

EVMS를 도입한 공정의 성과지수 분석

Performance Index Analysis of Schedule Introducing EVMS

김 영*○ 이 영 대** 김 성 환*** 김 정 기****
Kim, Young Lee, Young-Dae Kim, Sung-Hwan Kim, Jung-ki

요 약

오늘날 건설공사의 효율화를 위한 EVMS(Earned Value Management System)도입의 중요성을 인식하고 많은 연구가 발표되고 있다. 그러나 EVMS를 도입한 공정에 대한 경험부족과 국내 건설의 제도적·환경적 요인으로 인해서, 기술적인 분석이나 사례분석에 대한 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 EVMS를 도입한 공정상에 성과지수(SPI : Schedule Performance Index, CPI : Cost Performance Index)를 산정하여, 여러 통계적 분석방법을 적용해서 프로젝트 관리상에 일정, 비용상의 추세(Trend) 및 문제의 원인을 분석·연구하고자 한다

키워드 : EVMS, 비용성과지수(CPI), 일정성과지수(SPI), 통계분석

1. 서론

오늘날 건설산업 전반에 일정과 비용을 통합한 건설공사의 효율화에 관한 연구 및 사례가 중요한 이슈로 제기되고 있으며, 국제화 시대의 국내 건설산업의 경쟁력 확보를 위한 선진건설기술의 기준에 부합해야 하는 과제를 안고 있다. 또한 국내 건설산업의 해외진출을 위해서도 EVMS(Earned Value Management System) 도입은 중요한 문제가 되고 있다.

본 논문에서는 이러한 EVMS 도입의 중요성을 인식하고, EVMS를 도입한 공정상에 성과지수(SPI : Schedule Performance Index, CPI : Cost Performance Index)를 산정하여, 여러 통계적 분석방법을 적용해서 프로젝트 관리상에 일정, 비용상의 경향(Trend) 및 문제의 원인을 분석 연구하고자 한다. 연구수행 순서는 EVMS 및 통계적 분석방법에 대한 이론적 고찰을 통해서 EVMS의 성과지수를 산정 및 통계적 분석방법을 선정하고, 사례를 통한 적용 및 고찰을 하는 순서로 연구의 범위를 정한다.

2. 이론적 고찰

2-1 EVMS(Earned Value Management System)의 개념 및 성과지수의 산정

EVM(Earned Value Management)이란 프로젝트의 일정과 비용을 통합하여 수립한 계획(Planned Value)에 대하여 투입된 실제비용(Actual Cost)과 EV(Earned Value)를 비교함으로써, 프로젝트의 진도를 측정·관리하는 방법을 의미한다. 또한 프로젝트관리상에 EV를 효과적으로 사용하기

위해서는 적절한 계획과 작업간 통합을 수행할 수 있는 정확한 관리 통제시스템이 필요하며, 이것을 EVMS(Earned Value Management System) 라고 한다.

성과지수에는 비용성과지수(CPI)와 일정성과지수(SPI)로 나눌 수 있으며, 아래의 식 1과 같다.

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} \quad CPI = \frac{BCWP}{ACWP} \quad \text{-----(식 1)}$$

BCWP : 기성(Earned Value)

BCWS : 계획예산

ACWP : 실투입비용

비용성과지수(Cost Performance Index)는 임의의 일정시점에서의 실투입비용(ACWP)에 대한 기성(BCWP 또는 Earned Value)의 비로써, 공정상의 비용의 영향정도를 표현하는 지수이며, 일정성과지수(Schedule Performance Index)는 계획예산(BCWS)에 대한 기성(BCWP 또는 Earned Value)의 비로써, 공정상의 일정에 영향정도를 표현하는 지수를 말한다.

이러한 비용·일정 성과지수는 프로젝트 최종비용의 예측지수로 사용되며, 조기에 성과지수의 분석을 통해서 위험에 대한 경고기능을 제공하여, 적절한 대응조치를 취할 수 있도록 하는 지수이다.

2-2 통계적 데이터 분석

통계적 데이터 분석(Statistical Data Analysis)이란 관심의 대상이 되는 자료를 수집, 정리, 분석하여 올바른 정보를 추출하고, 이를 토대로 불확실한 사실에 대해 합리적인 판단을 내리며 미래를 예측하는 분석방법으로서, 본 연구에서는 EVMS를 도입한 공정상의 CPI, SPI 데이터를 이용하

* 학생회원, 부경대학교 토목공학과 석사과정

** 중신회원, 부경대학교 토목공학과 교수

*** 학생회원, 부경대학교 건설사업관리공학 박사과정

**** 학생회원, 부경대학교 토목공학과 박사과정

여 통계적 분석방법 중에 통계적 프로세스 관리(SPC : Statistical Process Control), 시계열 분석(Time Series Analysis) 및 회귀분석(Regression Analysis)을 수행하였다.

통계적 프로세스 관리(SPC)방법으로는 성과지수별 \bar{X} -Chart와 파레토 차트(Pareto Chart)를 적용해서 일정상의 추세(Trend) 및 문제의 원인이 되는 시점을 분석하였고, 시계열 분석은 이동평균법(Moving Averages), 지수평활법(Exponential Smoothing), 로그식 회귀분석법(Logarithmic Regression Analysis)을 사용해서 일정상의 추세 및 예측치를 분석하였다.

성과지수별 \bar{X} -Chart의 관리한계 산정방식은 아래의 식2와 같다.

$$UCL = \bar{x} + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \quad LCL = \bar{x} - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{----- (식 2)}$$

UCL : 관리 상한계

LCL : 관리 하한계

\bar{x} : 모든 하위집단(Subgroup)평균의 평균값

n : 하위집단 수

이 식은 프로세스상에서 특정변수값이 관리가능한 변수(Controlled Variation)라면 그 지점의 99.74%가 관리한계 내에 있다는 것을 의미한다.

\bar{X} -Chart관리분석을 통해서 프로세스상에 문제가 되는 하위집단을 찾았다면, 다음 단계는 문제가 발생한 하위집단의 어떤 구성이 문제가 발생했는지를 파악해야한다. 이러한 문제를 쉽게 구별할 수 있는 방법 중에는 파레토 차트(Pareto Chart)가 있다. 파레토 차트는 중요한 문제의 원인에 주의를 기울일 수 있도록 임의의 조건에 따른 문제의 가장 많은 빈도부터 적은 빈도까지 바차트의 형식으로 표시해 준다.

그리고 시간의 흐름에 따라 일정한 간격으로 기록한 통계계열을 시계열 데이터라고 하며, 특정한 원인에 근거하여 나타나는 변동부분을 분석 및 예측하는 것을 시계열 분석이라 한다. 또한 회귀분석은 변수들간의 관계와 예측에 관한 가장 일반적인 통계분석 방법으로, 하나 혹은 그 이상의 확률변수가 다른 확률변수에 영향을 주는지 여부를 판단하고 영향을 준다면 얼마만큼의 영향을 주는 지에 대한 분석하는 것이다.

본 논문에서는 회귀분석을 비선형모형(NonLinear Model)을 적용하여 로그식을 이용한 비선형회귀분석을 수행하였다.

3. 사례분석

3-1 SPI, CPI의 산정

본 사례는 ○○프로젝트의 6개 분야별 업무를 수행하면서 월별 진행관리를 통해서 ACWP, BCWS, BCWP를 산정하고, 세가지 값을 통해서 CPI, SPI를 산정한 것이다. 아

래 표 1과 표 2는 월별 CPI, SPI값을 나타내고 있다.

표 1. 월별 CPI의 산정

DD	Mean	A업무	B업무	C업무	D업무	E업무	F업무	
2000년	1월	0.85	0.83	0.82	0.88	0.87	0.86	0.85
	2월	0.83	0.82	0.86	0.86	0.81	0.82	0.79
	3월	0.87	0.88	0.89	0.89	0.89	0.83	0.83
	4월	0.88	0.86	0.90	0.92	0.90	0.84	0.86
	5월	0.91	0.92	0.94	0.93	0.91	0.88	0.89
	6월	0.90	0.92	0.94	0.86	0.87	0.90	0.90
	7월	0.88	0.86	0.84	0.88	0.90	0.86	0.92
	8월	0.89	0.84	0.86	0.86	0.92	0.94	0.91
	9월	0.90	0.86	0.88	0.92	0.90	0.95	0.91
	10월	0.91	0.90	0.92	0.94	0.91	0.90	0.88
	11월	0.93	0.92	0.94	0.96	0.92	0.91	0.91
	12월	0.95	0.94	0.96	0.97	0.94	0.95	0.94
2001년	1월	0.92	0.92	0.90	0.97	0.91	0.89	0.90
	2월	0.89	0.88	0.86	0.95	0.88	0.89	0.86
	3월	0.90	0.90	0.88	0.92	0.90	0.91	0.88
	4월	0.92	0.94	0.90	0.90	0.94	0.93	0.90
	5월	0.94	0.97	0.94	0.92	0.95	0.95	0.92
	6월	0.94	0.98	0.92	0.95	0.91	0.93	0.95
	7월	0.92	0.92	0.94	0.93	0.93	0.90	0.92
	8월	0.93	0.90	0.95	0.96	0.92	0.94	0.93
	9월	0.93	0.92	0.91	0.97	0.94	0.91	0.93
	10월	0.94	0.95	0.92	0.93	0.94	0.96	0.94
	11월	0.95	0.95	0.97	0.93	0.92	0.94	0.97
	12월	0.97	0.99	0.99	0.94	0.98	0.97	0.96

표 2. 월별 SPI의 산정

DD	Mean	A업무	B업무	C업무	D업무	E업무	F업무	
2000년	1월	0.82	0.80	0.79	0.80	0.84	0.84	0.85
	2월	0.86	0.78	0.84	0.88	0.90	0.88	0.88
	3월	0.88	0.79	0.89	0.91	0.85	0.90	0.93
	4월	0.93	0.83	0.94	0.95	0.90	0.96	0.97
	5월	0.88	0.88	0.87	0.89	0.92	0.87	0.84
	6월	0.90	0.92	0.90	0.90	0.92	0.88	0.90
	7월	0.86	0.85	0.87	0.88	0.86	0.84	0.86
	8월	0.88	0.90	0.90	0.90	0.84	0.82	0.90
	9월	0.86	0.86	0.87	0.85	0.84	0.87	0.85
	10월	0.93	0.95	0.96	0.92	0.90	0.92	0.93
	11월	0.96	0.98	0.99	0.94	0.90	0.94	0.98
	12월	1.00	1.03	0.99	1.02	0.97	0.96	1.00
2001년	1월	0.95	0.99	0.95	0.93	0.94	0.93	0.95
	2월	0.90	0.92	0.93	0.89	0.90	0.88	0.90
	3월	0.88	0.90	0.85	0.85	0.84	0.88	0.94
	4월	0.90	0.90	0.88	0.84	0.86	0.93	0.96
	5월	0.94	0.95	0.92	0.90	0.92	0.95	0.98
	6월	0.94	0.91	0.91	0.92	0.90	1.00	1.02
	7월	0.91	0.88	0.89	0.90	0.88	0.95	0.98
	8월	0.92	0.90	0.92	0.94	0.90	0.94	0.94
	9월	0.95	0.94	0.92	0.96	0.94	0.96	0.95
	10월	0.96	0.98	0.99	0.94	0.95	0.94	0.98
	11월	0.99	1.01	1.03	1.02	0.98	0.95	0.95
	12월	1.02	1.05	1.01	1.02	1.03	1.00	1.00

3-2 \bar{X} -Chart의 도식화

그림 1. 월별 CPI의 \bar{X} -Chart

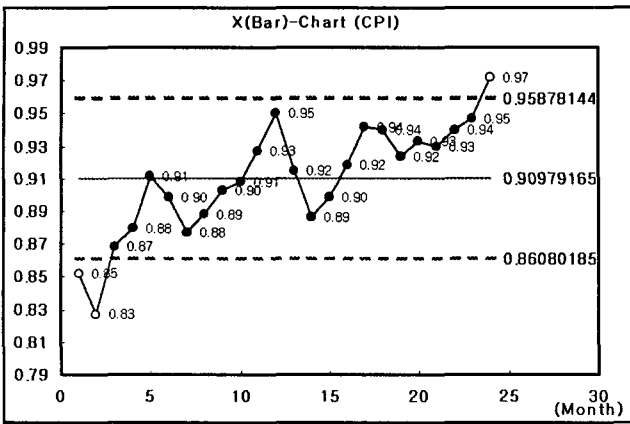
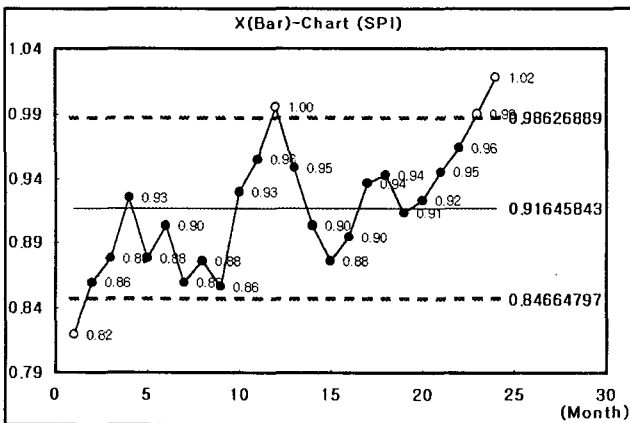


그림 2. 월별 SPI의 \bar{X} -Chart



3-3 파레토 차트의 도식화

그림 3. 월별 CPI의 파레토 차트

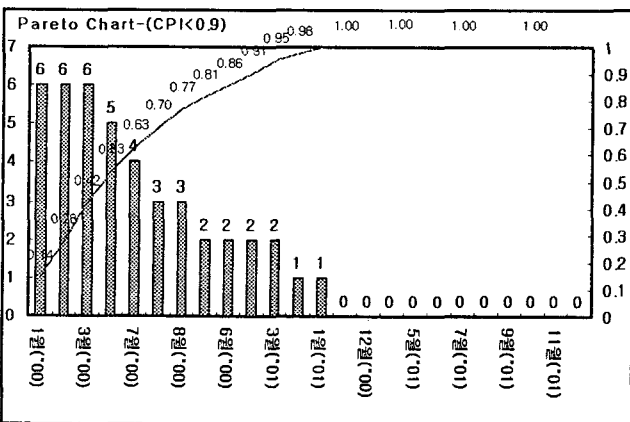
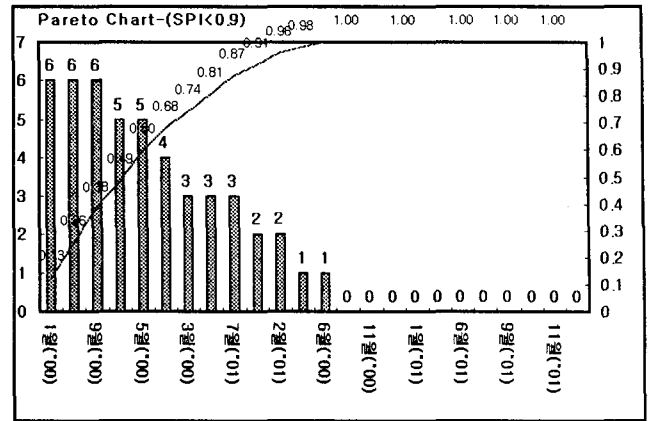


그림 4. 월별 SPI의 파레토 차트



※ 월별로 각각의 성과지수가 0.9보다 작은 업무의 개수 및 누적비율표시

3-4 로그식 회귀분석법을 이용한 CPI, SPI의 도식화

그림 5. 월별 CPI의 로그식 회귀도표

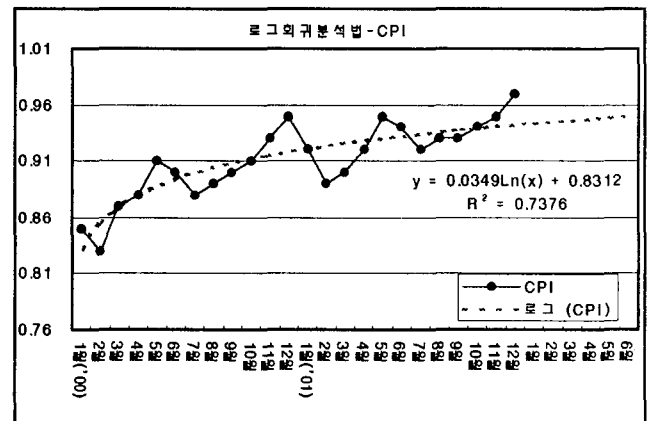
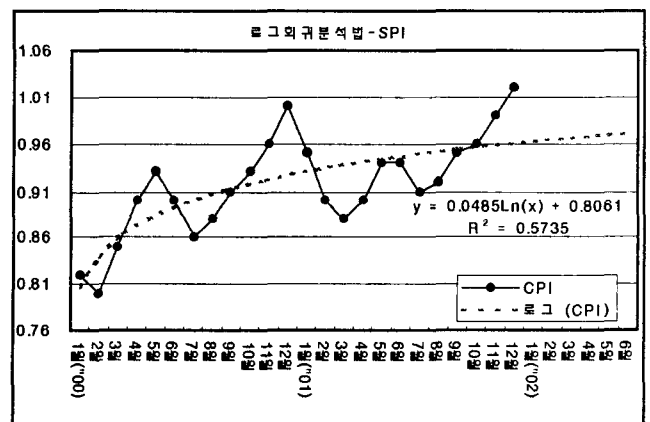


그림 6. 월별 SPI의 로그식 회귀도표



※ R^2 은 결정계수(Coefficient of Determination)이며, 회귀모형의 적합도 혹은 설명력의 정도를 의미한다.

3-5 BoxPlot을 이용한 CPI, SPI의 도식화

그림 7. 월별 CPI의 BoxPlot

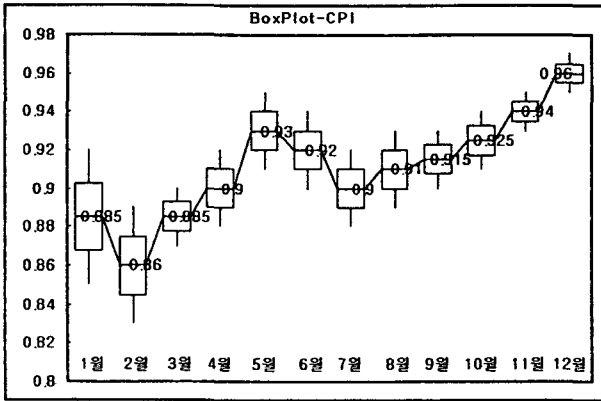
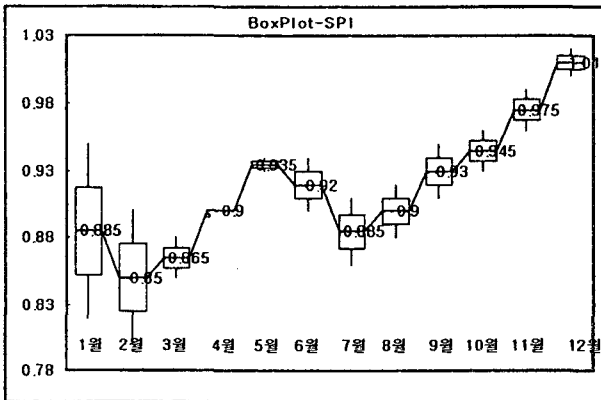


그림 8. 월별 SPI의 BoxPlot



3-6 지수평활법을 이용한 CPI, SPI의 도식화

그림 9. 월별 CPI의 지수평활

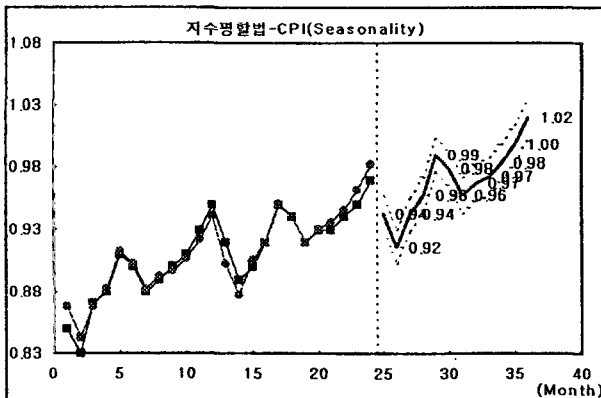
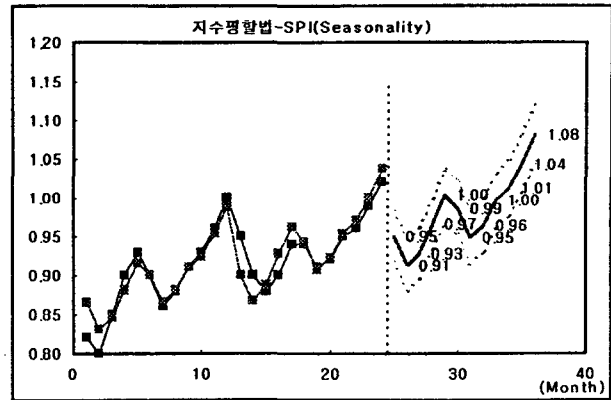


그림 10. 월별 SPI의 지수평활



$$S_n = w y_n + (1 - w) S_{n-1}$$

* 가중치 w=0.15 적용.

4. 결론

본 연구에서는 EVMS를 도입한 공정상에 CPI, SPI의 통계적 분석방법을 통해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 통계적 프로세스 관리분석결과 연도별 프로젝트 시작 시점과 완료시점에서 성과지수가 관리한계를 벗어났다. 이는 이상원인(Special Cause)이 발생한 것으로 연도별 프로젝트 시작시점과 종료시점에서 세밀한 원인분석이 요구된다.
2. 파레토 차트를 통해서 월별 성과지수가 0.9보다 작은 업무를 분석한 결과, CPI는 2000년 1월, 2월, 3월에서 전체대비 42%, SPI는 2000년 1월, 7월, 9월에서 전체 대비 38%로 가장 업무의 지연 및 비용초과가 많이 발생할 것으로 나타났다.
3. 로그식 회귀분석법 이용하여 도식화한 결과, 전체적인 업무가 초기에 일정·비용상의 문제를 보이다가 점점 개선되는 방향으로 나타났다.
4. 연도별 성과지수를 BoxPlot한 결과, 초기 1월, 2월에서 성과지수의 변동이 큰 것으로 나타났으며, 연도별 업무의 계절적 요인이 있는 것으로 나타났다.
5. 계절요인을 도입한 지수평활법을 적용하여 성과지수를 분석한 결과, 연도별 일정한 계절적 패턴을 가지고 있으며, 향후 진행될 업무에 대해서도 일정한 계절적 패턴이 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Quentin W.Fleming and Koppelman Joel M (2000), Earned Value Project Management, Project Management
2. Kenneth N. Berk and Patrick Carey (2000), Data Analysis, Duxbury
3. Barry Render and Ralph M. Stair, Jr. (1999), Quantitative Analysis for Management

Abstract

It is lately issued studies on EVMS(Earned Value Management System) throughout construction industry, which is management system integrating cost and schedule effectively.

So identifying importance and circumstance of introducing EVMS, CPI(Cost Performance Index) and SPI(Schedule Performance Index), which are critical components on schedule introducing EVMS, calculate and it intends to analyze the trend and problem of cost and time throughout project management, applying various statistical data analysis method.