

식스 시그마 도입기간이 기업의 재무적 성과에 미치는 영향 연구: 평활 스플라인 함수를 이용하여*

류창현¹ · 박민재^{2†}

¹연세대학교 응용통계학과, ²홍익대학교 경영학과

The Study on Relation between Six Sigma Implemented Period and Financial Performance: Using Smoothing Spline Function*

Changheon Ryu¹ · Minjae Park^{2†}

¹Department of Applied Statistics, Yonsei University, ²Business School, Hongik University

Purpose: In this paper, we investigate whether the endeavors for Six Sigma quality management by a firm have positive effects on its financial performance and the length of Six Sigma implemented period affects its financial status. We find a relationship between Six Sigma implemented period and several financial performance index using a smoothing spline function.

Methods: A smoothing spline function is used in order to analyze the relationship between efforts for quality management and financial performance. Specifically, the return on assets, return on equity, sales cost and business fee are investigated as dependent variables and the efforts for quality management as independent variable.

Results: As a result of the analysis, the indication is that companies that put effects into the Six Sigma quality management have a positive result in its financial status. In detail, the efforts for Six Sigma quality management have positive effects on total asset turnover ratio and Six Sigma implemented period on net income to net sales ratio. Additionally, companies with longer (shorter) period of Six Sigma program have more (less) improvement in its financial status.

Conclusion: It can be concluded that the company's efforts for quality management positively influence financial performance.

Keywords: Financial Performance, Return on Assets, Six Sigma, Smoothing Spline Function

* This work was supported by the National research Foundation of Korea Grant funded by Korea Government (NRF-2014S1A5A8012594).

This research was also supported by Basic Science Research Program through the Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2014R1A1A2053679).

† 교신저자 mjpark@hongik.ac.kr

2016년 3월 14일 접수, 2016년 4월 1일 수정본 접수, 2016년 4월 5일 게재 확정.

1. 서론

식스 시그마는 1987년 모토로라로부터 시작하여 GE사에서 발전되어 많은 기업들이 채택하고 있는 품질경영기법이다. 이후 식스 시그마는 데밍의 품질 철학을 받아들인 일본 기업들을 한층 더 발전시켜 일본 기업들이 자동차와 전자제품 분야에서 글로벌 시장을 선도하게 하는 핵심 역할을 하였다. 이처럼 식스 시그마는 기업이 최고의 품질 수준을 달성할 수 있도록 도움을 주는 경영혁신방법이라고 정의할 수 있다. 또한, 식스 시그마는 통계에 근간을 둔 시스템적 접근 방법으로 복잡한 기업 환경에서 의사결정자로 하여금 당면한 문제를 체계적으로 해결하도록 지원하는 도구이기도 하다. 본 연구는 식스 시그마 품질경영을 도입한 기업의 성과지표와 식스 시그마 경영활동과의 상관관계를 파악하여 기업의 정책입안자들이 회사를 위해 중요한 결정을 내릴 때 실질적인 도움을 주는 모형을 개발하는 것을 목적으로 한다. 일반적으로 식스 시그마를 도입한 기업은 식스 시그마로 인하여 원가와 비용을 절감함으로써 이익의 극대화를 달성한다. 하지만 식스 시그마 품질경영을 도입하고 시행하는 것만으로 기업의 재무성과가 지속적으로 향상되는 것은 아니다. 실제로 식스 시그마를 도입한 후 성과지표 개선을 보여준 기업들 즉 모토로라, GE, 코닥, 제록스, 폴라로이드 등 식스 시그마 1세대 기업 중 GE를 제외한 나머지 기업들은 지속적인 성과개선을 이루지 못하거나 파산하였다. 그렇기 때문에 기업의 성과지표와 식스 시그마 경영활동의 관계는 많은 연구자들의 주된 관심사였다[1]. 식스 시그마를 시행하면서 기업에 비용절감이 발생하지만[2, 3] 그 절감액이 과연 식스 시그마를 사용하기 위한 투자비용보다 더 많은지[4]는 여전히 결론을 내리기가 쉽지 않다. 따라서 식스 시그마를 위한 투자비용과 식스 시그마가 가져오는 효용 중에서 어느 것이 더 큰지 분석하기 위해 다양한 방법이 동원되었다. 그중에서 식스 시그마가 가져오는 효용이 식스 시그마의 도입기간에 따라서 많이 달라진다는 연구가 있었다[5, 6]. 식스 시그마 도입 기간을 연구 대상으로 하여 식스 시그마를 도입한 직후의 기업 재무성과와 어느 정도 성숙 단계를 거친 후의 기업 재무성과를 비교한 연구도 있다. Klefsjo *et al.*[6]은 식스 시그마의 도입만으로도 성과를 낼 수 있다고 하였지만, 도입만 하였을 경우의 식스 시그마의 효과보다

성숙단계까지 이르렀을 때 식스 시그마의 효과가 훨씬 더 크다는 연구결과도 도출하였다. 강호영·박현일[5]은 식스 시그마를 도입하고 나서 어느 정도 시간이 지나야만 기업의 재무상태가 식스 시그마로 인하여 좋아진다고 결론지었다. 또한, 강호영·박현일[5]은 비용 절감 측면에서 식스 시그마의 도입기간이 매출액성장률과 매출순이익률에 정(+)의 영향을 끼친다는 결과를 도출하였다. 하지만 많은 연구가 기업의 재무상태와 식스 시그마 활동을 선형회귀분석을 가지고 분석하였는데, 만약 둘의 관계가 선형의 관계가 아니라면 비선형의 관계를 나타낼 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 단순선형회귀분석을 이용하지 않고 평활 스플라인 함수를 이용하여 지금까지 전혀 시도되지 않은 새로운 방법으로 식스 시그마의 도입기간과 기업의 재무지표가 어떠한 관계가 있는지 알아보려고 한다.

본 연구에서는 수익률 지표인 총자산순이익률(Return on asset: ROA)과 자기자본이익률(Return on equity: ROE)을 반응변수로 선정하여 분석한다. 추가로, 식스 시그마 품질경영과 원가 및 비용의 관계를 분석하기 위하여 매출원가, 영업비용을 종속변수로 선정하고 평활 스플라인 함수와 회귀분석모형을 이용하여 분석하고 비교한다. 평활 스플라인 함수를 이용하여 분석한 결과 ROA, ROE의 경우에는 평활 모수(Smoothing parameter)가 유의하지 않았지만 매출원가와 영업비용의 경우 평활 모수가 통계적으로 유의하였다. 평활 모수가 유의하다는 것은 본 연구에서 가설로 설정한 비선형의 관계가 실제로 존재한다는 것을 의미한다. 평활 스플라인 방법을 통하여 독립변수와 종속변수의 선형관계를 가정한 회귀 모형의 한계를 보완하고 식스 시그마 도입 여부, 식스 시그마 도입기간과 기업의 재무지표와의 관계분석 등을 행한다. 또한, 본 연구에서는 한국 노동 연구원에서 조사하는 사업체 패널조사자료(WPS 2011)[7]를 사용한다. WPS2011[7] 자료를 쓴 이유는 실제로 식스 시그마 경영성적을 연구하고자 할 때 기업에서 경영성적을 과장하여 발표하는 경향으로 인하여 자료를 신뢰하지 못하는 경우가 종종 발생하기 때문이다[8].

앞으로 전개될 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 본 연구에서 사용되는 평활 스플라인 방법에 대해 분석하고 관련된 선행연구에 대해서 알아본다. 제3장에서는 사업체 패널조사(WPS2011)[7]를 바탕

으로 가설, 연구설계 모형, 분석결과를 구체적으로 제시한다. 마지막으로 제4장에서는 연구결과를 바탕으로 결론을 이야기한다.

2. 평활 스플라인 함수를 이용한 연구

지금까지 국내외에서 진행된 식스 시그마에 대한 연구내용은 식스 시그마 실행의 측면에서 성공요인 적용방안, 적용성과, 사례조사 등을 연구해 왔고 식스 시그마 방법론의 측면에서는 과제선정, 식스 시그마 도구 등에 관한 연구가 주로 이루어져 왔다[9-12]. Harry[9]는 식스 시그마 경영활동을 효과적으로 이행하여 품질경영활동의 수준이 높아진 기업은 비재무적 성과와 재무적 성과 모두 개선이 이루어진다고 보았다. 또한 성공적으로 식스 시그마를 수행하는 기업은 매년 20%의 수익증대, 12~18%의 생산능력 증대, 12%의 종업원 수 감소, 10~30%의 자본지출 감소가 기대된다고 하였다. 박재영 외[13]의 연구에서는 식스 시그마와 기업의 재무적 상태가 선형관계임을 가정하고 선형회귀모형을 이용하여 식스 시그마 품질경영의 도입기간 및 품질 관리를 위한 노력이 총자산순이익률(Return on asset: ROA), 자기자본이익률(Return on equity: ROE), 총자산회전율, 매출액순이익률에 어떤 영향을 끼치는지 파악하였다. 하지만 이는 품질경영 활동과 기업의 재무적 성과에 대해 경로 분석을 한 것이기 때문에 본 연구와는 차별점이 존재한다 또한 Goh *et al.*[14]의 연구에서는 회귀 분석을 이용해 최초 식스 시그마 도입을 공식적으로 발표한 시점에 주가의 변동을 살펴본 결과 식스 시그마의 도입이 기업의 주가와는 관계가 없다는 결론을 제시했다. 식스 시그마가 기업에 긍정적인 도움을 주기 위해서는 기업이 상당한 수준에 이미 올라와 있어야 한다는 주장도 있다[15, 16]. 식스 시그마의 장단점을 파악하기 위한 사례조사도 많이 이루어 졌다[17, 18]. 강호영·박현일[5]은 기업의 식스 시그마 도입기간이 재무적 성과에 미치는 영향을 회귀분석을 통해 분석하였다. 그 결과 매출액성장률과 매출순이익률에서는 유의한 정(+)의 영향을 나타냈지만, 매출액총이익률에서는 유의한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 또한, 식스 시그마 도입기간이 짧은 기업과 긴 기업으로 구분하여 재무적 성과차이를 분석했을 때 식스 시그마의

도입기간이 긴 기업이 짧은 기업보다 재무적 성과에서 좋은 결과를 가지는 것으로 나타났다. 이는 도입기에 따른 단계별 효과가 다른 것으로 추정된다. 이와 비슷하게, Foster[19]는 식스 시그마 도입이 기업의 재무적 성과에 긍정적인 영향을 끼친다는 가설을 설정하고 회귀분석을 이용하여 분석하였다. 그 결과, 식스 시그마의 도입이 기업의 현금흐름과 자산 회전율에는 긍정적인 영향을 미치지 않지만 ROA, ROI와 회사의 성장률과는 무관하다는 결론을 제시했다.

이처럼 선형 회귀분석을 이용해 여러 연구가 행하였고 상반된 결과를 얻었다. 이는 둘의 관계가 단순선형의 관계가 아닐 수도 있다는 것을 보여준다. 이렇듯 식스 시그마 경영활동과 식스 시그마를 도입한 기업의 재무성과는 단순한 선형 관계가 아닌 복잡한 관계를 가질 수 있음에도 불구하고 식스 시그마와 기업의 재무상태를 비선형으로 가정하여 관계를 분석한 연구는 거의 없다. 따라서 본 연구에서는 단순한 선형의 관계가 아닌 비선형 관계를 가정하고 기업이 식스 시그마를 도입한 후 시행하는 기간에 따라 식스 시그마 경영활동이 기업의 경영성과에 어떠한 영향을 미치는지 파악하고자 한다. 다시 말하면, 선형회귀모형은 각 독립변수들과 종속변수를 선형의 관계로 가정하기 때문에 실제 비선형의 관계를 가지더라도 그것을 파악하지 못하는 한계가 있다. 우리는 평활 스플라인 함수를 이용하여 이러한 선형회귀모형이 가지는 경직성을 극복하고자 한다.

많은 연구자들은 지난 수십 년간 평활 스플라인과 같은 비모수 함수추정기법들을 사용하여 회귀진단이나 통계 추론을 수행해 왔으며 최근에는 자료분석을 함에 있어서 비모수적 함수추정기법들이 고전적인 모수추론방법들보다 때로는 좋은 결과를 얻는다는 것을 밝혀냈다[20]. 윤용화 외[20]는 그들의 연구에서 평활 스플라인 함수에 대하여 보다 쉽게 평활 스플라인 추정량을 적합시키는 방법을 보여주었고 국찬표 외[21]의 연구에서는 평활 스플라인 함수가 표본크기가 작은 경우에 작은 모수를 가지고도 여러 추세를 잘 추정할 수 있다는 장점을 가지고 있다는 것을 보였다. 평활 스플라인 모형은 점목된 다항회귀모형의 특수한 경우로 모든 함수를 근사할 수 있는 유연한 비모수 형태이며 산출물의 영역을 여러 개의 그리드로 나누어 각 그리드에서 서로 다른 직선 또는 뒤틀어 놓은 평면 모양의 함수를 모형화 한다. 비모수적 함수추정

기법들에 대한 보다 자세한 내용은 다음 문헌들을 참고하기 바란다[22-24].

평활 스플라인 함수는 일반적으로 선형으로 분석하기 힘든 부분을 보강하여 선형의 경직성을 극복하기 위해 비선형의 형태를 가지는 데이터를 분석할 때 사용된다. 일례로 Waggoner[25]는 이자율 함수를 근사시키는데 큐빅(Cubic) 평활 스플라인 함수를 이용하였다. 국내 연구에서도 은행 산업의 비용 함수에 평활 스플라인 함수를 이용하여 분석한 연구가 있다. 평활 스플라인 함수를 이용한 방법은 관측 자료들 $(x_i, y_i), i = 1, 2, 3, \dots, n$ 이라고 할 때, 다음의 벌점화 잔차제곱합(Penalized Sum of Square due to Error: SSE)을 최소로 하는 함수로 자료를 적합하는 것을 말한다[21].

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \int_0^1 [f''(x)]^2 dx \quad (1)$$

위의 식 (1)에서 극단적으로 λ 의 값이 무한대에 가까운 경우, 이 값을 최소로 하는 함수는 $f''(x)$ 의 값이 0이 되는 경우에 발생하고, 따라서 $f(x)$ 는 최소제곱 직선이 된다. 여기서 두 번째 항 $\lambda \int [f''(x)]^2 dx$ 은 함수의 모양이 너무 굴곡이 많은 경우에 대한 벌점화 항이라고 할 수 있으며 λ 는 평활 모수로 가중치를 부여하는 역할을 하게 된다. $\int [f''(x)]^2 dx$ 이 영이 되면 모든 함수들에 대해 최소가 되는 추정량이 존재하고 이 추정량은 선형회귀모형으로 단순해진다[20]. 또한, 평활 스플라인 함수에서 매듭점이라 함은 $[a, b]$ 에서 정의되는 함수 $f(x)$ 가 있을 때 $a < t_1 < t_2 < \dots < t_n < b$ 를 만족하는 모든 t_i 를 의미한다. $\int [f''(x)]^2 dx$ 이 0보다 큰 값을 가지면 추정량은 기울기가 상수가 아닌 값을 갖게 되고, 그때 λ 는 선형으로부터 얼마나 떨어지게 되는지 그 정도를 나타낸다. 반대로 λ 의 값이 0에 가까운 경우는 모든 자료점을 매듭점으로 가지는 평활 스플라인 함수가 된다. 본 연구에서 일반화 교차타당성기준(Generalized cross validation: GCV)을 사용하여 최적의 λ 를 찾아주는 함수 즉, 소프트웨어 R에 내장된 평활 스플라인 함수를 사용하여 모델을 적합시킨다. Kimeldorf and Wahba[26]는 주어진 λ 값을 최소로 하는 함수는 적당한 매듭점을 가진 3차 함수라는 것을 보였다. 일반적으로 n 개의 데이터가 있을 때, 스플라

인 함수는 n 보다 작거나 같은 개수의 매듭점을 지나는 3차 다항식으로 구성된다. 이때 스플라인 함수는 매듭점에서 연속이어야 하며 1, 2차 도함수 또한 연속이어야 한다. 최적화된 평활모수를 구하기 위한 판정기준으로는 교차타당성기준(Cross validation: CV) 또는 일반화 교차타당성기준(Generalized cross validation: GCV)이 주로 사용된다[21, 27]. GCV는 CV를 개선한 것으로 평활 모수를 선택하는데 널리 사용된다[28]. GCV를 계산하기 위하여 먼저 다음의 잔차제곱합(Sum of Square due to Error: SSE)을 계산한다.

$$SSE(\lambda) = \sum_{i=1}^n [Y_i - \hat{g}(t_i)]^2$$

그러면 GCV는 다음과 같다.

$$GCV(\lambda) = n^{-1} \sum_{i=1}^n \frac{SSE(\lambda)}{1 - n^{-1} tr A(\lambda)} \quad (2)$$

$\hat{f}(x_i)$ 에 대한 잔차제곱합은 $1 - n^{-1} tr A(\lambda)$ 의 보정 계수로 분할되기 때문에 정규 교차타당성(ordinary cross-validation)을 고려하는 상황에서는 GCV를 최소로 하는 평활 모수 λ 가 선택된다.

3. 실증분석

3.1 가설 설정

Harry and Schroeder[29]의 연구에서는 식스 시그마가 기업 경쟁력 향상에 도움이 되며 식스 시그마 목표를 달성하기 위해 총력을 기울인 회사는 매년 좋은 성과를 낸다는 것을 밝혀냈다. 하지만 전사적 품질경영을 도입한 미국 기업의 약 67%가 경영혁신에 어려움을 겪었다는 연구가 있다[11]. 본 연구에서는 식스 시그마를 도입하고 일정한 기간이 지난 후 경제적 효과가 나타나는지 확인하여 식스 시그마 도입 기간과 기업의 재무적 성과간의 관계가 있는지 확인한다. 이는 품질경영 기법의 도입과 기업의 경영성과와의 관계가 반드시 긍정적인 효과를 끼치는 것은 아니기 때문에 품질경영을 도입한 뒤 지속적인 투자와 노력이 뒷받침되어야 기업의 수익성 향상을 기대할 수 있는

지 확인하기 위함이다. 또한, 품질경영 기법을 도입하고 난 후 국내외 시장 상황이 급하게 변하는 것을 고려하여 품질경영 기법이 변화되어야 하는 것을 의미한다. 가설에서는 전체기업을 대상으로 할 때와 식스 시그마를 도입한 기업을 대상으로 할 때로 구분하여 보다 구체적인 분석을 시행한다. 그 이유는 전체 기업 중 식스 시그마를 도입한 기업의 비중이 작은 것이 분석에 영향을 끼치기 때문이다. 우선, 식스 시그마 도입기간이 기업의 수익률 지표인ROA, ROE와 비선형의 관계가 있는지 알아보기 위하여 다음과 같이 가설 1.1과 가설 1.2를 설정한다. 비선형의 관계를 가정한 것은 그 자체로 선형의 관계까지 포함한 것이며 지금까지의 선형관계를 가정하고 행한 기존 연구의 한계를 극복하기 위한 본 연구만의 공헌점이라고 말할 수 있다. 식스 시그마 도입기간은 ROA와 ROE 외에 원가를 나타내주는 영업비용과 매출원가에 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있다. 따라서 도입기간과 비용이 서로 비선형의 관계가 있는지 확인하기 위하여 다음과 같이 가설 1.3과 가설 1.4를 설정한다.

- 가설 1.1: 식스 시그마를 도입한 기업을 대상으로 할 때 식스 시그마의 도입기간은 ROA와 정의 비선형 관계가 있다.
- 가설 1.2: 식스 시그마를 도입한 기업을 대상으로 할 때 식스 시그마의 도입기간은 ROE와 정의 비선형 관계가 있다.
- 가설 1.3: 식스 시그마를 도입한 기업을 대상으로 할 때 식스 시그마의 도입기간은 영업비용과 정의 비선형 관계가 있다.
- 가설 1.4: 식스 시그마를 도입한 기업을 대상으로 할 때 식스 시그마의 도입기간은 매출원가와 정의 비선형 관계가 있다.

식스 시그마의 성과와 관련된 강호영·박현일[5]과 박재영 외[13]의 연구에서는 선형의 가정을 가진 회귀분석을 이용하여 분석하였다. 기존의 연구[5, 13]를 발전시켜 식스 시그마 품질경영과 가설 1의 종속 변수에 비선형 관계가 존재하는지 확인하고 비선형 모형을 이용한 경우의 결과와 비교한다. 추가로 가설 1을 발전시켜 가설 2를 다음과 같이 정의한다.

- 가설 2.1: 전체 기업을 대상으로 할 때 식스 시그마

의 도입기간은 ROA와 정의 선형관계가 있다.

- 가설 2.2: 전체 기업을 대상으로 할 때 식스 시그마의 도입기간은 ROE와 정의 선형관계가 있다.
- 가설 2.3: 전체 기업을 대상으로 할 때 식스 시그마의 도입기간은 영업비용과 정의 선형관계가 있다.
- 가설 2.4: 전체 기업을 대상으로 할 때 식스 시그마의 도입기간은 매출원가와 정의 선형관계가 있다.

3.2 연구 설계

<Fig. 1 (A)>는 가설 2를 검증하기 위한 연구 설계이다. 가설 2는 선형모형을 가정하기 때문에 회귀분석 모형을 사용하여 분석한다. 회귀분석에 포함되는 독립변수는 직접적으로 식스 시그마 품질경영 기법을 반영하기 위해 식스 시그마 도입기간 외에도 전반적인 품질경영과 관련한 변수들과 기업의 시장 상황 및 기업의 특성을 반영한 독립변수를 고려한다. 강호영·박현일[5]은 식스 시그마 도입 여부가 기업의 재무적 성과에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 하지만 식스 시그마 도입 기업과 미도입 기업 사이에서는 재무적 성과의 차이가 없었으며 식스 시그마 도입 기간은 재무적 성과 중 매출액총이익률에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 강호영·박현일[5]과 달리 독립변수의 수를 늘리고 종속변수에 영업비용과 매출원가를 추가하여 회귀분석을 실시한다. <Fig. 1 (B)>는 식스 시그마 도입기간과 수익률 지표 간의 비선형관계를 통해 분석을 하기 때문에 식스 시그마 도입기간을 단변량 변수로 선택해 분석한다. 비슷한 이유로 <Fig. 1 (C)>는 식스 시그마 도입기간과 영업비용 및 매출원가와 비선형관계를 가정하고 분석을 하기 때문에 식스 시그마 도입기간을 단변량 변수로 선택해 분석한다.

3.3 표본조사

사업체패널조사 2011에서 식스 시그마 도입 기업에 대한 산업군별 형태를 보면 다음과 같다. 2009년과 2011년 양기간 모두 조사에 참가한 기업은 총1,489개

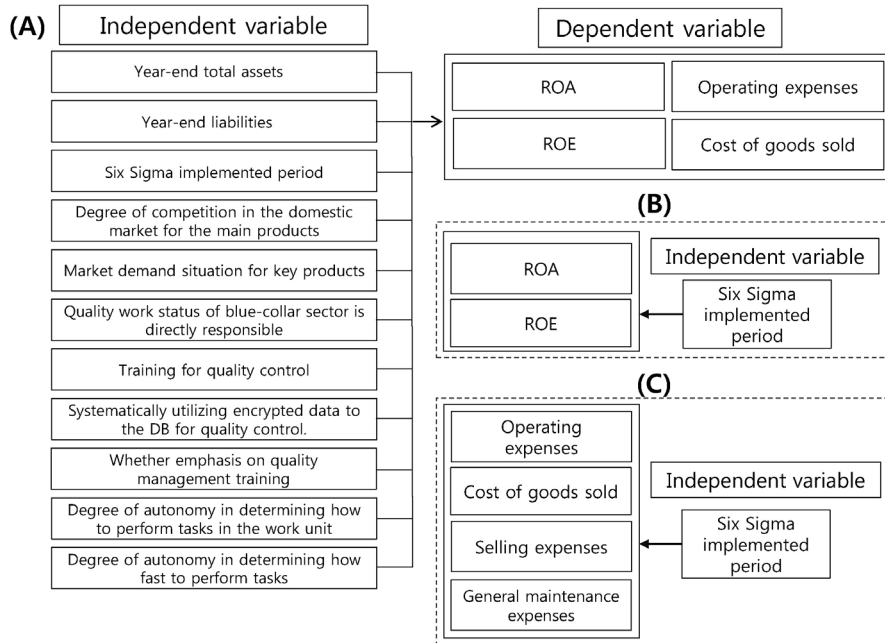


Fig. 1 Design of research model

이다. 이중 식스 시그마를 도입한 기업은 145개 기업으로 전체 10%를 차지한다. 식스 시그마를 도입한 기업과 식스 시그마를 도입하지 않은 기업의 사업장 규모를 근로자 수로 보면 식스 시그마를 도입한 기업의 경우 평균 451명, 중앙값 261명이고 식스 시그마를 도

입하지 않은 기업의 경우 평균 406명, 중앙값 140명이다. 식스 시그마를 도입한 기업의 사업장 규모가 조금 더 큰 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서 선형회귀모형 분석을 위하여 고려한 종속변수와 독립변수는 <Table 1>과 같다.

Table 1 Independent variables and dependent variables

Variable	Reference
Dependent variable	Return on asset(= net profit/asset)
	Return on equity(= net profit/(asset-liability))
	Operating expenses
	Cost of goods sold
Independent variable	Year-end total assets(A1)
	Year-end liabilities(A2)
	Six Sigma implemented period(A3)
	Degree of competition in the domestic market for the main products(A4)
	Demand in domestic market for major products(A5)
	Quality work status of blue-collar sector is directly responsible(A6)
	Training for quality control(A7)
	Practical use of database for quality control(A8)
	Degree of autonomy in determining how to perform tasks in the work unit(A9)
	Enthusiasm for quality improvement(A10)
	Recognition of unions for quality improvement(A11)

Table 2 Correlation matrix for independent variable

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
A1	1	0.98	-0.11	0.06	0.03	-0.22	0.04	0.08	0.01	0.12	0.11
A2	0.98	1	-0.11	0.02	0.04	-0.22	0.01	0.04	0.02	0.09	0.07
A3	-0.11	-0.11	1	-0.13	0.16	-0.13	-0.12	-0.06	0.01	-0.16	-0.14
A4	0.06	0.02	-0.13	1	-0.27	0.05	0.17	0.16	0.12	0.11	0.02
A5	0.03	0.04	0.16	-0.27	1	-0.03	-0.19	-0.01	0.09	0.07	-0.12
A6	-0.22	-0.22	-0.13	0.05	-0.03	1	0.33	0.34	0.27	0.05	0.13
A7	0.04	0.01	-0.12	0.17	-0.19	0.33	1	0.81	0.42	0.28	0.5
A8	0.08	0.04	-0.06	0.16	-0.01	0.34	0.81	1	0.4	0.42	0.54
A9	0.01	0.02	0.01	0.12	0.09	0.27	0.42	0.4	1	0.18	0.06
A10	0.12	0.09	-0.16	0.11	0.07	0.05	0.28	0.42	0.18	1	0.25
A11	0.11	0.07	-0.14	0.02	-0.12	0.13	0.5	0.54	0.06	0.25	1

<Table 1>에 소개되는 종속 변수와 독립 변수는 본 연구의 다양한 가설들을 검증하기 위하여 선정되었다. 종속변수는 기존의 선행연구와 비교를 위하여 고려된 ROA, ROE와 함께 본 연구에서는 영업비용과 매출원가를 추가로 고려한다. 식스 시그마 선행 연구들을 보면 사례 분석으로 식스 시그마를 도입한 회사에 대해 비용 절감의 효과를 소개한 것은 있지만 일반적인 추세를 분석한 연구는 부족하다. 자산 총액, 부채 총액과 근로자 수는 기업의 규모를 나타내는 요소이기 때문에 이를 보정하기 위하여 독립 변수로 추가하였다. 또한, 주력 제품의 국내 시장 경쟁 정도와 시장 수요 상황은 품질 경영을 하는 기업경영에 영향을 끼치므로 고려한다. 회귀 분석에 고려되는 독립변수의 상관관계 행렬은 <Table 2>와 같다.

연구의 성격에 따라 다르지만 일반적으로 상관계수가 0.3 이상인 변수들 사이에는 상관계수가 존재한다고 말할 수 있다. 위의 독립변수 상관 계수 행렬을 보면 연말 자산과 연말 부채 사이에 높은 상관 계수를 확인할 수 있다. 또한 품질 경영과 관련된 변수들 사이에서도 상관계수가 존재하는 것을 확인할 수 있다.

3.4 가설 검증

가설 1.1과 가설 1.2에 대한 회귀분석을 실시한 결과는 <Table 3>에 제시한다. <Table 3>의 ROE 부분을 식스 시그마 품질경영 도입기간에 대한 p 값을 확인해보면 0.238로 유의하지 않은 것을 확인할 수 있다.

<Fig. 2 (A)>를 보면 식스 시그마 품질경영을 도입한 기간이 길어지면서 ROA가 지속적으로 증가하다가 도입 후 8년에서 14년간 사이에는 다소 정체되는 것을 확인할 수 있다. <Fig. 2>를 가지고 분석해 보면 ROA와 표준화된 식스 시그마 도입기간과의 관계가 2차함수를 넘어서는 다차 함수에 근사하다는 것을 알 수 있으며 다차함수에 맞는 평활 스플라인 함수모형이 더 적합하다고 판단된다. <Fig. 2 (B)>를 보면 식스 시그마 도입기간이 시작되는 지점에서부터 식스 시그마 도입기간이 증가할수록 ROE가 지속적으로 감소하는 것을 확인할 수 있다.

<Fig. 2 (A)>를 보면 식스 시그마 품질경영을 도입한 기업에 대해서는 비선형의 관계가 있다고 볼 수 있지만 <Table 3>의 ROA에 대하여 p 값을 확인해보면, 제1종

Table 3 Analysis for ROA and ROE using a smoothing spline function

	Six Sigma implemented companies	
	ROA	ROE
Smoothing parameters	0.6396	1.4930
λ	0.0369(15 iter)	55846.33(28 iter)
Degree of freedom	3.3342	2.000
Penalized standard	12.8937	16.7103
GCV	1.0115	1.0116
p value	0.8830	0.2380

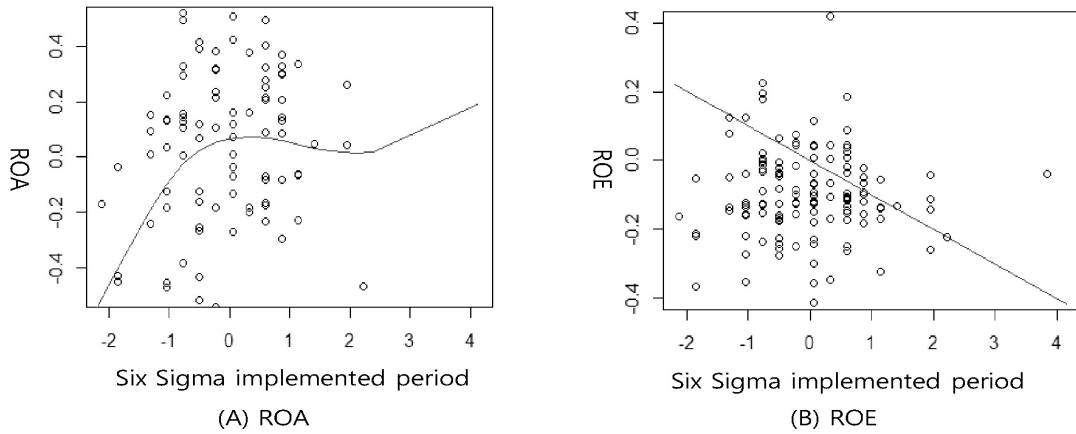


Fig. 2 Smoothing spline function of ROA and ROE

오류를 5%로 가정한 경우, p-value가 0.883으로 유의하지 않은 것을 확인할 수 있다. 또한, <Fig. 2 (B)>와 같이 식스 시그마가 증가할수록 ROE가 감소하는 것을 확인할 수 있다. ROE는 당기순이익(연말자산-연말부채)로 계산된다. 따라서 식스 시그마 도입기간이 당기순이익을 낮췄다는 생각을 할 수 있는 반면에 연말자산을 높였거나 연말부채를 낮췄다고 추측할 수 있다.

마찬가지로 가설 1.3과 가설 1.4를 검증하는데 있어서 가설 1.1, 가설 1.2와 동일한 방식으로 분석한다. 우리는 <Fig. 3>을 보면 영업비용과 매출원가가 비슷한 패턴을 가지고 움직이는 것을 확인할 수 있다. 표준화된 식스 시그마 도입기간이 -2부터 -0.5까지는 영업비용과 매출원가가 모두 감소하지만 표준화된 식스 시그마 도입기간이 1이 되는 시점까지는 증가하다가 다시 감소하게 된다.

<Table 4>의 영업비용 부분을 통해 평균 모수가 통계적으로 유의한 것을 확인할 수 있다. 식스 시그마 도입 기업을 표본으로 했을 때 자료에 따라 함수 추정

이 보간된 것을 의미한다. 식스 시그마 품질경영 도입 기간에 대한 p 값을 확인해보면 0.001보다 작은 값으로 유의한 것을 확인할 수 있다. 또한, <Table 4>의 매출원가의 평균 모수가 통계적으로 유의한 것을 확인할 수 있었으며 식스 시그마 품질경영 도입기간에 대한 p 값을 확인해보면 0.001보다 작기 때문에 통계적으로 유의한 것을 알 수 있었다. <Fig. 3>을 통해 매출원가와 영업이익에 식스 시그마 품질경영 도입기간과 비선형 관계 여부를 알 수 있다. 매출원가가 시행되고 8년간 감소하는 이유는 식스 시그마 품질경영 도입으로 인한 원가 절감에 따른 요소라고 추정할 수 있다. 하지만 8년이 지난 시점부터 3년간 다시 매출원가가 상승하는 부분은 매출 규모 자체가 증가하였다고 생각할 수 있다. 따라서 우리는 추가적으로 연말자산과 식스 시그마 품질경영 기간의 관계를 분석한다.

<Table 5>의 결과를 보면 연말자산 총액과 식스 시그마의 도입 기간 사이에 정(+)의 관계가 유의하다는 것을 알 수 있다. 실제 연말 자산 총액의 분포가 정규

Table 4 Operating expenses and cost of sales using a smoothing spline function

	Six Sigma implemented companies	
	Operating expenses	Cost of goods sold
Smoothing parameters	0.5560	0.5578
λ	0.0095(11 iter)	0.0098(12 iter)
Degree of freedom	4.4163	4.3897
Penalized standard	12.6319	11.9726
GCV	1.0068	1.0073
p value	<0.001	<0.001

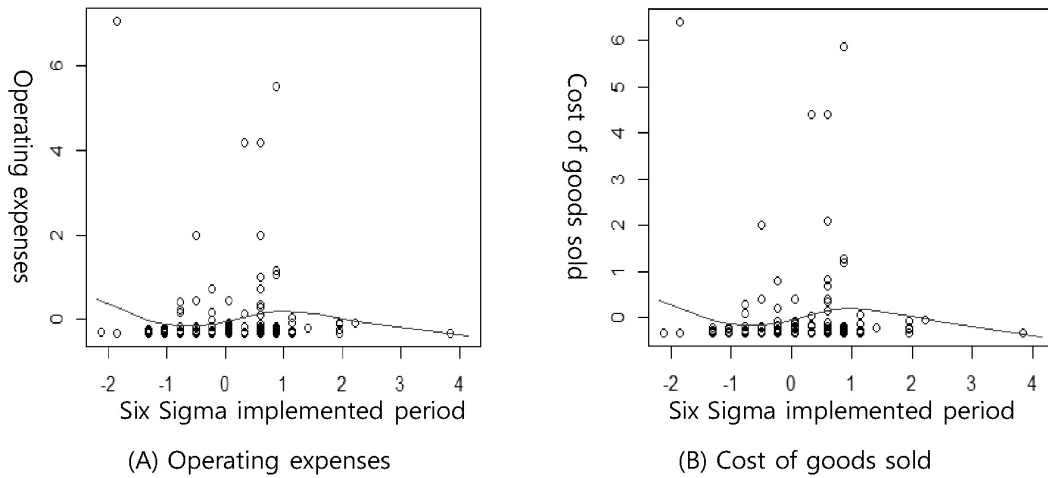


Fig. 3 Smoothing spline function of operating expenses and cost of goods sold

Table 5 Regression results for the year-end total assets

Independent variable	Year-end total assets		
	Regression coefficients	t value	p value
Constant	10.9848	21.10	0.0001***
Six Sigma implemented period	0.1196	2.15	0.0334

Table 6 Regression analysis of ROA and ROE

Independent variable	(A) ROA			(B) ROE		
	Regression Coefficient	t value	p value	Regression Coefficient	t value	p value
Constant	8.085	2.229	0.0262*	-6.480	2.580	0.0118*
Year-end total assets	-9.423	-15.574	0.00***	0.000	2.000	0.0460*
Year-end liabilities	9.168	14.902	0.00***	0.179	4.563	0.00***
Six Sigma implemented period	0.1024	0.996	0.3197	-0.003	0.049	0.9611
Degree of competition in the domestic market for the main products	0.326	0.691	0.4897	-0.066	0.201	0.8450
Market demand situation for key products	0.231	0.536	0.5921	0.029	0.970	0.3323
Quality work status of blue-collar sector is directly responsible	0.365	0.955	0.3402	0.075	0.282	0.7783
Training for quality control	-0.626	-0.907	0.3649	0.538	1.131	0.2587
Systematically utilizing encrypted data to the DB for quality control.	-0.163	-0.246	0.8060	0.111	0.241	0.8095
Degree of autonomy in determining how to perform tasks in the work unit	1.780	2.158	0.0315*	-0.053	0.965	0.3352
Enthusiasm for quality improvement	4.148	3.837	0.000***	3.966	5.230	0.000***
Recognition of unions for quality improvement	-3.518	-3.140	0.0018**	-4.020	5.122	0.000***
	Adjusted R^2 : 0.3491, F-Value : 22.27, P Value : <0.001			Adjusted R^2 : 0.08462, F-Value : 4.79, P Value : <0.001		

Table 7 Regression analysis results for the operating expenses and cost of good solds

Independent variable	(A) Operating expenses			(B) Cost of good solds		
	Regression Coefficient	<i>t</i> value	<i>p</i> value	Regression Coefficient	<i>t</i> value	<i>p</i> value
Constant	1,140,000	1.725	0.0852	107,900	1.628	0.1047
Year-end total assets	0.1916	3.406	0.00***	0.1687	2.990	0.003**
Year-end liabilities	1.612	13.124	0.00***	1.467	11.914	0.00***
Six Sigma implemented period	-4,932	-0.231	0.81778	-2969	-0.138	0.88998
Degree of competition in the domestic market for the main products	-8,820	-0.089	0.929492	13,150	0.132	0.89532
Market demand situation for key products	-20,740	-2.36	0.0215*	-170,500	-1.891	0.05919
Quality work status of blue-collar sector is directly responsible	-81,810	-1.012	0.31205	-77,690	-0.958	0.33839
Training for quality control	-205,700	-1.418	0.1568	-212,300	-1.459	0.14511
Systematically utilizing encrypted data to the DB for quality control.	98,720	0.706	0.48067	81,560	0.581	0.56118
Degree of autonomy in determining how to perform tasks in the work unit	-45,940	-0.267	0.789594	-56,580	-0.328	0.746125
Enthusiasm for quality improvement	333,100	1.431	0.153049	338,650	1.656	0.09837
Recognition of unions for quality improvement	-344,000	-1.428	0.153810	-407,500	-1.687	0.09221
	Adjusted R^2 : 0.8345, F-Value : 201.7, P Value : <0.001			Adjusted R^2 : 0.8078, F-Value : 168.1, P Value : <0.001		

가정을 따르지 않으므로 박스-콕스 변환(Box-Cox transformation)을 이용하여 연말 자산에 로그 변환을 취하였다. 평활 스플라인함수를 이용하여 분석한 결과, 식스 시그마 도입기간과 영업비용, 매출원가의 관계가 비선형 관계를 유지하는 기간 동안 지속적으로 연말자산 총액은 증가하는 것으로 판단해 볼 때 식스 시그마의 도입이 기업의 경영 성과에 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 다음으로 가설 2.1과 가설 2.2를 분석한다.

ROA를 종속변수로 선형회귀분석을 실시한 결과 연말자산, 연말부채, 품질관리 훈련을 중요시 했는지에 대한 여부, 작업단위에서의 업무수행 방법결정에 대한 자율권과 품질향상의 필요성에 대한 노조의 인식의 회귀계수 값이 통계적으로 유의한 것으로 나타난다. 가설 2.2를 확인하기 위하여 ROE를 종속변수로 하고 식스 시그마 도입기간을 독립변수로 하여 회귀분석을 실시한 결과는 <Table 6>의 (B) ROE 부분과 같다. ROE를 종속변수로 회귀분석을 실시하면 연말자산, 연말부채, 작업 단위에서의 업무수행 방법 결

정, 품질관리 훈련을 중요시 했는지에 대한 여부에 대한 자율권의 회귀계수 값은 통계적으로 유의하다. 가설 2.3을 확인하기 위하여 영업비용을 종속변수로 하고 식스 시그마 도입기간을 독립변수로 하여 회귀분석을 실시한 결과는 <Table 7 (A)>와 같다.

4. 결 론

본 연구는 기존의 박재영 외[13]와 같이 사업체패널조사(WPS)를 사용하여 분석의 객관성을 더하였을 뿐 아니라 기존의 선행연구와는 다르게 비선형 관계를 파악하고자 평활 스플라인함수를 이용하였다. 평활 스플라인을 이용하여 식스 시그마 도입 기간과 기업의 성과지표의 관계를 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다. 먼저, 식스 시그마 도입기간과 ROA는 비선형의 관계가 있다는 것을 확인할 수 있다. 특히 식스 시그마를 도입한 기업들을 대상으로 한 경우는 ROA와 식스 시그마 도입기간 사이에 비선형 관계를

확인할 수 있었으나 식스 시그마 품질경영 도입기간의 p 값이 유의수준 0.05보다 크기 때문에 통계적으로 유의하지 않았다. 둘째, 식스 시그마 도입기간과 ROE의 관계에서는 비선형의 관계가 아닌 선형의 관계가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 당기순이익의 감소를 생각할 수도 있지만 연말 자산의 증가 또는 연말 부채의 감소를 생각할 수 있다. 셋째, 영업비용과 식스 시그마의 도입기간과의 비선형 관계를 확인할 수 있다. 주기적으로 영업비용이 감소 후 증가하다가 다시 감소하는 경향을 나타내는 것을 알 수 있다. 이 점이 의미하는 바는 식스 시그마를 도입하고 운영하는 기간에 지속적으로 식스 시그마 품질관리를 적용하면서 식스 시그마 품질경영 방법론을 조정할 필요가 있다는 것을 시사한다. 넷째, 매출원가와 식스 시그마의 도입기간과 비선형 관계를 확인할 수 있다. 둘의 관계는 주기적으로 상승과 하강을 반복하는 곡선을 가진다. 이는 영업비용과 유사하게 식스 시그마 도입기간과 매출원가 사이에 단순히 선형의 관계에서 얻을 수 있는 정보 이외에도 많은 정보를 내포한다고 생각할 수 있다. 식스 시그마 품질경영을 도입할 때 초기 비용이 발생함에도 불구하고 매출원가가 증가하지 않고 오히려 감소하였고 마지막으로 영업비용과 매출원가에서 나타나는 비선형의 패턴이 동일한 기간 내에 연말 총 자산은 증가하는 것에 비추어 식스 시그마 품질경영을 도입하고 기업의 원가 절감이 총 매출액의 감소를 유발하고 기업 규모가 확장됨에 따라 매출액의 증가를 유발하는 패턴을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 선형 모형이 가지는 한계를 극복하기 위해 노력했다는 점에서 의의가 있다. 선형의 가정으로 식스 시그마와 기업의 성과지표와의 관계가 단순화될 수 있는 문제점을 극복하였다. 앞서 분석한 것과 같이 식스 시그마를 도입하고 시행하면서 일부 구간에서는 성과가 정체되는 부분이 존재하고 오히려 부정적인 성과를 나타내기도 한다. 이 점은 기업이 식스 시그마를 도입하여 시행에 그치는 것이 아니라 지속적으로 기업의 체질과 시장 경제상황에 맞게 발전시켜야 함을 의미한다. 이처럼 식스 시그마 품질경영을 도입한 기업에게 식스 시그마 품질경영이 단기간의 효과로 끝나지 않기 위해서는 제품의 시장 상황과 타 기업과의 경쟁 구도에 따른 흐름의 변화를 쫓아 혁신을 지속적으로 이루어 나가야 한다.

향후 연구과제로는 식스 시그마 도입 후 단계별 효

과를 연구해 볼 수 있다. 식스 시그마를 도입 기간 전 구간으로 비선형의 관계가 유의하다면 변곡점이 발생하는 각 구간별 선형의 연구를 추가적으로 진행할 수 있고 식스 시그마 도입 기간과 기업의 경영성과에 대해 식스 시그마 도입 후 각 단계별 진행 과정을 확인할 수 있을 것이라 예상된다.

References

- [1] Swink, M. and Jacobs, B. W. (2012). "Six Sigma adoption: Operating performance impacts and contextual drivers of success". *Journal of Operations Management*, Vol. 30, No. 6, pp. 437-453.
- [2] Harry, M. J. and Schroeder, R. R. (2005). "Six Sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations". *Broadway Business*.
- [3] Pande, P., Neuman, R. and Cavanagh, R. R. (2000). "The six sigma way: How GE, Motorola, and other top companies are honing their performance". McGraw Hill Professional.
- [4] Rowlands, H. (2003). "Six sigma: a new philosophy or repackaging of old ideas?". *Engineering Management Journal*, Vol. 13, No. 2, pp. 18-21.
- [5] Kang, H. Y. and Park, H. I. (2011). "The Empirical Study that 6-Sigma has an Effect on Firms' Financial Performance". *Journal of Finance and Accounting Information*, Vol 11, No. 1, pp. 147-168.
- [6] Klefsjo, B., Bergquist, B. and Edgeman, R. L. (2006). "Six Sigma and Total Quality Management: different day, same soup?". *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 2, No. 2, pp. 162-178.
- [7] Workplace Panel Survey. (2011). "The Introduce about WPS" Last accessed Feb. 9th, 2016. <https://www.kli.re.kr/wps/index.do>.
- [8] Kim, H. I., Jeong, J. H. and Kim, C. M. (2009). "A method of an Accurate Six Sigma Financial Effect Measurement and Connecting the Financial Effect to the Corporate Income Performance". *Journal of Korea Society for Quality Management*, Vol. 37, No. 3, pp. 94-101.
- [9] Harry, M. J. (1998). "Six Sigma: a Breakthrough Strategy

- for Profitability". *Quality Progress*, Vol. 31, No. 5, pp. 60-64.
- [10] Klefsjö, B., Wiklund, H. and Edgeman, R. L. (2001). "Six Sigma seen as a methodology for total quality management". *Measuring Business Excellence*, Vol. 5, No. 1, pp. 31-35.
- [11] Lee, K. C., Bong, C. and Kwon, S. J. (2004). "Empirical Analysis of the Influence of Six Sigma Management Activities on Corporate Competitiveness". *Korean Management Review*, Vol. 33, No. 6, pp. 1735-1756.
- [12] Lee, S. H. and Park, K. T. (2007). "Literature Review of Six Sigma: Focused on Korean Research Papers". *Journal of Korea Society for Quality Management*, Vol. 35. No. 1, pp. 97-112.
- [13] Park, J. Y., Ryu, C., Park, M., Kwon, K. M. and You, G. (2014). "The Study on Relation between Company's Efforts for Quality Management (Six Sigma) and Financial Performance". *Journal of Korea Society for Quality Management*, Vol. 42, No. 3, pp. 361-371.
- [14] Goh, T. N., Low, P. C., Tsui, K. L. and Xie, M. (2003). "Impact of Six Sigma implementation on stock price performance". *Total Quality and Business Excellence*, Vol. 14, No. 7, pp. 753-763.
- [15] Antony, J., Kumar, M. and Labib, A. (2008). "Gearing Six Sigma into UK manufacturing SMEs: results from a pilot study". *Journal of the Operational Research Society*, pp. 482-493.
- [16] Schroeder, R.G., Linderman, K., Liedtke, C. and Choo, A. S. (2008). "Six Sigma: Definition and underlying theory". *Journal of operations Management*, Vol. 26, pp. 536-554.
- [17] Mhun, Y. S. and Bae, S. J. (2011). "Project management based analysis for the enterprise 6 sigma success factors". *Journal of Applied Reliability*, Vol. 11, pp. 59-81.
- [18] Park, J. G. and Baik, J. (2010). "DFSS case study for the automobile safety regulation FMVSS201". *Journal of Applied Reliability*, Vol. 10, No. 3, pp. 161-170.
- [19] Foster, S. (2007). "Does Six Sigma Improve Performance?". *Quality Management Journal*, Vol. 14, No. 4, pp. 7-20.
- [20] Yoon, Y. H., Kim, K. M. and Kim, J. T. (1998). "A Linear Smoothing Spline Estimation and Applications". *Journal of Statistical Theory & Methods*, Vol. 9, No. 1, pp. 29-36.
- [21] Kook, C. P., Hong, G. H. and Jeong, Y. S. (2006). "Economies of Scale and Scope Analysis in Korea's Banking Industry: A Spline Cost Function Approach". *The Korean Journal of Finance*, Vol. 19, No. 1, pp. 119-154.
- [22] Eubank, R. L. (1994). "A Simple Smoothing Spline". *American Statistician*, Vol. 48, No. 2, pp. 103-106.
- [23] Messer, K. (1991). "A Comparison of a Spline Estimate to Its Equivalent Kernel Estimate". *The Annals of Statistics*, Vol. 19, No. 2, pp. 817-829.
- [24] Silverman, B. (1984). "Spline Smoothing: The equivalent Variable Kernel Method". *The Annals of Statistics*, Vol. 12, No. 3, pp. 898-916.
- [25] Waggoner, D. F. (1997). "Spline Methods for Extracting Interest Rate Curves from Coupon Bond Prices". *Federal Reserve Bank of Atlanta Working Paper*, pp. 97-10.
- [26] Kimeldorf, G. and Wahba, G. (1971). "Some Results on Techebycheffian Spline Functions". *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, Vol. 33, No. 1, pp. 82-95.
- [27] Wahba, G. (1985). "A Comparison of GCV and GML for Choosing the Smoothing Parameter in the Generalized Spline Smoothing Problem". *The Annals of Statistics*, Vol. 13, No. 4, pp. 1378-1402.
- [28] Green, P. J. and Silverman, B. W. (1994). "Nonparametric Regression and Generalized Linear Models". *Chapman & Hall*, New York.
- [29] Harry, M. J. and Schroeder, R. (2000). "Six Sigma: Prozesse optimieren, Null-Fehler-Qualität schaffen, Rendite radikal steigern,[das Erfolgsgeheimnis von Jack Welch]." *Campus-Verlag*.