

## 패스트 패션의 재고비용 최적화를 위한 상품공급 물량 산정 모델

박현성\* · 박광호\*\*† · 김태영\*\*\*

\*한양대학교 e-Business 경영학과

\*\*한양대학교 경상대학 경영학부

\*\*\*동양미래대학 경영학부

## A Computation Model of the Quantity Supplied to Optimize Inventory Costs for Fast Fashion Industry

Hyun-Sung Park\* · Kwang-Ho Park\*\*† · Tai-Young Kim\*\*\*

\*Department of e-Business Management, Hanyang University, Seoul, Korea

\*\*Department of Business Administration, Hanyang University, Ansan, Gyeonggi, Korea

\*\*\*School of Management, Dongyang Mirae University, Seoul, Korea

This paper proposes a computation model of the quantity supplied to optimize inventory costs for the fast fashion. The model is based on a forecasting, a store and production capacity, an assortment planning and quick response model for fast fashion retailers, respectively. It is critical to develop a standardized business process and mathematical model to respond market trends and customer requirements in the fast fashion industry. Thus, we define a product supply model that consists of forecasting, assortment plan, store capacity plan based on the visual merchandising, and production capacity plan considering quick response of the fast fashion retailers. For the forecasting, the decomposition method and multiple regression model are applied. In order to optimize inventory costs. A heuristic algorithm for the quantity supplied is designed based on the assortment plan, store capacity plan and production capacity plan. It is shown that the heuristic algorithm produces a feasible solution which outperforms the average inventory cost of a global fast fashion company.

**Keywords** : Fast Fashion, SPA, Forecasting Assortment Plan, Sales Capacity, Production Capacity

### 1. 서론

최근 등장한 글로벌 패스트 패션 기업들은 기업 내외 유행 변화의 신속한 감지와 대응을 통해 매출과 수익 측면에서 큰 성공을 거두고 있다[8]. 이들 기업들은 시장 변화에 유연하게 대응하고 고객의 수요에 적합한 상품을

기획하여 재고 과다에 따른 재고비용과 재고 부족에 따른 기회비용을 줄임으로써 매출과 수익 측면에서 큰 성공을 거두고 있다[22]. 이들 기업의 성공은 일반 패션 기업들의 프로세스와 비즈니스 모델에 큰 영향을 주고 있다. 즉 많은 패션 기업들은 패스트 패션 기업의 글로벌 공급사슬관리와 사업모델의 변화를 통해 고객 수요에 대한

재고 수준은 유지하면서 재고를 줄이고자 노력하고 있으며, 기존의 시즌단위 상품기획 중심에서 시장 수요 변화에 신속 대응하는 신속대응 중심으로 사업 모델을 변화시키고 있다.

패스트 패션으로 알려진 이러한 사업 모델에서는 고객수요를 예측하고 수요 변화에 따라 재고관리 정책을 동적으로 변화시켜야 한다. 이 재고관리 정책의 기반이 되는 것은 시즌 초기에 적정한 공급물량을 산정하는 것이며, 이를 위해서는 다음의 측면을 고려해야 한다.

첫째, 상품기획 초기에 고객 수요에 부합하는 상품과 물량을 예측, 공급하여 시장변화에 신속하게 대응하는 모델을 정의하는 것이 중요하다. 즉 합리적 근거에 의해 생산 수량을 결정하고 매장 출시 이후 판매실적을 신속하게 기획에 반영하여 고객수요와 재고 최소화를 충족하는 것이 중요하다.

일반적으로 패션산업에서는 MD(Merchandise)의 직감에 의해 초기 공급물량을 산정하는 경우가 많은데, 이러한 산정은 전체 공급망에 악영향을 줄 수 있다. 즉 직감에 의한 초기 공급물량산정은 악성재고나 재고부족으로 이어지고, 이는 기업 내 인력, 자원을 효율적으로 활용할 수 없도록 할 뿐 아니라, 악성재고를 소진하기 위한 할인 등의 판촉 활동으로 이어져 기업의 수익성을 악화시키고 비효율적인 공급사슬의 악순환을 야기하게 된다.

둘째, 공급물량산정 시 상품기획의 프로세스 단계별 주요 의사결정 요소를 반영하여 모델을 정의해야 한다. 즉 수요예측, 상품구색 계획, 매장능력계획, 공급능력 계획과 신속대응 계획 등 패스트 패션 각 프로세스별로 상품수요와 공급에 영향을 주는 의사결정 항목을 고려하여 물량을 산정하는 모델을 정의해야 한다[4].

본 논문에서는 이러한 고려요소를 반영하여 패스트 패션의 수요예측에서부터 생산 물량산정까지의 전체 상품기획 프로세스에서 신속하게 상품공급 물량을 산정하여 재고비용을 최적화할 수 있는 모델을 제시하고자 한다.

## 2. 선행연구

본 연구와 관련된 선행연구는 다음의 네 가지 영역으로 분류할 수 있다.

- (1) 패스트 패션의 프로세스와 각 단계별 의사결정 요소에 대한 연구
- (2) 글로벌 패션 선진사례 연구
- (3) 패션산업의 수요예측에 대한 연구
- (4) 패션산업의 상품구색 계획과 매장능력 등에 근간한 보충공급 모델에 대한 연구

첫 번째, 패스트 패션의 프로세스와 각 단계별 영향요소를 연구하여 각 프로세스 별로 공급물량산정 시 의사결정 항목의 적합성을 확인하였다. 선행연구에서는 패스트 패션의 프로세스를 수요예측, 상품구색 계획, 매장능력 계획, 공급능력 계획, 신속대응 계획으로 나누었으며, 각 프로세스의 주요 의사결정 항목을 정의하였다[4]. 또한 패스트 패션의 가장 큰 특징인 신속대응 프로세스와 신속대응 의사결정 항목을 정의하였으며, 매장 반응도 등의 신속대응 정성적인 항목과 예상 판매가능 기간, 판매예측량 등 정량적인 항목 간의 가중치를 반영한 신속대응 지수를 기준으로 신속대응 공급물량을 산정할 수 있음을 제시하였다[5].

두 번째 영역에 대해서는 ZARA의 프로세스와 업무에 대한 연구를 추가하였다. 패스트 패션의 대표 기업인 ZARA의 사례가 해당 업체의 특징과 프로세스를 잘 나타내고 있고, 전 세계적으로 성공 사례로 인식되어 있으므로 ZARA의 프로세스와 공급망에 관련한 연구를 추가하였다.

Caro and Gallien[16]는 초기 생산물량 배분 계획보다는 상품 배분과 매장판매 후 재보충 계획에 집중하는 패스트 패션의 재고관리 방안을 ZARA 사례를 통해 제시하였다.

Ghemawa and Nueno[20]는 ZARA와 패스트 패션 전반에 대해 연구하였는데, ZARA의 업무 프로세스를 디자인, 구매/제조, 물류/배송, 머천다이징과 매장운영에 해당하는 유통으로 나누어 각 단계별 주요 활동에 대해 정의하였다.

강죽형·성운영[1]은 패션산업의 프로세스를 소비자의 욕구에 맞는 제품을 디자인하는 프로세스와 디자인된 상품을 생산하는 프로세스, 그리고 이를 소비자에게 전달하는 유통 및 판매프로세스로 구분하고, 이를 전통적인 방식과 정보기술 발전에 따른 혁신적인 방식으로 나누어 설명하였다. 또한 가치사슬 전반에 정보기술이 도입되면서 가치사슬의 통합과 고객접점에서의 정보를 바탕으로 고객 욕구를 빠르게 반영한 상품을 출시할 수 있음을 ZARA의 사례를 통해 설명하였다.

세 번째 영역에 대한 연구는 패스트 패션을 비롯한 패션산업이 불확실한 수요와 짧은 수명주기를 가진 다품종 소량 생산이 특징임을 가정으로 하였다[21].

Au et al.[10]은 진화신경 회로망(Evolutionary Neural Networks)를 통해 복잡한 단편적인 데이터에서 날씨, 프로모션 등의 수요예측에 영향을 주는 요소들을 반영해서 패션 유통의 수요를 예측하였다. Ni and Fan[27]은 짧은 라이프 사이클, 지역, 날씨 및 시장가격 변동 등의 요소들에 의해 크게 영향 받는 패션 산업의 경우, 비선형적인 수요예측 모델이 필요하다고 하였다. 또한, 장기 및 단기

예측으로 2단계로 분리된 동적 예측 모델을 제안하였으며, 주요 조정 모델과 에러 예측 모델의 협업을 통해 수요예측의 정확성을 향상시켰다.

네 번째 영역에 대해 Abbott and Palekar[10]는 판매율은 선반 면적에 따라 영향을 받는다는 선형 의존도를 가정으로 하여 하나 또는 여러 상품을 매장에 보충하는 최적 모델을 제시하였다. 판매에 의한 재고소진과 수익이 극대화되는 최적 보충 시간과의 관계를 EOQ와 유사한 보충 모델을 정의하였다. 이 모델에서는 최적 보충 시간은 공간 탄력성(Space Elasticity)과 초기 공간 지정(Initial Space Assignment)과는 역관계이며, 공간 탄력성이 변화 시 수익이 변화됨을 제시하였다. Hübner and Kuhn[22]는 제한된 진열 공간에서 제품의 증가와 고객의 수요 다양화에 따라 카테고리 계획을 어떻게 할 것인지에 대한 의사결정 모델을 제시하였으며, 상품 구색과 진열공간에서의 양적 모델(Quantitative Model)을 분석하여 통합된 모델링을 제시하였다.

Cachon and Fisher[14]은 다점포로 구성된 공급망에서 공급량과 배분량 결정 시, 매장의 수요 및 재고 정보를 활용하는 방법을 공급망 모델로 제시하였는데, 매장 수요 기반의 공급물량산정이 공급리드타임과 공급 단위를 줄일 수 있음을 정의하였다.

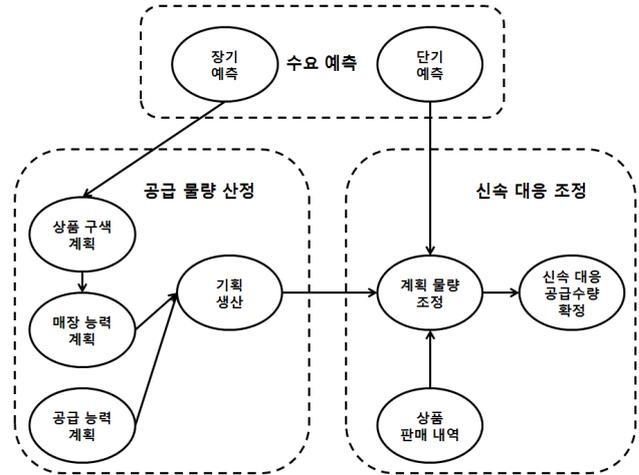
### 3. 연구 모델

#### 3.1 전체 모델 개요

본 논문에서 패스트 패션 상품공급 프로세스는 패션 유통업체의 상품 기획, 디자인, 공급망 관리 및 판매 등 상품 머천다이징 프로세스를 포괄하고 있으며, <그림 1>에 도시된 바와 같이 데이터에 근거한 합리적 상품공급 물량산정을 위한 연구 모델로 설계하였다.

본 논문의 상품공급 물량산정 모델은 전체 업무 프로세스 중 수요예측, 매장능력 계획과 공급능력 계획에 중점을 두고 있다. 특히 매장능력 계획은 매장 진열능력 계획, 매장 매출능력 계획, 매장 개/폐점 계획 그리고, 매장 배분 계획으로 세부적으로 구성되고, 공급능력 계획은 생산능력 계획, 원가/수익계획, 상품공급 계획 그리고, 신속대응 생산 계획을 포괄하여 구성하고 있다.

따라서 본 논문의 상품공급 물량산정 모델은 프리시즌의 장기 수요예측 기반의 수요 물량산정 모델, 매장능력과 공급 능력에 근거한 공급 물량산정 모델, 인시즌의 단기 수요예측 기반의 신속대응 공급 물량조정 모델로 3 단계로 나누어 정의하였다.



<그림 1> 패스트 패션의 상품공급 프로세스 개요

#### 3.2 연구의 가정 및 기호 정의

본 연구에서 수리 모델을 수립하기 위한 주요 가정은 다음과 같다.

- 1) 단일 상품 카테고리를 대상으로 한다.
- 2) 수요는 상품 카테고리 기준으로 예측된 값을 사용하고, 매장 총 수요의 합은 전체 수요와 동일하다. 수요예측은 전체 매장을 합하여 일괄적으로 수행한다.
- 3) 품질이 발생한 경우, 수요는 상실되지 않고 충족될 때까지 대기한다. 품질 비용은 품질이 발생한 개수와 관련되어 있고, 품질 지속 시간과는 무관하다.
- 4) 발주 간격은 미리 정해져 있는 것으로 한다.
- 5) 프리시즌에서 초기 재고는 없으며, 초기 발주량이 도착한 직후를 시작 시점으로 본다.
- 6) 발주횟수의 상한이 존재한다. 생산 로트의 크기에 따라 공급비용은 달라지며, 신속대응 공급이 많아 질수록 공급비용은 올라간다.
- 7) 본격적인 판매 계절 시작 전을 프리시즌(Preseason)으로, 판매 진행 중 시즌을 인시즌(Inseason)으로 정의한다. 또한, 패스트 패션에서도 프리시즌에 상품 계획을 수립하고 인시즌에는 신속대응으로 상품을 공급한다.

일반적으로 다수의 상품 카테고리 중심으로 공급 물량을 산정하고 유통 물량을 결정해야 하지만, 본 논문의 수리 모델을 수립하는 단계에서는 각 개별 카테고리 단위로 계획을 수립하는 것으로 가정하였다. 그리고 수요예측은 상품 카테고리 중심으로 전체 매장의 수요를 총괄화(Aggregation)하여 수행하는 것으로 보았으며, 품질 비용을 계산할 때는 품질 수량을 기준으로 하였다. 또한

재고 비용을 계산함에 있어 프리시즌의 초기 재고는 없는 것으로 보았으며, 발주횟수의 상한을 적용하고 발주횟수에 따라 가격 할인이 변화할 수 있는 것으로 가정하였다.

본 논문은 김용찬[2]과 Kim et al.[23]의 재고 비용에 대한 수리모델을 기반으로 모델링하였으며, NLIP(Non-Linear Integer Programming) 형태의 모델에 대하여 패스트 패션 업계에 적용 가능한 시간 내에 해를 구하기 위하여 선행 연구의 패스트 패션 상품공급 프로세스를 기반으로 알고리즘을 개발하였다[4].

본 연구에서 활용하는 기호 정의는 다음과 같다.

$t$	: 기간( $t = 1, 2, \dots, n$ )
$n$	: 발주 횟수( $1 \leq n \leq \tilde{n}$ )
$d_t$	: $t$ 기간 동안의 예측 수요량
$c$	: 주문 단가
$h$	: 보관 단가
$b$	: 품질 단가
$Q_t$	: $t$ 기간 총 주문량
$I_t$	: $t$ 기간 종료시점 보유 재고량
$e_t$	: $t$ 기간의 수요예측 오차
$\tilde{P}(e_t)$	: $t$ 기간의 수요예측 오차의 경험적 확률분포
$\sigma_t$	: $t$ 기간의 수요예측 오차의 표준편차
$k$	: 안전계수
$\psi$	: 최대 공급능력 상한
$D_t$	: $t$ 기간 동안의 장기 수요량
$T_t$	: $t$ 기간 동안의 추세 지수
$C_t$	: $t$ 기간 동안의 순환 지수
$S_t$	: $t$ 기간 동안의 계절 지수
$R_t$	: $t$ 기간 동안의 랜덤 지수
$V_t^{ma}$	: $t$ 기간 동안의 이동평균값
$b$	: 인시즌 동안의 단기 수요
$X_k$	: $k$ 번째 독립 변수 값
$ds_{ij}$	: $i$ 주 동안 $j$ 스타일 상품의 상세 수요
$C_t$	: $t$ 기간 동안의 상품가격지수
$T_t$	: $t$ 기간 동안의 상품유행지수
$V_t$	: $t$ 기간이 상품진열이 가능한 기간인가 판단하는 이진변수(0 or 1)
$F_{it}$	: $t$ 기간에서 1 매장의 진열이 가능한가를 판단하는 이진변수(0 or 1)
$\Phi_{it}$	: $t$ 기간 동안 1 매장의 상품 구성
$CD_{it}$	: 매장의 진열능력
$CS_{it}$	: 매장의 선반능력

$sv_t$	: 계절지수
$P_{it}$	: 품목특성지수
$cv_{it}$	: 매장진열지수
$\delta_m^p$	: $m$ 번째 선반의 진열 능력
$\xi_{ml}$	: 1 매장에 배치할 수 있는 각 선반의 개수
$ds_{tjl}$	: $j$ 번째 제품의 매장 1에서의 $t$ 기간 동안 예상 판매 수량
$dp_{tjl}$	: 제품별 단가
$S_{it}^{fr}$	: 예상 매출액
$S_{it}^{rp}$	: 매장의 매출능력
$CP_{it}$	: 매장능력

### 3.3 수요예측 기반의 수요 물량산정 모델

패션상품은 짧은 라이프 사이클을 가지고 있으며, 수요가 급격하게 변동되고 이로 인해 수요예측 정확도가 낮으므로, 수요예측은 생산계획, 매장할당, 고객판매에 근접하여 실행하는 것이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 수요예측을 초기 기획 생산을 위해 산정하는 프리시즌 장기 판매 예측과 실 판매가 임박하거나 발생하는 시점에 수요변화 추이를 확인하고 수요변화에 신속대응하기 위한 인시즌 단기 판매 예측으로 나눈 Ni and Fan[27]의 수요예측 모델을 근간으로 하였다.

패스트 패션과 같이 출시되는 상품수가 많고 추가 생산이 빈번하고 과거 실적정보가 부족한 경우에는 판매수량의 SKU(Stock Keeping Unit)별 차이와 수요 편차가 더욱 커지게 되고, 이는 정확한 공급물량 산정과 재고 정책에 영향을 주게 된다. 따라서 다양한 고객 수요를 만족시키면서 총비용과 재고를 안정적으로 유지하기 위해서는 초기 공급 물량은 매출계획과 과거 유사 상품 카테고리의 실적을 근간으로 최소 물량만을 공급하고, 실제 고객 판매 변화에 따라 동적으로 재고관리하고 신속대응 물량을 공급하는 체계가 이뤄져야 한다[5].

그리고 초기 수요가 불확실한 경우, 신속대응 공급을 통해 불확실한 고객 수요를 만족시킬 수는 있겠지만 공급비용이 커지게 된다. 그러므로 프리시즌의 공급물량산정은 유동적인 재고관리 뿐 아니라 수익관리 측면에서 중요하다.

따라서 패션산업에서의 수요예측을 장기와 단기로 실행하는 2단계 동적 판매예측 모델[27]과 시계열 예측 모델[2, 3, 26] 및 회귀분석에 의한 인과형 수요예측 모델[3, 24]을 고려하여 신속대응을 고려한 패스트 패션의 수요예측 모델을 정의하여 활용하였다.

### 3.3.1 시계열 예측

본 논문에서는 매장 판매수량, 수익 등 과거 실적 데이터를 바탕으로 수요예측을 실시하는 시계열 예측 방법과 과거 판매실적 뿐 아니라 휴일, 날씨, 프로모션 등 수요에 영향을 주는 단기 외생변수를 활용하는 인과형 예측을 이용하는 2단계 동적 수요예측 모델[26]을 참조하여 수요예측 모델을 정의하였다. 또한, 시계열 예측에서는 유사속성을 가진 상품 또는 상품 카테고리의 과거 판매추이와 총 판매액을 비교하고 이를 수요예측에 반영하여 정확성을 향상시키고자 하였다. 유사 상품을 정의하는 속성 관리 기준에 따라 유사 상품 또는 상품 카테고리를 연계하여 이 상품 카테고리의 과거 실적을 기준으로 판매예상 금액, 수량 및 추이를 분할법(Decomposition Method)에 따라 분석하였으며, 이를 프리시즌 장기 수요 계획에 반영하였다[26].

우선 시점  $t$ 별로 예측하고자 하는 상품의 장기 수요  $D_t$ 는 유사 상품의 데이터를 활용하여 구하되 시간에 따른 추세 지수  $T_t$ , 순환 지수  $C_t$ , 계절 지수  $S_t$ , 랜덤 지수  $R_t$  등을 모두 반영하여 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$D_t = T_t C_t S_t R_t \quad (1)$$

이 때 시간의 흐름에 따라 변화하는 이동평균값(Moving Average Value)을 구하고, 이동평균의 결과는 추세 지수와 주기 지수의 곱에 의하여 나타난 것이라고 하면 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$V_t^{ma} = T_t C_t \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)의 관계에 의하여 계절 지수 및 랜덤 지수를 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$S_t R_t = \frac{D_t}{V_t^{ma}} \quad (3)$$

식 (3)에 따라 계절 지수와 랜덤 지수를 각 기간별로 평균을 내어 정리하면, 랜덤 지수  $R_t$ 를 1로 가정할 경우에 대한 각 기간별 계절 요인 지수  $S_t$ 가 구해진다.

추세 지수는 수요와 순차적으로 증가하는 시간과의 관계에 의하여 식 (4)와 같은 회귀 분석의 형태로 정의된다.

$$D_t = a + T_t \times t \quad (4)$$

이 때 과거 유사상품의 수요 자료와 시간의 흐름  $t$ 의 변화의 관계에 의하여 기울기  $T_t$ 를 식 (5)와 같이 구할 수 있다.

$$T_t = \frac{\sum(t - \bar{t})(D_t - \bar{D}_t)}{\sum(t - \bar{t})^2} \quad (5)$$

순환 요인  $C_t$ 는 식 (4)와 식 (5)에 의하여 식 (6)과 같이 구할 수 있다.

$$C_t = \frac{V_t^{ma}}{T_t} \quad (6)$$

식 (4)~식 (6)에 의하여 구해낸 계절 지수, 추세 지수, 순환 지수 등을 반영하여 식 (1)에 대입하면, 장기적인 미래 시점에 대한 수요를 예측할 수 있게 된다.

### 3.3.2 인과형 예측

인과형 예측은 행사, 가격할인, 날씨변화 등 수요에 직접적인 영향을 미치는 요인에 의해 수요 변동이 발생하는 것을 반영하는 예측 기법이다. 인과형 예측은 실시간으로 축적되는 판매 데이터를 기반으로 수요예측을 실행하므로, 수요 변동 요인에 따라 매장 출하계획 또는 신속대응 생산에 반영하여 재고 과다 및 부족에 대응할 수 있다.

그리고, 수요 변동 요인과 수요 사이의 관계는 다중회귀 분석(Multiple Regression)을 통해 구할 수 있다[24]. 단기 수요를  $d$ 로 표현할 때 예측을 위하여 고려하는  $k$ 가지 종류의 수요 변동 요인  $X_k$ 과의 관계를 식 (7)과 같이 쓸 수 있다.

$$d = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k \quad (7)$$

이 때 수요예측을 위하여 활용하는 유사 상품 등의 수요 데이터는 식 (8)과 같이  $D$  벡터 형태로 쓸 수 있다.

$$D = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix} \quad (8)$$

수요 변동 요인은 식 (9)와 같은  $X$  벡터 형태로 표현된다.

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \dots & x_{k1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \dots & x_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & \dots & x_{kn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

이 때, 회귀 계수는 식 (10)과 같이  $B$  벡터로 쓸 수 있다.

$$B = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix} \quad (10)$$

다중 회귀 분석의 해를 구하기 위하여 Normal Equation 은 식 (11)과 같이 표현된다.

$$X^t X B = X^t D \quad (11)$$

각 수요 변동 요인  $X_k$ 에 대한 회귀 분석의 반영 비율을 의미하는 회귀 계수  $B$  벡터는 식 (12)에 의하여 구할 수 있다.

$$B = [X^t X]^{-1} X^t D \quad (12)$$

식 (12)를 통하여 회귀 계수  $B$  벡터를 구하고, 그 결과를 이용하여 식 (7)에서  $X_k$ 와의 관계식으로 전개하면, 최종적으로 인과형 수요예측 값  $d$ 를 구할 수 있다.

### 3.4 공급 물량산정 최적 수리 모델

본 연구의 최적 수리모델은 발주 비용, 재고 보관비용, 품질 비용의 합으로 구성된 목적식을 최소화하면서, 각 시점별 재고 균형과 주문 수량에 대한 최대 공급능력 제약에 영향을 받는 것을 반영하여 수립하였다. 본 논문의 최적 수리모델은 김용찬[2]과 Kim et al.[23]의 수리 모델을 기반으로 하여, 패스트 패션 업계에서 고려 가능한 변수를 활용하여 모델링하였다.

우선 발주 비용(SC : Setup Cost)은 식 (13)과 같이 발주 수량과 발주 단가의 형태로 표현할 수 있다.

$$SC = \frac{c}{n} \sum_t Q_t \quad (13)$$

보관 비용(HC : Holding Cost)은 초기 시점과 이후 시점으로 나누어서 식 (14)와 같이 파악할 수 있다.

$$HC = \begin{cases} \frac{1}{n} \frac{h}{2} Q_t & \text{if } t=1 \\ \frac{1}{n} \frac{h}{2} \sum_{t=2}^n (Q_t - d_{t-1}) & \text{if } t=2, 3, \dots, n \end{cases} \quad (14)$$

$$= \frac{h}{2n} Q_1 + \frac{h}{2n} \sum_{t=2}^n (Q_t - d_{t-1})$$

품질 비용(BC : Backorder Cost)은 식 (15)와 같이 쓸 수 있다[22].

$$BC = \frac{b}{n} \left[ \sum_{t=1}^n \left\{ \sum_{e_t = \lceil \sum \sigma_t \rceil}^{\infty} (e_t - k\sigma_t) \tilde{P}(e_t) \right\} \right] \quad (15)$$

총비용(TC : Total Cost)은 발주 비용과 보관 비용, 품질 비용의 합이므로, 식 (16)과 같다.

$$TC = SC + HC + BC$$

$$= \frac{c}{n} \sum_t Q_t + \frac{h}{2n} Q_1 + \frac{h}{2n} \sum_{t=2}^n (Q_t - d_{t-1}) \quad (16)$$

$$+ \frac{b}{n} \left[ \sum_{t=1}^n \left\{ \sum_{e_t = \lceil \sum \sigma_t \rceil}^{\infty} (e_t - k\sigma_t) \tilde{P}(e_t) \right\} \right]$$

총비용을 최소화하는 것을 목적으로 하는 최적 수리 모델은 식 (17)에서 식 (23)까지 나타난 바와 같이 목적함수의 형태에 의하여 비선형정수계획법(NLIP)의 형태를 갖게 된다.

$$\text{Min } TC \quad (17)$$

$$\text{s.t } Q_t = d_t + k\sigma_t \quad (18)$$

$$I_{t-1} + Q_t - d_t = I_t \quad (19)$$

$$Q_t \leq \psi \quad (20)$$

$$I_0 = 0 \quad (21)$$

$$I_t, Q_t \geq 0, \text{ integer } \forall t \quad (22)$$

$$1 \leq n \leq \tilde{n}, n \text{ integer} \quad (23)$$

이 때, 식 (17)의 목적식은 해당 기업이 상품을 공급받을 때 거래를 진행하면서 발생하게 되는 비용요소의 총합을 최소화하는 것을 의미한다. 식 (18)은 공급받는 수량은 고객의 수요와 같아야 하는 것을 의미하며, 이 때 편차를 고려할 수 있도록 하였다. 식 (19)는 재고 균형식(Inventory Balance Equation)으로, 이전 시점의 마지막 재고량에서 이번 시점의 공급량을 더하고, 이번 시점의 수요에 의한 사용량을 뺀 값이 현재 시점의 재고량이 됨을 의미한다. 식 (20)은 공급자가 1회 공급할 때 가능한 최대능력(Capacity)의 한계가  $\psi$ 로 제한되어 있는 상황에 대한 용량 제약식이다. 식 (21)은 초기 시점에 재고 보유량은 0이 됨을 의미하는 시스템의 초기 조건에 대한 제약식이고, 식 (22)는 재고량과 주문에 의한 공급량이 양수이면서 정수값을 갖는다는 것을 보이고 있다. 마지막으로 식 (23)은 발주횟수가 정수조건을 따른다는 것을 의미하는 제약식이다.

## 4. 알고리즘

### 4.1 상품구색 계획 기반의 수요 물량산정

본 논문에서는 총비용 식 (16)을 적용하는 경우에 대한 최적 수리모델을 식 (17)에서부터 식 (23)과 같이 비선형정수계획법의 형태로 제안하였다. 이 때 결정변수가 정수(Integer)이고 비선형계획법 형태의 수리모델을 위한 최적해를 구하기 위해서는 많은 계산 시간이 소요되기 때문

에, 패스트 패션 업계에서 실제로 활용 가능한 시간 동안 해를 구하는 것이 사실상 불가능하다고 할 수 있다. 따라서 기존 연구에서 제시된 바 있는 패스트 패션 상품 공급 프로세스를 기반으로 하여, 본 연구에서는 본 연구에서는 패스트 패션 업계에 적용 가능한 시간 내에 최적해에 가까운 근사해를 도출할 수 있는 룰 기반 휴리스틱 알고리즘을 개발하여 제안하였다[4].

패스트 패션에서 신상품은 신속하게 출시되고 고객 반응에 따라서 수시로 퇴출되므로 상품 구색의 변동이 크게 발생할 수 있다. 또한 고객과의 접점이 되는 매장에서 의 기능과 역할이 중요지고 있으며, 브랜드 이미지와 매장의 생동감을 고객에게 전달하는 것이 패스트 패션에서는 중요하다[12]. 따라서 본 논문에서는 상품구색 계획이 상품 카테고리 내 또는 매장 내 상품 구색의 기준이 되며, 이 기준으로 상품 구성의 적절성을 비교해 볼 수 있다는 것을 가정하였다.

본 논문에서는 전사 수요예측을 통해서 나온 상품 카테고리별 수요를 기준으로 상품구색 계획의 총량으로 정의하였다. 또한 본 모델의 상품 중심 상품구색 계획에서는 상품 분류 기준인 상품 카테고리를 정의한 후 상품유형, 가격대, 고객군, 판매가능 기간 등의 세부 구분항목별로 상품 구색을 정의하고 이를 통해 상품 다양성을 유지하고자 하였다.

또한 각 상품 카테고리별 수요는 식 (1)에서 식 (6)까지의 시계열 예측법이나 식 (7)에서 식 (12)까지의 인과형 예측법을 통하여 구해진 값을 활용하되, 각 상품 카테고리별로 매출 목표를 추가적으로 감안하여 조정할 수 있는 것으로 가정하고 수요량을 파악하였다. 이 때 상품 카테고리별 수요의 기반이 되는 수요예측 값은 되도록 총괄화(Aggregation)한 상품 카테고리 중심으로 구하였다. 개별 상품 단위로 수요를 예측할 경우 새로운 시즌 또는 새로운 스타일의 상품에 적용하는 것이 적합하지 않을 수 있고 이 때문에 예측 오차가 커질 수 있기 때문에, 개별 상품 단위의 수요예측은 진행하지 않는 것이 바람직하다고 알려져 있다[26].

따라서 본 연구에서도 총괄화에 의한 상품 카테고리별로 수요 예측을 실시하였다. 이렇게 산정된 수요예측 정보를 기준으로 목표 시즌의 명절/연휴 시점, 일기 예보 정보, 물가 상승/소비자 지수/경기 변동 등과 같은 외부적인 판매 예상 변동 요인을 고려하고, 특정 품목 강화 전략, 브랜드 레벨의 할인/프로모션, 유통망 출점/폐점 전략 등과 같은 내부적인 시즌 전략을 반영하여 상품구색 계획의 조정이 이루어 질 수 있다. 스타일별로 예상 판매 수량은 상품 카테고리별 예상 수요 정보를 스타일 속성별로 세분화한 기간별로 분할하여 구할 수 있다. 따라서 월 단위의  $t$ 기간의 상품 카테고리의 수요를  $d_t$ 로 정의하

였을 때, 주 단위로  $i$ 로 기간  $t$ 를 세분화하고 상품 카테고리 내의 상품 스타일 속성  $j$ 별로 수요를 세분화할 경우, 세분화된 수요  $ds_{ij}$ 와 상품 카테고리의 수요  $d_t$ 의 관계는 식 (24)와 같이 정의할 수 있다.

$$d_t = \sum_j \sum_i ds_{ij} \quad (24)$$

상품 구색의 균형을 유지하고 상품 기획 의도를 디자인으로 구현하기 위해 상품유형, 가격대, 고객군, 판매가능 기간 정보를 상세 상품구색 계획으로 활용하였다. 상품구색 계획에서 상품 카테고리별 계획 금액과 상품 수에 따라서 상품 카테고리의 재고 수준이 결정된다. 그리고 상품구색 계획 확정 시, 상품 카테고리별 디자인 기준의 구색 계획과 매장 기준의 구색 계획 간의 조정을 통해 최종 매장/상품 카테고리별 상품구색 계획으로 확정하고 이를 상품 구성의 기준으로 적용한다.

$t$ 기간 동안의 상품 구색  $\Phi_u$ 는 식 (25)에 의하여 구할 수 있다.

$$\Phi_u = V_i F_u (C_i + T_i) d_t \quad (25)$$

이 때  $C_i$ 는 상품의 가격대를 의미하는 상품가격지수이고,  $T_i$ 는 상품유행지수를 의미하며,  $V_i$ 는  $t$ 기간이 상품 진열이 가능한 기간인가 판단하는 이진변수이고  $F_u$ 는  $t$ 기간에서 1매장에 진열이 가능한가를 판단하는 이진변수이다. 즉 식 (25)와 같이 상품의 가격대, 유행, 판매가능 기간에 따른 진열 가능 여부, 매장 유형에 따르는 진열 가능 여부에 따라 상품 구색이 영향을 받게 된다.

## 4.2 능력 계획에 근거한 물량산정

### 4.2.1 매장능력에 근거한 수요 물량산정

본 논문에서는 신상품을 초기 매장 공급물량으로 산정하거나 수요를 정확하게 예측할 수 없을 경우, 매장 진열 수량 기준으로 최소 생산해야 한다는 것과 매장의 물리적 진열공간과 매출실적이 매장의 초기 판매능력을 산정의 판단기준이 된다는 것을 가정하였다. 또한 매장능력은 매장 진열 공간과 매출 및 예상 판매 수량을 조합한 개념으로 정의하였으며, 이로써 매장의 매출과 규모의 불균형으로 발생하는 매장 재고의 불균형과 재고 배분의 비효율을 줄이고자 하였다.

본 논문에서는 매장능력계획을 매장 진열능력 계획, 매장 매출능력 계획, 매장 개/폐점 계획 그리고 매장 배분 계획으로 정의하였다. 또한 매장 진열능력 계획하기 위해서는 매장 진열계획의 기반이 되는 선반 유형정의 및

표준화 그리고 매장별 진열 선반 정의가 필요하였다. 매장 인테리어 유형과 진열선반을 매장별로 지정하여 매장에서 실제 사용하는 진열 선반을 구성하고, 매장 선반 별 상품 구성과 상품수를 통해 매장/시즌별 상품 구성, 상품수를 결정하고, 이를 매장 진열능력으로 정의하였다.

매장 진열능력  $CD_{it}$ 은 매장의 선반능력  $CS_{it}$ 과 계절지수  $sv_t$ , 품목특성지수  $P_{it}$ 의 곱으로 쓸 수 있으며, 식 (26)과 같이 표현 가능하다.

$$CD_{it} = CS_{it} \times sv_t \times P_{it} \quad (26)$$

식 (26)에서 품목특성지수  $P_{it}$ 는 매장의 비주얼한 측면의 색상, 코디 등을 반영하기 위하여 진열을 조정하는 매장 진열 지수  $cv_{it}$ 를 반영하고 여기에 상품가격지수  $C_t$ 와 상품유행지수  $T_t$  요소를 반영하여 식 (27)과 같이 구할 수 있다.

$$P_{it} = cv_{it}(C_t + T_t) \quad (27)$$

매장의 선반능력  $CS_{it}$ 은 각 매장별, 시점별로 구하는 것으로 보았으며, 계절지수  $sv_t$ 는 계절에 따른 상품의 부피를 반영하거나 매장 이미지에 따른 진열 수량 조정을 반영하기 위한 진열 조정 지수로 정의하였다.

이 때 매장의 선반능력은 매장 규모에 따른 취급 선반수와 선반별 취급 가능 상품수의 관계로부터 구하게 된다. 매장 1에 대하여  $i$ 시점에 취급하는 선반의 규모에 의하여 매장 선반능력  $CS_{it}$ 이 구해지며, 이를 구하기 위해서는 선반의 총 취급 가능 상품수를 정의하여 기준정보로 활용하여야 한다.

진열 선반이 표준화된 유형에 따라  $m$ 번째 선반의 진열 능력이  $\delta_m^p$ 이고, 1 매장에 배치할 수 있는 각 선반의 개수를  $\xi_m$ 라고 하면, 매장 선반능력  $CS_{it}$ 은 식 (28)과 같이 쓸 수 있다.

$$CS_{it} = \sum \xi_m \delta_m^p \quad (28)$$

이 때 각 선반의 진열 능력  $\delta_m^p$ 는 해당 선반별 취급 가능 상품 수  $\zeta_m$ 와 상품별 SKU  $\eta_m$ 의 관계에 의하여 식 (29)와 같이 쓸 수 있다.

$$\delta_m^p = \sum \zeta_m \eta_m \quad (29)$$

매장 매출능력 계획에서는 매장별 판매실적 기준의 예상 매출액, 매장 매출계획을 달성하기 위해 필요한 상품 카테고리 별 예상 판매수량을 조합하여 매장의 매출

능력을 정의하였다. 이렇게 정의된 매장의 매출능력을  $S_{it}^{rp}$ 라고 쓸 수 있으며, 식 (30)과 같다.

$$S_{it}^{rp} = \max(\sum dp_{t,jl} \times rs_{t,jl}, S_{it}^{fr}) \quad (30)$$

식 (30)은  $j$ 번째 제품의 매장 1에서의  $t$ 기간 동안 예상 판매 수량  $rs_{t,jl}$ 와 제품별 단가  $dp_{t,jl}$ 의 곱에 대한 총합으로 구해진 매출액과 판매 실적 기준의 예상 매출액  $S_{it}^{fr}$  중 큰 값을 매장의 매출능력  $S_{it}^{rp}$ 으로 채택한다는 것을 표현하고 있다.

전체 매장능력을  $CP_{it}$ 이라고 할 때, 매장능력 계획 수량은 식 (31)과 같이 매장 진열능력과 매장 매출능력의 관계식으로 표현할 수 있다.

$$CP_{it} = CD_{it} \times \alpha + S_{it}^{rp} \times (1 - \alpha) \quad (31)$$

#### 4.2.2 공급 능력에 근거한 공급 물량산정

공급 능력계획은 생산능력 계획, 원가/수익계획, 상품공급 계획 그리고, 신속대응 생산 계획으로 구성되었다.

패스트 패션의 신속대응 생산을 고려함으로써 공급능력을 프리시즌 기획된 기획 생산과 인시즌 상의 신속대응 생산으로 이원화하여 산정하였다. 이원화 생산 구조를 통해 시즌 초 기획 생산 수량 산정 시, 신속대응 및 보충 리드타임을 고려한 생산을 가정하고, 매장 진열 능력과 신속대응 리드타임 동안의 판매 예상 수량만큼만 기획생산 수량으로 생산하여 재고를 줄여나가고자 하였다.

생산능력 계획은 디자인 확정에 따른 원부자재 확정 및 소요량 관리, 원부자재 공급업체 및 생산업체의 생산능력, 샘플 생산 후 실원가 산정을 통해 확정된다.

기획 생산 물량은  $PQ_{it}$ 는 식 (32)와 같이 매장능력 계획 수량  $CP_{it}$ 을 기반으로, 신속대응 리드타임 동안의 예상 판매량  $LTQ_{it}$ 이  $\beta$ 의 비율로 반영되는 것을 고려하여 구하게 된다.

$$PQ_{it} = CP_{it} + \beta \times LTQ_{it} \quad (32)$$

상품공급 계획에서는 납기, 신속대응 여부, 생산난이도, 원자재 가용성 등의 기준으로 생산방식과 생산업체별로 생산수량에 대한 계획을 조정한다. 또한 원가/수익 계획과 연계하여 임가공 생산과 완사입 구매 생산 간의 원가와 납기를 비교하여 원가/수익계획을 조정할 수 있다.

패스트 패션에서 고객의 수요와 공급을 일치화하기 위해 프리시즌 기획 생산과 인시즌의 신속대응 생산을 혼합 관리하는 것이 필요하다.

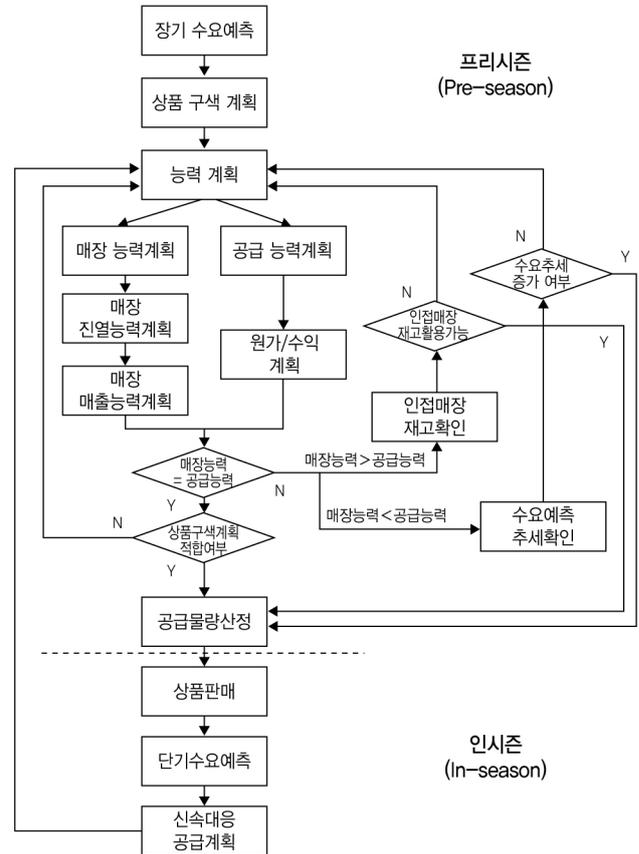
또한 본 논문에서는 신속대응 공급 계획을 감안하여 초기 기획 생산 시 대량 생산하는 방식이 아니라, 시즌 중 신속 보충 개념을 적용하였다. 매장 최소능력 수준과 신속대응 리드타임 동안의 예상 판매수량을 감안한 최소 요구 수량만을 초기 생산하고, 고객수요 변화에 신속하게 반응해야 재고는 줄이면서 수익을 높일 수 있다.

### 4.3 룰 기반의 휴리스틱 알고리즘

본 논문에서는 최적 수리 모델을 식 (17)에서 식 (23)까지 비선형정수계획법(NLIP) 형태로 제시하였지만. 이러한 문제에 대하여 최적해를 구하고자 할 경우 실제로 업무에 적용하는 것이 가능한 시간 내에 해를 구하는 것이 불가능하다. 따라서 현실적으로 활용이 가능 시간 내에 최적해와 유사한 해를 도출하는 룰 기반의 휴리스틱 알고리즘(Rule Based Heuristic Algorithm)을 다음과 같이 정의하였다.

- Step 1 : 수요예측을 포함한 상품구색 계획 수립
  - Step 1-1 : 식 (24)를 통해 세분화된 수요의 값의 기간별 합을 통해 각 기간 동안 상품 카테고리별 수요를 구한다.
  - Step 1-2 : 식 (25)를 활용하여 각 매장에서 각 기간별로 진열할 상품 카테고리를 구한다.
- Step 2 : 매장능력 계획 수립 및 물량산정
  - Step 2-1 : 식 (27)에 의해 각 매장의 기간별 상품 특성지수를 구한다.
  - Step 2-2 : 식 (28)과 식 (29)에 의해 각 선반의 진열능력을 구한다.
  - Step 2-3 : 식 (26)을 통해 각 매장의 기간별 상품 특성지수와 선반의 진열능력을 활용하여, 각 매장에서 각 기간별로 매장 진열 능력을 구한다.
  - Step 2-4 : 식 (30)을 통해 각 매장의 기간별 매출능력을 구한다.
  - Step 2-5 : 식 (31)을 통해 각 매장의 기간별 매출능력과 진열능력을 활용하여, 각 기간별로 매장능력을 구한다.
- Step 3 : 공급능력 계획 수립 및 물량산정
  - 매장별 능력계획 수량과 신속대응 리드타임 동안의 예상 판매량을 기반으로 식 (32)에 의한 신속대응 공급을 고려한 공급 물량을 구한다.
- Step 4 : 매장능력과 공급능력 비교 후 공급 물량 확정
  - 매장능력이 공급능력과 일치하지 않으면 인접매장의 재고 대응 여부와 수요예측 추세 데이터를 확인한 후, Step 2-1로 되돌아가서 다시 계산한다. 매장능력과 공급능력이 일치하면 Step 4로 간다.

이상과 같은 패스트 패션에 적합하도록 룰 기반의 휴리스틱 기법을 통하여 상품공급 물량산정하기 위한 제안 알고리즘을 알기 쉽게 순서도(flow chart)로 도시하면, <그림 2>와 같다.



<그림 2> 상품 공급 물량산정 알고리즘

이 때 수요 정보는 식 (1)에서 식 (6)까지 표현된 시계열 예측 기법이나 식 (7)에서 식 (12)까지 표현된 인과형 예측 기법을 활용하여 구한 값을 활용하게 된다. 수요예측 결과를 활용하여 고객의 수요를 파악한 후, 매장능력 계획을 수립하고 공급능력 계획을 수립하게 된다. 이후 매장능력과 공급능력의 계획 결과를 비교하여 일치하는가를 확인하고, 최종적으로 공급 물량을 확정하게 된다.

## 5. 수치예제 실험

본 절에서는 수치예제를 통해 본 논문에서 제안하는 룰 기반의 알고리즘을 확인하고 성능 평가 기준을 정의 및 비교하여 알고리즘의 적정성을 판단하고자 하였다. 우선 수요예측에 의하여 수요를 카테고리별로 파악하였으며, 수요 정보에 맞추어 알고리즘으로 공급 능력을

산정하였다. 그리고 실제 현장의 업무 처리 과정에 생성된 실제 데이터와 알고리즘에 의한 계산 결과를 비교하여 알고리즘의 정확성을 평가할 수 있도록 하였다.

### 5.1 알고리즘 성능평가 기준 설정

성능평가 기준으로 목적식으로 정의한 재고 비용으로 하였으며, 재고 비용은 총비용을 구성하는 비용요소 중 보관비용으로만 계산하였고 발주비용과 품질비용은 성능비교에서는 동일하다고 가정하였다. 패스트 패션에서는 신속대응이 자주 발생하더라도 최소 발주수량을 감안하여 발주하고, 패션 유행성 또는 희소성을 강조하기 위한 의도적인 품질이 발생하므로 발주비용과 품질비용은 발생하지 않는다고 가정하였다. 또한 재고비용을 수식화하기 위해 ‘재고확보비용’이란 개념을 적용하였으며, 이는 공급량 대비 판매수량의 비율로 산정하였다. 그리고, 초기 공급 예측을 수행한 결과 또는 산업 내의 선두 기업의 재고확보비용과 비교하여 알고리즘의 성과를 평가하고자 하였다. 공급 대비 판매비율이 높거나 선진 수준에 근접할수록 좋은 성능이라 할 수 있으며, 이 비율이 높을수록 재고의 보유 비용이 낮다는 것을 의미한다.

### 5.2 룰 기반 휴리스틱 알고리즘의 실험 결과

본 논문에서는 상품 공급 알고리즘 로직을 수치 예제로 실험하였다. 특정 상품 카테고리에 5종의 상품을 선정하고 해당 상품들의 3주에 걸친 수요가 <표 1>과 같이 발생할 것이라 가정하였다. 이 수요를 3주에 걸쳐 상품 카테고리별 수요로 식 (24)를 활용하여 계산하였다.

<표 1> 상품 카테고리 수요 정보 계산 결과

일	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
상품 A	2	3	1	1	1	1	2	0	1	1	1	2	4	1	1
상품 B	1	0	1	1	0	2	3	2	2	0	2	3	2	1	1
상품 C	1	2	1	2	0	1	2	2	2	2	0	2	1	2	1
상품 D	1	1	0	0	1	2	3	0	1	3	1	2	3	1	1
상품 E	0	1	0	0	1	1	1	3	1	1	3	2	2	2	0
상품 카테고리/주별수요	22				39				41						

<표 1>에서 계산한 기간별 상품 카테고리별 수요 정보를 기반으로 상품가격지수, 상품유행지수, 상품진열여부, 매장별 진열여부 정보와 식 (25)를 활용한 후, 각 기간별 상품구색 계획 값을 <표 2>와 같이 계산하였다.

<표 2> 상품 구색 계획 결과

기간	d	V	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	C	T	Φ <sub>1</sub>	Φ <sub>2</sub>	Φ <sub>3</sub>	Φ <sub>4</sub>
1	22	1	1	1	1	1	3.2	5.7	8.9	8.9	8.9	8.9
2	39	1	1	1	1	1	5.2	3.2	8.4	8.4	8.4	8.4
3	41	1	1	1	0	1	6.7	2.1	8.8	8.8	8.8	8.8

매장능력 계획을 수립하기 위해, 매장 진열지수를 상품가격지수, 상품 유행지수 요소와 함께 활용하여 식 (26)을 통해 <표 3>과 같이 계산하였다.

<표 3> 상품 특성지수 계산

기간	CV <sub>1</sub>	CV <sub>2</sub>	CV <sub>3</sub>	CV <sub>4</sub>	C	T	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
1	0.3	0.2	0.3	0.5	3.2	5.7	5.47	3.64	5.47	9.12
2	0.1	0.5	0.5	0.3	5.2	3.2	1.66	8.32	8.32	4.99
3	0.2	0.6	0.1	0.6	6.7	2.1	2.81	8.44	1.40	5.62

식 (28)과 식 (29)로 구한 각 선반의 진열능력을 CS<sub>it</sub>로 정의하고, 상품 특성지수와 계절지수를 반영한 식 (26)을 통해 매장 진열능력을 <표 4>와 같이 구하였다.

<표 4> 매장 진열능력 계산 결과

기간	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>3</sub>	CS <sub>4</sub>	sv	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	CD <sub>1</sub>	CD <sub>2</sub>	CD <sub>3</sub>	CD <sub>4</sub>
1	30	25	40	35	0.3	5.47	3.64	5.47	9.12	49.2	27.4	65.7	95.8
2	40	35	50	27	0.25	1.66	8.32	8.32	4.99	16.6	72.8	104	33.7
3	30	25	35	30	0.2	2.81	8.44	1.40	5.62	16.9	42.2	9.8	33.7

매장능력은 진열능력과 매출능력 간의 관계를 고려해야 하므로, 식 (31)을 활용한 <표 5>와 같이 구하였다.

<표 5> 전체 매장능력 계획 결과

기간	CD <sub>1</sub>	CD <sub>2</sub>	CD <sub>3</sub>	CD <sub>4</sub>	α	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	CD <sub>1</sub>	CD <sub>2</sub>	CD <sub>3</sub>	CD <sub>4</sub>
1	49.2	27.4	65.7	95.8	0.5	26	17	23	20	37.6	22.2	44.3	57.9
2	16.6	72.8	104	33.7	0.4	42	22	10	21	33.0	43.5	48.8	26.0
3	16.9	42.2	9.8	33.7	0.3	35	25	15	18	30.2	30.9	14.2	22.7

공급 물량은 공급업체의 생산/공급 능력을 기반으로 신속대응 리드타임 동안의 예상 판매량과 반영 비율로 계산하였으며, 식 (32)를 통해 <표 6>과 같이 구하였다.

<표 6> 생산 물량 확정 결과

기간	CP <sub>1</sub>	CP <sub>2</sub>	CP <sub>3</sub>	CP <sub>4</sub>	β	LT <sub>1</sub>	LT <sub>2</sub>	LT <sub>3</sub>	LT <sub>4</sub>	PQ <sub>1</sub>	PQ <sub>2</sub>	PQ <sub>3</sub>	PQ <sub>4</sub>
1	37.6	22.2	44.3	57.9	0.4	10	10	15	20	34	18	38	46
2	33.0	43.5	48.8	26.0	0.6	6	6	8	6	29	40	44	20
3	30.2	30.9	14.2	22.7	0.5	6	8	10	10	27	27	9	15

이상과 같이 제안 해법을 통해 수요예측을 고려한 상품 구색 계획과 매장능력, 공급능력을 감안한 공급물량을 산정함으로써 수요변동이 큰 패션산업의 상품 구성과 공급 물량을 산정하였다. 본 연구에서는 과다재고, 품질에 따른 비용을 최소화하는 발주 수량을 산정하였다. 이를 위해 일별 주별 판매 수량을 <표 7>과 같이 가정하였다.

<표 7> 일별 주별 실 판매 실적

일	상품														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	2	3	1	1	1	1	2	0	1	1	3	3	4	3	1
B	1	0	1	1	0	2	3	2	2	0	2	3	2	1	1
C	1	2	1	2	0	1	2	2	2	2	0	1	1	1	1
D	1	1	0	0	1	2	3	0	1	3	1	2	3	1	0
E	0	1	0	0	1	1	1	3	1	1	1	1	1	2	0
상품 카테고리/주별판매	15					26					39				

또한 앞에서 정의한 재고확보비율을 <표 8>, <표 9>와 같이 구하였다. <표 8>은 수요예측 기반의 공급물량을 판매수량과 비교한 수치예제로써 재고확보비율을 주별로 계산하였다.

<표 8> 수요 기반의 공급수량 대비 판매율

상품	수요 기반의 공급량			판매수량			공급대비판매율		
	1주	2주	3주	1주	2주	3주	1주	2주	3주
A	8	5	9	2	4	14	25%	50%	95%
B	3	9	9	2	4	9	67%	50%	71%
C	6	9	6	5	7	4	86%	75%	73%
D	3	9	8	3	7	7	100%	83%	85%
E	2	7	9	2	5	5	100%	78%	67%
전체	22	39	41	14	27	39	65%	67%	78%

<표 9>는 알고리즘을 통해 제시된 공급수량과 선행 수치예제에서 정의한 판매수량을 비교하여 나온 결과를 공급대비판매율로 보여주고 있다.

<표 9> 알고리즘 기반의 공급수량 대비 판매율

상품	알고리즘공급량(평균)			판매수량			공급대비판매율		
	1주	2주	3주	1주	2주	3주	1주	2주	3주
A	12	4	4	2	4	14	16.7%	37.5%	100%
B	5	8	4	2	4	9	40%	46%	88.2%
C	9	8	3	5	7	4	56%	71%	80%
D	5	8	4	3	7	7	60%	77%	100%
E	3	6	4	2	5	5	67%	77.8%	92.3%
전체	34	34	19	14	27	39	41.1%	60.2%	91.9%

<표 8>과 <표 9>를 비교해 보면 알고리즘으로 계산된 공급대비판매율이 수요 기반의 공급량 산정 결과보다 9% 더 높은 것을 확인할 수 있으며, 이는 알고리즘을 통한 공급 물량산정이 더 효율적이라는 것을 보여 준다.

### 5.3 글로벌 기업 수준과의 결과 비교

수치예제로 나온 결과와 ZARA의 재고 관리 수준을 추가적으로 비교하였다. ZARA의 경우, 전체 공급에서 판매가 차지하는 수준은 <표 10>과 같으며, 7년 평균 재고 비율은 91.5% 수준이다. 따라서 이 값을 <표 9>와 비교해 보면, 알고리즘을 통해 나온 재고 비율은 91.9% 수준으로 0.4%의 차이를 보여주고 있다. 이를 금액으로 환산할 경우, 년도별로 평균 22.6mn Euro에 해당하며, 이는 알고리즘을 통한 공급물량산정이 글로벌 선진 기업보다도 공급대비판매율 측면에서 효율적이라는 것을 보여준다.

<표 10> ZARA의 재고확보 비율

(금액단위 : mn Euro)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
재고금액	486	518	684	824	928	1067	1209
매출금액	4,599	5,569	8,196	9,435	10,407	11,048	12,527
재고확보 비율	90.4%	91.5%	92.3%	92%	91.8%	91.2%	91.2%

## 6. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 상품별로 고객수요의 변동성이 큰 패션산업에서 재고비용을 최적화할 수 있도록 상품공급 물량을 결정하는 모델을 제시하였다. 기본적으로 프리시즌의 기획 생산과 인시즌의 신속대응 생산이 혼재된 상품 기획 프로세스를 가정하여 적정재고를 유지하면서 고객 수요에 대응할 수 있는 공급 물량산정을 수식으로 정리하였다.

또한 이전 패스트 패션 연구에서 제시한 패스트 패션의 상품공급 프로세스를 중심으로(박현성, 박광호[4]), 최적해를 구하기 위하여 필요한 각 단계별 고려항목을 정의하고 이에 따라 상품 공급 모델을 제시하였다. 특히 판매 실적 등의 매장 판매 능력과 실 매장 면적 등의 매장 진열 능력, 매장의 개/폐점 등의 수요 변동 정보를 동시에 고려하여 매장능력을 정의하였다. 그리고 인시즌의 신속대응 생산을 반영하고, 매장 배분과 보충 리드타임 동안의 판매예측 수량을 감안하여 판매 재고를 줄이면서도 고객 수요에 대응할 수 있는 방안을 모델로써 제시하

였다.

따라서 본 연구에서 제시한 패스트 패션의 상품공급 모델은 패스트 패션 기업이나 패스트 패션 프로세스를 도입하려는 기업이 상품구색 계획, 판매능력 및 생산능력, 수익 등을 고려한 공급물량산정 프로세스나 시스템을 설계할 때 참고가 될 수 있을 것이다. 또한 계절 등 유행주기별로 상품공급 물량을 산정해야 하거나 매장을 기반으로 수요관리를 해야 하는 기업들에서도 이 모델을 체계적인 공급 물량산정에 활용할 수 있을 것이다.

본 연구와 관련된 향후 연구는 다음과 같은 3가지 주제에 대한 연구로 보완 및 확장하고자 한다.

첫째, 본 논문에서 정의한 상품 기획 위주의 프로세스에서 판매 및 매장 등의 전체 공급망으로 확장, 적용하여 프로세스 상의 변동요인과 세부 프로세스 단계를 정리하고 각 프로세스의 고려 요소를 반영한 모델로 확장하고자 한다.

둘째, 향후 본 논문에서 제시된 룰 기반의 알고리즘 결과를 목적식으로 제안한 비용 최적 알고리즘과 비교하여 알고리즘의 적정성에 대해 평가하고자 한다. 비용 함수값을 GAMS(General Algebraic Modeling System) 등의 최적화 프로그램으로 산출하여 휴리스틱 알고리즘을 통해 나온 생산수량과  $t$ 기간 이후 잔여 재고 수준을 고려한,  $t$ 기간 이후  $dp_{t,j}$ 를 감안한 재고 비용을 비교하여 적정 여부를 확인하고자 한다.

셋째, 상품공급과 함께 상품퇴출이나 반품 등의 의사결정과도 연결하여 수요 연동형 재고관리 모델로 연구를 확장하고자 한다.

## 참고문헌

- [1] 강죽형, 성운영; “정보기술 발전에 따른 패션 산업 프로세스 혁신과 경쟁력 강화에 관한 연구 : ZARA의 패스트 패션 사례를 중심으로”, 한국외국어학회지, 34(1) : 1-13, 2010.
- [2] 김용찬; “(R, S) 정책하에서의 장기 용량예약계약”, 박사학위논문, 한양대학교, 2005.
- [3] 김태영, 황승준; “중장기 우편물류를 위한 수요예측 시스템 개발”, 한국SCM학회지, 10(2) : 73-80, 2010.
- [4] 박현성, 박광호; “패스트 패션의 상품 공급 프로세스 설계에 관한 연구”, 산업경영시스템학회지, 34(3) : 103-115, 2011.
- [5] 박현성, 박광호; “패스트 패션을 위한 지능형 신속대응 시스템(IQRS-FF)에 관한 연구”, 지능정보연구, 16(3) : 163-179, 2010.
- [6] 백준걸, 김창욱, 전 진; “비안정적인 고객수요를 갖는 공급사슬에서의 적응형 재고관리 모델”, 대한산업공학회지, 31(2) : 106-119, 2005.
- [7] 신수연, 김희수; “여성 의류매장의 VMD(Visual Merchandising)에 관한 연구”, 복식문화연구, 10(6) : 617-632, 2002.
- [8] 이준환, 안신현, 하 송, 홍선영; “패스트 패션에서 배우는 역발상의 지혜”, 삼성경제 연구소, 2011.
- [9] 임성민, 최주영, 김미숙; “패스트 패션(Fast Fashion) 도입에 따른 패션 업계의 대응 전략 연구”, 복식문화연구, 16(3) : 432-443, 2008.
- [10] Abbott, H. and Palekar, U. S.; “Retail replenishment models with display-space elastic demand,” *European journal of operational research*, 186(2) : 586-607, 2008.
- [11] Au, K. F., Choi, T. M., and Yu, Y.; “Fashion retail forecasting by evolutionary neural networks,” *International journal of production economics*, 114(2) : 615-630, 2008.
- [12] Barnes, L. and Lea-Greenwood, G.; “Fast fashion in the retail store environment,” *International journal of retail and distribution management*, 38(10) : 760-772, 2010.
- [13] Brown, T. and Buttross T. E.; “An empirical analysis of the financial impact of quick response,” *International journal of retail and distribution management*, 36(8) : 607-626, 2008.
- [14] Cachon, G. P. and Fisher, M.; “Supply Chain Inventory Management and the Value of Shared Information,” *Management Science*, 46(8) : 1032-1048, 2000.
- [15] Cachon, G. P. and Swinney, R.; “The Value of Fast Fashion : Quick Response, Enhanced Design, and Strategic Consumer Behavior,” *Management science*, 57(4) : 778-795, 2011.
- [16] Caro, F. and Gallien, J.; “Inventory Management of a Fast-Fashion Retail Network,” *Operations research*, 58(2) : 257-273, 2010.
- [17] Christopher, M., Lowson, R., and Peck, H.; “Creating agile supply chains in the fashion industry,” *International journal of retail and distribution management*, 32(8) : 367-376, 2004.
- [18] Climent, C., Mula, J., and Hernández, J. E.; “Improving the business processes of a bank,” *Business process management journal*, 15(2) : 201-224, 2009.
- [19] Fernie, J. and Azuma, N.; “The changing nature of Japanese fashion : Can quick response improve supply chain efficiency?,” *European journal of marketing*, 38(7) : 790-808, 2004.
- [20] Ghemawat, P. and Nueno, J. L.; “ZARA : Fast Fashion,” Harvard Business School, 2006.
- [21] Gutgeld, Y. and Beyer, D.; “Are you going out of fashion?,” *The McKinsey quarterly*, 3, 1995.

- [22] Hübner, A. H. and Kuhn, H.; “State-of-the-art review of quantitative research and software applications in assortment and shelf space management,” *Omega*, 40(2) : 199-209, 2012.
- [23] Kim, J. S., Shin, K. Y., and Ahn, S. E.; “A multiple replenishment+ contract with ARIMA demand processes,” *Journal of the Operational Research Society*, 54(11) : 1189-1197, 2003.
- [24] Kleinbaum, D. G., Kupper, L. L., Nizam, A., and Muller, K. E.; *Applied Regression Analysis and Multivariable Methods*, 4th ed., Duxbury Press. Belmont, CA, 2007.
- [25] Mattila, H., King, R., and Ojala, N.; “Retail performance measures for seasonal fashion,” *Journal of fashion marketing and management*, 6(4) : 340-351, 2002.
- [26] Montgomery, D. C., Jennings, C. L., and Kulahci, M.; “Introduction to Time Series Analysis and Forecasting,” John Wiley and Sons, Cranford, NJ, 2008.
- [27] Ni, Y. and Fan, F.; “A two-stage dynamic sales forecasting model for the fashion retail,” *Expert systems with applications*, 38(3) : 1529-1536, 2011.