

항공사 합병에 따른 시장 구조 변화와 수익 관리 최적화 연구 : 대한항공-아시아나 사례를 중심으로

Airline Merger Effects on Market Structure and Revenue Management Optimization
: A Case Study of the Korean Air-Asiana Airlines Merger

2025-2 최적화이론및응용

TEAM A

2019147038 이준찬

2020147043 최규나

2021125085 김현진

2022147002 김원준

배경 및 문제정의

대형 항공사 합병에 따른 시장 지형 변화

- 2027년 2월로 예정된 대한항공과 아시아나항공의 기업 결합은 단순한 M&A를 넘어 국내 항공 산업의 지형을 재편하는 중대 사안임.
- 통합 법인은 글로벌 10위권 규모로 성장하지만, Full Service Carrier(FSC)의 주요 간선 및 장거리 노선 시장에서 과거의 복점(Duopoly) 경쟁 체제가 깨지고 단일 사업자에 의한 독점(Monopoly) 체제가 형성됨.

독점적 지위 확보와 수익 관리(RM)의 중요성 대두

- 항공사의 핵심 수익원인 '좌석 판매'는 시장의 수요 곡선과 경쟁 상황에 직접적인 영향을 받음.
- 항공기 좌석은 출발 이후에는 가치가 0이 되는 소멸성 자산(Perishable Asset)의 특성을 가지므로 좌석을 기한 내에 모두 판매하면서 동시에 그로부터 얻을 수 있는 수익을 최대화하는 가격 전략의 수립이 필요함.
- 복점 경쟁 환경에서는 다른 회사와의 가격 경쟁으로 인해 수요의 가격 탄력성이 높아 가격을 마음대로 인상하기 힘들었으나, 독점 환경에서는 소비자의 선택권이 제한되어 가격 결정력(Pricing Power)이 공급자 쪽으로 이동하므로 더 큰 수익을 추구할 수 있음.
- 따라서 변화된 시장 구조(수요 곡선의 이동)를 반영하여 새로운 최적 가격 책정 정책(Optimal Pricing Policy)을 수립하고, 이에 따른 경제적 파급 효과를 사전에 시뮬레이션하는 것이 필수적임.

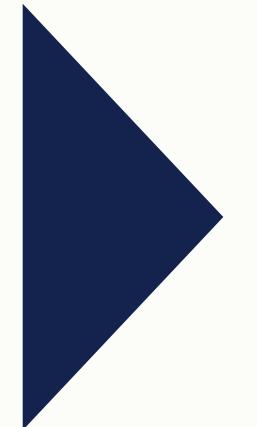


배경 및 문제정의

시장 환경 변화에 따른 수익 관리(RM) 패러다임의 변화

경쟁에서 독점으로, 변화하는 수요 곡선과 가격 결정력

- A 시장 : 경쟁 시장 (과거)
 - 경쟁사 가격 정책 및 추세에 민감, 수요자 우위
 - 높은 가격 탄력성 (가격이 조금만 올라도 수요 급감)
- B 시장 : 독점 시장 (미래)
 - 공급자 우위의 가격 결정권(Pricing Power) 확보
 - 낮은 가격 탄력성 (가격에 둔감, 충성 고객층 생성)
- Key Question: "변화된 수요 환경(독점)에서 기대 수익을 극대화하는 최적의 가격 정책은 무엇인가?"



독점 시나리오의 수리적 정의 및 합병 시너지 평가 프레임워크

독점 상황에서 경쟁사가 없어짐 → 수요 함수의 경쟁사 항이 사라짐 → 동일한 가격에서 기존보다 수요가 더 증가함

- 과점 상황의 전략보다 가격을 더 올려도 충분히 좌석을 처리할 수 있으므로, 최적의 가격 설정 전략이 변하게 됨
- 두 항공사의 합병이 불러오는 영향
 - 좌석 수 증가 (+),
 - 그러나 손익분기점도 증가 (-)
- Key Question: "항공사 합병 사안이 어느 정도의 이득을 가져오며, 합병으로 얻는 것과 잃는 것 중 어느 것이 큰가?"

기본 모델

State Variable

- $S_t = (t, s_t)$
 - t : 남은 일수 ($t = 90, 89, \dots, 2, 1$)
 - s_t : 시점 t 에서의 잔여 좌석 수 ($s_t = C, C - 1, \dots, 1, 0$)

Decision Variable

- $x_t = p_t$
 - p_t : 시점 t 에서 설정하는 항공권 가격
 - 가격은 사전에 정의된 가격 밴드 $P = [L, H]$ 내에서 이산적으로 선택 (0.1 단위의 Price Step)

Transition Function

- $s_{t+1} = \max(0, s_t - D_t)$

Objective Function

- $\text{Maximize } R(S_t, p_t) = \sum_{t=90}^1 p_t \times \min(s_t, D_t)$
- Bellman Equation $V_t(s_t) = \max_{p_t} E[p_t \times \min(s_t, D_t) + V_{t+1}(s_{t+1})]$
 $V_0(s) = 0$
- 목적함수는 항공권 판매 기간 전체에서 기대되는 총매출 (=총수익)을 최대화하도록 설계되었음 (항공 도메인 특성을 고려하여 할인율 $\gamma = 1$ 으로 설정)
- $V_t(s_t)$: 시점 t 에 좌석이 s_t 만큼 남았을 때 남은 기간 동안 벌 수 있는 기대 총매출의 최대값
- $V_0(s) = 0$: 판매 기간이 끝나면 (더 이상 판매할 날짜가 없으면) 남은 좌석의 가치가 사라지는 Perishable Asset의 특징을 반영하여 가치 함수의 값이 0이 됨

기본 모델

Exogenous Information

- $W_t = D_t$
 - D_t : 평균 수요율 λ_t 를 따르는 Poisson Distribution에서 생성된 난수
 - 선행연구를 참고하여 $\lambda_t = M_t \times \frac{e^{V_1 - \beta p_1}}{e^{V_1 - \beta p_1} + e^{V_2 - \beta p_2} + e^{V_0}}$ 의 MNL 모델로 불확실성을 모델링하였음

MNL(Multinomial Logit model) 모델 설계

- M_t : 시점 t 에 도착한 잠재적 구매자의 수 (e.g. 사이트에서 해당 항공편을 검색한 사람의 수)
- p_1 : 당사(대한항공)의 항공권 가격으로, 정책이 결정하는 의사결정 변수에 해당함
- p_2 : 경쟁사(아시아나항공)의 항공권 가격
- V_1 : 당사 항공권의 기본 효용(가격 외 가치) (e.g. 브랜드 선호, 서비스 수준, 마일리지, 시간대, 환승 편의 등)
- V_2 : 경쟁사 항공권의 기본 효용
- V_0 (Outside Option Utility): 양사의 항공권을 모두 구매하지 않는 선택의 효용
- β (Price Sensitivity): 가격 민감도로, 가격 1단위가 증가하면 효용이 얼마나 감소하는지를 나타냄

불확실성 모델링

(1) 수요 도착의 불확실성

- $M_t \sim Poisson(\mu)$
- 매 시점 도착 고객 수는 푸아송 분포에 의해 무작위로 결정
- 동일한 가격 정책이라도 매번 다른 수요 실현
→ 환경 불확실성 (Exogenous Uncertainty)

(2) 구매 결정의 확률성

- $\lambda_t = M_t \times \frac{e^{V_1 - \beta p_1}}{e^{V_1 - \beta p_1} + e^{V_2 - \beta p_2} + e^{V_0}}$
- 가격이 같아도 실제 구매 여부는 확률적으로 결정
- 개별 고객의 이산적 선택이 수식에서 변동성을 유발함
→ 의사결정 불확실성 (Behavioral Uncertainty)

(3) 결과 수익의 불확실성

- $\text{Maximize } R(S_t, p_t) = \sum_{t=90}^1 p_t \times \min(s_t, D_t)$
- 외생 변수 D_t 가 목적함수 식에 포함되어 최대화하고자 하는 수익이 불확실성을 갖도록 모델링됨

Monte Carlo Simulation을 통한 평가

- 불확실성 환경에서 정책 성능을 평가하기 위해
다수의 에피소드 ($n = 1000$)를 반복 실행
- 각 에피소드는 서로 다른 수요 시나리오를 생성하고,
이를 통해 정책 성과의 기대값과 분포를 추정

성과 측정 지표 (Performance Metrics)

- 평균 매출 (Mean Revenue)
 - 정책의 기대 성과를 나타내는 주요 지표
- 표준편차 (Standard Deviation)
 - 정책 성과의 변동성 및 안정성 평가

정책 설계 및 평가

3가지 정책 수립 및 실행을 통해 최적의 정책을 결정

Random Policy (Base Policy)

Random Policy는 전 판매 기간 동안 가격 범위 내에서 무작위 움직임을 통해 가격을 결정하는 정책

- 시점 t 나 잔여 좌석 c_t 와 무관
- 수요 변화, 좌석 소진 속도, 출발 임박 효과를 전혀 반영하지 않음

→ Rollout Policy와 Dynamic Programming Policy의 성능 파악을 위한 baseline 으로 활용

Rollout Policy (10-step lookahead)

지금 이 가격을 선택했을 때 10일 이후까지의 미래를 여러 번 가상으로 시뮬레이션해 보고, 평균적으로 가장 많은 수익을 내는 가격을 선택함

$$\pi^{rollout}(s_t, t) = \arg \max_{p \in P} \hat{Q}(s_t, t, p)$$

$$\text{where } \hat{Q}(s_t, t, p_t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\sum_{k=0}^9 r_{t+k}^{(i)} \right]$$

→ 본 연구에서는 Rollout의 baseline으로 Greedy policy를 채택하였음

DP Policy (Backward Induction)

DP Policy는 Backward Induction을 통해 Bellman 방정식의 최적 값을 계산하고, 이를 활용하여 전체 시계열에 대한 최적 정책을 수립함

$$V(t, c) = \max_{p \in P} E[p \cdot \min(Q_t, c)] + \gamma V(t+1, c - \min(Q_t, c))$$

$$\text{where } E[\cdot] = \sum_{M=0}^{M_{\max}} P(M_t = M)(p \cdot \min(M \cdot P(buy), c) + \gamma V(t+1, c'))$$

수치 실험 설계

실험 환경 및 수요 모델 설정 (Simulation Environment)

- 판매 기간 90일, 초기 좌석 600석의 유한기간 MDP 환경을 구성하였음
- M_t : 시점 t 에 도착한 잠재적 구매자의 수 모델링
 - 항공권 판매 기간 동안 각 시점에 도착하는 잠재 고객 수 M_t 를 시간에 따라 평균이 변하는 포아송 확률 과정으로 가정하였음
 - 이는 개별 고객의 도착이 서로 독립적으로 발생하며, 짧은 시간 구간에서의 도착 횟수가 확률적으로 변동한다는 항공권 수요의 일반적인 특성을 반영한 것
- 총 수요 규모의 설정: demand_multiplier (2.5)
 - 우선 전체 판매 기간 동안 도착하는 잠재 고객의 총 규모를 좌석 수에 수요 배수(demand_multiplier)를 곱하여 전체 누적 수요의 기준 수준을 정의하였음
- 시간에 따른 수요 분포: demand_beta (0.03)
 - 다음으로 동일한 총 수요가 판매 기간 전체에 어떻게 분포되는지를 결정하기 위해 지수 형태의 누적 수요 곡선을 사용하였음
 - 출발일이 가까워질수록 누적 수요가 증가하도록 설계함으로써, 항공권 구매가 출발 직전에 집중되는 현실적인 예약 행태를 반영

수치 실험 설계

- 각 시나리오는 대한항공과 아시아나의 비중이 크면서도 비즈니스 수요가 많은 항공과 레저 수요가 많은 항공 각각을 대표하는 노선을 선정하였다.
- 이에 따라 비즈니스 수요(가격 탄력성과 구매 포기 비율이 낮음)와 레저 수요(가격 탄력성과 구매 포기 비율이 높음)의 특성을 반영하여 선행 연구를 토대로 파라미터(가격 탄력성, 기본 효용 등)를 채택하였다.

시나리오 1: 인천-뉴욕 (비즈니스 수요)

- 대한항공 + 아시아나 점유율: 100% (경향신문)
- 개별 점유율: 대한항공 64%, 아시아나 36%
- 가격 탄력성: 0.6 (Oum et al.)
- 가격 밴드: [8, 16], 평균 10 (HotelsCombined, 단위: 십만원)
- 구매 포기 비율: 5%

$$P_1 = (1 - 0.05) \times 0.64 = 0.608, P_2 = 0.342$$

$$V_1 = \ln\left(\frac{0.608}{0.05}\right) + 0.6 \times 10.0 = 8.5$$

$$V_2 = \ln\left(\frac{0.342}{0.05}\right) + 0.6 \times 10.0 = 7.92$$

시나리오 2: 인천-호놀룰루 (레저 수요)

- 대한항공 + 아시아나 점유율: 76% (경향신문)
- 개별 점유율: 대한항공 54%, 아시아나 22%
- 가격 탄력성: 1.2 (Oum et al.)
- 가격 밴드: [4, 12], 평균 6 (HotelsCombined, 단위: 십만원)
- 구매 포기 비율: 10%

$$P_1 = (1 - 0.1) \times \frac{0.54}{0.76} = 0.639, P_2 = 0.261$$

$$V_1 = \ln\left(\frac{0.639}{0.1}\right) + 1.2 \times 6.0 = 9.05$$

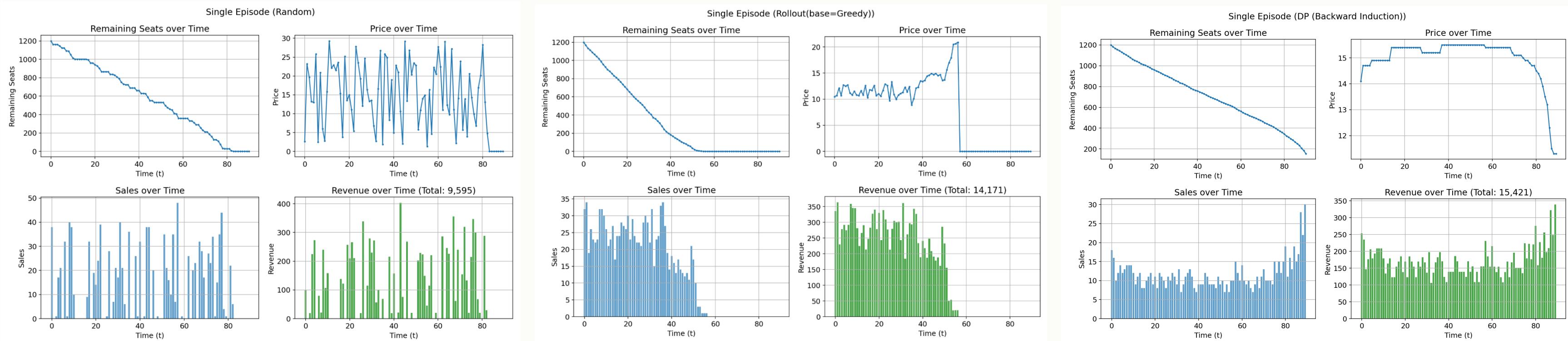
$$V_2 = \ln\left(\frac{0.261}{0.1}\right) + 1.2 \times 6.0 = 8.16$$

RESULTS & ANALYSIS

결과 분석

SCENARIO 1

정책 간 비교분석(독점 시장)



Random Policy
총수익 : 9,595

Rollout(Greedy) Policy
총수익 : 14,171

DP Policy
총수익 : 15,421

총수익 극대화하는 최적의 정책은 실험을 통해 확인해보았을 때 DP Policy임을 확인할 수 있었고,

추후 시나리오와 시장별 실험에서는 DP Policy를 활용하여 최적화를 진행하였음

RESULTS & ANALYSIS

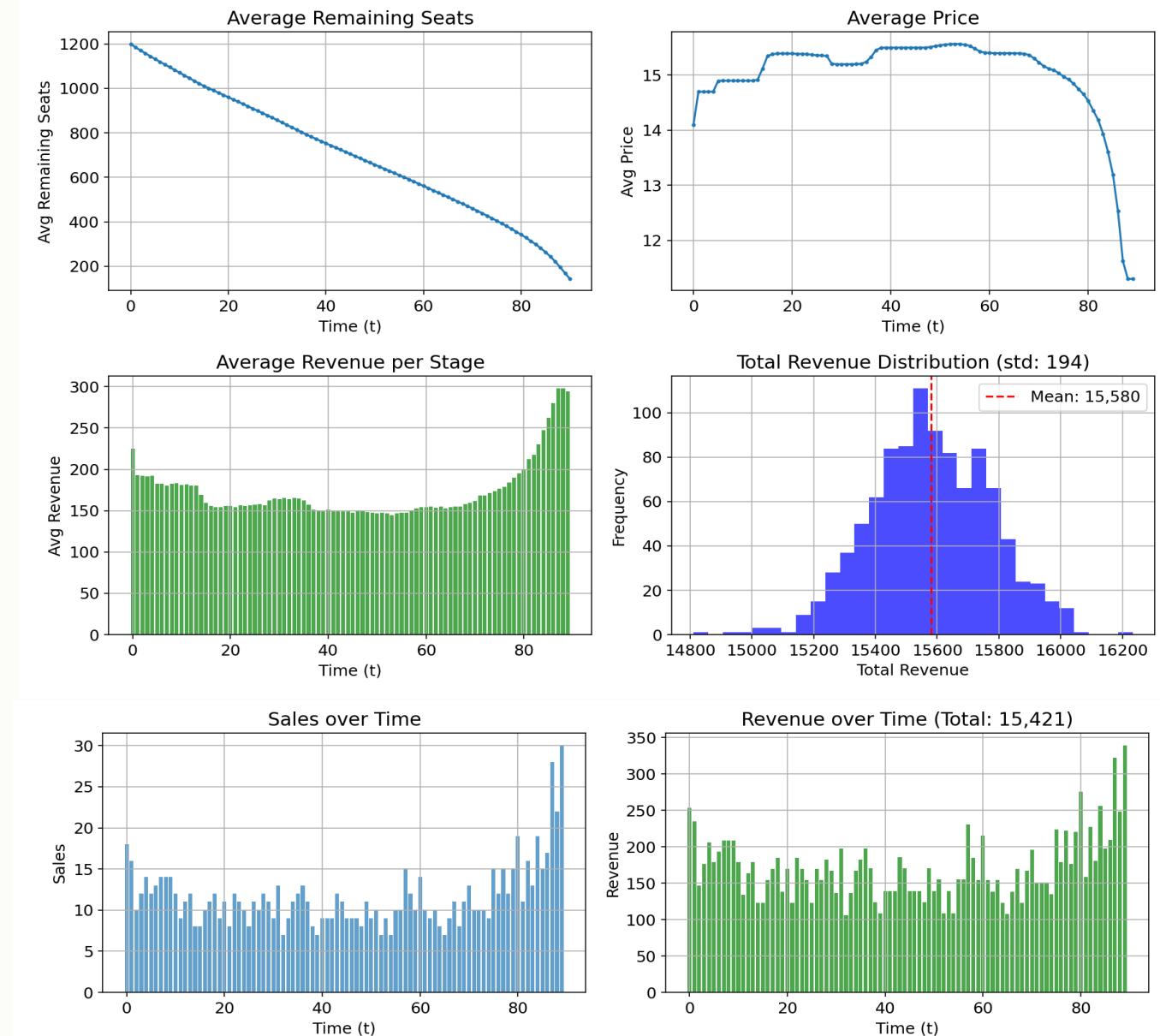
결과 분석

단일 에피소드 시뮬레이션 결과 (DP policy) – figure [1]

- 동적 가격 결정 문제에서 DP(Backward Induction) 정책이 단일 에피소드 동안 어떻게 의사결정을 수행하는지를 시각적으로 보여준다.
- 초기에는 잔여 좌석이 충분하기 때문에 비교적 낮은 가격이 설정되며, 이를 통해 수요를 적극적으로 유도하는 전략을 취한다. 시간이 경과함에 따라 잔여 좌석이 점차 감소하고, 출발 시점에 가까워질수록 좌석의 희소성이 증가함에 따라 가격이 점진적으로 상승하는 양상을 보인다.
- 판매량은 확률적 수요에 의해 변동하지만, 전체적으로는 출발 시점에 가까워질수록 좌석이 효율적으로 소진되며, 종료 시점에는 잔여 좌석이 거의 남지 않는 이상적인 패턴을 보인다. 이는 DP 정책이 단기 수익이 아닌 전체 기간의 누적 수익 극대화를 목표로 의사결정을 수행하고 있음을 의미한다.

figure [1]

Simulation Statistics (1000 episodes, DP (Backward Induction))

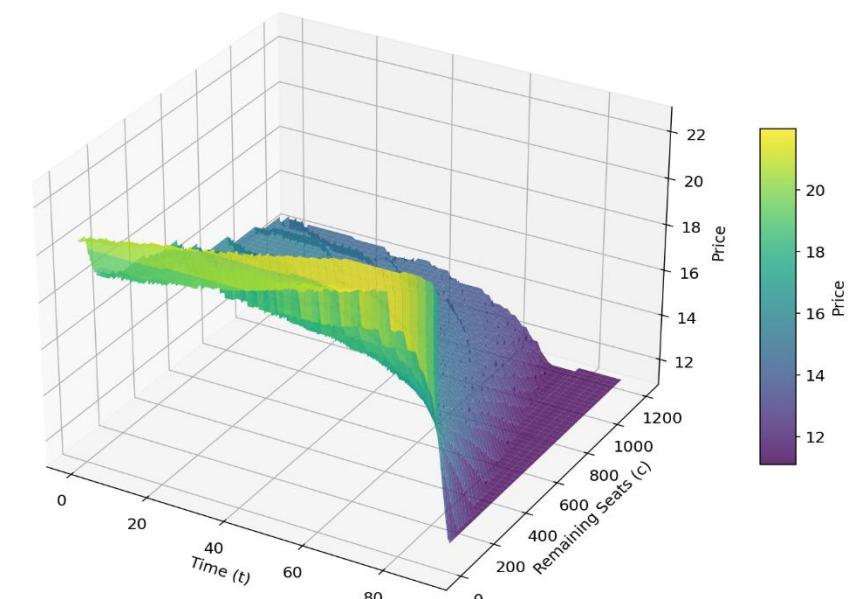


최적 가격 정책 구조 (DP Policy Structure) – figure [2]

- DP를 통해 도출된 최적 가격 정책을 시간(t)과 잔여 좌석(c)의 함수로 시각화한 결과이다. X축은 시간, Y축은 잔여 좌석 수, Z축은 선택된 가격을 나타낸다. 그래프에서 확인할 수 있듯이, 출발 시점이 가까워질수록 동일한 좌석 수에 대해서도 더 높은 가격이 설정되는 경향이 나타난다. 또한 동일한 시간대에서도 잔여 좌석이 적을수록 가격이 급격히 상승하는 구조를 가진다.
- 이는 항공 수익관리(Yield Management)에서 알려진 직관적 규칙, 즉 “좌석이 많고 시간이 여유로울 때는 저가 판매, 좌석이 부족해질수록 고가 판매” 전략이 최적화 모델을 통해 자연스럽게 도출되었음을 보여준다.

figure [2]

Optimal Policy 3D (DP (Backward Induction))



RESULTS & ANALYSIS

결과 분석

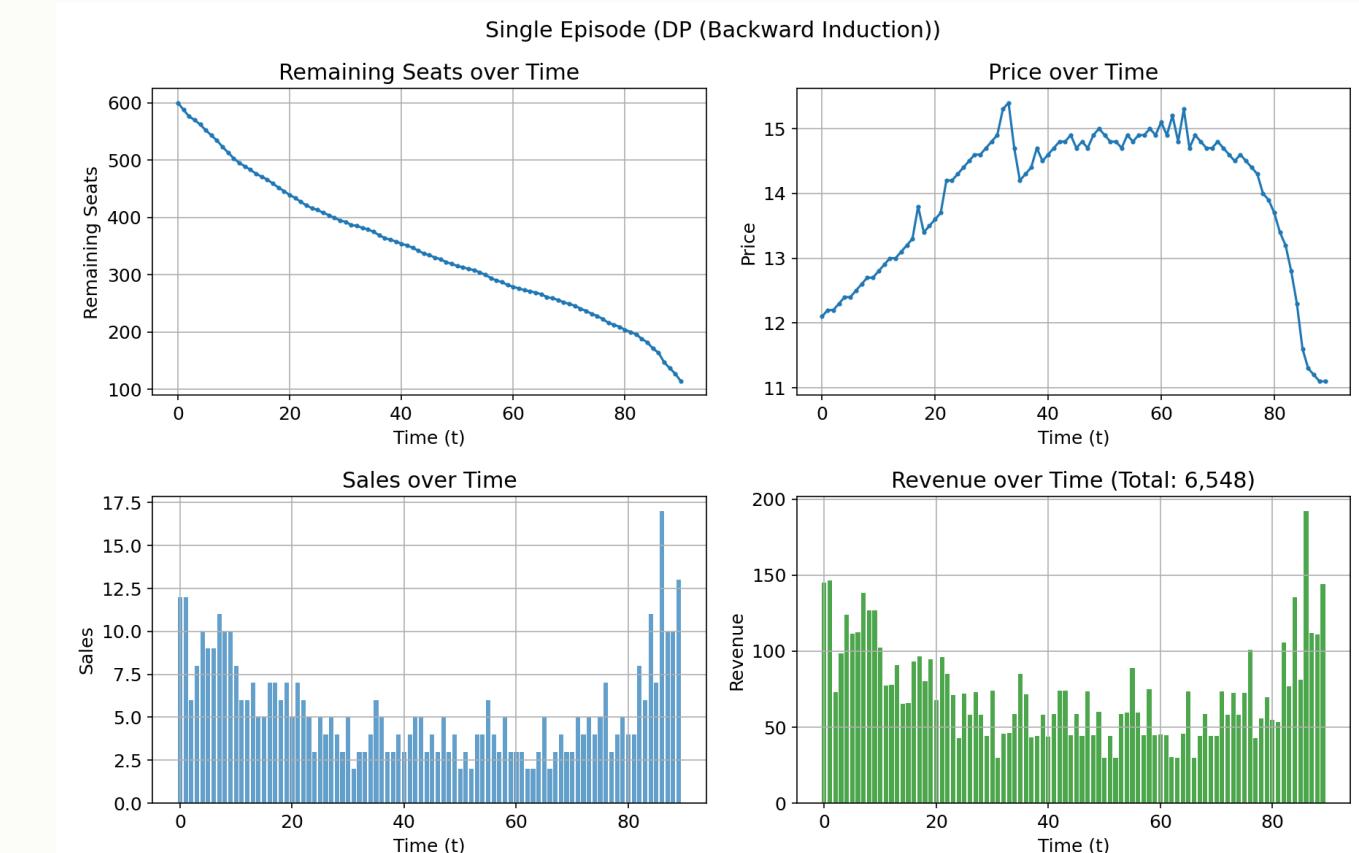
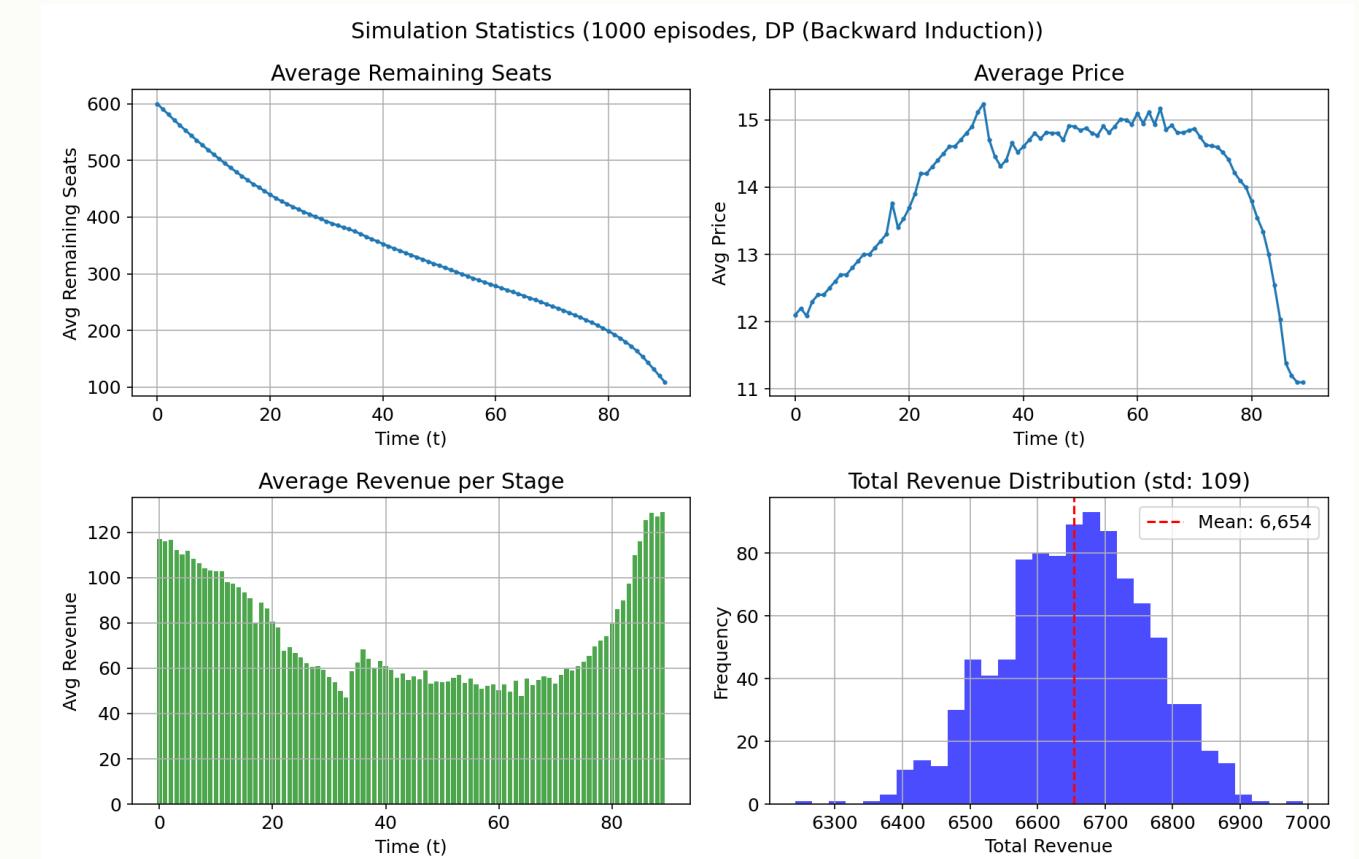
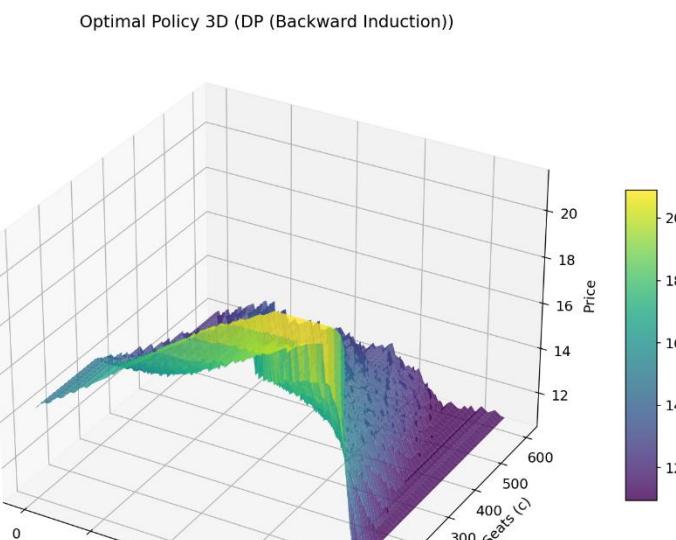
SCENARIO 1

경쟁 시장

90일 전 120만원 초반대에서 시작하여 점차 상승하여 60일 전 최고점인 152만원을 달성하였으며, 이후 20일 전까지 143~151만원의 폭 내에서 횡보하다가 약 10일 전부터 최종일까지 하락하였다.

인천-뉴욕 노선의 경쟁사 평균 가격이 100만원대인 점을 고려하였을 때 대한항공은 비교적 높은 점유율과 브랜드 효용으로 인해 20% 가량 높은 가격선에서 경쟁을 시작하였으며, 경쟁사 최대 가격인 160만원에 근접한 최고 가격을 기록하였다.

600석 기준 평균 총수익은 66,540만원을 기록하였으며, Load Factor는 약 81%를 기록하였다.



RESULTS & ANALYSIS

결과 분석

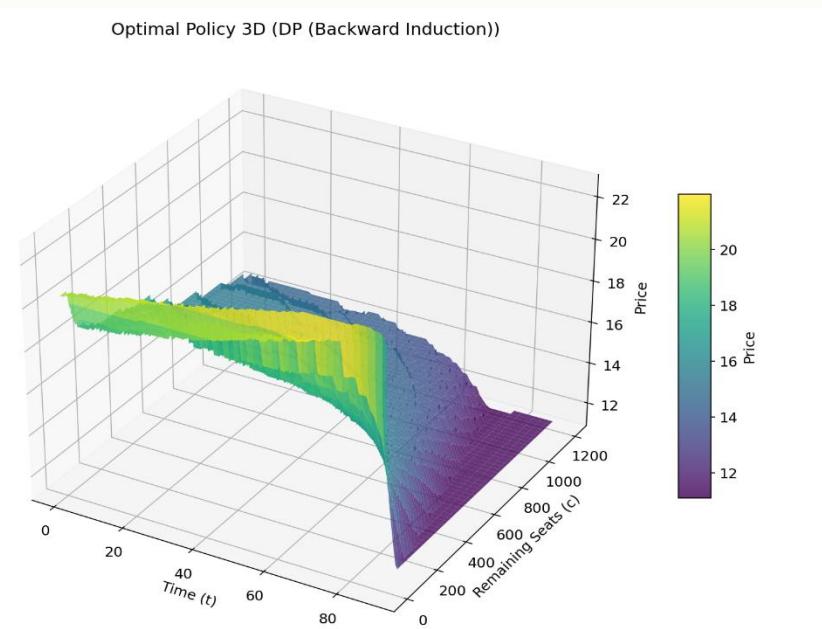
SCENARIO 1

독점 시장

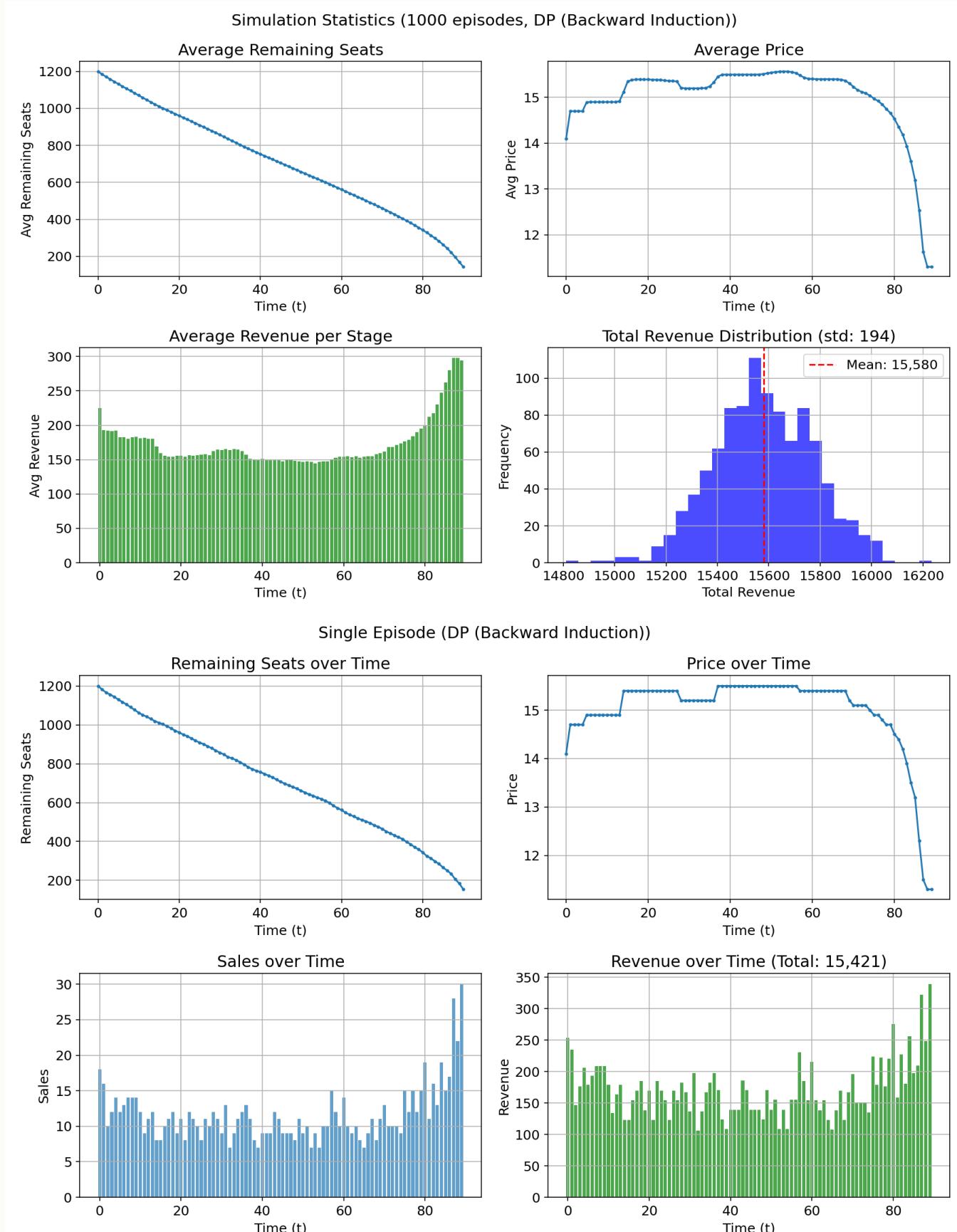
경쟁사가 없는 환경에서는 90일 전 기준보다 약 20% 더 높은 가격이 형성되었으며, 이후 20일 전까지 151~156만원의 폭 내에서 횡보하여 경쟁 상황보다 5~10% 높은 가격을 기록하였다.

경쟁사가 없어진 상황에서는 대부분의 기간 동안 기준 항공권 판매 가격의 최고치로 지속적인 판매가 이루어졌다. 1200석 기준 평균 총수익은 155,800만원을 기록하였으며, Load Factor는 약 86%를 기록하였다.

평균 총수익은 $155,800/66,540 = 2.34$ 배 증가하였으며, 이는 곧 항공사 합병이 본 노선에서 약 34%p의 추가 이익을 발생시킴을 의미한다.



Load Factor는 경쟁 상황과 독점 상황 모두 80%대를 기록하여 실제 본 노선의 운항 상황과 비슷한 값을 기록하였다. Random Walk를 사용한 Baseline Model은 총수익 40,170만원을 기록하여 Dynamic Programming을 활용한 정책 수립이 1.5배 이상 좋은 성능을 보였다.



RESULTS & ANALYSIS

결과 분석

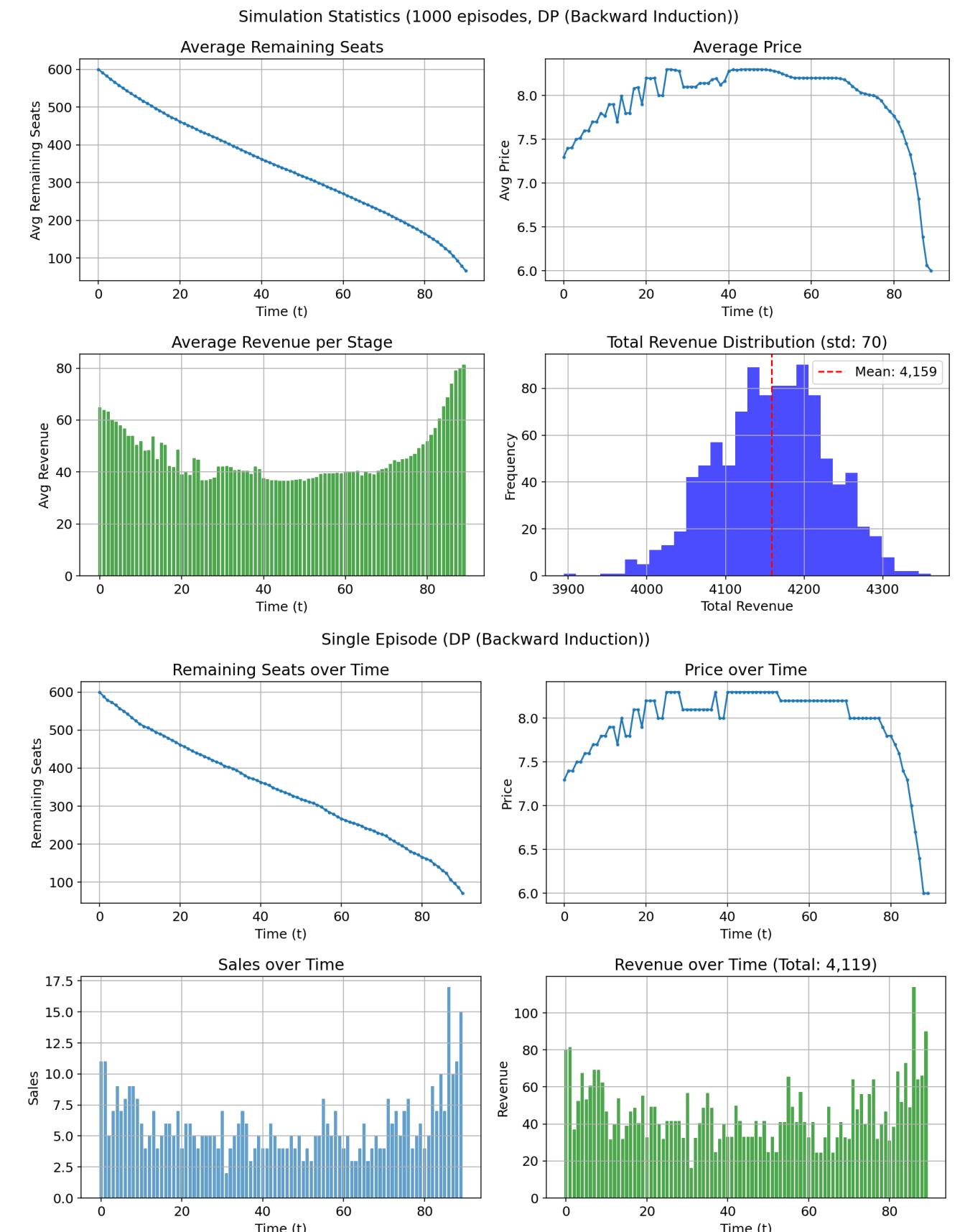
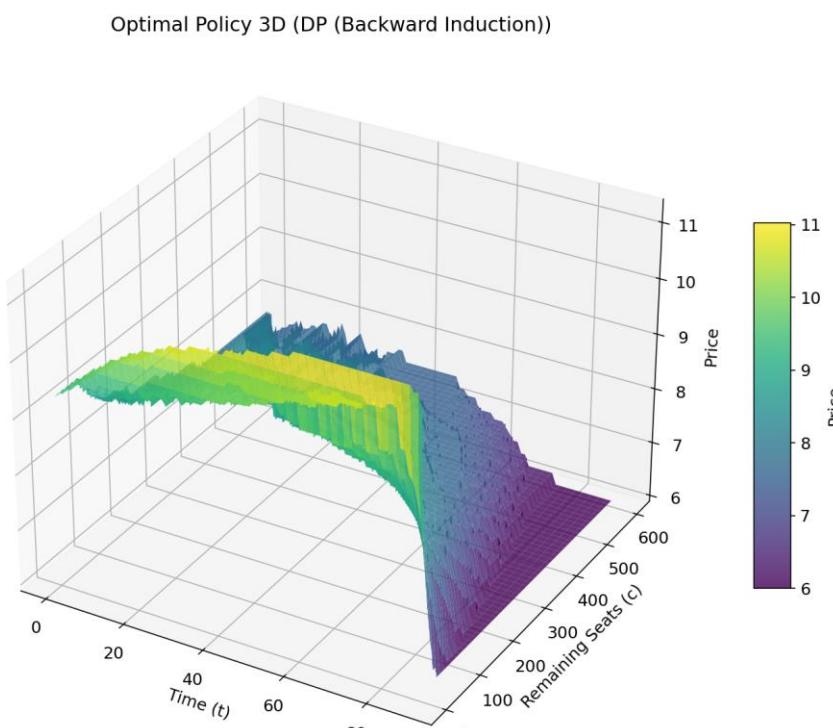
SCENARIO 2

경쟁 시장

90일 전 73만원에서 시작하여 점차 상승하여 65일 전 최고점인 83만원을 달성하였으며, 이후 15일 전까지 횡보하다가 그 이후 하락하였다.

인천-호놀룰루 노선의 경쟁사 평균 가격이 60만원대인 점을 고려하였을 때 대한항공은 크게 높은 점유율과 브랜드 효용으로 인해 30~40% 가량 높은 가격선에서 경쟁하였다.

600석 기준 평균 총수익은 41,590만원을 기록하였으며, Load Factor는 약 86%를 기록하였다.



RESULTS & ANALYSIS

결과 분석

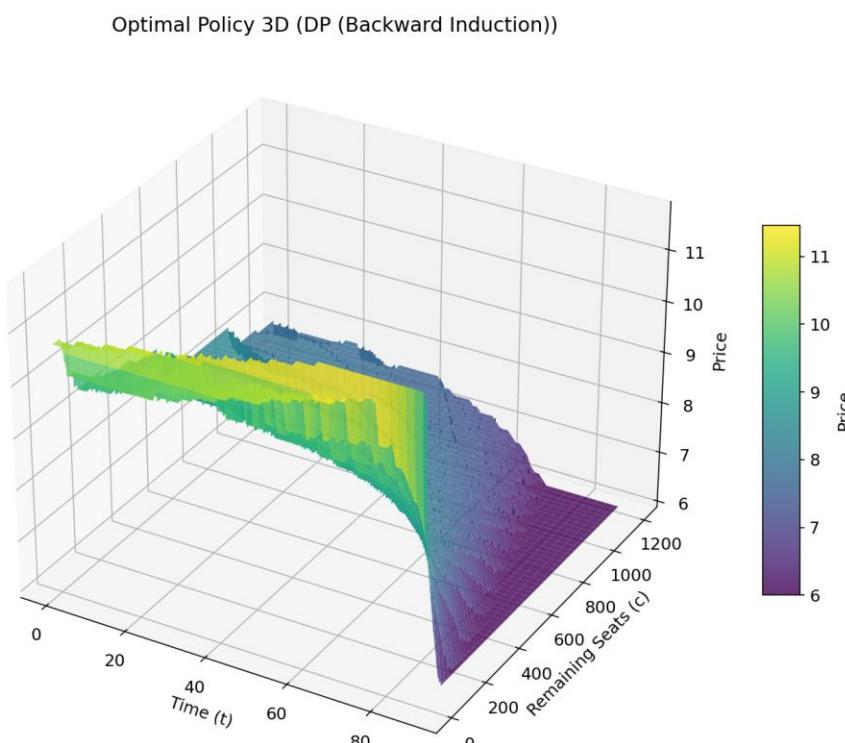
SCENARIO 2

독점 시장

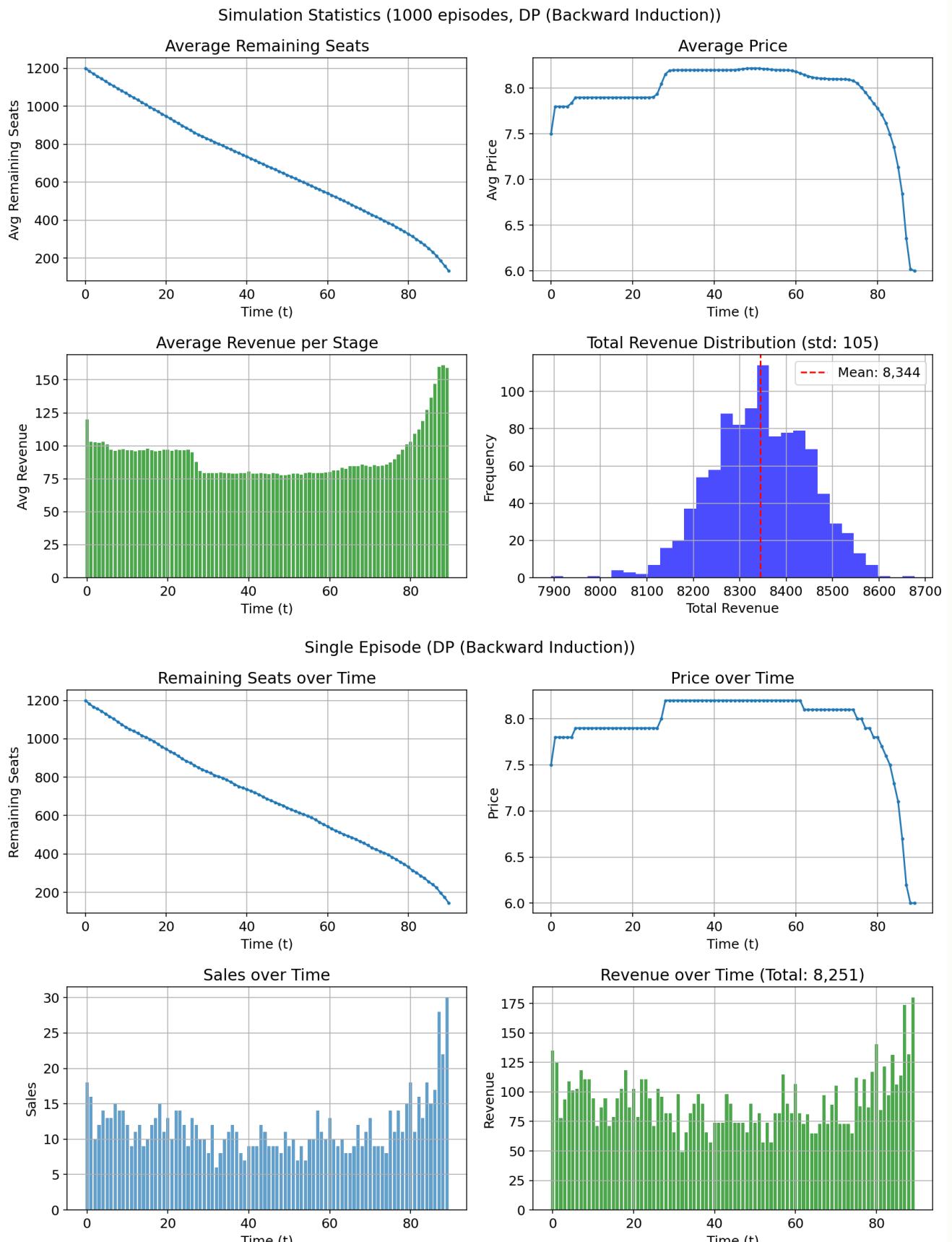
경쟁사가 없는 환경에서도 비슷한 가격인 75만원에서 시작하였으며, 이후 15일 전까지 동일한 최고점인 83만원 근처에서 횡보하여 경쟁 상황과 비슷한 가격 추세를 기록하였다.

경쟁사가 없어진 상황임에도 불구하고 비슷한 수준의 가격 및 좌석 수의 판매가 이루어졌다. 1200석 기준 평균 총수익은 83,440만원을 기록하였으며, Load Factor는 약 86%를 기록하였다.

평균 총수익은 $83,440/41,590 = 2.01$ 배 증가하였으며, 이는 곧 항공사 합병이 본 노선에서 추가 수익을 거의 발생시키지 않음을 의미한다.



Load Factor는 경쟁 상황과 독점 상황 모두 약 86%를 기록하여 실제 본 노선의 운항 상황과 비슷한 값을 기록하였다. Random Walk를 사용한 Baseline Model은 총수익 13,210만원을 기록하여 Dynamic Programming을 활용한 정책 수립이 3배 이상 좋은 성능을 보였다.



결과 분석

<시나리오 1 vs. 시나리오 2>

시나리오 1에서는 Load Factor가 합병 전후 5%p 상승하였지만, 시나리오 2에서는 Load Factor가 거의 동일한 값을 기록하였다.

시나리오 1에서는 합병 후 초기 가격과 횡보 가격이 합병 전에 비해 큰 폭으로 상승하였지만, 시나리오 2에서는 합병 전후 가격 그래프에서 큰 차이를 찾을 수 없었다.

이는 인천-뉴욕 노선이 비즈니스 노선으로 가격 탄력성이 작은(0.6) 점과 함께 구매를 포기하는 사람의 비율이 적음으로 인하여 독점 상황으로 인해 대한항공 측이 일방적으로 가격을 인상시켜도 항공권을 구매하는 충성 고객층이 존재하기 때문에 발생한 것으로 해석할 수 있다.

반면, 인천-호놀룰루 노선은 레저 노선이며, 가격 탄력성이 크고(1.2) 대한항공과 아시아나항공 외의 추가 경쟁자가 존재함과 동시에 구매를 포기하는 사람의 비율이 비교적 크기 때문에 대한항공이 독점 이후 원하는 대로 가격을 인상시킬 수 없으며, 이에 따라 비슷한 수준의 가격을 유지하게 되는 것으로 볼 수 있다.

<그래프 추가 설명>

두 시나리오 모두 남은 기간이 10일 이내로 들어올 때 좌석의 Perishable한 특성으로 인하여 재고 소진을 위해 급격하게 가격을 하락시키는 경향을 보였는데, 실제 항공사 전략에서는 현재 시뮬레이션과 같은 단일 항공편의 판매가 아닌 최소 반 년 이상의 장기적 판매 전략의 수립이 요구되기 때문에 가격을 무작정 하락시킬 경우 소비자는 이를 학습하여 항공편이 출발하기 직전 구입하는 양상을 보이게 된다.

이는 장기적으로 높은 가격에서의 판매를 불가능하게 만들고 항공사 브랜드 이미지의 훼손을 유발하므로, 실제 항공사는 최저 운임을 제한하여 어느 정도의 손해를 감수해서라도 좌석을 판매하지 않는 방향을 택하거나 여행사와의 B2B 거래를 통해 소비자에게 직접적으로 낮은 가격을 노출시키지 않는 전략을 선택한다.

<소비자 및 기업 입장에서의 분석>

소비자 입장에서는 대한항공과 아시아나항공 합병으로 인해 인천-뉴욕과 같은 미주나 유럽 핵심 비즈니스 노선의 일방적인 가격 인상으로 선택권이 제한되는 피해를 겪게 될 것이다. 반면, 동남아나 하와이 같은 관광지 위주의 레저 노선은 우려와 달리 앞서 언급한 여러 특성으로 인해 비교적 가격 인상의 피해를 적게 볼 것으로 예상된다.

기업 입장에서는 수익률 2.01배 향상을 기록한 인천-호놀룰루와 같은 레저 노선보다는 2.34배의 향상을 기록한 인천-뉴욕과 같은 비즈니스 노선의 가격 관리에 집중하는 것이 총매출 향상에 도움이 된다.

비즈니스 노선에서의 가격 인상은 작은 가격 탄력성으로 인해 소비자 이탈이 적고, 또한 비교적 높은 가격대에 형성되어 있는 노선들이기 때문에 가격을 인상하였을 때 얻을 수 있는 추가적 이익이 크다. 반면, 레저 노선에서는 무작정 가격을 인상하면 소비자의 대규모 이탈으로 이루어질 수 있으며, 이는 합병으로 인해 얻은 노선 독점의 이익을 살릴 수 없는 주 요인으로 작용한다. 따라서, 최적화된 전략을 통해 각 노선의 합병 이후 새로운 가격 전략을 유동적으로 잘 구분하여 구성하는 것이 요구된다.