대한산업공학회/한국경영과학회 2000 춘계공동학술대회 논문집. 2000년4월21-22일. 경남대학교
Session OA7.5

생산준비비용의 절감효과를 고려한 단일설비 다종제품의 동적생산계획 모형
Setup Cost Reduction in a Single-Facility Multi-Product Dynamic Lot-sizing Model

이운식* · 김병남* · 조종호**
*부경대학교 산업공학과, **부경대학교 산업공학과 석사과정

Abstract

본 논문은 단일설비로 다종제품을 생산하는 생산시스템에서 생산준비비용의 절감효과를 고려한 동적생산계획 모형을 다룬다. 이 모형에서 각 제품에 대한 수요는 유한계획기간에서 동적으로 발생하고 추후조달은 허용되지 않으며 투입자원은 한 종류가 사용된다. 또한, 생산기간마다 생산설비는 다종제품을 동시에 생산하고 이때 각 제품의 생산량은 전체 투입자원량의 일정비율로 생산된다. 이 모형에서 총비용은 생산준비비용의 절감을 위한 투자비용, 생산준비비용, 각 제품별 재고유지비용으로 구성된다.

본 논문에서는 절감된 생산준비비용 하에서의 최적생산계획과 생산준비비용의 절감을 위한 최적투자액을 동시에 결정할 수 있는 휴리스틱 알고리즘를 제시한다. 또한, 선형 및 지수 감소함수 형태의 생산준비비용 절감함수 하에서 다양한 문제들을 대상으로 한 시뮬레이션 실험을 통해 제시한 휴리스틱 알고리즘의 효율성을 검증한다.

1. 서론

최근 많은 학자들 사이에 생산준비비용을 절감하기 위한 신기술에의 투자가 경제적 로트크기결정에 미치는 영향에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 그들은 생산준비비용(Setup Cost)이 투자비용의 함수라 가정하고 생산준비비용의 절감은 최적 로트크기를 감소시키므로 재고량의 감소와 투자비용의 증가 사이에 절충(*trade-off*) 관계를 연구하였다. Hall (1983), Keller와 Noori (1988), Monden (1983), Narasimhan과 Melnyk (1990), Mekler (1993), Hong과 Hayya (1993) 등은 생산준비비용의 절감으로 인한 더 작은 로트크기가 경제적으로 가능하다면, 많은 이익이 창출될 수 있다고 언급하였다. 이러한 이익으로는 생산 조달기간의 감소, 품질 향상, 재공품 감소, 일정계획 및 순서계획의 간소화, 생산능력의 증가, 운영상의 유연성 향상, 저장공간의 감소 등을 들 수 있다.

본 논문은 단일설비로 다종제품을 생산하는 생산시스템에서의 동적 로트크기결정 모형을 다룬다. 이 모형에서 각 제품에 대한 수요는 유한계획기간에서 동적으로 발생하고 추후조달은 허용되지 않으며 투입자원은 한 종류가 사용된다. 또한, 생산기간마다 생산설비는 다종제품을 동시에 생산하고 이때 각 제품의 생산량은 전체 투입자원량의 일정비율로 생산된다. 이러한 생산환경의 예로는 원유의 정제시 휘발유, 경유, 코우크스 등의 제품이 일정비율로 생산되는 정유공장을 들 수 있다. 이러한 단일설비 다종제품의 동적 생산계획문제는 Sung (1985), Sung과 Park (1987) 등에 의해 연구되었으나 생산준비비용의 절감효과는 고려되지 않았다.

본 논문에서는 절감된 생산준비비용 하에서의 최적생산계획과 생산준비비용의 절감을 위한 최적투자액을 동시에 결정할 수 있는 휴리스틱 알고리즘을 제시한다. 또한, 선형 및 지수 감소함수 형태의 생산준비비용 절감함수 하에서 다양한 문제들을 대상으로 한 시뮬레이션 실험을 통해 제시한 휴리스틱 알고리즘의 효율성을 검증한다.

2. 수리모형

T 기간동안 각 생산시점에서의 제품 i ($i=1,2,\cdots,M$)에 대한 생산량이 총생산량의 α_i를 차지하는 다종제품 생산문제를 고려한다. T 기간동안의 생산량 $X=(X_1,X_2,\cdots,X_T)$는 다음의 관계를 갖는다:

$$X_t = \sum_{i=1}^{M} x_{ti}, \text{ 그리고 } x_{ti} = (\alpha_i/M_\alpha)\cdot X_t,$$

여기서 $M_\alpha = \sum_{i=1}^{M}\alpha_i$,

x_{ti} = 기간 t에서 제품 i의 생산량

($t=1,2,\cdots,T$; $i=1,2,\cdots,M$).

$r_{ti}(\geq 0)$는 기간 t에서 제품 i에 대한 수요량이라 정의한다. 또한, 일반성의 상실없이, 집합 J내에 있는 제품들에 대한 초기재고와 계획기간말 재고는 0이라 가정하고 집합 J는 다음과 같이 정의한다:

$$J=\left\{ i \mid \max \frac{M_\alpha}{\alpha_i}\cdot R_{1T}(i),\ \forall i \right\}$$

여기서, $R_{mn}(i) = \sum_{t=m}^{n} r_{ti}$

($m=1,2,\cdots,T$; $n=m,m+1,\cdots,T$).

따라서, 생산준비비용, 각 제품별 재고유지비용, 생산준비비용 절감을 위한 투자비용으로 구성된 총비용을 최소화하는 수리모형(P)은 다음과 같다.

$$(P)\ Min\quad TC(\cdot)=\sum_{t=1}^{T}S(v)\cdot\delta(X_t)+\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{M}h_i\cdot I_{ti}+v \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
s.t.\quad & I_{ti}=X_{1t}(i)-R_{1t}(i), && \forall i,\ t, && (2)\\
& v\le v_{\max}, && && (3)\\
& X_t=\sum_{i=1}^{M}x_{ti}, && \forall t, && (4)\\
& x_{ti}=(\alpha_i/M_\alpha)\cdot X_t, && \forall i,\ t, && (5)\\
& v\ge 0,\ I_{ti}\ge 0,\ \text{and}\ x_{ti}\ge 0, && \forall i,\ t, && (6)\\
& I_{0i}=0,\ \forall i,\ \text{and}\ I_{Tj}=0, && \forall j\in J && (7)
\end{aligned}$$

여기서, $X_{mn}(i)=\sum_{t=m}^{n}x_{ti}(\ 1\le m\le n\le T\ )$,

v = 계획기간 T동안의 투자비용,
$v_{\max}$ = 생산준비비용을 최소로 하기 위한 최대 투자비용,
$S(v)$ = 투자비용 v와 대응되는 생산준비비용,
h_i = 제품 i에 대한 단위당 재고유지비용,
I_{ti} = 기간 t말의 제품 i에 대한 재고량,
$\delta(x)$ = $x>0$이면 1, 아니면 0.

상기의 수리모형 P에서, 투자비용 v가 고정값을 가질 때, 제약식들((2)-(7))에 의해 형성되는 해공간은 볼록집합이고 목적함수는 오목함수이므로 정점(extream point)에서 최적해가 발생한다. 다음 절에서는 이러한 정점들의 성질을 규명한다.

3. 최적해의 특성 및 탐색절차

투자비용 v가 주어질 경우에, 수리모형 P에 대한 최적해의 성질을 규명해보자.

<정리 1> 수리모형 P에서, 투자비용 v가 주어질 경우에, 최적 로트크기 $X^*=(X_1^*,X_2^*,\cdots,X_T^*)$는 다음의 성질을 만족한다:

$$X_t^*\cdot\prod_{i=1}^{M}I_{t-1,i}=0\ \text{ for }\ t=1,2,\cdots,T.$$

$X_{m+1,n}(\ 0\le m<n\le T)$를 기간 $m+1$에서 n 까지의 누적수요량을 만족시키는 기간 $m+1$에서의 생산량이라 정의하고 모든 i에 대해, $I_{ti}>0$ ($m<t<n$), $\prod_{i=1}^{M}I_{mi}=0$, $\prod_{i=1}^{M}I_{ni}=0$이 성립된다고 하자. 이 때, 임의의 m과 n에 대한 최적 로트크기 $X^*_{m+1,n}$는 다음의 성질을 갖는다.

<정리 2> 수리모형 P에서, 투자비용 v가 주어질 경우에, 최적 로트크기 $X^*=(X_1^*,X_2^*,\cdots,X_T^*)$는 다음을 만족한다 ($m=0,1,\cdots,T-1$):

$$X^*_{m+1,n}=L(n)-L(m)\ \text{ for }\ 0\le m<n\le T,$$

여기서, $L(n)=\max_i\left\{(\frac{M_\alpha}{\alpha_i})R_{1n}(i)\right\}$.

$d_{mn}(\hat{v})$을 특정한 투자비용 $\hat{v}$에 대응되는 생산량 $X_{m+1,n}$과 관련된 비용이라 정의하면 다음과 같이 표현된다:

$$d_{mn}(\hat{v})=S(\hat{v})+\sum_{t=m+1}^{n}\sum_{i=1}^{M}h_i\cdot I_{ti} \quad (8)$$

여기서, $I_{ti}\ (m+1\le t\le n)$는 기간 $m+1$에서의 생산량 $X_{m+1,n}$과 관련된 재고수준을 나타낸다.

$F_t(\hat{v})$를 기간 t에서 $\prod_{i=1}^{M}I_{ti}=0$이 성립되고 특정한 투자비용 $\hat{v}$가 주어질 때, 기간 $0,1,2,\cdots,t$에서의 최적 로트크기와 관련된 비용이라 정의하면 다음과 같은 동적계획법 알고리즘을 얻을 수 있다.

$$F_0(\hat{v})=\hat{v},$$

$$F_n(\hat{v})=\underset{0\le m\le n-1}{Min}[F_m(\hat{v})+d_{mn}(\hat{v})], \quad (9)$$

$$(\ n=1,2,\ldots,T).$$

최적 투자비용을 빠르고 쉽게 찾을 수 있다면, 동적계획법 알고리즘(9)의 반복적인 계산량을 현저히 줄일 수 있기에 총비용함수 $TC(\cdot)$의 형태를 분석해 보고자 한다.

$k(=\sum_{t=1}^{T}\delta(X_t))$를 계획기간동안에 이루어진 생산준비(setup)의 횟수라 정의하자. 또한, 식(1)은 생산준비의 횟수 k와 생산준비비용의 절감을 위한 투자비용 v의 함수로써, 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$TC(k,v)=k\cdot S(v)+\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{M}h_i\cdot I_{ti}+v. \quad (10)$$

식(10)은 투자비용 v에 대해 볼록함수이며, 투자비용 v가 주어질 때, k에 관하여 볼록함수이다 (Mekler (1993) 참조). R을 전체 계획기간 동안에 발생하는 다종제품의 수요를 만족시키기 위해 필요한 순소요량이라 정의하고 $\hat{X}$을 생산준비 1회당 평균생산량이라 정의하면 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다:

$$R=\sum_{t=0}^{T}\delta(X_t)\cdot X_t,\ \text{그리고} \quad (11)$$

$$\hat{X}=\frac{R}{\sum_{t=1}^{T}\delta(X_t)}. \quad (12)$$

식(11)과 식(12)를 이용하여 식(10)은 다음과 같이 다시 표현할 수 있다:

$$TC(\hat{X},v)=\frac{R\cdot S(v)}{\hat{X}}+\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{M}h_i\cdot\Big\{I_{t-1,i}+\frac{\alpha_i}{M_\alpha}\cdot(\hat{X}-\varepsilon_t)-r_{ti}\Big\}+v \quad (13)$$

여기서, $\varepsilon_t=\hat{X}-X_t$.

$\frac{dS(v)}{dv}$와 $\frac{d^2S(v)}{dv^2}$를 각각 v에 관한 $S(v)$의 1차 및 2차 도함수라 정의하자.

<정리 3> $f(v)=2S(v)[\frac{d^2S(v)}{dv^2}]-[\frac{dS(v)}{dv}]^2$라 할 때, 총비용함수 $TC(\cdot)$는 다음의 성질을 갖는다.

(1) $f(v)>0$이면 $TC(\cdot,v)$는 순볼록이다.
(2) $f(v)<0$이면 $TC(\cdot,v)$는 순오목이다.
(3) $f(v)=0$이면 $TC(\cdot,v)$는 볼록-오목 또는, 오목-볼록이다.

$TC(\cdot,v)$의 형태에 관한 <정리 3>의 결과로부터, 최적 투자액 v^*를 다음의 <정리 4>와 같이 결정할 수 있다. v_s를 정상점(stationary point)이라 정의하자.

<정리 4> 최적 투자액 v^*는 $TC(\cdot,v)$의 형태에 따라 다음과 같이 결정된다.

(1) $TC(\cdot,v)$가 순오목이면, v^*는 0이거나 $v_{\max}$ 중 한 값을 갖는다.

(2) $TC(\cdot, v)$가 순볼록, 볼록-오목 또는 오목-볼록이면, v^*는 0, $v_{\max}$ 또는 v_s 중 한 값을 갖는다.

따라서, <정리 4>의 결과로부터, 최적 로트크기와 최적 투자액을 동시에 결정할 수 있는 효율적인 알고리즘을 다음과 같이 제시할 수 있다.

단계 1. $TC(\cdot, 0)$와 $TC(\cdot, v_{\max})$를 계산하고 각총 비용함수에 대응되는 해를 저장한다. $TC(\cdot, 0) < TC(\cdot, v_{\max})$이면 $\bar{v} = 0$으로 놓고, 아니면 $\bar{v} = v_{\max}$로 놓는다. 그리고, 단계 2로 간다.

단계 2. $f(v)$를 계산한다. 모든 v에 대해, $f(v) < 0$ (즉, $TC(\cdot, v)$가 순오목)이면, $v^* = \bar{v}$로 놓고 단계 5로 간다. 아니면, 단계 3으로 간다.

단계 3. v에 관한 $TC(\cdot, v)$의 1차 도함수를 0으로 놓고 $TC(\cdot, v)$곡선 상에서 볼록부분에 대한 v_s ($0 \le v_s \le v_{\max}$)를 찾는다. v_s에 대해, 닫힌 형식의 해(closed-form solution)가 존재한다면, $TC(\cdot, v_s)$를 계산한다. 아니면, line search 기법들을 이용하여, 수치적으로 v_s와 $TC(\cdot, v_s)$를 찾는다. 그리고, 단계 4로 간다.

단계 4. $TC(\cdot, \bar{v}) < TC(\cdot, v_s)$이면 $v^* = \bar{v}$로 놓고, 아니면 $v^* = v_s$로 놓는다. 그리고, 단계 5로 간다.

단계 5. v^*에 대응되는 최적해를 인쇄하고 알고리즘을 종료한다.

4. 휴리스틱 알고리즘

이 절에서는 최적생산계획과 최적투자액을 동시에 수립할 수 있는 휴리스틱 절차를 설명한다. 먼저, 최소수준재고량을 정의한다.

<정의> 기간 n까지의 수요량을 만족시킬 수 있는 기간 m의 말에 필요한 제품 i에 대한 최소수준재고량을 "$\frac{\alpha_i}{M_\alpha} \cdot (L(n) - L(m))$"로 정의한다.

생산준비비용이 $S(v_s)$까지 감소된다고 할 경우에, 감소된 생산준비비용에 의해 추가적인 생산이 발생하게 된다면 재고수준의 감소가 발생하게 되며 이로 인하여 재고유지비용이 감소하게 될 것이다. 그러므로 재고비용에서의 감소가 생산준비비용에서의 증가를 초과할 때까지 추가적인 생산이 가능하게된다.

<표 1> 현재의 생산준비비용을 갖는 생산계획

생산기	기간	총소요량	로트크기	제품 i에 대한 최소수준 재고량
g^{th}	v	$L(v)-L(v-1)$	$L(v+l)-L(v-1)$	$\frac{\alpha_i}{M_\alpha} \cdot (L(v+l)-L(v))$
	$v+1$	$L(v+1)-L(v)$	0	$\frac{\alpha_i}{M_\alpha} \cdot (L(v+l)-L(v+1))$
	$v+2$	$L(v+2)-L(v+1)$	0	$\frac{\alpha_i}{M_\alpha} \cdot (L(v+l)-L(v+2))$
	$v+l$	$L(v+l)-L(v+l-1)$	0	0
$(g+1)^{th}$	$v+l+1$	$L(v+l+j)-L(v+l)$	$L(v+l+j)-L(v+l)$	$\frac{\alpha_i}{M_\alpha} \cdot (L(v+l+j)-L(v+l+1))$

기간 v와 기간 $(v+l+1)$을 현재의 생산준비비용 $S(0)$가 발생하는 g번째와 $(g+1)$번째 생산기간이라 두자(<표 1>참조). 이때 절감된 생산준비비용 $S(v_s)(<S(0))$에 의해서 추가적인 생산이 $(v+1)$번째 기간에서 발생할 경우에 비용절감액은 다음과 같이 표현된다:

$$MSV_{v+1}(g) = \sum_{i=1}^{M} h_i \cdot (\alpha_i / M_\alpha (L(v+l) - L(v))) - S(v_s). \tag{14}$$

$CMSV_{v+\tau}(g)$를 g번째와 $(g+1)$번째 생산기간 사이에서 τ번의 추가적인 생산이 기간 $(v+1)$과 기간 $(v+\tau)$사이에서 발생할 경우에 MSV의 누적비용절감액이라 하면 다음과 같이 표현된다:

$$CMSV_{v+\tau}(g) = \sum_{j=1}^{\tau} MSV_{v+j}(g). \tag{15}$$

식(14)로부터, 추가적인 생산이 $(v+\tau)$번째 기간에서 발생할 경우에 비용절감액은 다음과 같다:

$$MSV_{v+\tau}(g) = \sum_{i=1}^{M} h_i \cdot (\alpha_i / M_\alpha (L(v+l) - L(v+\tau-1))) - S(v_s). \tag{16}$$

또한, 식(16)을 식(15)에 대입하면 다음과 같은 식이 도출된다.

$$CMSV_{v+\tau}(g) = \sum_{j=1}^{\tau} \sum_{i=1}^{M} h_i \cdot (\alpha_i / M_\alpha (L(v+l) - L(v+j-1))) - \tau \cdot S(v_s). \tag{17}$$

그러므로 $CMSV_{v+\tau}(g)$가 양수이면 $(v+1)$번째 기간부터 $(v+\tau)$번째 기간까지 τ번의 추가적인 생산을 함으로써 이익이 발생하게 되며, 음수이면 τ번의 추가적인 생산을 할 경우에 손실이 발생하게 된다. 여기서, 누적비용절감액은 v번째와 $(v+l)$번째 기간에서 발생하게 되는 추가 생산준비의 횟수에 따라 달라지며 TC값 역시 달라지게 된다. 그러므로 최대가 되는 $CMSV(g)$를 취해야만 TC값을 최대로 개선할 수 있게 된다. $MCMSV(g)$를 g번째 생산기간에서의 최대누적비용절감액이라고 한다면 다음과 같이 표현된다:

$$\begin{aligned} MCMSV(g) &= \max_{\tau=1,\dots,l} \{ CMSV_{v+\tau}(g) \} \\ &= \max_{\tau=1,,l} \Big\{ \sum_{j=1}^{\tau} \sum_{i=1}^{M} h_i \cdot (\alpha_i / M_\alpha (L(v+l) - L(v+j-1))) - \tau \cdot S(v_s) \Big\}. \end{aligned}$$

따라서, 전체 계획기간에 대해서 감소된 생산준비비용 $S(v_s)$를 사용하여 $MCMSV(g)$를 구하면 개선된 총비용 $TC_{improve}$는 다음과 같이 구할 수 있다:

$$TC_{improve} = TC_{current} - k_0 \cdot (S(0) - S(v_s)) - \sum_g MCMSV(g) + v_s \tag{18}$$

여기서,

$TC_{current}$ = 현재의 생산준비비용 $S(0)$에 의해서 계산된 총 비용,

$TC_{improve}$ = 감소된 생산준비비용 $S(v_s)$에 의해서 계산된 총 비용,

k_0 = 현재의 생산준비비용 $S(0)$에 의해서 계산된 생산 횟수.

5. 알고리즘 성능의 평가

총 계획기간동안의 수요는 정규분포(μ = 60, σ = 15, 10, 5; μ = 80, σ = 15, 10, 5; μ = 100, σ = 15, 10, 5)를 사용하여 수요를 발생시켰고 총 계획기간은 12, 24, 36의 3가지 경우를 고려하였다. 생산준비비용 절감효과가 적용되지 않은 원문제의 최적

생산계획과 총비용은 동적계획법 알고리즘(9)를 사용하여 구하였고 생산준비비용에 대한 상한과 하한은 Lot Size Index(LSI: Blackburn과 Millen (1979))를 적용한 선형 및 지수 생산준비비용 절감함수를 이용하였다. 본 논문에서 적용된 *LSI*는 다음과 같다:

$$LSI = S(\cdot)/\sum_{i=1}^{M} h_i \overline{d_i}$$

여기서, $\overline{d_i}$: 제품 i의 기간당 평균수요,

h_i : 제품 i의 재고유지비용.

그리고 $LSI_u = S(0)/\sum_{i=1}^{M} h_i \overline{d_i}$, $LSI_l = S(v_{\max})/\sum_{i=1}^{M} h_i \overline{d_i}$ 라 두었으며 각각의 값은 선형 및 지수 생산준비비용 절감함수에 동일하게 LSI_u =(1.0, 1.5, 2.0, 2.5)와 LSI_l =(0.5, 1.0, 1.5, 2.0)를 적용하였다. 그리고 $\varnothing=0.2$로 선형 및 지수 생산준비비용 절감함수에 동일하게 적용하였다.

상기와 같은 실험조건을 바탕으로, 각 4개의 수요표본을 발생시켜 선형 및 지수 준비비용 절감함수별로 *APDO*(Average Percentage Deviation from Optimally)를 계산하였다. 이때, *APDO*는 다음과 같이 정의된다:

$$APDO = \frac{\text{최적값} - \text{휴리스틱값}}{\text{최적값}} \times 100.$$

<표 2>와 <표 3>은 지수 및 선형 생산준비비용 절감함수의 APDO만을 요약하여 표시하였다. <표 2>와 <표 3>에 의하면 휴리스틱 알고리즘으로 찾은 해가 최적해에 매우 근접함을 볼 수 있다. 선형 및 지수 각각의 생산준비비용 절감 함수의 경우 APDO의 최고값이 각각 0.118% 과 0.115%로 최적해에 매우 근사한 값을 보임을 알 수 있다.

<표 2> 선형 생산준비비 절감함수의 APDO

Average Percentage Deviation From Optimality													
	LSI_u	1.0			1.5			2.0			2.5		
LSI_l	μ / 기간	60	80	100	60	80	100	60	80	100	60	80	100
0.5	12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.0	12				0.043	0.049	0.033	0.118	0.078	0.046	0.118	0.078	0.046
	24				0.050	0.054	0.033	0.051	0.054	0.022	0.051	0.062	0.013
	36				0.046	0.042	0.019	0.046	0.042	0.016	0.033	0.042	0.022
1.5	12							0.081	0.084	0.016	0.081	0.084	0.016
	24							0.030	0.000	0.004	0.030	0.000	0.004
	36							0.000	0.000	0.012	0.011	0.000	0.012
2.0	12										0.000	0.000	0.000
	24										0.000	0.000	0.000
	36										0.030	0.000	0.000

<표 3> 지수 생산준비비 절감함수의 APDO

Average Percentage Deviation From Optimality													
	LSI_u	1.0			1.5			2.0			2.5		
LSI_l	μ / 기간	60	80	100	60	80	100	60	80	100	60	80	100
0.5	12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.0	12				0.047	0.021	0.031	0.115	0.027	0.066	0.115	0.027	0.066
	24				0.048	0.044	0.037	0.067	0.081	0.037	0.067	0.081	0.037
	36				0.064	0.016	0.019	0.064	0.042	0.023	0.054	0.042	0.023
1.5	12							0.068	0.018	0.036	0.068	0.018	0.036
	24							0.035	0.051	0.000	0.035	0.051	0.000
	36							0.000	0.027	0.006	0.015	0.027	0.006
2.0	12										0.000	0.000	0.000
	24										0.000	0.000	0.000
	36										0.028	0.000	0.000

6. 결론

본 논문은 단일설비로 다종제품을 생산하는 생산시스템에서 생산준비비용의 절감효과를 고려한 동적 로트크기결정 모형을 다루었다.

본 논문에서는 생산준비비용 절감을 위한 투자비용이 주어질 경우에 대한 최적해의 성질과 투자비용에 따른 총비용함수의 성질과 이에 따른 최적해의 성질을 규명하였다. 또한, 최적 로트크기와 최적 투자액을 동시에 결정할 수 있는 효율적인 휴리스틱 알고리즘을 제시하였다. 시뮬레이션 분석결과를 통해 휴리스틱 알고리즘의 효율성이 우수함을 검증하였다.

참고문헌

1. Billington, P. J. (1987), The Classic Economic Production Quantity Model with Setup Cost as a Function of Capital Expenditure, *Decision Sciences*, 18(8), 25-40.
2. Blackburn, J. D. and R. A. Millen (1979), "Selecting a Lot-Sizing Technique for a Single-Level Assembly Process:Part 1-Analytical Results", *Prod. Inv. Mgmt,* 20, 42-48.
3. Hall, R. W. (1983), *Zero Inventories*, Dow Jones-Irwin, Homewood.
4. Hong, J. D. and J. C. Hayya (1993), Dynamic Lot Sizing with Setup Reduction, *Computers & Industrial Engineering*, 24(2), 209-218.
5. Keller, G. and H. Noori (1988), Justifying New Technology Acquisition through Its Impact on the Cost of Running an Inventory Policy, *IIE Transactions*, 20, 284-291.
6. Mekler, V. A. (1993), Setup Cost Reduction in the Dynamic Lot-size Model, *Journal of Operations Management*, 11, 35-53.
7. Monden, Y. (1983), *Toyota Production System*, IIE Press, Atlanta.
8. Narasimhan, R. and S. A. Melnyk. (1990), Setup Reduction and Capacity Management: a Marginal-Cost Approach, *Prod. Inv. Mgmt.*, 31, 55-59.
9. Porteus, E. L. (1985), Investing in Reduced Setups in the EOQ Model, *Management Science*, 31, 998-1010.
10. Sung, C. S. (1985), A Production Planning Model For Multi-Product Facilities, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 28(4), 345-358.
11. Sung, C. S. and Y. S. Park (1987), Dynamic Lot Sizing for a Single-Facility Multiproduct Problem in a Rolling-Horizon Environment, *Decision Sciences*, 18(8), 266-278.
12. Wanger, H. A. and T. M. Whitin (1958), Dynamic Version of the Economic Lot Size Model, *Management Science*, 5, 89-96.