

재가공과 검사를 고려한 통합 생산-재고 모형 An integrated production-inventory model with rework and inspection in serial production system

김 성 태*
김 재 련**

ABSTRACT

In this paper, a model is presented which incorporates the possibility of quality control at each of the production stages.

We consider the TYPE I error and the TYPE II error in inspection procedures. In addition to alternative quality control configurations, the model integrates the carrying costs of in-process and finished inventory, quality of production process, reprocessing including fixed and variable cost. Our policy determines the value of optimal lot-size and reprocessing batch size in reducing the total costs.

A numerical example illustrates the model framework and highlights the role of the decision variables.

I. 序 論

1.1 연구의 목적

최근 국내외적으로 많은 영향으로 인해 모든 산

업분야에서 제품의 품질향상에 대한 노력을 기울여 오고 있지만, 아무리 고품질의 제품을 생산하는 공정에서도 불량품은 발생하고 있다. 일반적으로 불량품을 발견하고 제거하기 위해서 생산공정과정중 곳곳에 검사공정을 두고있다. 이

* 한양대학교 대학원

** 한양대학교 산업공학과 교수

러한 검사공정에서 발견된 불량품들은 대부분 재가공 되어진다. 따라서 생산관리자는 생산공정에 한번에 투입할 로트크기와, 어느 생산공정에 끝난 후에 검사를 해야 할 것인가를 결정해야 하며, 재가공 공정은 일반적으로 부품들을 모아서 일괄적으로 처리하게 되므로 어느정도 모였을 때 재가공작업을 해야 하는가를 결정해야 한다.

본 연구에서는 생산공정의 품질과 비용, 검사공정의 위치, 최적로트크기, 최적 재가공작업 배척크기, 재공품재고비용, 검사공정에 따른 생산자 위험율과 소비자 위험율등의 여러가지 변수를 고려한 통합생산-재고모형을 설계하고 이때 총비용을 최소화하는 최적로트크기와 재가공작업 배척크기를 결정하고자 한다.

1.2 기존의 연구

재가공과 검사를 고려한 기존의 연구들을 살펴보면 다음과 같다.

Gupa와 Chakraborty[1]는 불량품으로 기각할 수 있는 것은 오직 최종공정에서만 결정될 수 있으며, 이러한 불량품은 최초의 공정으로 되돌아가서 재가공을 하는 경우에 최적 로트크기와 최적 재가공 배척크기에 대한 결정방법을 제시하였다. 그러나 이 연구에서는 재공품의 재고에 대한 부분은 고려하지 않았다.

Szendrovitz[2]는 재공품의 재고를 고려한 2 단계 생산시스템의 최적로트 크기를 구하는 문제에 대한 연구를 하였는데 Gupta와 Chakraborty의 연구와 마찬가지로 불량품은 오직 최종공정에서만 발견할 수 있다고 가정하였다.

한편 검사공정을 고려한 연구로는 Ballou와 Pazer[3]가 직렬 생산시스템에서의 검사정책을 발표하였으나 재가공을 고려하지 않았다.

White[4]는 직렬 생산시스템에서 검사공정을 할당하는 문제에 대해 전수검사 아니면 무검사가 최적이라는 것을 보여주었다.

Tayi와 Ballou[5]의 연구에서는 재가공과 검사를 모두 고려하였으나 검사를 할 경우 항상

완전한 검사가 된다고 가정하였다.

2. 모형의 설정 및 용어설명

본 연구에서는 Tayi와 Ballou의 모형을 확장하여 검사가 불완전할 수도 있으며, 각 생산공정후에 어느 곳에도 검사공정이 있을수 있는 경우에 대해 기존의 연구에 부분적으로 고려되었던 여러가지 변수들, 즉 작업준비비용, 재공품 재고와 완제품 재고의 유지비용, 생산공정의 품질수준, 변동비용과 고정비용을 고려한 재가공등을 고려한 통합 생산-재고 모형을 제시한다.

2.1 가정

(1) 제품은 배척로 생산되며 각 단계별로 이동된다.

각 단계에서 각 배척들을 처리하는데 배척당 준비비용이 발생하며, 제품 개별적으로는 날개로 분리될 수 있다.

(2) 각 단계의 생산공정후에는 검사공정이 있을수 있는데 이때 검사된 제품을 양품(Good; G)과 불량품(Defective; D)로 구분한다.

(3) 각 검사공정에서의 검사방법은 전수검사 아니면 무검사로 실시되며 검사결과에 따라 생산자 위험확률(type I error; α)과 소비자 위험확률(type II error; β)이 발생된다.

(4) 각 검사공정에서 불량으로 판정된 제품들은 모아서 첫 생산공정으로 보내 재가공을 실시한다.

(5) 시스템에서 발견되지 않은 불량품이 소비자에게 공급되었을 경우와 양품을 기각품으로 판정하였을 경우 벌칙비용이 발생한다.

(6) 각 검사공정에서 발견된 불량품은 일정한 비용을 투여하면 원재료와 같은 수준으로 되며, 로트의 크기를 채우기 위해 새로운 원재료와 합하여 첫 공정에 투입되어진다.

(7) 완제품 한 로트가 모두 소비되는 시점에 다른 한 로트의 완제품의 생산이 완료되어진다.

2.2 기호 설명

(1) 비용에 관한 변수

- $CS(i)$: 생산공정 i 단계에서 시간당 준비 비용.
 $CI(i)$: 생산공정 i 단계후의 단위당 검사 비용.
 $C(i)$: 제품 1단위의 누적비용.
 $C(i) - C(i-1)$: i 단계에서의 부가가치.
 $C(0)$: 원재료비용.
 CH : 재공품 재고의 유지비용에 대한 연간 보유율.
 CHF : 완제품 재고의 유지비용에 대한 연간 보유율.
 CRV : 재가공을 위한 단위당 변동비용.
 $CP1$: 불량품이 소비자에게 판매되었을 경우의 단위당 벌칙비용.
 $CP2$: 양품이 불량품으로 판정되었을 경우의 단위당 벌칙비용.

(2) 시간에 관한 변수

- $TS(i)$: 생산공정 i 단계에서의 준비시간.
 $TP(i)$: 생산공정 i 단계에서의 가공시간.
 $TI(i)$: 검사공정 i 단계에서의 검사시간.
 T : 일일 작업시간.

(3) 생산에 관한 변수

- $Q(i)$: 생산공정 i 단계에서 가공된 제품의 수.
 $Q(n+1)$: 생산공정을 마친 제품의 수.
 $P(i)$: 생산공정 i 단계에서 불량품이 될 확률.
 $D(i)$: 생산공정 i 단계후에서 검사공정 유무에 관한 변수.
 $D(i)=1$: 검사공정이 있음.
 $D(i)=0$: 검사공정이 없음.
 $\beta(i)$: i 단계 검사공정후 불량품을 양품으로 판정할 확률.
 $\alpha(i)$: i 단계 검사공정후 양품을 불량품으로 판정할 확률.

$R(i)$: i 단계에서 기각될 제품의 수.

(4) 시스템에 관한 변수

- n : 생산공정 단계의 수.
 N : 재가공을 하기전까지의 cycle의 수.
 STS : 1 cycle 동안 준비 시간의 합.
 RT : 1 cycle 동안 기각될 제품의 수.
 STY : 1 cycle 동안 검사시간의 합.
 STP : 1 cycle 동안 가공시간의 합.
 NGU : 1 배취에 생산될 양품의 수.
 NRT : N cycle 후에 누적된 기각품의 수.
 A : 시작 로트 크기 $Q(1)$ 과 최종생산품 $Q(n+1)$ 과의 비율.

(5) 기타 변수

- dd : 1일당 제품의 수요.
 ND : 연간 판매 가능 일수.
 D : 연간 수요량, ($D = ND * dd$)
 K : 변환계수, 년/분

3. 모형의 전개

본 연구에서는 n 단계의 생산공정을 갖는 직렬형 생산시스템에서 배취로 제품을 생산하는 경우를 모형화 한다. 이 때 각 단계마다 준비비용과 시간이 필요하며 생산공정 후에는 검사공정이 있을 수도 있다.

검사 결과에 따라 제1종 과오(TYPE I ERROR; α)와 제2종 과오(TYPE II ERROR; β)가 발생된다. N 사이클의 제품생산 후에는 그 동안의 누적된 기각품들을 모아서 다음 생산공정부터 재가공에 들어간다. 이 모형을 설명하면 다음 그림1과 같다.

소비자들의 수요는 확정적이며 일양분포한다고 가정하고 로트의 크기는 모두 동일하다고 가정한다. 따라서 이전 로트와 마지막 로트가 모두 팔린 시점에 다음 로트의 생산이 완료된다고 가정하며 이 상황을 다음의 그림으로 설명한다.

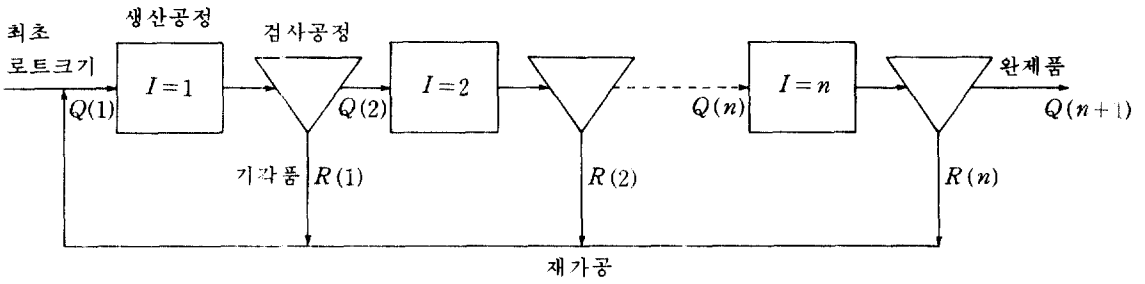
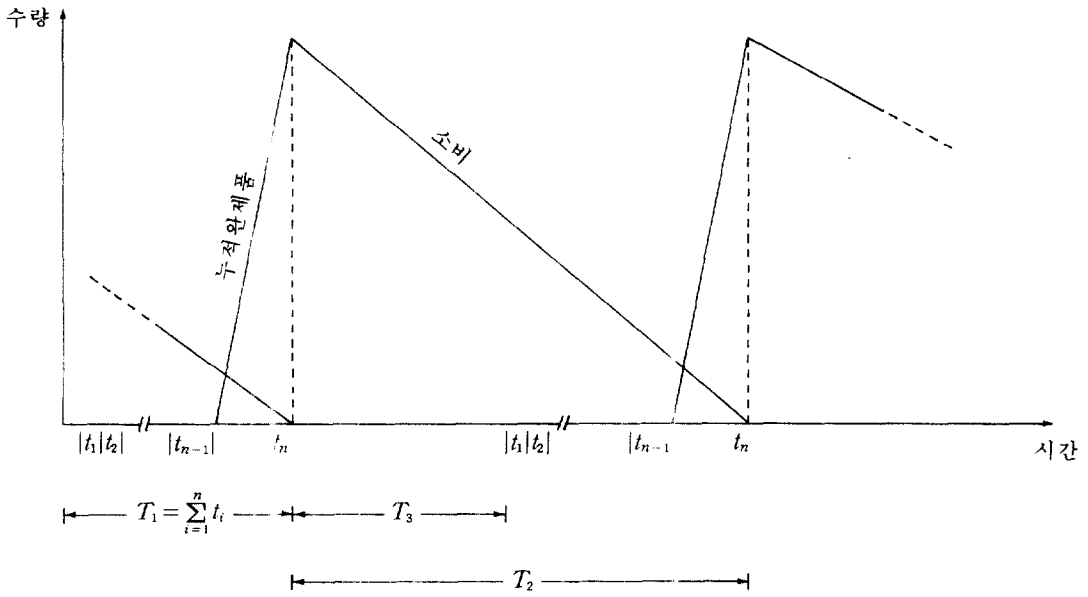


Fig. 1 The Illustration for the Integrated model



t_i = 단계 i 에서의 가공시간 $i=1, 2, \dots, n$
 T_1 = 총 생산 기간
 T_2 = 소비시간
 T_3 = 생산 사이클간의 시간

Fig. 2 The relations of production and consumption cycles

3.1 배취 수량의 분석

그림1에서 $Q(2)$ 는 다음과 같은 식 (1)로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Q(2) &= Q(1) * P(1) * \beta(1) \\
 &+ Q(1) (1-P(1)) (1-\alpha(1)) \quad (1)
 \end{aligned}$$

식 (1)은 초기로트크기 $Q(1)$ 을 생산공정 1단계를 거치는 동안 $P(1)$ 만큼 불량품으로 될 확률이 있으므로 식 (1)에서 앞 항은 불량품인데 다음 공정으로 넘어가는 수량을 나타내며 뒤항은 양품을 양품이라고 판정하여 넘어갈 확률이다. 이와 마찬가지로 $R(1)$ 도 식으로 표현하면 다음 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$R(1) = Q(1)(1 - P(1)) * \alpha(1) + Q(1)P(1)(1 - \beta(1)) \dots\dots (2)$$

식(1)과 식(2)에서 표현한 다음공정으로 넘어가는 제품의 수량과 기각품의 수량을 일반식으로 표현하면 다음과 같다.

3.1.1 생산공정 i 단계에서의 제품의 수량

생산공정 i 단계에서 작업되어지는 제품의 수량은 크게 3부분으로 다음과 같이 구분할 수 있다.

(1) 양품이 양품으로 판정되어 다음공정으로 넘어가는 제품수

(2) 제1단계에서 불량품을 양품으로 판정하여 계속 다음공정으로 넘어가는 제품수

(3) 양품이 중간단계에서 불량품이 되었는데, 양품으로 판정되어 다음공정으로 넘어가는 제품수

위의 경우를 식으로 표현하면 다음 식 (3)과 같다.

$$Q(i) = Q(1) \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P(j)) (1 - \alpha(j)) + Q(1) P(1) \prod_{j=1}^{i-1} \beta(j) + Q(1) \sum_{j=1}^{i-2} P(j+1) \left(\prod_{k=j}^{i-2} \beta(k+1) \right) \prod_{k=1}^j (1 - P(k)) \dots\dots (3)$$

3.1.2 검사공정 i 단계에서의 제품수량

검사공정 i 단계에서의 불량품으로 기각되어지는 제품의 수량은 크게 4부분으로 다음과 같이 구분할 수 있다.

(1) 전 단계까지 양품이 이번 생산공정에서 양품으로 가공되었는데 불량으로 판정한 제품수

(2) 전 단계까지 양품이 이번 생산공정에서 불량품으로 가공되어 불량으로 판정한 제품수

(3) 제1단계에서 불량품으로 가공된 제품이 계속 양품으로 판정되어 오다 불량으로 판정한 제품 수

(4) 양품이 중간단계에서 불량품으로 되었는데 양품으로 판정되어 오다 불량으로 판정한 제품 수

위의 경우를 식으로 표현하면 다음 식(4)와 같다.

$$R(i) = Q(1)(1 - P(i)) \alpha(i) \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P(j)) (1 - \alpha(j)) + Q(1)P(i)(1 - \beta(i)) \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P(j)) (1 - \alpha(j)) + Q(1)P(i)(1 - \beta(i)) \prod_{j=1}^{i-1} \beta(j) + Q(1) \sum_{j=1}^{i-2} P(j+1) (1 - \beta(j)) \left(\prod_{k=j}^{i-2} \beta(k+1) \right) \prod_{k=1}^j (1 - P(k)) (1 - \alpha(k)) \dots\dots\dots (4)$$

3.2 비용분석

앞 절에서 표현한 생산공정 각 단계에서의 제품수량과 기각품의 수량을 기초로한 생산시스템의 비용항을 검토해 보면 다음과 같다.

3.2.1 연간 준비비용

$$I = (D/Q(n+1)) * (1/60) * \sum_{i=1}^n CS(i) * TS(i) \dots\dots\dots (5)$$

3.2.2 연간 재공품재고의 유지비용

(1) 각 단계에서 준비기간 동안 대기비용

$$W(1) = \sum_{i=1}^n Q(i) * TS(i) * C(i-1) \dots\dots\dots (6)$$

(2) 각 단계에서 가공전 대기비용

$$W(2) = 1/2 * \sum_{i=1}^n Q(i) * (Q(i) - 1) * TP(i) * C(i-1) \dots (7)$$

(3) 각 단계에서 가공후 대기비용

$$W(3) = 1/2 * \sum_{i=1}^n Q(i) * (Q(i) - 1) * TP(i) * C(i) \dots\dots\dots (8)$$

(4) 각 단계에서 검사하는 동안 대기비용

$$W(4) = \sum_{i=1}^n Q(i) * (Q(i) - 1) * TI(i) * C(i) * D(i) \dots\dots\dots (9)$$

위의 식(5) - (9)들은 1사이클 동안 재공품재고에 대한 유지비용이므로 연간 재공품재고 유지비용은 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\Pi = (D/Q(n+1)) * CH * K * (W(1) + W(2) + W(3) + W(4)) \dots(10)$$

3.2.3 연간 불량품의 재공품재고의 유지비용

(1) 준비기간동안 불량품에 대한 대기비용
1 사이클 동안 대기시간

$$rs = \sum_{j=1}^{n-1} R(j) * \sum_{i=j+1}^n TS(i)$$

2 사이클동안 대기시간

$$2 * rs + RT * STS$$

N 사이클동안 대기시간

$$X(1) = N * rs + ((N-1) * N/2) * RT * STS \dots\dots\dots (11)$$

(2) 검사기간동안 불량품에 대한 대기비용
1 사이클동안 대기시간

$$rt = \sum_{j=1}^{n-1} R(j) * \sum_{i=j+1}^n Q(i) * TI(i) * D(i)$$

N 사이클동안 대기시간

$$X(2) = N * rt + ((N-1) * N/2) * RT * STI \dots\dots\dots (12)$$

(3) 가공하는 동안 불량품에 대한 대기비용

$$rm = \sum_{j=1}^{n-1} R(j) * \sum_{i=j+1}^n Q(i) * TP(i)$$

$$X(3) = N * rm + ((N-1) * N/2) * RT$$

$$* STP \dots\dots\dots(13)$$

(4) 싸이클 사이에 불량품에 대한 대기비용

$$X(4) = (N * (N-1)/2) * RT$$

$$* ((Q(n+1) * T/dd)$$

$$- (STS + STP + STI)) \dots\dots(14)$$

따라서 식 (11) - (14)를 년간으로 환산하면

$$III = (D/Q(n+1)) * (C(0) * CH$$

$$* K/N) * (X(1) + X(2)$$

$$+ X(3) + X(4)) \dots\dots\dots(15)$$

로 나타낼 수 있다.

3.2.4 년간 완제품 재고의 유지비용

$$IV = (1/2) * C(n) * CHF * Q(n+1)$$

$$\dots\dots\dots(16)$$

3.2.5 년간 검사비용

$$V = (D/Q(n+1)) * \sum_{i=1}^n (CI(i) * Q(i)$$

$$* D(i)) \dots\dots\dots(17)$$

3.2.6 년간 재가공비용

$$VI = (D/Q(n+1)) * (1/N) * (CRF$$

$$+ CRV * N * RT) \dots\dots\dots(18)$$

3.2.7 년간 제조비용

$$VII = (D/Q(n+1)) * \sum_{i=1}^n Q(i) * (C(i)$$

$$- C(i-1)) \dots\dots\dots(19)$$

3.2.8 년간 벌칙비용

(1) 양품인데 TYPE I ERROR에 의하여 발생하는 벌칙비용

$$Y(1) = Q(1) (1 - P(i)) \alpha(i) \prod_{j=1}^{i-1}$$

$$(1 - P(j)) (1 - \alpha(j))$$

(2) 불량품이 TYPE II ERROR에 의하여 발생하는 벌칙비용

$$Y(2) = Q(1) P(1) \prod_{j=1}^{i-1} \beta(j) + Q(1)$$

$$\sum_{j=1}^{i-2} P(j+1) \left(\prod_{k=j}^{i-2} \beta(k+1) \right)$$

$$* \prod_{k=1}^j (1 - P(k)) (1 - \alpha(k))$$

$$VIII = (D/Q(n+1)) * (CP1 * N * Y(2)$$

$$+ CP2 * N * Y(1)) \dots\dots\dots 20$$

4. 최적로트크기와 재가공 배척 크기의 결정

본 연구에서는 3절에서 제시한바와 같이 크게 8개의 비용변수로 구성된 통합 생산-재고모형을 설계하였다. 모형을 이루고 있는 변수들은 대부분 정해질 수 있는 것들이나 생산관리자의 의사결정이 필요한 변수는 크게 두가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째, 소비자의 수요를 충족시키기 위해 어느 정도의 로트크기로 제품을 생산해야하며, 생산 중 발생된 불량품을 어느 정도의 수량이 될때 재가공을 실시할 것인가를 결정하는 문제이다. 즉 최적로트크기 $Q^*(1)$ 를 구하고 재가공까지의 사이클 횟수 N 을 결정하는 것이다.

둘째, 각 단계에서 생산자 위험확률 ($\alpha(i)$)과 소비자 위험확률($\beta(i)$)이 어떻게 결정되는가에 따라 최종공정을 마친 원제품의 수량이 변화되므로, 수요의 충족을 위하는면과 벌칙비용면, 즉 고갈비용과 벌칙비용의 Trade-off를 고려한 각 단계에서의 검사정책에 관한 내용이다.

본 연구에서는 두번째 의사 결정에 관한 사항은 각단계에서 $\alpha(i)$ 와 $\beta(i)$ 가 동일하며 검사할 공정이 정해져 있는 경우에 대해서만 살펴보고, 이때 최적로트크기와 재가공 배척크기를 결정하는 문제만 다루기로 한다.

재가공 배척크기를 결정하기 위해 N 사이클 동안 누적된 기각품의 수 (NRT)는 검사정책이 일정하면 다음과 같은 식 (21)로 쓸 수 있다.

$$NRT = N(R(1) + R(2) + \dots + R(n)) \\ = N \sum_{i=1}^n R(i) \quad \dots\dots\dots(21)$$

식 (21)을 다른 관점에서 살펴보면, 즉 식 (4)에서 알 수 있듯이 각 사이클마다 최초의 로트크기 $Q(1)$ 에 따라 기각품의 수가 종속적이다. 따라서 N 사이클동안 누적된 기각품의 수를 로트크기 $Q(1)$ 의 일정한 비율로 표시할 수 있다.

$$NRT = l \cdot Q(1) \quad \dots\dots\dots(22)$$

식 (22)에서 l 을 어떻게 결정하는가에 따라 사이클 횟수 N 이 결정되게 된다. 만약 $l < 1$ 이라면 재가공시 원재료를 더 첨가하여 $Q(1)$ 이 되도록 해서 생산하여야 하고, $l > 1$ 이면 $Q(1)$ 만큼씩 나누어 생산하고 여분이 발생하면 원재료를 첨가하여 생산토록 하게 된다. $l > 1$ 인 경우

에는 기각품의 재공품 재고의 유지비용 항목을 다음과 같이 추가하여야 한다.

$$X(5) = Q(1) \cdot ((l-1) + (l-2) + \dots \\ + (l - [l])) * (STS + STI \\ + STP + X(4)) \quad \dots\dots\dots(23)$$

본 연구에서 구하고자하는 것은 3절에서 고려한 모든 비용을 고려한 목적식을 최소화하는 최적로트크기 $Q^*(1)$ 와 재가공 배척크기를 결정하기 위한 결정변수 l^* 를 구하여야 한다.

$$\text{목적식 Min } TC = I + II + III + IV + V \\ + VI + VII + VIII \quad \dots\dots\dots(24)$$

위의 목적식은 $Q(1)$ 과 l 에 대한 함수식으로 이루어지므로 최적로트크기와 결정변수는 각각 편미분을 통하여 구할 수 있다.

$$\frac{\partial TC}{\partial Q(1)} = 0, \quad \frac{\partial TC}{\partial l} = 0 \quad \dots\dots\dots(25)$$

목적식의 형태가 일반식으로 이루어져서 식 (25)는 계산하기 어려움으로 5단계의 직렬형 생산시스템의 경우를 예로 하여 수치예를 들어 증명하도록 한다.

생산공정단계가 5단계로 구성될 경우 목적식은 다음 식 (26)과 같이 표현되며 식에 표현된 상수항들은 부록으로 정리한다.

$$\text{Min } TC = B1 * \frac{1}{Q(1)} + B9 + B10 * Q(1) \\ + B14 * B15 + B14 * B16 * l \\ + B14 * B17 * Q(1) \\ + B18 + B19 + B20 * \frac{1}{Q(1)}$$

$$+ B21 + B22 + B23 * l \quad (26)$$

5. 수치예

식 (26)을 $Q(1)$ 과 l 의 형태로 표현하면

$$\begin{aligned} \text{Min } TC = & N1 * \frac{1}{Q(1)} + N2 * Q(1) \\ & + N3 * l + N4 * \frac{1}{l * Q(1)} \\ & + N5 \dots \dots \dots (27) \end{aligned}$$

로 나타낼 수 있다.

본 연구에서 다루는 수치예는 Tayi와 Ballou [5]의 논문에서 다룬 수치예를 그대로 적용하며, 생산자 위험확률 $\alpha(i)$ 와 소비자 위험확률 $\beta(i)$ 를 첨가한다. Tayi와 Ballou는 검사가 완벽하다고 가정하였으므로 그들의 논문과 비교를 위해 생산위험확률 $\alpha(i)$ 와 소비자 위험확률 $\beta(i)$ 를 모두 0로 한 경우와 계산의 편의를 위해 각 단계마다 생산자 위험확률 $\alpha(i)=0.01$ 과 소비자 위험확률 $\beta(i)=0.05$ 로 모두 같다고 할 경우에 대해서 살펴보도록 한다.

Table 1. Data for the numerical example

공정 단계 (i)	불량 발생률 P(i)	TYPE I error $\alpha(i)$	TYPE II error $\beta(i)$	가동준비		공정 시간 TP(i)	누적 비용 C(i)	검 사	
				시간 TS(i)	비용 CS(i)			시간 TI(i)	비용 CI(i)
1	0.1 0.3	0.01	0.05	2	120	0.04	1.50	0.01	0.05
2	0.1 0.03	0.01	0.05	5	360	0.06	3.75	0.01	0.05
3	0.1 0.03	0.01	0.05	8	500	0.03	4.75	0.01	0.05
4	0.1 0.03	0.01	0.05	8	500	0.08	5.50	0.01	0.05
5	0.1 0.03	0.01	0.05	4	240	0.05	6.00	0.01	0.05

비용요소 : $C(0)=2.0$, $CH=0.15$, $CHF=0.20$, $CRE=500.0$, $CRV=0.15$, $CP1=8.0$, $CP2=12.0$.
 양품의 연간수요 $D=dd * ND=200 * 250=50,000$.
 일일 작업 시간 $T=480$ (분).

Table 2. Comparison of the result between models

$P=0.1$

D(i)	Tayi & Ballou Model		Our Model $\alpha=0.01 \beta=0.05$	
	$Q^*(1)$	l^*	$Q^*(1)$	l^*
(0, 0, 0, 0, 0)	3701	-	3701	-
(1, 1, 1, 1, 1)	5725	1.88	5449	1.30
(1, 0, 0, 0, 1)	5554	1.93	4708	1.97
(0, 1, 0, 1, 0)	5472	1.71	4665	1.22

6. 결 론

본 연구에서는 직렬형 생산-재고 시스템에서 발생할 수 있는 대부분의 비용들을 모두 고려하여 통합 생산-재고 모형을 설계하였다. 이때 재가공과 검사를 고려할 경우 로트크기를 얼마로 하는 것이 총비용을 최소로 하는가를 결정하였으며 기각품을 재가공하는 시점을 결정하였다.

또한 본 연구에서는 각 검사공정에 생산자 위험확률과 소비자 위험확률을 고려하였을 때, 생산공정의 각 단계로 넘어가는 수량과 기각품의

수량을 일반식으로 표현하였다.

표2의 결과에서 볼수 있듯이 생산자 위험확률과 소비자 위험확률이 고려되면 최적 로트크기가 변화되는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 다루어진 제품의 단위와 시간의 개념은 모두 이산형인 경우에 대해서만 다루었으나 현실적으로 많은 경우가 연속형이므로 이에 대한 연구가 필요하겠다. 또한 소비자 위험확률과 생산자 위험확률을 얼마로 할 것이며, 어느 가당 공정뒤에 검사공정을 설치할 것인가에 대한 최적 검사정책을 결정하는 문제도 앞으로 연구의 대상으로 유보토록한다.

參 考 文 獻

1. Gupta, T. and Chakraborty, S. 1984, "Looping in a multistage production system," International Journal of Production Research, 22, 299-311.
2. Szendrovits, A.Z. 1983, "Non-integer optimal lot size ratios in two-stage production/inventory systems," International Journal of Production Research, 21, 323-336.
3. Ballou, D. P., and Pazer, H.L. 1982, "The impact of inspector fallibility on the inspection police in serial production system," Management Science, 28, 387-399.
4. White, L.S. 1969, "Shortest route model for the Allocation of inspection effort on a production line," Management Science, 15, 249-259.
5. Tari, G.K. and Ballou, D.P. 1988, "An integrated production-inventory model with reprocessing and inspection," International Journal of Production Research, 26, 1299-1315.
6. Menipaz, E. 1978, "A taxonomy of economically based quality control procedures," International Journal of Production Research, 16, 153-167.
7. Yum, B.J., and McDowell, E.D. 1981, "The optimal allocation of inspection effort in a class of nonserial production systems," AIIE Transactions, 13, 285-293.