

건축공사비지수의 통계적 예측모델 개발 연구

Time Series Analysis and Development of Statistical Forecasting Model for Building Construction Cost Index

조 훈 희* 박 우 열** 강 경 인***
Cho, Hun Hee Park, Woo yull Kang, Kyung In

Abstract

To improve the usage of Building Construction Cost Index(CONDEX), it is necessary to conduct time series analysis and develop CONDEX forecasting model. It can be very helpful in preparing appropriate management responding to price variations and procurement of required resources for the effective construction project implementation.

In this research we've studied time series analysis and developed short term forecasting model using ARIMA and intervention method. By using the optimum statistical forecasting model selected as the above mentioned methodology, we could find out very effective outcomes that have put these figures on that standard error is 0.55

키워드 : 건축공사비지수, 시계열분석, 통계적 예측모델, ARIMA, 개입모형

keywords : Building Construction Cost Index, time series analysis, statistical forecasting model, ARIMA, intervention model

1. 서 론

1.1 연구의 필요성

건축공사비지수는 건축공사의 투입물가를 실질 가격으로 환가(換價)함으로써 건축공사에 소요되는 종합적인 물가변동 추세를 파악하고, 부수적으로 신규 사업의 수행시 기준에 축적된 공사비 관련 자료들을 현가화하여 비교·검토함으로써 해당 사업의 예정가격산정 및 공사비관리 의 적정성을 평가하는데 유용하게 사용될 수 있다.

이러한 건축공사비지수의 목적에 대하여 Seeley(1996)는 다른 시차를 가진 공사비 자료를 비교·평가하고, 과거의 공사비 실적자료들을 보정하여 비교·분석하며, 적절한 방법을 통하여 미래의 공사비 추세를 예측하는데 지수의 목적이 있다고 지적하였다. 또한, Fleming(1991)은 건설공사비지수의 용도를 공사비실적자료의 시간적 보정, 원가계획, 물가변동의 예측, 관련원가의 비교와 시장동향의 평가 등으로 설명하였다. 이러한 연구사례를 볼 때, 건축공사비지수는 지수 자체적인 활용보다는 향후의 예측과 관련한 활용 비중이 크다고 할 수 있으며, 이를 위해서는 건축공사비지수의 시계열 분석 및 예측모델의 개

발이 필요하다.

이러한 건축공사비지수의 시계열 분석 및 예측모델 개발을 통하여, 거시적으로는 현재의 건축물가관련 정책기조가 목표달성에 적합한지를 점검하고, 필요한 경우 각종 주요자재의 수출입 조절, 건설관련 정책금리 조절 등의 수단을 사용하여 정책기조를 변경함으로써 건축관련 물가를 효과적으로 조절할 수 있으며, 미시적으로는 신규 혹은 진행중인 건설사업의 향후 건설공사에 소요되는 각종 자원의 물가변동과 조달 등과 관련한 적절한 대응방안의 마련에 도움을 줄 수 있다.

1.2 연구의 수행방법 및 범위

건축공사비지수와 같은 시계열 자료의 통계적 예측모델을 구축하기 위해서는 기본적으로 5년 이상의 시계열 자료가 필요하다. 따라서 조훈희(2000)의 선행연구를 통해 제안된 건축공사비지수 개발 모델을 일부 수정하여 1995년 1월부터 1999년 8월까지의 건축공사비지수를 재산출하여 원시계열(原時系列) 자료로 삼았다.

원시계열 자료의 시계열 분석 및 단기예측 방법으로는 현재 시계열 자료분석에 널리 활용되고 있는 ARIMA모형에 의한 박스-젠킨스 방법을 활용하였으며, 아울러 IMF 등과 같은 외부환경 개입여부와 그 효과를 진단하기 위해 개입분석도 실시하였다. 통계패키지는 SAS/ETS

* 정희원, 한국건설기술연구원 선임연구원, 공학박사

** 정희원, 고려대학교 대학원 건축공학과 박사과정 수료

*** 정희원, 고려대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

6.0과 SPSS 10.0을 사용하였다¹⁾.

한편, 시계열 분석에 의한 예측의 경우 단기적인 예측에 적합하기 때문에 예측범위를 단기적으로 한정하였으며²⁾, 그 대상은 앞서 밝힌 바와 같이 1995년 1월부터 2001년 5월까지의 건축공사비지수로 제한하였다. 특히, 본 연구에서는 건축공사비 지수의 시계열 분석 및 통계적 예측모델의 개발로 그 범위를 제한하였다.

2. 선행 유사연구 분석

건축공사비지수(또는 건설공사비수)의 시계열 분석 및 예측과 관련한 기존의 논문들은 주로 ARIMA모델을 활용한 시계열 분석 등과 같은 통계적인 기법이나 신경망 등을 이용하여 진행되었는데, 이러한 국·내외 주요 연구들을 살펴보면 다음과 같다.

우선 국내의 연구로 김선국(1999)은 대한건설협회에서 1981년부터 1993년까지 발간해오다가 1994년 이후 중단된 건설공사비지수를 개입모델과 ARIMA모델을 통해 1998년까지 연장한 연구를 수행하였다. 연구의 필요성과 접근과정에 대한 학문적 완성도에 비해, 단기예측에 적합한 시계열 분석을 통해 장기적인 예측(5년, 20시차)을 시행함으로써, 시간이 경과함에 따라 상당히 큰 표준편차(예측치 대비 약 34%)를 유발하여 결국 활용성이 결여되는 문제가 있다.

외국의 연구로 Williams(1993)는 이율(prime lending rate), 착공건수 등을 외부변수로 설정하고 신경망을 이용하여, 미국의 ENR(Engineering News-Record)지에서 발행하는 1967년부터 1991년까지의 공사비 지수를 대상으로 1개월 및 6개월 예측모델을 제안하였다. 그러나 이러한 방법을 통해 도출된 예측결과가 지수평활법(exponential smoothing model) 등과 같은 기존의 전통적인 시계열 분석 방식에 의한 예측치 보다 오차가 크게 발생하는 한계점을 지니고 있다. 이외의 연구로 Fitzgerald(1995)는 영국의 BCIS (Building Cost Information Service)에서 제공하는 1980년부터 1992년까지의 입찰가지수(TPI, Tender Price Index) 및 그 예측모델의 한계성을 규명하고 이를 개선하고자 하였으며, Wang(1998)은 대만에서 발행하는 건설공사비 지수를 소개하고 지수에 영향을 미치는 요인들을 통계분석 모델에 연계시키고자 하였다.

건축공사비지수는 그 제공목적 및 용도에 따라, 각 나라마다 지수의 편제방법 및 대상이 상이하기³⁾ 때문에 이를 분석·예측하기 위한 다양한 접근방식이 시도될 수

있다. 그러나, 상기의 선행 연구사례를 볼 때 다양한 연구방법에도 불구하고 건축공사비지수의 분석 및 예측을 위해서는 통계적인 시계열 분석방법의 활용은 일반적으로 활용된다고 할 수 있다.

따라서, 건축공사비 지수의 통계적인 시계열 분석 및 예측을 위한 연구수행을 위해서는 그 대상이 되는 원시계열의 선정과 선정된 원시계열 자료의 분석에 적합한 세부적인 시계열 분석방법 및 수행절차의 적정성 확보가 주요 사항으로 고려되어야 한다고 할 수 있다.

3. 시계열 자료의 분석 및 예측 방법

3.1 시계열의 정의 및 기본개념

시계열(time series)이란 시간의 흐름에 따라 변하는 현상을 일정한 시간간격으로 관찰하여 얻어지는 일련의 자료이다⁴⁾. 예를 들면, 일별 종합주가지수, 월별 생산자물가지수나 소비자물가지수, 월별 수출·수입액 등이 일정한 간격으로 표현되는 시계열들이다. 시계열은 경제현상이나 자연현상에 관한 시간적인 변화를 나타내는 자료이므로 어느 한 시점에서 관측된 시계열은 그 이전에 이루어진 결과에 의존하게 된다. 따라서 시계열분석을 통한 예측에서는 관측된 과거의 자료를 분석하여 규칙성을 발견하고, 이러한 규칙성이 미래에도 변하지 않고 계속될 것이라는 가정하에 이를 모형화하여 추정하고, 추정된 모형을 이용하여 미래의 시계열을 예측하게 된다⁵⁾.

3.2 시계열 자료의 분석방법

시계열 자료의 예측방법에는 ①고전적 시계열 방법과 확률과정 이론을 도입한 ②확률적 시계열방법으로 크게 분류되며, 이를 세분하면 다음의 그림 1과 같다.

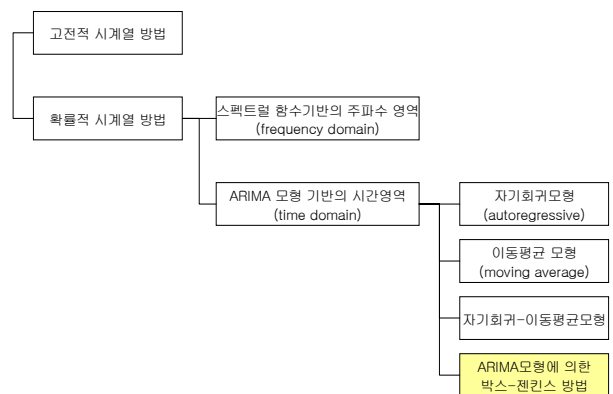


그림 1. 시계열 분석방법

그림 1을 보면, 예측방법에는 고전적인 시계열 분석방

1) 시계열분석에는 SAS /ETS 6.0이 상대적으로 강력한 기능을 제공하고 있어 대부분의 분석에 이를 사용하였으며, 일부 결과에 대한 가시적인 이해를 용이하게 하기 위해 SPSS 10.0의 그래픽 기능을 사용하였다.
 2) 중기 및 장기적인 예측모델은 외부 경제지표를 고려한 신경망 활용이나, 델파이 등을 활용한 전문가들의 설문 방식으로 진행됨
 3) 한국건설기술연구원(1999), p.46

4) 이덕기(1999) p.15
 5) 물론, 시계열이 경과된 시간에만 의존하는 것은 아니며, 경제, 사회, 정치적인 요인들의 변화에도 영향을 받게되는데 이러한 외부 요인의 영향을 분석하기 위한 적절한 방법이 제공되고 있음

법과 확률과정 이론을 도입한 확률적 시계열 방법으로 크게 구분되는데, 확률적 시계열 방법은 다시 스펙트럴 함수(spectral function)에 기초한 주파수 영역(frequency domain)과 ARIMA모형에 기초를 둔 시간영역(time domain)으로 나뉜다. 이중 시간영역에 이용되는 시계열 모형은 울(Yule, 1926)과 워크(Walk, 1931)에 의한 자기회귀(autoregressive)모형과 슬루츠키(Slitzy, 1937)에 의한 이동평균(moving average)모형이 있으며, 월드(World, 1938)에 의해서 두 모형이 결합된 자기회귀-이동평균(autoregressive-moving average)모형 등이 있다. 또한 박스(Box, 1970)와 젠킨스(Jenkins, 1970)는 이러한 모형을 이용하여 시계열분석을 수행하는 포괄적인 이론을 정립하였으며, 이를 더욱 발전시켜 ARIMA모형에 의한 박스-젠킨스방법은 시간영역에서 대표적인 시계열분석방법으로 자리 잡았다⁶⁾.

4. 건축공사비지수의 시계열 분석

4.1 시계열 모형 구축 절차

건축공사비지수는 재료비, 노무비, 외주비, 경비로 구성되는 “공사원가명세서(한국은행 조사서식)”를 근간으로 작성되는 산업연관표 기본부문(402분류)의 건축산업부문 총 투입액을 모집단으로 설정한 후, 여기에 생산자물가지수 및 각종 임금자료 등의 가격자료 등을 연계하여 개발되었는데, 시계열분석을 위한 건축공사비지수의 원시계열은 다음의 그림 2와 같다⁷⁾.



그림 2. 건축공사비 지수 원시계열

그림 2를 보면, 건축공사비 지수는 95년 1월이래 다소간의 계절변동을 지니면서 지속적으로 상승하고 있음을 알 수 있다. 특히, 1997. 12. 5 IMF 양해각서 공식발표를 전후로 지수의 변동폭이 상당히 크음을 알 수 있다. IMF관리체계 진입 이전인 97년 하반기부터 98년 상반기까지 환율인상으로 인한 원자재 가격의 폭등으로⁸⁾ 건설공사비

지수가 급격히 상승하였으며, 이후 환율안정 및 노무비 하락 등의 요인으로 98년 전반기 이후부터 완만히 하락하다가 경기가 다소 호전됨에 따라 1999년 7월부터 완만한 상승을 시도하는 형태를 보여주고 있다.

이와 같은 비정상시계열⁹⁾ 자료의 시계열 분석절차는 우선 시계열의 사전조정을 통하여 추세성을 변환한 후 이를 근간으로 잠정적인 모델을 식별하고, 식별모델의 모수추정 후 검증을 통하여 최적의 모델을 선정하게 된다. 앞서 소개된 ARIMA방법을 근간으로, 개입분석¹⁰⁾을 추가하여 본 연구에서 채택한 시계열 분석절차는 그림 3과 같다.

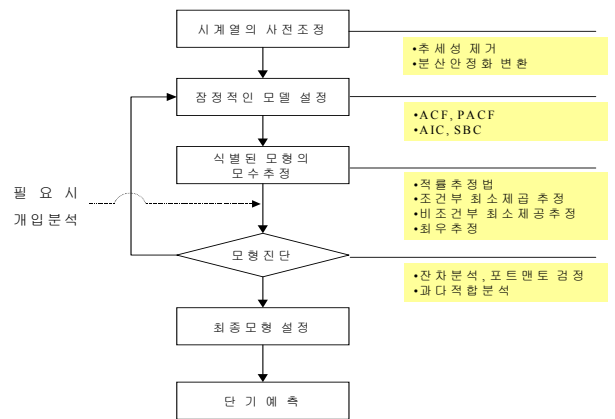


그림 3. 시계열 모형 구축 절차

4.2 시계열 사전조정

모델식별을 위해서는 원시계열의 파악이 전제되어야 한다. 그림 2를 보면 건축공사비 지수는 분산(변동폭)은 어느 정도 작아서 변환을 고려하지 않아도 되나 추세가 뚜렷이 보이므로 비정상시계열로 판단된다. 이를 보다 정확하게 규명하기 위해 ACF(자기상관함수, AutoCorrelation Function, 이하 ACF)을 살펴볼 수 있다.

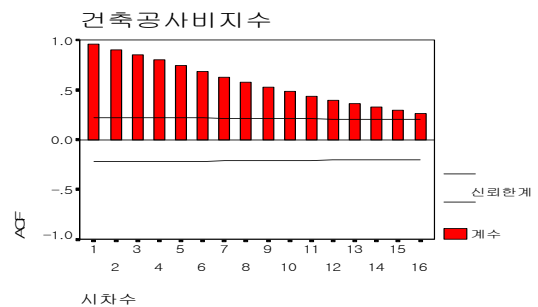


그림 4. 원시계열의 ACF

6) 이덕기(1999), p.201

7) 지수편제방법은 조훈희(2002)에 기술되어 있으며, 그 과정이 복잡하므로 지면관계상 상세한 언급은 생략함.

8) 한국건설산업연구원(1997), pp 36~42에 의하면, 1997년 12월 철근업체는 환율인상에 따른 수입고철가격의 인상과 물류비 상승 등을 이유로 출고가격을 8%, 시멘트의 경우는 벌크 및 포장시멘트가격을

7.2%, 합관생산업체는 합관공급가격을 7.6~9% 인상하였음.

9) 비정상시계열이란 시계열 자료가 시간의 흐름에 따라 상승 또는 하락의 추세를 갖는 시계열을 의미함

10) 개입분석은 지진, 전쟁 등과 같은 외적인 요인이 존재하는 경우 이를 반영함으로써 예측의 정도를 높일 수 있는 방법으로, 본 연구에서는 IMF를 외부 요인으로 간주할 수 있으므로 개입분석을 실시하였음

위의 그림 4를 보면 이 값들이 모든 시차에 걸쳐 감소하고 있는 것으로 보아 시계열에 추세가 존재한다는 것을 알 수 있다¹¹⁾. 따라서 분석 대상 시계열은 차분 등을 통한 정상시계열로의 변환이 필요하며, 다음의 그림 5는 대상 시계열을 1차 차분한 그래프이다.

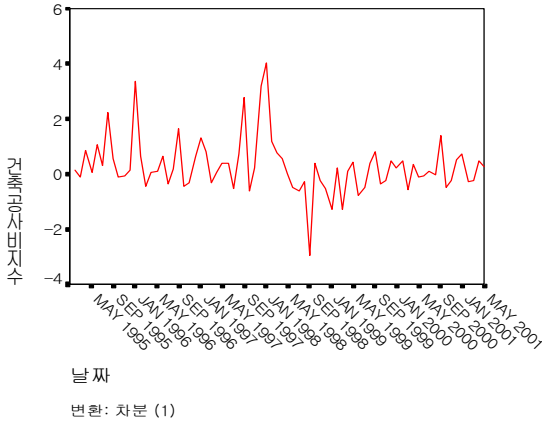


그림 5. 대상 시계열의 1차 차분 그래프

그림 5를 보면 원시계열 보다는 시간 흐름에 따른 추세가 상당부분 제거되었으나, 시계열 추세가 완전히 제거되지 않은 것처럼 보이기도 한다. 따라서 2차 차분한 결과와의 비교가 필요하다. 2차 차분된 그래프는 다음의 그림 6과 같다.

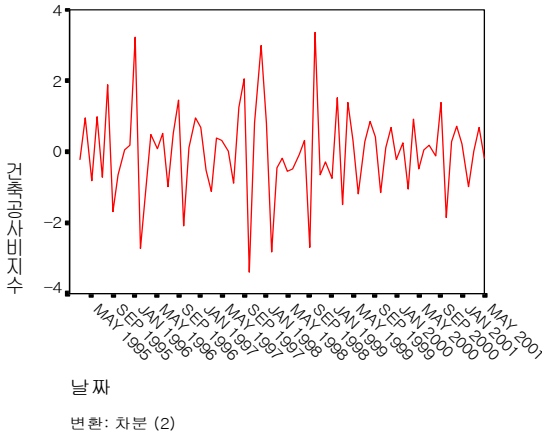


그림 6. 대상 시계열의 2차 차분 그래프

그림 6의 2차 차분한 시계열 그래프를 보면 시계열 추세는 거의 완전히 제거되었으나 1차 차분한 시계열에 비해 분산이 큰 것을 알 수 있으므로¹²⁾, 2차 차분은 과다 차분 이라고 할 수 있으며, 따라서 적절한 차분은 1차 차분이며 1차 차분한 시계열을 정상시계열로 간주할 수 있다.

이에 본 연구에서는 1차 차분된 시계열을 대상으로 시계열 분석을 실시하였다.

11) 이는 Box-Ljung 통계량과 유의확률을 표현해 주는 시계열 도표에서도 확인할 수 있음
 12) 1차 차분 시계열의 표준편차는 1.014이며, 2차 차분 시계열의 표준편차는 1.263임

4.3 잠정적 모델설정 및 보수추정

1차 차분된 시계열을 대상으로 ACF와 PACF(편자기상관함수, Partial AutoCorrelation Function, 이하 PACF)를 살펴보면 각각 다음의 그림 7, 그림 8과 같다.

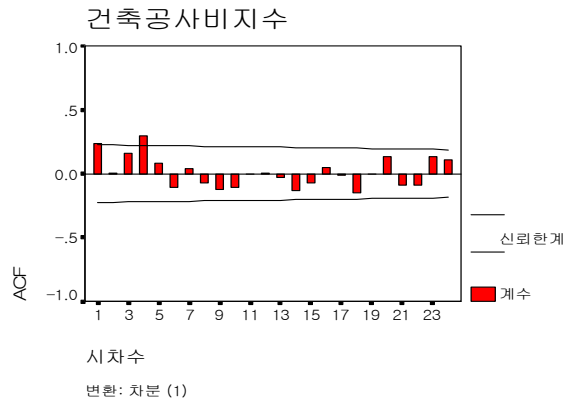


그림 7. 1차 차분 시계열의 ACF

그림 7과 그림 8을 보면, ACF와 PACF 모두에서 1시차와 4시차에서 유의적이며(Confidence Limits 밖에 위치함), 따라서 이를 우선 시계열 모형에 포함시키고 나서 비유의적인 부분을 제거해나가는 식으로 모형을 추정하는 것이 바람직하다.

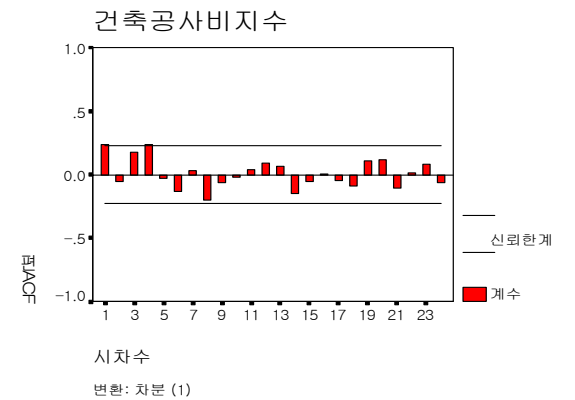


그림 8. 1차 차분 시계열의 PACF

위의 그림 7과 그림 8에서 1차 차분 시계열의 ACF와 PACF를 보면 1시차와 4시차에서 유의한 값이 나타나고 있으나, ACF와 PACF만을 이용하여 지수적 감소를 판단하는 것은 의미가 없다. 따라서 ACF가 지수적인 감소를 한다고 가정했을 경우의 가능한 모델과 PACF가 지수적으로 감소한다고 가정했을 경우의 가능한 모델을 고려하여 그 중에서 AIC와 SBC 그리고 SSE가 가장 작은 모델을 최종모델로 선택하도록 하여야 한다. 다음의 표 1은 가능한 모형들을 각각 추정하여 얻은 결과이다.

표 1에서 시계열 분석모형의 선택기준으로 활용될 수 있는 SSE, SBC, AIC를 각 모델별로 비교해 볼 때, AIC 관점에서는 ARMA(1,1,(4))이 가장 좋으며 SBC관점에서

는 ARMA(0,1,(1,4))가 가장 좋다. 따라서 SSE를 통하여 종합적으로 판단한 결과 ARMA(1,1,(4))모델을 최종 추정 모델(안)으로 선정하여 모수를 추정하였다.

표 1. 후보모형의 비교

	SSE	SBC	AIC
ARMA((1,4),1,0)	0.965436	212.3052	216.9667
ARMA((4),1,1)	0.967235	212.5882	217.2497
ARMA(0,1,(1,4))	0.969845	212.018	214.3487
ARMA(1,1,(4))	0.955577	210.7449	215.4064

모수를 추정하는 방법에는 ①조건부최소제곱 추정법(CLS : Conditional Least Squares), ②비조건부최소제곱 추정법(ULS : Unconditional Least Squares), ③최대우도 추정법(ML:Maximum Likelihood) 등이 있으며¹³⁾ 본 연구에서는 일반적으로 널리 사용하는 조건부최소제곱 추정법(CLS)법을 사용하여 모수를 추정하였으며, 최종 추정된 모수는 다음의 표 2와 같다.

표 2. 최종 추정모형의 모수추정

모수 (Parameter)	추정치 (Estimate)	표준오차 (Standard Error)	t 통계량 (t Value)	유의확률 (Approx Pr > |t|)	시차 (Lag)
MA1,1	-0.44420	0.10372	-4.28	<.0001	4
• 분산 추정치(Variance Estimate)				0.9406	
• 표준오차 추정치(Std Error Estimate)				0.969845	
• AIC				212.018	
• SBC				214.3487	
• 잔차의 수(Number of Residuals)				76	

최종 추정모형의 모수 추정결과를 토대로 산정된 건축공사비지수 예측 산식은 다음의 식 1과 같다.

$$\nabla CONST_t = \epsilon_t - 0.44420\epsilon_{t-4} \dots\dots\dots \text{식 1}$$

- $\nabla CONDEX_t$: 현재시점의 차분된 건축공사비지수
- ϵ_t : 현재 시차의 잔차
- ϵ_{t-n} : 현재시차에서 t 시차 이전의 잔차

위와 같이 최종적으로 모형이 선정되게 되면 선정된 모형에 대한 진단이 이루어져야 하는데, 이에 앞서 특정 시점에 대한 급격한 지수변동이 있는 경우 그에 대한 개입여부를 분석하는 것이 수반되어야 한다.

4.4 개입모형 분석

1) 개입모형의 이론적 고찰

입력변수로 사용될 변수들이 일반적인 시계열변수가 아니라 외부의 특정 사건의 발생으로 인한 영향을 받게 될 경우 외적인 요인들을 개입(Intervention)이라고 하는

데, 개입이 발생한 경우 시계열은 특정시점(또는 특정시점의 전후)에서 급격한 변동을 보이게 된다. 따라서 개입의 개연성이 있는 경우 이를 반영하여 시계열모형을 구축하는 것이 예측의 정확도를 높일 수 있다. 개입의 형태에는 ①펄스함수(Pulse Function) 또는 지시함수(Indicator Function)와 ②계단함수(Step Function)의 2가지 형태가 있다. 펄스함수는 그림 9의 A와 같이 특정시점 T에서만 영향을 미치는 경우로 지진의 발생이 대표적인 사례이다. 반면 계단함수는 그림 9의 B와 같이 특정시점 T에서 발생한 개입이 이후 지속적으로 효과가 유지되는 경우이다¹⁴⁾.

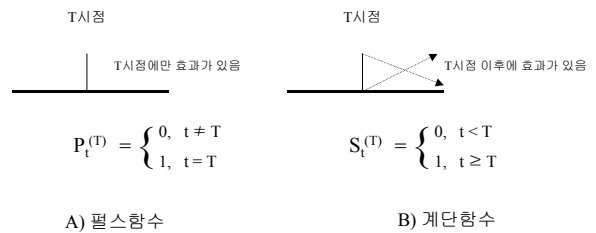


그림 9. 개입의 종류

이러한 개입을 분석하기 위해 다음의 식 2를 이용하여 전이함수 및 오차항을 추정하여 최종모형을 설정한다¹⁵⁾.

$$Y_t = \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} B^d S_t + N_t \dots\dots\dots \text{식 2}$$

- Y_t : 출력계열
- $\nu(B) = \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} B^d$: 전이함수
 - d : 출력계열(Yt)에 최초로 영향을 미치는 입력계열 St의 시점
 - s : S_{t+d} 로부터 Y_t 에 영향을 지속하는 시점
 - r : S_{t+d+s} 이후와 Y_t 의 관계를 나타내는 모수¹⁶⁾
- S_t : 입력계열(계단함수)로 개입을 나타내는 가변수임(그림 9의 B)
- N_t : 오차항

2) 개입분석

앞서 살펴본 그림 2의 건축공사비 지수 원시계열을 보면, 1997. 12. 5 IMF 양해각서 공식발표를 전후로 지수의 변동폭이 상당히 크음을 알 수 있다. 따라서 개입모형 분석을 위해 1997. 12월을 개입시점(그림 9의 Lag(0) 부분)으

14) 조신섭(1997), pp.46~49
 15) 허명희(1994), “12장. 전이함수모형”의 pp. 1~3
 16) 마지막으로 유의적인 효과가 있는 후부터의 효과가 사라지는 정도로서, 절단된 형태를 띠면 0, 지수적으로 감소하는 형태를 띠면 1, 사인곡선(sin-curve)를 그리면 2값을 가지게 된다

13) 허명희(1994), p. 5장-20

로 설정하고 개입모형을 분석하는 것이 필요하다. 그러나, 1997년 12월을 개입시점으로 설정 할 경우, -3시차인 97년 9월의 교차자기상관이 유의한 값으로 나타나게 되어, -3시차의 변동을 IMF로 인한 것이 아니라 어떤 다른 요인에 의한 변동이라고 가정할 수 밖에 없다. 즉 1997년 12월을 개입시점으로 설정할 경우 1997년 9월의 유의성을 설명하기 곤란하다. 따라서 본 연구에서는 1997년 9월을 개입시점으로 설정하여 개입분석을 실시하였다¹⁷⁾.

개입분석을 위해서는 앞서 언급한 바와 같이 전이함수 및 오차항을 추정하여 최종모형을 설정한다. 우선 전이함수($\nu(B)$)의 모수를 추정하기 위한 과정으로, 1997. 9월을 개입시점으로 한 개입모형에서 교차상관함수를 보면 그림 10과 같다.

Crosscorrelations

Lag	Covariance	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
-19	0.0041019	0.03574	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-18	-0.010153	-.08846	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-17	-0.0036045	-.03141	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-16	-0.0025425	-.02215	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-15	0.0042657	0.03717	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-14	-0.0084829	-.07391	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-13	-0.0017855	-.01556	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-12	0.017493	0.15242	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-11	-0.0099454	-.08665	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-10	-0.0082030	-.07147	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-9	0.0044794	0.03903	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-8	0.013369	0.11648	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-7	0.0066606	0.05803	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-6	-0.0079890	-.06961	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-5	-0.0030264	-.02637	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-4	0.0012385	0.01079	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-3	0.0013327	0.01161	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-2	-0.010419	-.09078	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-1	0.0059983	0.05226	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0	0.032973	0.28729	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	-0.011791	-.10273	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	-0.0010662	-.00929	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	0.038377	0.33438	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	0.049126	0.42804	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	0.012022	0.10475	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	0.0062406	0.05437	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7	0.0040757	0.03551	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	-0.0032484	-.02830	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9	-0.0098938	-.08620	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10	-0.011138	-.09704	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	-0.0070836	-.06172	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	-0.041946	-.36547	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	0.0025878	0.02255	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14	-0.0062253	-.05424	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15	-0.010083	-.08786	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
16	-0.019980	-.17409	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	-0.0000501	-.00044	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18	-0.019763	-.17220	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19	-0.0014937	-.01301	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

그림 10. 9월 개입모형의 교차자기상관함수 도표

그림 10을 보면 1997년 9월을 시작으로 하여 시차 0(9월), 시차 3(11월), 시차4(12월), 그리고 시차12(98년 9월)에서 교차자기상관이 유의적이다. 따라서 개입요인에 의한 0시차부터 12시차 까지를 모두 전이함수 설정에 산입한 후 비유의적인 시차를 제거하는 과정을 반복하여 최종적인 모형의 모수를 추정한 결과가 표 3 이다.

표 3을 보면 개입이후 3, 4, 12 시차에서 유의한 값을 보였으며, 이를 이용하여 전이함수($\nu(B)$)의 d(처음 개입이 발생한 시차), s(개입 이후 유의한 값이 나오는 시차), r값을 판단해 보면¹⁸⁾, d=0, s=3, 4, 12, r=0이 되며, 따라

17) 다만, 1997년 9월을 개입시점으로 택한 준거에 대한 설명이 다소 취약할 수 있으나, 이 시점의 경우 물가상승과 기업부도 등이 시작되거나 또는 급격히 증가하던 시기로 개입설정의 시기에 대한 개연성이 확보되었다고 할 수 있다.

18) 마지막으로 유의적인 효과가 있는 후부터의 효과가 사라지는 정

서 최종적인 개입모형은 다음의 식 3과 같이 제시된다.

표 3. 9월 개입모형 전이함수의 모수 추정

모수	추정치	표준오차	t 통계량	유의확률	시차	변수	개입 시차 (Shift)
NUM1	2.79000	0.60122	4.64	<.0001	0	S	0
NUM1,1	-3.20000	0.60122	-5.32	<.0001	3	S	0
NUM1,2	-4.02000	0.60122	-6.69	<.0001	4	S	0
NUM1,3	2.97000	0.60122	4.94	<.0001	12	S	0

식 3의 의미는 개입시점(1997. 9월)에 2.79, 개입후 3시차(B^3S_t , 1997년 12월)에 “-3.20”, 개입 후 4시차(B^4S_t , 1998년 1월)에 “-4.02”, 개입 후 12시차($B^{12}S_t$, 1997년 9월)에 “+3.92”의 영향이 있다는 것을 의미한다.

$$\frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} B^d S_t$$

$$= (\omega_0 + \omega_3(B^3) + \omega_4(B^4) + \omega_{12}(B^{12})) B^0 S_t$$

$$= ((2.79 - 3.20(B^3) - 4.02(B^4) + 2.97(B^{12}))) B^0 S_t$$

$$= 2.79B^0S_t - 3.20B^3S_t - 4.02B^4S_t + 2.97B^{12}S_t \dots \text{식 3}$$

• $B^d S_t$: 개입시점(t) 이후 d시차에만 활성

이상에서 전이함수의 모수를 추정된 이후에는 잔차항(Nt)의 모수를 추정하는 과정이 필요하다. 잔차항의 모수를 추정하기 위해 잔차항의 ACF와 PACF를 살펴보는 것이 필요하며, 이를 분석해 본 결과, 7시차(Lag(7))에서 유의한 값을 보이고 있어 7시차를 잔차항의 모수 추정에 반영하는 것이 필요하다.

표 4. 9월 개입모형 최종 추정모형의 모수 추정

모수	추정치	표준오차	t 통계량	유의확률	시차	변수	개입 시차 (Shift)
MA1,1	-0.45457	0.13823	-3.29	0.0017	7	Condex	0
MA1,2	0.38459	0.14009	2.75	0.0080	10	Condex	0
NUM1	1.70460	0.47374	3.60	0.0007	0	S	0
NUM1,1	-3.73386	0.46356	-8.05	<.0001	3	S	0
NUM1,2	-3.58297	0.46957	-7.63	<.0001	4	S	0
NUM1,3	3.56788	0.48119	7.41	<.0001	12	S	0

- 분산 추정치(Variance Estimate) 0.305881
- 표준오차 추정치(Std Error Estimate) 0.553065
- AIC 111.5121
- SBC 124.4654
- 잔차의 수(Number of Residuals) 64

그런데 7시차를 모수 추정에 반영하고 다시 ACF와

도로써, 마지막으로 유의적인 효과가 있는 후 절단된 형태를 띠면 0, 지수적으로 감소하는 형태를 띠면 1, 사인곡선(sin-curve)를 그리면 2

PACF를 살펴보면 10시차에서도 유의한 값을 보이고 있어 최종적으로 7시차와 10시차를 잔차항의 모수추정에 반영하였다. 이를 반영한 최종 추정모델의 모수추정 결과는 표 4와 같으며, 따라서 앞서 분석한 최종모형은 식 4와 같다.

$$\nabla CONDEX_t = 1.70460B^0S_t - 3.73386B^3S_t - 3.58297B^4S_t + 3.56788B^{12}S_t + \varepsilon_t - 0.45457\varepsilon_{t-1} + 0.38459\varepsilon_{t-10}$$

..... 식 4

- $\nabla CONDEX_t$: 현재시점의 차분 건축공사비지수
- $B^d S_t$: 개입시점(t) 이후 d시차에만 활성화 (시차 =d+1인 경우에만 1, 나머지는 0)
- ε_t : 현재 시차의 잔차
- ε_{t-n} : 현재시차에서 t 시차 이전의 잔차

식 4를 보면 1차 차분된 건축공사비지수($\nabla CONDEX$)는 개입시점(1997. 12월)에 1.70, 개입후 3시차($B^3 S_t$, 1998년 3월)에 “-3.73”, 개입 후 4시차($B^4 S_t$, 1998년 4월)에 “-3.58”, 개입 후 12시차($B^{12} S_t$, 1998년 12월)에 “+3.56”, 그리고, 예측시점의 잔차와 예측시점 7시차 이전, 10시차 이전의 잔차에 영향을 받는다고 할 수 있다.

4.5 모형진단 및 최종모형설정

선정된 시계열모형의 진단을 위해서는 추정된 잔차가 평균 0, 분산이 σ 인 독립적 동일분포를 갖는 하나의 확률변수인 백색잡음(white noise)의 성질을 만족시켜야 한다. 이를 검증하기 위해서는 잔차의 ACF와 PACF, 그리고 포트만토우 검정통계량을 통해 알 수 있다.

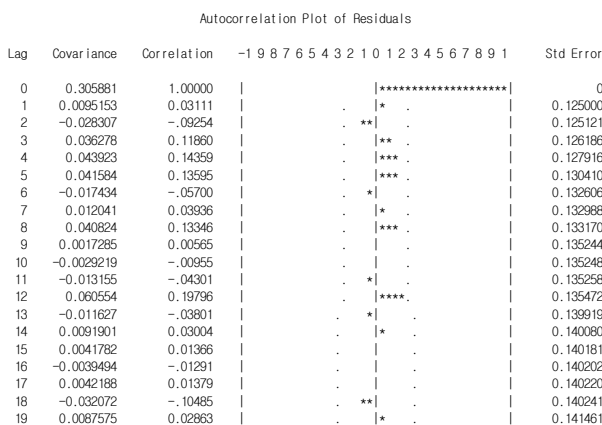


그림 11. 잔차의 ACF

우선 그림 11의 잔차에 대한 ACF를 Lag(0)을 제외하고는 모두 신뢰한계 이내에 존재함을 알 수 있는데, ACF 분석의 경우 Lag(0) 시차는 분석 대상이 아니므로 ACF 검증결과에서는 유의한 값을 보이지 않고 있다.

다음으로 잔차의 PACF를 그림 12에서 보면 모든 Lag에 걸쳐 신뢰한계 이내에 존재함을 알 수 있으며, 따라서 유의한 값을 보이고 있지 않다.

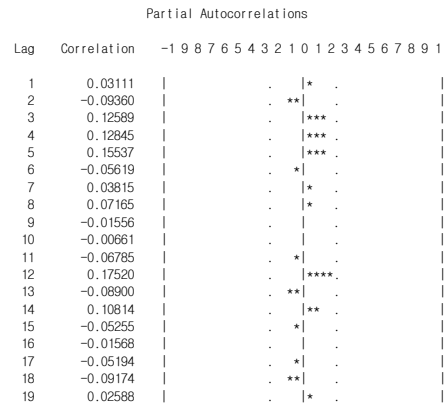


그림 12. 잔차의 PACF

모형진단을 위한 마지막 단계로 포트만토우 검정을 실시해 보면 다음의 표 5와 같다. 포트만토우 검정이란 잔차에 대한 자기상관성을 검정하는 것으로, 유의확률(표 5의 음영처리한 부분)에서 모두 비유의적이므로 19) 귀무가설을 기각할 수 가 없다. 여기서 귀무가설이라는 것은 잔차항은 백색잡음과정을 따른다는 것이고 대립가설은 귀무가설이 아니라는 것인데 귀무가설을 기각할 수 가 없으므로 잔차항은 백색잡음과정이 옳다는 것이다.

표 3. 포트만토우 검정

배수 시차	카이 스퀘어 통계량	자유도 (DF)	유의 확률	자기상관(Autocorrelations)					
				0.031	-0.093	0.119	0.144	0.136	-0.057
6	4.63	4	0.3270	0.031	-0.093	0.119	0.144	0.136	-0.057
12	9.43	10	0.4916	0.039	0.133	0.006	-0.010	-0.043	0.198
18	10.69	16	0.8284	-0.038	0.030	0.014	-0.013	0.014	-0.105
24	11.89	22	0.9596	0.029	0.030	-0.018	-0.059	-0.048	0.063

이상 위의 두 결과(9월 개입모형 최종잔차의 ACF 및 PACF와 포트만토우 검정 결과)를 보면 최종잔차가 백색잡음과정을 따름을 알 수가 있다. 따라서 위에서 제시한 식 4의 모형은 적절하다고 할 수 있다. 특히, 개입모형의 타당성을 평가하는 척도인 표준오차 추정치(Std Error Estimate)가 0.55로 개입모형을 설정하기 이전의 표준오차 추정치인 0.97에 비하여 0.42(42%) 감소한 매우 유의한 값을 보이고 있어 개입모형은 상당한 타당성을 갖는다고 할 수 있다.

4.6 최종 추정식을 이용한 건축공사비 지수의 예측 이상의 과정을 통해 박스-젠킨스의 ARIMA 방법론에

19) 0.05보다 크면 비유의적임

의해 시계열 모형을 식별하고, 모수를 추정한 후 개입분석과 모형의 검진을 통하여 최종적으로 채택된 건축공사비 시계열 모형은 위에서 제시한 식 4와 같다. 또한, 식 4의 시계열모형을 바탕으로 건축공사비(원지수)와 예측치를 비교한 결과와 95% 신뢰구간 예측값의 상하한치는 그림 13과 같다.

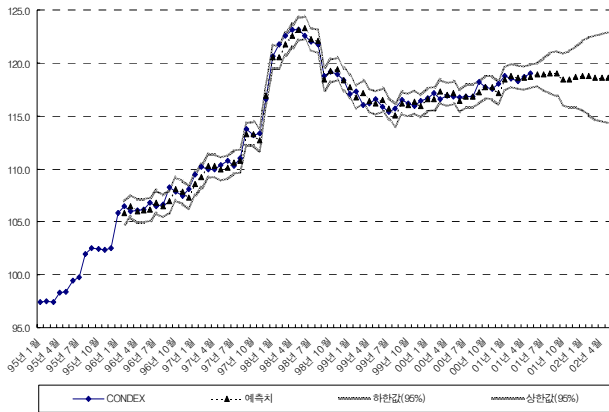


그림 13. 건축공사비 지수의 예측

5. 결론 및 향후의 연구과제

건축공사비지수는 건축공사에 소요되는 전반적인 물가 변동 추세를 파악할 수 있게 해 줄 뿐 아니라, 기 측정된 공사비 자료들을 현가화 함으로써 가격자료의 활용성을 제고할 수 있다는 측면에서, 산업적·학술적으로 매우 유용한 인프라라 할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 건축공사비지수의 거시적·미시적 효용성을 제고하기 위해 시계열 분석 및 예측모형을 개발·제안하였으며, 제안된 시계열 모형은 표준오차 추정치(Std Error Estimate)가 0.55인데, 이는 원시계열 건축공사지수의 평균지수인 112.28의 0.49% 수준으로 매우 정확한 예측결과를 보여주는 모형이라 할 수 있다.

다만, 본 연구의 범위에서 제한을 두었던 중·장기 예측모형의 개발과 본 모형의 실무적 활용여부 등에 대한 사항들은 향후 추가적인 연구와 적용을 통해 추진될 필요가 있을 것으로 판단된다. 즉, 중·장기적인 예측모형은 건설물가 정책의 수립·집행 분야와 건설사업수행에 따른 물가변동분의 사업비 반영을 통한 위험저감 분야 등에 매우 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 특히 통계적 예측모형의 경우, 시계열 모형의 표준편차가 시차가 증가함에 따라 표준편차가 점점 증가하고 되는 문제점을 지니게 되며, 본 연구에서도 기준시차의 7시차 및 10시차 이전값에 예측치가 영향을 받기 때문에 7시차 이후의 예측치 부터는 예측치에 대한 신뢰성이 떨어지며, 10시차 이후의 예측치는 통계적인 의미를 부여하기 곤란한 문제점이 있다. 즉, 복합시계열 분석에 의한 예측방법은 예측기간이 단기인 경우에 유효하며, 중·장

기 예측을 할 경우 자료의 신뢰성을 확보하기 어렵게 되며 이러한 분석방법을 활용하기 위해서는 고도의 전문적인 통계지식을 요하게 된다. 따라서 통계적 예측모형 이외에 신경망 등을 이용한 중·장기 예측모형의 필요성이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 조훈희, 강태경, 이유섭, 조문영, “건설공사비 지수 개발에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 1999. 7
2. 조훈희, “국내 건축공사비지수 개발 및 뉴럴 네트워크를 이용한 지수 예측방안에 관한 연구”, 고려대학교 대학원 박사학위 논문, 2002. 2
3. 김선국, 조지훈, “복합 시계열모형을 이용한 건설공사비지수 예측”, 대한건축학회 논문집, 1999. 7
4. 한국건설기술연구원, “실적공사비 축적 및 적용방안연구 (1,2,3차분)”, 건설교통부, 1997.~1999.
5. 이덕기, “예측방법의 이해”, SPSS 아카데미, 1999
6. 조신섭, 이정형, “SAS/ETS를 이용한 경제시계열 분석”, 자유아카데미, 1997
7. 이상영, 이선희, “건설물가지수 개발에 관한연구”, 한국건설산업연구원,1998
8. 한국건설산업연구원 IMF 대책반, “IMF 시대의 건설산업 : 영향과 대응방향”, 한국건설산업연구원, 1997. 12
9. 한국은행, “알기쉬운 경제지표 해설”, 2000.6
10. 한국은행, “1995년 산업연관표”, 1998. 8
11. Williams, T. P., “Predicting changes in construction cost indexes using neural networks”, ASCE Journal of construction engineering and management, Vol. 120, No 2, June, 1994
12. Wang, C. H., Mei, Y. H., “Model for forecasting construction cost indices in Taiwan”, Construction Management and Economics, 1998, pp. 147 ~ 157
13. Fitzgerald, E., and Akintoye, A., “The accuracy and optimal linear correction of UK construction tender price index forecasts”, Construction Management and Economics, 1995, pp. 493~ 500
14. OECD, “Construction Price Index : Source and Method”, 1998
15. Fleming, M. C., Tysoe, Brian A. , “SPON’s Construction Cost and Price Indices Handbook”, E & FN SPON, 1991
16. Seeley, I. H., “Building Economics” 4th Edition, Macmillan, 1996

(接受 : 2001. 10. 4)