

베이지스 추정방식의 품질우수성지수 적용 방안에 관한 연구

김태규 * · 김명준 *†

* 한남대학교 비즈니스 통계학과

A Study on the Bayes Estimation Application for Korean Standard-Quality Excellence Index(KS-QEI)

Kim, Tai Kyoo * · Kim, Myung Joon *†

* Department of Business Statistics, Hannam University

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to apply the Bayesian estimation methodology for producing 'Korean Standard -Quality Excellence Index' model and prove the effectiveness of the new approach based on survey data by comparing the current index with the new index produced by Bayesian estimation method.

Methods: The 'Korean Standard -Quality Excellence Index' was produced through the collected survey data by Bayesian estimation method and comparing the deviation with two results for confirming the effectiveness of suggested application.

Results: The statistical analysis result shows that suggested estimator, that is, empirical Bayes estimator improves the effectiveness of the index with regard to reduce the error under specific loss function, which is suggested for checking the goodness of fit.

Conclusion: Considering the Bayesian techniques such as empirical Bayes estimator for producing the quality excellence index reduces the error for estimating the parameter of interest and furthermore various Bayesian perspective approaches seems to be meaningful for producing the corresponding index.

Key Words: Korean Standard-Quality Excellence Index, Customer Satisfaction, Bayesian Estimation, Empirical Bayes Estimator

● Received 3 December 2014, revised 7 December 2014, accepted 8 December 2014

† Corresponding Author(mkim@hnu.kr)

© 2014, The Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

※ 이 논문은 2014년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.

1. 서론

지난 수십 년간 Bayesian과 경험적(empirical) Bayesian 추정 방식은 이론뿐만 아니라 실용적인 측면에서도 매우 유용한 방식임이 증명되어 왔으며, 특히 동시에 여러 모수를 추정하는데 있어서 이러한 추정방식은 매우 유용한 접근 방식임이 확인되었다. 대표적으로 인구 총조사(census)에서 특정 소규모 집단에 대한 추정 등에서 대표적으로 활용되었다. 또한 이차항으로 이루어진 손실함수 하에서는 이러한 Bayes 추정량이 사후 평균과 동일하게 나타남이 증명되었으며, 이러한 결과들이 여러 분야에서 해당 추정량이 가지는 장점들을 기반으로 다양하게 활용되어 사용되고 있는 상황이다.

기업의 제품을 구매 또는 이용 경험자 및 해당 제품 전문가를 대상으로 품질의 우수성 및 만족도를 조사하는 종합 지표로 잘 알려진 KS제품 품질우수성 지수(KS-QEI)는 2004년에 개발되어 조사 대상 제품이 매년 확대되어 가고 있는 추세이며, 지수 모델 또한 평가 측정 지수가 가지는 중요도와 관심도를 반영하여 지수의 객관성 및 정교성, 정합성 등을 고려한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으며, 최근에도 가중치에 대한 사전정보 개념의 도입이라는 관점에서 Kim(2013)등에 의하여 보다 합리적이고 객관화된 형태의 지수 모델에 대한 결과들이 제안되었다.

하지만 현재까지 제안된 연구 결과들은 개별적인 설문 결과들을 그대로 취합하여 가중치만을 고려하는 방식으로, 문항별 분포 내지는 문항별로 가지는 대표적 속성을 반영하고 있지는 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 현재 적용중인 품질우수성 지수 모형에서 각 문항별로 설문에 응답한 결과와 문항별 속성이 가지는 특성을 동시에 반영할 수 있는 Bayesian 추정 방식을 적용해 보고자 한다.

설문 조사 또는 만족도 조사 등 이론적인 모수 또는 목표하는 값(target value)이 존재하지 않는다. 따라서 Bayesian 추정 방식에서 알려져 있지 않은 모수를 가정하여 추정하는 대표적인 추정량인 경험적 Bayes 추정량(estimator)을 활용하여 기존의 KS제품 품질우수성 지수를 산출해 보고자한다. 그리고 산출된 결과를 바탕으로 각 문항이 가지는 적합성(goodness of fit)을 측정하여 기존의 지수가 가지는 적합성 수준과 비교해 봄으로써 제안하고자 하는 Bayesian 기법의 효용성을 입증하고자 한다. 분석 결과는 2013년 KS제품 품질우수성 지수를 발표하기 위해 2012년에 조사된 데이터를 활용하여 그 효용성에 대한 실증 분석을 실시하였다.

다음 장에서는 Bayesian 추정방식의 기본적 이론의 배경과 현재 활용되고 있는 KS제품 품질우수성 지수를 소개하고, 3장에서는 본 연구에서 적용하기 위한 경험적 Bayes 추정량이 도출되는 과정에 대하여 논하고, 4장에서는 2012년 실제 조사 자료를 바탕으로 하여 기존 방식으로 산출되는 지수와 Bayesian 기법으로 적용된 경우 산출되는 지수와 더불어 해당 적합도를 비교해 봄으로써 그 효용성과 의미를 부여하고자 한다. 본 연구는 현재 고객 만족도 조사 측면에서 가장 대표적으로 활용되고 있는 KS제품 품질우수성 지수 산정 방식에 대한 지속적인 고민과 그를 통한 모델의 발전 방향을 제시하는 데에 그 의의를 두고자 한다.

2. 이론적 배경 및 현행 품질 우수성 지수 모형

2.1 Bayesian 추정 방식의 개념

Bayesian 추정 방식이 가지는 대표적인 특성은 사전 정보를 활용한다는데 있다. 즉 사전 정보가 가지는 분포 또는 특성을 고려하여 데이터가 가지는 속성을 보다 정교하게 추정하는 방식이라고 할 수 있다. 이러한 사전 정보가 알려져 있는 경우에는 객관적으로 증명된 해당 정보를 그대로 준용하여 사용하게 되고, 이러한 사전 정보가 알려져 있지

않은 경우, 경험적으로 사전 정보를 가장 대표할 수 있는 추정치를 활용함으로써 데이터의 속성을 나타내고자 하는 것이며, 후자의 경우가 바로 경험적 Bayes 추정량이라고 할 수 있다.

일반적인 정규분포 가정 하에서 Bayes 추정량은 다음과 같은 과정을 통하여 도출되게 된다. $X_i|\theta_i$ 가 독립인 정규분포 $N(\theta_i, 1)$ 을 따르고, 사전분포(prior distribution) θ_i 가 $iid N(\mu_i, A)$ 를 따른다고 가정하게 되는 경우, 제곱 오차 손실함수(squared error loss, SEL) 하에서 사후분포의 평균(posterior mean)은 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다.

$$E[\theta_i|X_i = x_i] = \frac{x_i + \mu_i/A}{1 + 1/A} = \frac{A}{1+A}x_i + \frac{1}{1+A}\mu_i = \mu_i + (1-B)(x_i - \mu_i) \quad (1)$$

여기서 $B = (1+A)^{-1}$ 을 나타낸다. ‘식 (1)’의 중간 증명과정의 형태에 대한 의미는 데이터와 사전정보의 가중 평균 형태인 모습으로 나타남을 확인할 수 있으며, 이러한 과정을 통하여 사후분포(posterior distribution) $\theta_i|X_i$ 는 독립인 정규분포 $N((1-B)X_i + B\mu, 1-B)$ 임을 확인할 수 있다. 제곱오차 손실함수 하에서 오차를 최소화시키는 장점을 가진 추정량인 Bayes 추정량(estimator)은 사후 평균임이 증명되었으므로 가정된 분포 하에서의 Bayes 추정량은(θ^B) ‘식 (2)’와 같이 표현할 수 있다.

$$\theta^B(X) = (1-B)X + B\mu 1_m \quad (2)$$

‘식 (2)’에서 표현된 X 는 (X_1, X_2, \dots, X_m) 인 벡터를 의미하며 1_m 은 m 개의 모든 요소가 1로 구성된 벡터를 의미하며, m 은 추정의 대상이 되는 수를 의미한다고 할 수 있다. 여기서 데이터에서 제공하지 않는 정보, 즉 추정해야 하는 대상은 μ 와 B 이며, 데이터를 통하여 해당 모수를 추정하는 경험적 Bayes 추정량에 대하여는 다음 장에서 자세히 설명하기로 한다.

2.2 현행 품질 우수성 지수 모형

현재 KS제품 품질우수성과 관련된 최종 지수는 소비자 품질우수성 지수와 전문가 품질우수성 지수의 두 분야로 계층적 구조를 이루고 있으며, 계층적 구조가 통합되는 과정에 적절한 가중치를 부여함으로써 각 변수가 가지는 특성을 공정하고 합리적으로 반영하는 구조이다. 소비자 지수의 경우, 실용특성으로 분류되는 성능, 적합성, 신뢰성, 서비스, 이미지의 5개 변수와 고객만족도 및 충성도로 정의되는 1개의 변수가 3~5개의 하위 문항들의 가중평균을 통하여 해당 변수의 특징으로 계산되며, 이렇게 추정된 각 변수별 특징이 항목별 가중치를 부여받아 소비자 품질 우수성 지수로 완성되는 구조를 나타낸다. 전문가 지수의 경우 대용특성이라고 정의되는 5가지가 활용 되어, 각 항목별 가중치를 부여함으로써 지수가 산출되며, 여기에 포함되는 변수는 소비자 지수의 실용특성 변수와 동일하며, 각각의 특성을 평가하는 하위 설문 항목들은 Yoo(2006) 등에 의하여 연구된 항목과 동일하게 구성되어 있으며, 이를 구조적으로 표현하면 ‘Table 1’과 같다.

Table 1. KS-QEI Producing Structure

Customer Index		Specialist Index
Practical Performance Index	Customer Satisfaction & Loyalty Index	
Performance Index Suitability Index Credibility Index Service Index Image Index with corresponding sub categories	3 sub categories	Performance Index Suitability Index Credibility Index Service Index Image Index with corresponding sub categories

각 변수별 특성을 대표하는 하위 항목들의 가중 평균들을 통하여 해당 변수의 대푯값이 ‘식 (3)’과 같이 산출되어 소비자 우수 품질지수의 입력변수로 활용되는 실용특성 벡터 $X = (X_1, X_2, \dots, X_5)$ 가 생성된다. 여기서 k 는 해당 항목에 해당하는 하위 문항의 수를 의미하며, 가중치를 동일하게 부여하는 경우 항목별 산술평균의 값이 된다.

$$X_i = \sum_{j=1}^k w_j x_{ij} \tag{3}$$

이렇게 산출되는 동일한 과정을 통하여 소비자 만족도 및 충성도 변수 X_6 가 생성되어 ‘식 (4)’와 같은 최종 소비자 품질 우수성 지수가 도출되게 된다.

$$Customer\ QEI = \sum_{i=1}^5 p_i X_i + (1 - \sum_{i=1}^5 p_i) X_6 = \sum_{i=1}^5 \frac{1}{6} X_i + (1 - \sum_{i=1}^5 \frac{1}{6}) X_6 = \bar{X} \tag{4}$$

위의 식에서는 6개의 변수에 동일한 가중치를 부여하는 경우 해당 변수의 표본 평균과 동일한 결과를 나타냄을 확인할 수 있다. 이와 마찬가지로 전문가 우수 품질 지수도 고려되는 5개의 항목에 대한 하위 항목 질문들을 통하여

각 변수의 대푯값인 $Specialist\ QEI = \sum_{i=1}^5 w_i y_i$ 가 계산되고 이를 바탕으로 최종 전문가 우수 품질 지수가 ‘식 (5)’와 같이 정의된다.

$$KS-QEI = w \times Customer\ QEI + (1 - w) \times Specialist\ QEI \tag{5}$$

현행 품질우수성 지수 모형에서 확인한 바에 의하면, 계층적으로 고려되는 가중치가 동일하게 부여됨으로써, 특성 별 단순 평균이 활용되고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 입력 변수 벡터를 보다 합리적으로 적용해 보고자 앞 절에서 기술한 베이지안 기법을 적용하고자 하며, 이에 대한 자세한 프레임웍은 다음 장에서 논의하는 것으로 한다.

3. 경험적 베이지안 기법 적용 제안

3.1 적용 방안

본 연구는 해당 특성을 반영하는 여러 질문들의 값을 지수화 하는데 있어, 보다 합리적이고 객관적인 입력 변수를 도출하는 방식을 제안하고자 하는 것이며, 이러한 방식 중 이론적으로 다수의 모수를 동시에 추정하는데 있어 매우 유용한 방식으로 증명된 경험적 베이지 추정량을 활용하고자 하며, 이는 Efron과 Morris(1973)에 의하여 James–Stein 추정량이 경험적 베이지 추정 과정 속에서 도출되는가를 증명한 것에 배경을 두고 있다.

앞 장에서 가정한 동일한 분포의 가정, 즉 $X|\theta$ 가 독립인 정규분포 $N(\theta, 1_m)$ 을 따르고, 사전분포 θ_i 가 $iidN(\mu_i, A)$ 인 경우 일반적인 설문 조사에서는 모수인 $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m)$ 와 A 가 알려져 있지 않다. 따라서 이런 모수에 대하여 데이터를 기반으로 추정하여 사용하게 된다. 가정한 분포 하에서 변수 X 에 대한 주변 확률분포 (marginal distribution)는 $N(\mu, B^{-1}1_m)$ 으로 도출되며, $\|X - \mu\|^2$ 는 $B^{-1}\chi_m^2$ 인 분포를 따르므로, 다음 식과 같은 결론을 도출할 수 있다. 여기서 $B = (1 + A)^{-1}$ 임을 나타낸다.

$$E\left[\frac{m-2}{\|X-\mu\|^2}\right] = B \tag{6}$$

따라서 ‘식 (6)’에서 B 로 기댓값이 산출되는 통계량 $\frac{m-2}{\|X-\mu\|^2}$ 을 B 의 추정량 \hat{B} 으로 대체하는 경우 ‘식 (2)’는 ‘식 (7)’과 같은 식으로 대체할 수 있다. 즉 데이터가 가지고 있는 정보를 통하여 하나의 모수를 추정하여 사용하는 것으로 이해할 수 있다.

$$\theta^B = (1 - \hat{B})X + \hat{B}\mu 1_m = \mu 1_m + \left(1 - \frac{m-2}{\|X-\mu\|^2}\right)(X - \mu) \tag{7}$$

데이터를 기반으로 모수 $\mu = (\mu, \mu, \dots, \mu)$ 와 A 를 동시에 추정해야 하는 경우, X 의 주변 확률분포는 $N(\mu 1_m, B^{-1}1_m)$ 이고, 이러한 경우 $(\bar{X}, \sum(X_i - \bar{X})^2)$ 는 (μ, A) 의 완비 충분 통계량(complete sufficient statistic)이며, $\sum(X_i - \bar{X})^2$ 가 $B^{-1}\chi_{m-1}^2$ 분포를 따르는 성질을 이용하여, μ 의 균일 최소분산 비편향 추정량 (uniformly minimum variance unbiased estimator, UMVUE)인 \bar{X} 와 B 의 균일 최소분산 비편향 추정량인 $\frac{m-3}{\sum(X_i - \bar{X})^2}$ 을 도출할 수 있다. 이렇게 도출된 최적의 추정량을 바탕으로 ‘식 (7)’은 다음의 식과 같이 표현될 수 있으며, 이 추정량이 본 연구에서 제안하고자 하는 경험적 베이지 추정량(θ^{EB})인 것이다.

$$\theta^{EB}(X) = \bar{X}1_m + \left(1 - \frac{m-2}{\sum(X_i - \bar{X})^2}\right)(X - \bar{X}1_m) \tag{8}$$

제안하고자 하는 추정량은 조사를 바탕으로 존재하는 데이터를 기반으로 하여 보다 합리적인 추정을 하고자 제안된 추정량으로, 기존 지수 산출에 사용되었던 X 보다 추정하고자 하는 모수에 대한 방향성에 있어 보다 우수한 추정량임이 Lindley(1962)에 의하여 증명되었다. 따라서 본 연구는 이러한 추정량을 바탕으로 실제 품질 우수성 지수 산출 데이터에 활용하여 새로운 결과를 도출하고, 이에 대한 우수성을 실증해 보고자 한다.

3.2 적용 방안의 검증

본 연구에서 제안된 추정량은 지수 산출과정에서 입력되는 개별 변수의 값들이 해당하는 고객의 특성을 대표적으로 잘 반영하도록 하는데 그 목적을 두고 있다. 따라서 최종 지수가 산출되는 과정에서 상위 항목의 대표 변수 값으로 산출되는 과정에서 고객별 해당 값들이 해당 변수의 특성을 대표하는지 여부에 대한 척도를 통하여 제안된 추정량의 적정성을 평가하고자 한다.

베イズ 추정량에 대한 평가는 정의되는 손실함수 하에서 베이즈 위험(Bayes Risk)를 계산하여 모수 추정의 적정성을 판단할 수 있다. 손실함수는 보통 두 가지 항목을 평가하게 된다. 그 한 가지는 정교성(precision)이며, 다른 한 가지는 적합성(goodness of fit)이다. 제곱 손실함수 함수의 경우는 모수와 추정치의 거리 제곱 함으로 정의되는 함수로 전자인 정교성만을 판단하는 경우이고, 이를 보완하고자 Zellner(1988, 1992)는 균형손실 함수(balanced loss function)를 제시하여 두 가지를 일정 수준의 가중치를 통하여 동시에 고려해보자 다음과 같은 제안하기도 하였다.

$$L(\theta, \hat{\theta}(X)) = m^{-1} [w \| (X - \hat{\theta}(X)) \|^2 + (1 - w) \| \hat{\theta}(X) - \theta \|^2] \quad (9)$$

‘식 (9)’에서 제안된 손실함수에서 첫째 항은 적합성을 판단하는 것이고, 두 번째 항은 추정량의 정교성을 판단하는 항이 되는 것이다. 일반적인 설문 조사에서 모수 자체에 대한 사전 정보 가정이 불가능하기 때문에 정교성을 추정하기는 어려운 것이 현실이다. 따라서 데이터와 추정량의 제곱 거리 오차로 정의되는 적합성으로 추정량의 적정성을 판단하게 되며, 따라서 여기서 제안된 경험적 베이즈 추정량의 적정성은 ‘식 (9)’에서 정교성을 판단하는 두 번째 항을 생략한 다음과 같은 식으로 판단하고자 한다. 또한 균형 손실함수 하에서는 베이즈 추정량의 형태가 다르게 도출되므로 본 연구에서서는 기준에 잘 알려진 추정량의 형태를 준용하며, 이에 대한 논의는 향후 연구과제로 제안하는 바이다.

$$L(\theta, \hat{\theta}(X)) = m^{-1} \| (X - \hat{\theta}(X)) \|^2 \quad (10)$$

따라서 본 연구에서 활용되는 적정성 여부에 판단은 해당 변수의 적합성이 되는 것이며, 이는 균형손실 함수에서 가중치가 1로 정의된 함수라고 할 수 있다.

이렇게 산출된 손실함수의 값을 통하여 품질 우수성 지수 산출 방식의 현재 방식과 새롭게 제안되는 방식의 적합성 비교를 하고자 다음과 지표를 고려하기로 한다.

$$Comparison\ Index = \frac{L_{suggest}(\theta, \hat{\theta}(X))}{L_{current}(\theta, \hat{\theta}(X))} \quad (11)$$

따라서 ‘식 (11)’의 값이 1 이상으로 크게 나타난다는 것은 제안된 방식의 오차의 값이 크다는 의미로, 제안된 방식보다 기존의 방식이 우수하다는 것을 의미하며, 그 반대의 경우 현재 사용되고 있는 방식이 우수하다는 것을 나타낸다고 할 수 있으며, 지수가 나타내는 값이 오차를 줄이는 수준에 대한 표현으로 이해할 수 있다.

4. 실증 분석

4.1 자료의 수집 및 설문지의 구성

본 연구의 실증 분석은 한국 표준협회에서 2012년 KS제품 품질우수성 지수 발표를 위하여 제작한 설문지지 통하

여 조사된 설문 결과를 이용하였으며, 조사 대상에 대한 상세한 사항은 ‘표 2’와 같다.

Table 2. Customer Survey Variables

Category	Number of Products	Number of Company	Number of Samples	Total of Samples
Consumer Goods	64	234	200	46,800
Industrial Goods	16	56	200	11,200

표본 추출 방식은 층화 추출법이 고려되었으며, 고려된 요소는 성별, 연령, 지역이었으며, 비례 할당을 통하여 선정되었으며, 조사 대상은 연령이 만 20세 이상 60세 미만의 남녀로서, 대상 제품을 구입 후 사용하고 있거나, 사용 경험이 있는 경우로 한정하여 전국적으로 조사가 이루어졌다.

조사 방식은 온라인과 개별 면접 방식이 사용되었으며, 소비자의 경우는 온라인 방식을, 전문가의 경우는 개별 면접 조사 방식이 사용되었으며, 조사 기간은 2012년 5월 23일부터 약 10주간 실시되었다.

설문지의 구성 항목은 고객의 경우, 실용특성을 5개 항목과 고객 만족도 및 충성도 1개 항목에 대하여 각각 4~10개의 질문으로 구성되며, 전문가의 경우 고객조사에서 활용된 실용 특성에 해당되는 동일한 5가지 항목에 대하여 각각의 질문들로 구성되어 있다.

4.2 분석대상 선정 및 분석 방식

본 연구에서는 품질우수성 지수 산출 방식에 대한 제안이 목적인 바, 제품의 다양성이 고려되어야 하기 때문에 가격, 교체 주기 등을 고려하여 제품군을 선택하여야 한다. Kim(2013) 등은 제품 수명 주기를 고려하여, 제품주기가 일찍 도래하는 상품 4개 군과 교체 주기가 일정 시간이 필요한 제품 4개 군을 선정하였는데, 이 기준은 제품 주기뿐만 아니라 제품의 가격과 사용 형태 등도 다양하게 선정되어 있기에 해당 논문과 동일한 제품군을 선택하는 것으로 하며, 이에 따라 선택된 제품은 저가이면서, 해당 제품에 대한 사용이 거의 매일 반복적으로 일어나는 삼푸, 화장지, 제과류 및 문구류 등 4개의 제품과 고가이면서, 선택 시 일정 수준의 전문 지식이 필요하며, 해당 제품의 사용 빈도가 높은 김치 냉장고, 데스크톱 PC, 프린터 및 식기 세척기 등 4개의 제품을 포함하여 총 8개의 제품군을 선정하였다. 즉 가격 수준이 차이가 나기는 하지만, 일상생활에서 빈번한 활용이 되는 품목으로 상품에 대한 응답이 용이한 제품을 선택했다고 할 수 있다.

선택된 제품 중 삼푸, 문구류 및 김치 냉장고는 제품별로 800개의 표본으로 구성되어 있으며, 화장지, 제과류, 데스크톱 PC, 프린터 및 식기 세척기는 제품별로 600개의 표본으로 구성되어 있으며, 제품별 총 표본의 수에서 10%는 전문가의 집단의 답변이 포함되어 있다. 본 연구에서는 소비자의 응답을 대상으로 하여 분석하는 것으로 한정하는 것으로 하며, 따라서 제품별 분석 대상이 되는 표본의 수는 540개인 제품과 720개인 제품으로 구성되었다. 고객 만족도 및 충성도 변수는 1~2개의 직접적인 질문으로 구성되어 있으므로, 추가적인 모수 추정에 대한 필요성이 존재하지 않는 바, 실용특성을 대변하는 5가지 변수에 대하여 해당 항목별 결과를 추정하고 기존의 방식과 비교하는 것으로 한다.

제안된 방식에 대한 효용성을 증명하고자, 선택된 제품군에 대하여 기존의 품질우수성 지수 산출 로직에 의한 지수를 산출하고 이에 대한 적합함성의 지표로 앞 장에서 제안한 손실함수의 값을 계산하고, 새로운 산출 지수로 제안한 경험적 베이지 추정 방식에 기반을 둔 품질 우수성 지수를 산출한 후, 마찬가지로 손실함수의 값을 계산하여 기존

의 방식과의 적합성에 대한 비교를 함으로써, 지수 산출 방식의 효용성을 확인하는 것을 목적으로 한다. 비교 우위 여부에 대한 평가는 앞 장에서 제안한 지표를 활용하여 제시하는 것으로 하며, 본 연구를 위해 활용된 자료는 통계 패키지인 SAS를 이용하여 분석하였다.

4.3 비교 분석 결과

분석 대상은 제품의 성격을 기준으로 저가의 제품과 고가의 제품으로 구분하여 결과를 도출하였다. 기존에 사용되는 산술 평균식 지수 산출 모형과 경험적 베이스 추정량을 통한 지수 산출 모형을 도출하고 이에 대한 오차를 계산하여 제안된 모형에 대한 효용성을 입증하고자 하는 것이며, 저가 제품에 대한 통계적 분석 결과는 아래의 'Table 3'과 같다.

분석 결과 경험적 베이스 추정량이 가지는 장점이 반영되어 기존의 방식보다 오차의 정도를 감소시킴을 확인할 수 있었으며, 또한 새롭게 제안된 비교 지수를 통하여 감소하는 정도의 수준도 확인할 수 있었다. 선택된 모든 제품에서 추정량에 대한 해당 오차가 감소함이 확인되었으며, 이는 제안된 추정량에 대한 적합성이 보다 효율적임을 증명하는 것이라 할 수 있겠다.

Table 3. Statistical analysis result #1 - low price product

Class		Model	Shampoo	Tissue	Bread	Stationery	
Error under Suggested Loss Function	Performance Index	Current	0.2471	3.4355	0.9400	1.0767	
		Suggested	0.0483	0.9099	0.8287	0.4600	
	Suitability Index	Current	0.8995	0.1014	0.2237	0.0052	
		Suggested	0.1759	0.0269	0.1972	0.0022	
	Credibility Index	Current	0.1219	0.0590	1.1100	0.0636	
		Suggested	0.0239	0.0156	0.9786	0.0272	
	Service Index	Current	1.7189	1.9492	0.1159	0.8613	
		Suggested	0.3362	0.5163	0.1022	0.3679	
	Image Index	Current	0.0461	0.2841	0.8055	0.0459	
		Suggested	0.0090	0.0752	0.7101	0.0196	
	Total Index	Current	3.0335	5.8292	3.1951	2.0526	
		Suggested	0.5934	1.5439	2.8168	0.8769	
	Number of Sample			800	600	600	800
	Comparison Index			0.1956	0.2649	0.8816	0.4272

다음은 고가의 제품 4가지에 대한 분석 결과이며, 동일한 로직에서 산출된 결과가 'Table 4'에 나타나 있다. 저가의 제품과 비교하여 특이한 점은 오차를 줄이는 감소 수준이 일부 제품에서 저가의 제품보다 증가됨을 확인할 수 있었다. 이는 고가의 제품의 경우 길용 특성이라고 대변되는 5개의 항목에 대한 답변에 큰 변동 폭이 적음을 의미한다고도 할 수 있다.

즉 경험적 베이스 추정량이 모수를 동시에 추정하는데 있어 주변 모수의 특성을 일부 반영하는데 있어, 그 정도에

차이가 크게 나지 않는 경우 전체적인 수준으로의 수렴 현상이 제한적일 수 있음을 의미한다고 할 수 있다. 하지만 고가 제품에서도 역시 오차의 수준이 감소하면서 보다 효율적인 지표임이 증명되었다.

Table 4. Statistical analysis result #2 - high price product

Class		Model	Refrigerator	Printer	Desk PC	Dish Washer	
Error under Suggested Loss Function	Performance Index	Current	0.0722	1.9494	0.2416	0.1822	
		Suggested	0.0295	0.4936	0.1984	0.1353	
	Suitability Index	Current	0.0931	3.2157	0.2489	0.1247	
		Suggested	0.0380	0.8143	0.2044	0.0926	
	Credibility Index	Current	0.1369	0.3004	0.4948	0.0360	
		Suggested	0.0559	0.0761	0.4062	0.0267	
	Service Index	Current	0.0475	0.0993	0.4953	0.0007	
		Suggested	0.0194	0.0251	0.4066	0.0005	
	Image Index	Current	0.0002	0.3969	0.0001	0.0562	
		Suggested	0.0001	0.1005	0.0001	0.0418	
	Total Index	Current	0.3500	5.9617	1.4807	0.3999	
		Suggested	0.1428	1.5096	1.2157	0.2968	
	Number of Sample			800	600	600	600
	Comparison Index			0.4081	0.2532	0.8210	0.7422

5. 결 론

베이저안 추정방식은 이론적으로 매우 우수한 방식으로 이미 증명되어 있으며, 컴퓨팅 능력의 발달과 더불어 이에 대한 적용 또한 매우 확대되어 가고 있는 추세이다. 또한 여러 개의 모수를 동시에 추정하는 경우, 이에 대한 효율성이 기증명, 입증되어져 있다.

본 연구 분석 결과에 따르면 소비자 지수 산출에 있어 이러한 베이저안 추정 방식을 적용해 본 결과, 저가의 제품, 고가의 제품으로 구분된 제품군의 특성과 상관없이 동일하게 해당 오차를 감소시키는 좋은 현상이 증명되었다. 이는 고객이 각각의 실용 특성에 대한 답변에 대하여 보다 일관성 있는 지수를 적용함으로써 보다 안정적이고 합리적인 고객의 의견을 반영할 수 있는 장점이 있음을 시사한다고 할 수 있다.

또한 본 연구에서는 브랜드의 구분 없이 해당 제품군에 속하여 있는 모든 브랜드를 동시에 산출하여, 이에 대한 오차의 감소 수준을 확인, 증명하였으나, 향후 제품의 브랜드별로 이러한 지수를 산출 적용해 보는 것도 의미가 있을 것으로 판단된다. 브랜드를 평가하는 품질 만족 지수는 해당 결과의 발표에 따라 회사별로 매우 민감하게 반응하게 되며, 기존의 방식이 변경되는 것에 저항감을 가지고 있는 것도 사실이다. 따라서 이론적으로 증명된 좋은 방식이 제안되는 경우, 기존의 방식과 듀얼로 운영하면서, 보다 좋은 방향으로 수렴해 나가는 것도 합리적인 대안이 될 수 있음을 제안해 본다. 이는 결국 기존 방식과 제안 방식에 대한 또 다른 가중치 부여 방식의 연구가 될 수 있을 것이다.

본 연구에서 제안한 경험적 베イズ 추정량 외에 다양한 베イズ 추정량들과 이를 판단하는 손실함수들이 이론적으로 제안되고 증명되어있다. 품질 우수성 지수 산출 분야에서도 이러한 다양한 베이지안 기법이 활발하게 연구되고 적용되어 보다 신뢰성 있는 지수를 제공할 수 있기를 기대하며, 또한 향후 추가적인 연구과제로 제안하는 바이다.

REFERENCES

- Cho, Yong-Jun, Hur, Joon, and Kim, Myung Joon. 2006. "A Strategic Plan for Improving Customer Satisfaction in Auto Insurance." *Journal of the Korean Data & Information Science Society* 17(2):355-366.
- Choi, Min Young, Kim, Baek Yun, and Yoo, Han Joo. 2007. "A Study on the Development of Service Quality Consistency Index(SQCI)." *Journal of the Korean Service Management Society* 8(3):221-226.
- Efron, B., and Morris, C. 1973. "Stein's Estimation Rule and Its Competitors-An Empirical Bayes Approach." *Journal of the American Statistical Association* 68:117-130.
- Juran, Joseph. M. 1986. "The Quality Trilogy" *Quality Progress* 19:19-24.
- Kane, Victor E. 1986. "Process Capability Indices." *Journal of Quality Technology* 18:41-52.
- Kim, Kyungmee. 2007. "Determining the Importance of Customer Attributes with Kano's Model." *Journal of the Korean Society for Quality Management* 35(4):38-51.
- Kim, Tai Kyoo, and Kim, Myung Joon. 2013. "A Study on the Model Improvement of Korean Standard-Quality Excellence Index." *Journal of the Korean Society for Quality Management* 41(3):327-336.
- Lindley, D. V. 1962. "Discussion of Professor Stein's Paper." *Journal of the Royal Statistical Society Ser. B* 24:265-296.
- Yoo, Choonburn, Kim, Tai Kyoo, and Kim, Junho. 2006. "A Study on the Korean Standard-Quality Excellence Index(KS-QEI)." *Journal of the Korean Society for Quality Management* 34(4):1-12.