

수요실현 시점에 따른 선형계획법의 응용*

남 익 현**

.....

선형계획법에서 기업의 제품에 대한 수요가 확실적인 경우 이에 대응하는 방안으로 감도분석을 들 수 있다. 하지만 감도 분석은 그 유용성에 많은 한계가 있다. 본 논문에서는 한 기업이 자재를 조달하여 생산을 하고 그 이후에 판매활동을 하는 공급사슬을 다룬다. 이때 시장수요가 언제 알려지는가에 따라 별도의 선형계획법을 구성하여야 함을 다루기로 한다. 이러한 분석을 통해 실제 자재 조달과 생산의 리드타임상의 신속성으로 인해 얻을 수 있는 기대수익이 얼마인지를 파악할 수 있게 된다.

.....

I. 들어가며

선형계획법은 구조가 단순하고 확정성의 특징에 의해 다양한 경영현상을 수리적 모형으로 구성하는데 있어 적용 가능성이 가장 큰 장점을 갖고 있다. 또한 선형적 모형뿐만 아니라 일부 비선형 모형도 선형계획법을 통해 근사화를 시도할 수 있다. 선형계획법의 대전제인 확정성에 대해서는 현실에서 발생할 수 있는 다양한 변이를 고려하여야 한다는 한계로 인해 커다란 문제가 될 수 있다. 이러한 확정성의 한계를 극복하기 위해 선형계획법에서 제공하는 것은 감도분석(sensitivity analysis)이다. 이는 모형의 구성시점에서의 내용과 실제 최적해의 실천 시점에서의 내용이 달라질 경우 기존 모형의 해에 어떠한 영향을 미칠 것인지를 살펴보는 것이다. 하지만 이러한 감도분석은 그 효용에 있어 매우 제한적인 효과만을 제공한다. 특정 제약식의 우측상수값이 증감할 경우 미치는 영향, 목적 함수에서 구성하는 변수의 계수가 변경되었을 때 미치는 효과 등 단

*본 연구는 서울대학교 경영연구소의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

**서울대학교 경영대학 교수

순한 것과 어느 정도 구조적인 변화에 대한 것들을 다루게 된다. 이렇듯 확률성에 대한 내용을 부분적으로 다룰 수는 있지만 현실적으로 중요한 확률적인 내용은 근본적으로 다루기 힘들다고 할 수 있다.

본 글에서는 선형계획법의 활용의 한 형태로 감도분석으로 다룰 수 없는 내용을 다루고자 한다. 기업의 제품에 대한 시장의 수요가 확률적일 경우 이를 종합적으로 다루는 감도분석을 수행할 수 없는데 이러한 확률적 수요상황을 다루고자 한다. 일반적으로 선형계획법에서는 여러 가지 제약상황하에서 최적의 의사결정변수의 값을 결정하려 하는데 그러한 의사결정 단계가 동시에 이루어지는 것이 아니고 순차적으로 진행되는 경우가 많다. 본 글에서 다루려는 모형은 기업의 입장에서 의사결정을 여러 단계별로 구분하여 다루게 된다. 보다 구체적으로 살펴보면 일차적으로 기업이 원자재를 구매하고 2단계에서 구매한 원자재와 보유하고 있는 설비를 활용하여 몇 종류의 제품을 생산하고 3단계에서 생산된 물량의 범위 내에서 시장에 판매를 하고자 한다. 그런데 여기서 핵심적인 내용은 시장수요가 확률적 분포를 따르며 수요량에 대한 정보가 언제 알려지는가에 따라 의사결정의 형태가 달라진다는 것이다. 이러한 확률적인 내용은 일반적인 감도분석으로 다룰 수 있는 내용이 아니라 본 글에서와 같은 별도의 분석이 요구되는 것이다. 본 글에서는 구체적인 수치비교를 위해 하나의 예제를 통해 논리를 전개하고자 한다.

II. 모형의 특징

본 글에서 다루고자 하는 선형계획모형의 특징에 대해 먼저 살펴보고자 한다. 우선 제약식을 구분하여 단기적인 제약과 장기적인 제약으로 나누고자 한다. 일반적으로 선형계획모형에서는 의사결정 시점에서의 다양한 제약상황을 선형제약식으로 표현하게 된다. 하지만 이러한 제약식은 의사결정자의 영향이 미칠 수 있는 기간에 따라 구분할 수 있다. 단기적인 제약이라 함은 해당 제약식에 대한 의사결정이 가능하여 의사결정 내용에 따라 제약식이 변형이 되는 경우를 말한다. 반면에 장기적인 제약식은 우리가 다루는 기간 내에서 즉각적인 대응이 불가능한 것을 말한다. 가령 단기적 제약식은 생산에 필요한 원자재 물량에 대한 것을 들 수 있는데 원자재 물량은 어느 정도 시장에서

구입하여 물량의 수준을 결정할 수 있는 것이다. 반면 정부의 규제에 의한 제약식이나 설비의 가용능력에 대한 제약식은 단기적으로 조정이 불가능한 것으로 말 그대로 순수한 의미의 제약식이 되는 것이다. 여기서 말하는 장기적 제약식은 다시 두 가지로 구분할 수 있다. 하나는 장기적으로는 변경의 가능성이 있는 것이고 다른 하나는 시간의 흐름에서도 변경이 어려운 것이다. 가령 현재 보유하고 있는 기계설비의 처리용량은 장기적인 설비투자에 의해 변경 가능하지만 하루당 근무가능시간은 24시간 이내이어야 한다는 제약식이 있을 경우 이는 변경이 불가능한 것이다.

본 글에서 다루는 선형계획모형의 두 번째 특징은 고객의 수요가 확률적이라는 것이다. 이는 전형적인 선형계획법의 경우 확정적 모형을 나타내고 이 경우 수요가 상수로 알려진 것을 가정하는 것임에 대비되는 것이다. 이러한 확률적인 수요와 같이 확률적인 상황에 대해 선형계획법에서는 일반적으로 해당 확률변수의 평균값을 구해 이를 확정치인 것처럼 이용하여 선형계획법을 푸는 경우가 많으나 이러한 방안은 정확한 정보를 제공하지 못하는 경우가 많다. 본 글에서는 이러한 확률성에 추가하여 확률적인 수요가 언제 실현되는지에 따라 타당한 선형계획모형을 적용하고자 한다. 수요의 실현이라 함은 수요량에 대한 정보가 언제 확정되는가를 말하는 것이다. 우선 본 글에서 다루는 모형에서는 해당 기업이 원자재를 구입하고 이를 이용하여 두 가지 제품을 생산하고 생산물량을 이용하여 시장에 판매를 한다. 그런데 확률적 수요의 실현시기에 따라 3가지 모형을 다루고자 하는데 가장 이상적인 경우가 시장 수요가 알려진 후 원자재 구매, 생산, 판매가 이루어지는 경우이다. 두 번째 경우는 원자재 구매 단계 이후에 수요가 알려지고 그리고 나서 생산, 판매가 이루어지는 경우이다. 세 번째는 원자재 구매, 제품 생산이 이루어진 후 수요를 파악할 수 있고 그 이후 판매가 가능한 경우이다.

이러한 세 가지 경우를 생산전략과 연결하여 보면 첫 번째 경우는 극도의 즉응시스템(quick response system)이 구축된 경우로 수요가 파악된 후에 자재 조달, 생산이 가능한 경우를 말한다. 즉 원자재의 조달 및 제품 생산에 소요되는 리드타임이 단축되어 수요 파악 후 자재 조달 및 생산을 수행하는 것이 타당한 경우가 해당된다. 이렇듯 공급상의 생산경쟁력의 경우와 대비되는 것이 수요상의 특징에 의해 첫 번째 경우가 가능할 수 있다. 즉 주문생산이 요구되는 수요상황에 대해서 혹은 고객이 기꺼이 backlog를 감수하려 할 경우에는 수요를 파악한 후 필요한 의사결정을 할 수 있는 것이다. 두 번째 경우에는, 제품의 생산은 즉각적으로 이루어져 수요가 파악된 후에 시작할 수 있

지만 원자재의 경우 조달기간이 길어 수요가 실현되기 이전에 조달과 관련된 의사결정이 이루어져야 한다. 이는 핵심부품이 해외에서 조달되고 조달량의 변경이 단기적으로 불가능할 경우 부품에 대한 주문은 수요에 대한 정보노출 이전에 이루어져야 하고 실제 제조과정에 소요되는 조립시간은 짧아 수요가 실현된 후 실제 생산을 시작하여도 시장에 출시하는데 문제가 없는 경우를 예로 들 수 있다. 세 번째 경우는 가장 기동력이 떨어지는 경우로 원자재의 조달 및 생산이 수요가 알려지기 이전에 이루어져야 하는 경우이다. 이는 전통적인 기획 생산의 경우로 수요에 대한 실제 정보를 파악한 후 대응하는 것이 불가능한 경우 수요에 대한 예측정보를 바탕으로 자재 조달 및 생산을 먼저 해두고 수요가 발생하는 시점에 판매를 하는 경우를 말한다. 이러한 세 가지 경우는 생산전략상 스피드와 관련하여 구분한 것으로 파악할 수도 있다. 즉 첫 번째 경우가 가장 신속한 생산능력을 보유한 경우이며 차례대로 반응속도가 느린 것으로 볼 수 있다.

다음 절에서는 구체적인 예제를 통해 수요정보의 노출 시점에 따라 각 단계별로 타당한 선형 계획법을 구성해보고 해당 선형계획모형에 따라 목적함수 기대값이 차이나는 것을 보고자 한다. 이러한 차이는 앞서 언급한 생산전략상의 효과를 나타내는 것으로 해당 전략을 도입하는데 소요되는 비용을 이러한 혜택과 비교하여 어떠한 생산전략을 선택하는 것이 가장 바람직한 것인지를 판단할 수 있는 근거를 제공하여 준다. 이러한 비교분석을 위해 해당 기업은 *risk-neutral*하다고 가정하기로 하자. 이는 목적함수 값을 비교할 경우 확률적 기대값을 사용하기 위해 도입한 것이다. 만약 *risk-averse*와 같이 다른 가정하에서는 거기에 타당한 효용모형을 도입하여 적용하면 되고 본 글에서와 동일한 논리를 전개할 수 있는 것이다.

본 글의 동기가 된 Higle과 Wallace(2003)의 연구와 본 연구를 비교해 보기로 하자. Higle과 Wallace의 연구는 수요 실현시점에 따라 별도의 선형계획법을 구성하여야 함을 주장하고 이는 일반적인 선형계획법의 감도분석에서 다룰 수 없는 내용이라는 점을 강조하였다. 이에 반해 본 연구에서는 제약식을 의사결정자가 단기간에 변형시킬 수 있는지 여부에 따라 단기적 제약식과 장기적 제약식으로 구분하여 분석하였고, 확률적인 수요의 실현시점을 생산시스템의 선택이라는 생산전략상의 가치를 평가한다는 점에서 공헌이 있다고 할 수 있다. 본 논문의 제약식 분류를 따를 경우 Higle과 Wallace의 연구는 모든 제약식이 단기적 제약식일 경우를 다룬 것이라고 볼 수 있다.

III. 예 제

본 절에서 다루려는 예제의 대상인 관악기업은 두 종류의 의류를 생산하는 업체이다. 생산하는 의류는 중저가 제품(제품 1)과 고가 제품(제품 2) 두 가지이다. 이러한 두 가지 종류의 제품을 표시하기 위해 첨자 i 를 사용하기로 하자. 이들 제품에 대한 시장 수요는 확률분포를 따르는데 해당 확률은 가능한 3가지 시장상황에 따라 달라진다. 시장 상황으로는 3가지를 다루고자 하는데 이는 j 로 표시하고 개략적으로 $j=1$ 은 불경기, $j=2$ 는 보통 경기, $j=3$ 은 호경기를 표현한다고 볼 수 있다. 다음 표는 각 시장 상황별 두 제품에 대한 시장수요량과 해당 시장 상황의 사전적 발생확률을 표현하고 있다.

j	1	2	3
$\{D_1, D_2\}$	(20, 10)	(25, 20)	(30, 28)
확률	0.3	0.5	0.2

그러면 다음으로 관악기업의 실행가능영역을 규정하는 제약식을 살펴보기로 하자. 관악기업이 의류를 생산하는데 있어 필요한 자원은 두 가지라고 가정하자. 하나는 원단으로 중저가 제품을 생산하는 경우 중저가 의류 한 단위를 생산하는데 원단 1단위가 소요되고 고가의류의 경우 1벌 생산을 위해 원단 2단위가 소요된다. 원단은 시장에서 필요한 만큼 구매할 수 있으며 원단의 구매단가는 단위당 4원이다. 이러한 원단과 관련된 제약식이 단기적 제약식이 된다. 일반적인 선형계획법의 경우 기업이 사용 가능한 원단의 수량에 대한 정보가 주어지고 이를 바탕으로 제약식이 구성된다. 하지만 본 모형에서는 원단의 가용량 또한 의사결정변수로 포함시키며 이를 가능하게 한 것이 단기적 제약식으로 구분하였기 때문이다. 이에 해당하는 원단의 구매량을 나타내는 의사결정변수로 r_1 을 사용하기로 하자. 의류생산에 필요한 두 번째 제약식은 기계에 해당하는 것으로 기계설비의 가용시간은 총 120시간이며 중저가 의류와 고가 의류를 한 단위 생산하는데 소요되는 설비시간은 각각 3, 4시간이다. 이러한 설비의 가용시간 제약이 장기적 제약식으로 이는 단기에 변동이 어려운 제약식을 의미한다. 관악기업의 수익을 나타

내기 위한 정보로 중저가 의류의 시장가격은 10원이며 고가 의류의 경우 시장가격이 20원으로 알려져 있다. 이러한 관악기업의 문제를 선형계획법으로 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Max}\{10s_1 + 20s_2 - 4r_1\}$$

s.t.

$$m_1 + 2m_2 \leq r_1$$

$$3m_1 + 4m_2 \leq 120$$

$$s_1 \leq m_1$$

$$s_1 \leq D_1$$

$$s_2 \leq m_2$$

$$s_2 \leq D_2$$

여기서 m_i 는 제품 i 의 생산량을 나타내고 s_i 는 제품 i 의 판매량을, D_i 는 제품 i 의 수요량을 나타낸다. 여기서 의사결정변수는 $\{m_i, s_i, r_1\}$ 이며 $\{D_i\}$ 는 확률분포에 의해 결정되는 수요량으로 확률변수이다. 이러한 확률변수 $\{D_i\}$ 로 인해 위의 모형은 선형계획법의 형태로 구성되어 있지만 실제 확정성을 갖는 선형계획법이라고 할 수 없는 것이다. 본 글에서 다루고자 하는 내용은 $\{D_i\}$ 의 실현 시점에 따라 선형계획모형이 달라지고 각 모형간의 차이가 생산전략의 가치를 나타낸다는 것이다.

1. Case 1(완전정보의 경우)

첫 번째 경우는 수요에 대한 정보를 확인한 후 해당 수요에 대응하는 원자재 조달 계획, 생산, 판매를 결정할 수 있는 경우를 말하며 이는 가장 일찍 수요정보를 얻을 수 있는 경우로서 당연히 가장 높은 기대이익을 보장하게 된다. 즉 시장수요에 대한 완전한 정보를 바탕으로 제반 의사결정을 수행할 수 있는 경우를 말한다. 이 경우 각 시장 상황별로 선형계획모형을 구성하여 풀 수 있고 각 상황별 목적함수값을 이용하여 각 시장 상황의 확률에 근거하여 기대값을 구할 수 있다. 시장 상황이 $j=1$ 인 경우 위의 선형계

획모형에서 $D_1=20, D_2=10$ 을 대입한 경우를 풀면 되는데 이 때 최적목적함수값은 $\pi(1)=240$ 이 나온다. 구체적으로 시장 상황 $j=1$ 인 경우의 선형계획모형은 다음과 같다. 참고로 표의 마지막 행에는 최적해와 최적목적함수값을 나타내었다.

변수	s_1	s_2	m_1	m_2	r_1		RHS
목적함수	10	20			-4	=	
(1)			1	2	-1	<=	
(2)			3	4		<=	120
(3)	1		-1			<=	
(4)		1		-1		<=	
(5)	1					<=	20
(6)		1		-1		<=	10
	20	10	20	10	40		240

마찬가지 방법으로 $j=2$ 인 경우 최적목적함수값은 $\pi(2)=320$, $j=3$ 인 경우 최적목적함수값은 $\pi(3)=352$ 가 나온다. 따라서 수요에 대한 완전정보의 경우 최적목적함수값의 기대치는 j 의 확률분포에 따라 $\pi_1=p(j=1)\pi(1)+p(j=2)\pi(2)+p(j=3)\pi(3)=0.3*240+0.5*320+0.2*352=302.4$ 로 계산할 수 있다. 우리는 시장 상황인 j 가 알려진 후 해당하는 선형계획모형에서 제시하는 최적해를 실행하면 되는 것이며 3가지 상황에 해당하는 선형계획모형 중 하나를 실행하게 된다.

2. Case 2(즉응생산의 경우)

이 경우에는 생산공정이 신속하게 이루어져 시장수요가 밝혀진 후에 제품생산을 시작할 수 있지만 원자재의 조달기간이 길어 원자재 조달과 관련된 의사결정을 수요실현 시점 이전에 하여야 하는 경우를 말한다. 이는 생산 리드타임이 자재조달 리드타임보다 현저하게 작은 경우를 말한다. 이 경우에는 수요실현 시점 이후에 제품에 대한 생산과 판매에 대한 의사결정이 이루어지므로 이에 대한 의사결정변수가 $\{m_{ij}, s_{ij}\}$ 6개로 표시

하여야 한다. 즉 시장상황 j 에 맞추어 각 제품별 생산량을 결정하고 이를 바탕으로 판매량을 결정하게 된다. 하지만 원자재 조달량을 나타내는 r_1 은 시장 상황 j 와 무관하게 미리 결정되어야 하므로 j 와 무관하게 정의된 단일 변수가 된다. Case 1에서와 같은 논리로 목적함수는 각 상황별 기대값으로 표현할 수 있는바 다음과 같다. 목적함수에서는 시장 상황 j 에 따라 생산량과 판매량에 대한 의사결정이 다를 수 있으며 이로 인해 제품별 판매수익이 달라짐을 나타낸다.

$$z_2 = 0.3(10s_{11} + 20s_{21}) + 0.5(10s_{12} + 20s_{22}) + 0.2(10s_{13} + 20s_{23}) - 4r_1$$

Case 2에 해당하는 선형계획모형을 구체적으로 표현한 것을 살펴보면 다음의 표로 나타낼 수 있다.

변수	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{21}	s_{22}	s_{23}	m_{11}	m_{12}	m_{13}	m_{21}	m_{22}	m_{23}	r_1		RHS
목적함수	3	5	2	6	10	4							-4	=	
(1)							1			2			-1	<=	
(2)								1			2		-1	<=	
(3)									1			2	-1	<=	
(4)							3			4				<=	120
(5)								3			4			<=	120
(6)									3			4		<=	120
(7)	1						-1							<=	
(8)		1						-1						<=	
(9)			1						-1					<=	
(10)				1						-1				<=	
(11)					1						-1			<=	
(12)						1						-1		<=	
(13)	1													<=	20
(14)		1												<=	25
(15)			1											<=	30
(16)				1										<=	10
(17)					1									<=	20
(18)						1								<=	28
	20	13.33	0	10	20	26.67	20	13.33	0	15	20	26.67	53.33		280

이 모형에서 제약식 (1)~(3)은 단기적 제약식을 표현하는 것으로 시장상황별로 생산에 소요되는 원단의 총량이 원단 구매량 이하이어야 한다는 것을 나타낸다. 제약식 (4)~(6)은 시장상황별 설비 가용시간에 대한 제약식으로 장기적 제약식을 의미한다. 한편 제약식 (7)~(12)는 시장상황에 맞추어 판매량이 생산량 범위 내에서 가능하다는 것을 표현하는 것이다. 그리고 (13)~(18)이 나타내는 것은 각 시장상황별 수요의 실현치가 있는데 시장수요의 범위내에서 판매가 가능하다는 제약을 말하는 것이다. 이 선형계획모형을 풀 결과 최적 목적함수값은 $\pi_2=280$ 을 얻을 수 있다. 당연한 결과로 완전정보의 Case 1보다는 열등한 결과가 나왔음을 알 수 있다. 이는 Case 2의 경우 원자재 조달시 수요에 대한 정보가 없으므로 확률적인 상황을 고려하여 미리 결정을 하여야 하고 이를 수요실현 이후에 수정이 불가능하다는 특징에 의해 불가피하게 발생하는 불리함이라고 할 수 있다.

Case 2의 경우에는 원자재 구매 의사결정을 한 후 시장상황을 파악한 후 적정량의 생산 및 판매 의사결정을 하여야 한다. 그런데 해석상 주의하여야 하는 것이 선형계획모형에서는 시장상황이 어떻게 될 지 사전에 알 수 없기 때문에 목적함수의 기대값을 구하기 위해 모든 변수 $\{s_{ij}, m_{ij}\}$ 를 도입하였지만 이들 12개 변수 중 시장 상황 j 에 따라 $\{s_{1j}, s_{2j}, m_{1j}, m_{2j}\}$ 4개만이 실제 집행된다는 사실이다.

3. Case 3(기획생산의 경우)

세 번째 경우는 시장수요에 대한 정보수집이 가장 늦게 이루어지는 경우를 말한다. 이는 시장수요가 알려지기 이전에 원자재의 조달과 제품의 생산이 이루어져야 하는 경우를 말하며 전통적으로 사용되는 기획생산의 경우를 뜻한다. 이 경우에는 판매량만이 시장 수요에 대응하여 결정되는 것이므로 의사결정변수는 $\{s_{ij}, m_i, r_1\}$ 으로 case 2의 경우보다 축소된다. 원자재 조달과 생산과 관련된 의사결정변수인 $\{r_1, m_1, m_2\}$ 은 시장상황을 나타내는 첨자 j 와는 무관하게 정의가 되어야 하는 것이다.

이 경우 선형계획모형을 풀면 최적목적함수값이 Case 2보다 열악한 $\pi_3=270$ 이 나온다. 여기서 최적목적함수값의 변화분에 추가하여 최적해를 Case 2의 경우와 비교하여 설명하기로 하자. Case 3에서는 생산공정도 시장수요를 알기 이전에 수행하여야 한다는 정보상의 불리함이 존재하게 된다. 이러한 정보의 불리함이 반드시 판매량의 감소

변수	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{21}	s_{22}	s_{23}	m_1	m_2	r_1	RHS
목적 함수	3	5	2	6	10	4			-4	=
(1)							1	2	-1	\leq
(2)							3	4		\leq 120
(3)	1						-1			\leq
(4)		1					-1			\leq
(5)			1				-1			\leq
(6)				1				-1		\leq
(7)					1			-1		\leq
(8)						1		-1		\leq
(9)	1									\leq 20
(10)		1								\leq 25
(11)			1							\leq 30
(12)				1						\leq 10
(13)					1					\leq 20
(14)						1				\leq 28
	20	20	20	10	15	15	20	15	50	270

를 유도하는 것은 아니다. 중저가 제품의 경우 시장 상황 $j=2, 3$ 에서 오히려 판매량이 증가하였음을 알 수 있다. 즉 s_{12} 는 13.33에서 20으로 증가하였고 s_{13} 는 0으로부터 20으로 증가하였다. 생산량의 변화에 대해 살펴보면 Case 3의 최적해를 보면 중저가 제품은 Case 2의 최대 생산량으로, 고가 제품의 경우 Case 2의 최소생산량으로 최적해가 나왔음을 알 수 있다. 즉 $m_1 = \max\{20, 13.33, 0\} = 20$ 이고 $m_2 = \max\{15, 20, 26.67\} = 15$ 로 나왔는데 이는 수요정보 부재로 인해 중저가 생산을 크게 하고 고가 제품의 생산을 감소시킨 것으로 해석할 수 있으며 이러한 생산량의 결정이 앞서 설명한 판매량의 변동과 연계를 된다. 그리고 원자재 구매량은 53.33에서 50으로 감소되었는데 이는 원자재 기준으로 볼 때 유효 생산량을 감소시킨 것으로 해석할 수 있다. 또한 앞서 Case 2에서의 해석에서처럼 $\{s_{ij}\}$ 6개의 변수 중 시장 상황 j 에 따라 두 제품의 판매량만이 실행된다.

지금까지 다룬 세 가지 경우의 최적목적함수값을 정리하여 보면 다음과 같다.

Case 1	Case 2	Case 3
302.4	280	270

확률적인 상황을 선형계획법으로 표현하고자 할 때 일반적으로 사용하는 방법이 확률변수의 기대값으로 대체하여 선형모형을 구성하는 것이다. 우리가 다룬 예제의 경우 확률적인 수요를 기대값으로 대체하여 구성하여 보면 다음과 같다. 확률분포를 이용하여 구할 수 있는 것이 $E(D_1)=24.5$, $E(D_2)=18.6$ 이며 이를 이용하여 선형계획법을 구성하고 또한 최적해를 구해 보면 다음과 같다.

변수	s_1	s_2	m_1	m_2	r_1		RHS
목적함수	10	20			-4	=	
(1)			1	2	-1	<=	
(2)			3	4		<=	120
(3)	1		-1			<=	
(4)		1		-1		<=	
(5)	1					<=	24.5
(6)		1		-1		<=	18.6
	15.2	18.6	15.2	18.6	52.4		314.4

이 경우의 최적목적함수값은 314.4이며 이는 앞서 고려한 다양한 상황과 비교하여 과다하게 산정된 것임을 알 수 있다. 이와 같이 관악기업의 예제를 통해 확률변수를 기대값으로 대체하는 경우 오류가 발생할 수 있음을 알 수 있다.

IV. 생산전략적 의미

본 논문의 목적은 크게 두 가지이다. 하나는 확률적인 상황의 경우 확률변수의 실현 시점에 따라 선형계획모형을 별도로 구성하는 것이 보다 정확한 예측모형으로서의 가치가 있다는 것이다. 확률변수 대신 기대값을 대체하여 사용하는 경우 오류가 발생하는

것이 일반적이며 확률변수의 실현시점에 따라 적절한 선형계획모형을 구성하여야 함을 알 수 있었다. 다른 하나는 이러한 실현 시점에 따른 결과가 생산전략의 가치와 연계된다는 것이다. 위에서 다룬 Case 3과 Case 2의 차이는 10인데 이는 기획생산에 비해 생산시스템의 리드타임을 축소하여 즉응생산이 가능할 경우 10만권의 이익을 더 낼 수 있다는 것을 말한다. 따라서 즉응 생산시스템의 도입에 소요되는 원가의 단위당 비용이 10 미만일 경우 즉응시스템 도입이 유리하다는 것을 의미한다. 한 걸음 더 나아가 수요에 대한 정보를 파악한 후 자재 조달 및 생산을 할 수 있을 정도로 신속한 시스템을 구축한 경우 기존의 기획생산의 경우보다 32.4%의 초과이익을 낼 수 있으며 이러한 혜택이 해당 시스템을 도입하는 비용과 비교되어 최적의 생산시스템 구성에 도움이 될 수 있다.

만약 우리가 능동적으로 생산전략을 선택할 수 없는 경우, 즉 자재 조달과 생산의 리드타임을 선정하여 기획생산 시스템, 즉응생산시스템, 완전정보하의 생산시스템 중 하나를 선택하는 것이 불가능할 경우에는 수요에 대한 정보 획득에 대한 투자안을 생각해 볼 수 있다. 즉 시장조사 기능을 강화하여 시장상황에 대한 정보를 생산의 각 단계 중 어느 시점에서 얻을 수 있는가에 따라 기대수익이 달라질 수 있다. 따라서 이러한 정보를 얻기 위한 투자비를 해당 수익과 비교할 경우 정보시스템에 대한 투자여부를 결정할 수 있는 것이다.

참고문헌

- Higle, J.L. and Wallace, S.W. (2003), Sensitivity Analysis and Uncertainty in Linear Programming, *Interfaces*, Vol. 33, No. 4, 53-60.
- Winston, W.L. (1995), *Introduction to Mathematical Programming: Applications and Algorithms*, 2nd ed. Duxbury Press, Belmont, CA.

Timing of Demand Realization in an LP and Its Effect

Ick-Hyun Nam*

We can think of a sensitivity analysis as a way to cope with the stochastic demand in a linear programming. Since sensitivity analysis has its own limitations, we deal with the case where market demand is known at different time epochs. We, in this paper, consider a supply chain where a company sources parts, manufactures products using the parts, and then sell the final products to the market. Depending on the time epoch of demand realization, we should construct a distinct linear programming model. By this analysis, we can derive the value of last lead time in sourcing and manufacturing.

*Professor, College of Business Administration, Seoul National University, Seoul

