Journal of the KSQC
Vol. 20, No. 1, June. 1992

1992년 6월 韓國品質管理學會誌 제20권 제1호

다구찌 方法을 이용한 經濟的 發注量의 安定性 設計

Determination of a Robust Economic Order Quantity Using Taguchi Method

崔 鍾 德*
徐 洵 根**

Abstract

The economic order quantity(EOQ) is a robust quantity, and it is largely insensitive to reasonable errors in the estimation of most of its parameters. Optimal EOQ and reorder point which are not sensitive to the estimates of the various cost model parameters for Kim and Park's model are determined. This of Taguchi's parameter design which finds a robust EOQ and reorder point using reasonable cost structure on the assumption of normally distributed quality characteristic. A numerical example is also presented to illustrate the proposed procedure and computer aided numerical experiments for selected values of backordered fractions and standard deviations are performed.

1. 序 論

製品에 대한 消費者의 요구 水準은 점차 多樣해지고 高級化됨에 따라 企業은 品質向上과 原價節減이 競爭力强化의 중요한 要素로 認識되고 있다. 品質向上과 原價節減을 效率的으로 管理하기 위한 技法으로 다구찌 방법(Taguchi method)이 1980년대에 들어서서 미국등 서방세계에 알려져 최근에 우리나라에서도 많은 관심을 갖기 시작하였다.

* 東亞大學校 大學院 產業工學科
** 東亞大學校 產業工學科 敎授

製品의 性能은 항상 원하는대로 발휘되지 않고 그것을 형성하는 여러가지 要因들의 영향을 받아 변동하게 마련인데, 기존의 전통적인 品質管理活動은 管理圖法과 샘플링檢査 등을 주로 이용하여 雜音을 統制 또는 除去함으로써 品質向上을 꾀하였기 때문에 努力과 費用이 많이 들고 品質向上을 위한 끝임없는 循環을 요구하게 되었다. 다구찌는 努力과 費用을 적게 들이면서 最適設計條件을 근사적이나마 비교적 쉽게 決定할 수 있는 방법으로 製品의 性能變動을 줄이기 위해서 雜音 그 자체를 통제하기 보다는 性能變動이 雜音에 鈍感하도록 設計變數의 값을 결정하는 방법을 제안하고 있는데, 이 방법을 파라미터 설계(parameter design)라고 하며, 安定性 또는 鈍感性 設計(robust design)라고 부른다 [7] [9].

이 방법은 確率分布에 대한 가정이 없고, 간단한 절차로 구성되어 있어서 여러 분야의 일반적인 사용자들이 사용하는 데 용이하며, 고급부품을 교환하여 製品의 品質을 向上시키는 것이 아니고 저급품으로 性能과 雜音간의 關係을 연구하여 最適設計變數의 組合을 찾아내는 방법이므로 적은 비용으로 品質向上을 추구함으로써 使用條件에서 性能變動으로 야기되는 損失을 最少化할 수 있다.

이와는 달리 製造工場에서 原料, 中間製品, 最終製品의 在庫管理는 供給率과 需要率이 다르기 때문에 時間, 不連續性, 不確實性, 經濟性 등의 要因을 고려하여 적절한 量을 보관하여야 한다. 특히, 최근에 製品의 流通問題가 대두되면서 공장에서 판매점까지의 거리는 멀어서 時間的, 空間的 영향을 크게 받기 때문에 經濟的發注量을 결정하는 문제 즉, 在庫는 너무 많으면 불필요한 維持費를 유발하고, 너무 적으면 遺失販賣 혹은 信用失墜를 유발한다. 이러한 相及關係를 고려하여 最適發注量을 결정하는 종래 여러 학자들에 의해 수행된바 있으며, 이러한 總在庫費用을 最少化하는 發注量을 經濟的發注量(economic order quantity : EOQ) 결정 문제라 불리우고 있다[1] [3] [4] [6].

Kim and Park[4]은 品切期間中 수요의 일부는 負在庫되고, 나머지 일부는 유실되는 상황에서의 확률적 在庫模型을 제시한다. 負在庫費用을 설정함에 있어 負在庫 상황의 심각성과 지속시간을 고려하여 負在庫費用은 負在庫 지속시간에 비례하며, 유실수요에는 단위당 고정벌과 비용이 부과된 再發注點 정책의 발견적 처리에 의해서 평균년간 비용을 最少化하는 最適運用 政策變數를 반복적으로 구하는 경우를 연구하였다.

Kim and Park 등을 비롯한 기존의 研究는 모형에 필요한 費用係數를 하나의 값으로 추정하고 있는데 실제에는 費用係數를 하나의 값으로 정확하게 산정하기 힘들기 때문에 개략적으로 추정된다. 그러나 만일 經濟的發注量과 再發注點에 그다지 영향을 주지않고, 넓은 범위의 값들을 취할 수 있다면 매우 실용적이고, 需要와 費用係數의 정확성이 결여되더라도 모형의 有效性은 감소되지 않는다.

Kim and Park은 總在庫費用의 母數와 變數의 변동에 대해 經濟的發注量이 鈍感하다고 하지만 그러나, Higle[3], Mykytka and Ramberg[6]은 需要에 敏感하다고 제시한다. 이와같이 모수와 변수의 변동에 대한 總在庫費用의 敏感性에 대해서 여러 학자들이 제시하고 있는데 의견이 각자 다르다[3], [4], [6].

따라서, 需要와 費用係數의 변동하에서도 鈍感한(즉 安定性있는) 經濟的發注量과 再發注點을 찾기 위해 需要와 費用係數를 雜音因子(noise factor)로 하고, 이러한 雜音因子에 대해 經濟的發注量과 再發注點을 設計變數(control parameter, design parameter)로 설정한 直交配列을 통해 특성치인 평균 총비용 값들을 구하며, 이를 성능통계량인 SN比(signal-to-noise ratio)로서 계산하고, 分散分析을 통하여 雜音에 鈍感한 經濟的發注量과 再發注點을 결정하는 방법을 제시한다. 또한 제시된 방법의 유용성을 보이기 위해 數値例와 數

値實驗을 통해 결과를 고찰하고자 한다.

2. 다구찌 方法의 理論

2.1. 다구찌 方法의 槪要

최근에 전통적인 品質管理 사고 방식에 대하여 다구찌에 의해 창안된 새로운 品質管理技法이 상당한 관심의 대상이 되고 있다. 다구찌는 品質에 대한 定義를 "製品이 出荷된 時點으로부터 製品이 社會에 끼치는 損失"이라 하여 品質을 화폐 단위로 정량화함으로써 이 기준하에서 최적의 製品 및 工程設計를 결정하고자 한다. 또한 品質特性値의 가장 이상적인 수치를 나타내는 소위 目標値(target value)의 개념을 도입하여 규격내의 製品이 아닌 目標値에 근접한 製品을 생산하게 함으로써 생산자로 하여금 안이한 자세를 버리고 品質向上에 계속 노력할 수 있도록 하였다.

製品의 개발에서 시스템 設計, 파라미터 設計, 許容差 設計의 3단계로 나누는데 이중에서 品質管理에 가장 큰 기여를 한 것이 파라미터 設計이다. 파라미터 設計에서 고려되는 변수로서는 設計變數와 雜音인데, 雜音이란 品質特性値에 영향을 주지만 조정 불가능한 변수로서 製品의 性能變動을 줄이기 위해서 雜音 그 자체를 통제하기 보다는 性能變動이 雜音에 鈍感하도록 設計變數의 조건을 찾는 방법으로 설계의 最適化(design optimization), 安定性 또는 鈍感性設計라고도 부른다.

파라미터 설계의 궁극적인 目的은 性能變動이 雜音에 鈍感하도록 製品을 설계하여 적은 비용으로 品質向上을 추구함으로써 사용조건에서 性能變動으로 야기되는 사회적 損失을 最少化하고자 한다. 사회적 損失函數를 정하는 것은 매우 어려운 것이나 다구찌는 사용하기 쉬운 근사식으로서 二次 損失函數(quadratic loss function)를 제안한다. 雜音의 影響을 고려한 실험을 설계하는 방법에는 크게 두 가지가 있다.

(1) 雜音을 제어하지 않는 상태에서 단순히 실험을 반복해서 관측한다.

(2) 실험에 雜音의 영향을 포함시키는 방법으로 雜音因子들의 수준을 정하여 이들 수준의 조합에서 性能特性値를 관측한다. 이때 設計變數들로 이루어진 直交配列을 設計變數行列(inner array)이라 부르고, 雜音因子들로 이루어진 直交配列은 雜音因子行列(outer array)이라 명명한다.

파라미터 설계를 위한 실험은 일반 직교배열에의 실험과는 달리 성능특성치 y에 대한 분석을 하지 않고, 性能統計量 SN比의 사용을 권장하는데 期待損失을 最少化하는데 항상 性能統計量 SN比를 최대로 하는 設計變數의 조건을 찾는다. 만일 성능척도의 최적화가 期待損失을 최소화할 수 있다면 합당할 수 있다.

2.2. SN比와 損失函數의 關係

다구찌는 새로운 損失測度로 SN比를 사용하여 이 SN比를 최대화하는 設計變數를 찾는다. 그러나 이 SN比와 損失函數와 어떤 관련성이 있는지에 대한 설명이 없다. 만일 SN比의 최대화가 損失函數를 최소화할 수 있다면 SN比의 타당성은 증명될 수 있다.

작거나 클수록 좋은 경우(望少, 望大特性)에는 SN比와 期待損失은 직접적인 관련이 있으나, 특정한 목표치가 주어진 경우(望目特性)에는 Leon 등은 다구찌의 2단계 최적화 과정은 다음과 같은 조건이 만족할 때 期待損失을 최소화할 수 있다는 것을 보였다.

(1) $\sigma^2(c, a) / \mu^2(c, a) = P(c)$

or $\sigma^2(c, a) = P(c)\mu^2(c, a)$

c : 통제변수　　a : 조절변수

(2) 統制變數의 최적수준 c^*가 주어지면 μ가 調節變數 a의 영역안에서 目標値에 調節 가능하다.

다구찌는 望少, 望大 특성의 경우에도 두 단계

최적화 순서를 응용할 수 있지만 권장하지 않는다. 왜냐하면 望少, 望大特性의 경우는 目標値(0 혹은 ∞)가 본질적으로 하나이고 결코 변하지 않는다. 그래서 복잡한 2단계순서는 損失函數를 직접 최소화하는 경우에는 잇점이 될 수 없다. 또 望少, 望大特性의 경우에 目標値는 실제로 거의 도달할 수 없으므로 統制變數의 주어진 수준하에 調節變數의 가능한 영역내에서 평균을 目標値에 조절하는 것은 불가능하다. 즉, 望少 혹은 望大特性의 경우에는 變數設計순서에 대한 다른 관점이 존재한다. 損失函數와 SN比의 관계를 나타내 보면 Table 1과 같이 정리할 수 있다[5][10]. 여기서 SN比의 log 변화는 設計變數들의 효과의 가법성을 유도하기 위해 취한 것이다. 다구찌는 실험을 설계할 때 直交配列을 권장하고 있는데 直交配列의 단점은 交互作用이 존재할 경우 交互作用을 무시하므로 直交配列을 쓸 수 없다. 그러나 다구찌는 交互作用을 고려하면 雜音에 鈍感한 設計變數를 찾을 수 없으며 재현성이 불가능하기 때문에 交互作用을 雜音으로 간주하여 실험을 행하지만 交互作用이 큰 영향을 미칠때만 交互作用을 고려하여 실험을 행한다.

Table 1. Relation of loss function and SN ratio

	Quadratic loss function	expected loss (performance measure)	performance statistic	SN ratio
STB	$L(y)=ky^2$	$E(y^2)=\sigma^2+\mu^2$	$\frac{1}{n}\Sigma y^2$ or $S^2+\bar{y}^2$	$-10\log_{10}\frac{\Sigma yi^2}{n}$
NTB	$L(y)=k(y-m)^2$	$E[(y-m)^2]=\sigma^2+(\mu-m)^2$	$\frac{1}{n}\Sigma(y-m)^2$ or $S^2+(\bar{y}-m)^2$	$-10\log_{10}\frac{\Sigma \bar{y}i^2}{n}$
LTB	$L(y)=\frac{k}{y^2}$	$E(\frac{1}{y^2})=\mu^{-2}(3\frac{\sigma^2}{\mu^2}+1)$	$\frac{1}{n}\Sigma\frac{1}{y^2}$ or $\frac{1}{\bar{y}^2}[1+\frac{3S^2}{\bar{y}^2}]$ $(\frac{1}{\bar{y}^2}(1+\frac{3S^2}{\bar{y}^2}-\frac{4\mu_3}{\bar{y}^3}))$	$-10\log_{10}\frac{1}{n}\Sigma\frac{1}{yi^2}$

$$\text{Where } s^2=\frac{1}{n}\Sigma(y_i-\bar{y})^2$$

3. 經濟的發注量 決定模型 및 安定性設計

3.1. 部分 負在庫模型의 必要性

企業이 현재 사용되고 있지 않은 遊休資源인 在庫를 공장창고에 많이 보유하고 있다. 在庫를 보유하는 이유는 完製品의 경우 고객에 대한 신속한 서비스로 販賣量을 증가시킬 수 있고, 고객의 需要變動을 흡수하여 生産活動을 안정시켜 주며, 原材料, 部品, 재공품 등과 같은 재고는 生產工程間의 흐름을 원활하게 하여 생산의 지연을 방지하고, 生產活動을 용이하게 해주기 때문에 操業水準의 安定性을 꾀할 수 있다. 특히 在庫機能은 유기적으로 상호 관련되어 있는 生產, 販賣 시스템에 있어서 변동을 최소화하고, 他部門에의 영향을 극소화할 수 있다.

따라서 오늘날 기업의 在庫政策을 고객에 대한 서비스 수준의 향상, 생산활동의 安定性 및 在庫投資의 최소화라고 하는 상호 상반되는 3 가지의

과제를 동시에 해결하는 합리적인 在庫管理 시스템의 확립이 목적이다. 그러므로 재고기능의 이득과 재고유지에 필요한 비용을 균형화시키는 最適在庫政策을 수립하여야 한다.

재고는 너무 많으면 불필요한 維持費를 유발하고 너무 적으면 損失販賣 혹은 生産의 瓦解를 유발한다. 企業으로서는 자본을 묶어두고 또 陳腐化(obsolete)될 수도 있는 在庫에 過剩投資하지 않도록 조심하면서 자재가 바닥(인원과 장비 유휴)나거나 혹은 製品이 바닥(販賣와 顧客遺失)이 나지 않도록 유의해야 한다. 品切은 負在庫費用, 현재의 利潤遺失 및 미래의 利潤遺失(신용 실추), 遺失生産(遊休人員 및 機械)과 완료일자의 遲延(벌과비용)을 유발한다. 發注量은 많게 하면 보관비용등이 증가하고, 반면에 發注費用 등이 감소한다. 그러므로 이러한 비용들의 相沖關係를 고려하여 가장 經濟的인 發注量을 결정하는 것은 중요하다. 發注點法에 의해 在庫를 管理하기 위해서는 發注点과 發注量을 결정하여야 하는데 需要率 또는 調達期間이 변화하는 경우는 發注点과 發注量의 결정이 어렵다. 대부분의 (Q, r)在庫模型은 品切이 발생했을 때 모두 負在庫되거나 아니면 모두 遺失되는 상황을 고려하였지만 그러나 수요가 포획성인 상황이 발생하기 때문에 品切期間중 수요의 일부만이 負在庫되고, 나머지의 미충족 수요가 유실되는 상황을 고려한 部分 負在庫模型이 더 현실적이고 유용하다.[1].

3.2. Kim과 Park의 模型

Kim과 Park[4]는 전절에 언급한 것과 같이 經濟的發注量과 發注點 결정에 있어서 品切期間中 수요 일부는 負在庫되고, 나머지 일부는 유실되는 상황에서의 확률적(Q, r)在庫模型을 제시한다. 負在庫費用은 負在庫持續期間에 비례하며, 遺失需要에는 단위당 고정 벌과비용이 부과된다. 품목의 재고 위치가 연속적으로 재심(review)되고, 在庫위치가 再發注點 r로 떨어지면 목 크기(lot size) Q를 발주하는 것이다. 여기서는 一階(single-echelon), 單一品目, 靜的需要의 경우에 대한 발견적 조사 해법을 제시한다.

본 연구에서 模型에 사용되는 기호 설명은 다음과 같다.

(부호 정의)

d = 년간 수요
T = 기대 주기
Q = 발주량
R = 주기당 총수요
r = 재 발주점
h = 단위당 년간 재고유지 비용
A = 재고 주기당 고정발주 비용
π = 부재고당 단위 시간당 부족 비용, $\pi > 0$
p = 유실이윤을 포함한 유실판매 벌과비용, $p > 0$
β = 품절 기간중 부재고되는 수요 분수, $0 \leq \beta \leq 1$

선행 기간중의 需要의 分布가 평균 μ인 連續密度函數 $f(x)$라 하고, 선행기간 需要가 x라면 주기말 期待不足需要는 다음과 같다.

$$\int_r^{\infty} (x-r)f(x)dx \equiv \eta$$

그러므로 주기당 期待負在庫數는 $\beta\eta(r)$이고, 주기당 期待遺失需要는 $(1-\beta)\eta(r)$이다. 평균년간 發注費用은 다음식에 의해서 주어진다.

$$\frac{A}{T} = \frac{Ad}{Q+(1-\beta)\eta(r)} \qquad \cdots\cdots (1)$$

평균 년간 在庫維持費用은 다음과 같이 주어진다.

$$h\left[\frac{Q}{2} + \frac{1}{2}(1-\beta)\eta(r) + r - \mu\right] + \frac{h\mu}{2[Q+(1-\beta)\eta(r)]}\int_r^{\infty}\frac{(x-r)^2}{x}f(x)dx \qquad \cdots\cdots (2)$$

遺失販賣의 평균 년간비용은 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{(1-\beta)\eta(r)p}{T}=\frac{d(1-\beta)\eta(r)p}{Q+(1-\beta)\eta(r)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

평균 년간시간 가중부재고 비용은 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{\pi}{T}\int_r^{\infty}\frac{1}{2}\beta(x-r)(L-\frac{rL}{x})f(x)dx$$
$$=\frac{\pi\beta\mu}{2[Q+(1-\beta)\eta(r)]}\int_r^{\infty}\frac{(x-r)^2}{x}f(x)dx \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

평균 년간 총비용은 k(Q, r)은 식 (1), (2), (3) 및 (4)로부터 식(5)와 같이 구해진다.

$$k(Q,\ r)=\frac{Ad}{Q+(1-\beta)\eta(r)}+h\left[\frac{Q}{2}\frac{1}{2}(1-\beta)\eta\right]$$
$$\times\frac{dp(1-\beta)\eta(r)}{Q+(1-\beta)\eta(r)}-\frac{(h+\beta\pi)\mu}{2[Q+(1-\beta)\eta(r)]}$$
$$\int_r^{\infty}\frac{(x-r)^2}{x}f(x)dx \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

k(Q, r)은 凹형(convex)이 아니다. 그러나 만일 다음과 같은 변환을 통하여 新在庫意思變數가 도입되면 분석이 크게 단순화된다.

$$\begin{bmatrix} R \\ r \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} Q+(1-\beta)\eta(1) \\ r \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

이 변환을 사용하면 식(5)는 다음과 같이 된다.

$$\hat{K}(R,\ r)=\frac{Ad}{R}+h(R/2+r-\mu)+\frac{dp(1-\beta)\eta(r)}{R}$$
$$+\frac{(h+\beta\pi)\mu}{R2}\int_r^{\infty}\frac{(x-r)^2}{x}f(x)dx \quad \cdots\cdots(7)$$

$\hat{K}(R,\ r)$은 凹형이다.

그래서 R과 r이 최적일 충분조건은 R과 r에 관해 각각 1차 미분하여 0으로 두면 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{\partial\hat{K}}{\partial R}=-\frac{Ad}{R^3}+\frac{h}{2}-\frac{dp(1-\beta)\eta(r)}{R^2}+$$
$$\frac{(h+\beta\pi)\mu}{2R^2}\int_r^{\infty}\frac{(x-r)^2}{x}f(x)dx$$
$$\frac{\partial\hat{K}}{\partial r}=h-\frac{dp(1-\beta)\bar{F}(r)}{R}-\frac{(h+\beta\pi)\mu}{R}$$
$$\int_r^{\infty}(1-\frac{r}{x})f(x)dx$$

여기서 $\bar{F}(r)$은 f(x)의 累積餘函數이고, R과 r에 대해서 풀어야할 등식이 두개이므로

$\frac{\partial\hat{K}}{\partial R}=0$, $\frac{\partial\hat{K}}{\partial R}=0$으로 두면 위의 식은 다음과 같이 정리된다.

$$R=\sqrt{2Ad+2dp(1-\beta)\eta(r)+(h+\beta\pi)\mu\int_r^{\infty}\frac{(x-r)^2}{x}f(x)dx\ h}$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

$$[dp(1-\beta)+(h+\beta\pi)\mu]\bar{F}(r)-(h+\beta\pi)\mu r$$
$$\int_r^{\infty}\frac{(x-r)^2}{x}f(x)dx=hR \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

식(8)에서 $\int_r^{\infty}\frac{(x-r)^2}{x}f(x)dx$는 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$\int_r^{\infty}\frac{(x-r)^2}{x}f(x)dx=\sigma f(\frac{r-\mu}{\sigma})$$

$$+(\mu-2r)\ [1-\Phi(\frac{r-\mu}{\sigma})]$$

$$+\frac{r^2}{\sigma}\int_{\frac{r-\mu}{\sigma}}^{\infty}(z+\frac{\mu}{\sigma})^2 f(z)dz$$

단, $z=\dfrac{x-\mu}{\sigma}$

또 η(r)는 다음 식과 같이 유도할 수 있다.

$$\eta(r)=\sigma f(\frac{r-\mu}{\sigma})+(\mu-r)\ [1-\Phi(\frac{r-\mu}{\sigma})]$$

식(7)은 凹형이므로 식(8)과 (9)로부터 얻은 R^*, r^*는 절대 최소치를 제공하며, 식(6)으로 Q^*를 구할 수 있다. $\hat{K}$를 최소화 최적쌍(R^*, r^*)는 다음과 같은 반복 절차를 사용하여 구할 수 있다.

(1) R에 대한 초기 추정치 $R=\sqrt{2Ad/h}$ 를 R_1이라 한다.

(2) $R=R_1$을 식(9)에 대입하여 재발주점 r을 구하여 이를 r_1이라 한다.

(3) $r=r_1$을 식(8)에 대입하여 R_2를 구한다.

(4) $R=R_2$로 단계(2)를 반복하는 등이다. i번째 반복해서 $R_i=R_{i-1}$ 혹은 $r_i=r_{i-1}$이면 수렴된 것이다.

3.3. 經濟的發注量의 安定性設計

安定性設計를 위한 다구찌의 파라미터의 목적은 雜音의 영향하에서도 性能變動이 雜音에 鈍感하도록 製品을 설계하여 사용 조건에서 性能變動으로 야기되는 손실을 최소화 하고자 하는 것이다. 성능의 평가 척도로 SN比와 통계적인 실험방법으로 直交配列을 이용하고 있다.

따라서 다구찌의 파라미터 설계 방법을 이용하여 經濟的發注量의 安定性設計를 위해 본 연구에서 제시한 알고리즘의 절차는 다음과 같다.

step 1) 雜音變數인 d와 A, h, p, π, β, μ, σ 값을 준다.

step 2) 設計變數 Q와 r으로 雜音이 없다고 가정한 경우로 3수준에 둔다.

step 3) d, A, h, p, π, β, μ, σ의 雜音水準을 입력하며 이에 따른 設計變數의 값을 계산한다. (본 연구에서의 雜音水準은 ±10%, ±20%, ±50%로 선정하였다.)

여기서 雜音의 경향을 조사하면 대략 다음과 같다.

β 증가	r 감소	Q 증가
σ 증가	r 감소	Q 증가
A 증가	r 감소	Q 증가
d 증가	r 증가	Q 증가
h 증가	r 감소	Q 감소
π 증가	r 증가	Q 감소
p 증가	r 증가	Q 감소
μ 증가	r 증가	Q 감소

이를 이용하여 Q와 r의 最大 및 最小水準을 계산한다.

step 4) 각 경우에 step 2)와 step 3)의 결과를 이용하여 다음과 같이 Q와 r의 5수준을 설정한다.

(최소, (3수준 + 최소)／2, 3수준, (최대 + 3수준)／2, 최대)

step 5) 直交配列(Table 2 참조)에 할당한다. 設計變數行列 Q와 r은 5수준계 내측 直交配列 $L_{25}(5^2)$에 배치하고, 雜音行列 d, A, h, p, π, β, μ, σ는 3수준계 외측 直交配列 ($L_{18}(2^1 3^7)$)에 배치한다.

step 6) 평균 년간 총비용 K(Q, r)은 식(5)를 이용하여 계산(특성치)을 구한 후에 望小特性의 SN比를 계산한다.

$$SNi = -10\log[1/n \sum_{i=1}^{n} (K(Q,\ r)^2]$$

step 7) SN比의 分析과 豫測 및 措置

設計變數의 最適 Q^*, r^*를 찾고 확인 실험을 하여 해가 만족스럽지 못하면 새로운 設計變數 Q^*, r^*를 찾기 위해

stpe 4)로 가서 추가 실험을 실시한다.

본 연구의 直交配列은 Table 2와 같이 設計變數行列은 $L_{25}(5^2)$이고, 雜音行列은 $L_{18}(2^1 3^7)$이다. 특성치가 費用函數이므로 望小特性으로 앞절의 SN比와 損失函數의 관계에서 望小特性인 경우는 SN比의 최대가 損失函數을 직접적으로 최소됨을 보였기 때문에 SN比의 최대치를 가지고 分析이 가능하다. 본 연구에서 제시된 일부 절차와 유사한 방법으로 Pignatiello와 Tsai[8]는 $\bar{X}$ 管理圖의 경제적인 설계에 적용하였고, 徐洵根, 崔鍾德, 趙浩成, 裵成民[2]은 목표치 결정문제에 대해 적용하였다.

Table 2. Orthogonal array for the proposed algorithm

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	d
1	1	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	3	3	3	A
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	h
1	2	3	1	2	3	2	3	1	3	1	2	2	3	1	3	1	2	p
1	2	3	2	3	1	1	2	3	3	1	2	3	1	2	2	3	1	PI
1	2	3	2	3	1	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	μ
1	2	3	3	1	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	σ
1	2	3	3	1	2	3	1	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	β

	r	Q		SN비
1	1	1		SN_1
2	1	2		SN_2
3	1	3		SN_3
4	1	4		SN_4
5	1	5		SN_5
6	2	1		SN_6
7	2	2		SN_7
8	2	3		SN_8
9	2	4		SN_9
10	2	5		SN_{10}
11	3	1		SN_{11}
12	3	2		SN_{12}
13	3	3	K(Q, r)i, j	SN_{13}
14	3	4		SN_{14}
15	3	5		SN_{15}
16	4	1		SN_{16}
17	4	2		SN_{17}
18	4	3		SN_{18}
19	4	4		SN_{19}
20	4	5		SN_{20}
21	5	1		SN_{21}
22	5	2		SN_{22}
23	5	3		SN_{23}
24	5	4		SN_{24}
25	5	5		SN_{25}

4. 數値例 및 數値實驗

제시된 알고리즘의 타당성을 검토하기 위해 개략적인 수치예 [4]에 적용하였다.

d = 200 단위/년

A = 50 만/주문

h = 단위당 1 만/年

p = 3 만/유실단위

π = 부재고당 4만/年

購買先行 기간중의 수요는 평균 50단위이고, 標準偏差 20단위를 갖는 正規分布를 따른다.

이러한 비용들을 雜音要因으로 하여 각 雜音水準이 ±0.1, ±0.2, ±0.5일때 設計變數行列과 雜音要因行列의 直交配列을 Tbale 2처럼 配列하여 SN比를 계산한다. 雜音이 없는 경우에 r과 Q의 최적수준은 다음과 같다.

$r^* = 51.2803$

Q^* 153.640

Table 3을 참조하여 雜音水準에 따른 再發注點과 經濟的發注量의 最適水準은 다음과 같이 정리할 수 있다.

雜音이 ±0.1일때의 最適水準은 r가 3水準이고 Q가 3水準이다.

雜音이 ±0.2일때의 最適水準은 r가 3水準이고 Q가 3水準이다.

雜音이 ±0.5일때의 最適水準은 r가 3水準이고 Q가 3水準이다.

Table 3. Analysis of Mean for S/N Ratio

		1	2	3	4	5
±0.1	r	-44.1850	-44.1194	-44.0963	-44.1107	-44.1556
	Q	-44.1932	-44.1143	-44.0868	-44.1058	-44.1671
±0.2	r	-44.7716	-44.4855	-44.3729	-44.4140	-44.5506
	Q	-44.8103	-44.4561	-44.3302	-44.3899	-44.6081
±0.5	r	-48.1902	-46.9774	-46.2817	-46.3068	-46.6146
	Q	-49.2916	-46.6721	-45.7825	-45.8909	-46.7335

Table 4. ANOVA of the Numerical Example

Noise level	Factor	S	φ	V	F_0	F(0.05)	F(0.01)
±0.1	r	0.0262097	4	0.00655242	6.49738**	3.01	4.77
	Q	0.0400593	4	0.0100148	9.93070**		
	e	0.0161355	16	0.00100847			
	T	0.0824045	24				
±0.2	r	0.491358	4	0.122840	6.57612**	3.01	4.77
	Q	0.745217	4	0.186304	9.97366**		
	e	0.29887	16	0.0186796			
	T	1.535445	24				
±0.5	r	12.4143	4	3.10358	5.94315**	3.01	4.77
	Q	40.3162	4	10.0791	19.3007**		
	e	8.35539	16	0.522212			
	T	61.08589	24				

의 모든 경우에 有意水準 0.01에서 유의하다. 費用係數를 確定的으로 추정할 경우의 最適水準(r와 Q의 3水準)과 雜音이 존재하는 여건하에서 最適水準의 SN比의 향상결과는 잡음이 ±0.1, ±0.2, ±0.5일때 각각 0.0437, 0.1782, 1.1841 decibel로 雜音의 변동이 클수록 SN比의 향상결과는 더 크다.

또 제시된 알고리즘의 有用性을 검토하기 위해 다음과 같이 數値實驗을 하였다. 負在庫比率 β가 0.0, 0.2, 0.5, 0.8, 1.0일때 標準偏差 σ가 10, 20, 30, 40에 대해서 각각 雜音水準 ±0.1, ±0.2, ±0.5일 경우에 실험한 결과들을 Table5에 정리하였다. 數値實驗 결과 雜音水準의 變化에 따른 最適水準의 변화는 거의 없고, 雜音水準變動에는 약간 민감하였다.

Table 5. Result of the Numerical Experiments

β	σ	Noise level	Optimum level of r, Q	β	σ	Noise level	Optimum level of r, Q
0.0	10	±0.1	(3 , 3)	0.5	30	±0.1	(3 , 3)
0.0	10	±0.2	(3 , 3)	0.5	30	±0.2	(3 , 3)
0.0	10	±0.5	(4 , 3)	0.5	30	±0.5	(3 , 3)
0.0	20	±0.1	(3 , 3)	0.5	40	±0.1	(3 , 3)
0.0	20	±0.2	(3 , 3)	0.5	40	±0.2	(3 , 3)
0.0	20	±0.5	(4 , 3)	0.5	40	±0.5	(3 , 3)
0.0	30	±0.1	(3 , 3)	0.8	10	±0.1	(3 , 3)
0.0	30	±0.2	(3 , 3)	0.8	10	±0.2	(3 , 3)
0.0	30	±0.5	(3 , 3)	0.8	10	±0.5	(3 , 4)
0.0	40	±0.1	(3 , 3)	0.8	20	±0.1	(3 , 3)
0.0	40	±0.2	(3 , 3)	0.8	20	±0.2	(3 , 3)
0.0	40	±0.5	(3 , 3)	0.8	20	±0.5	(—)
0.2	10	±0.1	(3 , 3)	0.8	30	±0.1	(3 , 3)
0.2	10	±0.2	(3 , 3)	0.8	30	±0.2	(3 , 3)
0.2	10	±0.5	(4 , 3)	0.8	30	±0.5	(—)
0.2	20	±0.1	(3 , 3)	0.8	40	±0.1	(3 , 3)
0.2	20	±0.2	(3 , 3)	0.8	40	±0.2	(3 , 3)
0.2	20	±0.5	(4 , 3)	0.8	40	±0.5	(—)
0.2	30	±0.1	(3 , 3)	1.0	10	±0.1	(3 , 3)
0.2	30	±0.2	(3 , 3)	1.0	10	±0.2	(—)
0.2	30	±0.5	(3 , 3)	1.0	10	±0.5	(—)
0.2	40	±0.1	(3 , 3)	1.0	20	±0.1	(—)
0.2	40	±0.2	(3 , 3)	1.0	20	±0.2	(—)
0.2	40	±0.5	(3 , 3)	1.0	20	±0.5	(—)
0.5	10	±0.1	(3 , 3)	1.0	30	±0.1	(3 , 5)
0.5	10	±0.2	(3 , 3)	1.0	30	±0.2	(—)
0.5	10	±0.5	(3 , 3)	1.0	30	±0.5	(—)
0.5	20	±0.1	(3 , 3)	1.0	40	±0.1	(—)
0.5	20	±0.2	(3 , 3)	1.0	40	±0.2	(—)
0.5	20	±0.5	(3 , 3)	1.0	40	±0.5	(—)

5. 결 론

본 연구에서는 다구찌의 安定性設計를 이용하여 總在庫費用을 최소화하는 經濟的發注量을 결정하는 문제중에서 品切期間중 需要의 一部는 負在庫되고, 나머지 일부는 유실되는 상황하에 再發注點과 經濟的發注量을 결정하는 경우이며, Kim and Park[4]의 模型을 이용하여 費用係數의 변화에 鈍感한 再發注點과 經濟的發注量을 찾는 알고리즘을 개발하고, 數値例를 통해 제시된 알고리즘의 타당성을 입증하였다.

또한 負在庫比率 β와 標準偏差 σ에 따른 컴퓨터 數値實驗 결과에 의하면 負在庫比率과 標準偏差의 변동에는 아주 둔감하며, 雜音水準 변동에는 약간 敏感하다.

앞으로 더욱 연구되어야 할 분야로서 望目特性의 경우 2段階 최적화를 사용하고 있는데 직접 최적화할 수 있는 방법에 대한 연구와 제시된 알고리즘을 다른 형태의 문제에도 적용할 수 있으므로 축차적으로 계속 실험을 할 수 있는 방법을 보완하여 본 연구의 유용성을 향상시킬 필요가 있다.

References

1. 朴景洙(1985), 資料管理 및 在庫管理, 容旻社.
2. 徐洵根, 崔鍾德, 趙浩性, 裵成民(1991), "다구찌 方法에 의한 目標値의 安定性設計", 東亞大學校 工科大學附設 韓國資源開發硏究所, 第15卷 第12號, pp. 57-64.
3. Higle, J.L.(1989), "A Note on the Sensitivity of the EOQ", IIE Transactions, Vol. 21, No. 3, pp. 294-297.
4. Kim, D.H. and Park, K.S.(1985), "(Q, r) Inventory Model with s Mixture of Lost Sales and Time-Weighted Backorders", Jourmal of the Operational Research Society, Vol. 36, No. 3, pp. 231-238.
5. Maghsoodloo, S.(1990), "The Exact Relation of Taguchi's Signal-to-Noise Ratio to His Quality Loss Function", Journal of Quality Technology, 22, pp. 57-67.
6. Mykytka, E.F. and Ramberg, J.S.(1984), "On the Sensitivity of the EOQ to Errors in the Forecast of Demand", IIE Transactions, Vol. 16, No. 2, pp. 144-151.
7. Phadke, M.S.(1989), Quality Engineering Using Robust Design, Prentic-Hall, Inc., Englewood cliffs, N.J.
8. Pignatiello, J.J. and Tsai, A.(1988), "Optimal Economic Design of $\bar{X}$charts when Cost Model Parameters are Not Precisely Known", IIE Transactions, Vol. 20, No. 1, pp. 103-110.
9. Taguchi, G. and Wu, Y.(1985), Off-Line Quality Control, Central Japan Quality Control Association, Nagoya.
10. Yum, B.J. and Ko, S.W.(1991), "On Parameter Design Opeimization Procedures", Quality and Reliability Engineering International 7, pp. 39-46.