

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.6.117>

JCCT 2024-11-14

몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 사회간접자본시설의 재무적 불확실성과 확률적 위험관리

Monte Carlo Simulation for Managing Financial Uncertainty and Probabilistic Risk of Social Infrastructure

유재민*, 한준현**, 임충혁***, 배재연****

Jaemin Ryou, Junhyun Han, Chungheok Im, Jayon Bae*

요약 본 연구는 사회기반시설을 건설하고 운영함에 있어서 위험관리를 철저히 하기 위하여 몬테카를로 시뮬레이션을 실시하였다. 분석 대상 사례는 민간자본으로 건설된 광주원주고속국도 운영사의 재무적 위험관리이다. 통행요금은 정부가 결정하므로 운영사의 수익성은 통행량에 좌우된다. 본 연구는 향후 30년에 걸친 통행량에 대하여 3개의 시나리오를 설정하여, 각 시나리오별로 400회씩, 총 1,200회 걸쳐 시뮬레이션하였다. 그 결과 민간운영사의 재무적 내부수익률(FIRR)이 현재의 공식 할인율인 4.6%보다 작아서 수익성에 문제가 있을 수 있음을 실증하였다. 즉, 통행량 증가폭이 좁아짐에 따라, 적자 발생 확률이 각각 45.5%, 49.5%, 그리고 72.3%로 증가하였다. 일반적으로 B/C 분석에서는 B/C 비율이나 내부수익률로 수익성을 판단하는데, Monte Carlo 시뮬레이션에서는 적자발생 확률로 재무적 위험을 알려주는 장점이 있다. 마지막으로 본 연구에서는 재무적 위험에 대응하는 방안으로서, 운영사가 유지보수비용을 연간 6.2% 절감할 것을 권고하였다. 이 방안의 유효성을 입증하기 위해 추가로 400회의 시뮬레이션을 실행하였다. 그 결과 적자 가능성이 400회 중 57회(28.5%)로 대폭 줄어들음을 확인할 수 있었다.

주요어 : 몬테카를로 시뮬레이션, 위험관리, 비용편익분석, 내부수익률

Abstract This study employs Monte Carlo simulation to thoroughly manage risk in cost-benefit analysis. The case under analysis concerns the financial risk management of the operating company of the Gwangju-Wonju Highway, which was constructed with private capital. The company's profitability depends on traffic volume. This study set three scenarios for traffic volume over the next 30 years and conducted simulations 400 times for each scenario, totaling 1,200 simulations. The results demonstrated that the financial internal rate of return for the company is lower than the current official discount rate of 4.6%. Specifically, as traffic volume decreases, the probability of incurring a deficit rises to 45.5%, 49.5%, and 72.3% for each respective scenario. Finally, the study recommends that the company reduces maintenance costs by 6.2% annually as a measure to address financial risk. To verify the effectiveness of this measure, an additional 400 simulations were conducted, confirming that the probability of a deficit significantly decreased to 57 out of 400 times or to 28.5%.

Key words : Monte Carlo Simulation, Cost-benefit analysis, risk management, B/C ratio, Internal rate of return

*정회원, 연세대학교 글로벌행정학과 강사(제1저자)

** 정회원, 충남대학교 자치행정학과 박사과정 (참여저자)

***정회원, 인하대학교 회계학과 강사 (참여저자)

****정회원, 재정성과연구원 AI-RPA분석센터 개발실장 (교신저자)

접수일: 2024년 8월 2일, 수정완료일: 2024년 9월 9일

게재확정일: 2024년 11월 2일

Received: August 2, 2024 / Revised: September 9, 2024

Accepted: November 2, 2024

****Corresponding Author: spy_neo@naver.com

AI-RPA Center, Finance Performance Research Institute, Korea

I. 서론

1995년 민간투자촉진을위한기반시설에관한법 제정 이후, 수요 예측과 계층적분석기법(analytic hierarchical process, AHP), 그리고 비용편익분석(cost-benefit analysis, B/C분석) 등 사업타당성 조사 등의 기법이 많이 발전하였다. 그러나 유럽연합(EU)에서는 철저한 위험관리를 위해 몬테칼로(Monte Carlo) 시뮬레이션을 의무화하였으나, 한국에서는 아직 이 규정을 받아들이지 않고 있다.

몬테칼로 시뮬레이션은 금융이나 프로젝트 관리 분야에서 미래의 불확실한 위험을 관리하기 위해 사용된다. 그런데 이 기법은 확률론적 방법을 사용하는 컴퓨터 기반의 알고리즘이어서 IT 기술이 발전하기 전까지는 사용이 제한되었다. 시뮬레이션을 수 천 번에서 수 백만 번 시행해야 하기 때문이다. 그러나 최근에는 IT가 충분히 발전하여서, Python으로 엑셀의 매크로를 작성하여 분석과정을 자동화하였다[1].

본 연구는 사회기반시설의 재무적 비용편익분석에 대하여 총 1,600회의 시뮬레이션을 적용하여, 이 시설이 미래의 재무적 불확실성을 충분히 감당할 수 있는지 평가하고자 한다. 재무적 내부수익률(internal rate of return, IRR)은 투자금액과 미래의 현금 흐름의 현재 가치가 같아지도록 만드는 이자율로서, 프로젝트의 수익성을 측정하는 대표적인 지표이다. 본 연구는 핵심변수를 1,600회 변동시켜서, IRR이 사업 조달금리를 하회하는 경우, 즉, 사업 수익성이 위험 수준인지 평가한다.

한국 정부는 사업의 재무적 위기를 관리하기 위하여 민감도분석(sensitivity)을 사용하고 있는데, 이것은 확정적(decisive) 위험관리이다. 이에 비해 몬테칼로 시뮬레이션은 확률적(probabilistic) 위험관리 방안인데, 어느 방식이 위험대비에 더 유용한 지 비교하고자 한다.

II. 선행 연구의 재검토

1. 시뮬레이션 기법 자체의 문제

몬테칼로 시뮬레이션(이하 MCS)은 “알지 못하는 값을 실험을 통해 확률적으로 근사치를 구하는 방법”이다. 이 기법의 시행절차는 ①문제의 정의, ②핵심 변수의 확률분포 결정, ③무작위 샘플링 실시, ④통계적 지표에 대한 해석, 그리고 ⑤우발적

위험을 특별히 면밀하게 검토하여 대책을 세운다 [2]. 그러나 ①난수표는 얼마나 공정하게 생성되는가, ②얼마나 많은 모의실험을 시행해야 하는가, ③시뮬레이션 초기조건과 가정은 적절한가? 이런 문제들이 항상 제기된다. 이 문제와 관련하여 Rubinstein과 Kroese은 하나의 명확한 답이 있을 수 없으므로, 연구자들의 진실성과 숙련도가 필요하다고 하였다[3]. 즉, 몬테칼로 기법에서 중요한 것은 이것이 적용의 문제이지 이론적인 엄격성의 문제는 아니라는 것이다.

2. 외국의 적용사례

Europa는 유럽 내에서 경제력이 약한 국가들, 특히 동유럽국가들이 사회간접자본을 건설할 때 자금지원을 신청하면, 이를 검토하여 지원 여부를 결정하는 국제기관이다. EUROPA에서는 수원국에게 지원금을 신청할 때 표준화된 B/C분석 가이드라인을 준수할 것을 요구한다[4].

영국 재무부는 정부가 수행하는 각종 사업들을 평가할 때 Green Book에 수록된 사업성 평가 기법들을 사용하도록 하고 있다. 비용편익분석, 민감도분석, 시나리오 분석, 의사결정트리 분석, 실물 옵션 분석 등과 함께 MCS도 중요한 위험 모델링 기법으로 사용하고 있다[5].

3. 국내의 적용사례

한국의 경우, 국책연구원 등에서는 MCS를 공식적으로 채택하지 않지만, 민간부문에서는 사업타당성 분석을 위해 MCS를 활용하는 사례들이 있다. 이용택, 김상범 및 원제무(1999)는 Europa가 제시하는 것과 동일한 표준적 MCS 기법을 적용하여 2개 민자유치 대상 고속도로 건설사업의 총 건설비용 및 순현재가치(NPV)에 대한 확률밀도함수와 누적분포함수를 구하였다. 그 결과 대전당진 고속도로는 사업성이 없으나, 서울외곽순환고속도로는 위험요인을 관리한다면 NPV가 타당성이 있다고 분석했다[6]. 조제호와 전제열(2000)은 건설공사 사업구상 단계에서는 비용에 대한 예비견적을 사용할 수밖에 없는데, 예비견적은 재무적 위험을 크게 내포한다. 그래서 그들은 MCS를 통해, 단위 요소비용의 분포 특성으로부터 총비용의 확률

분포를 생성하였다. 이렇게 산출된 건설공사 개산 견적이 통계적 방법으로 추정된 것보다 훨씬 더 실제상황에 근접하였다[7]. 장영배는 리모델링 및 건축에 관한 방재사업 타당성을 분석하였다. 그는 한국의 경제성장률이 3%일 때, 방재사업의 NPV는 5.58% 변동한다고 추산하였다[8].

4. 선행 연구의 교훈

MCS는 표준적인 절차에 따라 반복 계산을 하는 작업이다. 어떤 정밀한 최적값을 찾는 것이 아니라, 시행착오 방식을 통해 근사치를 구하는 방법이다. 그렇지만 그 결과가 직관적으로 이해하기 쉽고, 예외적인 상황이나 그에 수반되는 위험에 대한 주의를 환기시키는 효과가 크다.

선행 연구들이 분석결과물로서 IRR이나 NPV의 확률분포 곡선을 도출하는데 그친다. 그런데 본 연구는 이것에 더하여, 흑자의 경우 수 대 적자의 경우 수로 평가하는 승산비(odd)로 표시하고자 한다.

III. 분석대상사례

1. 분석사례의 사업개요

본 연구는 민간자본으로 건설된 광주원주고속국도를 분석대상으로 한다. 이 고속도로는 경기도 광주시 초월읍과 강원도 원주시 가현동을 잇는 총길이 56.95km의 고속국도 제52호이며, 일명 제2영동고속도로라고 한다. 2012년에 착공하여 2017년에 전면 개통하였다. 2018년의 평창동계올림픽을 대비한 목적도 있다.

이 고속도로의 건설과 운영을 위해 한화컨소시엄이 “제이영동고속도로주식회사”(이하 운영사)를 설립하였다. 이 회사가 시설물을 완공한 후 기부채납하고, 향후 30년간 시설물을 유지관리 및 운영한다. 건설비는 총 15조 원이 소요되었는데, 이 중에서 정부가 토지구입 등을 위하여 4조 5천억 원을 투입하였고, 민간 컨소시엄이 자기자본으로 2조 6천억 원을 납입하였고, 타인자본이 8조 8천억 원 조달되었다.

광주원주고속국도가 건설됨으로 인하여, 초월IC에서부터 원주IC까지 통행하는 이용자는 평균 약 20분의 운행 시간을 절약할 수 있게 되었다. 그 뿐 아니라 원래의 영동고속도로에 대한 혼잡도도 낮아지고, 그로 인하여 대기오염도 감소시킨다. 그리고 도로망 접근성이 향상

됨에 따라 지역경제의 활성화도 기대된다.

2. 운영사의 비용편익분석 기본모형

Ryou(2021)는 광주원주고속국도의 재무적 상황에 대하여 비용편익분석을 실시하였는데[9], 본 연구는 그의 모형에 포함된 통행량을 핵심변수로 하여, MCS를 실시한다. 즉, 미래의 통행량이 확률적으로 랜덤하게 변동함에 수익성 지표인 재무적 내부수익율(financial internal rate of return: FIRR)과 수익성지표(profitability index)가 어떻게 변하는지 측정한다.

기본모형에 대한 비용편익분석 결과는 표 1과 같은데, 재무적 irr이 3.63%로서 조달금리(5%)에 비하여 작다. 그리고 이것은 다른 BTO 사업들의 FIRR이 약 5%~6%인 것에 비하면 다소 낮은 편이다. 이 사업의 FNPV는 1조2천억 원 적자이며, B/C 비율은 1보다 작은 0.91이다. 그리고 수익성 지수인 PI도 0.71로서, 현금유입보다 현금유출이 커서 수익성도 미흡하다.

표 1. 제2영동고속도로 주식회사의 비용편익분석표
 Table 1. The result of cost-benefit analysis of Second Youngdong Highway Ltd.

분석지표	지표값
FIRR	3.63%
FNPV (공인할인율 4.6% 적용)	-1,217억원
- 비용 NPV	1조4,113억원
- 수익 NPV	1조2,896억원
B/C 비율	0.91
PI	0.71

IV. MCS 시나리오와 분석 결과

1. 핵심변수와 시나리오 설정

운영사의 주요 수입원은 통행료 수입, 임대 부동산 수입, 정부 보조금 및 기타 수입이다. 가장 큰 수입원인 통행료 수입은 통행량과 통행요금으로 구성된다. 그러나 통행요금은 국토부에서 몇 년에 한 번씩 결정하기 때문에 운영사가 결정하는 것이 아니다. 따라서 운영사는 사업 기간인 향후 30년의 미래 통행량을 예측해야 한다. 표 1의 기본모형에서는 통행량 증가량이 매년 3%라고 결정하였는데, 실제 상황은 3%보다 더 증가할 수도 있고, 아닐 수도 있다.

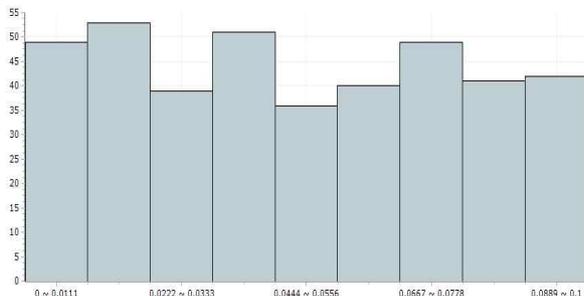
통행량에 대한 확률적 변동을 시뮬레이션하기 위하여, 본 연구는 총 3개의 시나리오를 상정하였다. 첫 번째

시나리오는 통행량 증가율이 0%에서 10% 사이에서 무작위로 변동한다. 두 번째 시나리오는 통행량 증가율의 변동 범위를 줄여서, 그것이 0%에서 +8% 사이에서 변동할 때의 시뮬레이션이다. 그리고 세 번째 시나리오는 통행량 증가율의 변동 폭을 더욱 줄여서 0%에서 +6% 사이에서 확률적으로 랜덤하게 변동시킨다.

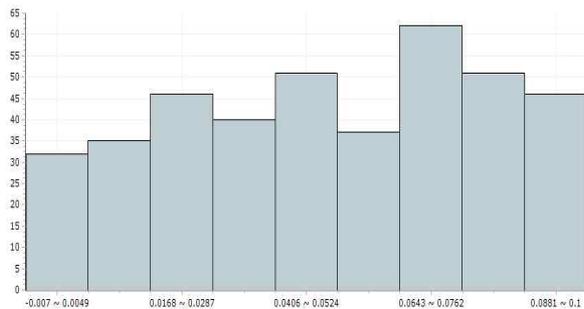
2. 시나리오 I의 분석결과

시나리오 I에서는 통행량 증가율이 0%에서 10% 사이에서 랜덤하게 변동하는 것을 MS Excel의 @randbetween() 함수로 난수표를 생성하였다. 그런 다음 매크로를 이용하여 400회에 걸쳐 시뮬레이션하였다.

그 결과 통행량 증가율은 다음 그림 2에서와 같은 분포를 보인다. 이론상 랜덤하게 추출된 통행량 증가율은 모두 동일 확률로 선발되어서 출현 빈도가 동일해야 한다. 그러나 무한한 시행이 아니라 유한한 시행 횟수로 시뮬레이션하면, 그림 2에서와 같이 균일하지 않은 분포를 보일 수 있다. 이런 현상은 유한 시행을 하면 흔히 나타나곤 한다[10].



통행량증가율의 분포



운영회사의 IRR의 분포

그림 1. 시나리오 1에 대한 몬테카를로 시뮬레이션의 결과
Figure 1. Results of Monte Carlo Simulation for Scenario I

재무적 내부수익율(FIRR)이 현재의 공식 사회적 할인율인 4.6%보다 큰 경우가 218회(54.5%)이고, 4.6%보다 작은 경우가 약 182회(45.5%)이다. 이것을 흑자 대 적자의 승산비(odd)로 나타내면, 1.20이다. 사업의 순현재가치(FNPV)가 양의 값을 가질 경우는 400회 시행 중 218회였으며, 그 값이 음수일 경우가 182개이다. 이에 따라 B/C비율이 1보다 작은 경우도 182회가 된다.

이상의 시뮬레이션 결과와 그것으로 인해 도출되는 비용편익분석 지표들을 볼 때, 광주원주고속국도 사업은 타당성이 있을 확률과 타당성이 없을 확률이 대략 반반 정도에서 조금 나은 정도로 볼 수 있다.

그런데 민간사업의 경우, 수익이 날 확률과 그렇지 않을 확률이 반반이라면, 상당히 리스크가 큰 편이다. 특히 표 4에서 보여지듯이, 회사의 FNPV가 평균값은 2,208억 원 흑자라 하더라도 최소값은 4,442억 원 적자여서, 최악의 경우 민간 투자비 8,800억 원의 절반 가까운 손실이 발생할 수도 있다.

표 2. 시나리오 1에 대한 몬테카를로 시뮬레이션의 결과물 요약표
Table 2. Results of Monte Carlo Simulation for Scenario I

구분	최대값	최소값	평균	표준편차	최빈값
통행량 증가율	0.10	0.05	0.05	0.03	0.02
FIRR	0.10	0.05	0.05	0.03	0.02
FNPV	14,352	-4,442	2,208	5,240	-2,589
B/C 비율	2.02	0.69	1.16		0.82

최빈값(mode)은 발생가능성이 가장 높은 상황을 표시하는데, 이 지표값 역시 2,589억 원 적자를 가리키고 있다. 따라서 이 사업의 경우, 초기부터 적극적으로 리스크 관리를 하지 않으면 안 된다.

3. 시나리오 II와 시나리오 III의 분석 결과

시나리오 II와 III는 시나리오 I에 비하여 장래 전망에 좀 더 소극적이다. 시나리오 II는 통행량 증가율이 0%~8% 사이에서 랜덤하게 변동한다고 가정한다. 시나리오 III는 통행량 변동 폭을 더욱 좁게 하여, 그것이 0%~6% 사이에서 랜덤하게 발생한다고 설정한다. 이 두 시나리오에 따른 MCS를 각각 400회씩 실시하였으며, 그 결과는 다음 표 3에 요약되어 있다.

표 3. 시나리오 II와 III에 대한 몬테카를로 시뮬레이션 결과 요약
 Table 3. Monte Carlo Simulation Results for Scenario II and III

구분	최대값	최소값	평균	표준편차	최빈값	
II	통행량 증가율	0.08	0.001	0.04	0.02	0.06
	FIRR	0.08	-0.001	0.02	0.03	0.07
	FNPV	14113	-4366	545	3522	3256
	B/C 비율	1.55	0.69	1.03	-	0.72
III	통행량 증가율	0.06	0	0.03	0.02	0.01
	FIRR	0.06	-0.01	0.03	0.02	0.01
	FNPV	3058	-4442	-1408	2096	-3547
	B/C 비율	1.22	0.69	0.90	-	0.75

통행량 증가율이 줄어드는 두 개의 시나리오를 추가하자, 예상했던 바와 같이, 운영사의 사업 타당성이 하락한다. 기본모형에서 3.65%였던 FIRR은 시나리오 I에서는 평균적으로 4.86%로 증가하였지만, 시나리오 II와 III에서는 각각 평균 4.26%와 3.05%로 줄어들었다. B/C 비율도 기본모형에서 0.91%였던 것이, 시나리오 I, II, III에서 평균 B/C 비율이 각각 1.15, 1.03, 0.90으로 변동하였다.

그런데 위험관리 차원에서 주목하여야 할 것은 시나리오 III의 경우이다. 기본모형에서는 결정론적 방법으로 통행량 증가율을 3%로 설정하였지만, 시나리오 III에서는 이것이 0%와 6% 범위에서 랜덤하게 변동할 것으로 설정하였다. 그러자 사업 타당성에 대한 모든 지표가 나빠진다. 통행량 증가율이 0%에 가까워지면, MC 시뮬레이션에서 최악의 상황에서 FIRR은 마이너스 값을 갖게 되고, B/C 비율은 0.69로 낮아지며, FNPV는 4,442억 원 손실이 된다.

시나리오 II에서는 400회 시행 중 198회(49.5%)에 걸쳐서 B/C 비율이 1보다 작지만, 시나리오 III에서는 사업 타당성이 없는 경우가 400회 시행 중 289회(72.25%)로 급증한다. 시나리오 II의 승산비는 1.04이고, 시나리오 III의 승산비는 0.38이 된다.

V. 위험관리 시뮬레이션

이상의 분석을 통해 광주원주고속국도의 건설 및 운영 사업은 위험에 취약한 사업이라는 것을

알 수 있다. 특히, 핵심 변수인 통행량 증가율이 시나리오 III에서처럼 0%에서 6% 사이에서 랜덤하게 변동할 때, 72.25%의 확률로 적자가 난다. 만약 인구감소 및 노령화로 인하여 통행량 증가율이 이것보다 더 작아지게 되면, 운영회사의 영업이익이 적자가 될 확률은 더욱 커질 것이다. 따라서 이 사업은 초기부터 위험관리를 철저히 하여야 하는데, 사실상 운영회사가 독자적으로 수익성을 개선할 수 있는 요인은 비용 절감이다. 그 중에서도 유지보수비의 절감이 가능해 보인다. 광주원주고속국도의 경우, 다른 고속도로에 비하여 유지보수 비용이 높게 책정되어 있는데, 이것을 안전이 담보되는 범위 내에서 최대한 줄일 수밖에 없다. 유지보수비용은 통상적으로 발생하는 지출뿐 아니라 자연재해 및 사고 등으로 발생하는 지출도 있다. 따라서 본 연구에서는 유지보수비용의 범위를 넓혀서 0%에서 20% 사이에서 랜덤하게 발생할 수 있다고 본다. 이에 따른 MC 시뮬레이션을 400회 추가 실시하였으며, 그 결과는 다음 표 4에 요약하였다.

표 4. 운영비 절감에 대한 몬테카를로 시뮬레이션 결과
 Table 4. Monte Carlo Simulation for Maintenance Cost Reduction

구분	최대값	최소값	평균	표준편차	최빈값
통행량 증가율	0.20	0.10	0.06	0.05	0.06
FIRR	0.06	0.04	0.01	0.03	0.06
FNPV	2,361	-1,217	1,238	947	837
B/C 비율	1.22	0.91	1.13	-	1.2

위험관리 대책의 유효성을 확인하기 위해 실시한 MCS의 결과, 유지보수비용을 6.2% 절감할 때, 평균적인 FIRR, FNPV, B/C비율이 각각 5.42%, +947억, 1.11로 향상되는 것을 알 수 있다. 물론 최악의 경우 FNPV가 1,217억 원 적자가 되기도 하지만, 400회 모의 시행 중 FNPV가 0보다 작아서 적자가 나는 경우는 단 57회(28.5%)로 줄었다. 승산비 역시 2.51로 상승하였다. 그리고 출현가능성이 가장 높은 최빈값을 보면, 이 사업은 837억 원의 흑자를 발생시킨다.

VI. 결론

본 연구는 원래 비용편익비율이 0.91에 불과한 고속도로 사업에 3개의 통행량 예측 시나리오를 적용하여, 총 1,200회의 시뮬레이션을 실시하였다. 그 결과 통행량이 점점 줄어드는 시뮬레이션 I, II, III에서 적자 확률이 각각 45.5%, 49.5%, 72.3%으로 증가하였다. 그러나 유지보수비용을 6.2%씩 감축하는 대안에 대하여 추가로 400회의 시뮬레이션을 시행한 결과, 적자 발생 가능성은 28.6%로 대폭 감소하였다. 물론 고속도로 유지보수비 6.2% 감축이 다른 어떤 위험을 발생시킬 우려가 없지 않으나, 그것은 예비비를 확충하거나 충당금을 적립하는 대안을 고려할 수 있다. 그렇게 함으로써 이 사례에서 재무적인 위험을 충분히 감당할 수 있을 것이다.

위험에 대한 대비는 철저할수록 좋다. 몬테칼로 시뮬레이션 기법은 불확실성이 높은 문제에서 특히 유효한 분석 도구이다[11]. 비용편익분석을 이용하면 B/C 비율 등 사업타당성에 관한 분석지표들이 생성할 수 있지만, 여기에 몬테칼로 시뮬레이션을 추가로 적용하면, 위기의 징후와 확률까지 알 수 있게 된다[12].

마지막으로 본 연구는 선행 연구들과 달리, 분석 결과로서 승산도(odd)를 생산하였다. 승산도는 불확실성이 높을 때 위험도를 잘 나타내주는 지표여서, 일상적인 개념은 아니다. 그렇지만 학술적 시도라는 측면에서는 소정의 기여라고 할 수 있다.

Investment Projects: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020. 2014.

- [5] HM Treasury, *Guidance: The Green Book (2020)*, 2024.
- [6] Y.T. Lee, S.B. Kim and J.M. Won. "Risk Analysis of Investment in Highway", *Journal of Korean Society of Transportation*, vol.17, no.5, pp.33-42. 1999.
- [7] J.H. Cho and J.H. Chun, "Application of Cost Risk Exposure methods by the Probabilistic Evaluation on the Construction Projects", *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. vol.1, no.1, pp.63-71, 2000.
- [8] Y.B. Chang, "Analysis and Evaluation of Net Present Value by means of Monte Carlo Simulation", *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, v.13 no.6, pp.15 - 19. 2013.
- [9] J.M. Ryou, *Financial and Social Cost Benefit Analysis of Public Private Partnership without Minimum Revenue Guarantee: A Case Study on Gwangju-Wonju Expressway*. Doctoral Dissertation. Yonsei University. 2021.
- [10] D.J. Bae and S.H. Jung. *Headstart for Statistics, 2nd edition*. PakYoungSa. 2015.
- [11] A.A. Jaoude. ed. *Recent Advances in Monte Carlo Methods*. IntechOpen. 2024. doi:10.5772/intechopen.1000269
- [12] J. Seo, S.K. Kim, H.A. Ahn, J. Shin, J. Heo, "Applicability of Burr XII Distribution for Rainfall Frequency Analysis using Monte Carlo Simulation", *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*. vol.19, no.3. pp.11-21. 2019. <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2019.19.3.11>

References

- [1] C.K. Moon, "Estimation of Overseas Construction Project Volatility and Feasibility :the Applications and Modeling of Monte Carlo Simulation Analysis", *The Journal of International Trade & Commerce*, vol.2, no.2, pp.15-170, 2011.
- [2] P. Glasserman, P. *Monte Carlo Methods in Financial Engineering*. Springer. 2003.
- [3] R.Y. Rubinstein and D.P. Kroese, *Simulation and the Monte Carlo Method*. Wiley. 2016.
- [4] Europa. *Guide to Cost-Benefit Analysis of*