

생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스

A Process of Selecting Productivity Influencing Factors For Forecasting Construction Productivity

임재인* 김예상** 김영석*** 김상범****
 Lim, Jae-In Kim, Yea-Sang Kim, Young-Suk Kim, Sang-Bum

요약

최근 의사결정권자가 유사프로젝트 추진 시 발생하는 의사결정과정 상에서 신뢰성 있는 자료에 근거하여 의사결정을 할 수 있는 생산성 예측시스템 구축에 대한 연구가 진행 중에 있으나, 생산성 예측시스템에서 독립변수로 작용하는 생산성 영향요인에 대한 연구는 대부분이 생산성 분석을 위한 생산성 영향요인으로 생산성 예측에 대한고려 없이 생산성 영향요인을 분류하고 있다. 또한 예측에 대한 고려 없이 도출된 생산성 영향요인을 이용하여 생산성을 예측하면, 유의하지 못한 생산성 영향요인이 예측 모델의 독립변수로 사용되어 생산성 예측 값의 신뢰도와 적합성이 낮아지는 결과를 갖게 된다.

따라서 본 연구에서는 생산성 값에 영향을 미치는 주된 인자인 생산성 영향요인에 대한 상관분석을 이용한 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스를 제안하였고, 제안된 프로세스는 영향요인 선정 과정을 체계적으로 정리하여 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정에 효율적인 방법으로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

키워드: 생산성 영향요인, 데이터마이닝, 생산성 예측, 생산성 관리

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

생산성은 산업차원, 기업차원에서 경제성장과 각 관련 생산활동의 건강상태를 진단할 수 있으며, 생산 활동에 효율을 측정하는 중요 지표로서 건설업에서도 매우 중요한 요소이다. 생산성 측정을 위한 척도로는 여러 가지가 쓰일 수 있으며, 관리자 들은 측정된 생산성과 생산성에 영향을 미치는 여러 주변요인을 고려하여 다양한 생산성 정보를 생성할 수 있고, 이러한 생산성 정보는 프로젝트의 성과측정을 위한 지표임과 동시에 프로젝트 엔지니어링 과정에서의 의사결정에 중요한 요인으로 작용한다 (유정호와 이현수 2002).

그러나 건설산업에서 생산성이 차지하는 중요성이나 그 유용성에 반하여 국내 경우 생산성 관리를 위한 생산성 수집 및 분석 방법이 체계화되어 있지 못하고, 대부분 현장관리자의 경험과 직관에 의존하여 생산성 관리를 실시하고 있으며, 건설 생산성 데이터를 데이터베이스화하여 공사계획 및 관리에 적극 활용하지 못하고 있는 것이 문제점으로 지적되어 왔다(오세욱 외 2006).

이러한 문제점을 극복하고자 최근에는 데이터웨어하우스(Data Warehouse), OLAP(On-line Analytical Processing), 데이터 마이닝(Data Mining) 기술을 건설생산성 관리에 접목시켜 생산성 분석은 물론 생산성 예측 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다(오세욱 외 2006).

특히 데이터 마이닝 기법을 이용한 생산성 예측은 사용자가 새로운 건설프로젝트 추진 시 겪게 되는 의사결정 과정상에서 예측된 생산성 값에 기초하여 차기 프로젝트에 대한 의사결정을 할 수 있기 때문에 불확실성에 의한 리스크 감소 및 새로운 프로젝트 추진 시 고려해야 할 사항들을 프로젝트 실시 이전에 체크할 수 있는 이점을 가지고 있다.

하지만, 현재 생산성 예측의 독립변수로 이용되는 생산성 영향요인에 대한 연구는 대부분이 생산성 분석을 위한 생산성 영향요인으로 생산성 예측에 대한 고려 없이 생산성 영향요인을

* 일반회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과, 석사과정, needwind@skku.edu
 ** 종신회원, 성균관대학교 건축공학과 정교수, 공학박사(교신저자), yskim@skku.edu
 *** 종신회원, 인하대학교 건축학부 부교수, 공학박사, youngsuk@inha.ac.kr
 **** 종신회원, 동국대학교 사회환경시스템공학과 조교수, 공학박사, kay95@dongguk.edu

본 연구는 한국과학재단 연구비 지원에 의한 연구의 일부임. 과제번호 R01-2005-000-10999-0

분류하고 있다.

생산성 예측을 고려하지 못한 생산성 영향요인을 독립변수로 사용하여 예측을 하면, 유의하지 못한 독립변수의 예측 모델 진입으로 인해 생산성 예측 값의 신뢰도와 적합성이 낮아지는 결과를 갖게 된다.

따라서 본 연구에서는 생산성 값에 영향을 미치는 주된 인자인 생산성 영향요인에 대한 상관분석을 통해 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인을 선정하는 프로세스를 제안하고자 한다.

제안된 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스는 생산성 예측 모델을 구축 할 때 생산성 예측에 필요한 인자만 선정하는 프로세스를 제공하여, 미래에 실행할 유사프로젝트 대한 신뢰성 있는 예측 값 도출을 가능하게 한다. 이런 예측 값에 기초한 관리자의 의사결정은 신뢰성 있는 공사계획 등이 가능하게 할 것으로 기대된다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 미래에 실행할 유사프로젝트의 생산성 예측 실시 시 독립변수로 작용하는 생산성 영향요인을 선정하는 프로세스를 제안하고자 한다. 따라서 기존의 연구문헌에서 제시하고 있는 생산성 영향요인이 생산성 예측에 어떻게 사용 될 수 있는 지를 검토하고, 생산성 예측 값의 신뢰성을 높일 수 있는 생산성 영향요인 선정 선정과정을 일련의 프로세스로 정의하였다. 정의된 생산성 영향요인 선정 프로세스를 수도권에서 건설 중인 공동주택 골조공사를 대상으로 검증하였다.

(1) 기존 문헌 및 연구의 고찰

생산성 영향요인의 연구 수행 정도 및 예측적용 가능성을 검토한다.

(2) 생산성 영향요인분류

생산성 예측을 위한 생산성 영향요인은 각 관점별 생산성 영향요인을 기준으로 기존 연구에서 정의하고 있는 생산성 영향요인으로 재분류한 후 생산성 관리를 위한 생산성 영향요인을 도출하였다.

(3) Raw data의 수집

Raw data는 공동주택 골조공사 생산성 관리에 적용 될 수 있는 단위 공종을 바탕으로 생산성 영향요인별 생산성 데이터를 수집하였다. 이때 공동주택 골조공사 생산성 관리를 위한 단위 공종은 콘크리트타설, 벽체매김, 바닥거푸집설치, 내벽거푸집설치, 바닥철근배근, 벽철근조립, 거푸집해체, 외벽거푸집설치로 총 8개의 공종으로 정의하였다. 실제데이터는 3개 현장(경기도

동탄지구 2개, 성남지구 1개)을 대상으로 3개월(2007년 5~7월) 동안 데이터를 수집하였다.

(4) 생산성 영향요인의 상관분석실행

판단의 근거가 될 수 있는 건설현장의 실적 Raw data를 이용하여 통계기법인 상관분석을 실시하여, 생산성에 영향을 미치는 생산성 영향요인을 도출하였다. 상관분석의 도구로는 통계분석을 위해 범용적으로 사용되고 있는 상용프로그램인 SPSS 12K를 사용하였다.

이러한 방법을 도식화하여 표현하면 그림1과 같다.

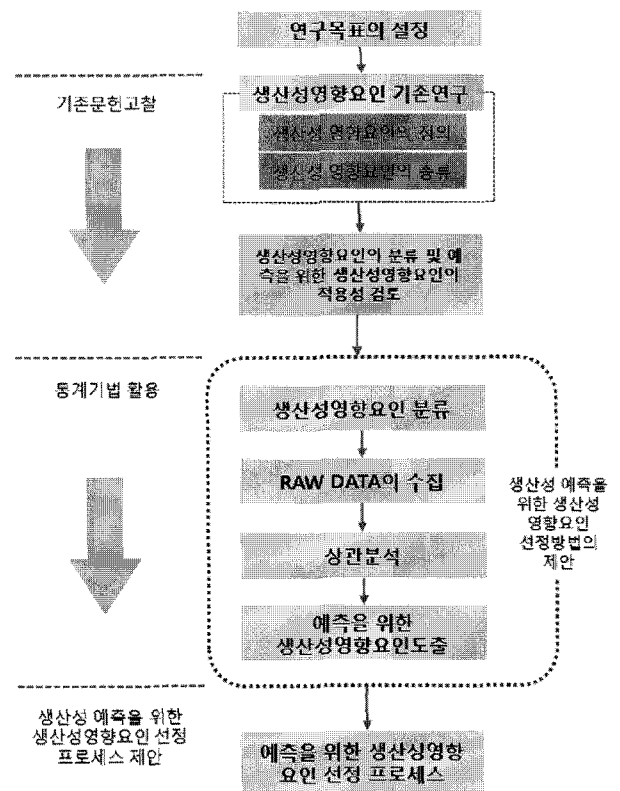


그림 1. 연구진행 흐름도

제안된 프로세스를 바탕으로 예측 시스템을 개발하여 건설 현장에서 활용될 경우, 건설 생산성 예측의 정확성 및 빠른 의사결정을 할 수 있어 보다 유연하고 신뢰성 있는 공사계획 수립이 가능 할 것으로 판단된다.

2. 기존문헌 고찰

생산성은 기후조건, 작업환경, 공법, 노무자의 숙련도 등에 따라 직간접적으로 영향을 받게 된다. 이렇게 생산성은 직간접적으로 영향을 줄 수 있는 많은 요인이 존재하는데 이러한 요인들을 생산성 영향요인이라고 한다.

생산성 영향요인에 대한 연구는 1970년대부터 현재에 이르기까지 많은 연구가 이루어져 왔으나 각각의 연구가 생산성 영향요인에 대하여 다르게 정의하고, 생산성 영향요인에 대한 분류를 다르게 제시하고 있기 때문에 기존의 연구에서 정의하고 있는 생산성 영향요인 및 생산성 영향요인 분류체계를 그대로 이용하여 생산성 관리를 위한 생산성 데이터의 수집 및 분석 더 나아가 Data Mining 기법을 활용한 생산성예측에 활용하기에는 생산성 데이터의 신뢰도 및 효용성 측면에서 다소 무리가 있다. 기존의 국내 생산성 영향요인 및 생산성 관리에 대한 연구들을 살펴보면 표1과 같다.

표 1. 선행연구에 대한 이론적 고찰

분류	구분	내용
생산성 영향요인	김예상(1994)	- 생산성에 영향을 미치는 요인들에 대해 향상요인과 저해요인으로 분류하고 그 세부요인들을 정의
	손창백(2002)	- 기존 문헌들의 생산성 저해요인들을 정리 후 설문 및 면담을 통한 각 세부요인의 정의 및 우선순위 도출
	한중관(2003)	- 공동주택 공사에서 각 공종별 주요공기지원 원인들에 대한 정의
	박주현(2003)	- 민간설의 Waste요인들과 건축공사의 생산성 저해요인들간의 상관관계를 분석하여 프로젝트 중심의 Waste요인의 국내 도입 가능성을 제시
	손창백(2005)	- 기존 문헌들의 생산성 향상요인들을 정리 후 세부요인의 정의 및 우선순위 도출 생산성 향상을 위한 실천방향제시
	표영민(2005)	- 노동생산성을 저하시키는 정성적이고 개략적인 인자들의 영향도와 우선순위를 바탕으로, 저해요인별 상대적인 중요도를 산출
	문우경(2006)	- 생산성 관리를 위한 생산성 영향요인을 프로젝트관점, 작업관점, 관리적관점 생산성 영향요인으로 분류
시스템 구축	유정호(2002)	- 건설 시공과정상에서 생산성 데이터를 체계적이고 지속적으로 수집, 가공 및 관리 할 수 있는 방법론과 생산성 데이터의 관리를 위한 데이터 모델을 제시함
	오세욱(2006)	- 공동주택 골조공사에 있어 단위작업을 기반으로 노무자의 작업시간, 실적 물량정보를 수집하여 이를 근거로 주요 생산성 데이터를 도출하는 전산시스템을 구축
생산성 데이터 분석 및 예측	안용선(2005)	- 3개 공동주택 현장 거주집 공사를 대상으로 단위작업에 투입된 노무자의 작업시간 및 실적물량을 연속시간 측정기법으로 수집하고, 부위 공법별 생산성 데이터 값을 도출함
	Rifat Sonmez (1998)	- 주된 건설 생산성 영향요인으로 감수량, 기온, 습도, 작업조, 시간의 작업등으로 정의하고 정의된 생산성 영향요인별로 생산성에 가장 큰 영향을 미치는 요인을 신경망 알고리즘으로 도출함

이중 몇몇 주요사례들의 결과를 본 연구의 목적에 비추어 분석해 보면 다음과 같다.

김예상(1994)은 생산성에 영향을 미치는 요인을 건설인력, 설계 및 엔지니어링, 공사 관리 및 작업계획, 공사투입 자원, 공사 성격 및 시공외적 조건에 관련된 요인으로 분류하고 그 세부요인을 향상요인과 저해요인으로 나누어 설명하고 있다. 이러한 개념에는 향상과 저해를 구분하는 기준이 반드시 존재한다는 가정이 들어있다. 그러나 향상요인과 저해요인은 그 경계가 모호하며 건설기술이 빠르게 발전하고 있는 현실에서 이러한 향상과 저해의 구분 기준도 계속 변해가고 있다.

손창백과 이덕찬(2002)은 건설 현장의 여러 문제점들을 생산성 저해요인이라 정리하였는데 건설현장에서의 생산성 수집 및

분석을 통한 생산성 관리에 대한 고려 없이 생산성 영향요인을 분류하고 있어 생산성 영향요인을 생산성 분석 및 예측을 위한 생산성 영향요인으로 사용하기에는 다소 무리가 있다.

오세욱 외(2006)은 공동주택 골조공사에 있어 단위작업을 기반으로 노무자의 작업시작 및 종료시간, 실적물량을 PDA 및 바코드를 이용하여 생산성을 도출하는 시스템을 구축하고 2개 현장의 적용을 토대로 작업시기, 작업난이도 및 작업조의 숙련도 등이 공동주택 골조공사의 생산성에 미치는 영향도를 분석하였으나, 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인에 대한 현실적인 고려가 검증된 바가 없으며 또한 수행된 연구에서 제시하고 있는 생산성 예측이라는 개념이 예측의 모델제시에 그치고 있다.

생산성에 영향을 주는 요인들이 많은 연구에서 이루어 졌지만 생산성 영향요인 특성에 따른 보다 체계적인 분류와 정의가 요구되며 실제 건설 현장의 생산성 영향요인을 설명할 수 있는 정보가 무엇인지에 대해 제시할 수 있는 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 건설 생산성 데이터와 영향요인간의 관계를 보다 현실적으로 검토하는 방안을 제시하여 객관적이고 실증적인 데이터에 근거한 생산성 예측을 실행 할 수 있도록 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스를 제안하고자 한다.

3. 생산성 영향요인의 정의 및 분류

생산성 영향요인이란 그림 2와 같이 생산성에 직간접적으로 영향을 주는 인자들을 말하며 생산성 영향요인으로는 기후조건, 작업환경, 공법, 노무자의 숙련도 등 수많은 인자들이 있다. 생산성 영향요인은 생산성 값을 형성하는데 영향을 미치며, 생산성 영향요인의 종류에 따라 생산성이 향상되거나, 생산성이 저해되는데 직간접적으로 영향을 준다.

생산성 영향요인에는 크게 2가지가 있을 수 있다. 일정한 요인에 의해 생산성의 개선을 가져오는 생산성 향상요인과 생산성을 저해시키는 생산성 저해요인이다. 그러나 생산성 영향요인을 생산성 향상과 저해요인으로 나누어 설명하기 전에 발주자, 공

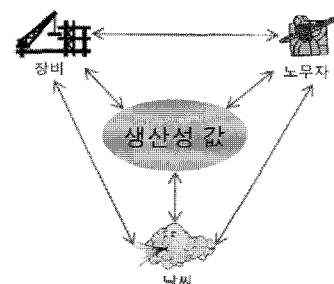


그림 2. 생산성 영향요인

사 관리자, 작업자 등 여러 건설 사업 관련 주체들의 관점과 영향요인 관련 정보의 성격, 정보의 수집방법 및 시기, 측정하고자 하는 생산성에 직접적 혹은 간접적으로 영향을 미치느냐 그리고 공사 진행 중 어떠한 시점에서 설정되어지느냐에 따라서 분류되어야 한다.

따라서 생산성 영향요인은 크게 프로젝트관점 생산성 영향요인, 작업관점 생산성 영향요인 관리적관점 영향요인으로 3가지로 분류 할 수 있으며, 각 관점별 생산성 영향요인의 특성은 다

표 2. 생산성 영향요인의 기존의 연구

분류	구분	생산성 영향요인
작업관점 생산성 영향요인	RSMeans-Building Construction Cost Data	- 단위작업생산성 영향요인: 작업조 구성, 자재종류, 장비용량
프로젝트 관점 생산성 영향요인	김수진 (1999)	- 프로젝트 관점의 요인: 공기(월), 평균층수, 대지면적, 건축면적, 연면적, 평균평형, 세대수, 평균층고, 용적률, 형상계수, 지하율, 평면형식, 지하층수
	박우열 (2002)	- 독립변수: 지역, 대지면적, 재건축, 기초공사, 공사기간, 동수, 평균층수, 지하주차장, 연면적 총세대수
	김광희(2003)	- 공사비 예측 입력변수: 아파트 연면적, 주차장 연면적, 대지면적, 최고층수, 지하층수, 아파트 동수, 총세대수, 공사기간, 지역, 공사유형, 기초형식 등
	김광희(2004)	- 공사비 예측 입력변수: 지역, 연면적, 최고층수, 총당 세대수, 총세대수, 평균평형, 지붕형식, 기초형식, 지하층 유형, 마감수준, 공기
	김광희(2004)	- 독립변수: 연면적, 층수, 세대수, 공사기간, 지붕형식, 기초형식, 지하층 형식, 마감수준 등
	안성훈(2005)	- 지하주차장 공사비 영향요인: 수량적요인 (연면적, 지하층수, 외벽 길이, 램프개수 등), 명목적요인 (량양커적용, 주차장형태, 기초형태)
	안성훈(2005)	- 공사비 예측 입력변수: 연면적, 최고층수, 전체세대수, 평균평형, 지역, 지하층활용, 마감수준, 기초형태, 지붕형태관리적 관점 생산성 영향요인
관리적 관점 생산성 영향요인	김예상(1994)	- 생산성향상요인: Learning Curve, 표준화, 규격화, 감독관 자질향상, 사전작업계획 등 - 생산성저해요인: 불합리한 작업조 편성방식, 조악한 작업환경, 불안정한 설계도서, 의사결정의 지연, 장비·자재 조달지연, 안전저해, 피업 등
	손창백(2002)	- 생산성저해요인: 건설인력 수급부족, 작업자 기능부족, 작업자 동기부여 부족, 시공성을 무시한 설계, 불합리한 공법, 작업간 순서계획 잘못, 작업 일정계획 잘못, 의사소통 미흡, 자재조달지연, 장비조달지연, 입지조건, 민원발생 등
	손창백(2005)	- 생산성향상요인: 원활한 인력수급, 관리자의 자질, 작업순서, 작업일정, 작업시지 및 승인, 작업조, 현장배치계획, 자재 조달, 장비 조달, 작업환경개선, 현장규제 현실화 등
	한중권(2003)	- 골조공사 관련 공기지연 요인: 기후조건, 노무활용계획부족, 민원 발생, 하도급 부실 및 부도, 안전사고, 부적당한 시공 및 절차, 공법의 적정성 등
	표영민(2005)	- 생산성저해요인: 설계변경, 공기축진, 관리특징, 프로젝트 특징, 노동·근로의욕, 위치·외부 조건 등
	박주현(2003)	- 생산성저해요인: 건설인력수급, 작업자 책임감, 작업자 숙련도, 설계도서 미흡, 불합리한 공법 등 - 런던건설의 Waste요인: 작업정보 부족, 재작업, 작업환경, 공정간의 선·후 관계, 의사소통 부족, 작업자의 자질 등
	전용덕(2002)	- 작업생산성 영향요인: 추가작업량, 재작업, 공정호제, 자재 및 장비 활용, 작업형태, 작업자 교체, 피로, 외부조건 등
	H. Randolph Thomas(1999)	- 노동생산성 저해요인: 자재 조달방법 및 기후(눈, 비, 기온)
Rifat Sonmez(1998)	- 생산성 영향요인: quantity, temperature, crew size, humidity, precipitation, overtime	

음과 같다(문우경 외 2006).

(1) 프로젝트 관점 생산성 영향요인

건설 사업의 특성이 반영된 생산성 영향요인으로 공사 계획단계에서 설정되어지는 요인

(2) 작업 관점 생산성 영향요인

공중의 단위작업의 특성이 고려되어진 해당 작업이 진행되기 직전에 설정되는 영향요인

(3) 관리적 관점 생산성 영향요인

공사 수행 중 여러 공정 및 단위작업의 생산성에 직·간접적으로 영향을 주는 요인으로써 관리자의 판단 및 수집이 요구되어지는 영향요인

생산성 영향요인을 프로젝트관점, 작업관점, 관리적관점 생산성 영향요인으로 분류하여 생산성 영향요인을 정리하면 표2와 같다.

4. 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스

생산성 예측은 통계기법의 특성상 유의한 상관관계를 갖지 못하는 독립변수가 예측 모델에 진입하면 그 유의도 및 신뢰도가 급격하게 감소하게 된다. 그러므로 유의한 상관관계를 갖지 못하는 독립변수로 반영하여 생산성을 예측한다는 것은 무의미하다고 할 수 있다.

따라서 생산성 예측에 사용될 생산성 영향요인은 실제 예측이 가능하여야 하고 실제 단위작업 생산성에 영향을 줄 수 있는 비중이 높은 인자를 토대로 선정되어야 하기 때문에 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인의 선정 과정이 필요하다.

본 연구에서는 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스를 공동주택 골조공사를 대상으로 프로세스의 효용성을 검증하였으며, 검증결과 제안된 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스에 의해 선정된 생산성 영향요인을 바탕으로 생산성예측이 가능한 것으로 나타났다.

4.1 생산성관리를 위한 생산성 영향요인 도출 및 수집데이터 분석

3장의 선행연구에서 제시하고 있는 3가지 관점의 생산성 영향요인을 기준으로 기존 연구에서 제시하고 있는 생산성 영향요인을 공동주택 골조공사를 대상으로 재분류하였다. 생산성 관리를 고려한 각 관점별 공동주택 골조공사의 생산성 영향요인은 다음

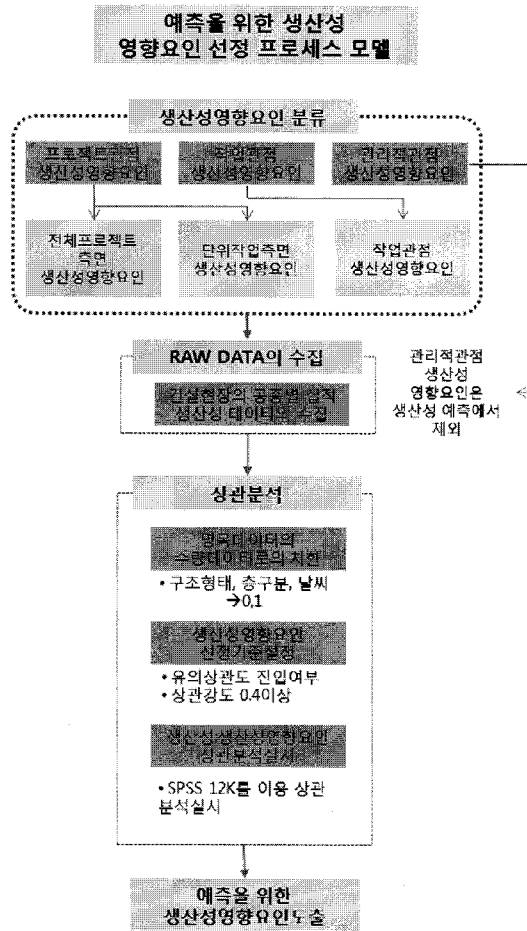


그림 3. 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스

과 같다.

(1) 프로젝트 관점생산성 영향요인

프로젝트 시작 시에 수집 될 수 있는 생산성 영향요인으로 공사기간, 접근로, 도심여부, 지형형태, 연면적, 연면적/현장관리자수 등 13가지

(2) 작업관점 생산성 영향요인

단위 공중 수행 시 수집 될 수 있는 생산성 영향요인으로 계절, 날씨, 작업자수 등이 5가지

(3) 관리적관점 생산성 영향요인

단위작업 수행 시 겪게 되는 생산성 저해요인으로 안전재해, 초과작업, 작업지연 등 5가지

공동주택 골조공사를 위한 생산성 영향요인은 총23가지가 있을 수 있으며, 각 영향요인 관점별로 정리하면 표3과 같다.

공동주택 골조공사를 위한 생산성 영향요인 23가지를 대상으로 3개 현장(경기도 동탄지구 2개, 성남지구 1개)을 3개월(2007년 5~7월) 동안 수집된 실적데이터를 분석하여 상관분석가능 여부를 표4와 같이 판단하였다.

표 3. 관점별 영향요인 및 예시

영향요인 분류	영향요인	예시	
프로젝트 관점	공사기간	10개월	
	접근로	1차로 / 2차로 이상	
	도심여부	도심지 / 비도심지	
	지형형태	평지 / 완경사지 / 급경사지	
	지역	수도권 / 강원도 / 경상도	
	연면적	30,000㎡	
	현장 관리자수	20명	
	연면적/현장관리자수	1,500㎡/명	
	단위 작업 관점	평형	30평형, 40평형
		층구분	1층 / 기준층 / 지붕층
		작업층수	1층 / 2층 / 3층
		동별 세대수	2세대 / 3세대 / 4세대
		구조형태	-자형 / ㄱ자형 / Y자형
작업관점	계절	봄 / 여름 / 가을 / 겨울	
	날씨	날씨요약, 기온	
	작업자수	4명	
	장비용량	타워크레인(12Ton) 팍프카(40㎡/n)	
	자재종류	철근(D10@200) 거푸집(Gang form) 콘크리트(25-180-15)	
관리적 관점	안전재해	사망재해/중상재해/경상재해	
	초과작업	초과작업시간	
	작업지연	파업발생/민원발생/하도급부도	
	실계변경	실계변경 발생유무 건수	
재작업	시정조치요구서, 부적합보고서 발생유무 건수		

표 4. 수집데이터분석

구분	영향요인 분류	영향요인	판단근거(요약)
상관분석 불가능	전체프로젝트 관점	공사기간	실적데이터의 변수가 각 현장별로 3가지 경우만 존재하여 상관분석이 불가능
		접근로	
		지역	
		연면적	
		현장 관리자수	
		연면적/현장관리자수	
	작업 관점	도심여부	실적데이터의 변수가 각 현장별로 동일하게 수집되어 상관분석이 불가능
		지형형태	
		장비용량	
		자재종류	
관리적 관점	계절	데이터 수집기간이 5~7월 3개월로 계절에 따른 생산성 영향정도를 파악하기 어려우며, 기온과 다중공선성의 영향 가능성이 있음	
	안전재해		
	초과작업		
	작업지연		
	실계변경		
상관분석 가능	단위 작업관점	재작업	상관분석 실행
		평형	
		층구분	
	작업관점	작업층수	
		동별 세대수	
		구조형태	
작업관점	날씨(날씨요약+기온)	상관분석 실행	
	작업자수		

전체프로젝트관점 영향요인 중 공사기간, 접근로, 지역, 연면적, 현장관리자수, 연면적/현장관리자수 6가지는 3개의 현장만을 대상으로 데이터를 수집하였기 때문에 각 현장별로 데이터 표본이 3가지 경우만 존재하였다. 이와 같은 경우 데이터 표본수가 부족하여 상관분석을 실행 할 수 없다.

전체프로젝트관점 영향요인 중 도심여부, 지형형태 2가지 작업관점 영향요인 중 장비용량, 자재종류는 실적데이터의 변수가 각 현장별로 동일하게 수집되었다. 예로써 지형형태는 3가지 현장 모두 평지에서 공사를 실시하여 생산성과 생산성 영향요인간의 상관분석이 불가능하였다.

작업관점 영향요인 중 계절은 데이터 수집기간이 5~7월로 계절에 따른 생산성 영향정도를 파악하기 어려우며, 계절은 날씨(기온)와 다중공선성¹⁾의 영향가능성이 있어 생산성 영향요인에서 제외하였다.

관리적관점 영향요인은 생산성에 부정적으로 영향을 주는 영향요인으로 프로젝트 미래의 어느 작업 어느 시점에서 일어날지 모르는 영향요인으로 이를 고려하여 생산성을 예측한다는 것은 무의미 하다고 판단된다.

따라서 상관분석이 가능한 각 관점별 영향요인은 단위작업관점 영향요인 평형, 층구분, 작업층수, 동별 세대수, 구조형태 5가지와 작업관적영향요인 날씨, 작업주수 2가지로 모두 7가지가 상관분석이 가능한 것으로 판단하였다.

4.2 상관분석을 이용한 생산성 영향요인 도출

생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 도출은 생산성과 생산성 영향요인간의 관계를 추정 할 수 있는 통계적기법인 상관분석을 이용하여 통계적으로 유의한 생산성 영향요인을 선정하였다.

4.2.1 상관분석

생산성 영향요인 도출을 위한 도구로써 사용된 상관분석은 두 변수 또는 그 이상의 변수간의 관계를 추정하고 기술하는데 사용되는 통계기법으로 독립변수를 체계적으로 변화시켜 종속변수의 변화와 인과관계를 규명할 때 사용한다.

상관분석의 결과 값은 상관계수로 표현되며, 상관계수로 판단할 수 있는 변수의 통계적 의미는 상관계수의 +, -부호에 의한 변수간의 상관관계와 상관계수 절대 값에 의한 상관강도가 있다.

4.2.2 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정기준

생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정기준으로 상관분석의 결과로 나타나는 상관강도와 유의확률을 사용하였다.

상관 강도의 판단은 상관계수의 절대 값으로 판단한다. 상관

계수의 절대 값은 $0 < |r| \leq 1$ 의 값을 가지며 1에 가까울수록 두 변수간의 강한 상관관계가 있다는 것을 나타낸다.

상관계수의 일반적인 해석기준은 아래와 같다(정대연 2007).

- 0.9~1.0 상관관계가 매우 높음
- 0.7~0.9 상관관계가 높음
- 0.4~0.7 상관관계가 다소 높다
- 0.2~0.4 상관관계가 있기는 하나 얇다
- 0.0~0.2 상관관계가 거의 없다

따라서 본 연구에서는 상관계수의 값이 0.4이상이고, 상관분석 결과 값으로 도출되는 유의확률이 0.05%이내에서 유의하면 생산성과 생산성영향요인간에 상관관계가 존재하는 것으로 판단하였다.

4.2.3 명목 변수의 수량변수로 변환

상관분석을 실행하려면 날씨에 포함되어 있는 비, 흐림, 맑음과 같은 명목변수는 범주형(categorical)자료로써 지시변수(indicator variable)를 이용하여 수량변수로의 변환이 필요하다.

범주형 자료란 양적인 값(quantitative value)이 아닌 질적인 값(qualitative value)으로 나타나는 독립변수들을 의미하며 이러한 변수 값들은 양적인 값을 대변하기 위하여 0과 1의 지시변수 값을 가지게 된다(박범조 1999).

따라서 상관분석이 가능한 생산성 영향요인변수인 날씨(날씨는 날씨요약, 기온으로 구성되어있어 기온, 날씨요약으로 분리하여 상관분석 실행), 평형, 작업층수, 층구분, 세대수, 구조형태, 작업자수 중에 포함되어있는 명목변수 즉 날씨, 층구분, 구조형태, 세대수는 상관분석을 위해 지시변수 0, 1로 치환하여 상관분석을 실시하였다. 각 명목변수의 치환내역은 다음과 같다.

- (1) 날씨는 3개의 현장에서 수집된 실적데이터를 통해 맑음, 흐림, 비로 구분하여 표5와 같이 지시변수 값을 지정하였다.

표 5. 날씨에 대한 변수 값 지정

	날씨		
	맑음	흐림	비
지시변수	1	0	0
	0	1	0
	0	0	1

- (2) 층구분은 3개의 현장에서 수집된 실적데이터를 통해 기준층, 지붕층으로 구분하여 표6과 같이 지시변수 값을 지정하였다.

표 6. 층구분에 대한 변수 값 지정

	층구분	
	기준층	지붕층
지시변수	1	0

1) 다중공선성이란 독립변수 간에 높은 상관관계가 존재하면 역행렬을 산출하는데 있어 오차가 유발되는 현상을 말한다.

(3) 구조형태는 3개의 현장에서 수집된 실적데이터를 통해 -자형, ㄱ자형, Y자형으로 구분하여 표7과 같이 지시변수 값을 지정하였다.

표 7. 구조형태에 대한 변수 값 지정

지시변수	구조형태		
	-자형	ㄱ자형	Y자형
	1	0	0
	0	1	0
	0	0	1

(4) 세대수는 3개의 현장에서 수집된 실적데이터를 통해 3세대, 4세대로 구분하여 표8과 같이 지시변수 값을 지정하였다.

표 8. 세대수에 대한 변수 값 지정

지시변수	세대수	
	3세대	4세대
	1	0

위와 같은 기준으로 4개의 명목변수인 생산성 영향요인을 수량변수로 치환한 후에 상관분석을 실시하였다.

4.2.4 상관분석실행

상관분석이 가능한 생산성 영향요인을 8개의 공종별로 생산성과 생산성 영향요인에 대한 상관 분석을 실시하였다. 상관분석의 도구로는 통계분석에 범용으로 쓰이고 있는 통계 프로그램인 SPSS 12K를 사용하였다. 그 결과는 표9와 같다.

상관분석은 공동주택의 단위작업인 콘크리트 타설, 벽매김,

바닥거푸집설치, 외벽거푸집설치, 내벽거푸집설치, 바닥철근조립, 벽철근조립, 거푸집해체 8개의 공종을 대상으로 생산성과 생산성 영향요인간의 상관강도 및 유의확률을 4.2.2에서 정의한 기준과 비교하여 생산성 영향요인이 유의한 수준에 진입하였는지 판단하였다.

거푸집해체 공종은 기온, 평형, 작업층수, 층구분, 세대수, 구조형태가 진입했으며, 벽매김 공종은 기온, 평형, 작업층수, 층구분이 진입했다. 외벽거푸집설치공종은 작업자수 바닥거푸집설치는 구조형태, 작업자수 벽철근조립 공종은 평형, 층구분, 작업자수 유의상관도에 각각 진입했다.(표10참고)

그러나 콘크리트타설, 내벽거푸집설치 공종은 유의 상관도에 진입한 생산성 영향요인이 없었다. 이렇듯 상관분석결과 공종별로 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 기준에 진입하는 생산성 영향요인의 종류 및 상관강도가 제각각 다르게 도출되어 각 공종별로 생산성 예측을 위해 쓰일 수 있는 생산성 영향요인이 제각각 다른 것으로 나타났다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로는 8개 공종공사공종을 포괄 할 수 있는 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인의 선정하거나, 각 공종별로 생산성 영향요인을 다르게 하여 생산성 예측 모델을 구축하는 방법이 있다.

하지만 표10에서 알 수 있듯이 후자의 방법인 각 공종별로 생산성 영향요인을 달리하여 생산성 예측모델을 구축한다면 생산성 예측을 할 수 있는 공종의 수가 적어지기 때문에 데이터의 표본수가 적은 현시점에 적용하기에는 다소 무리가 있다. 이와 같

표 9. 공종별 상관분석결과

공종	상관계수	생산성	기온	날씨	평형	작업층수	층구분	세대수	구조형태	작업자수
콘크리트타설 (m ³ /M·H)	상관계수	1	-.093	.075	-.188	-.157	.180	.215*	.259*	-.309**
	유의확률		.379	.481	.074	.137	.088	.041	.013	.003
	N	91	91	91	91	91	91	91	91	91
거푸집해체 (m ³ /M·H)	상관계수	1	-.691**	.380**	.710**	.733**	.735**	-.485*	.575**	-.352
	유의확률		.000	.042	.000	.000	.000	.011	.001	.061
	N	29	29	29	29	29	29	29	29	29
벽매김 (m/M·H)	상관계수	1	-.772**	-.382**	.795**	.612**	.776**	-.216	.078	.237
	유의확률		.000	.002	.000	.000	.000	.089	.542	.062
	N	63	63	63	63	63	63	63	63	63
바닥철근조립 (kg/M·H)	상관계수	1	.064	-.082	.105	-.139	-.001	.426**	-.323**	-.379**
	유의확률		.579	.475	.361	.225	.990	.000	.004	.001
	N	78	78	78	78	78	78	78	78	78
내벽거푸집설치 (m ³ /M·H)	상관계수	1	-.209**	.121*	.000	.050	.114	-.093	.111	-.278**
	유의확률		.000	.038	.995	.393	.051	.110	.058	.000
	N	294	294	294	294	294	294	294	294	294
바닥거푸집설치 (m ³ /M·H)	상관계수	1	-.133	.393	-.037	.163	-.062	-.112	-.112	-.751**
	유의확률		.525	.052	.859	.437	.767	.593	.593	.000
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25
외벽거푸집설치 (m ³ /M·H)	상관계수	1	-.144	.344**	-.260*	.374*	.149	.370**	.793**	-.485**
	유의확률		.207	.002	.021	.001	.191	.001	.000	.000
	N	79	79	79	79	79	79	79	79	79
벽 철근조립 (kg/M·H)	상관계수	1	-.381**	.095	.484**	.399**	.476**	-.158	-.332**	-.423**
	유의확률		.000	.364	.000	.000	.000	.129	.001	.000
	N	94	94	94	94	94	94	94	94	94

** 0.01% 범위 내에서 유의함
* 0.05% 범위 내에서 유의함

표 10. 공종별 진입 유의 상관도 진입 생산성 영향요인

영향요인	기온	날씨	평형	작업층수	층구분	세대수	구조형태	작업자수
콘크리트 타설	-	-	-	-	-	-	-	-
거푸집 해체	0	-	0	0	0	0	0	-
막매김	0	-	0	0	0	-	-	-
바닥철근 조립	-	-	-	-	-	0	-	-
내벽거푸집 설치	-	-	-	-	-	-	-	-
외벽거푸집 설치	-	-	-	-	-	-	-	0
바닥거푸집 설치	-	-	-	-	-	-	0	0
벽철근 조립	-	-	0	-	0	-	-	0

○ : 유의 수준에 진입한 생산성 영향요인
 - : 유의 수준에 진입하지 못한 생산성 영향요인

은 방법은 후에 데이터 웨어하우스를 구축하여 다수의 현장에서 데이터를 수집한다면 사용가능한 방법일 것이다.

따라서 본 연구에서는 각각의 공종을 포괄 할 수 있는 생산성 영향요인을 선택하는 방법을 사용하여 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인으로 도출하였다. 그 방법은 각 공종별 상관분석 결과를 바탕으로 생산성 예측에 사용 될 수 없는 생산성 영향요인만을 제거하는 방법이다.

따라서 날씨는 모든 공정에서 유의한 상관도에 진입하지 못하였고 상관강도 또한 0.4미만으로 생산성과 상관성이 거의 없는 것으로 나타났다. 그 결과 단위작업측면, 작업관점 생산성 영향요인 중 기온, 평형, 작업층수, 층구분, 세대수, 구조형태, 작업자수가 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인으로 사용 될 수 있다.

4.3 예측을 위한 생산성 영향요인 도출

4.1, 4.2절의 생산성 영향요인에 대한 상관분석결과를 바탕으로 선정된 생산성 영향요인은 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인으로 생산성 예측 실행 시 예측모델의 독립변수로 이용되어 예측 값이 보다 정확하고 신뢰도 있게 도출되는데 기여 할 것이다. 도출된 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인은 다음과 같다.

- (1) 단위작업측면(4개) : 평형, 층구분, 세대수, 작업층수, 구조 형태
- (2) 작업측면(2개) : 기온, 작업자수

5. 결론

기존의 연구문헌에서 언급하고 있는 생산성 영향요인들은 객관적으로 증명되지 않은 정성적인 영향 요인들이 대부분이거나 생산성 분석에 국한되어 있어 생산성 예측을 적용하기에는 적합하지 못하다.

이에 본 연구에서는 생산성 영향요인의 기존 연구 및 문헌조

사 그리고 일련의 생산성 영향요인 선정 프로세스를 정의하여 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스를 제안하였다.

생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스는 다음과 같다.

(1) 생산성 영향요인의 선정

기존 문헌 고찰 등을 통한 생산성 영향요인의 정의 및 분류하여 생산성 관리에 이용될 수 있는 생산성 영향요인을 선정한다.

(2) 실적 생산성데이터의 수집 및 분석

생산성 예측을 위한 생산성 영향요인의 정량적인 판단인 상관분석에 사용 될 Raw data를 건설 현장으로부터 실적데이터를 얻는다. 수집된 Raw data를 분석하여 상관분석 가능 여부를 판단한다.

(3) 상관분석 실시

Raw data분석을 통해 도출된 상관분석이 가능한 생산성 영향요인을 토대로 생산성과 생산성 영향요인간의 상관분석을 실시한다.

(4) 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인의 선정

상관분석 결과를 영향요인 선정 기준과 비교하여 유의한 수준에 진입하는 영향요인을 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인으로 선정한다.

본 연구에서 제안된 생산성 예측을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스는 생산성 예측 실행 시 보다 신뢰도 있고 적합성 있는 생산성 값을 도출하고자 제안되었으며, 차후에 개발될 생산성 예측 시스템을 위한 생산성 영향요인 선정 프로세스로 이용될 수 있다.

참고문헌

1. 김예상(1994). "건설 생산성에 영향을 미치는 요인 분석에 관한 연구." 대한건축학회논문집, 제10권 제10호, 대한건축학회, pp.267~273
2. 문우경, 한성훈, 김예상, 김영석, 김상범(2006). "건설 생산성 정보 관리를 위한 생산성 영향요인 분석." 한국건설관리학회 학술발표대회논문집, 제7호, 한국건설관리학회, pp.422~426
3. 박주현, 김대현, 이학기(2003). "린 건설과 연계한 생산성 저하 요인과 Waste요인과의 상호 관련성 연구." 한국건설관리학회논문집, 제4권 제4호, 한국건설관리학회, pp.164~172, 2003

4. 박범조(1999). 현대통계학의 이론과 활용, 초판, 시그마프레스, 서울
5. 손창백, 이덕찬(2002). "건축공사의 생산성 저하요인 분석." 대한건축학회논문집, 제18권 제12호, 대한건축학회, pp.125~132
6. 손창백, 이덕찬(2005). "공동주택 건축공사의 생산성 향상요인 선정 및 적용성 분석." 대한건축학회논문집, 제21권 제4호, 대한건축학회, pp.133~140
7. 오세욱, 김명호, 김역석(2006). "건설생산성 관리 시스템 구축을 위한 데이터웨어하우스의 적용." 한국건설관리학회논문집, 제7권 제2호, 한국건설관리학회, pp.127~137
8. 유정호, 이현수(2002). "건설 프로젝트의 생산성관리 시스템." 대한건축학회 논문집, 제18권 제7호, 대한건축학회, p.103~p.113
9. 정대연(1997). 기초사회통계학, 초판, 백산서당, 서울
10. 한종관, 진상윤, 김예상(2003). "시공자 중심의 주요 공종별 공기지연 원인분석에 관한 연구." 대한건축학회논문집, 제19권 제3호, 대한건축학회, pp.163~170
11. 표영민, 배수용, 유형한, 이상범(2005). "AHP기법을 이용한 건설노동생산성 저하요인 분석에 관한 연구." 한국건축시공학회 학술·기술논문발표회 논문집, 제8호, 한국건축시공학회, pp.141~148
12. H. Randolph Thomas(1999), "Loss of Labor Productivity Due to Delivery Methods and Weather." Journal of Construction Engineering and Management, January/February, pp.39~46
13. K. W. Chau, Ying Cao, M. Anson and Jianping Zhang(2002). "Application of Data Warehouse and Decision Support System in Construction Management." Automation in Construction, 12, pp.213~224
14. Rifat Sonmez(1998). "Construction Labor Productivity Modeling with Neural Networks." Journal of Construction Engineering and Management, November/December, pp.498~504, 1998

논문제출일: 2007.11.20

심사완료일: 2008.04.14

Abstract

Productivity is acknowledged as a very important factor for successful construction projects. Various data items collected daily from a construction site can be used for monitoring its productivity by analyzing them. However, no analytical methods for that purpose have been established in the domestic construction industry yet. Previous researches that utilized OLAP and data mining to analyze the factors that affect the productivity did not do well with predicting future cases with sufficient reliability. This research therefore proposes a new analytical process which is capable of figuring out the factors that would affect the productivity of future projects, through qualitative and quantitative analysis of the data collected from past projects.

Keywords : Productivity Influence Factor, Data Mining, Productivity Forecast, Productivity Management