

비용구조분석을 위한 생산요소의 추세변화 연구

정재정* · 양광모**

1. 서론

중소제조기업의 경영은 경영환경과 기술의 급속한 변화로 인해 불확실성은 더욱 증폭되고 있으며, 기업이 경쟁에서 살아남고 성장하기 위해서는 계획적이고, 체계적인 인력수급을 기반으로 하는 합리적인 기업경영이 이루어져야 하는데 이를 위해서는 제조기업의 일반실태에 관한 시계열데이터가 갖는 확률과정이나 패턴을 이해하고 모형화 해야 한다. 따라서 기업의 경영에 있어서 불확실성의 증가에도 불구하고 시계열데이터가 갖는 확률과정이나 패턴을 정확하게 모형화 할 수 있다면, 기업경영의 미래 예측이 가능해 질 수 있을 것이며, 미래의 예측뿐만이 아니라 경영분석이나 경제이론 검증 등을 위해서도 매우 시계열분석은 매우 유용하다

시계열분석(Time series analysis)은 어떤 특정한 대상의 시간적 변동을 계속적으로 관측하여 얻어진 자료에 의거하여 그 변동의 원인 해명 및 미래예측을 위하여 행하는 분석 방법으로 시간을 독립변수로 하여 과거에서부터 현재에 이르는 어느 특정 대상인 가격, 소비 또는 등과 같은 경제현상이나 기온·강우량 등의 자연현상 등의 변동을 계량적, 수량적으로 분석함으로써 단위시간의 변화에 따른 개개의 경제단위나 경제단위의 통합체, 그리고 개개의 상품이나 상품의 집합체에 관한 경제변량의 기본적인 관계를 나타내는 계수를 추정 분석하는 방법을 말하며, 횡단면분석은 일정한 단위시간의 변화가 아닌 일정한 시점에서 개개요소의 차이에서 오는 공간적인 변화에 기초를 두어 변량관의 관계를 분석 한다.

2005년부터 2010년까지의 6년 동안의 중소기업의 생산요소인 노동과 투자부분의 통계자료를 활용하여 추후 미래에 대한 추세 전망을 예측하고자 한다면 이는 시계열분석에 의해서 가능하다. 그러나 인력의 수요와 생산비용과의 관계를 연구하는 데 어느 주어진 시점에서 자본투자를 달리하는 여러 중소기업의 생산활동의 양상을 살펴본다면 횡단면 분석이 가능하다. 따라서 본 연구는 제조기업의 제조기업의 비용구조 분석을 위한 전초로써 생산과정에서의 생산요소에 대한 추후변화를 시계열 분석을 통하여 추정해보고자 한다.

* 명지대학교 산업경영공학과

** 유한대학교 산업경영공학과

2. 이론적 고찰

2.1 시계열분석의 접근법

시계열분석은 시간경과에 따라 관측된 변수의 측정치를 분석하는 것으로 관측된 값의 변동요인을 파악함으로써 궁극적으로는 경기예측 내지 각종사업계획을 입안하는데 그 목적이 있으며, 시계열분석에 대한 일반적인 접근법에 의하면 네 가지 성분들로 이루어졌다고 보고 있는데, 추세성분(trend component), 계절성분(seasonal component), 순환성분(cyclical component), 불규칙성분(irregular component), 과 같은 나름대로 시계열의 특성을 가진 성분들로 구성 되어 있다. 시계열 분석의 기본적인 방법은 시계열 데이터의 변동을 네 개의 구성 요소로 나누고, 그 중 가장 기본이 되는 구성요소의 변동에 대하여 이미 알려진 곡선 가운데 가장 적합한 것을 적용하게 되는데, 기획과정에서 미래 예측에의 객관적인 증거(準據) 또는 증거기준을 제시하며, 합리적인 판단과 통제에 도움을 준다.

2.1.1 추세변동

시계열 내의 가장 장기적인 변화를 의미하며, 긴 시간 동안의 시계열에 의해 나타나는 매끄러운 패턴이나 방향을 의미한다.

2.1.2 순환변동

계절변동보다는 주기가 크나 추세변동보다는 주기가 작은 변동으로 1년 이상의 주기를 갖고 반복되는 형태를 가지며, 추세변동과는 달리 상승 및 하강현상이 반복적으로 나타나는 것이 일반적이다.

2.1.3 계절변동

주기가 1년 내로 짧게 규칙적으로 발생하는 변동

2.1.4 불규칙변동

홍수, 파업, 일시적인 유행등과 같이 예상할 수 없는 우발적인 요인에 의해 불규칙적이며, 예측 할 수 없이 돌발적으로 발생하는 변동문제는 이러한 변동요인들을 보다 구체적으로 어떻게 시계열을 구성 하는가 인데, 현실적으로 관측 할 수 있는 것은 이 변화요인들이 복합된 변화 추이일 뿐 시계열을 네 가지 구성요인으로 구분하는 것은 분석상의 편의를 위한 것이며, 따라서 구체적인 분석을 위해서는 이요인들이 어떻게 유기적인 관계를 맺고 있는가에 대한 논리와 근거를 마련할 필요가 있다.

일반적으로 시계열의 변동요인별 구성방법에는 주로 가법모형(Additive Model)과 승법모형(Multiplicative Model)의 두 가지 형태로 가정되어 왔는데, 시계열분석이란 시계열의 변화추이를 예측하여 각종 경제·경영의사 결정에 활용하기 위한 것이므로 위의

두 모형이 이런 목적에 부합되고, 취급이 간편하여 가정된 모형의 논리적 근거로서 합당하다. 따라서 두 모형 모두 특정 시계열의 변화 중 어느 정도가 추세변동(T), 계절변동(S), 순환변동(C)에 의한 것인지를 측정하기 위한 방편이라는 점에서는 동일하지만, 각 변동요인을 각각 분리하여 산출하려면 이들 요인간의 연관관계에 관해 별도의 가정이 필요한데, 두 모형은 이점에서는 차이가 있다, 즉 가법모형은 시계열의 관측치 (Y)가 네 가지 변동요인의 합과 같다고 가정 한 것으로 다음과 같은 관계식이 성립된다.

$$Y = T + S + C + I$$

이식이 의미하는 것은 시계열자료의 관측치가 각 변동요인을 모두 합한 값과 같으며, 이는 결국 각 변동요인 간에는 유기적인 연관관계가 없으며, 각 변동요인이 독립적으로 발생한다고 가정한다.

그러나 승법모형은 시계열의 관측치(Y)가 네 가지 변동요인을 곱한 결과와 같다고 가정 한 것으로 다음과 같은 관계식이 성립된다.

$$Y = T \cdot S \cdot C \cdot I$$

이 모형은 네 가지 변동요인들이 서로 다른 원인 때문에 발생하지만 유기적인 관련하에 상호작용을 미친다고 가정하고 있으며 각 변동요인이 서로 종속적이라 보는 것이다. 단, 영향을 미치는 구체적 형태는 여러 가지가 있겠으나 승법모형의 식으로 정의된 모형은 형태상으로 간편할 뿐만 아니라 약간의 함수변환과정을 거치면서 가법모형과 같은 형태로의 식으로 전환이 가능하다는 장점이 있어 많이 이용되고 있으며 승법모형의 식 양변에 log를 취하면 다음과 같은 가법모형의 형태가 된다.

$$\log Y = \log T + \log S + \log C + \log I$$

따라서 두 모형이 결국은 동일한 방법으로 분석 될 수 있음을 알 수 있으나 가법모형에서는 각 변동요인이 단순히 서로 합산되므로 시계열자료의 관측치와 동일한 단위로 측정되는 반면에 승법모형의 경우에 각 변동요인은 시계열 관측치와 같은 단위로 측정되지 못한다. 즉, 추세변동만은 시계열관측치와 같은 단위로 측정되고, 나머지 변동요인들은 추세변동요인에 대한 비율로 측정 되는데 이는 각 변동요인을 시계열 관측치와 같은 단위로 측정하여 모두 곱한다면 시계열자료 관측치와 같은 단위로 산정할 수 없기 때문이다.

따라서 어떤 모형을 이용하든 시계열 분석은 일반적으로 추세변동을 먼저 분리·측정하고 그 다음으로 계절변동 및 순환변동요인을 분리·측정하게 되며, 일단 모든 변동요인이 측정되면 미래일정시점에 대한 시계열예측치는 그 시점의 추세변동추정치에 계절변동 및 순환변동요인을 감안하여 조정함으로써 산정하게 된다.

2.2 추세변동의 추정

추세변동을 분석하는데 있어서 우선적으로 결정해야 할 일은 추세선을 선형으로 볼 수 있는지의 여부를 결정하는 것이며, 일단 추세선의 형태에 관한 결정이 내려지면 어떤 방법으로 추세선을 추정할 것인가 하는 문제가 남게 된다.

추세선이 직선 형태를 취하는지의 여부를 시계열자료의 산포도를 그려본 후 눈짐작으로 결정할 수 있으며, 선형 추세선은 X가 시간의 단위를 나타낼 때 다음과 같은 방정식으로 표현 될 수 있다.

$$Y = a + b X$$

2.2.1 최소자승법(Liner Trend)에 의한 선형추세선의 추정

선형 추세선을 추성하는 방법에는 크게 보아 세 가지가 있는데 추세선이 선형방정식으로 파악될 경우 최소자승법(Liner Trend)을 이용하여 a와 b의 값을 구하면 다음과 같다.

$$\hat{b} = \frac{\sum X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum X_i^2 - n \bar{X}^2}$$

$$\hat{a} = \bar{Y} - \hat{b} \bar{X}$$

그러나 여기서 X란 시간단위를 나타낼 뿐 그 절대값이 큰 의미를 갖지는 않으며 계산을 간편하게 하기 위해 일반적으로 X값을 일종의 지수로 전환하여 사용한다.

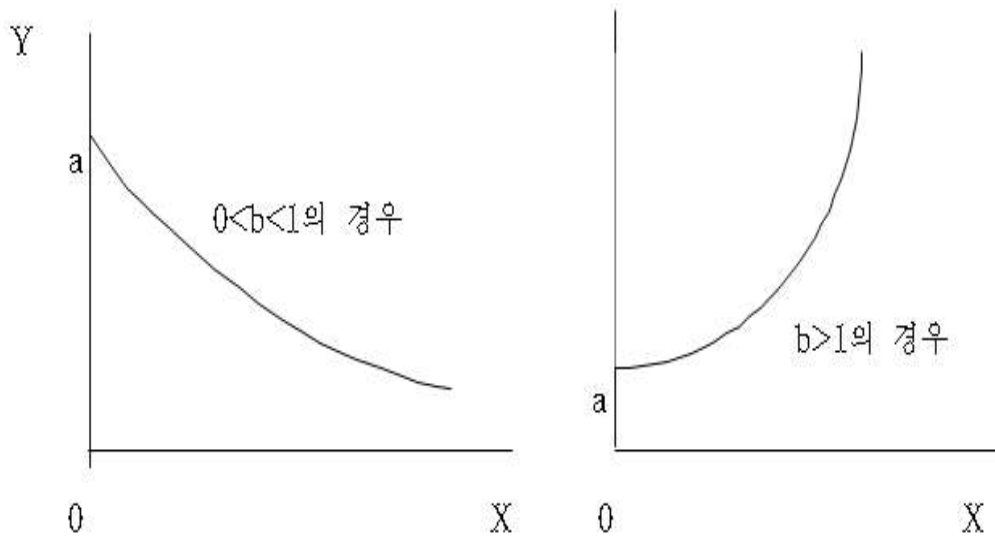
이 최소자승법에 의해서 추정된 것은 최량선형불편(最良線形不偏)추정량(BLUE, Best Linear Unbiased Estimator)이라는 것임이 가우스-마르코프정리(Gauss-Markov theorem)에 의해서 증명된다. 환언하면, 같은 방법에 의한 추정량은 선형으로서 최소분산의 추정량인 동시에 불편 추정량이라는 것이다. 이들의 포함관계를 그림으로 표시하면 위와 같다. 종합하면 최소자승추정량은 선형이고 불편인 추정량 가운데서 최량인 것이다.

2.3 비선형추세선의 추정

관측된 시계열자료의 산포도가 비선형추세선을 갖는 것으로 파악될 경우의 방법론은 기본적으로 비선형함수의 회귀분석과 동일한데, 시계열이 노동인력, 전염병의 투자자본 등과 같이 시간경과에 따라 일정비율로 증가 또는 감소하는 자료를 나타낼 경우 그 추세선이 지수함수 형태를 취할 때가 있다.

$$Y = ab^X$$

위식에 나타난 Y값은 a와 b값에 의존함을 알 수 있으며 a는 Y의 절편, 그리고 b는 변환율을 뜻한다. 그리고 그림[2.7]에서 나타난 바와 같이 $0 < b < 1$ 의 경우 Y는 X의 증가에 따라 감소하며, $b > 1$ 의 경우에는 X가 증가함에 따라 Y도 증가할 것이다.



[그림 1] 지수함수형 추세선($Y=ab^X$)

일단 시계열의 산포도가 위의 식과 같은 함수 형태의 추세변동을 갖는다고 볼 수 있을 경우 그 추정은 위의 식을 선형으로 전환함으로써 쉽게 이루어질 수 있다. 따라서 위의 식의 양변에 log를 취하면

$$\log Y = \log(ab^X) = \log a + X \cdot \log b$$

와 같이 선형모형으로 전환되며, 따라서 앞에 항에서와 같이 최소자승법을 적용할 수 있게 된다.

2.4 이동평균법(Method of moving average)에 의한 추세선의 추정

위에서는 계절변동, 순환변동 및 불규칙변동을 완전히 제거 시키거나 또는 이들 변동요인을 극소함 없이 추세변동 및 추세선을 추정하였으나 경우에 따라서는 이들 변동요인에 따른 변동을 제거한 다음 추세변동을 추정하는 것이 용이하며, 이 평활법으로 가장 보편적인 이동평균법을 가장 많이 활용하고 있다. 여기서 이동평균은 특정기간 관측된 자료의 평균을 의미하며 12개월 이동평균은 시계열자료의 12개월간의 평균값으로 정의 되며 이 이동평균은 12개월간 일어난 변동이 제거된 새로운 시계열을 구성하게 된다.

3. 시계열분석에 의한 생산요소 추세선 분석

기업의 경영은 경영환경과 기술의 급속한 변화로 인해 불확실성은 더욱 증폭되고 있으며, 특히 생산환경이 열악한 중소기업이 경쟁에서 살아남고 성장하기 위해서는 계획적이고, 체계적인 인력수급을 기반으로 하는 합리적인 기업경영이 이루어져야 한다. 특히, 이윤극대화를 추구하는 기업은 생산에 소요되는 비용이 아주 중요하며, 투입되는 생산요소를 어떻게 결합하는 것이 생산비용을 가장 작게 만들 수 있는지를 고민해야 한다. 따라서 이윤을 극대화를 위해 그 첫 단계로 주어진 산출량을 생산하는데 드는 비용을 극소화해야 하고, 비용극소화가 이윤극대화의 전제조건이라고 한다면, 비용극소화를 가져올 수 있는 생산요소의 결합비용은 제조기업의 생산에 있어 핵심이며, 이를 위해 인력수급과 자본투자에 대한 추후 전망을 예측하는 것은 합리적이고 효율적인 중소기업의 비용개선의 전초가 된다.

3.1 인력부족률에 대한 추세선분석

만성적인 인력부족이 중소기업의 생산에 있어서 어떻게 영향을 미치는지 확인을 위해 시계열자료가 갖는 확률과정이나 패턴을 통하여 모형화 해야 한다. 특히, 시계열자료가 갖는 확률과정이나 패턴을 정확하게 모형화 할 수 있다면, 기업경영의 미래 예측이 가능해 질 수 있을 것이며, 미래의 예측뿐만이 아니라 경영분석이나 경제이론 검증 등을 위해 매우 시계열분석은 매우 유용하다. 따라서 인력수급불균형에 따른 비용에 관한 분석을 위해 생산요소 부분에서 가장 중요한 노동부분의 인력수급과 자본부분의 투자부분에 대한 시계열분석을 통하여 두 분야가 상호작용을 통하여 비용부분에 영향을 미치는지를 중소기업의 2006년도부터 2011년까지의 자료를 기초로 하여 확인하고, 또, 미래에 대한 추후전망에 대해서도 고찰해 보고자 한다.

선형 추세선을 추성하는 방법에는 크게 보아 세 가지가 있는데 추세선이 선형방정식으로 파악될 경우 최소자승법(Liner Trend)을 이용하여 a와 b의 값을 구하면 다음과 같다.

$$\hat{b} = \frac{\sum X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum X_i^2 - n \bar{X}^2}$$

$$\hat{a} = \bar{Y} - \hat{b} \bar{X}$$

그러나 여기서 변화된 X값이란 시간단위를 나타낼 뿐 그 절대값이 큰 의미를 갖지는 않으며 계산을 간편하게 하기 위해 일반적으로 X값을 일종의 지수로 전환하여 사용하며 관측된 시계열자료의 산포도가 비선형추세선을 갖는 것으로 파악될 경우의 방법론은 기본적으로 비선형함수의 회귀분석과 동일한데, 시계열이 인력부족률과 생산설비 및 기술개발투자등 같이 시간경과에 따라 일정비율로 증가 또는 감소하는 자료를 나타낼 경우 그 추세선이 지수함수 형태를 취할 때가 있다.

$$Y = ab^X$$

위 식에 나타난 Y값은 a와 b값에 의존함을 알 수 있으며 a는 Y의 절편, 그리고 b는 변환율을 뜻하고, $0 < b < 1$ 의 경우 Y는 X의 증가에 따라 감소하며, $b > 1$ 의 경우에는 X가 증가함에 따라 Y도 증가 할 것이다. 시계열의 산포도가 위의 식과 같은 함수형태의 추세변동을 가진다고 볼 수 있을 경우 그 추정은 위 의식을 선형으로 전환함으로써 쉽게 이루어 질수 있어 위의식의 양변에 log를 취하면

$$\log Y = \log(ab^X) = \log a + X \cdot \log b$$

와 같이 선형모형으로 전환되며 최소자승법을 적용할 수 있게 된다.

다음 시계열분석을 위한 2006년도부터 2010년도 중소기업의 연도별 인력부족률을 활용하여 도표를 도출해 보면 다음과 같다.

<표 1> 추세선의 추정을 위한 연도별 인력부족률 현황

기간(년도)	인력부족률(%)	변화된X값	$\log_{10} Y$	$X \cdot \log_{10} Y$	X^2
2005	4.35	-5	0.6384	-3.1920	25
2006	3.79	-3	0.5786	-1.7358	9
2007	3.93	-1	0.5943	-0.5943	1
2008	2.68	+1	0.4281	0.4281	1
2009	2.36	+3	0.3729	1.1187	9
2010	2.51	+5	0.3996	1.9980	25

<표 1>의 추세선 추정을 위해서 연도별 인력부족률 현황을 이용하여 최소자승추정을 하면

$$\log \hat{b} = \frac{\sum X_i \log Y_i}{\sum X_i^2} = - \frac{1.9773}{70} = - 0.02824 \approx 0.937$$

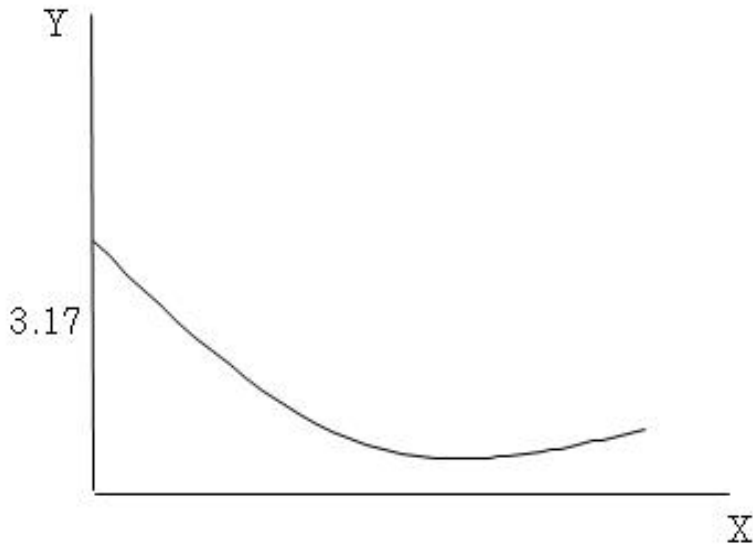
$$\log \hat{a} = \frac{\sum \log Y_i}{n} = \frac{3.0083}{6} = 0.5013 \approx 3.17$$

다음에는 log를 제거하여 a와 b의 최소자승 추정치를 구하게 되면

$$\hat{a} \approx 3.17 \quad \hat{b} = \approx 0.937$$

$$\hat{Y} = (3.17) (0.937)^X$$

가 된다. 따라서 최근 중소기업의 인력부족률에 대한 추세 방정식은 다음의 $\hat{Y} = (5.15)(2.49)^X$ 와 같은 추세선이 추정되며 인력부족률에 추세를 그림으로 나타내면 다음과 같다.



[그림 2] 인력부족률의 추세선

위에서 도출된 추세방정식 $\hat{Y} = (3.17) (0.937)^X$ 에서 b는 Y값 즉 인력부족률의 변화율을 나타내는데 b의 값이 $0 < b < 1$ 이므로 그림 <3-1>의 추세선은 부(-)의 완만한 우하향의 기울기를 가지게 됨을 알 수 있다. 따라서 시계열분석에서 추세선 추정을 통하여 나타난 중소기업의 인력부족률은 약간의 하락하는 경향을 보이고는 있지만 향후 장기적인 전망에 있어서의 인력수급 불균형은 계속 되리라는 추측이 가능하며. 특히, 생산요소의 한 측면인 노동요소 부분에서의 인력공급의 확대와 같은 공급측면에서의 획기적인 변화나 개선 없이는 중소기업의 인력부족하의 비용구조는 크게 개선되지 않을 것임을 보여주고 있다.

3.2 생산설비 및 기술개발투자에 대한 추세선 분석

위에서 언급한대로 인력수급불균형에 따른 비용에 관한 분석을 위해 생산요소 부분에서 가장 중요한 노동부분의 인력수급과 자본부분의 투자부분에 대한 시계열분석을 통하여 두 분야가 생산과정을 통하여 비용부분에 어떠한 영향을 미치는지, 또, 자본투자부분의 미래 대한 추후전망은 어떤지를 최근 중소기업의 업체당 평균생산설비 투자액과 업체당개발 기술비를 최소자승법을 이용하여 추세선을 추정하기로 한다. 먼저, 연도별 생산설비 투자 및 기술개발투자의 추세선 추정을 위해 현황을 같이 묶어서 도출하여 작성해보면 다음과 같다.

<표 2> 추세선 추정을 위한 연도별 자본투자현황

연도	생산설비*기술개발비 증감율(%)	변화된X값	$\log_{10} Y$	$X \cdot \log_{10} Y$	X^2
2005	3.2(24.5)	-5(-5)	0.5051(1.3891)	-2.5255(-6.9455)	25(25)
2006	-14.6(7.8)	-3(-3)	-1.1643(0.8450)	3.4929(-2.5350)	9(9)
2007	7.4(19.7)	-1(-1)	0.8692(1.2944)	-0.8692(-1.2944)	1(1)
2008	9.4(-11.8)	1(1)	0.9731(-1.0718)	0.9731(-1.0718)	1(1)
2009	14.6(6.2)	3(3)	1.1643(0.7923)	3.4929(2.3769)	9(9)
2010	30.7(10.5)	5(5)	1.4871(1.0211)	7.4355(37.1775)	25(25)

* 괄호()은 기술개발비

먼저 <표 2>를 이용하여 생산요소의 자본부분중 생산설비투자부분의 추세선 추정을 위해서 최소자승법을 적용하면

$$\log \hat{b} = \frac{\sum X_i \log Y_i}{\sum X_i^2} = \frac{11.997}{70} = 0.17142 \quad \therefore \hat{b} \approx 1.484$$

$$\log \hat{a} = \frac{\sum \log Y_i}{n} = \frac{3.8345}{6} = 0.6390 \quad \therefore \hat{a} \approx 4.36$$

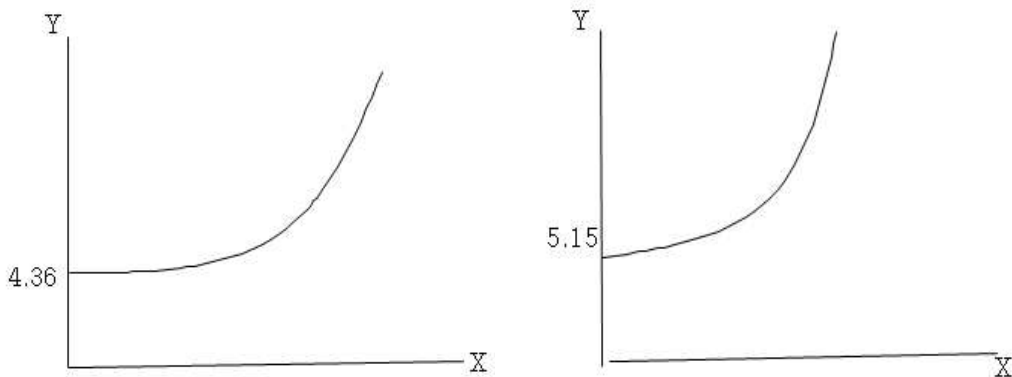
이 된다. 따라서 중소기업의 업체당 평균생산설비투자액에 대한 증감율의 추세방정식은 다음의 $\hat{Y} = (4.36)(1.48)^X$ 와 같은 추세선이 추정되며, 같은 방법으로 기술개발투자부분의 최소자승 추정을 해보면

$$\log \hat{b} = \frac{27.7077}{70} = 0.39582 \quad \therefore \hat{b} \approx 2.49$$

$$\log \hat{a} = \frac{4.2701}{6} = 0.7116 \quad \therefore \hat{a} \approx 5.15$$

$$\hat{Y} = (5.15)(2.49)^X$$

가 된다. 따라서 중소기업의 기업체당 기술개발비에 대한 증감율의 추세방정식은 다음의 $\hat{Y} = (5.15)(2.49)^X$ 와 같은 추세선이 추정되며 생산설비투자과 기술개발투자에 대한 추세선을 그림으로 나타내면 다음과 같다.



생산설비투자 부분

기술개발투자 부분

[그림 3] 중소기업의 자본투자 추세선

위에서 도출된 자본투자에 관한 추세선은 $b > 0$ 이므로 두 부분 모두 은 정(+)의 급격한 우상향의 기울기를 가지게 됨을 알 수 있는데, 시계열분석에서 추세선 추정을 통하여 나타난 최근 중소기업의 같은 기간의 투자부분에 있어서 생산설비투자과 기술개발비는 꾸준히 증가해 왔으며, 추후 양 부분 모두 증가하게 될 것이라는 예측이 가능하다.

4. 결론 및 요약

위에서 인력부족이 비용구조에 어떻게 영향을 미치는지를 분석하기 위한 전초로서 제조기업의 생산요소인 노동과 자본요소의 인력부족률과 자본투자에 대하여 시계열분석의 최소자승법을 이용하여 추세선을 추정해 보았다. 그 결과 노동분야에 있어서의 인력부족률은 위의 현황분석에서 최근 들어 감소하는 경향을 보이고 있지만 시계열분석에서 증명 하듯이 장기적으로는 큰 변화가 없을 것이다. 따라서, 인력수급에 대한 획기적인 변화나 개선 없이는 인력수급불균형은 계속 되리라는 예측이 가능하며, 자본요소인 생산설비투자와 기술개발투자에 대한 분석에 있어서도 자본투자가 꾸준히 증가해 왔고, 추후에도 계속증가 할 것으로 나타나고 있어 중소기업의 인력부족의 해소를 위한 인력공급의 확대나 투자부문에서의 변화나 개선 없이는 인력수급 불균형에 따른 비용구조는 계속 될 것이다.

5. 참고 문헌

- [1] 이종원(2003), 「경제경영통계학 제3판」, 박영사, pp672-704.
- [2] 중소기업청(2006), 「2006년 중소기업실태 요약」, 보고서pp8-18, pp30-42.
- [3] 중소기업청(2007), 「2007년 중소기업실태 요약」, 보고서pp9-18, pp30-39.
- [4] 중소기업청(2009), 「2009년 중소기업실태조사 결과」, 보고서pp6-19
- [5] 중소기업청(2011). 「2011년 중소기업실태조사 결과」, 보고서pp6-20
- [6] 중소기업청(2010), 「2011년도 중소기업육성시책」, 보고서, pp18-51
- [7] Crag &Hogg., R. V., 「Introduction to Mathematical Statistics, 2nd edition」