

# VE 수행시 확률적 모델기반의 LCC가 대안선정에 미치는 영향에 관한 연구

김상태\*, 김창식\*\*, 문성우\*\*\*

\*부산대학교 사회환경시스템공학과 박사과정

\*\*부산대학교 사회환경시스템공학과 박사과정

\*\*\*부산대학교 사회환경시스템공학과 교수

e-mail : [fasko27@pusan.ac.kr](mailto:fasko27@pusan.ac.kr)

## A Study on the Impact of Probabilistic Model-Based Life Cycle Costing on Alternative Selection in VE

Sang-Tae Kim\*, Chang-Sik Kim\*\*, Sung-Woo Moon\*\*\*

\*Dept. of Civil and Environment Engineering, Pusan National University

\*\*Dept. of Civil and Environment Engineering, Pusan National University

\*\*\*Dept. of Civil and Environment Engineering, Pusan National University

### 요약

본 연구는 VE 수행시 최적 대안을 선정함에 있어 중요한 지표중 하나인 생애주기비용을 단일점추정 건적추정방식이 아닌 확률모델 기반의 건적추정 방식으로 예측하여 비교·검증했다. 이를 바탕으로 대안선정에 활용할 수 있을지를 검증했으며, 대안을 선정함에 있어 예측 신뢰도에 따라 대안선정에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다. 분석결과 확률적 건적추정 방식의 비용범위는 단일점추정 건적추정 방식보다 넓은 범위를 포함하며, 이는 확률모델 도출된 결과에서 49.50%의 신뢰도 수준을 보이는 것으로 검토되었다.

### 1. 연구배경 및 목적

#### 1.1 연구의 배경

오늘날 건설사업은 범위가 점점 대형화되고 복잡해지는 추세를 보이고 있으며, 장기간에 걸쳐 이루어지는 공공 인프라의 건설에는 많은 비용이 투입된다.

이러한 분위기 속에서 공공 건설공사의 장기지속적 가치를 획득하기 위한 방안으로 Value Engineering(가치공학, 이하 'VE') 활동이 적극적으로 활용되고 있다. VE란 최적의 Life-Cycle-Cost(생애주기비용, 이하 'LCC')를 바탕으로 최상의 가치를 얻기 위해 체계적인 활동을 통해 최적의 대안을 찾기 위한 노력이다. LCC를 분석함에 있어 특정 시점을 기준으로 초기투자비용 뿐만이 아니라 시설물의 생애주기, 순환적으로 발생하는 유지관리 비용, 물가상승률 등을 복합적으로 고려해야한다. 일반적으로 LCC를 분석함에 있어 위 인자들에 대해서는 과거 기초자료의 평균치를 확정값으로 설정한 단일점추정 건적추정 방식이 널리 활용되고 있다.

그러나 LCC를 분석함에 있어 변수는 직접 제어할 수 있거나, 완전히 정량적으로 표현되지 않으므로, 미래에 발생하는 변동성을 정확하게 예측하는 것은 불가능하다. 즉, 다양한 대내 환경요인으로 인하여 발생하는 변수의 불확실성을 고려하지 못하므로, 분석결과의 신뢰성이 낮을 수 있다는 문제점을

내포하고 있다.[1]

기존 활용되어온 방식의 LCC 예측은 분석과정의 변수값 자체에서 리스크를 내포하고 있으므로 실제 공사단계를 거치면서 최초 계획된 사업원가의 변동을 유발할 가능성이 나타날 수 있다는 한계점이 존재한다. 따라서, VE를 수행함에 앞서 비용에 대한 불확실성에 대한 개념을 이해하고, 이를 바탕으로 의사결정을 진행하는 것이 중요하다.

#### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 공공건설공사 프로세스 중 최적 공사비를 산정하기 위한 설계VE 단계를 대상으로 한다. VE활동을 통한 대안을 분석함에 있어 경제적 지표인 LCC를 확률적 건적값이 아닌 확률론적 건적추정 방식으로 비교·검증하고, 이를 바탕으로 대안선정에 영향을 미칠수 있는가를 살펴보는 것이다.

본 연구를 위해서 1) 원 설계안에 대한 발생 비용을 분석하고, 2) 미래 추정값인 유지관리비용 산정에 영향을 미칠 수 있는 변수를 바탕으로 알고리즘 및 모델링을 구축하고, 3) 몬테카를로 시뮬레이션을 바탕으로 확률분포형 모델에서 추정되는 값을 바탕으로 단일점추정 건적값 예측방식과 비교·분석하여, 4) 불확실성 정도가 최적 대안을 선정하는데 영향을 미치는 정도를 분석하였다.

1.3 기존 연구사례

김범식&정영한(2012)[1]는 건축물의 LCC분석함에 있어 실질 이자율에 대한 확률 값을 도출하는 방법론을 제안하였으며, 안종필 외 2인(2007)[2]은 퍼지 신뢰성 이론에 근거하여 항만 구조물의 확률론적 불확실성을 고려한 모델을 제안했다. 특히, 임종권&김현(2020)[3]은 가치중심적 VE로 이끌 아주 좋은 사업관리 도구로써 리스크 관리 통합형 VE수행의 필요성을 주장했다. 또한, 문성우&김상태[4]는 TRIZ를 활용한 리스크 대응 프로세스를 제안함으로써 설계VE에서 발생할 수 있는 불확실성을 개선한 대안을 창출하고자 노력했다. 이와 같이 지금까지 불확실성의 개념을 바탕으로 효과적인 VE/LCC를 수행하기 위한 방법론적인 측면에서의 연구는 꾸준히 진행되어 왔으나, 그에 반해 이론적 접근이 아닌 실증값을 통해 검증된 연구는 다소 부족하다.

2. 몬테카를로 시뮬레이션

몬테카를로 시뮬레이션(Monte-Carlo Simulation)이란 반복된 무작위 난수를 추출하여 복잡한 함수의 결과값을 수치적으로 근사하는 알고리즘이다.[5] 이때, 시뮬레이션 프로세스 과정은 시뮬레이션 횟수에 대해 매번 실행될 때마다 정의된 확률분포 함수로부터 입력값을 추출하고, 모델에 추출된 입력값으로 연산된 후 기술통계량을 이용하여 결과의 변동분포를 제시하게 된다. 여기서 의사결정변수들을 제안조건에 의해 시뮬레이션 모델을 수행한 후, 결과 값을 도출하게 되며, 이때 생성되는 결과값은 상수가 되며 확정론적 성격을 갖게 된다. 다양한 사례를 살펴보았을 때, 의사결정을 위한 신뢰도 측면에서 평균값, 중위값 등 다양한 값을 활용할 수 있지만, 일반적으로 몬테카를로 시뮬레이션으로 도출된 결과에서 P80(80%)수준의 상수값을 선택하는 것은 충분히 보수적인 측면에서의 접근이라 할 수 있다.

3. 확률적 접근법에 따른 LCC 비용 추정

3.1 실증분석

3.1.1 변수범위 설정

일반적으로 LCC 분석은 미래의 불확실한 예측을 바탕으로 한다. 미래 발생비용에 영향을 미치는 요인은 매우 많으므로 LCC 분석에는 기본적인 가정이 필요하며, 본 연구에서 설정한 불확실성 변수는 할인율 및 내구연한의 두 가지 항목으로 제한했다.[표 1]

할인율의 경우 한국은행에서 제시한 기준금리인 3.5%를 적용했으며, 대상 시설물의 내구연수는 조달청에서 제공된 기준인 10년을 적용했다. 확률적 유지관리비용 추정값의 범위는

단일점추정 분석법의 확정값에서 ±10%의 변동성이 발생할 수 있다고 가정했으며, 본 연구를 위해 몬테카를로 시뮬레이션은 총 10,000회 시행했다.

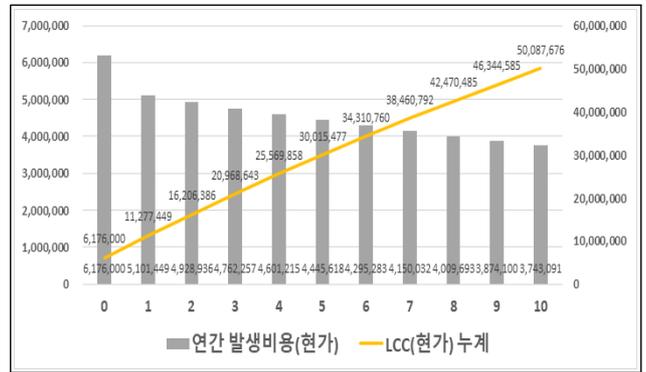
[표 1] 가정변수 항목

가정 변수	적용 할인율			적용 내구연수		
단일점추정 분석방법	3.5%			10년		
확률모델 건적값 분석방법	Min	Most	Max	Min	Most	Max
	3.15%	3.50%	3.85%	9년	10년	11년

3.1.2 몬테카를로 시뮬레이션 실증분석

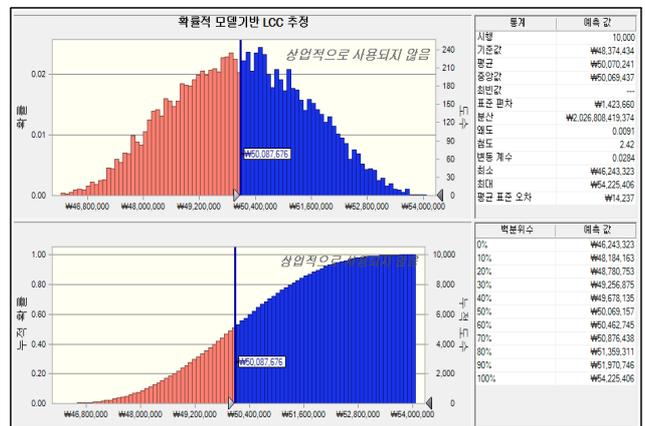
본 연구를 위해 OO지구 내 CCTV의 통신망 구축방식을 대상으로 최적 대안을 선정하기에 앞서 미래 발생하는 유지관리비를 추정했으며, 단일점추정 건적값과 확률모델 건적추정의 두 가지 분석방법을 비교·분석하여 LCC를 추정했다.

[그림 1]과 같이 단일점추정 건적값 분석방식으로 분석한 결과 10년간 현가 누계값은 50,087,676원으로 검토되었다.



[그림 1] 단일점추정 방식으로 예측한 유지관리비용

몬테카를로 기반 LCC 예측 시뮬레이션 결과는 [그림 2]와 같으며, [표 2]는 신뢰도 별 LCC 예측값을 나타냈다. 시뮬레이션 결과 확률모델 건적법을 통해 예측한 LCC 추정비용은 146,243,323원 ~ 54,225,406원의 범위로 분석되었으며, 단일점추정 건적방식으로 예측된 LCC는 49.50% 수준의 신뢰도를 나타내는 것으로 분석된다.



[그림 2] 확률모델 건적추정의 LCC분석 시뮬레이션 결과

[표 2] 확률모델 건적추정의 LCC분석 예측결과

신뢰도	초기공사비	유지관리비용	생애주기비용
0%	₩6,176,000	₩46,243,323	₩46,243,323
10%	₩6,176,000	₩48,184,163	₩48,184,163
20%	₩6,176,000	₩48,780,753	₩48,780,753
30%	₩6,176,000	₩49,256,875	₩49,256,875
40%	₩6,176,000	₩49,678,135	₩49,678,135
50%	₩6,176,000	₩50,069,157	₩50,069,157
60%	₩6,176,000	₩50,462,745	₩50,462,745
70%	₩6,176,000	₩50,876,438	₩50,876,438
80%	₩6,176,000	₩51,359,311	₩51,359,311
90%	₩6,176,000	₩51,970,746	₩51,970,746
100%	₩6,176,000	₩54,225,406	₩54,225,406

참고문헌

- [1] 김범식&정영한, “Forecast Simulation을 활용한 건축물의 확률론적 LCC분석(P-LCCA) 모델 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문지, 제30권 제3호, pp. 115-122, 3월, 2014년
- [2] 안중필, 박주원, 유덕찬, “퍼지 신뢰성 이론에 의한 방과제의 VE/LCC 분석모델”, 한국건설관리학회논문집 제8권 제3호, pp. 159-167, 1월, 2007년
- [3] 임중권&김현, “가치중심적 VE를 위해 왜 VE+RA 통합형 접근방식에 관심을 가져야 하는가?”, 대한토목학회지 제 68권 2호, pp. 34-43, 2월, 2020년.
- [4] 문성우&김상태, “TRIZ 방법을 이용한 설계VE 리스크 대응 프로세스”, 한국산학기술학회논문지 제25권 제3호, pp.341-348, 3월, 2024년.

#### 4. 결론

본 연구에서는 불확실성이 최적 대안을 선정하는데 영향을 미치는 정도를 분석하기 위하여 몬테카를로 기반의 시뮬레이션을 수행하고, 의사결정을 진행함에 있어 중요한 지표가 될 수 있는 LCC를 확률모델 건적추정 방식으로 접근하여 신뢰도별 예상되는 결과를 살펴보았다.

분석결과 확률모델 건적추정 방식의 비용범위는 발생확률에 따라 46,243,323원~ 54,225,406원으로 나타났으며, 이는 기존 예측방식보다 넓은 범위를 포함하고 있음을 알 수 있다.

단일점추정 건적방식으로 예측된 LCC는 49.50% 수준의 신뢰도를 나타내는 것으로 분석되며, 해당 수치는 다소 높은 불확실성을 가지고 있다는 점을 시사한다. 즉, 이러한 불확실성에 따라 비용의 증감이 발생할 가능성이 높다는 것을 의미한다. 예를들어, 확률모델 예측결과의 발생확률 P80(발생확률 80%)의 값을 기준으로 의사결정을 진행했을 때, 예상되는 LCC는 51,359,311원이며, 단일점추정 건적추정 방식으로 산출된 LCC 예상금액의 경우 80% 확률로 1,271,635 원의 추가적인 LCC 비용이 발생할 수 있다는 점을 보여주고 있다.

본 연구에서는 LCC의 불확실성에 영향을 미치는 변수를 할인율, 내구연수 두 가지로 제한했다. LCC는 실제로 다양한 외부요인에 따라 변할수 있으므로, 향후 더욱 다양한 변수를 적용시켜 LCC예측의 신뢰도를 향상시키고, 합리적인 의사결정을 진행하기 위한 정량적 기준을 수립하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

- [5] Binder, K., Heermann, D., Roelofs, L., Mallinckrodt, A. J., & McKay, S. (1993). “Monte Carlo simulation in statistical physics.” Computers in Physics, 7(2), pp. 156-157.