더 나은 결과를 보였으며 운영 방식에 따른 비용은 동일하다. 따라서 정시 운영 방식을 권장한다.
- 양쪽 승하차 방식과 정시 출발 운영 방식만을 고려하여 고객 도착률 별로 분석한 결과 비수기 경우 (열차 수, 차량 수)=(4, 3) 근처가 최적으로 (3, 4), (4, 3), (5, 2) 등이 최적해의 후보이다. 성수기 경우 (5, 5) 근처가 최적으로 (4, 6), (5, 5), (6, 4) 등이 최적해의 후보이며, 극성수기의 경우 (6, 6) 근처가 최적으로 (5, 6), (6, 6), (7, 5) 등이 최적해의 후보이다.

Fig. 4는 가중치 별 양쪽 승하차 방식과 정시 출발 운영 방식을 고려하여 최적해 및 주변의 차선 해들을 그래프로 도시한 것이다.

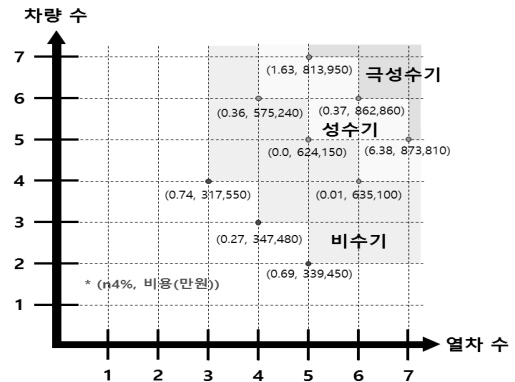


Fig. 4 Optimality with Feasible Region by Season

4.3 실행 및 분석 상의 주요 고려 사항 - W&A

(1) 모델 설정 및 프로그램의 적절성

고객 도착률 가중치, 고객 유형 및 비율, 한쪽 승하차 시 고객으로 인한 지연 비율 등은 분석자의 주관적인 정의이나 실제 자료를 근거로 한 객관적인 값을 사용하고자 하였다. 생성된 고객은 유형별 특성에 따라 행동한다. 즉, 단체 고객은 개인 고객과 같이 분리되어 행동하되, 연인 및 가족/친지/동료 고객은 항상 함께 Tram을 승차 하도록 프로그램 하였다.

Batch형 고객들을 포함한 모든 고객 도착률은 주어진 도착률과 일치하도록 설정하였으며 Tram이 고객을 다 채우지 못하거나 몇 명을 더 채우고 출발하는 경우는 이들 고객으로 인하여 발생함을 가정하였다.(모두 개별 고객으로만 취급하고 고객을 다 채우지 못하거나 몇 명을 더 채우고 출발하는 경우에 대한 특정 확률과 이 경우의 고객 수에 대한 확률변수의 정의로 처리함도 가능하였을 것이다.)

본 연구에서의 목적함수 n_4 , Y_2 , Y_3 는 WoW 공원에서 고려하고자 하는 수행평가 기준으로서 적절히 정의된 것이다. 다양한 조건에서의 실행 및 n_4 , Y_2 , Y_3 결과를 통하여 직관적으로 예상되는 경향을 제대로 반영함을 알 수 있다. 이는 프로그램이 정상적으로 작성되었음을 반영한다. 프로그램 작성 후 다양한 시험을 통하여 로직을 검토하였으며, 최종 분석을 위하여 가중치, 열차 수, 차량 수 등의 적절한 영역을 선정하였다.

(2) 안정 상태에 대한 고려

본 문제는 매일 아침 시스템이 비어있는 불안정 상태(non-steady state)에서 출발하도록 정의되어 있으며, 안정 상태를 고려한 warm-up period를 고려하지 않아도 좋다. 현실에서는 오전 10시 이전에 미리 도착한 고객들이 있겠으나 주어진 문제에서는 10시 이후에만 도착률이 정의되었다.

(3) Run length 및 replication

특정 주어진 조건(가중치, 열차 수, 차량 수, 승·하차 방식, 운영 방식 등)에서는 매일매일 환경이 동일하므로 한 달의 결과는 run length 12시간, replication 30회를 의미한다. 12시간의 길이는 정해져 있으므로 보다 긴 시간의 설정이 필요 없다. 또한 30회의 반복은 통계적 측면에서 큰 횟수로 충분하다고 판단된다.

이를 규명하기 위해 특정 주어진 조건에서 1개월과 2년 동안 실험하여 환산한 비교 결과가 매우 근접함을 알 수 있었다. 따라서 한 달의 결과를 일반화 하여도 문제가 없다고 판단된다.

(4) 가변 배열의 고려

고객 도착률이 매우 크고 고객 entity 당 몇 개의 속성들이 정의되므로 용량의 제한 문제 발생이 가능하다. 실제 분석 과정 중 문제가 발생하였고 이를 해결하기 위해 정류장간 Tram 이동 및 고객이 시스템을 떠나는 시점에서 속성들을 단순화한 대표 entity나 batched entity로 처리할 수도 있었으나 array size(RVEC, RSET 등)의 용량을 키워서 수년간 수행하여도 문제가 없음을 발견하였다. (이는 프로그램이 실행되는 컴퓨터 사양에 따라 다를 수 있다.)

(5) 청소, 검수/예방정비, 고장 수리 등에 대한 고려

Tram의 운영을 일정시간 정지해야 하는 문제로 편의상 청소는 운영에 지장이 없으면서 적절한 시점이나 매일 폐장 후 수행함을 가정하여 명시적으로 고려하지 않는다.

정기적인 검수/예방정비는 Tram의 누적운영시간을 기준으로 특정 시간 범위 중 다소 한가한 요일에 일정 시간 수행하도록 정의하였다. 고장은 지수분포를 통한 예측 불가능한 시점에 발생하고 차량 기지에서 확률분포로 정의된 수리시간을 가정하였다. 고장은 운행 중 발생하나 고객의 불편이 없도록 순간적으로 대기 Tram으로 대체되어 두 Tram에 대하여 모두 하루씩의 운영비용이 발생하되 운행시간은 하루 시간 중 고장이 발생된 시점을 기준으로 나누어 각각 적용하였다.

이상의 가정 및 설정에 의한 개략 검토를 통하여 수행평가 기준에는 큰 영향이 없다는 결론을 도출하였으며 문제에 명확한 정의가 없으므로 구체적인 결과와 분석은 생략하였다. 고장 시 고객들의 처리, Tram의 대체 불가능 등 보다 현실적인 가정 하에서는 영향이 클 수 있을 것이다.

(6) Verification run

분석을 통하여 시준(가중치)별 최적 운영 조건을 도출하였다. 분석을 위해서 고정 운영 조건을 설정하였으나, 실제로는 상황(시준)별 가변적으로 운영하므로 시준별로 열차 및 차량 수를 자동 조절해 가면서 1년간 운영을 수행하고 결과를 수집하였다. 이를 가중치별 기간의 결과를 합산한 값과 비교하여 동일한 결과가 얻어졌음을 확인하였다.

5. 결론

본 연구에서는 테마파크의 효율적인 고객 운송 방안을 찾고자 하였다. 특별히, 시준별 고객 도착률, 고객 승·하차 방식, 열차 운영 방식 하에서 고객 불만족도, 비용 등의 측면에서 적절한 열차 및 차량수를 제안하였다. 결과 분석을 통하여 양쪽 승·하차 방식, 정시 출발 방식이 권장되며, 권장되는 방식 하에서 시준별 최적의 열차 수와 차량 수를 도출하고 최적해 근처의 차선택들을 확인하여 고객 불만족도와 비용을 검토하였다. 특별히, 수행평가기준 Y_1 에 대해서는 가중치(C_i) 값의 결정 문제로 명시적인 고려는 하지 못하였으나 이들에 대한 해결로 보다 구체적인 결론의 도출에 도움을 가질 수 있을 것이다. 본 연구에서의 결과를 바탕으로 테마파크 고객 운송시스템 구축에 효과적으로 활용되리라 기대된다.

References

- [1] Kelton, D. and Sadowski, R., 2007, Simulation with Arena, 4th Edition, McGraw-Hill Korea, Korea.
- [2] LK Diary, 2016, Congestion Forecast <<http://saytalk.blog.me/>>.
- [3] Cha, J. H., 2015, Big Data Analysis - Amusement Park, <<http://www.goldenplanet.co.kr/wp/blog/author/jhcha/>>.
- [4] Son, J. H., 2014, Number of Delays Per Year, <<http://www.polinews.co.kr/news/article.html?no=213339>>.