

An Empirical Analysis on Optimal Order Quantity of Perishable and Seasonal Products : A Practical Application of Newsvendor Model in Retail

Geon-Ho Noh · Seung-June Hwang[†]

Department of Management Consulting, Hanyang University

신선 · 시즌 상품의 최적 주문량 산정 문제에 대한 실증적 분석 : 소매유통업에서 뉴스벤더 모델의 적용

노건호 · 황승준[†]

한양대학교 일반대학원 경영컨설팅학과

Although retailers deals with a large number of single-term inventory items, but few cases have been considered in the areas of practical decision making. However, recent moves to strengthen fair trade have created a real need for single-period inventory decision-making problems. This study addresses the problem of ordering quantity decisions that are expected to maximize profits using classical newsvendor models. The research target is data on seasonal and perishable products from retail. We also use data from retailers to actually apply the newsvendor model and calculate the results to compare performance. It also suggests solutions for estimating demand for products sold in order to apply newsvendor models that utilize actual demand ratio versus forecast demand. This study would like to examine the effectiveness of this research through data analysis and make some suggestions for applying it to reality.

Keywords : Newsvendor model, Regression, Performance measure, Retail, Order Quantity(Q)

1. 서론

주문량 의사결정은 기업의 핵심적인 의사결정 문제 중 하나이다. 특히 주문량 결정문제가 단일기간 재고모형의 특성을 따른다면 주문량 의사결정에 따라 이익이 크게 좌우되기 때문에 중요성이 더욱 부각된다. 단일기간 재고모형은 전통적인 뉴스벤더 모델에서 다루는 문제인데, 특정한 비용구조 안에서 단일기간 수익을 극대화하는 최적의 주문량을 찾는 방법론으로 귀결될 수 있다.

그간 소매유통업에서 뉴스벤더 문제의 성격을 띠는 상품 취급 비중이 적지 않음에도 뉴스벤더 모델의 현실적 적용 필요성이 덜했던 것이 사실이다. 왜냐하면 뉴스벤더 모델의 단일기간 가정이 현실에서 흔히 나타나는 사례가 아니었기 때문이다. 실제 단일기간 가정이 필요한 상품의 경우에도 공급사슬 내에서 반품 등의 수단을 통해 현실적인 문제를 완화시켜왔기 때문이다. 그러나 공급사슬의 최전방인 소매유통업에서 최근 공정거래 규제 강화 움직임에 의해 단일기간 재고 의사결정 문제는 현실적인 문제로 대두되고 있다.

공정거래 관련 법률에 의하면 납품 받은 상품을 반품하는 것은 “대규모유통업에서의 거래 공정화에 관한 법률 제10조(2017. 7. 26. 시행)”에 의해 위반이다. 특히 상품의

판매 부진이나 계절 경과 등을 사유로 하는 반품은 엄격하게 금지하고 있다. 유제품 등 저온상품의 경우 과거 관행적으로 유통기한 임박상품에 대해 납품업자에 의한 신상품 교체가 이루어지는 사례가 많았으나 최근 공정위에서 엄격하게 금지하고 있다. 대표 신선식품인 농축수산물 경우 반품할 정당한 사유가 있다 하더라도 2일을 초과한 이후 반품할 수 없도록 하여 사실상 반품이나 교환에 의한 재고과잉 문제 해소의 길이 막혀 있다고 할 수 있다.

따라서 저온상품과 신선식품을 포함한 부패하기 쉬운 상품(Perishable product)과 시즌상품(Seasonal product) 부문에서 재고관리 문제의 중요성이 중요하게 대두되고 있으며, 반품과 상품교체가 불가능하게 됨에 따라 수요예측 문제와 더불어 수익을 최대화할 수 있는 발주량 결정이 중요한 의사결정문제로 제기되고 있다. 이제 소매유통업에서 부패하기 쉬운 상품과 시즌상품 등 재고보유기간이 짧은 상품의 재고관리 문제는 뉴스벤더 문제의 성격을 띠게 되었다고 볼 수 있다. 합리적 주문량 결정을 위해 적용 가능한 모델과 방법론의 필요성이 커진 것이다.

그간 소매유통업체에서 발주량 결정 기법으로 고려되지 않았던 뉴스벤더 모델의 현실적 적용은 현 시점에서 의미 있는 시도가 될 것이다. 사실 현실에서의 발주량 결정이 실무자들의 경험에 의존했던 과거 데이터를 기반으로 생성된 권고발주량에 의존했던 목표 성과치 달성을 위한 확률적 의사결정은 아니었기 때문이다. 데이터 기반 권고량 생성 로직은 재고보충의 관점에 기초하고 있어 단일기간 주문량 산정 문제에는 애초부터 적합하지 않은 것이기도 하다. 결국 단순히 어떻게 정확하게 수요량을 추정하는가의 문제에 국한된 의사결정이었다. 물론 현실에서 주문량을 결정하는 의사결정자는 이익을 최대화하는 관점에서 주문량을 선택하고자 노력할 수도 있다. 그러나 이러한 노력이 성과를 보장하지는 않는다. Schweitzer and Cachon[14]의 실험에 의하면 이익을 최대화하는 결정을 목표로 하더라도 의사결정자들의 선택은 목적달성에 실패하며, 교육과 피드백을 제공해도 완화되지 않는다. 또한 Lee et al.[7]의 연구에 의하면 기업 규모와 기업의 존속기간에 따른 재고관리 노하우에 차이가 있는 것도 아니다. 이러한 연구결과는 주문량 의사결정의 문제에 있어서 현실 적용 가능한 과학적 모델의 정립 필요성을 뒷받침한다.

뉴스벤더 모델을 현실에 적용하기 위해 먼저 의사결정하거나 해결해야 할 문제들이 있다. 수요분포 선정을 위해 어떠한 데이터를 이용할 것인가의 선택 문제를 먼저 고려해야 한다. 이는 어떠한 상품이 뉴스벤더 문제를 갖는 상품인가와도 관련이 있다. 뉴스벤더 모델을 적용하기 위해서는 수요분포가 필요한데, 현실적으로 수요분

포에 대한 정보를 얻기 위해서는 과거의 수요 데이터에 의존할 수밖에 없다[12]. 적용할 모델과 분석목적에 적합한 데이터의 선정에 우선적인 주의를 기울여야 한다. 그런데 여기서 또 하나 유의할 점은 과거 데이터를 활용할 때 소매유통업체에서는 판매기간 내 상품 품질로 인해 실제수요를 알 수 없을 경우가 일반적이라는 것이다. 즉, 수요추정 문제가 존재하는 것이다. 수요추정의 문제가 해결되지 않으면 정확한 모델 적용이 불가능하다. 뉴스벤더 모델 적용을 위해 우선 합리적인 수요추정 방법을 갖고 있어야 할 것이다.

그런데 여기서 언급하고 싶은 것은 소매유통업에 뉴스벤더 모델을 적용하는데 있어 여러 어려운 점이 있는 것은 사실이지만 데이터 선정과 활용에 있어 소매유통업이 유리한 측면이 있다는 것이다. 왜냐하면 소매유통업체는 그야말로 상품흐름에 대한 정보를 풍부하게 갖고 있기 때문이다. 포스데이터를 기본으로 한 판매정보를 갖고 있으며 상품정보, 재고정보, 할인정보 등 상품 관련 정보를 다양한 형태로 보유하고 있다[4]. 소매유통업체는 많은 수의 상품관리를 기본으로 하므로 데이터 기록과 이용 없이는 운영자체가 불가능할 정도이다. 포스데이터를 비롯한 활용 가능한 풍부한 데이터의 존재로 인해 확장된 뉴스벤더 모델 적용도 용이할 수 있다. 예를 들어 판매가격 변동을 시간별로 정밀하게 추적할 수 있다[8]. 이러한 데이터의 활용은 잔여재고 상품 할인판매에 대한 통찰도 제공한다. Prasad and Stecke[13]는 소매업자들이 수요의 불확실성을 완화할 수 있는 방법으로 사전예약판매에 대한 연구를 진행하였는데, 이때 소비자에게 제공하는 사전구매에 대한 유인 제공이 중요 문제라고 할 수 있다. 사전구매에 제공할 할인 규모를 산정할 때 먼저 재고 상품 판매에 따른 할인 규모를 파악해야 하는데, 포스데이터에 의해 시간대별 마크다운을 추적할 수 있기 때문에 현실적인 파악이 가능하다. 잔여재고에 대한 할인 가격 추정은 이익최대화를 위한 주문량 산정에서 직접적으로 중요하다. Cachon and Kök[1]의 연구에서 잔여재고의 할인가격 추정 오류가 심각한 수요량 산정 오차를 유발하고 상당한 손실을 초래할 수 있음을 입증하고 있다. 또한 이용 가능한 데이터의 과학적 활용은 적합한 수요분포 선정 가능성을 높일 수 있는데, Yue and Wang[16]의 연구에서 보여주듯 수요분포에 대한 정보는 측정 가능한 가치를 가지는 것이다. Cachon and Terwiesch[2]가 정의한 정보에 대한 가치(value of perfect demand information)를 주목할 필요가 있는 것이다. 주문량 산정에 대한 본 연구는 결국 최대이익과 기대이익과의 차이인 불일치비용(mismatch cost) 최소화를 목표로 한다고 할 수 있기 때문이다. 위에서 언급한 관련 연구들과 소매유통업의 보유 데이터들을 연관 지어 생각해보면 앞으로 많은

의미 있는 연구를 기대할 수 있는 분야라고 할 수 있다.

본 연구에서는 뉴스벤더 모델 기반으로 과거 데이터를 이용하여 수요분포를 추정하고 수요분포를 토대로 이익을 최대화하는 주문량 결정 절차를 실증적으로 보여준다. 그리고 주문량 결정에 의해 결과적으로 산출되는 성과측정치들을 비교하여 성과개선의 가능성을 가늠해 본다. 분석을 단순화하기 위해 판매기간 중 가격 변동은 배제했고 판매기간 종료 후 잔존가치는 특정수준으로 일률적으로 가정했다. 앞에서 논의했듯 재고의 잔존가치는 주문량 결정에 중대한 영향을 미친다. 그러나 본 연구의 목적은 소매유통업 데이터를 이용한 뉴스벤더 모델의 현실적 적용이므로 이 문제는 추가적으로 분석해야 할 과제로 남기기로 한다.

2. 연구 설계 및 방법

뉴스벤더 모델을 적용한 주문량 산정문제를 연구하기 위해 단일기간 재고모형에 적합한 분석 자료로 대규모 유통업체의 명절 특별판매기간(20일간) 신선세트 매입·매출 데이터를 이용하기로 한다. 이 데이터의 상품은 본 연구에서 대상으로 하는 신선상품(Perishable product)과 시즌 상품(Seasonal product)의 특성을 갖고 있는 것이다. 수요분포의 평균과 표준편차를 산출하기 위해 과거 다수 기간의 데이터를 수집하여 이용할 수도 있으나[11] 본 연구에서는 연구대상 판매기간 이전 한 시즌 판매기간 A/F비율(Actual demand/Forecast ratio)을 이용하는 방법을 채택할 것이다. 즉, 전 시즌 A/F비율의 평균과 표준편차를 연구 대상 판매량 초기예측치에 적용하여 평균(기대수요)과 수요의 표준편차를 산출하는 것이다. 결국 A/F비율을 적용하는 방식으로 평균과 표준편차를 산출하기 위해서는 전 시즌의 A/F비율과 당기 시즌의 초기예측치가 필요한데, 본 연구에서 이용하게 될 데이터에는 전 시즌 A/F비율(물론 품질 상품에 대해서는 추가로 수요량 추정이 필요하다)과 당기 시즌의 매입수량이 존재하므로 별도의 산출과정 없이 간단히 평균과 표준편차를 구할 수 있는 것이다. 반면에 과거 다수의 데이터를 수집할 경우 그 판매량 데이터 자체로 평균과 표준편차를 산출할 수는 있으나 결품으로 인해 판매량을 바로 수요량으로 인정할 수 없다는 단점이 있다. 결국 모든 판매량 데이터의 결품여부를 판단하고 결품 상품에 대해서는 별도의 수요량 추정을 해야 하는 것이다. 이와 같은 이유로 분석 대상 데이터의 성격과 현실적 적용 용이성을 고려하여 A/F비율을 분석 변수로 사용하고자 한다.

본격적인 분석에 앞서 A/F비율을 산출하기 위해 먼저 판매기간 내에 품질된 상품에 대한 수요량 추정이 필요

하다. 실제로 연구 데이터에는 품질 상품이 다수 존재한다(품질이 발생한 상품은 결국 예측치 대비 실제 수요량이 많은 상품, 즉 $A/F > 1$ 인 상품이다). 수요량을 추정하기 위한 방법으로 우선 회귀분석과 시계열분석을 생각해 볼 수 있다. 회귀분석은 종속변수를 적절히 설명할 수 있는 독립변수만 설정할 수 있다면 변수 간 함수관계를 규명하여 종속변수 값을 예측할 수 있는 용이한 방법이다[5]. 그런데 연구 데이터에는 독립변수로 이용할 수 있는 판매량 정보를 가지고 있다. 즉, 품질 상품의 수요량(품질이 발생하지 않았다면 판매될 수 있었던 상품 수량의 추정치) 추정을 위해 판매기간 내 품질이 발생하지 않은 상품들의 평균 판매수량을 새로운 변수로 생성시켜 이를 독립변수로 이용할 수 있다. 이후 이 독립변수 데이터와 판매기간 내에 품질이 발생한 상품의 품질 전까지의 데이터를 종속변수로 이용하여 회귀분석을 통해 잔여기간 수요량을 추정할 수 있는 것이다(Overage 상품의 일별 평균 판매수량과 Underage 상품의 품질 전 일별 판매수량을 이용하여 회귀방정식 산출). 또한 회귀분석에서 이용할 독립변수에는 자연스럽게 시간 경과에 따른 추세를 이미 가지고 있다고 볼 수 있다. 시계열분석에 의한 예측은 대상 데이터의 시간흐름에 따른 변화 관측치를 이용해 함수관계를 이끌어 내는데, 이때 안정적인 예측을 위해 데이터의 균형이 확보되어야 한다. 그러나 연구 대상 데이터는 요일과 판매 잔여기간에 따라 판매량에 상당한 편차를 가지고 있다. 이러한 데이터에 시계열분석을 적용하기 위해서는 분산의 비정상성(Non-stationary)을 해결하는 추가적인 절차를 거쳐야 한다. 결과적으로 본 연구의 분석 데이터 특성에 비춰볼 때 회귀분석이 시계열분석에 비해 적합한 수요량 추정 방법으로 인정할 수 있다. 따라서 회귀분석을 이용해 판매기간 중 품질이 발생한 상품의 잔여기간 수요를 추정하기로 한다. 이때 상품별 수요는 서로 독립적으로 특정 상품이 품질되었을 때 다른 상품을 대체 구매하지 않는 것으로 가정한다[15].

뉴스벤더 모델을 적용하는 본격적인 절차로 수요량 추정치를 포함한 2017년 판매데이터의 A/F비율을 산출한다. 이때 초기예측치(F : Forecast)로 매입수량을 이용할 것이며, 실제 수요량(A : Actual demand)에는 판매수량을 대응시킬 것이다. 매입수량을 초기예측치로 이용하는 이유는 주문량 결정담당자의 수요량 예측치가 주문량으로 바로 연결되는 업무흐름을 반영한 것이다.

A/F비율 산출 후 표준정규분포를 통한 확률계산 적용을 위해 A/F비율 데이터의 정규성을 검정할 것이다. 검정 방법으로 Kolmogorov-Smirnov test를 이용하려고 한다. 이 방법은 자료가 특정한 분포로부터 얻어졌다는 귀무가설을 검정하는 방법이다. 귀무가설에서 가정한 분포에 대한 누적분포와 데이터로부터 계산된 분포를 비교

한다. 두 분포 차이 중 가장 큰 차이 값이 통계량이 되고 특정 유의수준에서의 기각역과 비교하여 유의성을 검정하게 된다. 데이터에서 계산된 분포의 누적확률은 $p = \frac{rank(X)1-3/8}{n+1/4}$ 로 계산되는데, rank(X)는 자료값 X에 대한 순위, n은 자료의 수를 의미한다.

다음으로 2017년 판매데이터 A/F비율의 평균과 표준편차를 산출한 후 2018년 데이터를 기초로 이익을 최대화할 수 있는 주문량을 재산정할 것이다. 주문량 산정에 필요한 자료는 판매가격, 매입가격, 잔존가치, 평균과 표준편차이다. 2017년 데이터와 마찬가지로 초기예측치로 매입수량을 이용할 것이며, 판매기간 종료 후 잔여재고는 50% 할인된 가격으로 판매되는 것으로 가정할 것이다. 이때 50% 할인 가격은 할인되어 판매되는 경우뿐만 아니라 폐기되는 경우까지 고려하여 경험적으로 산출된 것이다.

주문량 산정 외에 기대이익을 최대화하는 주문량에 의해 실현될 것으로 기대되는 성과측정치와 실제 실현된 성과측정치를 비교하여 성과를 평가해볼 것이다. 이때 실제 실현된 성과측정치에는 뉴스벤더 모델에 의해 산정된 주문량으로 주문했을 경우를 가정한 성과치와 주문량 수정 없이 실제 현실에서 실현된 성과치 두 가지 결과가 존재한다.

총 세 가지 모델의 성과 평가 결과를 통해 뉴스벤더 모델 적용의 실효성을 확인해 볼 수 있을 것이다. 기대이익을 최대화하는 주문량을 선정하는 것은 단지 가능한 목표 중 하나일 뿐이므로 기대이익 이외의 여러 성과치들을 동시에 검토해볼 것이다. 성과측정치로 기대손실판매량(Expected lost sales)과 기대판매량(Expected sales), 기대잔여재고(Expected leftover inventory), 기대이익(Expected profit), 재고보유율(in-stock probability)과 재고품절률(stock-out probability), 수요충족율(fill rate), 최대가능이익(maximum profit)과 불일치비용(mismatch cost)을 산출하여 살펴볼 것이다.

한 가지 유의할 점은 A/F비율을 이용한 뉴스벤더 모델 적용에서 주문량을 선정하는 의사결정은 수요예측 절차와 분리되어 진행된다는 것이다. 판매가 완성된 데이터를 검토해보면 성과를 향상시킬 수 있는 직접적인 수단은 수요예측 정확도 향상임을 인식하게 될 것이다. 그러나 본 연구에서의 뉴스벤더 모델은 수요예측 의사결정을 통한 초기예측치 선정 후의 확률을 이용한 주문량 결정을 다루게 된다. 이론의 적용 실효성을 검토하기 위해 판매가 완성된 데이터를 다루지만 뉴스벤더 모델은 어디까지나 판매기간 이전 주문량 결정을 위한 확률적 모델이므로 수요예측의 정확도는 일단 분리하여 생각할 필요가 있다[9]. 연구절차와 방법론을 정리해보면 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Research Procedures and Methodology

| Research procedure | | Methodology |
|--------------------|---|--|
| ① | Selection · Collection of Research Data | Purchasing and selling data of the top 40 Fruit Gift Sets during the special period(20 days) of Retails(2017 and 2018) |
| ② | Estimation of Demand for Underage product in the Sales Period | Calculate the estimated formula($Y = a+bX$) using regression analysis : Analysis using the average daily sales of Overage products and the daily sales volume before the sale of underage products(N : Case number, R : Correlation coefficient, R^2 : R square, F : F-value, p : p- value, t : Test statistics for null hypothesis of regression coefficient = 0) |
| ③ | Calculation : A/F ratio, Average and Standard deviation | Calculate the ratio sales and purchases using 2017 data : $A(\text{Actual demand})/F(\text{Forecast})$ - A : Sales quantity, Include demand estimation in the case of Underage product - F : Purchase quantity is used as initial forecast |
| ④ | Normality Verification of A/F ratio | Kolmogorov-Smirnov Test : If the statistic is less than the rejection region, then it is judged that is normality |
| ⑤ | Calculation of Order Quantity Using News-vendor Model | The average and standard deviation of the A/F ratio in 2017 are applied to the purchase quantity (initial estimate) of the data in 2018, Calculate the order quantity to maximize profits using standard normal distribution |
| ⑥ | Comparison of Performance by Order Quantity | Comparative Model : Theoretical(expected)/Applying the quantity of orders calculated by newsvendor model/Real result Model Performance value : sales, loss sales, inventory, fill rate, profit, maximum profit, mismatch costs |

3. 분석 및 결과

3.1 회귀분석을 이용한 품질된 상품의 수요량 추정

먼저 2017년과 2018년 데이터의 판매기간 중 품질 상품에 대한 수요량을 추정한다. A/F비율을 산출하기 위해서는 2017년 수요량만 추정하면 되지만 2018년 품질상품 수요량까지 추정하는 이유는 새롭게 산정된 2018년 주문량이 실제 매입량보다 많을 경우 얼마나 팔릴 수 있는지 판단하기 위해서다. 수요량 추정을 위해 품질 없이 판매가 완성된 상품의 일별 평균 판매수량을 독립변수로, 품질 상품의 일별 판매수량을 종속변수로 이용해 회귀분석을 실시한다. 이때 품질발생 이전 일자까지의 데이터만 이용하여 분석을 수행한다. 그리고 분석결과로 산출된 회귀방정식을 이용해 품질기간의 수요량을 추정한다. 회귀분석 결과 설명력이 부족한 경우도 있으나 비교적 소수의 상품에 그치고 휴리스틱 측면에서 추정치에 큰 문제가 없으므로 판단되므로 분석결과를 그대로 사용하기로 한다. 2017년과 2018년 회귀분석 결과는 <Table 2>, <Table 3>과 같고 2017년과 2018년 품질된 상품의 수요량 추정 결과는 <Table 4>와 <Table 5>표의 색칠된 부분과 같다.

<Table 2> Regression Results of 2017 Data

| P. no | N | R | R ² | F | p | t | constant (a) | quantitative (b) |
|-------|----|------|----------------|--------|------|-------|--------------|------------------|
| P2 | 18 | .830 | .689 | 35.41 | .000 | 5.951 | 17.379 | 5.681 |
| P23 | 18 | .694 | .481 | 14.827 | .001 | 3.851 | -3.485 | .682 |
| P12 | 18 | .868 | .754 | 48.975 | .000 | 6.998 | -40.487 | 2.702 |
| P1 | 18 | .904 | .817 | 71.471 | .000 | 8.454 | 8.035 | 5.885 |
| P4 | 17 | .906 | .821 | 68.989 | .000 | 8.306 | 40.22 | 4.214 |
| P14 | 17 | .775 | .569 | 19.838 | .000 | 4.454 | 23.201 | 1.024 |
| P7 | 16 | .934 | .872 | 95.619 | .000 | 9.779 | 40.699 | 2.498 |
| P3 | 16 | .896 | .803 | 57.086 | .000 | 7.556 | 64.979 | 4.000 |
| P9 | 16 | .931 | .866 | 90.439 | .000 | 9.510 | 37.611 | 1.890 |
| P35 | 16 | .821 | .675 | 29.021 | .000 | 5.387 | -4.801 | .307 |
| P24 | 15 | .522 | .272 | 4.867 | .046 | 2.206 | 7.71 | .409 |
| P11 | 14 | .794 | .631 | 20.515 | .001 | 4.529 | 32.798 | 1.599 |
| P16 | 14 | .844 | .713 | 29.807 | .000 | 5.46 | -1.397 | 1.566 |
| P18 | 14 | .746 | .557 | 15.091 | .002 | 3.885 | 8.153 | .900 |
| P13 | 14 | .833 | .695 | 27.294 | .000 | 5.224 | 16.141 | 1.496 |
| P30 | 13 | .509 | .259 | 3.852 | .075 | 1.963 | 4.928 | .225 |
| P37 | 11 | .059 | .003 | .031 | .863 | 0.177 | 8.215 | .019 |

<Table 3> Regression Results of 2018 Data

| P. no | N | R | R ² | F | p | t | constant (a) | quantitative (b) |
|-------|----|------|----------------|---------|------|--------|--------------|------------------|
| P33 | 19 | .408 | .167 | 3.397 | .830 | 1.843 | 8.536 | 0.143 |
| P11 | 19 | .686 | .471 | 15.151 | .001 | 3.892 | 43.933 | 1.311 |
| P13 | 18 | .558 | .311 | 7.237 | .016 | 2.690 | 40.985 | 0.725 |
| P16 | 18 | .572 | .328 | 7.796 | .013 | 2.792 | 32.212 | 0.693 |
| P19 | 18 | .669 | .448 | 12.969 | .002 | 3.601 | 6.451 | 0.515 |
| P15 | 18 | .731 | .535 | 18.393 | .001 | 4.289 | 6.378 | 1.118 |
| P8 | 17 | .690 | .476 | 13.646 | .002 | 3.694 | 57.887 | 1.575 |
| P1 | 17 | .591 | .349 | 8.054 | .012 | 2.838 | 97.220 | 2.381 |
| P21 | 16 | .708 | .501 | 14.071 | .002 | 3.751 | -11.897 | 0.725 |
| P14 | 16 | .842 | .710 | 34.220 | .000 | 5.850 | -39.773 | 1.740 |
| P34 | 16 | .617 | .381 | 8.628 | .011 | 2.937 | -0.920 | 0.216 |
| P30 | 16 | .800 | .639 | 24.826 | .000 | 4.983 | -0.734 | 0.335 |
| P12 | 15 | .787 | .619 | 21.102 | .001 | 4.594 | 7.546 | 1.290 |
| P22 | 15 | .668 | .447 | 10.495 | .006 | 3.240 | 3.604 | 0.474 |
| P25 | 14 | .805 | .648 | 22.082 | .001 | 4.699 | -1.580 | 0.431 |
| P7 | 14 | .861 | .741 | 34.383 | .000 | 5.864 | 25.946 | 2.406 |
| P18 | 14 | .563 | .317 | 5.570 | .036 | 2.360 | 18.501 | 0.494 |
| P32 | 14 | .750 | .563 | 15.451 | .002 | 3.931 | 0.798 | 0.245 |
| P4 | 14 | .889 | .790 | 45.205 | .000 | 6.723 | 4.443 | 2.863 |
| P3 | 13 | .964 | .929 | 143.849 | .000 | 11.994 | 47.323 | 2.562 |
| P35 | 12 | .918 | .844 | 53.943 | .000 | 7.345 | 0.163 | 0.212 |

<Table 4> Estimation of Demand Using Regression Analysis : 2017

| Date | Product sales quantity | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Overage | Underage | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Average | P2 | P23 | P12 | P1 | P4 | P14 | P7 | P3 | P9 | P35 | P24 | P11 | P16 | P18 | P13 | P30 | P37 |
| 9/14 | 23 | 109 | 5 | 19 | 158 | 144 | 33 | 101 | 144 | 88 | 2 | 20 | 88 | 32 | 43 | 34 | - | 9 |
| 9/15 | 27 | 201 | 20 | 47 | 102 | 123 | 76 | 111 | 187 | 85 | 6 | 19 | 56 | 59 | 22 | 76 | 14 | 11 |
| 9/16 | 43 | 222 | 28 | 69 | 222 | 199 | 54 | 117 | 189 | 95 | 13 | 42 | 67 | 52 | 45 | 76 | 16 | - |
| 9/17 | 38 | 237 | 33 | 81 | 255 | 209 | 55 | 132 | 205 | 108 | 5 | 31 | 88 | 58 | 40 | 71 | 14 | 14 |
| 9/18 | 38 | 288 | 26 | 78 | 254 | 215 | 65 | 144 | 225 | 113 | 2 | 24 | 93 | 42 | 25 | 59 | 20 | 13 |
| 9/19 | 42 | 285 | 27 | 89 | 292 | 237 | 76 | 154 | 249 | 126 | 9 | 12 | 122 | 70 | 51 | 74 | 14 | - |
| 9/20 | 48 | 299 | 25 | 97 | 327 | 266 | 79 | 178 | 288 | 140 | 8 | 23 | 112 | 77 | 55 | 78 | 14 | 11 |
| 9/21 | 54 | 439 | 33 | 103 | 348 | 291 | 85 | 190 | 298 | 145 | 11 | 31 | 112 | 115 | 59 | 109 | 18 | 12 |
| 9/22 | 60 | 341 | 29 | 151 | 346 | 281 | 80 | 183 | 291 | 148 | 14 | 32 | 123 | 83 | 70 | 103 | 17 | 9 |
| 9/23 | 68 | 365 | 51 | 150 | 370 | 301 | 90 | 210 | 311 | 159 | 17 | 43 | 130 | 109 | 64 | 99 | 10 | 10 |
| 9/24 | 65 | 388 | 37 | 118 | 399 | 322 | 97 | 203 | 345 | 170 | 15 | 36 | 154 | 99 | 67 | 118 | 25 | 11 |
| 9/25 | 49 | 332 | 34 | 103 | 345 | 293 | 84 | 169 | 299 | 134 | 11 | 32 | 122 | 62 | 35 | 108 | 19 | 9 |
| 9/26 | 50 | 305 | 25 | 92 | 309 | 251 | 77 | 171 | 240 | 133 | 10 | 10 | 114 | 74 | 56 | 107 | 19 | 9 |
| 9/27 | 46 | 288 | 26 | 84 | 288 | 237 | 68 | 154 | 269 | 122 | 5 | 21 | 119 | 68 | 68 | 88 | 15 | 9 |
| 9/28 | 44 | 237 | 24 | 77 | 265 | 221 | 61 | 142 | 235 | 123 | 13 | 24 | 103 | 67 | 48 | 82 | 15 | 9 |
| 9/29 | 45 | 243 | 12 | 65 | 255 | 215 | 62 | 141 | 225 | 111 | 9 | 26 | 105 | 69 | 49 | 83 | 15 | 9 |
| 9/30 | 47 | 205 | 49 | 52 | 233 | 195 | 58 | 159 | 255 | 127 | 10 | 27 | 109 | 73 | 51 | 87 | 16 | 9 |
| 10/1 | 38 | 216 | 16 | 25 | 232 | 201 | 62 | 136 | 217 | 110 | 7 | 23 | 94 | 58 | 42 | 73 | 13 | 9 |
| 10/2 | 34 | 210 | 20 | 51 | 208 | 183 | 58 | 125 | 201 | 102 | 6 | 22 | 87 | 52 | 39 | 67 | 13 | 9 |
| 10/3 | 24 | 153 | 13 | 24 | 149 | 141 | 48 | 101 | 161 | 83 | 3 | 18 | 71 | 36 | 30 | 52 | 10 | 9 |

<Table 5> Estimation of Demand Using Regression Analysis : 2018

| Date | Product sales quantity | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Overage | Underage | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Average | P33 | P11 | P13 | P16 | P19 | P15 | P8 | P1 | P21 | P14 | P34 | P30 | P12 | P22 | P25 | P7 | P18 | P32 | P4 | P3 | P35 |
| 9/4 | 44 | 13 | 90 | 22 | 55 | 11 | 60 | 101 | 186 | 20 | 33 | 15 | 15 | 71 | 22 | 20 | 137 | 30 | 12 | 55 | 150 | 10 |
| 9/5 | 39 | 13 | 99 | 67 | 59 | 32 | 65 | 84 | 200 | 35 | 62 | - | 18 | 44 | 8 | 22 | 57 | 25 | 4 | 160 | 171 | 5 |
| 9/6 | 35 | 15 | 108 | 52 | 35 | 12 | 21 | 101 | 216 | 19 | 22 | 3 | 9 | 72 | 15 | 8 | 159 | 53 | 8 | 78 | 89 | 12 |
| 9/7 | 69 | 7 | 118 | 88 | 68 | 29 | 76 | 146 | 235 | 32 | 88 | 26 | 21 | 119 | 38 | 30 | 173 | 57 | 18 | 195 | 211 | 14 |
| 9/8 | 87 | 27 | 128 | 146 | 77 | 63 | 134 | 201 | 257 | 54 | 58 | 14 | 42 | 107 | 67 | 38 | 229 | 86 | 34 | 312 | 267 | 22 |
| 9/9 | 74 | 15 | 142 | 95 | 74 | 46 | 82 | 178 | 284 | 44 | 95 | 18 | 22 | 108 | 40 | 17 | 209 | 57 | 9 | 201 | 263 | 16 |
| 9/10 | 97 | 39 | 228 | 58 | 173 | 92 | 55 | 348 | 217 | 15 | 116 | 7 | 19 | 52 | 45 | 68 | 284 | 23 | 22 | 283 | 275 | 17 |
| 9/11 | 56 | 12 | 135 | 114 | 109 | 55 | 115 | 211 | 337 | 42 | 132 | 8 | 21 | 121 | 28 | 17 | 261 | 37 | 25 | 187 | 199 | 9 |
| 9/12 | 80 | 21 | 168 | 161 | 51 | 34 | 109 | 112 | 217 | 52 | 72 | 34 | 19 | 102 | 88 | 37 | 144 | 98 | 15 | 301 | 289 | 14 |
| 9/13 | 100 | 13 | 158 | 91 | 118 | 28 | 68 | 224 | 363 | 36 | 120 | 21 | 32 | 148 | 35 | 29 | 286 | 69 | 25 | 355 | 322 | 23 |
| 9/14 | 156 | 25 | 252 | 160 | 105 | 90 | 226 | 241 | 574 | 144 | 279 | 32 | 55 | 236 | 71 | 63 | 424 | 102 | 35 | 420 | 430 | 32 |
| 9/15 | 99 | 25 | 208 | 114 | 120 | 54 | 109 | 210 | 337 | 52 | 112 | 18 | 27 | 172 | 49 | 37 | 249 | 75 | 36 | 253 | 299 | 26 |
| 9/16 | 73 | 12 | 92 | 106 | 77 | 49 | 95 | 190 | 155 | 26 | 51 | 7 | 25 | 64 | 24 | 31 | 189 | 67 | 20 | 211 | 235 | 16 |
| 9/17 | 87 | 41 | 101 | 96 | 96 | 24 | 81 | 227 | 265 | 44 | 142 | 18 | 44 | 107 | 32 | 33 | 199 | 21 | 17 | 189 | 269 | 19 |
| 9/18 | 57 | 22 | 228 | 76 | 117 | 45 | 114 | 117 | 502 | 63 | 46 | 4 | 16 | 77 | 38 | 23 | 164 | 47 | 15 | 169 | 194 | 12 |
| 9/19 | 75 | 9 | 122 | 54 | 74 | 58 | 79 | 163 | 233 | 22 | 72 | 25 | 15 | 104 | 39 | 31 | 206 | 55 | 19 | 219 | 239 | 16 |
| 9/20 | 52 | 28 | 118 | 81 | 45 | 38 | 41 | 146 | 122 | 26 | 51 | 10 | 17 | 75 | 28 | 21 | 152 | 44 | 14 | 154 | 181 | 11 |
| 9/21 | 48 | 18 | 52 | 119 | 47 | 40 | 70 | 133 | 211 | 23 | 44 | 9 | 15 | 69 | 26 | 19 | 141 | 42 | 13 | 142 | 170 | 10 |
| 9/22 | 57 | 5 | 103 | 83 | 72 | 36 | 70 | 148 | 234 | 30 | 60 | 11 | 18 | 81 | 31 | 23 | 164 | 47 | 15 | 168 | 194 | 12 |
| 9/23 | 46 | 15 | 105 | 75 | 64 | 30 | 58 | 131 | 208 | 22 | 41 | 9 | 15 | 67 | 26 | 18 | 138 | 41 | 12 | 137 | 166 | 10 |

<Table 6> 2017 Purchase/Sales Data

| Product Item no | Sales quantity/Demand (A: Actual demand) | Sales unit price | Purchase quantity (F: Forecast) | Purchase unit price | A/F ratio | Product Item no | Sales quantity/Demand (A: Actual demand) | Sales unit price | Purchase quantity (F: Forecast) | Purchase unit price | A/F ratio | | |
|-----------------|--|------------------|---------------------------------|---------------------|-----------|-----------------|--|------------------|---------------------------------|---------------------|-----------|--------|------|
| 40 | 2100033679681 | 140 | 29,000 | 200 | 23,780 | 0.70 | 5 | 2100010093684 | 3,910 | 42,000 | 4,000 | 34,860 | 0.98 |
| 27 | 2100010205094 | 400 | 48,200 | 550 | 39,500 | 0.73 | 6 | 8801448163362 | 2,955 | 38,500 | 3,000 | 30,800 | 0.99 |
| 26 | 2100010669506 | 440 | 53,000 | 600 | 43,460 | 0.73 | 28 | 8801448163409 | 395 | 35,000 | 400 | 28,000 | 0.99 |
| 34 | 8801448289277 | 185 | 44,000 | 250 | 36,080 | 0.74 | 4 | 2100010564580 | 4,525 | 58,000 | 4,500 | 47,560 | 1.01 |
| 22 | 2100010387714 | 610 | 39,000 | 800 | 31,980 | 0.76 | 7 | 8801448111257 | 3,021 | 36,500 | 3,000 | 29,200 | 1.01 |
| 39 | 2100041178442 | 155 | 39,000 | 200 | 31,980 | 0.78 | 24 | 8801448160491 | 516 | 50,000 | 500 | 40,000 | 1.03 |
| 25 | 8801448160521 | 490 | 39,000 | 600 | 31,200 | 0.82 | 11 | 8809043874072 | 2,069 | 50,000 | 2,000 | 40,000 | 1.03 |
| 31 | 8801448289246 | 205 | 57,500 | 250 | 47,150 | 0.82 | 12 | 8801448186842 | 1,575 | 36,900 | 1,500 | 30,250 | 1.05 |
| 38 | 2100035986060 | 165 | 48,000 | 200 | 39,360 | 0.83 | 23 | 8809043874195 | 533 | 37,000 | 500 | 29,600 | 1.07 |
| 15 | 8801448162594 | 1,345 | 35,000 | 1,600 | 28,000 | 0.84 | 1 | 8801448130456 | 5,357 | 33,500 | 5,000 | 28,280 | 1.07 |
| 10 | 8809043874041 | 2,115 | 46,000 | 2,500 | 37,720 | 0.85 | 2 | 8801448130449 | 5,363 | 43,000 | 5,000 | 36,550 | 1.07 |
| 19 | 8801448213432 | 765 | 39,000 | 900 | 31,200 | 0.85 | 3 | 8801448111240 | 4,834 | 40,000 | 4,500 | 34,000 | 1.07 |
| 29 | 2100000006816 | 350 | 69,000 | 400 | 58,650 | 0.88 | 13 | 8809043874034 | 1,644 | 54,000 | 1,500 | 44,280 | 1.10 |
| 36 | 2100033679674 | 175 | 43,000 | 200 | 35,260 | 0.88 | 9 | 8801448163034 | 2,422 | 25,000 | 2,200 | 20,500 | 1.10 |
| 17 | 8801448162532 | 1,070 | 38,500 | 1,200 | 30,800 | 0.89 | 16 | 8801448137950 | 1,355 | 24,500 | 1,200 | 21,300 | 1.13 |
| 21 | 8801448213456 | 650 | 49,000 | 700 | 42,630 | 0.93 | 14 | 8801448186859 | 1,368 | 45,500 | 1,200 | 36,400 | 1.14 |
| 20 | 2100011923225 | 750 | 51,400 | 800 | 42,100 | 0.94 | 35 | 8801448270688 | 176 | 74,000 | 150 | 64,380 | 1.17 |
| 8 | 2100010101433 | 2,645 | 49,000 | 2,800 | 40,670 | 0.94 | 18 | 8801448114319 | 959 | 26,500 | 800 | 22,520 | 1.20 |
| 32 | 2100031138722 | 195 | 98,000 | 200 | 80,360 | 0.98 | 30 | 2100010505262 | 297 | 39,000 | 200 | 31,980 | 1.49 |
| 33 | 8801448163058 | 195 | 24,000 | 200 | 19,920 | 0.98 | 37 | 2100010505279 | 181 | 36,000 | 120 | 29,520 | 1.51 |

3.2 정규분포 예측을 위한 평균과 표준편차 계산

품질상품의 수요량 추정에 의해 A/F비율 산출을 위한

수요예측치(F)와 실제수요(A) 데이터가 충족되었으므로 A/F비율을 계산해 보기로 한다. 이전 시점인 2017년 데이터와 A/F비율 계산결과는 <Table 6>과 같았다.

<Table 7> Statistics of 2017 A/F Ratio

| A/F ratio | N | minimum | maximum | mean | std. dev | variance | skewness | kurtosis |
|------------|----|---------|---------|-------|----------|----------|----------|----------|
| statistics | 40 | .70 | 1.51 | .9770 | .17950 | .032 | 1.015 | 1.908 |

<Table 7>과 같이 2017년 판매데이터 A/F비율의 평균은 0.9770이며, 표준편차는 0.17950이다. 이제 A/F비율의 평균과 표준편차를 이용하여 뉴스벤더 모델을 이용한 주문량을 산정할 수 있다.

3.3 A/F비율의 정규성 검증

본격적인 주문량 산정에 앞서 A/F비율이 정규성을 띠고 있는지 검증해 보았다. 물론 데이터 표본수가 40개가 넘어 정규성을 가정할 수도 있지만 간단하게 Kolmogorov-Smirnov 검증을 실시하였다. <Table 8>과 같이 검증 결과 통계값이 0.102로 유의수준 5%에서 기각역 0.215보다 작으므로 정규성이 있는 것으로 인정할 수 있다.

<Table 8> Normality Test of A/F Ratio

| A/F ratio | Kolmogorov-Smirnov | | | |
|-----------|--------------------|----|-----------------|-----|
| | statistics | df | critical region | α |
| | .102 | 40 | .215 | .05 |

3.4 뉴스벤더 모델을 이용한 주문량 산정

이제 2017년 데이터를 이용한 분석결과를 갖고 2018년 주문량을 산정해 보기로 한다. 본 연구에서 적용할 뉴스벤더 모델을 이용한 주문량 산정 절차를 간략히 정리해보면 다음과 같다.

첫째, 판매가격과 매입가격, 잔여재고에 대한 할인가격을 통하여 Co(overage cost)와 Cu(underage cost)를 구한다.

둘째, 과거 데이터 A/F비율의 평균과 표준편차를 구한다.

셋째, A/F비율 평균과 표준편차를 예측치에 적용하여 기대값의 평균과 표준편차를 구한다.

넷째, 임계비(critical ratio)를 계산하고 임계비에 해당하는 z값을 구한다.

마지막으로 $Q = \mu + z \times \sigma$ 를 이용하여 주문량 Q를 계산한다.

2018년 데이터를 정리해보면 <Table 9>와 같이 제시할 수 있고, 2018년 데이터를 이용하여 기대이익을 최대화하는 주문량 산정 결과는 <Table 10>과 같다.

<Table 9> 2018 Purchase/Sales Data

| Product Item no | Sales quantity | Out of stock Estimated demand | Sales unit price | Purchase quantity | Purchase unit price | Residual product unit price | Product Item no | Sales quantity | Out of stock Estimated demand | Sales unit price | Purchase quantity | Purchase unit price | Residual product unit price | | |
|-----------------|----------------|-------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|--------|--------|
| 38 | 2100010205094 | 210 | - | 52,000 | 300 | 43,160 | 26,000 | 11 | 8801448130449 | 2,650 | 105 | 61,000 | 2,650 | 53,070 | 30,500 |
| 20 | 2100010387714 | 861 | - | 37,000 | 1,200 | 30,710 | 18,500 | 13 | 8801448153660 | 1,700 | 157 | 57,600 | 1,700 | 46,080 | 28,800 |
| 9 | 2100010093684 | 3,164 | - | 47,000 | 4,500 | 39,950 | 23,500 | 16 | 8801448130456 | 1,500 | 136 | 48,500 | 1,500 | 38,800 | 24,250 |
| 2 | 2100010564580 | 5,236 | - | 64,000 | 7,000 | 52,480 | 32,000 | 19 | 8801448161733 | 800 | 66 | 30,500 | 800 | 24,400 | 15,250 |
| 39 | 2100011922464 | 189 | - | 69,000 | 250 | 56,580 | 34,500 | 15 | 8801448137950 | 1,600 | 129 | 32,000 | 1,600 | 25,600 | 16,000 |
| 27 | 2100010669506 | 546 | - | 54,000 | 700 | 44,280 | 27,000 | 8 | 8801448162532 | 3,000 | 412 | 40,000 | 3,000 | 32,800 | 20,000 |
| 29 | 2100011923225 | 483 | - | 58,000 | 700 | 47,560 | 29,000 | 1 | 8801448162594 | 4,700 | 652 | 35,000 | 4,700 | 29,050 | 17,500 |
| 26 | 2100011922730 | 567 | - | 40,000 | 700 | 32,800 | 20,000 | 21 | 8801448186859 | 700 | 100 | 56,800 | 700 | 45,440 | 28,400 |
| 36 | 2100031138722 | 287 | - | 103,500 | 400 | 84,870 | 51,750 | 14 | 8801448186880 | 1,500 | 196 | 33,500 | 1,500 | 27,470 | 16,750 |
| 40 | 2100011923775 | 182 | - | 28,000 | 220 | 22,960 | 14,000 | 34 | 8801448226906 | 250 | 40 | 68,500 | 250 | 54,800 | 34,250 |
| 31 | 2100030844006 | 385 | - | 53,000 | 550 | 43,460 | 26,500 | 30 | 8801448186842 | 400 | 65 | 42,200 | 400 | 33,760 | 21,100 |
| 24 | 2100033679674 | 602 | - | 39,000 | 800 | 31,980 | 19,500 | 12 | 8801448262720 | 1,600 | 397 | 44,500 | 1,600 | 35,600 | 22,250 |
| 23 | 2100036535090 | 700 | - | 33,500 | 800 | 27,470 | 16,750 | 22 | 8801448270688 | 600 | 150 | 71,000 | 600 | 61,770 | 35,500 |
| 37 | 2100039718865 | 266 | - | 85,500 | 300 | 70,110 | 42,750 | 25 | 8809043874010 | 450 | 135 | 25,000 | 450 | 20,500 | 12,500 |
| 28 | 2100042707856 | 504 | - | 59,000 | 550 | 48,380 | 29,500 | 7 | 8809043874027 | 3,000 | 964 | 26,000 | 3,000 | 21,320 | 13,000 |
| 6 | 8801448111257 | 4,228 | - | 38,500 | 5,500 | 30,800 | 19,250 | 18 | 8801448270695 | 800 | 277 | 66,600 | 800 | 57,942 | 33,300 |
| 10 | 8801448111240 | 2,919 | - | 41,600 | 4,000 | 35,360 | 20,800 | 32 | 8809043874034 | 280 | 87 | 56,500 | 280 | 46,330 | 28,250 |
| 5 | 8801448114319 | 4,403 | - | 50,000 | 5,500 | 42,500 | 25,000 | 4 | 8809043874041 | 3,200 | 989 | 37,500 | 3,200 | 30,750 | 18,750 |
| 17 | 8801448122260 | 1,491 | - | 52,400 | 1,500 | 44,540 | 26,200 | 3 | 8809043874188 | 3,200 | 1,414 | 33,000 | 3,200 | 26,400 | 16,500 |
| 33 | 8801448125650 | 360 | 15 | 31,000 | 360 | 26,350 | 15,500 | 35 | 8809043874195 | 200 | 106 | 32,000 | 200 | 25,600 | 16,000 |

〈Table 10〉 2018 Order Quantity(Q) Calculation Results

| Product. no | Co | Cu | Critical ratio | μ | σ | Z | Q | L(z) |
|-------------|--------|--------|----------------|-------|----------|-------|-------|------|
| 38 | 17,160 | 8,840 | 0.34 | 293 | 54 | -0.41 | 271 | 0.64 |
| 20 | 12,210 | 6,290 | 0.34 | 1,172 | 215 | -0.41 | 1,084 | 0.64 |
| 9 | 16,450 | 7,050 | 0.30 | 4,397 | 808 | -0.52 | 3,973 | 0.71 |
| 2 | 20,480 | 11,520 | 0.36 | 6,839 | 1,257 | -0.36 | 6,389 | 0.60 |
| 39 | 22,080 | 12,420 | 0.36 | 244 | 45 | -0.36 | 228 | 0.60 |
| 27 | 17,280 | 9,720 | 0.36 | 684 | 126 | -0.36 | 639 | 0.60 |
| 29 | 18,560 | 10,440 | 0.36 | 684 | 126 | -0.36 | 639 | 0.60 |
| 26 | 12,800 | 7,200 | 0.36 | 684 | 126 | -0.36 | 639 | 0.60 |
| 36 | 33,120 | 18,630 | 0.36 | 391 | 72 | -0.36 | 365 | 0.60 |
| 40 | 8,960 | 5,040 | 0.36 | 215 | 39 | -0.36 | 201 | 0.60 |
| 31 | 16,960 | 9,540 | 0.36 | 537 | 99 | -0.36 | 502 | 0.60 |
| 24 | 12,480 | 7,020 | 0.36 | 782 | 144 | -0.36 | 730 | 0.60 |
| 23 | 10,720 | 6,030 | 0.36 | 782 | 144 | -0.36 | 730 | 0.60 |
| 37 | 27,360 | 15,390 | 0.36 | 293 | 54 | -0.36 | 274 | 0.60 |
| 28 | 18,880 | 10,620 | 0.36 | 537 | 99 | -0.36 | 502 | 0.60 |
| 6 | 11,550 | 7,700 | 0.40 | 5,374 | 987 | -0.25 | 5,123 | 0.54 |
| 10 | 14,560 | 6,240 | 0.30 | 3,908 | 718 | -0.52 | 3,531 | 0.71 |
| 5 | 17,500 | 7,500 | 0.30 | 5,374 | 987 | -0.52 | 4,856 | 0.71 |
| 17 | 18,340 | 7,860 | 0.30 | 1,466 | 269 | -0.52 | 1,324 | 0.71 |
| 33 | 10,850 | 4,650 | 0.30 | 352 | 65 | -0.52 | 318 | 0.71 |
| 11 | 22,570 | 7,930 | 0.26 | 2,589 | 476 | -0.64 | 2,283 | 0.80 |
| 13 | 17,280 | 11,520 | 0.40 | 1,661 | 305 | -0.25 | 1,584 | 0.54 |
| 16 | 14,550 | 9,700 | 0.40 | 1,466 | 269 | -0.25 | 1,397 | 0.54 |
| 19 | 9,150 | 6,100 | 0.40 | 782 | 144 | -0.25 | 745 | 0.54 |
| 15 | 9,600 | 6,400 | 0.40 | 1,563 | 287 | -0.25 | 1,490 | 0.54 |
| 8 | 12,800 | 7,200 | 0.36 | 2,931 | 539 | -0.36 | 2,738 | 0.60 |
| 1 | 11,550 | 5,950 | 0.34 | 4,592 | 844 | -0.41 | 4,244 | 0.64 |
| 21 | 17,040 | 11,360 | 0.40 | 684 | 126 | -0.25 | 652 | 0.54 |
| 14 | 10,720 | 6,030 | 0.36 | 1,466 | 269 | -0.36 | 1,369 | 0.60 |
| 34 | 20,550 | 13,700 | 0.40 | 244 | 45 | -0.25 | 233 | 0.54 |
| 30 | 12,660 | 8,440 | 0.40 | 391 | 72 | -0.25 | 373 | 0.54 |
| 12 | 13,350 | 8,900 | 0.40 | 1,563 | 287 | -0.25 | 1,490 | 0.54 |
| 22 | 26,270 | 9,230 | 0.26 | 586 | 108 | -0.64 | 517 | 0.80 |
| 25 | 8,000 | 4,500 | 0.36 | 440 | 81 | -0.36 | 411 | 0.60 |
| 7 | 8,320 | 4,680 | 0.36 | 2,931 | 539 | -0.36 | 2,738 | 0.60 |
| 18 | 24,642 | 8,658 | 0.26 | 782 | 144 | -0.64 | 689 | 0.80 |
| 32 | 18,080 | 10,170 | 0.36 | 274 | 50 | -0.36 | 256 | 0.60 |
| 4 | 12,000 | 6,750 | 0.36 | 3,126 | 574 | -0.36 | 2,921 | 0.60 |
| 3 | 9,900 | 6,600 | 0.40 | 3,126 | 574 | -0.25 | 2,981 | 0.54 |
| 35 | 9,600 | 6,400 | 0.40 | 195 | 36 | -0.25 | 186 | 0.54 |

3.5 주문량에 따른 성과치 비교

2018년 데이터를 이용하여 기대이익을 최대화하는 주문량을 산정하였으므로 이제 주문량에 따른 성과측정치들을 계산해본다. 그리고 세 가지 모델의 성과치들을 비교해볼 것이다. 세 가지 모델이란 실제 판매수량과 관계없이 구해지는 기대모델(이론적 모델), 기대이익을 최대화하는 주문량을 매입수량으로 적용한 실제 실현치(재산정 모델), 현실의 매입수량을 적용한 결과치(현실모델)를 말한다. 주문량 산정식을 포함한 성과측정치들의 산출식은 <Table 11>과 같다.

<Table 11> Calculation Formula by Measurement and Notation

| Measured value | Equations |
|---|---|
| Q (profit-maximizing order quantity) | $\mu + z \times \sigma$ $\Phi(z) = \frac{C_u}{C_o + C_u}$ |
| (expected)sales | $\mu - (\text{expected})\text{sales}$ |
| (expected)loss sales | $\sigma \times L(z)$ $L(z) = \text{Expected lost sales with standard normal distribution}$ $z = \frac{Q - \mu}{\sigma}$ |
| (expected)leftover inventory | $Q - (\text{expected})\text{sales}$ |
| (expected)fill rate | $\frac{(\text{expected})\text{sales}}{\mu}$ |
| (expected)profit | $[C_u \times (\text{expected})\text{sales}] - [C_o \times (\text{expected})\text{leftover inventory}]$ $C_u = \text{price-cost}$ $C_o = \text{cost-leftover value}$ |
| (expected)maximum profit | $C_u \times \mu$ |
| (expected)mismatch costs | $[C_o \times (\text{expected})\text{leftover inventory}] + [C_u \times (\text{expected})\text{loss sales}]$ |
| in-stock probability | $\Phi(z)$ $z = \frac{Q - \mu}{\sigma}$ |
| stockout probability | $1 - \Phi(z)$ |
| ※ notation | Q = Oder quantity μ = Expected demand σ = Standard deviation of demand C_u = Underage cost C_o = Overage cost $\Phi(z)$: Distribution function of the standard normal $\text{critical ratio} = \frac{C_u}{C_o + C_u}$ |

계산식을 이용하여 세 가지 모델 각각의 성과치를 계산해 보았다. 먼저 이론적인 기대모델의 성과치를 계산해본 결과는 <Table 12>와 같다. 성과치를 계산하면서 참고로 재고보유율과 재고품절율도 동시에 제시했다.

다음으로 뉴스벤더 모델에 의해 산정된 주문량을 적

용하여 성과치들을 계산해 보면 <Table 13>과 같이 산출된다.

마지막으로 실제 실현된 성과치를 정리해보면 <Table 14>와 같다. 실제 실현된 데이터를 보면 주문량이 재산정된 주문량에 비해 크다는 것을 알 수 있다. 이는 임계비가 작다는 것과 관련이 있다.

세 가지 모델 분석결과를 합과 평균을 통해 정리해보면 <Table 15>와 같다. 주문량은 현실모델이 이론적 모델과 주문량 재산정 모델보다 많다. 이는 임계비가 낮음에 따라 귀결되는 현상이다. 이익성과는 이론적 모델이 가장 높고 주문량 재산정 모델이 다음으로 높으며 현실 모델이 가장 낮다. 고객 서비스수준을 나타낼 수 있는 수요충족률은 이론적 모델이 가장 높고 주문량 재산정 모델이 가장 낮게 나타났다. 최대기대이익과 이익간의 차이를 나타내는 불일치비용은 현실모델이 가장 높게 나타났다. 이는 이익성과치가 가장 낮게 나타난 것과 직접적으로 연관된다.

그런데 여기서 주목할 점은 뉴스벤더 모델을 적용해 재산정한 주문량으로 주문했을 경우의 이익이 현실모델에 대비해 9.9% 이익개선을 가져온 것으로 평가된다는 것이다. 물론 뉴스벤더 모델에 의해 산출된 주문량으로 주문했을 경우 현실 결과치보다 이익이 줄어들 가능성도 얼마든지 존재한다. 그러나 적절한 데이터를 선정하여 결과적으로 최적의 수요분포를 이용할 경우 뉴스벤더 모델에 의해 주문량을 산정하는 것만으로 큰 폭의 이익개선을 달성할 수 있다는 점은 분명하다고 할 것이다. 기대이익 최대화 이외의 다른 성과치 달성을 위해서도 동일한 결론이 적용될 수 있다.

추가적으로 주목해야 할 점은 수요예측의 정확성(예측 오차 최소화)과 별개로 임계비가 높아지면 불일치비용이 낮아지고, 결과적으로 재고품절률이 낮아지면서 서비스수준이 높아지는 결과를 예상할 수 있다는 것이다. 임계비는 $\frac{C_u}{C_o + C_u}$ 이므로 임계비를 높이기 위해서는 C_u 는 높이고 C_o 는 낮추어야 한다. 즉, 마진이 높고 잔존가치가 높으면 임계비가 높아지는 것이다(임계비와 서비스수준은 비례관계가 있다)[3]. 달리 말하면 마진이 낮고 부패하기 쉬운 상품이거나(perishable product) 진부화(obsolescence)되기 쉬운 경우에는 높은 서비스수준을 달성하기 어렵다는 결론에 도달하게 된다. 따라서 불일치비용 최소화와 서비스수준 제고를 위해 원가수준을 낮추기 위한 노력과 더불어 잔여재고 상품의 가격방어를 위한 대책을 마련해야 할 것이다. 가격방어를 위한 대책으로는 잔여 재고 판매루트 확보, 할인을 적용 세분화, 보관 최적화 등을 생각해 볼 수 있을 것이다.

<Table 12> Performance Measure of a Theoretical Model

| Product. no | Q | expected sales | expected loss sales | expected leftover inventory | fill rate | expected profit | in-stock probability | stockout provability | expected maximum profit | expected mismatch costs |
|-----------------|--------|----------------|---------------------|-----------------------------|-----------|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 38 | 271 | 259 | 34 | 12 | 88.27 | 2,077,993 | 34.00 | 66.00 | 2,591,004 | 513,011 |
| 20 | 1,084 | 1,035 | 138 | 49 | 88.27 | 5,914,287 | 34.00 | 66.00 | 7,374,396 | 1,460,109 |
| 9 | 3,973 | 3,819 | 577 | 154 | 86.87 | 24,395,380 | 30.00 | 70.00 | 30,995,325 | 6,599,945 |
| 2 | 6,389 | 6,081 | 758 | 308 | 88.91 | 63,742,756 | 36.00 | 64.00 | 78,785,280 | 15,042,524 |
| 39 | 228 | 217 | 27 | 11 | 88.91 | 2,454,381 | 36.00 | 64.00 | 3,033,585 | 579,204 |
| 27 | 639 | 608 | 76 | 31 | 88.91 | 5,378,295 | 36.00 | 64.00 | 6,647,508 | 1,269,213 |
| 29 | 639 | 608 | 76 | 31 | 88.91 | 5,776,687 | 36.00 | 64.00 | 7,139,916 | 1,363,229 |
| 26 | 639 | 608 | 76 | 31 | 88.91 | 3,983,922 | 36.00 | 64.00 | 4,924,080 | 940,158 |
| 36 | 365 | 347 | 43 | 18 | 88.91 | 5,890,514 | 36.00 | 64.00 | 7,280,604 | 1,390,090 |
| 40 | 201 | 191 | 24 | 10 | 88.91 | 876,463 | 36.00 | 64.00 | 1,083,298 | 206,835 |
| 31 | 502 | 478 | 60 | 24 | 88.91 | 4,147,548 | 36.00 | 64.00 | 5,126,319 | 978,771 |
| 24 | 730 | 695 | 87 | 35 | 88.91 | 4,439,228 | 36.00 | 64.00 | 5,486,832 | 1,047,604 |
| 23 | 730 | 695 | 87 | 35 | 88.91 | 3,813,183 | 36.00 | 64.00 | 4,713,048 | 899,865 |
| 37 | 274 | 261 | 33 | 13 | 88.91 | 3,649,557 | 36.00 | 64.00 | 4,510,809 | 861,252 |
| 28 | 502 | 478 | 60 | 24 | 88.91 | 4,617,081 | 36.00 | 64.00 | 5,706,657 | 1,089,576 |
| 6 | 5,123 | 4,842 | 531 | 281 | 90.11 | 34,033,679 | 40.00 | 60.00 | 41,375,950 | 7,342,271 |
| 10 | 3,531 | 3,395 | 513 | 137 | 86.87 | 19,193,339 | 30.00 | 70.00 | 24,385,920 | 5,192,581 |
| 5 | 4,856 | 4,668 | 706 | 188 | 86.87 | 31,719,762 | 30.00 | 70.00 | 40,301,250 | 8,581,488 |
| 17 | 1,324 | 1,273 | 192 | 51 | 86.87 | 9,066,085 | 30.00 | 70.00 | 11,518,830 | 2,452,745 |
| 33 | 318 | 306 | 46 | 12 | 86.87 | 1,287,246 | 30.00 | 70.00 | 1,635,498 | 348,252 |
| 11 | 2,283 | 2,208 | 381 | 75 | 85.29 | 15,825,248 | 26.00 | 74.00 | 20,531,167 | 4,705,919 |
| 13 | 1,584 | 1,497 | 164 | 87 | 90.11 | 15,738,266 | 40.00 | 60.00 | 19,133,568 | 3,395,302 |
| 16 | 1,397 | 1,321 | 145 | 77 | 90.11 | 11,692,799 | 40.00 | 60.00 | 14,215,350 | 2,522,551 |
| 19 | 745 | 704 | 77 | 41 | 90.11 | 3,921,708 | 40.00 | 60.00 | 4,767,760 | 846,052 |
| 15 | 1,490 | 1,409 | 155 | 82 | 90.11 | 8,229,159 | 40.00 | 60.00 | 10,004,480 | 1,775,321 |
| 8 | 2,738 | 2,606 | 325 | 132 | 88.91 | 17,073,953 | 36.00 | 64.00 | 21,103,200 | 4,029,247 |
| 1 | 4,244 | 4,053 | 539 | 191 | 88.27 | 21,912,169 | 34.00 | 66.00 | 27,321,805 | 5,409,636 |
| 21 | 652 | 616 | 68 | 36 | 90.11 | 6,390,456 | 40.00 | 60.00 | 7,769,104 | 1,378,648 |
| 14 | 1,369 | 1,303 | 163 | 66 | 88.91 | 7,149,718 | 36.00 | 64.00 | 8,836,965 | 1,687,247 |
| 34 | 233 | 220 | 24 | 13 | 90.11 | 2,752,429 | 40.00 | 60.00 | 3,346,225 | 593,796 |
| 30 | 373 | 352 | 39 | 20 | 90.11 | 2,713,051 | 40.00 | 60.00 | 3,298,352 | 585,301 |
| 12 | 1,490 | 1,409 | 155 | 82 | 90.11 | 11,443,674 | 40.00 | 60.00 | 13,912,480 | 2,468,806 |
| 22 | 517 | 500 | 86 | 17 | 85.29 | 4,170,464 | 26.00 | 74.00 | 5,410,626 | 1,240,162 |
| 25 | 411 | 391 | 49 | 20 | 88.91 | 1,600,683 | 36.00 | 64.00 | 1,978,425 | 377,742 |
| 7 | 2,738 | 2,606 | 325 | 132 | 88.91 | 11,098,069 | 36.00 | 64.00 | 13,717,080 | 2,619,011 |
| 18 | 689 | 667 | 115 | 23 | 85.29 | 5,216,017 | 26.00 | 74.00 | 6,767,093 | 1,551,076 |
| 32 | 256 | 243 | 30 | 12 | 88.91 | 2,250,916 | 36.00 | 64.00 | 2,782,105 | 531,189 |
| 4 | 2,921 | 2,780 | 347 | 141 | 88.91 | 17,073,953 | 36.00 | 64.00 | 21,103,200 | 4,029,247 |
| 3 | 2,981 | 2,817 | 309 | 164 | 90.11 | 16,972,640 | 40.00 | 60.00 | 20,634,240 | 3,661,600 |
| 35 | 186 | 176 | 19 | 10 | 90.11 | 1,028,645 | 40.00 | 60.00 | 1,250,560 | 221,915 |
| sum/ average | 61,615 | 58,742 | 7,659 | 2,876 | 88.47 | 420,711,403 | 35.45 | 64.55 | 522,499,894 | 101,788,491 |

<Table 13> Performance Measure of a Order Quantity Recalculation Model

| Product. no | Q | sales | loss sales | leftover inventory | fill rate | profit | maximum profit | mismatch costs |
|-------------|--------|--------|------------|--------------------|-----------|-------------|----------------|----------------|
| 38 | 271 | 210 | - | 61 | 71.65 | 811,547 | 2,591,004 | 1,779,457 |
| 20 | 1,084 | 861 | - | 223 | 73.44 | 2,698,288 | 7,374,396 | 4,676,108 |
| 9 | 3,973 | 3,164 | - | 809 | 71.97 | 8,999,540 | 30,995,325 | 21,995,785 |
| 2 | 6,389 | 5,236 | - | 1,153 | 76.56 | 36,713,543 | 78,785,280 | 42,071,737 |
| 39 | 228 | 189 | - | 39 | 77.38 | 1,482,635 | 3,033,585 | 1,550,950 |
| 27 | 639 | 546 | - | 93 | 79.84 | 3,702,505 | 6,647,508 | 2,945,003 |
| 29 | 639 | 483 | - | 156 | 70.62 | 2,149,765 | 7,139,916 | 4,990,151 |
| 26 | 639 | 567 | - | 72 | 82.91 | 3,162,596 | 4,924,080 | 1,761,484 |
| 36 | 365 | 287 | - | 78 | 73.44 | 2,761,375 | 7,280,604 | 4,519,229 |
| 40 | 201 | 182 | - | 19 | 84.67 | 748,971 | 1,083,298 | 334,326 |
| 31 | 502 | 385 | - | 117 | 71.65 | 1,689,239 | 5,126,319 | 3,437,080 |
| 24 | 730 | 602 | - | 128 | 77.02 | 2,627,036 | 5,486,832 | 2,859,796 |
| 23 | 730 | 700 | - | 30 | 89.56 | 3,898,057 | 4,713,048 | 814,991 |
| 37 | 274 | 266 | - | 8 | 90.75 | 3,880,414 | 4,510,809 | 630,395 |
| 28 | 502 | 502 | 2 | - | 93.41 | 5,330,827 | 5,706,657 | 375,830 |
| 6 | 5,123 | 4,228 | - | 895 | 78.68 | 22,213,926 | 41,375,950 | 19,162,024 |
| 10 | 3,531 | 2,919 | - | 612 | 74.69 | 9,296,845 | 24,385,920 | 15,089,075 |
| 5 | 4,856 | 4,403 | - | 453 | 81.94 | 25,098,752 | 40,301,250 | 15,202,498 |
| 17 | 1,324 | 1,324 | 167 | - | 90.37 | 10,409,039 | 11,518,830 | 1,109,791 |
| 33 | 318 | 318 | 57 | - | 90.37 | 1,477,925 | 1,635,498 | 157,573 |
| 11 | 2,283 | 2,283 | 472 | - | 88.18 | 18,104,402 | 20,531,167 | 2,426,765 |
| 13 | 1,584 | 1,584 | 274 | - | 95.35 | 18,242,970 | 19,133,568 | 890,598 |
| 16 | 1,397 | 1,397 | 239 | - | 95.35 | 13,553,677 | 14,215,350 | 661,673 |
| 19 | 745 | 745 | 121 | - | 95.35 | 4,545,838 | 4,767,760 | 221,922 |
| 15 | 1,490 | 1,490 | 238 | - | 95.35 | 9,538,808 | 10,004,480 | 465,672 |
| 8 | 2,738 | 2,738 | 674 | - | 93.41 | 19,713,384 | 21,103,200 | 1,389,816 |
| 1 | 4,244 | 4,244 | 1,109 | - | 92.42 | 25,251,357 | 27,321,805 | 2,070,448 |
| 21 | 652 | 652 | 148 | - | 95.35 | 7,407,480 | 7,769,104 | 361,624 |
| 14 | 1,369 | 1,369 | 327 | - | 93.41 | 8,254,979 | 8,836,965 | 581,986 |
| 34 | 233 | 233 | 57 | - | 95.35 | 3,190,470 | 3,346,225 | 155,755 |
| 30 | 373 | 373 | 93 | - | 95.35 | 3,144,826 | 3,298,352 | 153,526 |
| 12 | 1,490 | 1,490 | 507 | - | 95.35 | 13,264,905 | 13,912,480 | 647,575 |
| 22 | 517 | 517 | 233 | - | 88.18 | 4,771,095 | 5,410,626 | 639,531 |
| 25 | 411 | 411 | 175 | - | 93.41 | 1,848,130 | 1,978,425 | 130,295 |
| 7 | 2,738 | 2,738 | 1,226 | - | 93.41 | 12,813,699 | 13,717,080 | 903,381 |
| 18 | 689 | 689 | 388 | - | 88.18 | 5,967,229 | 6,767,093 | 799,864 |
| 32 | 256 | 256 | 112 | - | 93.41 | 2,598,881 | 2,782,105 | 183,224 |
| 4 | 2,921 | 2,921 | 1,268 | - | 93.41 | 19,713,384 | 21,103,200 | 1,389,816 |
| 3 | 2,981 | 2,981 | 1,633 | - | 95.35 | 19,673,791 | 20,634,240 | 960,449 |
| 35 | 186 | 186 | 120 | - | 95.35 | 1,192,351 | 1,250,560 | 58,209 |
| sum | 61,615 | 56,669 | 9,640 | 4,946 | 85.35 | 361,944,481 | 522,499,894 | 160,555,412 |

<Table 14> Performance Measure of a Actual Data Model

| Product. no | Q | sales | loss sales | leftover inventory | fill rate | profit | maximum profit | mismatch costs |
|-------------|--------|--------|------------|--------------------|-----------|-------------|----------------|----------------|
| 38 | 300 | 210 | - | 90 | 70.00 | 312,000 | 2,652,000 | 2,340,000 |
| 20 | 1,200 | 861 | - | 339 | 71.75 | 1,276,500 | 7,548,000 | 6,271,500 |
| 9 | 4,500 | 3,164 | - | 1,336 | 70.31 | 329,000 | 31,725,000 | 31,396,000 |
| 2 | 7,000 | 5,236 | - | 1,764 | 74.80 | 24,192,000 | 80,640,000 | 56,448,000 |
| 39 | 250 | 189 | - | 61 | 75.60 | 1,000,500 | 3,105,000 | 2,104,500 |
| 27 | 700 | 546 | - | 154 | 78.00 | 2,646,000 | 6,804,000 | 4,158,000 |
| 29 | 700 | 483 | - | 217 | 69.00 | 1,015,000 | 7,308,000 | 6,293,000 |
| 26 | 700 | 567 | - | 133 | 81.00 | 2,380,000 | 5,040,000 | 2,660,000 |
| 36 | 400 | 287 | - | 113 | 71.75 | 1,604,250 | 7,452,000 | 5,847,750 |
| 40 | 220 | 182 | - | 38 | 82.73 | 576,800 | 1,108,800 | 532,000 |
| 31 | 550 | 385 | - | 165 | 70.00 | 874,500 | 5,247,000 | 4,372,500 |
| 24 | 800 | 602 | - | 198 | 75.25 | 1,755,000 | 5,616,000 | 3,861,000 |
| 23 | 800 | 700 | - | 100 | 87.50 | 3,149,000 | 4,824,000 | 1,675,000 |
| 37 | 300 | 266 | - | 34 | 88.67 | 3,163,500 | 4,617,000 | 1,453,500 |
| 28 | 550 | 504 | - | 46 | 91.64 | 4,484,000 | 5,841,000 | 1,357,000 |
| 6 | 5,500 | 4,228 | - | 1,272 | 76.87 | 17,864,000 | 42,350,000 | 24,486,000 |
| 10 | 4,000 | 2,919 | - | 1,081 | 72.98 | 2,475,200 | 24,960,000 | 22,484,800 |
| 5 | 5,500 | 4,403 | - | 1,097 | 80.05 | 13,825,000 | 41,250,000 | 27,425,000 |
| 17 | 1,500 | 1,491 | - | 9 | 99.40 | 11,554,200 | 11,790,000 | 235,800 |
| 33 | 360 | 360 | 15 | - | 100.00 | 1,674,000 | 1,674,000 | - |
| 11 | 2,650 | 2,650 | 105 | - | 100.00 | 21,014,500 | 21,014,500 | - |
| 13 | 1,700 | 1,700 | 157 | - | 100.00 | 19,584,000 | 19,584,000 | - |
| 16 | 1,500 | 1,500 | 136 | - | 100.00 | 14,550,000 | 14,550,000 | - |
| 19 | 800 | 800 | 66 | - | 100.00 | 4,880,000 | 4,880,000 | - |
| 15 | 1,600 | 1,600 | 129 | - | 100.00 | 10,240,000 | 10,240,000 | - |
| 8 | 3,000 | 3,000 | 412 | - | 100.00 | 21,600,000 | 21,600,000 | - |
| 1 | 4,700 | 4,700 | 652 | - | 100.00 | 27,965,000 | 27,965,000 | - |
| 21 | 700 | 700 | 100 | - | 100.00 | 7,952,000 | 7,952,000 | - |
| 14 | 1,500 | 1,500 | 196 | - | 100.00 | 9,045,000 | 9,045,000 | - |
| 34 | 250 | 250 | 40 | - | 100.00 | 3,425,000 | 3,425,000 | - |
| 30 | 400 | 400 | 65 | - | 100.00 | 3,376,000 | 3,376,000 | - |
| 12 | 1,600 | 1,600 | 397 | - | 100.00 | 14,240,000 | 14,240,000 | - |
| 22 | 600 | 600 | 150 | - | 100.00 | 5,538,000 | 5,538,000 | - |
| 25 | 450 | 450 | 135 | - | 100.00 | 2,025,000 | 2,025,000 | - |
| 7 | 3,000 | 3,000 | 964 | - | 100.00 | 14,040,000 | 14,040,000 | - |
| 18 | 800 | 800 | 277 | - | 100.00 | 6,926,400 | 6,926,400 | - |
| 32 | 280 | 280 | 87 | - | 100.00 | 2,847,600 | 2,847,600 | - |
| 4 | 3,200 | 3,200 | 989 | - | 100.00 | 21,600,000 | 21,600,000 | - |
| 3 | 3,200 | 3,200 | 1,414 | - | 100.00 | 21,120,000 | 21,120,000 | - |
| 35 | 200 | 200 | 106 | - | 100.00 | 1,280,000 | 1,280,000 | - |
| sum | 67,960 | 59,713 | 6,592 | 8,247 | 87.86 | 329,398,950 | 534,800,300 | 205,401,350 |

<Table 15> Comparison of Performance Measure by Model

| Model | Q | sales | loss sales | leftover inventory | fill rate | profit | maximum profit | mismatch costs |
|---------------|--------|--------|------------|--------------------|-----------|-------------|----------------|----------------|
| theoretical | 61,615 | 58,742 | 7,659 | 2,876 | 88.47 | 420,711,403 | 522,499,984 | 101,788,491 |
| recalculation | 61,615 | 56,669 | 9,640 | 4,946 | 85.35 | 361,944,481 | 522,499,984 | 160,555,412 |
| actual | 67,960 | 59,713 | 6,592 | 8,247 | 87.86 | 329,398,950 | 534,800,300 | 205,401,350 |

4. 결 론

본 연구에서는 소매유통업에서의 단일기간 주문량 결정을 위한 방법론으로 전통적 뉴스벤더 모델을 적용해 보았다. 뉴스벤더 모델의 이론적인 특성상 마차 유통업 분야에서 적용가능성이 큰 것처럼 생각될 수 있으나 현실에서는 적용사례를 찾아보기 어려운 것이 사실이었다. 이론적인 측면에서 잦은 품질로 인해 과거 판매데이터를 수요량으로 그대로 받아들일 수 없다는 점과 판매기간 중 가격 변동이 심하여 임계비 산출을 위한 정확한 관련 가치를 확정하기 어렵다는 점이 작용한 것으로 추측해본다. 또 다른 측면에서 반품 등의 재고부담 완화 수단으로 인해 주문량 산정을 위한 합리적 방법의 도입 필요성이 적었다는 사실을 생각해볼 수 있다.

그러나 주문량 결정에 부수되는 리스크를 고스란히 떠안아야 하는 상황으로의 여건 변동은 뉴스벤더 모델 적용의 필요성과 정당성을 부여한다고 볼 수 있다. 데이터 분석결과를 보더라도 뉴스벤더 모델의 적용 의의를 충분히 확인할 수 있었다. 비교적 간단한 계산 절차를 거쳐 산정된 주문량이 상당한 성과개선을 가져올 수 있다는 사실을 확인한 것이다. 연구 결과 뉴스벤더 모델에 의해 산정된 주문량을 적용했을 경우 9.9%의 이익을 개선할 수 있었는데, 소매유통 선도기업의 영업이익률이 5% 정도에 불과할 정도로 업계의 이익률이 낮다는 점을 고려하면 주목할 만한 결과라고 할 수 있다. 그러나 소매유통업에서 중요한 성과 목표로 고려하는 서비스수준은 낮아지는 결과를 보여주었다. 이는 임계비가 낮다는 비용구조 특성에 기인한 결과인데, 서비스수준을 높이는 주문량을 결정하게 되면 이익은 감소하게 된다. 임계비가 낮다는 특성은 상품 자체의 성격에도 기인하고 소매유통업이라는 업계 환경에도 동시에 기인한다고 볼 수 있다.

본 연구의 의의는 먼저 뉴스벤더 모델을 소매유통업의 특정 상품 주문량 산정에 실제 적용해 보았다는 데에 있다. 실제 이론을 다루는 것과 현실세계에 적용하는 것은 다른 문제일 수 있다. 그리고 뉴스벤더 모델 적용을 통해 상당한 폭의 성과치 변동을 확인했다는 데에도 의의를 찾을 수 있다. 이는 현실적 적용 유인을 제공한다. 또한 이익과 서비스수준 성과치를 비교하는 과정에서 소매유통업에서의 이익과 서비스수준을 제고하기 위한 전략적 통찰을 얻을 수 있었다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 이 시점에서 소매유통업에서 임계비를 높이기 위한 운영전략 실행을 중요한 과제로 제시하고 싶다. 앞서서도 잠시 언급했지만 임계비를 높이기 위한 잔여 재고 상품의 판매가격 방어 전략에 대한 연구가 필요하다고 생각된다. 마지막으로 들 수 있는 연구 의

의는 품질상품 수요량 추정문제의 해법을 제시했다는 데 있다. 물론 아주 단순한 해법에 불과하지만 현실 적용에는 의미가 있을 것으로 본다.

본 연구에서는 판매기간 중 품질된 상품의 수요량은 추정했지만 판매기간 이후 재고의 잔존가치에 대해서는 판매가격의 50%라는 일괄적인 가정에 의존했다. 물론 잔여재고에 대한 50% 할인율 가정은 나름대로의 경험치에 의존한 것이다. 그렇다 해도 상당히 비현실적인 가정임에 분명하다. 분석 대상 상품에 일률적으로 적용하기 때문에 더욱 그렇다. 엄밀히 말하면 상품마다 잔존가치는 다를 것이다. 신선식품의 경우 신선도가 할인율의 결정에 직접적인 영향을 미친다. 마찬가지로 이유로 유통기한이 있는 상품의 경우는 잔여기간에 따라 할인율이 결정되게 된다[10]. 물론 재고수량에도 영향을 받을 것이다[6]. 잔존가치에 대해서 데이터를 추적하여 실제 가치를 산출하거나 합리적인 방법에 의해 상품별로 추정했다면 좀 더 의미 있는 연구가 됐을 것이다. 또한 실무적 적용 실효성을 높이기 위해 판매기간 중 복수의 할인이 있는 경우의 주문량 산정방법도 연구할 필요가 있다. 판매기간 이후 재고 상품을 할인하여 판매할 수도 있지만 재고발생이 충분히 예상되는 경우라면 판매기간 이전에 할인하여 판매하는 것도 일반적인 경우라 할 수 있기 때문이다. 향후 추가적인 연구에 의해 보완이 필요한 부분이다.

References

- [1] Cachon, G.P. and Kok, A.G., Implementation of the Newsvendor Model with Clearance Pricing : How to (and How Not to) Estimate a Salvage Value, *Manufacturing & Service Operations Management*, 2007, Vol. 9, No. 3, pp. 276-290.
- [2] Cachon, G.P. and Terwiesch, C., Matching Supply with Demand : An Introduction to Operation Management, 3rd ed, McGraw-Hill, New York, 2013.
- [3] Choi, T.M., Handbook of Newsvendor Problems : Models, Extensions and Applications, Springer, New York, 2012.
- [4] Fisher, M. and Raman, A., The New Science of Retailing : How Analytics are Transforming the Supply Chain and Improving Performance, Harvard Business Press, Boston, 2010.
- [5] Hogg, R.V., Mckean, J.W., and Craig, A.T., Introduction to Mathematical Statistics, 7th ed, Pearson, Boston, 2013.
- [6] Kim, M.R. and Cho, I.H., Analysis of Operation Cost

- Savings Effects of Direct Delivery Logistics Strategy Considering Carbon Emission, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 2017, Vol. 18, No. 6, pp. 653-661.
- [7] Lee, J.H. and Choi, P.S., The Difference of the Inventories Assets Turnover Change Ratio According to the Firm Size, *Journal of Society of Korea Industrial and systems Engineering*, 2015, Vol. 38, No. 2, pp. 72-81.
- [8] Levi, R., Perakis, G., and Uichanco, J., The data-driven newsvendor problem : New bounds and insights, *Operation Research*, 2015, Vol. 63, No. 6, pp. 1294-1306.
- [9] Nahmias, S., *Perishable Inventory Systems*, Springer, New York, 2011.
- [10] Nahmias, S., Perry, D., and Stadge, W., Perishable inventory systems with variable input and demand rates, *Mathematical Methods of Operation Research*, 2004, Vol. 60, No. 1, pp. 155-162.
- [11] Nahmias, S., *Production and Operations Analysis*, 6th ed, McGraw-Hill, New York, 2009.
- [12] Petruzzi, N.C. and Dada, M., Pricing and the Newsvendor Problem : A Review with Extension, *Operation Research*, 1999, Vol. 47, No. 2, pp. 183-194.
- [13] Prasad, A. and Stecke, K.E., Advance Selling by a Newsvendor Retailer, *Production and Operations Management*, 2011, Vol. 20, No. 1, pp. 129-142.
- [14] Schweitzer, M.E. and Cachon, G.P., Decision Bias in the Newsvendor Problem with a Known Demand Distribution : Experimental Evidence, *Management Science*, 2000, Vol. 46, No. 3, pp. 404-420.
- [15] Yoon, S.C., A Study on Inventory Control Method for an Item with Stockkeeping Units, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2015, Vol. 38, No. 1, pp. 124-130.
- [16] Yue, J., Chen, B., and wang, M., Expected Value of Distribution Information for the Newsvendor Problem, *Operation Research*, 2006, Vol. 54, No. 6, pp. 1128-1136.

ORCID

Geon-Ho Noh | <http://orcid.org/0000-0002-4109-7465>

Seung-June Hwang | <http://orcid.org/0000-0003-2692-0043>