

재개발 · 재건축 사업 초기 단계의 공사비 예측에 관한 연구

A Study on the Prediction of Construction Cost on Redevelopment and Reconstruction Project at the Early Stage

이진규 Lee Jinkyu¹⁾

Abstract

Recently, as construction projects have gradually become large-size and complex, uncertain factors have increasing. therefore, it is important to predict and understand about cost at early stage of construction projects which will be provided during construction phase to carry out the projects successfully. Therefore, in this study, the redevelopment and reconstruction project at a reasonable and predictable construction cost, the redevelopment and reconstruction project so that you can influence construction cost and the cost of the material factors, 62 are gathered and entered into the regression analysis. The cost of the construction was to build predictive models using the regression formula. The model developed in this study can estimate construction cost, present the range of construction cost, and judge the appropriateness of the estimated cost. The results can be used as an objective basis in the early Stage, therefore can be effectively used by the customer for budget-related decisions.

Keywords: Early Stage, Redevelopment and Reconstruction Project, Construction Cost, Regression Analysis

I. 서론

1. 배경 및 목적

공동주택 건설사업은 구체적인 사업의 규모가 결정되고 총사업비가 확정되기 전까지 사업의 타당성 조사, 기획 업무, 계획 설계, 실시 설계 등의 다양한 절차가 진행된다.²⁾ 사업 기획 업무까지의 초기 단계에서는 공동주택의 규모에 따라 예정 공사비를 산출하

여 투입 비용과 분양 수익을 비교함으로써 사업 추진의 여부가 결정되며, 계획 및 실시설계의 단계에서는 공동주택의 세부 조건을 활용하여 공동주택의 세부적인 도면과 내역서를 작성함으로써 공사비를 예측하게 된다.

따라서 기획 업무까지 초기 단계에서 정확한 공사비 예측은 발주자의 사업 추진 의사결정을 지원하고 사업의 추진 방향을 결정할 수 있게 해줄 뿐만 아니라 향후 실제 투입 공사비에 대한 정보를 제공함으로써

1) (주)백영 부동산개발팀 차장, 경영학 박사 | Ph. D. Dept. of Business Administration, Deputy General Manager, Real Estate Development Team, Baekyoung Corporation Limited | civil3633@hanmail.net

2) 「건축법」 제19조 제9항에 따른 건축물의 설계도서 작성 기준에서는 건설사업의 설계 단계를 기획 업무, 계획 설계, 중간설계, 실시설계, 사후 설계관리 업무의 5단계로 구분하고 있음.

효율적인 예산 수립을 가능하게 한다. 기획 업무 단계에서는 공동주택의 도면 및 내역서가 산출되기 이전의 단계로 공사비 예측을 위한 가용 정보가 부족하게 되고, 따라서 공사비 예측에 한계가 나타난다. 또한 공사비 예측 기준이 모호해짐에 따라 기획 업무 단계에서 제시되는 예정 공사비에는 현실성이 결여된다.

이러한 이유로 공사비 예측과 관련된 다양한 방식의 연구가 이루어져 왔으며 현재에도 예측 정확도 향상을 위한 연구가 이루어지고 있다. 초기에는 단위 기준에 의한 공사비 예측방법(Square Foot Price)이 사용되었고, 이후 컴퓨터를 이용한 회귀분석기법(Regression Analysis), 인공신경망(Neural Networks), 사례기반추론(Case Based Reasoning: CBR), 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm), 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo Simulation), 전문가 시스템(Expert System) 등이 공사비 예측방법으로 사용되고 있다.

회귀분석은 종속변수와 독립변수 간에 선형관계가 있는 공사비 예측 분야에서 가장 많이 사용하고 있으며, 사업 개요 수준의 소수 입력 데이터만으로도 비교적 정확한 개략 공사비를 산정할 수 있다. 특히 불필요한 변수는 제외하고 필요한 변수만 선택 가능한 장점이 있다. 인공신경망은 적절한 제어변수를 찾는 과정에서 시행착오적인 방법으로 반복될 수 있다. 사례기반추론은 충분한 데이터의 수가 존재해야 하고, 가중치를 결정하는 과정이 명확히 정립되지 못한다는 단점이 있다(김성희 2011).

이에 본 논문에서는 적용 범위가 넓고, 불필요한 변수는 제외 가능하며 분석이 용이하여 경험과 지식이 부족한 재개발·재건축사업의 발주자들도 쉽게 이해하고, 사용할 수 있는 회귀분석을 사용한 공사비 예측모형을 개발하기로 하였다. 기존의 공사비 예측과 관련된 연구는 대부분 공공시행 및 민간시행 부

분의 연구에 국한되어 왔으며, 재개발·재건축조합에 의한 공동주택 건설사업의 공사비 예측에 관련된 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 특히 서울시에서는 재개발·재건축조합에 의한 공동주택 발주량이 전체 공동주택 발주량의 90% 이상의 비중을 차지하고 있으며, 서울시의 공간적인 한계로 인해 전체 발주량에서 차지하는 비중이 증가하고 있는 추세다.

따라서 재개발·재건축사업의 공사비 예측은 필히 검토되어야 할 항목이다. 이에 본 논문에서는 서울시의 지역적 특성을 고려하여 재개발·재건축사업의 초기 단계에서 정확한 공사비의 예측을 위해 회귀분석을 통한 공사비 예측모형을 구축하여 보다 신뢰성 있고, 합리적인 재개발·재건축사업의 공사비 예측기법 제시를 연구 목적으로 한다.

2. 범위 및 방법

본 논문에서는 재개발·재건축사업의 사업 시행인가 시점까지의 초기 단계에서 공동주택 및 부대복리시설의 건설을 위해 산정되는 총공사비 중에서 일반 관리비와 이윤을 제외한 순공사비의 예측으로 연구의 범위를 한정한다. 공사비에 영향을 미치는 영향인자를 추출하고, 예측모형을 구축하기 위한 실적 자료는 서울시내 재개발·재건축사업으로 대상을 한정하여 수집하였다.

연구의 흐름과 연구방법은 다음과 같다.

첫째, 재개발·재건축사업 초기 단계에서의 공사비 예측모형을 제시하기 위해서 2010년 1월 1일에서 2013년 12월 31일까지 한국건설기술관리협회에 「주택법」 제24조 제6항의 규정에 의하여 공동주택 감리자 선정을 위해 등록된 재개발·재건축사업 공사비 자료를 수집한다.³⁾ 수집된 공사비 자료는, 지역

3) 「주택법」 제24조에 의하여 사업 주체가 사업계획 승인권자의 지정을 받은 감리자에게 지급하는 주택건설공사 감리비 기준.

은 서울시로 동일하나 시기가 다르므로 2013년 12월을 기준으로 공사비 시점을 통일시키기 위해, 62개 사례의 공사비 자료에 건설공사비지수(주거용 건물)를 적용하였다. 건설공사비지수는 한국건설기술연구원에서 제시한 자료를 활용하였고, <표 1>은 2010년에서 2013년까지의 월별 공사비지수를 정리한 것이다.

둘째, 선행연구 검토를 실시하여 기존 연구의 한계점과 본 연구의 독창성과 합리성을 제시한다.

셋째, 서울시내 각 구청에서 수집한 사업시행 인가서와 서울시 재개발·재건축클린업시스템에서 정보 공개한 재개발·재건축공사 현황 자료에서 공동주택 및 부대복리시설의 개요, 기부채납시설의 종류와 규모 등을 파악하여 회귀분석에 사용될 독립변수를 선정한다.

넷째, 독립변수와 종속변수의 변동 요인을 분석하기 위해 통계분석 프로그램인 SPSS 20.0에서 상관분석, 요인분석, 신뢰도분석, 다항회귀분석, 다중회귀분석을 실시하여 여러 가지 유형의 공사비 예측모델을 도출한다.

다섯째, 회귀식을 이용한 재개발·재건축사업 초기 단계의 공사비 예측모델의 신뢰성을 확보하기 위해 2014년 1월에서 2014년 8월까지 관리처분총회에서 확정되어 시공사와 계약된 총 8개의 서울시내 재개발·재건축사업의 공사비를 검증 대상 공사비로 활용하여 예측모델을 통해 산출한 예측 값과의 차이

를 비교하여 예측모델을 검증한다.

여섯째, 재개발·재건축사업의 초기 단계 공사비 예측모델의 실무에 대한 적용 가능성과 유용성을 제시한다.

II. 선행연구

1. 선행연구 검토

재개발·재건축사업의 공사비 예측에 관한 선행 연구는 미미한 실정이므로 공동주택 공사비와 일반 건축물의 공사비 예측에 관한 선행연구를 연구자별 예측방법으로 정리하여 <표 2>와 같이 검토해 보았다. 공동주택 공사비와 일반 건축물의 공사비 예측기법은 회귀분석, 몬테카를로 시뮬레이션, 인공신경망, 사례기반추론, 유전자알고리즘 등의 다양한 종류의 예측방법이 공사비 예측기법으로 사용되고 있다.

이학기(1995)는 ‘고층사무소 건물의 공사비 예측을 위한 혼합형 기법의 개발에 관한 연구’에서 수량개산법, 조건대응법, 단위면적법 등 단위 기준을 이용한 예측모델을 연구하였다. 연면적을 독립변수로 설정하고 콘크리트, 거푸집, 철근, 철골을 종속변수로 하여 물량을 예측하는 단순회귀식을 이용한 예측모델을 개발하였다. 20개의 공사비 자료를 바탕으로 하여 예측모델을 개발하였고, 오차율은 10%에서 40%로 나타났다.

표 1 _ 연도별 건설공사비지수(주거용 건물)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2010년	96.42	96.54	97.30	98.17	98.88	98.53	98.54	98.53	99.96	100.15	100.30	100.74
2011년	101.89	102.75	103.96	104.54	104.81	104.72	105.48	105.75	107.02	107.21	107.13	107.11
2012년	108.35	108.62	109.17	109.35	109.22	108.88	108.58	108.51	110.59	110.27	107.23	109.95
2013년	111.45	111.79	111.33	111.15	110.82	110.85	110.75	110.82	112.98	112.87	112.73	113.19

주: 2010년 평균=100.

자료: 한국건설기술연구원(2014년 6월 보도자료).

표 2 _ 연구자별 예측방법

저자	연도	예측방법
이학기	1995	단위 기준을 이용한 단순회귀식 예측모델
김기홍	2003	확률적 시뮬레이션을 이용한 공사비 예측모델
이유섭	2003	비용모델지수를 적용한 공사비 예측모델
안성훈, 강경인	2005	회귀분석과 전문가 지식을 활용한 가중치모델
전석한, 최인성	2005	단순회귀식을 이용한 공종별 공사비 예측모델
윤우성 외	2009	단위 기준을 이용한 실적공사비 예측모델
현창택, 문현석	2010	사례기반추론(CBR)에 의한 다중회귀분석 및 Prediction Interval을 이용한 공사비 추정모델
김성희	2011	입력변수의 표준화를 통한 회귀분석 예측모델
이현수 외	2012	사례기반추론(CBR)에 의한 공사비 예측모델

김기홍(2003)은 ‘건축프로젝트 기획 단계에서의 설계 의사결정을 위한 확률적 공사비 계획 모델에 관한 연구’에서 발주자가 예산의 범위 내에서 효율적인 설계를 할 수 있는 공사비 예측모델을 개발하였다. 확률적 시뮬레이션을 이용한 건적기법을 사용하고 공사비지수를 반영하여 공사비 자료의 데이터베이스를 구축하였다. 공사비 예측모델을 검증한 결과 오차율이 3.67%, 2.86%, 6.62%로 나타났다.

이유섭(2003)은 ‘코스트 중요 항목 분석을 통한 공사비 예측모델 연구’에서 건설공사의 비용 결정에 중요한 영향을 미치는 작업 내용을 규명하여 정확성을 유지하면서 단순 간결한 코스트 예측모델을 제안하고 검증하였다. 연구 내용을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 아파트 건축공사에 소요되는 비용의 분포를 분석한 결과 80% 대 20%의 관계가 형성되고 있음을 알 수 있었다. 둘째, 비용 중요 항목이 차지하는 코스트 비중은 전체 비용 대비 평균 88.14%을 차지하고 있으며, 이들 비중의 변동계수를 살펴보면 1.605%로 매우 안정된 편차를 보이고 있다. 셋째, 비용 중요항

목에 소요되는 비용을 산정하여 모델지수와 곱하여 총비용을 예측한 결과를 기존 내역 모델을 통해 예측된 결과치와 비교 분석한 결과 평균 1.842%의 편차를 보이고 있으며, 변동계수도 1.125%로 코스트 모델의 유효성이 높은 것으로 나타내고 있다.

안성훈, 강경인(2005)은 ‘공동주택의 지하주차장 공사비 예측에 관한 연구’에서 회귀분석을 이용한 공동주택 지하주차장 공사비 예측모델을 구축하기 위하여 수집된 26개의 지하주차장 실적자료 중 21개를 이용하여 회귀분석을 실시하였으며, 나머지 5개는 검증자료로 사용하였다. 검증 결과, 예측값의 평균 오차율은 12.23%이고 오차율의 범위는 최소 0.42%에서 최대 26.73%다.

전석한, 최인성(2005)은 ‘실적공사비 산정 시스템에 관한 연구’에서 공사비 예정 가격을 추정하기 위하여 철근콘크리트조 공동주택(판상형)을 대상으로 하여 수집한 자료(1999~2004년)를 회귀분석하고 다음과 같은 결론을 도출하였다. 첫째, 각 공종별 공사비 산정 모형을 분석한 결과 조적공사, 방수공사, 석공사, 수장공사, 창호공사, 가구공사는 실행 금액 외에 다른 변수에 영향을 받지 않아 면적 및 공사 기간에 대한 특별한 보정이 필요 없는 공종으로 나타났다. 둘째, 위의 6가지 이외의 공종은 건축면적, 연면적, 층수에 영향을 받는 것으로 나타났다. 그 외에 유리공사의 경우에는 도급금액이 실행금액보다 일반적으로 높게 나타났으며, 이는 자재 파손으로 인한 손실 비용이 큰 공사이므로 예산 산정 시 일반적으로 평균 가격보다 높은 것으로 확인되었다.

윤우성 외(2009)는 ‘실적공사비 분석을 통한 공동주택 공사비 추정에 관한 연구’에서 LH공사에서 발주하여 2004년부터 2007년까지 준공된 각 지역별 23개의 공동주택을 연구대상으로 선정하고, 실제 투입 및 정산된 실적공사비를 분석하였다. 분석 항목으로는 주요 직접비 항목인 공통기설, 건축, 토목, 기계

설비 4개의 공종을 대상 공종으로 하였으며, 물가상승률을 고려한 경상가 기준의 투입 공사비를 준공연도, 지역, 연면적, 분양 방식별로 분류하고, 이에 따른 3.3m²당 실적공사비를 각 공종별로 비교 분석하여 평균 실적공사비를 토대로 한 공사비 산정을 위한 회귀식을 제시하였다.

현창택, 문현석(2010)은 ‘공공업무시설의 기획단계 공사비 및 공사비 범위 추정모델 개발’에서 사례기반추론에 의한 다중회귀분석 및 Prediction Interval을 이용하여 공공업무시설의 공사비 및 공사비 범위 추정모델을 개발하였다. 6개의 수량적 요인을 기반으로 하고, 건물의 구조형식에 따른 공사비의 비교를 통해 공사비 추정모델을 개발하였다. 50개의 공공업무시설 사례를 기반으로 하여 공사비 예측모델을 구축하였다. 개발된 추정모델의 검증결과, 공사비 추정값에 대한 오차율은 최소 -7.46%에서 최대 6.27%로 나타났으며, 예측 구간 공사비와 구간 추정 공사비는 모두 실제 공사비를 포함하고 있는 것으로 나타났다.

김성희(2011)는 ‘택지개발사업의 공공주택 건설 공사비 추정의 실증적 분석’에서 SH공사에서 2007년부터 2008년까지 설계된 총 20개 공공아파트 단지를 사례로 하여 회귀분석을 실시하였다. 사례의 대표성 및 설명력을 높이기 위해 건축, 기계, 토목, 승강기, 조정, 전기, 통신공사의 단지 내 총공사금액을 합산하여 1개 표본으로 활용하였다. 또한 모형의 적합성과 실제 활용도를 높이기 위해 총공사비를 설계, 계약, 준공금액으로 구분하여 분석을 다양화하였다. 개발모형을 실제 공사비와 검증한 결과 총공사비를 준공, 설계 금액으로 설정한 추정모델은 오차율 2% 이내의 매우 우수한 결과를 보였다.

이현수 외(2012)는 ‘공공아파트 프로젝트 기획단계 공사비 산정시스템 개발에 관한 연구’에서 국내 공공아파트 프로젝트 초기 단계에서 적절한 공사비를 산정하고 관리할 수 있는 시스템을 사례기반추론

을 이용하여 공공발주기관으로부터 수집한 66개의 공공아파트 프로젝트 사례와 함께 개발하였다. 시스템의 유효성을 검증한 결과, 예측 오차율의 평균은 6.15%, 표준편차는 4.39%로 나타났다.

2. 본 연구의 차별성

공동주택 공사비 예측에 관한 연구는 다양한 종류의 연구가 진행되어 왔다. 연구자별로 적용 단계, 실적자료, 예측기법, 연구방법이 각기 다르므로 개별적인 장단점을 가지고 있다. 기존 연구들을 분석한 결과, 이전에 연구된 예측모델이 모두 적용 대상을 공공발주와 민간발주 부문에만 집중하고 있으며, 지역적 특성을 고려한 재개발·재건축사업의 공사비에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있다는 사실을 알 수 있었다. 또한 기존의 연구자들이 연구방법에서 제시한 공사비 예측모델이 너무 이론적이고, 실무에 적용하기가 어려워 재개발·재건축사업의 발주자들에게 실용적인 면이 부족하였다.

특히, 재개발·재건축사업 초기 단계의 다양한 사업 조건들의 변화에 능동적으로 대처하고, 사업 조건을 변경하면서 예산을 산정하여 사업 추진 여부를 결정할 수 있는 공사비 예측모델의 개발이 요구된다. 본 논문에서는 이러한 부분을 반영하여 재개발·재건축사업의 초기 단계에서 재개발·재건축조합의 발주자들이 사업개요 수준의 공사 현황 자료에서 추출하여 사용할 수 있는 독립변수 18개를 사용하여 신속한 의사결정이 필요한 사업 타당성 검토 및 사업수지 분석 등에 효율적으로 사용할 수 있는 재개발·재건축사업의 공사비 예측모델을 제시하였다.

3. 연구자별 독립변수 분석

공동주택 건설사업의 정확한 공사비 예측은 사업의

표 3 _ 연구자별 사용한 독립변수

연구자	연도	독립변수
이학기	1995	대지면적, 연면적, 건축면적, 용적률, 건폐율, 지상층수, 지하층수, 구조형식
김기홍	2003	대지면적, 용적률, 건폐율, 법정주차대수
이유섭	2003	공사비 내역서
안성훈 강경인	2005	연면적, 최고층수, 총세대수, 평균평형, 지역, 지하층활용, 마감수준, 기초형태, 지붕형태
전석한 최인성	2005	건축면적, 연면적, 층수, 공사기간
윤우성 외	2009	연면적
현창택 문현석	2010	대지면적, 지상연면적, 지하연면적, 건축면적, 건폐율, 용적률, 지하층수, 지상층수
김성희	2011	연면적, 대지면적, 건축면적, 건폐율, 용적률, 평균층수, 지하층수, 동수, 총세대수, 평균평수, 주차장면적
이현수 외	2012	연면적, 건축면적, 동수, 총세대수, 조정면적, 건폐율, 지하주차장면적, 부대복리시설연면적, 지하층면적, 대지면적
이진규	2014	사업면적, 기부채납면적, 대지면적, 연면적, 건축면적, 지하층면적, 지상층면적, 건폐율, 용적률, 지하층수, 지상층수, 동수, 세대수, 전채공기, 조정면적, 녹지율, 주차대수, 기부채납비율

수익성과 불가분의 관계에 있으며 사업 초기 단계에서 정확한 공사비 예측은 사업 전체의 성패를 결정한다. 이에 여러 연구자가 다양한 독립변수로 연구를 진행했다. 선행연구와 본 연구에서 사용한 독립변수는 <표 3>과 같다.

III. 공사비 예측모델

1. 분석 모형

1) 다항회귀분석

회귀분석이란 독립변수(x)를 지정해서 그 독립변수에 대응해서 변화하는 종속변수(y)의 값을 추정하는

방법이다. 통계학에서는 비선형적인 요소가 강한 자료에는 단순회귀분석보다 다항회귀분석을 주로 이용한다(위영민 2009). 일반적인 2차 다항회귀 모델은 <식 1>과 같이 정의된다.

$$y = \alpha + \beta x + \gamma x^2 \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

α, β, γ 는 2차 회귀분석 모델 계수다.

2) 다중회귀분석

다중회귀분석은 하나의 종속변수와 여러 독립변수 사이의 관계를 분석하는 것을 말한다. 종속변수가 연속형인 경우, 기본적으로 고려되는 회귀모형은 선형회귀다. 분석대상이 되는 자료는 n개의 관찰 개체들로부터 얻은 종속변수 y와 p(≥2)개의 독립변수 x_1, x_2, \dots, x_p 에 대한 관찰값으로 구성된다. 여기서 변수 y와 x_1, x_2, \dots, x_p 와의 관계는 <식 2>와 같이 정의된다.

$$y_i = \alpha + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + \epsilon_i \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

모수($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$)는 회귀계수라고 부르는 상수다. y_i 는 주어진 설명변수 x를 포함한 회귀모형식의 i번째의 반응값을 나타낸다. ϵ_i 는 서로 독립이고 정규분포 $N(0, \sigma^2)$ 를 따르는 오차항이다. 회귀계수 β_i 가 가지는 의미는 x_i 를 제외한 다른 독립변수의 값이 일정하다면 x_i 가 1단위 변화했을 때 y가 변하는 변화량의 크기를 나타낸다(김현철 2009).

2. 공사비 자료에 대한 개요

재개발·재건축사업의 공사비 예측모델을 개발하기 위하여 2010년 1월 1일에서 2013년 12월 31일까지

표 4 _ 지역별 공사비 자료 분석

지역	현장	지역	현장
강남구	5개	서대문구	3개
강동구	4개	서초구	4개
강서구	3개	성동구	2개
관악구	2개	성북구	2개
광진구	1개	양천구	5개
구로구	3개	영등포구	7개
금천구	1개	용산구	1개
노원구	3개	은평구	3개
동대문구	3개	종로구	1개
마포구	6개	중랑구	3개

주 : 1) 연도별 : 2010년 15개, 2011년 23개, 2012년 12개, 2013년 12개, 총 62개.
 2) 조합별 : 재개발조합 25개, 재건축조합 37개.

한국건설기술관리협회에 등록된 총 62개의 재개발·재건축사업 공사비 자료를 <표 4>와 같이 수집하였다.

재개발·재건축사업의 착수 시기가 공사비에 미치는 영향을 고려하여, 본 논문에서는 재개발·재건축사업의 감리자 선정 시점을 착수 시기로 정하고 2010년 1월 1일에서 2013년 12월 31일까지의 서울시내 재개발·재건축사업의 공사비 자료를 한정한 것으로, 시기에 따라 공사비의 편차가 발생하므로 월별 건설공사비지수를 사용하여 보정공사비로 예측 모델을 개발하였다.

3. 변수의 구성

재개발·재건축사업의 공사비 예측모형을 구축하기 위해서는 재개발·재건축사업의 공사비 결정에 영향을 미치는 여러 가지 형태의 독립변수들을 선정해야 한다. 공동주택 공사비에 영향을 미치는 독립변수들에 대해서는 그동안 많은 연구가 이루어졌지만 재개발·재건축사업에 국한된 공사비 결정에 영향을 미치는 독립변수들에 대해서는 연구된 적이 없다.

이에 재개발·재건축사업의 초기 단계인 기획 업

표 5 _ 변수의 구성

구분	기호	변수명	단위	변수 정의	
종속 변수	Y	공사비	천 원	일반 관리비와 이윤을 제외한 순 공사비	
	X1	사업면적	m ²	전체 사업구역 면적	
	X2	기부채납면적	m ²	도로, 공원, 녹지, 시설부지	
	X3	대지면적	m ²	공동주택 대지면적	
	X4	연면적	m ²	공동주택 연면적 + 부대복리시설 연면적	
	X5	건축면적	m ²	지상 1층 바닥 면적의 합	
	X6	지하층면적	m ²	지하 부분 전체면적	
	X7	지상층면적	m ²	지상 부분 전체면적	
	X8	건폐율	%	건축면적/대지면적	
	X9	용적률	%	지상층 연면적/대지면적	
	독립 변수	X10	지하층수	층	단지 내 최하층 기준
		X11	지상층수	층	단지 내 최상층 기준
		X12	동수	동	단지 내 주동 기준
		X13	세대수	세대	단지 내 전체 세대수
		X14	전체 공기	월	전체 공사 기간
		X15	조경면적	m ²	단지 내 조경면적
		X16	녹지율	%	조경면적/대지면적
		X17	주차대수	대	지상주차대수 + 지하주차대수
X18		기부채납비율	%	기부채납면적/사업면적	

무에서 수립되어 사업 시행인가 신청서에 기재되는 사업개요를 분석하여 독립변수 18개(사업면적, 기부채납면적, 대지면적, 연면적, 건축면적, 지하층면적, 지상층면적, 건폐율, 용적률, 지하층수, 지상층수, 동수, 세대수, 전체 공기, 조경면적, 녹지율, 주차대수, 기부채납비율)를 선정하여 <표 5>와 같이 1개(공사비)의 종속변수와 18개의 독립변수를 사용하여 재개발·재건축사업 공사비 예측모형을 구성하였다.

4. 예측모형의 구성

공사비를 예측하기 위한 회귀분석법은 독립변수의 차수에 따라 다항회귀분석, 다중회귀분석으로 구분

되며, 입력방식에 따라서 입력선택법, 단계선택법, 제거법, 후진제거법, 전진선택법의 5가지로 구분된다(송지준 2012).

그러나 제거법은 모형이 구축된 이후에 사용이 가능한 방법으로 이를 제외한 4가지 입력방법으로 62개의 재개발·재건축사업 공사비자료의 18개 독립변수에 대한 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석 결과 18개의 독립변수 사이에 다중공선성이 발견되었고, 공선성 검정 결과 통계학적으로 유의하지 않게 도출된 독립변수가 존재하여 이러한 입력방식의 분석 결과는 예측모형에서 제외하였다.

IV. 공사비 실증분석

1. 기술통계량

62개 공사비 자료를 분석하여 종속변수와 독립변수의 최솟값, 최댓값, 평균, 표준편차를 산출하면 <표 6>과 같다.

2. 상관분석

다중회귀분석에 사용되는 종속변수와 독립변수의 상호 관계를 살펴보기 위하여 상관분석을 실시하였다. 상관분석은 서로 관련성이 있다고 예상되는 2개

표 6 _ 기술통계량

구분	변수명	최솟값	최댓값	평균	표준편차	수량
종속변수	공사비(Y)	2182950	740592036	1.35E8	1.637E8	62
독립변수	X1	1022	283261	41661.92	53776.415	62
	X2	0	71539	8075.62	12618.215	62
	X3	1022	201714	32654.22	40443.933	62
	X4	2155	716960	127994.86	158925.961	62
	X5	382	39865	7042.17	8814.955	62
	X6	15	259084	45294.31	57719.774	62
	X7	2140	475906	82702.23	101700.888	62
	X8	14.24	43.40	24.1931	6.69176	62
	X9	198.02	397.91	245.4232	36.20919	62
	X10	1	6	2.60	1.194	62
	X11	7	56	21.37	9.151	62
	X12	1	63	9.92	11.984	62
	X13	24	4047	735.26	876.108	62
	X14	11	44	27.94	7.824	62
	X15	162	80101	12578.57	16923.051	62
	X16	15.14	48.25	33.10	8.09624	62
	X17	23	5857	1036.26	1300.638	62
	X18	0	37.65	12.75	9.817	62

의 변수에 대하여 선형적으로 얼마나 연관이 있는지 알아보는 분석이다. 1개의 변수가 증가할 때 다른 변수도 증가하는 경향을 보일 때 2개의 변수들 사이에는 양의 상관관계가 존재한다고 말하고, 1개의 변수가 증가할 때 다른 변수는 감소하는 경향을 보일 때 2개의 변수 사이에는 음의 상관관계에 있다고 분석한다.

본 논문에서는 가장 보편적인 피어슨 상관계수를 이용하였다. 피어슨 상관계수를 이용한 분석 결과 <표 7>과 같이 X8:건폐율(-0.301)을 제외하 나머지 17개의 독립변수가 모두 종속변수에 대하여 양의 상관관계에 있는 것으로 나타났고, 독립변수 중에서 X4:연면적(0.996), X7:지상층면적(0.995), X17:주차대수(0.994), X6:지하층면적(0.989), X13:세대수(0.987) 등의 순으로 Y:종속변수(공사비)와의 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 연면적(0.996)이 가장 높은 상관관계를 보이는 것으로 나타나 연면적으로 다항회귀분석을 실시하여 다중회귀분석의 결과와 비교, 검토하기로 하였다. 그러나 연면적만으로 분석한 다항회귀분석 예측모델은 종전의 단위 기준에 의한 공사비 예측방법과 마찬가지로 공사비와 높은 상관관계를 가지고 있는 지상층면적, 주차대수, 지하층면적, 세대수 등의 다른 독립변수들에 대해 고려하지 않아 그 한계점을 가지고 있다고 판단된다.

3. 요인분석 및 신뢰도분석

회귀분석에 앞서 독립변수들의 상관관계가 다른 독립변수에 의해 설명되는 정도를 알아보기 위해 요인분석(주성분 분석, KMO와 Bartlett의 검정)을 실시하였다.

독립변수 상호 간의 중복성 문제를 해소하고 독립변수들이 어떠한 요인으로 구성되었는가를 알아내기 위하여 주성분 분석을 실시하였으며 이를 근거로 공사비에 미치는 주요한 요인을 분석하였다. 다음 <표 8>은 주성분 분석 결과로 공사비에 영향을 미치는 성분은 총 2개의 주성분군을 형성하였다.

제1주성분은 공동주택의 규모를 나타내는 정량적인 독립변수로 X12(동수), X1(사업면적), X15(조정면적), X3(대지면적), X5(건축면적), X13(세대수), X7(지상층면적), X4(연면적), X17(주차대수), X6(지하층면적), X2(기부채납면적)이며 이때 고유치는 10.550이고, 기여율은 58.611% 이었다.

제2주성분은 건축법상 공동주택의 규모를 제한 독립변수로 X14(전체공기), X11(지상층수), X8(건폐율), X16(녹지율), X10(지하층수), X9(용적률), X18(기부채납비율)이며 고유치는 4.653이고, 기여율은 25.852%로 나왔다. 2개 요인군의 누적기여율이 84.46%를 보여 이들 2개 주성분군으로 대부분의 분산을 설명하는 것이 가능하다고 판단된다.

Kaiser-Meyer-Olkin⁴⁾는 독립변수들 간의 상관관계가 다른 독립변수에 의해 설명되는 정도를 나타내는 값이다. 이 값이 적으면 요인분석을 위한 변수들의 선정이 좋지 못함을 나타내는 것이다(송지준 2012). KMO와 Bartlett의 검정 분석 결과 <표 9>와 같이 KMO값이 0.877로 꽤 좋은 편으로 나타났다.

분석 모형의 적합성 여부를 나타내는 Bartlett의 구형성 검정치(Sphericity)는 3674.258이고, 유의확률이 0.000이므로 공통 요인이 존재하는 것으로 나타났다. 회귀분석에 앞서 독립변수의 신뢰도를 분석한 결과 크로바하 알파 값이 0.829로 일반적인 수용 기준인 0.6 이상을 충족시켰다(송지준 2012).

4) Kaiser-Meyer-Olkin(KMO)는 변수들 간의 상관관계가 다른 변수에 의해 설명되는 정도를 나타내는 값임. 일반적으로 KMO의 값이 0.9 이상이면 상당히 좋은 것이고, 0.80~0.89 꽤 좋은 편, 0.70~0.79 적당한 편, 0.60~0.69 평범한 편, 0.50~0.59 바람직하지 못한 편, 0.5 미만이면 받아들일 수 없는 수치로 판단함.

표 7 _ 피어슨 상관분석 결과

구분	변수	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	
상 관 계 수	Y	1	.976	.895	.985	.996	.977	.989	.995	-.301	.228	.514	.519	.967	.987	.598	.984	.576	.994	.517	
	X1	.976	1	.946	.994	.978	.973	.956	.986	-.294	.135	.461	.441	.986	.989	.538	.989	.547	.972	.531	
	X2	.895	.946	1	.910	.896	.922	.868	.907	-.193	.130	.472	.393	.919	.912	.467	.904	.488	.884	.625	
	X3	.985	.994	.910	1	.989	.970	.972	.993	-.317	.140	.455	.452	.988	.994	.554	.994	.549	.985	.499	
	X4	.996	.978	.896	.989	1	.973	.995	.998	-.304	.215	.495	.508	.970	.990	.581	.988	.566	.998	.503	
	X5	.977	.973	.922	.970	.973	1	.956	.978	-.206	.168	.508	.408	.967	.976	.535	.967	.528	.962	.524	
	X6	.989	.956	.868	.972	.995	.956	1	.987	-.299	.230	.513	.528	.952	.975	.587	.974	.562	.995	.488	
	X7	.995	.986	.907	.993	.998	.978	.987	1	-.306	.206	.482	.495	.975	.994	.574	.991	.566	.995	.509	
	X8	-.301	-.294	-.193	-.317	-.304	-.206	-.299	-.306	1	-.301	-.434	-.617	-.276	-.320	-.683	-.299	-.609	-.310	-.445	
	X9	.228	.135	.130	.140	.215	.168	.230	.206	-.301	1	.330	.676	.092	.170	.544	.146	.290	.222	.276	
	X10	.514	.461	.472	.455	.495	.508	.513	.482	-.434	.330	1	.503	.445	.482	.731	.443	.599	.486	.674	
	X11	.519	.441	.393	.452	.508	.408	.528	.495	-.617	.676	.503	1	.382	.472	.819	.451	.628	.527	.533	
	X12	.967	.986	.919	.988	.970	.967	.952	.975	-.276	.092	.445	.382	1	.980	.511	.981	.508	.962	.490	
	X13	.987	.989	.912	.994	.990	.976	.975	.994	-.320	.170	.482	.472	.980	1	.568	.993	.574	.985	.522	
	X14	.598	.538	.467	.554	.581	.535	.587	.574	-.683	.544	.731	.819	.511	.568	1	.535	.709	.582	.623	
	X15	.984	.989	.904	.994	.988	.967	.974	.991	-.299	.146	.443	.451	.981	.993	.535	1	.569	.986	.481	
	X16	.576	.547	.488	.549	.566	.528	.562	.566	-.609	.290	.599	.628	.508	.574	.709	.569	1	.565	.643	
	X17	.994	.972	.884	.985	.998	.962	.995	.995	-.310	.222	.486	.527	.962	.985	.582	.986	.565	1	.489	
X18	.517	.531	.625	.499	.503	.524	.488	.509	-.445	.276	.674	.533	.490	.522	.623	.481	.643	.489	1		
유 의 확 률	Y	.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.009	.038	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	X1	.000	.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.010	.148	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	X2	.000	.000	.	.000	.000	.000	.000	.000	.066	.157	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	X3	.000	.000	.000	.	.000	.000	.000	.000	.006	.139	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	X4	.000	.000	.000	.000	.	.000	.000	.000	.008	.046	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	X5	.000	.000	.000	.000	.000	.	.000	.000	.054	.095	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	X6	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.	.000	.009	.036	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	X7	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.	.008	.054	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	X8	.009	.010	.066	.006	.008	.054	.009	.008	.	.009	.000	.000	.015	.006	.000	.009	.000	.007	.000	
	X9	.038	.148	.157	.139	.046	.095	.036	.054	.009	.	.004	.000	.237	.093	.000	.130	.011	.041	.015	
	X10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	X11	.000	.000	.001	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	X12	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.015	.237	.000	.001	.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	X13	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.093	.000	.000	.000	.	.000	.000	.000	.000	.000	
	X14	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.	.000	.000	.000	.000	
	X15	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.009	.130	.000	.000	.000	.000	.000	.	.000	.000	.000	
	X16	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.011	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.	.000	.000	
	X17	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.007	.041	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.	.000	
X18	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.015	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.		

표 8 _ 회진된 성분행렬

입력변수	성분	
	1	2
X12	0.969	0.191
X1	0.965	0.239
X15	0.964	0.238
X3	0.964	0.246
X5	0.958	0.225
X13	0.956	0.275
X7	0.955	0.283
X4	0.949	0.292
X17	0.942	0.298
X6	0.931	0.306
X2	0.908	0.214
X14	0.343	0.870
X11	0.247	0.850
X8	-0.090	-0.764
X16	0.395	0.715
X10	0.329	0.688
X9	-0.024	0.677
X18	0.384	0.644
고유치 (eigenvalue)	10.550	4.653
기여율(%)	58.611	25.852
누적기여율(%)	58.611	84.463

4. 다항회귀분석 예측모델

연면적(x4)과 공사비(y)의 최적회귀모형을 구하기 위하여 SPSS를 통한 회귀식별 추정 모형값은 <표 10>과 같으며, 산점도와 함수곡선은 <그림 1>과 같다. 1차 모형을 제외한 2가지의 추정모형이 모두 공사비의 변화를 설명하는 데 유의확률이 통계학적으로 적합하지 않은 것으로 나타났으며 (p>0.05), R² 및 수정 R²값은 3가지 모형 모두 같은 결과(R² = 0.993)로 나타났다.

최적의 모형은 1차 모형(p < 0.05, R² = 0.993)으로 나타났고, 1차 모형을 다항회귀분석 예측모델로 채

표 9 _ 요인분석(KMO와 Bartlett의 검정)

구분	결과	
표준형성 적절성의 Kaiser-Meyer-Olkin 측도	0.877	
Bartlett의 구형성 검정	근사카이제곱	3674.258
	자유도	153
	유의확률	0.000
	항목	X1~X18
	수량	62

택하였다.

분석 결과 도출된 회귀식은 다음과 같다.

(1차 모형) $Y = 3825608.152 + 1026.271X4$

(2차 모형) $Y = 1866648.168 + 1060.917X4$

(3차 모형) $Y = -835858.818 + 1145.455X4$

5. 다중회귀분석 예측모델

입력선택법, 단계선택법, 전진선택법의 3가지 입력 방법으로 62개의 재개발·재건축사업 공사비자료

그림 1 _ 연면적에 의한 공사비 산점도와 함수곡선

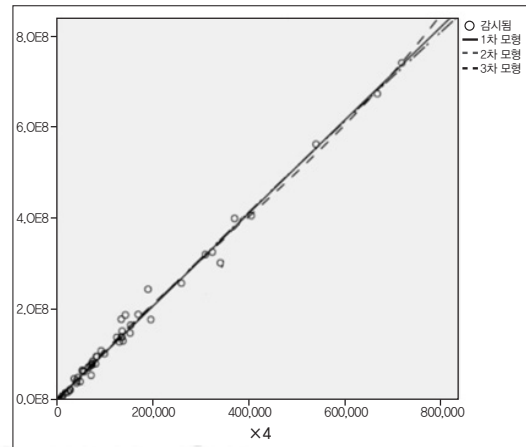


표 10 _ 연면적에 의한 공사비 추정모형

구분	독립 변수	비표준화계수		표준화계수	T - test	유의 확률	모형 요약	
		B	표준오차	베타			R ²	수정 R ²
1차 모형	(상수)	3825608.152	2310018.419		1.656	0.103	0.993	0.993
	X4	1026.271	11.376	0.996	90.213	0.000		
2차 모형	(상수)	1866648.168	2906240.588		0.642	0.523	0.993	0.993
	X4	1060.917	33.287	1.030	31.872	0.000		
	X4 ²	0.000	33.287	-0.036	-1.107	0.273		
3차 모형	(상수)	-835858.818	3400390.767		-0.246	0.807	0.993	0.993
	X4	1145.455	65.594	1.112	17.463	0.000		
	X4 ²	0.000	0.000	-0.271	-1.683	0.098		
	X4 ³	0.000	0.000	-0.271				

표 11 _ 다중회귀분석 예측모델 후진제거법 모형

모형	R	R ²	수정 R ²	Durbin-Watson	진입 독립변수	제거 변수	도출 독립변수	채택 여부
1	0.998	0.995	0.994		X1, X2, X3, X4, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X15, X16, X17, X18	X4	X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X15, X16, X17, X18	
2	0.998	0.995	0.994		X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X15, X16, X17, X18	X15	X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X16, X17, X18	
3	0.998	0.995	0.994		X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X16, X17, X18	X16	X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X17, X18	
4	0.998	0.995	0.994		X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X17, X18	X17	X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X18	
5	0.998	0.995	0.994		X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X18	X18	X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14	
6	0.998	0.995	0.994		X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14	X13	X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X14	
7	0.998	0.995	0.994		X1, X2, X3, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X14	X9	X1, X2, X3, X6, X7, X8, X10, X11, X12, X14	
8	0.997	0.995	0.994		X1, X2, X3, X6, X7, X8, X10, X11, X12, X14	X14	X1, X2, X3, X6, X7, X8, X10, X11, X12	
9	0.997	0.995	0.994		X1, X2, X3, X6, X7, X8, X10, X11, X12	X1	X2, X3, X6, X7, X8, X10, X11, X12	
10	0.997	0.995	0.994		X2, X3, X6, X7, X8, X10, X11, X12	X6	X2, X3, X7, X8, X10, X11, X12	
11	0.997	0.995	0.994		X2, X3, X7, X8, X10, X11, X12	X3	X2, X7, X8, X10, X11, X12	
12	0.997	0.994	0.994	2.382	X2, X7, X8, X10, X11, X12	X12	X2, X7, X8, X10, X11	○

주: 1) 진입 기준 F의 확률 5% ($p \geq 0.05$).
 2) 제거 기준 F의 확률 10% ($p \geq 0.10$).

의 18개 독립변수에 대한 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석 결과 18개의 독립변수들 사이에서 다중공선성이 발견되었고, 유의확률과 공선성이 분석 기준을 충족하지 못하였다. 이에 다중공선성을 유발하는 독립변수 X5(건축면적)을 제외한 17개의 독립변수로 후진제거법을 실시하였다.

회귀분석 결과, <표 11>과 같이 12개의 모형이 도출되었고, 이 중에서 유의확률과 공선성이 분석 기준을 충족하고, 결정계수값이 가장 높은 모형 12를 예측모델로 채택하였다. 회귀분석 결과는 <표 12>와 같다.

모형 요약에서는 독립변수와 종속변수의 상관계수는 R=0.997로 나타나고, 회귀식의 예측력을 검증하기 위한 결정계수값은 R²=0.994으로 종속변수 총변동의 99.4%를 회귀식으로 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 이는 회귀분석에 사용된 공사비 자료들의 99.4%가 표준회귀선에 적합하다는 의미다. 또한 수정된 R²값은 0.994로 도출되어 회귀식의 설명력이 매우 높은 것

로 나타났다. Durbin Watson값은 2.382로 기준값인 2에 매우 근접하고 0 또는 4에 가깝지 않기 때문에 잔차들 간에 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

회귀모형에 대한 선형성 검정을 위한 분산분석에서는 F-value가 1946.791이고, F-value에 대한 P-value(유의확률)는 0.000다. 따라서 회귀식의 설명력(R²)이 0이라는 귀무가설을 기각하게 되므로, 회귀식이 종속변수를 설명하는 데 유용하다고 할 수 있다.

계수에서는 회귀식의 상수값이 -56518924.931이며, 유의확률 0.05 이하의 통계학적으로 유의하게 도출된 독립변수는 기부채납면적(X2), 지상층 면적(X7), 건폐율(X8), 지하층수(X10), 지상층수(X11)다. 비표준화계수(B)에서는 다른 독립변수들이 통제된 상태에서 특정 독립변수가 1단위 변할 때 종속변수의 값이 얼마나 변하는가를 알 수 있다. 표준화계수 분석 결과, 재개발·재건축사업 공사비에 영향을 미치는 정도를 나타내는 베타가 가장 높은 독립변수로는 지상층면적(X7), 기부채납면적(X2)의 순으로 나타났다. 공선성

표 12 _ 다중회귀분석 예측모델 후진제거법 회귀분석

모형 요약	R	R ²		수정 R ²		추정값의 표준오차		Durbin-Watson
		0.997	0.994		0.994		1.292E7	
분산 분석		제곱합		자유도	평균제곱	F	유의확률	
	회귀 모형	1.625E18		5	3.251E17	1946.791	0.000	
	잔차	9.351E15		56	1.670E14			
	합계	1.635E18		56				
계수	독립 변수	비표준화계수		표준화계수		유의 확률	공선성 통계량	
		B	표준오차	베타	t		공차 한계	VIF
	(상수)	-56518924.931	12465855.377		-4.534	0.000		
	X2	-826.705	325.444	-0.064	-2.540	0.014	0.162	6.161
	X7	1646.015	41.859	1.023	39.323	0.000	0.151	6.621
	X8	1165858.864	325943.414	0.048	3.577	0.001	0.575	1.738
	X10	6979980.235	1751680.804	0.051	3.985	0.000	0.626	1.597
	X11	744836.046	257850.926	0.042	2.889	0.005	0.492	2.034

진단 결과 공차한계값이 0.1 이하의 값이 없고, 분산팽창계수(VIF) 값은 10 이하로 나타나 다중공선성은 없는 것으로 분석 및 검증되었다.

도출된 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = -56518924.93 - 826.7(X2) + 1646(X7) + 1165858.86(X8) + 6979980.23(X10) + 744836.04(X11)$$

6. 예측모델의 검증

2014년 1월에서 2014년 8월까지 관리처분총회에서

확정되어 시공사와 계약된 총 8개의 서울시내 재개발·재건축사업의 공사비를 검증대상 공사비로 활용하여 예측모델을 통해 산출한 예측값과의 차이를 비교하여 예측모델을 검증하였다. 예측공사비와 실제공사비를 비교한 <표 13, 14>의 검증 결과 평균 오차율은 다항회귀분석 예측모델 7.59%, 다중회귀분석 예측모델 5.39%로 나타났다. 이는 재개발·재건축사업의 초기 단계에서 공사비 예측에 관한 기존 연구가 없어 객관적인 비교가 불가능하나, 기존에 사용하던 단위 면적당 단가 방식에 비하여 우수한 예측 정확도를 가지고 있으며, 향후 재개발·재건축사업 초기 단계에서 공사비 산정업무에 적용 가능성이 높다고 판단할 수 있다.

표 13 _ 다항회귀분석 예측모델의 검증 결과

No.	예측공사비(A)	실제공사비(B)	오차 A - B	오차율(%) (A - B /B × 100)	비고
1	104,926,643	111,059,680	6,133,037	4.52	동대문구(재개발)
2	419,253,951	463,135,280	43,881,329	9.47	동대문구(재개발)
3	339,783,630	356,318,160	16,534,530	4.64	서대문구(재개발)
4	321,448,272	341,821,172	20,372,900	5.96	서초구(재건축)
5	81,604,634	86,445,306	4,840,672	5.60	서초구(재건축)
6	485,000,976	506,956,560	21,955,584	4.33	성동구(재개발)
7	144,035,778	136,033,133	8,002,645	5.88	영등포구(재개발)
8	377,238,098	441,010,253	63,772,155	14.46	종로구(재개발)
합계	2,273,291,982	2,442,779,544	185,492,852	7.59	

표 14 _ 다중회귀분석 예측모델의 검증 결과

No.	예측공사비(A)	실제공사비(B)	오차 A - B	오차율(%) (A - B /B × 100)	비고
1	110,445,799	111,059,680	613,881	0.55	동대문구(재개발)
2	437,194,124	463,135,280	25,941,156	5.60	동대문구(재개발)
3	327,133,030	356,318,160	29,185,130	8.19	서대문구(재개발)
4	316,028,864	341,821,172	25,792,308	7.55	서초구(재건축)
5	87,064,497	86,445,306	619,191	0.72	서초구(재건축)
6	515,406,164	506,956,560	8,449,604	1.67	성동구(재개발)
7	149,401,682	136,033,133	13,368,549	9.83	영등포구(재개발)
8	468,638,957	441,010,253	27,628,704	6.26	종로구(재개발)
합계	2,411,313,117	2,442,779,544	131,598,523	5.39	

V. 결론

다항회귀분석 예측모델은 결정계수값이 0.993이며, 각 통계량에 대한 요인분석, 분산분석, 상관분석, 유의수준, 공선성 등이 통계학적으로 만족한 결과로 나타났다. 또한 이를 검증 대상 공사비와 비교한 결과 평균 오차율은 7.59%로 나타났다.

다중회귀분석 예측모델은 결정계수값이 0.994이며, 각 통계량에 대한 유의수준, 공선성 등이 통계학적으로 만족한 결과로 나타났다. 또한 이를 검증대상 공사비와 비교한 결과 평균 오차율은 5.39%로 나타났다. 다항회귀분석 예측모델의 다중회귀분석 예측모델에 대한 2.20%의 오차율 증가의 발생은 종전의 단위 기준에 의한 공사비 예측방법과 마찬가지로 하나의 독립변수로 종속변수를 예측하므로, 나머지 다른 독립변수에 의한 종속변수의 변동요인이 고려되지 않은 것이 오차의 발생 원인이라고 분석된다. 이러한 재개발·재건축사업 공사비 예측모델의 오차율을 기존의 연구와 비교하면 다음과 같다.

현창택, 문현석(2010)의 '공공업무시설의 기획단계 공사비 및 공사비 범위 추정모델 개발에 관한 연구'는 50개의 공공업무시설 사례를 기반으로 공사비 예측모델을 구축하고, 8개의 사례로 검증한 결과 오차율은 4.33%로 나타났다.

김성희(2011)의 '택지개발사업의 공공주택건설공사비 추정의 실증적 분석에 관한 연구'는 20개 공공아파트 단지를 사례로 하여 총공사비를 설계, 계약, 준공금액으로 구분하여 예측모델을 구축하였다. 20개 사례로 자체 검증한 결과, 오차율은 5.10%로 나타났다.

이현수 외(2012)의 공공아파트 프로젝트 기획단계 공사비 산정시스템 개발에 관한 연구는 사례기반 추론(CBR)을 이용하여 66개의 공공아파트 프로젝트 사례를 기반으로 공사비 예측모델을 구축하고, 10개

의 사례로 시스템의 유효성을 검증한 결과, 오차율은 6.15%로 나타났다.

재개발·재건축사업 공사비 예측모델의 다항회귀분석 오차율 7.59%, 다중회귀분석 오차율 5.39%로 기존의 연구와 유사한 결과로 나타났다.

본 논문에서는 재개발·재건축사업 공사비의 예측을 위하여 통계분석 프로그램인 SPSS 20.0 소프트웨어를 활용한 회귀분석의 입력선택법, 전진선택법, 후진제거법, 단계선택법을 사용하여 실증분석하였고, 통계분석을 다항회귀분석, 다중회귀분석으로 구분하여 다양하게 분석함으로써 예측모델의 이용의 편리성과 정확성을 높이고자 노력하였다.

본 논문은 회귀분석의 방법을 이용하여 재개발·재건축사업의 62개 사례를 근간으로 사업 초기 단계에서의 공사비를 합리적으로 추정하여 발주자 입장에서 신속한 사업 추진에 대한 의사결정 및 사업수지분석을 통한 자금 수급계획을 마련할 수 있다. 궁극적으로 발주자 입장에서는 재개발·재건축사업 초기 단계에서 객관적인 정보로 이용될 수 있기 때문에 사업 초기 단계에 사업 타당성을 검토할 수 있어 합리적인 재개발·재건축사업 추진계획을 수립할 수 있는 수단으로 활용 가능하리라고 예상된다. 그러나 본 연구의 범위가 재개발·재건축사업의 공사비만을 대상으로 한정하였다는 점은 연구의 한계로 지적되며, 향후 다른 공동주택 건설사업에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

한편, 본 논문은 서울시내 재개발·재건축사업의 공사비만을 대상으로 하여 연구를 진행하였기 때문에 서울 이외의 수도권 및 부산·대구·대전·광주 등 다른 지역의 재개발·재건축사업의 공사비에 대한 추가적인 연구가 필요하며, 예측 정확도 향상을 위한 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌 •••••

- 건설교통부. 2003. 설계도서 작성기준 건설교통부고시 제2003-11호. 주거환경팀.
- 김기홍. 2003. 건축프로젝트 기획단계에서의 설계의사결정을 위한 확률적 공사비계획 모델. 박사학위 논문, 중앙대학교.
- 김성희. 2011. 택지개발사업의 공공주택건설공사비 추정의 실증적 분석. 한국건설관리학회 논문집 12권, 2호: 81-88.
- 김현철. 2009. SPSS에 의한 회귀분석의 실제. 서울: 경문사.
- 송지준. 2012. SPSS/AMOS 통계분석방법. 서울: 21세기사.
- 안성훈, 강경인. 2005. 공동주택의 지하주차장 공사비 예측에 관한 연구. 대한건축학회 논문집 21권, 5호: 135-137.
- 위영민. 2009. 특수일 전력 수요 예측을 위한 온도 효과 기반의 데이터 마이닝을 적용한 퍼지 다항회귀 모델. 석사학위 논문, 고려대학교.
- 윤우성, 이현철, 이한민, 고성석. 2009. 실적공사비 분석을 통한 공동주택 공사비 추정에 관한 연구. 한국건설관리학회 논문집 10권, 2호: 132-144.
- 이유섭. 2003. 코스트 중요항목 분석을 통한 공사비 예측모델 연구. 한국건설관리학회 논문집 4권, 4호: 212-219.
- 이학기. 1995. 고층사무소 건물의 공사비 예측을 위한 혼합형 기법의 개발에 관한 연구. 박사학위 논문, 성신여자대학교.
- 이현수, 이홍근, 박문서, 김수영, 안요섭. 2012. 공공아파트 프로젝트 기획단계 공사비 산정시스템 개발. 한국건설관리학회 논문집 13권, 4호: 152-163.
- 전석한, 최인성. 2005. 실적공사비 산정시스템에 관한 연구. 한국건축사공학회지 5권, 1호: 111-121.
- 현창택, 문현석. 2010. 공공업무시설의 기획단계 공사비 및 공사비범위 추정모델 개발. 대한건축학회지 26권, 6호: 139-148.
- 재개발·재건축클린업 시스템, <http://cleanup.seoul.go.kr>.
- 한국건설기술관리협회, <http://www.gamri.or.kr>.
- 한국건설기술연구원, <http://www.kict.re.kr>.

- 논문 접수일: 2014. 7. 14
- 심사 시작일: 2014. 7. 28
- 심사 완료일: 2014. 8. 26

요약

주제어: 초기 단계, 재개발·재건축사업, 공사비, 회귀분석

최근 건설사업의 대형화·복합화로 인하여 프로젝트의 불확실성이 증가하는 추세이고, 특히 사업 초기 단계에서 공사 기간 중 투입될 공사비에 대한 정확한 예측과 신속한 판단의 중요성이 부각되고 있다. 이는 사업 초기 단계에서 신속하고 정확하게 건설사업의 공사비를 산정하고 명확한 정보를 확보하는 것이 성공적인 사업수행을 위하여 무엇보다도 중요하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 재개발·재건축사업에서 합리적이고 정확하게 공사비를 예측할 수 있도록 재개발·재건축사업의 공사비에 영향을 미

치는 요인을 파악하였고, 62개의 공사비자료를 수집하여 회귀분석을 실시하였다. 또한 이를 이용하여 회귀식에 의한 공사비 예측모델을 구축하였다. 본 논문에서 개발된 모델은 공사비를 추정하고 공사비의 범위를 제시할 수 있으며, 예측된 결과의 적절성을 판단하여 제시할 수 있다. 이러한 결과는 사업 초기 단계에서 객관적인 정보로 이용될 수 있기 때문에 재개발·재건축사업 발주자의 예산 관련 의사결정에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.