

아파트 재건축사업의 수익성평가에 대한 확률적 위험도 분석 모형 적용방안

Application of Probabilistic Risk Analysis for Profitability-Evaluation of Apartment Reconstruction Projects

우 광 민* · 이 학 기**

Woo, Kwang-Min · Lee, Hak-Ki

요 약

현재 재건축사업은 추진 의사결정과 관련한 확정된 지표나 기준이 없이 막연한 수익성에 대한 기대를 토대로 시행되고 있으며, 사업시행과정에서 직면하게 되는 제반 위험에 대해 경험적으로 대응하고 있는 실정이다. 또한 재건축조합이나 시공예정 회사들이 제공하는 관리처분계획에 포함된 수익성에 관한 정보는 결정론적 분석을 통한 단순한 예측에 불과하여 재건축을 시행하는 과정에서 결과가 수정되는 것이 일반적이다. 즉 수익성에 대한 예측이 재건축시행 과정상의 유동적인 상황에서 변경됨에 따라 예측결과에 대한 신뢰도는 근본적으로 내·외적인 한계를 갖고 있다.

본 연구는 재건축사업의 수익성에 영향을 미치는 변수들을 확률적으로 평가하여 수익과 위험을 동시에 분석하는 수익성예측모형을 개발하고, 사례연구를 통해 개발모형의 적합성을 검증하여 기존의 결정론적 접근방식이 갖는 한계를 극복하고자 한다.

키워드: 아파트 재건축사업, 확률적 위험도 분석(PRA), 수익성평가, 몬테카를로 시뮬레이션(MCS)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

아파트 재건축사업은 신규주택의 공급과 주거환경의 개선이라는 긍정적인 측면과 함께 고밀도 개발을 통해 높은 수익성을 기대할 수 있어 활발히 추진되어 왔다. 그러나 최근 저밀도단지의 감소와 함께 주택시장의 안정을 위해 발표된 일련의 부동산안정 대책들이 재건축사업을 중심으로 규제를 강화함에 따라 수익성이 크게 악화되어 재건축사업의 추진과 관련한 제반 환경이 점차 나빠지고 있다.

한편 공동주택 재건축사업은 비전문가들로 구성된 조합이 사업주체가 됨에 따라 의사결정의 비전문성에 의한 사업지연, 사업

주체들 간의 분쟁, 그리고 비용 상승과 같은 많은 문제점을 발생시키고 있으며, 사업시행절차가 복잡하고 사업기간이 길며, 많은 사업주체들이 참여하기 때문에 일반적인 신축사업에 비해 불확실성이 큰 사업이다.

그러나 현재 재건축사업은 추진 의사결정과 관련한 확정된 지표나 기준이 없이 막연한 수익성에 대한 기대를 토대로 시행되고 있으며, 사업시행과정에서 직면하게 되는 제반 위험에 대해 경험적으로 대응하고 있는 실정이다. 또한 재건축조합이나 시공예정 회사들이 제공하는 관리처분에 관한 정보는 결정론적 분석을 통한 단순한 예측에 불과하여 재건축을 시행하는 과정에서 결과가 수정되는 것이 일반적이다. 즉 수익성에 대한 예측이 재건축시행 과정상의 유동적인 상황에서 변경됨에 따라 예측결과에 대한 신뢰도는 근본적으로 내·외적인 한계를 갖고 있다.

이러한 결정론적 접근방식이 갖는 한계를 극복하고, 예측의 신뢰성과 정확성을 확보하기 위해선 재건축사업의 수익성에 영향을 미치는 변수들의 변화와 이에 따른 수익과 위험의 상관관계를 구조화할 필요가 있다.

*일반회원, 동아대학교 대학원 건축공학과 박사과정, km950512@hanmail.net

**중신회원, 동아대학교 건축학부 교수, 공학박사(교신저자), hglee@daunet.donga.ac.kr

따라서 본 연구에서는 예측결과의 신뢰성과 정확성을 제고하기 위해 재건축사업의 수익성에 영향을 미치는 변수들을 확률적으로 평가하여 수익과 위험을 동시에 분석하는 수익성예측모형을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 아파트 재건축사업을 대상으로 하며, 재건축사업에 참여하는 여러 사업주체들 중 재건축조합의 입장에서 연구를 진행하였다.

그리고 사업성분석의 여러 단계 중 경제적 수익성분석과 리스크관리를 위한 의사결정 기준을 제공하는 수익성예측모형을 제안하고 사례연구를 통한 모델의 유효성 검증은 연구의 범위로 하였다.

연구의 수행절차 및 방법은 다음과 같다.

- (1) 아파트 재건축사업의 수익성예측방법에 대한 이론적 고찰을 통해 현행 아파트 재건축사업에서 수익성예측방법의 문제점을 도출하고, 이를 바탕으로 연구방향을 설정한다.
- (2) 확률적 위험분석 모형(Probabilistic Risk Analysis Model)을 이용하여 아파트 재건축사업의 수익성에 영향을 미치는 변수들을 확률적으로 평가하여 수익과 위험을 동시에 분석하는 수익성예측모형을 제안하고, 분석방법 및 수행절차를 정립한다.
- (3) 수익성예측모델에서 도출된 평가 지표를 통해 아파트 재건축사업의 위험정도를 반영하여 수익성을 판단할 수 있는 의사결정 방법론을 제안한다.
- (4) 사례연구를 통해 모델의 유효성을 평가한다.

2. 아파트 재건축사업의 수익성예측방법

2.1 개요

아파트 재건축사업의 가능성에 대해 「도시및주거환경정비법」에서는 그 대상이 되는 노후·불량건축물의 범위를 건물의 안전성 문제와 유지관리 및 신축에 따른 경제성 문제의 두가지 측면으로 제시하고 있다.¹⁾ 즉, 과도한 수선유지 및 관리비용이 발생하게 되는 경우나 재건축에 소요되는 비용에 비하여 현저한 효용증대가 예상되는 경우에는 재건축을 시행하는 것이 바람직하다고

할 수 있다. 그러나 '과다한 비용의 발생'이나 '현저한 효용증대'에 대한 객관적인 측정기준을 설정하는 것은 현실적으로 어려우므로 소유자는 재건축의 경제적 수익성분석을 통해 재건축가능성을 판단하게 된다. 또한 재건축사업은 순수 민간부문에 의해서 이루어지는 민간사업이므로 주택이 물리적으로 노후화되었더라도 경제적 수익성이 없으면 재건축이 이루어지지 않고 있다. 이는 지가가 낮은 지방 소도시의 경우 재건축이 활발히 이루어지지 않고 있음을 보면 알 수 있다. 즉 물리적 노후는 재건축사업의 성립을 위한 필요조건이지 충분조건이라 할 수 없으며, 경제적으로 인이 재건축사업의 시행 여부를 결정하는데 있어 보다 중요한 조건이 되고 있다.

따라서 아파트 재건축사업의 사업성을 파악하기 위해서는 경제적 수익성에 대한 분석이 선행되어야 한다.

2.2 아파트 재건축사업의 수익성예측방법

아파트 재건축사업의 수익성예측방법에 대한 직접적인 연구는 거의 이루어지지 않고 있으며, 재건축사업의 사업성 및 개발이익의 분석과 투자성 분석과 관련한 연구에서 부분적으로 다루어지고 있다. 이들 연구들은 공통적으로 수익성예측을 위한 평가 지표로서 무상지분율을 적용하고 있으며, 수익성에 영향을 미치는 변수들을 도출하여 이들 변수들이 수익성에 미치는 관계를 분석하고 있다.

아파트 재건축사업의 수익성예측과 관련한 기존연구 현황은 표 1과 같다.

표 1. 아파트 재건축사업의 수익성예측과 관련한 기존연구 현황

저자	내 용
안영훈(1997)	경제성 분석을 재건축 사업초기와 사업말기로 나누어 분석하여 사업말기에는 분양금, 비용, 조합지분, 시공사의 수익 등이 증가한다는 결론 도출
안승오(1998)	경제적 수익성에 영향을 미치는 요소로서 용적률 기준, 주택규모의 기준, 대상지의 지가기준, 대상면적 기준, 상가면적 기준 등이 양의 영향을 미치는 것으로 결론 도출
송승훈(2000)	재건축 전후의 용적을 변화에 따른 중·고밀 아파트 자력재건축 가능성 분석을 통해 사업성 검토
한수진(2001)	노후 고층아파트의 경제성 있는 재건축사업의 조건을 사례조사를 통해 분석 : 1980년대 중반이전에 완공된 고층아파트로 용적률 180% 이내 등
김용희(2001)	일반투자자 측면에서 재건축에 대한 투자수익을 산정을 위한 기본 모형을 제안하여 투자자의 의사결정 지원

한편 실무에서도 재건축사업의 수익성은 무상지분율, 즉 기존 토지면적을 기준으로 조합원에게 제공되는 신축된 건물의 무상분양면적을 산출하는 방식으로 평가된다.

1) 도시및주거환경정비법 제2조(용어의 정리) 3항

조합원들에게 관리처분 형태로 제시할 계약조건을 작성하기 위해 분양 총수익에서 건설 및 분양에 따르는 제반 비용을 공제하여 개발이익 즉, 재건축 후의 자산 가치를 산정한 다음, 이를 평당 분양가격으로 나누어 조합원들에게 무상 지급될 건축면적을 산출하게 된다. 이러한 건축면적을 기존의 토지면적으로 나누면 대지면적 대비 무상 지급되는 건축물의 분양면적을 산출할 수 있다. 이를 무상지분율이라 하며, 무상지분율이 1.0 이상인 경우 기존 주택의 소유자인 조합원들은 재건축을 통하여 면적 확대 및 신축효과에 따른 경제적 이익을 얻게 된다.

그러나 무상지분율은 면적의 개념이지 시세의 개념이 아니므로 무상지분율이 1.0 미만이라 하더라도 재건축은 가능할 수 있다. 즉 각 조합원은 기존에 자신이 소유하고 있던 주택의 시세와 재건축 후 얻게 되는 주택의 자산 가치를 비교하여 수익성을 판단할 수 있다. 따라서 재건축사업을 통한 수익성은 무상 지급되는 건축물의 면적에 의해 구해진 무상분양아파트의 입주 후 예상 가격에서 현재 아파트 매매가격과 투자비에 대한 금융비용을 제하여 산정하게 되며, 0보다 크면 수익성이 있는 것으로 평가한다.

이상의 내용을 포함하는 수익성예측을 위한 수식모델은 표 2와 같다.

표 2. 수익성예측을 위한 수식모델

구 분	산 정 기 준
분양 총수입	아파트 분양수입 + 부대시설 분양수입
총 사업비	공사비 + 사업추진비용
개발이익	분양총수입 - 총사업비
이익 연면적	개발이익 ÷ 평당분양가
무상지분율	이익 연면적 ÷ 총대지면적
무상분양건물면적	기존토지지분 × 무상지분율
수익성분석	무상분양아파트 입주 후 예상가격 - 현재아파트가격 - 금융비용 ≥ 0 : 수익성 유

기존 연구들과 실무에서 사용하고 있는 수익성예측방법은 기본적으로 개발이익 산정구조를 이해한다면 결론론적으로 도출될 수 있는 것들이며, 재건축이 완료될 경우를 가정하고 개발이익과 영향변수들의 관계를 살펴봄으로써 이들 영향변수들이 재건축 진행과정에서는 실제 수익성에 어떻게 영향을 미치는지 알 수 없는 한계를 가지고 있다. 또한 사업의 위험정도를 파악하기 위한 방법으로 민감도분석을 실시하고 있으나, 이는 개별 변수들이 수익성에 미치는 영향정도는 알 수 있으나 여러 변수들이 복합적으로 작용하는 상황을 반영하지 못하는 한계가 있다. 즉 재건축사업 시행과정상의 유동적인 상황에서 각 영향변수들이 변화하는 관계를 간과함으로써 예측결과는 근본적으로 내외적인 한계를 가지고 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 사업초기 수익성예측과정에서는 이용할 수 있는 정보가 한정되어 있고, 많은 불확실성을 내포하고 있어 현실적으로 정확한 예측결과를 얻기란 불가능하다. 따라서 재건축사업의 수익성예측결과에 대한 신뢰성과 정확성을 제고하기 위해서는 수익성에 영향을 미치는 변수들의 변화와 이러한 변수들의 변동에 따른 사업의 잠재적 위험을 고려해야만 한다. 특히 사업의 수익성에 영향을 미치는 변수들은 독립적으로 작용하는 것이 아니라, 상호 복합적인 양상을 띠며 이에 대한 대응도 복합적이기 때문에 각 변수들의 변화와 이에 따른 수익과 잠재적 위험의 상관관계를 모델화할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 재건축사업의 수익성에 영향을 미치는 변수들을 확률적으로 평가하여 수익과 위험을 분석하는 수익성예측모델을 개발하고, 사례연구를 통해 개발모델의 적합성을 검증하고자 한다.

3. 확률적 위험도분석모형을 이용한 수익성예측모델

아파트 재건축사업의 수익성에 영향을 미치는 변수들의 변화와 이에 따른 수익성과의 상관관계를 모델화하기 위해 확률적 위험도분석(probabilistic risk analysis : PRA) 모형을 적용하였으며, 분석방법 및 수행절차는 다음과 같다.

3.1 분석방법론 및 수행절차

(1) Step 1 : 입력변수의 분류(위험변수의 선정)

아파트 재건축사업의 수익성에 영향을 미치는 변수들은 수없이 다양하고, 상호 복합적으로 작용하기 때문에 분석이 가능한 형태로 구조화하는 작업이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 표 3의 분류기준에 의해 입력변수들을 사실, 의사결정변수, 위험변수, 예측 값으로 분류하여 체계화한다.

여기서 사실은 과거에 발생한 일로 이미 모두 알고 있거나 자료를 수집하면 알 수 있는 것을 의미하고, 결정변수는 모델의 분석대상이 되는 것으로 의사결정자에게 주어진 통제 가능한 변수를 말한다. 위험변수는 예측은 가능하나 의사결정자로서는 통제 불가능한 변수로서 사업의 복잡성, 환경 및 기타 내·외적인 요인에 의해 변화 가능한 변수를 말한다. 마지막으로 예측 값은 아파트 재건축사업의 수익성을 평가하는 척도로서 의사결정에 대한 가치평가의 지표이다.²⁾

2) 나완배, 기업전략개발과 위험분석, 한승, 1996

표 3. 입력변수의 분류기준

변 수	개 념 정 의
사 실(Fact)	과거 및 현재의 알려진 자료 및 상황
의사결정변수 (Decision Variables)	의사결정자에 의해 결정 가능하고 통제 가능한 변수
위험변수 (Risk Variables)	의사결정자에 의해 통제 불가능한 변수
예 측 값 (Forecast Value)	프로젝트의 사업타당성을 평가하는 척도

(2) Step 2 : 위험변수의 확률분포 선정

위험변수에 대한 확률분포 $f(x)$ 를 선정한다. 위험변수는 자체적인 특성 및 외부적 원인에 의해 특정 확률분포를 갖게 되는데 이 분포를 정의하는 과정이 매우 중요하다.

본 연구에서는 비용변수의 경우 표본수가 충분한 위험변수에 대해서는 최우추정방법(MLE)을 이용하여 통계적으로 가장 우수한 확률분포의 모수(μ, α or α, β)를 추정하고, 표본수가 충분하지 않은 위험변수는 통계적 검증이 어려우므로 건설공사비에 대한 MCS에서 가장 일반적으로 사용되는 삼각분포를 적용한다.

사업수입변수는 용적률과 평형구성 등에 대한 다양한 분양시나리오를 작성하고, 이들 시나리오의 분석결과를 근거로 각 분포의 활용도에 따라 사업수입변수에 대한 확률분포를 선정한다.

(2) Step 3 : 위험변수의 표본추출

지정된 확률분포형식으로부터 랜덤난수(random number)를 발생한다. 본 연구에서는 위험변수의 확률분포 상에서 랜덤난수를 반복적으로 추출하여 총사업비 및 수익성 평가지표를 반복적으로 계산하여 빈도분포(frequency)와 누적빈도분포곡선(cumulative)을 산출하는 과정을 전산화하기 위해 Microsoft사의 Excel 환경에서 add-in 소프트웨어인 @RISK 4.5.2를 이용하였다.

@Risk에서는 샘플링기법으로 MCS(MonteCarlo)기법과 LHS (Latin Hypercube)기법이 제공되는데, 본 연구에서는 기존에 널리 활용되던 MCS기법을 Conover 등이 개선한 LHS기법을 적용한다.

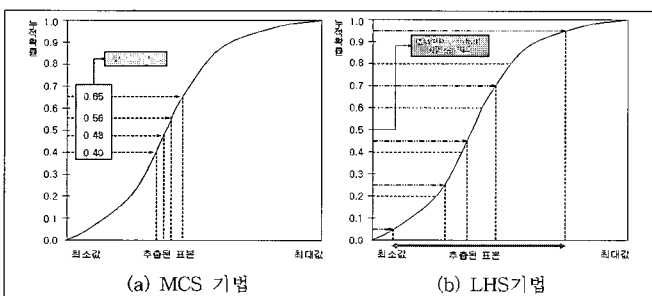


그림 1. 표본추출 방법

LHS기법은 그림 1과 같이 누적확률분포 상의 Y축 즉, 0과 1사이의 $P(x)$ 값을 N 개 구간으로 분할한다. 분할된 구간 내 누적빈도분포 상에서 대수학적 기법의 일종인 Mixed Congruential 방법에 따라 0과 1사이의 랜덤난수(R_n)를 발생시켜 누적빈도분포 상의 $P(x)$ 에 상응하는 위험변수값(x)을 반복적으로 N 회($N=100$ 회) 비복원하여 발생시킨다.

(3) Step 4 : 위험도분석을 위한 시뮬레이션 수행

Step 2에서 산출된 위험변수를 통해 총사업비, 수익성 등의 평가지표를 반복해서 계산한다. Step 2로 돌아가 계산을 반복해나 가되, $N-1$ 회까지 발생한 평가지표의 분포 통계치가 N 회 발생한 평가지표 통계치(평균, 표준편차, 5%값, 50%값, 95%값)의 수렴조건($\alpha=1.5\%$) 내에서 변화하면 시뮬레이션을 종료한다.

(4) Step 4 : 평가지표의 통계치 계산 및 해석

① 평가지표의 통계치 계산

N 회에 걸쳐 반복적으로 계산된 평가지표에 대한 통계치를 계산하고, 이에 대한 빈도분포와 누적빈도분포곡선을 도식한다.

② 시뮬레이션 결과해석

총사업비의 통계치를 바탕으로 관리목표값(Co)를 설정하고, 추정된 총사업비(C^*)와 비교하여 사업의 예비비(CB)를 산정한다. 그리고 사업의 수익성 평가지표 통계치의 기댓값을 통해 수익성 유무를 판단한다.

③ 결정적 수익성분석모델과 비교분석

대상사업의 비용-수입을 결정적인 값으로 적용하여 수익성을 예측하고, 이 결과를 확률적 위험도분석모델의 결과와 비교분석함으로써, 적용시스템의 수익성과 위험도를 확인한다.

(5) Step 5 : 의사결정

최종적으로 분석된 자료를 기반으로 수익과 위험도를 동시에 고려하여 사업의 수행여부를 의사결정하고, 계량화된 위험을 최소화할 수 있는 관리방안을 제시한다.

이상의 내용을 포함하는 본 연구에서 제안하는 아파트 재건축사업의 수익성예측모델은 그림 2와 같다.

3.2 위험도 평가 및 의사결정 지표

(1) 총사업비 평가

위험변수의 변화로 인한 총사업비의 변동을 계량화하는 평가

지표로 총사업비의 빈도분포와 누적빈도분포곡선을 사용한다. 그리고 결정론적 추정값과 본 모형을 통해 추정된 총사업비의 빈도분포를 통해 산출된 통계치(%값, 변동계수 등)를 바탕으로 합리적인 사업비를 도출한다. 이 때, 추정공사비와 빈도분포 상에서 나타난 관리목표값을 비교하여 추정공사비가 목표치보다 낮은 경우, 높은 경우, 유사한 경우로 각각 사업을 위험수용형, 위험중립형, 위험회피형사업으로 구분할 수 있다. 총사업비 선정 시 의사결정을 위한 판단기준은 표 4와 같다.

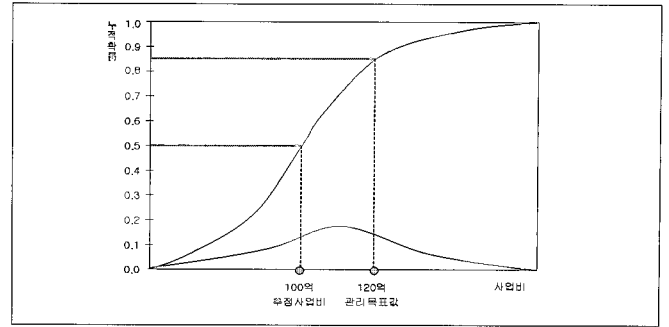


그림 3. 총사업비 결정방법

이 때 위험수용형 사업은 관리목표값과 추정사업비의 차액을 예비비로 (식 1)과 같이 산정하게 되며, 이러한 예비비를 고려하는 총사업비를 확보한다.

$$CB = \sum P(C_0) \times (C_0) - \sum P(C^*) \times C^* \quad (\text{식 1})$$

여기서, C_0 : 관리목표값, C^* : 추정사업비

(2) 수익성평가

수익성의 평가지표로 무상지분율과 재건축 후의 자산가치를 고려한 수익성의 빈도분포와 누적빈도분포곡선을 사용한다. 즉 그림 4와 같이 누적빈도분포곡선의 양(+)의 구간을 적분하여 기대수익을 산정하고, 음(-)의 구간을 적분하여 기대손실을 산정한다. 또한 수익성이 0인 지점의 확률은 사업의 손실예상확률을 나타낸다.

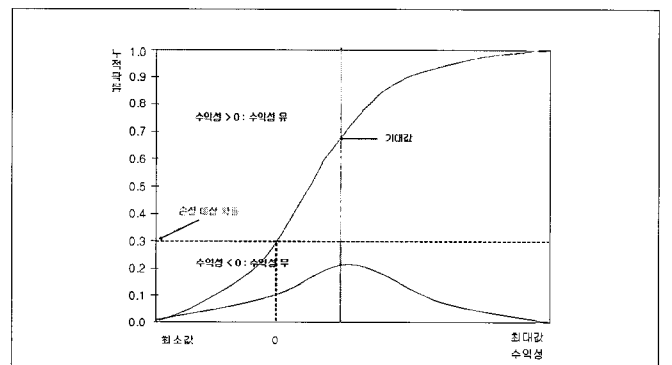


그림 4. 수익성의 확률밀도와 누적확률밀도곡선

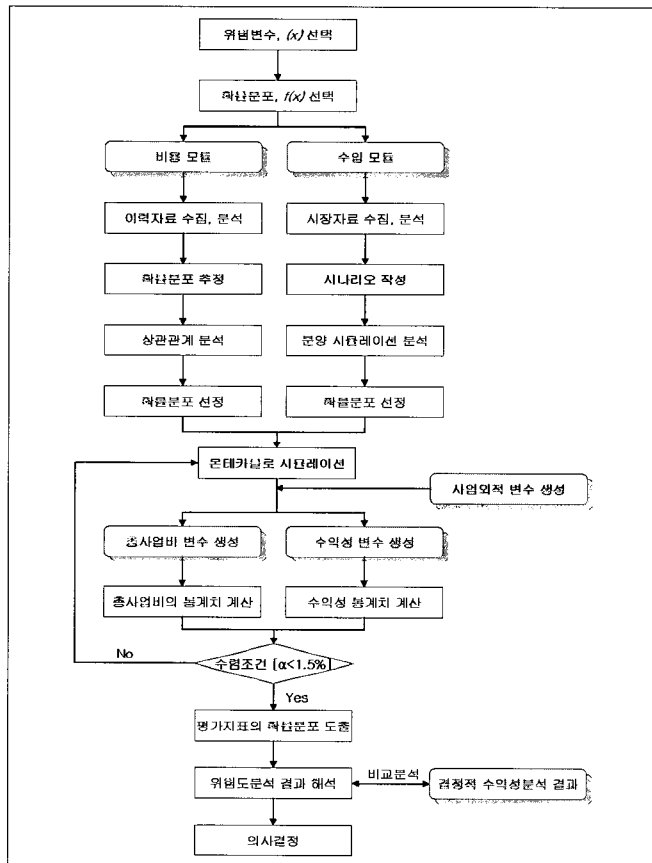


그림 2. 위험도분석을 통한 수익성 예측 모델

표 4. 의사결정을 위한 판단기준

사업유형	의사결정 판단기준	예비비
위험수용형	추정사업비(C^*) < 관리목표값(C_0)	유
위험중립형	추정사업비(C^*) = 관리목표값(C_0)	무
위험회피형	추정사업비(C^*) > 관리목표값(C_0)	무

그림 3과 같이 추정 총사업비가 총사업비 누적빈도분포상의 50%값인 100억이라 하고 사업의 관리목표값을 85%값으로 설정하여 사업비가 35% 이내에서 변동하도록 관리하고자 한다면, 이는 위험수용형사업으로 분류할 수 있으며, 20억원의 예비비를 확보하여 120억원으로 총사업비를 결정하게 된다.

(3) 민감도분석

그림 5와 같이 민감도분석에 의해 총사업비 및 수익성에 민감하게 영향을 미치는 위험변수를 찾아내어 제거해 나가는 관리방안을 마련한다. 이는 각 평가지표와 위험변수간의 상관계수(ρ)를 산출하는 것으로 상관계수가 높은 위험변수는 평가지표의 변동에 큰 영향을 미치는 것을 의미하므로 가장 신중히 고려하고 집중적으로 관리해야 하는 변수를 파악할 수 있다.

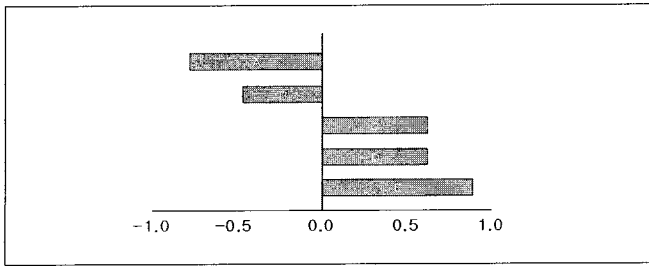


그림 5. 민감도분석 (Tomado Diagram)

(4) 편차분석

결정론적 분석모형과 PRA모형의 예측결과를 비교 분석하기 위해서 편차분석을 수행한다. 결정론적 분석모형의 경우 총사업비 및 수익성 평가지표를 한 지점에서의 확률이 1인 결정적인 값으로 나타내는 반면, PRA모형의 경우 발생가능한 모든 사례를 확률분포로 나타낼 수 있다. 따라서 PRA모형의 백분율값과 결정론적 분석모형의 편차를 계산하여 분석모형에 따른 평가지표의 차이를 나타낼 수 있다. 또한 여기에서 산정된 편차는 결정론적 분석모형을 이용하여 총사업비 및 수익성예측을 수행하는 경우, 실제로 발생하는 결과와의 차이를 나타내는 것으로 (식 2)와 같이 설명된다.

$$d = \frac{|x_{\text{결정론적 모형}} - x_{\text{PRA모형}}|}{x_{\text{결정론적 모형}}} \times 100 \quad (\text{식 2})$$

4. 사례연구 및 검증

4.1 사례 사업의 개요

사례 사업은 부산광역시 사상구에 위치한 ○○아파트단지로서 1985년에 준공되어 20년이 경과한 노후아파트로 2000년 8월에 재건축조합 설립인가를 받은 상태이다.

○○아파트단지 재건축사업의 현황은 표 5와 같다.

표 5. ○○아파트단지 재건축사업의 현황

구 분	재건축 전		재건축 후	
대지면적	282,56평		282,56평	
세대 수	13평	270 세대	21평	270 세대
	15평	130 세대	24평	358 세대
	17평	293 세대	32평	1,182 세대
	20평	227 세대	44평	372 세대
연 면 적	15,890 평		95,070평	
응 적 륜	60.37%		292.10%	

4.2 수익성예측

(1) 수익성예측모델 입력변수 및 분류

해당사업에 대한 설계용역을 맡은 S사의 건축계획안과 사업타당성분석 중간보고서를 바탕으로 표 3의 기준에 의해 입력변수를 표 6과 같이 분류하였고, 분석시점은 2001년 3월을 기준으로 하였다.

표 6. 입력변수 분류

구 분	입력변수		분류	비 고
사업의 수입	아파트	평당 분양가	U	
	분양수입	분양평수	D	설계사의 건축계획안 적용
	부대시설	분양수입	U	
총사업비	공사비	평당공사비	U	시공사 경비 및 이윤 포함
		평당철거비	U	기존 건축물에 대한 철거 및 폐기물처리비용
		공사면적	D	설계사의 건축계획안 적용
	사업추진비	설계비	D	설계사와 계약 체결
		감리비	D	공사비 변동에 연계
		안전진단비	F	기 수행 실비적용
		조합운영비	U	중공시까지(기투입분 실비산정)
		분양경비	U	MH 건립 운영 광고선전비 등
		보증수수료	D	분양금액의 3.4% 기준
		신탁등기비	D	신탁등기 및 신탁등기별실비용 세대당 12만원
		보증등기비	D	일반분양분 건축물 취득원가의 3.16%
		입주관리비	D	공사비의 0.3%
		민원처리비	U	예측이 불가능하므로 사업예비비를 통해 해결
		이자비용	사업경비 이자	U
이주비 이자	U		이자율에 대해 확률분포 평가 이주비는 해당지역 전세가 반영	
무상분양 아파트	평당예상가	U		
입주 후 예상가격	무상건물면적	V		
현재 아파트 가격	매매가격	F		
	전세가격	F		
금융비용	투자비용	F	현재 매매가-전세가	
	사업기간	U	이주시점부터 잔여사업기간	
무상지분율		V		
수익심		V		

주) F : 사실 D : 의사결정변수 U : 위험변수 V : 예측 값

(2) 위험변수의 확률분포 및 모수 추정

표 6에서 분류된 위험변수 중 충분한 표본수가 확보된 평당공사비에 대해서는 확률분포를 추정된 후 통계적 검증(x2검정, K-S검정, A-D검정)을 통해 검증결과가 우수한 확률분포의 대안을 선정하였고,³⁾ 그 결과는 표 7과 같다.

한편 표본수가 충분하지 않은 위험변수의 경우 통계적 검증이 어려우므로 표본수가 부족한 경우 널리 사용되는 삼각분포를 적

3) 위험변수의 확률분포와 모수추정은 Palisade사의 Bestfit Version 4.5로 분석하였다.

용하여 분석모델에 반영하였으며⁴⁾, 각 위험변수의 확률분포 및 모수를 추정한 결과는 표 8과 같다.

표 7. 위험변수 확률분포 및 모수 추정

위험변수	확률분포	추정계수			통계량		
		$\mu/a/최소$	$a/b/최우$	$-1/y/최대$	χ^2	AD검정	KS검정
평당분양가	삼각분포	1522407	1929626	1958202	2.000	0.2130	0.09715

표 8. 위험변수 확률분포 평가

위험변수	확률분포
평당분양가	RiskTriang(3900000,4200000,4500000)
부대시설 분양수입	RiskTriang(4006080000,4451200000,4896320000)
평당 철거비	RiskTriang(100000,150000,200000)
사업추진부대비비용	RiskTriang(800000000,1000000000,2000000000)
이자율(%)	RiskTriang(6%,6.92%,10%)
잔여 사업기간(개월)	RiskTriang(45개월,50개월,60개월)
재건축 후 평당예상가	RiskTriang(3955000,477500,6249600)
분양경비(분양수입에 대한 비율)	RiskTriang(1.35%,1.5%,2.25%)
조합운영비	RiskTriang(564000000,507600000,648600000)
임주관리비(공사비에 대한 비율)	RiskTriang(0.2%,0.3%,0.5%)

주) 위험변수의 확률분포는 Risk + 분포명 + (추정계수)로 나타냄

(3) 총사업비 및 수익성예측

시뮬레이션을 통해 총사업비와 무상지분율, 그리고 수익성을 예측한 결과는 표 9와 같다.

표 9. 수익성 예측 결과

%tile	총사업비 (원)	무상 지분율	수익성 (원)				
			13평형	15평형	17평형	20평형	
5%	185,233,653,760	0.6440	15,955,666	16,975,244	16,384,907	14,427,877	
10%	189,756,227,584	0.6720	19,033,706	20,802,916	20,829,816	18,838,230	
15%	192,826,654,720	0.6910	21,707,840	24,231,606	24,680,236	23,718,376	
20%	195,190,079,488	0.7071	24,020,172	26,692,660	27,242,314	27,857,110	
25%	197,454,249,984	0.7201	25,999,916	28,935,838	30,780,100	30,768,076	
30%	199,438,729,216	0.7352	27,901,538	31,384,240	33,696,688	33,657,232	
35%	201,109,569,536	0.7496	29,653,792	33,910,304	35,936,544	36,549,908	
40%	202,860,052,480	0.7662	31,508,996	36,039,612	38,386,840	39,671,924	
45%	204,544,524,288	0.7777	33,745,988	38,112,048	41,154,048	42,170,396	
50%	206,016,888,832	0.7911	35,476,100	39,723,744	43,123,280	45,410,164	
55%	207,544,369,152	0.8053	37,121,844	42,137,220	45,603,416	48,083,336	
60%	208,759,848,960	0.8212	38,920,144	44,627,960	47,726,012	51,695,748	
65%	210,290,589,696	0.8377	41,332,168	47,533,092	50,692,064	54,860,044	
70%	211,628,982,272	0.8544	43,561,968	50,109,764	53,703,460	58,273,536	
75%	212,924,858,368	0.8710	46,549,676	52,504,832	56,514,120	62,268,836	
80%	213,668,429,824	0.8929	49,180,412	55,972,472	59,712,352	66,331,580	
85%	214,952,706,048	0.9157	52,184,280	59,046,864	64,807,188	71,681,432	
90%	216,472,797,184	0.9526	56,897,056	63,562,672	69,441,592	77,625,824	
95%	218,173,030,400	0.9902	64,186,968	72,868,240	78,736,384	86,378,640	
Minimum	174,277,230,592	0.5310	-188,603	-6,930,630	-1,608,432	-5,415,945	
Maximum	222,321,246,208	1.1080	87,288,736	10,5863,608	119,245,248	121,557,304	
Mean	204,500,987,937	0.8011	36,863,286	41,611,848	44,628,269	47,295,209	
Std. Dev	10,056,736,766	0.1064	14,631,200	17,048,369	19,191,119	22,227,587	
CV	0.049	0.133	0.397	0.410	0.430	0.470	

총사업비의 예측결과 최소값, 최대값은 각각 1,742.8억원, 2,223.2억원으로 이 구간에서 비용이 발생하며, 평균과 표준편차는 각각 2,045억원, 100.6억원으로 나타났다.

4) 본 사례의 경우 위험변수의 최대값, 최우값, 최소값에 대한 정보가 비교적 정확하다고 판단되어 삼각분포를 적용하였다.

결정론적 분석을 통한 총사업비는 1,939.3억원이며⁵⁾, 그림 6의 총사업비의 누적빈도분포곡선상에서 약 17.3%에 해당하는 값으로 이 비용을 초과할 확률이 82.7%에 해당하므로 총사업비의 초과발생으로 인한 위험도가 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 현재 제시된 사업성타당성분석안의 총사업비 규모가 과소평가되어 있음을 보여주고 있으며, 시공사의 선정과정에서 총사업비규모는 PRA모형의 50%값인 2060.2억원의 전후에서 수렴될 것으로 판단된다.

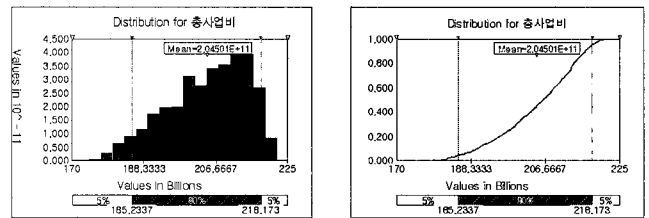


그림 6. 총사업비의 빈도분포 및 누적빈도분포곡선

무상지분율의 최소값, 최대값은 각각 0.5310, 1.1080으로 이 구간에서 무상지분율이 발생하며, 평균과 표준편차는 각각 0.8011, 0.1064로 나타나, 면적의 개념에서는 수익성이 없는 것으로 나타났다. 결정론적 분석모형을 통한 무상지분율은 0.77로 이는 누적빈도분포곡선상에서 약 41.7%에 해당된다. 한편 사례 단지의 재건축조합에서 무상지분율을 1.2 정도로 확보해 줄 것을 요구하고 있는데, 최대값이 1.108이고 1.0미만일 손실예상확률이 95.3%인 점을 감안한다면 실현가능성이 매우 낮은 것으로 판단된다. 이는 인근지역의 아파트 시세와 분양가가 타 지역에 비해 상대적으로 낮게 형성되어 있어 분양가가 낮게 책정되었기 때문으로 향후 마감수준 향상 및 브랜드 인지도가 높은 시공회사의 선정 등을 통해 분양가를 높일 수 있는 대책이 마련되어야 할 것이다.

반면 재건축 후의 자산 가치를 고려하여 표 2의 수익모델을 통해 수익성을 예측한 결과 모든 평형에서 수익성이 있는 것으로 평가되었고, 손실예상확률이 0.2% 미만으로 나타났다. 이는 사례사업의 기존 용적률이 60.37%인 저밀도단지이므로 무상지분율이 1.0 미만이라도 무상분양면적이 기존 평형의 면적보다 증가하였고, 재건축 후의 자산가치의 상승분이 반영되었기 때문이다.

무상지분율과 수익성의 빈도분포 및 누적빈도분포곡선은 각각 그림 7, 8과 같다.

5) 결정론적 분석모형의 예측결과는 해당사업에 대한 설계용역을 맡은 S사의 건축계획안과 사업타당성분석 중간보고서를 바탕으로 산출된 결과이다.

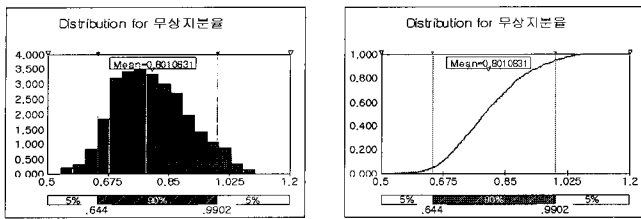


그림 7. 무상지분율의 빈도분포 및 누적빈도분포곡선

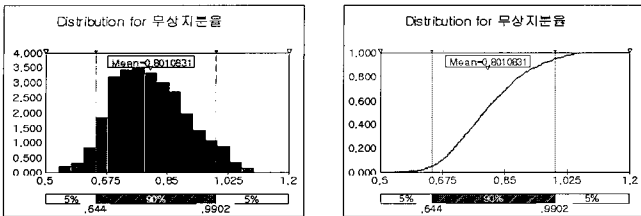


그림 8. 수익성의 빈도분포 및 누적빈도분포곡선(13평형)

(4) 위험도평가 및 의사결정

의사결정자는 총사업비의 통계분석을 통해 도출되는 총사업비의 변동계수(평균/표준편차)와 백분율값을 평가지표로 하여 총사업비분석 및 위험도를 고려한 수익성분석에 활용함으로써 합리적인 의사결정을 도출할 수 있다. 즉 산출한 누적빈도분포상에서 총사업비 관리목표값(target value)을 설정하여 추정사업비와 비교하고, 이에 따라 사업의 유형을 위험수용형사업, 위험중립형사업, 위험회피형사업으로 구분하였다. 본 사례연구에서는 추정총사업비(A)에 대해서 관리목표값을 50%값(B), 75%값(C), 85%값(D)으로 선정하여 분석하였으며, 그 결과는 표 10과 같다.

표 10. 사업유형 구분 및 예비비 산정 (단위 : 억원)

관리 목표값	50% 값(B)		75% 값(C)		85% 값(D)	
	사업유형	예비비	사업유형	예비비	사업유형	예비비
추정 총사업비(A)	위험수용형	120.8	위험수용형	189.9	위험수용형	210.2
50% 값(B)	-	-	위험수용형	69.1	위험수용형	89.4
75% 값(C)	위험회피형	0	-	-	위험수용형	20.3
85% 값(D)	위험회피형	0	위험회피형	0	-	-

이러한 총사업비의 변동에 대비하기 위해서는 예비비를 사업 전에 확보하는 동시에 총사업비의 변동에 민감한 변수를 찾아내어 위험요인을 제거하는 것이 바람직하다. 따라서 이러한 총사업비에 영향을 주는 임계변수(critical value)를 선정하기 위해 PRA모형에서 발생한 위험변수의 표본이 총사업비에 미치는 영향을 분석하는 민감도분석을 수행하였으며, 그 결과는 그림 9와 같다.

분석 결과 평당공사비의 영향이 절대적인 것으로 나타났으며, 이자율과 대출기간의 순으로 영향이 큰 것으로 나타났다.

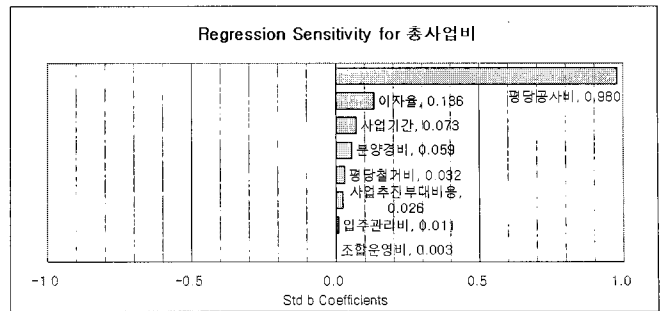


그림 9. 총사업비의 민감도분석 결과

한편 수익성에 대해 민감도분석을 수행한 결과에서는 그림 10과 같이 평당공사비와 재건축후 평당예상가의 영향이 매우 큰 것으로 나타났고, 이자율과 잔여사업기간, 분양제경비의 순으로 영향이 높은 것으로 나타났다.

총사업비의 평가를 통해 파악하였듯이 현재 평당 공사비가 과소평가되어 있어 상승가능성이 크므로 수익성확보를 위해서는 시공사와의 계약체결 시 공사비의 증액에 대한 명확한 합의가 필요한 것으로 판단된다. 또한 마감수준 향상 및 브랜드 인지도가 높은 시공회사의 선정 등의 다양한 방법을 통해 분양가를 높일 수 있는 대책이 마련되어 하며, 각종 분쟁을 미연에 방지하고 사업관리 능력을 갖춘 전문정비사업관리자의 선정을 통해 사업기간을 단축하기 위한 노력이 필요한 것으로 판단된다.

반면 재건축후 평당예상가의 경우 그 영향은 크지만 사업외적 변수로 통제불가능하므로 위험발생 시 피해를 최소화하기 위한 방안을 중심으로 전략을 수립해야 할 것이다.

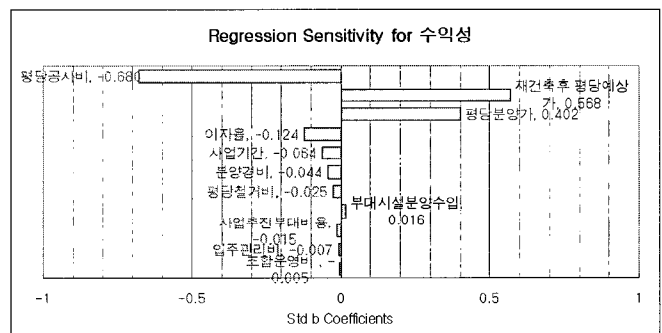


그림 10. 수익성의 민감도분석 결과

4.3 결정론적 분석모형과 PRA모형의 편차분석

PRA모형에서 도출된 수익성 평가지표의 누적빈도분포곡선상에서 백분율값(25%, 50%, 75%)과 결정론적 분석모형에서 도출된 수익성 평가지표의 결정적인 값과의 차를 모형간의 편차로 정

의하고, 모형 간 예측결과에 대한 편차를 산정하였으며, 그 결과는 표 14와 같다.

표 14. 편차분석

구분		PRA 모형 (A)	결정론적모형 (B)	편차 (A-B)	(A-B)/ B×100
총사업비	17.3%값	193,934,642,000	193,934,642,000	0	0.00%
	25%값	197,454,249,984	193,934,642,000	3,519,607,984	1.81%
	50%값	206,016,888,832	193,934,642,000	12,082,246,832	6.23%
	75%값	212,924,858,368	193,934,642,000	18,990,216,368	9.79%
무상지분율	25%값	0.72	0.77	0.050	-6.48%
	41.7%값	0.77	0.77	0.000	0.00%
	50%값	0.79	0.77	0.021	2.74%
	75%값	0.87	0.77	0.101	13.12%
수익성 (13평형)	25%값	25,999,916	29,773,852	3,773,936	-12.68%
	35.3%값	29,773,852	29,773,852	0	0.00%
	50%값	35,476,100	29,773,852	5,702,248	19.15%
	75%값	46,549,676	29,773,852	16,775,824	56.34%

분석결과, 결정론적 모형의 추정치는 PRA모형의 중앙값(50%)과 편기되어 위치하는 것으로 나타났다. 즉 결정론적 모형을 통해 산출된 총사업비, 무상지분율, 수익성은 PRA모형의 17.3%, 41.7%, 35.3%에 해당하여 발생 가능한 사례를 대표할 수 있는 중앙값에 비해 8.3~32.7% 가량 편기하여 위치하는 것으로 나타났다. 또한 PRA모형의 평가지표의 누적빈도분포곡선상에서 백분율값의 변화에 따라 결정론적모형의 추정치와 비교하여 편차를 산정한 결과, 총사업비의 경우 1.81~9.79%, 무상지분율은 -6.48~13.12%, 그리고 수익성은 -12.68~56.34%의 편차가 발생하는 것으로 나타났다. 이는 결정론적 모형을 통해 산출된 결과가 PRA모형을 결과를 초과할 확률이 높아 전체적으로 사업의 경제성이 과소평가되어 있음을 나타낸다.

5. 결론

본 연구는 아파트 재건축사업의 수익성예측에 대한 정확성 및 신뢰도를 확보하기 위해 수익성에 영향을 미치는 위험변수들을 분류하고 이들의 변화에 따른 수익과 위험의 상관관계를 모델화하였으며, 사례연구를 통해 모델의 유효성을 확인하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 결정론적 모형의 문제점을 극복하고 재건축사업의 변동을 종합적으로 분석하기 위해 확률적 위험도 분석 모형을 적용하여 수익성예측모형을 개발하였다.

(2) 수익성예측을 위해 작성된 수식모델을 확률적으로 활용하기 위해 입력변수를 의사결정문제와 연계하여 구조화하였다. 즉 사실, 위험변수, 의사결정변수, 예측값을 분류하는 과정을 거쳐 위험변수의 확률적 평가를 수행하였다.

(3) 위험변수의 확률적 평가방법으로 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 적용하여 분석방법론 및 수행절차를 제안하고, 사업의 수익과 위험을 동시에 분석하기 위한 의사결정지표 및 기준을 정립하였다.

(4) 본 연구에서 제안한 수익성예측모델의 유효성을 검증하기 위해 사례연구를 수행하였다. 그 결과 기존의 결정론적 분석모형의 경우 편기된 하나의 결정적인 값을 가지고 수익성을 예측함으로써 전체적인 사업성을 과소·과대 추정하는데 비해 본 모델은 수익성예측 시 발생 가능한 모든 사례를 확률분포로 계량화함으로써 사업기간동안에 발생하는 변동을 정량적으로 분석할 수 있었다. 따라서 의사결정자가 단순히 사업의 수익성뿐만 아니라 사업의 잠재위험을 동시에 고려한 의사결정이 가능하도록 근거를 제공한다는 점에서 기존의 결정론적 분석모형의 한계를 극복할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 본 연구에서 제안한 수익성예측모델은 실무적 적용이 복잡하고, 여러 단계를 거쳐 진행되므로 분석 참여자간의 의사소통체계 확립 및 효율적 모델링 작업을 위한 별도의 노력이 요구되는 단점을 가진다.

또한 위험변수의 확률적 평가에 대한 명확한 기준이 없고, 위험변수들간 상관관계의 규명이 이루어지지 않아 이에 대한 보완이 필요할 것으로 판단되며, 이를 위해 본 연구에서 분류한 위험변수에 영향을 주는 리스크인자와 위험변수들간의 상관관계에 대한 후속연구가 필요한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김용희(2001), "일반투자자 및 재건축 조합원을 위한 재건축 투자성 분석연구", 부동산가이드(www.bdsga.com)
2. 나완배, 정찬수(1996), 기업전략개발과 위험분석, 한송
3. 송승훈(2000), "공동주택 재건축을 위한 사업성 분석", 동국대학교 석사학위 논문
4. 안승오(1998), "사업성 제고에 의한 재건축사업의 개선방안", 연세대학교 석사학위 논문
5. 안영훈(1997), "재건축사업의 경제적 요인에 관한 연구", 연세대학교 석사학위 논문
6. 이용택(2003), "확률적 위험도분석을 이용한 ITS사업의 경제성평가모형 개발", 서울대학교 박사학위 논문

7. 이재영 (2001), " Feasibility Study Report on Reconstruction Apartment Project", 상지엔지니어링
8. 한수진(2001), "노후고층아파트 재건축 사업의 경제성 분석에 관한 연구", 건국대학교 석사학위 논문
9. Robert T. Clemen(1990), Making Hard Decisions, The Duxbury Press

논문제출일: 2006.02.23

심사완료일: 2006.10.13

Abstract

It was found that Korean Standard of Estimate which has been used as the only basis of cost estimate of public construction projects had some side effects such as jerry-build construction and over-estimation because it failed to reflect the current price and the state-of-the-art construction methods in a changing construction environment. Therefore, the government decided to gradually introduce historical construction cost into cost estimate of public construction projects from 2004. This paper presents analytic criteria and a process model for deducing more current and reasonable historical construction cost for contract items from not only previous contract prices but also all of the other bid prices that were not contracted. The procedure of estimating actual unit cost proposed in this paper focuses on the removal of abnormal values including strategically too low or high prices and the time correction. In addition, basic research is conducted for the correction of actual unit cost through the analysis of fluctuation of bid price depending on bidding types and rates of successful bid. It is anticipated that the effective use of the proposed process model for estimating actual unit cost would make the cost estimation more current and reasonable.

Keywords : Historical Construction Cost, Actual Unit Cost, Bid Price, Cost Estimation
