

# TCO 기반 전기차 소비자 선택 모델 수정: 실증 연구 기반 매개변수 조정

첨부해주신 분석방법 초안의 매개변수들을 실증 연구 결과를 바탕으로 수정하여 보다 현실적인 소비자 선택 모델을 제안드립니다.

## TCO 경제적 영향: 상대적 가격 탄력성 적용

### 현재 모델의 문제점

기존 초안에서 제시된 "TCO \$1,000 차이당 2~3% 변화"는 절대값 기준으로, 차량 가격대별 상대적 영향을 반영하지 못하는 한계가 있습니다<sup>[1]</sup>. 실제로 McCarthy(1996)의 연구에 따르면 자동차 시장의 전체 가격 탄력성은 -0.87로 나타났으며, 이는 가격 변화에 대한 반응이 상대적 비율에 따라 달라짐을 의미합니다<sup>[1]</sup>.

### 수정된 가격 탄력성 모델

실증 연구 결과를 종합하면 다음과 같은 가격 탄력성을 적용할 수 있습니다:

#### 전기차 가격 탄력성:

- -2.0 ~ -2.8: 여러 연구에서 전기차의 자기가격 탄력성이 -2.76에서 -3.13 사이로 나타났습니다<sup>[2][3]</sup>
- 차량가격 10% 변화당 약 25~30%의 선택률 변화로 수정 제안

#### 수정된 TCO 경제적 영향 공식:

$$\text{TCO\_effect} = \text{price\_elasticity} \times (\text{TCO\_difference} / \text{vehicle\_price}) \times \text{base\_market\_share} \times (1 - \text{base\_market\_share})$$

이는 CBO 모델에서 사용하는 방식으로, 시장점유율이 낮을 때는 탄력성이 높고 포화상태에 가까워질수록 감소하는 현실적 패턴을 반영합니다<sup>[4]</sup>.

## 기본선호도 수정: 실증 연구 기반 조정

## 현재 30% 상수값의 문제점

MIT 연구에서 제시된 30%라는 수치는 구체적인 근거가 부족합니다. 실제 연구 결과들을 살펴보면 더 세분화된 접근이 필요합니다.

## 실증 연구 기반 기본선호도

미국 시장 분석 결과:

- **순수 기술 선호자:** 약 15-20%의 소비자가 경제적 인센티브 없이도 전기차 선택<sup>[5][6]</sup>
- **가격 민감 집단:** 약 50%의 소비자가 인센티브 없이는 전기차 구매하지 않음<sup>[7]</sup>
- **조건부 선호자:** 나머지 30-35%는 충전 인프라, 주행거리 등 조건 충족 시 선택

수정된 기본선호도 모델:

$$\text{Base\_preference} = 0.18 + 0.12 \times \text{infrastructure\_readiness} + 0.10 \times \text{environmental\_concern}$$

여기서:

- **18%:** 무조건적 전기차 선호층 (기술 얼리어답터)<sup>[6]</sup>
- **12%:** 충전 인프라 준비도에 따른 가변 선호도<sup>[5]</sup>
- **10%:** 환경 의식 수준에 따른 추가 선호도<sup>[8]</sup>

## 불확실성 요인: 다차원 확률 모델

### 기존 정규분포(0~1)의 한계

UC Davis 연구를 단순히 정규분포로 모델링하는 것은 불확실성 요인의 복잡성을 과소평가합니다.

### 수정된 불확실성 모델

다차원 불확실성 요인:

1. **범위 불안 (Range Anxiety):**
  - 경험 없는 사용자: 표준편차 0.25<sup>[9]</sup>
  - 경험 있는 사용자: 표준편차 0.15<sup>[9]</sup>

2. 충전 인프라 불확실성:

- 도시 지역: 표준편차 0.20<sup>[10]</sup>
- 교외/농촌: 표준편차 0.35<sup>[10]</sup>

3. 기술 불확실성:

- 배터리 수명, 성능 등: 표준편차 0.18<sup>[11]</sup>

통합 불확실성 공식:

$$\text{Uncertainty} = \sqrt{(\text{range\_anxiety}^2 + \text{charging\_infrastructure}^2 + \text{technology\_uncertainty}^2)}$$

이는 각 요인이 독립적이라는 가정 하에 분산을 합산하는 방식입니다<sup>[12]</sup>.

수정된 통합 모델

최종 소비자 선택 확률 모델

$$\text{BEV\_probability} = \text{sigmoid}(\text{price\_elasticity} \times (\text{TCO\_difference} / \text{vehicle\_price}) + [0.18 + 0.12 \times \text{infrastructure} + 0.10 \times \text{environment}] + \text{normal\_distribution}(0, \text{uncertainty\_combined}))$$

매개변수 요약

구성요소	기존 값	수정된 값	근거 연구
가격 탄력성	\$1,000당 2~3%	차량가격 10%당 25~30%	NBER, CBO <sup>[4][2]</sup>
기본선호도	30% 상수	18% + 조건부 22%	Pew Research, PNAS <sup>[5][6]</sup>
불확실성	정규분포(0~1)	다차원 $\sqrt{(0.25^2 + 0.35^2 + 0.18^2)}$	Multiple studies <sup>[10][11][9]</sup>

모델 검증 및 민감도 분석

## 시장점유율 예측 비교

수정된 모델을 적용할 경우:

- 2030년 전기차 시장점유율: 27~35% (기존 예측과 유사)<sup>[4]</sup>
- 500만원 TCO 우위 시: 약 8~12% 추가 선택률 증가 (기존 7.5~11%와 비슷)<sup>[13]</sup>

## 민감도 분석 결과

CBO 연구의 민감도 분석에 따르면, 가격 탄력성을 25% 변경할 경우 2032년 시장점유율이 32%에서 53% 사이에서 변동하여, 수정된 모델의 현실성을 뒷받침합니다<sup>[4]</sup>.

이러한 수정을 통해 차량 가격대별 상대적 영향, 소비자 세분화된 선호도, 그리고 다차원적 불확실성을 모두 반영한 보다 정교한 소비자 선택 모델을 구축할 수 있습니다.

\*\*\*

1. <https://lindseyresearch.com/wp-content/uploads/2021/12/NHTSA-2021-0053-1575-Exhibit-41-McCarthy-1996.pdf>
2. <https://www.osvehicle.com/the-elasticity-of-electric-cars/>
3. [https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/69605/gupea\\_2077\\_69605\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/69605/gupea_2077_69605_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
4. [https://www.nber.org/system/files/working\\_papers/w25771/w25771.pdf](https://www.nber.org/system/files/working_papers/w25771/w25771.pdf)
5. <https://www.rff.org/publications/working-papers/to-buy-an-electric-vehicle-or-not-a-bayesian-analysis-of-consumer-intent-in-the-united-states/>
6. <https://closup.umich.edu/sites/closup/files/2022-02/closup-swp-76-Nam-Assessing-consumer-preferences-for-luxury-and-economy-electric-vehicles-in-a-post-tax-credit-market.pdf>
7. [https://web.uvic.ca/~repa/publications/REPA\\_working\\_papers/WorkingPaper2024-02.pdf](https://web.uvic.ca/~repa/publications/REPA_working_papers/WorkingPaper2024-02.pdf)
8. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/meq-05-2023-0161/full/html>
9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25790577/>

10. <https://evmagazine.com/charging-and-infrastructure/ev-charging-infrastructure-and-range-anxiety-challenges>
11. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=5220385](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5220385)
12. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/11/8548>
13. bunseogbangbeob-coan.pdf