一般論文

추계적 수요 다품목 2기간 생산재고 모형

Batch Size Determination for Perishable Multi-Products with Probabilistic Demands

김 양 렬*

요 약

본 논문에서는 제품의 유효기간이 짧고, 그 수요분포가 정규분포 함수로 주어지는 다품목 생산롯트의 크기를 결정하는 문제가 다루어진다. 총 생산량의 제약하에 2기간 동안의 생산 재고 비용을 최소화 하는 조건으로부터 적정 기초 재고수준과 롯트 크기를 구하는 효율적 해법이 제시된다. 특수 형태의 하나로 단일품목의 경우에 대한 최적 조건식도 아울러 주어진다.

1. 서 론

생산재고 통제시스템의 계량적 모형은 Wilson[14]의 기본 모형으로부터 출발하여 최근까지 다양한 방향으로 발전하여 왔다. Wilson의 모형은 단일품목, 결정적 수요, 구입비 및 재고 유지 비용의 선형성 등 많은 가정하에 도출되었다. 그러나, 현실적 여건을 감안할 때 이러한 가정들은 모형의 유용성을 크게 떨어뜨린다. 그러므로, 계량모형의 발전은 주로 이들 가정을 완화 시키는 방향으로 발전되어 왔다. Urgeletti Tinarelli[12]은 이러한 관점에서 재고모형 관련연구를 연구분야별로 잘 정리해 놓았다. 본 논문도 같은 맥락에서 모형의 현실 적용성을 높이기 위하여 기본 모형이 가정하고 있는 몇가지의 가정을 완화시키고, 또한 본 논문이 대상으로 하고 있는 특정 상황의 설정에 필요한 몇가지의 가정을 첨가하여 하나의 모형을 제시하고자 한다.

먼저 본 논문에서는 단일품목이 아닌 다품목의 생산롯트 크기의 결정문제를 다룬다. 다품목 모형은 제품간 수요가 서로 독립이 아니거나, 또는 자본제약, 비축공간, 생산설비, 원료조달, 결합생산 등의 제약이 부과될 때 특히 중요하게 된다. 본 논문에서 우리가 대상으로 하는 제품은 유사제품으로 동일·설비를 이용하여 생산되나, 그들 수요는 서로 독립이고 특정 분포함수를 따르는 확률적 수요를 갖는다고 가정한다. 확률적 수요를 갖지만 제약조건을 가지고 있지 않는 단

* 성균관대학교 경영학과

일품목의 재고문제는 Erhardt[3], Freeland and Porteus[4], Das[2], Kruse[7] 등 많은 학자들에 의해서 연구되어 왔다. Ray[10]는 연속기간의 수요가 서로 독립이 아닌 경우를 분석하였으나, 이 분야 연구의 대부분은 독립수요를 가정하고 주문기간 동안의 수요분석에 중점을 두고, 총 비용을 최소화 하기 위한 재고 통제시스템의 설계를 목적으로 한다. 그러나, 기대효용과 예산목표 달성의 극대화를 재고통제의 목표로 하는 모형도 있다(Lau[8]). 제약하의 비용최소화 모형은 Hanssmann[6]에서 다루어졌으며, 이후 Goyal[5], Van Nenen and Wessels [13], Schrady and Choe[11] 등이 연구하였다. 특히, Page and Paul[9]은 최적 전략으로 동시간 주문(equal interval ordering)정책을 제시하였다. 제약하 모형의 일반적인 해법은 단일 제약식의 경우 Lagrange법이 이용되나, 제약식이 단순하지 않을 경우 추계적 계획법(Stochastic Programming)을 이용하게 된다.

본 논문에서 다루는 모형이 기존의 연구와 크게 구별되는 또 하나의 특징은 대상 제품의 유효기간이 매우 한정되어 있으며, 유효기간이 지난 제품은 폐기되어야 한다는 점이다. 그러므로, 다기간 재고모형(Multi-Period Inventory Model)은 이 경우 적합한 모형이 되지 못한다. "Newsboy Problem"류의 단일기간 모형이 이 경우 적합하지만, Newsboy 문제에서는 주문량이 주문 즉시 전량 공급되므로, 단일기간의 고려로서 충분하나 차기 수요의 충족을 위한 공급물량이 1기전에 생산되어야 한다면[1)], 최적 롯트크기의 결정을 위해서는 2기간이 고려되어야 할 것이다. 왜냐하면, 금기초의 재고수준에서 금기수요를 뺀 값으로 결정될 차기초의 재고수준이 생산시점에서는 미지이기 때문이다. 그러므로, 모형의 성립을 위해서 제품의 유효기간이 단일기간이 아니고 1기까지는 차기 수요를 위해서 저장될 수 있다고 가정한다. 그러나, 더 이상의 저장은 불가능하고 2기말 재고분은 전량 폐기되어야 한다.

이러한 유형의 문제는 신선도의 유지가 중요한 식품이나 음료 제조업 분야에서 발견될 수 있는 문제로, 이 경우의 주요 결정사항은 매기 생산하여야 할 전 품목이 제품의 총 생산규모와 개별품목의 롯트 크기를 결정하는 것이 될 것이다. 이하에서는 수요가 정규분포 함수를 따른다고 가정하고 다품목 2기간 비용 최소화 모형에 최적해를 구하는 방법을 다룬다.

2. 모형의 개발

모형의 개발과정에서 우리가 사용하게 될 주요 기호 및 변수를 다음과 같이 정의한다.

S_{ij}=j 기초에서의 입고후 제품 i의 재고수준
x_i=제품 i의 생산 롯트량
D_{ij}=제품 i의 j기에서의 수요량
c=단위당 생산비
h=단위당 재고유지 관련비용
π_j=재고부족 단위당 비용

기타 기호 및 변수의 설정은 필요시 정의하기로 한다. 우리는 각 제품의 수요가 정규분포 함수를 따른다고 가정한다. 즉,

$$D_{ij} \sim N(\mu_{ij},\ \sigma^2_{ij})$$

1) 생산지점에서 판매지점으로의 이동에 1기간이 소요될 수도 있다.

여기서 각 제품의 평균 및 분산은 알려져 있다. 표준 정규변수, $z_1 \sim N(0, 1)$를 이용할 때, 이것은 다음과 같이 쓸 수도 있다.

$$D_{1j} = \mu_{1j} + z_1 \sigma_{1j}$$

먼저 문제의 출발점으로, 우리는 모든 제품에 대한 제 2기 동안의 초과 수요의 합을 최소로 하기 위해서 각 제품을 얼마씩 생산하여야 할것인가를 생각해 보자. 제품 i의 초과 수요는 위의 정의로부터 $(D_{i2}-S_{i2})^+$로 표현되며, 제품 i의 2기초에서의 재고수준 S_{i2}는 $(S_{i1}-D_{i1}+x_i)$이므로, 결국 우리의 문제는 아래와 같이 될 것이다.

$$\min \Sigma_{i=1}^{n} E[(D_{i2}-S_{i1}+D_{i1}-x_i)^+]$$
$$\text{s.t.} \quad x_i \geq 0, \quad i=1, 2, \cdots\cdots, n$$
$$\sum_{i=1}^{n} x_i = Q$$

위 문제에서 제 2기의 수요가 정규분포 함수를 따르므로, Lagrange 방법에 의해서 최적 배분은 다음과 같은 형태를 갖게 된다.

$$x_i = (\mu_{i2} + k^* \sigma_{i2} - S_{i1} + D_{i1})^+ \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

제 1기말의 재고수준$(S_{i1}-D_{i1})$이 제 2기의 수요를 위한 목표 재고수준$(\mu_{i2}+k^*\sigma_{i2})$ 보다 클 경우 생산을 하지 않고, 적을 경우에는 부족량을 생산함으로써 초과 수요를 최소화 할수 있다. 또한 위와 같이 정의된 생산량은 양의 값을 가지며, 다음 식을 만족시키는 k^*가 존재할수 있음을 우리는 쉽게 알수 있다.

$$\Sigma_{i \in I} (\mu_{i2} + k^* \sigma_{i2} - S_{i1} + D_{i1}) = Q$$
$$I = \{i \mid \mu_{i2} + k^* \sigma_{i2} > S_{i1} - D_{i1}\} \quad \cdots\cdots (2)$$

그러므로, 제 2기의 롯트량 x_i는 다음과 같이 되는 k^*를 찾음으로써 얻어지게 된다.

$$\Sigma_{i=1}^{n} (\mu_{i2} + k^* \sigma_{i2} - S_{i1} + D_{i1})^+ = Q$$

또는 $D_{i1} = \mu_{i1} + z_i \sigma_{i1}$이므로,

$$\Sigma_{i=1}^{n} (\mu_{i1} + \mu_{i2} + k^* \sigma_{i2} - S_{i1} + z_i \sigma_{i1})^+ = Q \quad \cdots\cdots (3)$$

여기서 제 1기의 수요를 결정시켜 주는 표준 정규변수 z_i가 모든 i에 대해서 서로 독립이라면, 모든 변수의 분산이 유한한 값을 갖으므로 Kolomogolov 대수강법칙의 충분조건이 만족되어 다음이 성립한다[2].

$$\Sigma_{i=1}^{n} (x_i - E[x_i])/n \cong 0.$$

그러므로, 이 결과를 이용하면 제품의 종류 n이 충분히 커질때, 위의 (3)식은

$$\Sigma_{i=1}^{n} E[(\mu_{i1} + \mu_{i2} + k^* \sigma_{i2} - S_{i1} + z_i \sigma_{i1})^+]$$
$$= \Sigma_{i=1}^{n} \sigma_{i1} E[(z_i + (\mu_{i1} + \mu_{i2} + k^* \sigma_{i2} - S_{i1})/\sigma_{i1})^+]$$
$$\cong Q.$$

이 된다. 위 식은 다시 단위 손실함수(Unit Loss Function)를 이용하여 아래와 같이 고쳐 쓸수 있다.

$$\Sigma_{i=1}^{n} \sigma_{i1} L[(S_{i1} - \mu_{i1} - \mu_{i2} - k^* \sigma_{i2})/\sigma_{i1}] = Q \quad \cdots\cdots (4)$$

단위 손실함수 $L(\cdot)$는 다음과 같이 정의된다.

$$L(x) = \int_x^{\infty} (z-x) \; f(x)\,dz$$

그러므로, 제 1기초의 재고수준$(S_{i1}, \; i=1, \; n)$과 제 2기의 수요충족을 위한 총 공급규모(Q)를 알고 있다면, 위의 (4)식을 이용하여 k^*를 구할

2) 충분조건은 $\lim_{N\to\infty} \sum_{n=1}^{N} Var(x_n)/n^2 < \infty$. (Ash [1])

수 있으며, 다시 (1)으로부터 각 제품의 생산 롯트 크기가 결정된다. 즉, Q를 알고 있을 경우 분할 탐색법으로 (4)를 만족시키는 k^*를 결정할 수 있고, 역으로 k^*를 알고 있다면 Q는 손쉽게 얻어진다. Q는 사전에 주어진 양일 수도 있으나, 총 비용을 최소로 하기 위한 결정변수일 수도 있다. 다음에서는 2기간 총 비용을 최소로 하는 문제에서 Q가 어떻게 결정되는가를 알아보자.

3. 총 생산규모의 결정

2기간 동안의 총 비용을 알아보기 위하여 먼저 양기간 동안 발생하게 될 총 재고부족량을 생각하여 보자. 위의 (4)식으로부터 k^*를 구할수 있다면, 제 2기의 예상 재고부족이 k^*의 수준에 의하여 결정되므로, 총 부족 재고비용은 (S_{i1}, i=1, n)와 Q의 함수가 될 것이다. 즉,

$$S(Q,\ S_{11},\ S_{12},\cdots\cdots,S_{1n})=\Sigma_{i=1}^{n}\{\pi_1\ E[(D_{i1}-S_{i1})^+]+\pi_2\ E[(D_{i2}-S_{i2})^+]\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

위 식에서 S_{i2}는 제 2기의 수요를 위한 총 공급량으로 전기말 재고와 생산량의 합이다. 즉, $S_{i2}=S_{i1}-D_{i1}+x_i$. 전기말 재고의 수준이 수요보다 많을 경우에는 생산을 하지 않게 될 것이고, 반대의 경우 생산수준은 (4)식에서 결정되는 최적 수준이 될 것이다. 그러므로,

$$S_{i2}=\begin{cases}\mu_{i2}+k^*\sigma_{i2}, & \text{if } z_i\geq(S_{i1}-(\mu_{i1}+\mu_{i2}+k^*\sigma_{i2}))/\sigma_{i1}\\ S_{i1}-\mu_{i1}-z_i\sigma_{i1}, & \text{if } z_i\leq(S_{i1}-(\mu_{i1}+\mu_{i2}+k^*\sigma_{i2}))/\sigma_{i1}\end{cases}$$

첫번째는 생산을 하는 경우이고, 두번째는 생산을 하지 않는 경우이다. 이것을 이용하여 (5)를 다시 쓰면

$$S(\cdot)=\Sigma_{i=1}^{n}\{\pi_1\ E[(D_{i1}-S_{i1})^+]+\pi_2\int_{(S_{i1}-r_i)/\sigma_{i1}}^{\infty}E[(D_{i2}-\mu_{i2}-k^*\sigma_{i2})^+]\ f(z_i)dz_i+\pi_2\int_{-\infty}^{(S_{i1}-r_i)/\sigma_{i1}}E[(D_{i2}-S_{i1}+\mu_{i1}+z_i\sigma_{i1})^+\mid z_i]\ f(z_i)dz_i\}$$

이 된다. 위에서 r_i는 $(\mu_{i1}+\mu_{i2}+k^*\sigma_{i2})$를 대신한다. 우변의 중간항에서는 적분요소가 적분변수와 독립이므로 이것은 아래와 같이 다시 쓸수 있다.

$$S(\cdot)=\Sigma_{i=1}^{n}\{\pi_1\ E[(D_{i1}-S_{i1})^+]+\pi_2\ E[(D_{i2}-\mu_{i2}-k^*\sigma_{i2})^+]\ P\{z_i>(S_{i1}-r_i)/\sigma_{i1}\}\cdot+\pi_2\int_{(S_{i1}-r_i)/\sigma_{i1}}^{-\infty}E[(D_{i2}-S_{i1}+\mu_{i1}+z_i\sigma_{i1})^+\mid z_i]\ f(z_i)dz_i\} \quad \cdots\cdots\cdots (6)$$

이제 2기간 동안의 재고생산과 관련한 총 비용은 생산비용, 재고유지 비용 및 재고부족으로 인하여 발생한 비용의 합계이므로

$$\Pi(Q,\ S_{11},\ S_{12},\cdots,\ S_{1n})=cQ+h\Sigma_{i=1}^{n}\ S_{i1}+S(\cdot) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

로 쓸수 있다. 여기서 제 2기말의 잉여재고는 기말에 아무런 추가적 비용이나 이익의 발생없이 폐기처분되므로 위 식에 포함되지 않고 있다. 우리는 위의 총 비용을 최소로 해주는 Q와 {S_{i1}, i=1,……, n}을 찾아야 한다. 이들이 결정되면 앞의 (4)로부터 각 제품의 생산량이 결정될 수 있다. 또한 기초재고가 주어진 문제라면, 위의 (7)은 Q만의 함수가 될 것이다. 이렇게 정의된 총 비용함수는 미분 가능하므로, 각 변수에 대한 1차 편미분은 최적화의 필요조건이 된다. 먼저 Q에 대한 편미분은

$$\frac{\partial \Pi}{\partial Q}=c-\pi_2\ \Sigma^n_{i=1}\ \sigma_{i2}\cdot P\{D_{i2}>\mu_{i2}+k^*\sigma_{i2}\}\cdot P\{z_i>(S_{i1}-r_i)/\sigma_{i1}\}(\partial k^*/\partial Q)=0$$

이 되고, 우리는 또한 정규분포 수요를 가정하고 있으므로, $D_{i2}=\mu_{i2}+z_i\sigma_{i2}$. 그러므로, 위 식을 다시 쓰면,

$$\pi_2(1-\Phi(k^*))\cdot(\partial k^*/\partial Q)\ \Sigma^n_{i=1}\ \sigma_{i2}(1-\Phi((S_{i1}-r_i)/\sigma_{i1}))=c.$$

$\Phi(\cdot)$는 표준 정규분포 누적확률이다. $(\partial k^*/\partial Q)$는 비음일 것으로 예상되며, 그 값은 (4)를 전체 미분하여 얻을수 있다. 즉,

$$\partial k^*/\partial Q=[\Sigma^n_{i=1}\ \sigma_{i2}(1-\Phi((S_{i1}-r_i)/\sigma_{i1}))]^{-1}.$$

이 결과를 이용하면 위의 필요조건은 다음과 같이 간단히 된다.

$$\Phi(k^*)=(\pi_2-c)/\pi_2$$

또는

$$k^*=\Phi^{-1}((\pi_2-c)/\pi_2)\ \cdots\cdots\cdots\cdots\ (8)$$

(8)로부터 우리는 k^*가 단위당 생산비와 부족재고 단위당 벌과금율에 의해서 결정됨을 알수 있다. 즉, (8)은 벌과금율이 높을수록, 생산단가가 낮을수록 롯트 크기는 커진다는 것을 의미한다.

또 하나의 필요조건은 총 비용함수를 1기초의 재고수준(S_{i1})으로 미분하여 얻을수 있다. 즉,

$$h-\pi_1\ P\{D_{i1}>S_{i1}\}-\pi_2\int_{-\infty}^{(S_{i1}-r_i)/\sigma_{i1}} P\{D_{i2}>S_{i1}-\mu_{i1}-z_i\sigma_{i1}\mid z_i\}\ f(z_i)dz_i=0$$

위에서 $(\partial k^*/\partial S_{i1})=0$이 가정되었다[3]. 다시 쓰면,

$$\begin{aligned}&\pi_1\ P\{D_{i1}>S_{i1}\}+\pi_2\ P\{D_{i1}+D_{i2}>S_{i1}\mid D_{i1}\le S_{i1}-(\mu_{i2}+k^*\sigma_{i2})\}\cdot P\{D_{i1}\le S_{i1}-(\mu_{i2}+k^*\sigma_{i2})\}\\&=\pi_1\{P\{D_{i1}>S_{i1}\}+\pi_2\ P\{D_{i1}+D_{i2}>S_{i1}\}\cdot P\{D_{i1}\le S_{i1}-(\mu_{i2}+k^*\sigma_{i2})\}\\&=\pi_1\{1-\Phi((S_{i1}-\mu_{i1})/\sigma_{i1})\}+\pi_2\ P\{D_{i1}+D_{i2}>S_{i1}\}\cdot\Phi((S_{i1}-\mu_{i1}-\mu_{i2}-k^*\sigma_{i2})/\sigma_{i1})\\&=h,\ \text{for all } i\ \cdots\cdots\cdots\cdots\ (9)\end{aligned}$$

(9)의 두번째 식에서 마지막 확률은 제 2기 수요를 위하여 생산을 통한 추가적 공급이 이루어지지 않을 확률이다. 이상의 결과를 이용하여 우리는 관련 결정변수 값을 계산할 수 있다. 계산순서는 다음과 같다.

① (8)을 만족시켜 주는 k^*를 계산하고

② (9)를 이용하여 $\{S_{i1},\ i=1,\cdots\cdots,n\}$ 계산한 후

③ 이들 값을 (4)에 대입하여 Q^*를 계산한다.

위의 계산과정에서 두번째 계산을 위하여 분할탐색법이 이용될 수 있다. 특히, 다음의 결과는 계산을 용이하게 해준다.

$$E[D_{i1}+D_{i2}]=\mu_{i1}+\mu_{i2}$$
$$Var[D_{i1}+D_{i2}]=(\sigma^2_{i1}+\sigma^2_{i2})$$

4. 단일품목인 경우

고려대상이 되는 제품들이 어떤 형태로도 서로 연관되어 있지 않다면, 각 제품의 생산 롯트

---

3) $(\partial k^*/\partial s_{i1})$의 값은 (4)를 전체 미분하여 얻어지며, 그 값은 $(\sigma_{i1}/\Sigma^n_{i=1}\ \sigma_{i1}\sigma_{i2})$이 된다. 이 값은 제품의 수가 많아질 때 매우 작은 값을 가질 것이다.

크기의 결정은 단일품목의 경우와 동일한 방법으로 얻어질 것이다. 그러므로, 여기에서는 앞에서 다루어진 내용의 특수형태로 단일품목일 경우 롯트 크기가 어떻게 결정되는가를 알아 보기로 한다. 제 2기초의 목표 재고수준을 결정해 주는 k^*는 (4)와 비슷하게 다음과 같이 주어진다.

$$L[(S_1-\mu_1-\mu_2-k^*\sigma_2)/\sigma_1]=Q/\sigma_1 \quad \cdots\cdots (10)$$

함수 L(·)는 항상 양의 값을 갖는 감소 함수이다[4]. 그러므로 역함수가 정의되고 위의 (10)식으로부터

$$k^*\sigma_2=-\sigma_1\ L^{-1}(Q/\sigma_1)+S_1-\mu_1-\mu_2 \quad \cdots (11)$$

가 됨을 알수 있다. 제 1기초의 수요 S_1이 주어져 있다고 생각하자. 그러면 우리의 문제는 생산비와 제 2기에서 재고의 부족으로 발생하게 되는 비용의 합을 최소로 하는것이 될 것이다. 즉,

$$cQ+\pi_2\ E[(D_2-S_2)^+]=cQ+\pi_2\int_{L^{-1}(Q/\sigma_1)}^{\infty} E[(D_2-\mu_2-k^*\sigma_2)^+]\ f(z_1)dz_1+\pi_2\int_{-\infty}^{L^{-1}(Q/\sigma_1)} E[(D_2-S_1+\mu_1+z_1\sigma_1)^+]\ f(z_1)dz_1$$

여기서 적분한계가 $L^{-1}(Q/\sigma_1)$로 주어진 것은, S_2가 $\mu_2+k^*\sigma_2$로 되는 경우는 $\mu_2+k^*\sigma_2$가 S_1-D_1보다 클때이나, (11)을 이용할 때 이 조건은 $z_1>L^{-1}(Q/\sigma_1)$로 주어지기 때문이다. 최적 생산량은 위 식을 Q로 미분하여 얻어지며, (8)과 동일한 결과가 얻어진다. (8)에 (11)을 대입한 후, Q에 대하여 정리하면 우리는 다음을 얻게 된다.

$$Q^*=\sigma_1\ L[\{-\sigma_2\ \Phi^{-1}((\pi_2-c)/\pi_2)+S_1-\mu_1-\mu_2\}/\sigma_1] \quad \cdots\cdots (12)$$

식 (12)는 초기 재고가 주어진 상태에서 최적 생산규모를 결정하고자 할때 활용할 수 있다. 그러나, 초기 재고도 결정변수의 하나라면, (7)과 유사한 총 비용을 최소화 해야 한다. (11)의 양측을 S_1에 대하여 미분하면 $(\partial k^*/\partial S_1)$은 $(1/\sigma_2)$이 되고, 이 결과를 이용하여 S_1에 대한 총 비용의 편미분이 0이 되어야 한다는 필요조건을 정리하면 다음의 결과를 얻는다.

$$h-c\bar{\Phi}(L^{-1}(Q/\sigma_1))=\pi_1\ \bar{\Phi}((S_1-\mu_1)/\sigma_1)+\pi_2\int_{-\infty}^{L^{-1}(Q/\sigma_1)} P\{D_2>S_1-\mu_1-z_1\sigma_1\}\ f(z_1)dz_1$$

우리는 위 식과 (12)을 만족시키는 Q와 S_1을 찾아야 한다. 그러나 이의 직접 계산은 용이하지 않다. 계산의 편의를 위하여 위 식들을 다시 써보자. 즉, 앞에서와 같이 $r=(\mu_1+\mu_2+k^*\sigma_2)$를 정의하고 k^*에 대하여 다시 쓰면,

$$k^*=(r-\mu_1-\mu_2)/\sigma_2$$

로 쓸수 있다. 이것을 (11)에 대입하여 정리하면,

$$r=-\sigma_1\ L^{-1}(Q/\sigma_1)+S_1$$

또는,

$$Q=\sigma_1\ L(S_1-r)/\sigma_1) \quad \cdots\cdots (13)$$

의 관계를 얻게 되며, (8)은

$$(r-\mu_1-\mu_2)/\sigma_2=\Phi^{-1}((\pi_2-c)/\pi_2)$$

또는,

$$r=\sigma_2\ \Phi^{-1}((\pi_2-c)/\pi_2)+\mu_1+\mu_2 \quad \cdots\cdots (14)$$

이 된다. (13)을 이용하여 위의 필요조건을 아래와 같이 다시 쓸수 있다.

4) $(\partial L/\partial\cdot)=-P\{z>\cdot\}<0$

$$h-c\,\bar{\Phi}((S_1-r)/\sigma_1)=\pi_1\,\bar{\Phi}((S_1-\mu_1)/\sigma_1)+\pi_2\int_{-\infty}^{(S_1-r)/\sigma_1}P\{D_2>S_1-\mu_1-z_1\sigma_1\}\,f(z_1)\,dz_1 \quad \cdots\cdots (15)$$

이상의 결과를 이용하여 우리는 결정변수 S_1과 Q의 값을 계산할 수 있다. 계산순서를 요약하면 다음과 같다.

① (14)로부터 r을 계산하고,

② 그 값을 (15)에 대입하여 S_1을 계산한 후,

③ 이들 값을 (13)에 넣어 Q를 구한다.

위의 계산과정에서 두번째 계산은 반복적 방법으로 해를 찾아야 한다. 그러나, 일단 S_1이 얻어지면 세번째에서 Q가 바로 계산되므로, 전체과정이 수렴될 때까지 반복하는 통상적 방법에 비하여 위 방법은 더 효율적이라 할수 있다.

5. 맺음말

이상에서 제시된 모형 및 해법은 생산공정이 유사하고 유효기간이 짧은 다품목을 관리하는데 유용하게 적용될 수 있을 것으로 생각된다. 본 논문에서 제시한 해법은 다기간 확률수요 재고모형의 일반적 해법이 반복적 방법인 점과는 달리 순차적, 1회적 방법으로 보다 효율적이라 할 수 있다. 본 모형은 또한 유사 수요구조를 갖는 다수 연쇄점에로의 공급량 결정을 위해서도 응용될 수 있을 것이다. 단일품목 모형은 각 제품이 독립적으로 생산될 수 있고, 그 수요가 독립적일 때 적용될 수 있다. 본 논문에서는 수요가 정규분포 함수에 의하여 설명된다고 가정하고 해법을 전개하였다. 그러나, 다른 분포함수의 가정하에서도 유사한 방식으로 해법을 유도할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Ash, R.B.: *Real Analysis and Probability,* Academic Press, Inc., London, 1972.

[2] Das, C.: "Some Aids for Lot-Size Inventory Control Under Normal Lead Time Demand", *AIIE Trans.,* Vol. 7, No. 1, pp.77-79, 1975.

[3] Erhardt, R.: "The Power Approximation for Computing (s, S) Inventory Policies", *Management Science,* Vol. 25, pp.777-786, 1979.

[4] Freeland, J.R. and E.L. Porteus, "Evaluating the Effectiveness of a New Method for Computing Approximately Optimal(s, S) Inventory Policies", *Operations Research,* Vol. 28, No. 2, pp.353-364, 1980.

[5. Goyal, S.K.: "Economic Packaging Frequency of Perishable Jointly Replenished Items", *Operations Research Quarterly,* Vol. 28, No. 1, pp.215-219, 1977.

[6] Hanssmann, F.: *Operations Research in Production and Inventory Control,* Wiley, New York, 1962.

[7] Kruse, W.K.: "Waiting Time in an S-1, S Inventory System with Arbitrarily Distributed Lead Time", *Operations Research,* Vol. 28, No. 2, pp.348-352, 1980.

[8] Lau, H.: "The Newsboy Problem under Alternative Optimization Objectives", *Journal of Operational Research Society,* Vol. 31, No. 6, pp.525-535, 1980.

[9] Page, E. and R.J. Paul: "Multi

-product Inventory Situation with One Restriction", *Operational Research Quarterly,* Vol. 27, No. 4, pp.815-834, 1976.

[10] Ray, W.D.: "Computation of Reorder Levels When the Demands Are Correlated and the Lead Time Random", *Journal of Operational Research Society,* Vol. 32, No. 1, pp.27-34, 1981.

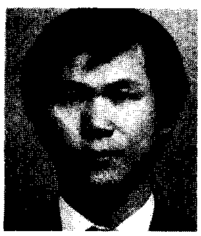
[11] Schrady, D.A. and U.C. Choe: "Models for Multi-Item Continuous Review Inventory Policies Subject to Constraints", *Naval Research Logistics Quartly,* Vol. 18, No. 4, pp.451-463, 1971.

[12] Urgeletti Tinarelli, G.: "Inventory Control: Models and Problems", *European Journal of Operational Research,* Vol. 14, No. 1, pp.1-12, 1983.

[13] Van Nunen, J.A.E.E. and J. Wessels: "Multi-Item Lot Size Determination and Scheduling under Capacity Constraint", *European Journal of Operational Research,* Vol. 2, No. 1, pp.36-41, 1978.

[14] Wilson, R.H.: "A Scientific Routine for Stock Control", *Harvard Business Review,* Vol. 13, No. 1, pp.194-201, 1934.

저자소개



저자(김양렬)는 현재 성균관대학교 경영학과 재직중이다. 서울공대 산업공학과 졸업후 한국과학기술연구소(KIST) 재직중 도미하여 University of Chicago 경영대학원에서 석사와 박사를 마친 후 한국과학기술원(KAIST)에서 근무하였음. 주 관심사는 경영학의 생산관리 분야이다.