

## 프레스 공정의 작업 배분에 관한 사례 연구\*

이영덕  
경영학부

### <요약>

산업현장에서는 여러 복잡한 상황이 발생하고 있으며 이를 효율적으로 처리하는 것은 매우 중요한 과제이다. 본 연구에서는 프레스공정에서의 작업할당에 관한 사례를 다루었는데, 매우 복잡 상황에서 새로운 문제가 발생하고 있는 상태에서 수리적 기법을 이용하여 이를 효율적으로 처리하여 문제를 해결할 수 있는 방법을 제시하였다.

## A case study for the job allocation at press lines

Lee Young-deok  
School of Business Administration

### <Abstract>

We studied the case of the job allocations at press lines. To balance loads allocated at lines and to reduce the total manpower, mixed 0-1 integer programming model is developed. we solved the model using LINDO which is famous L.P solver, and result is presented

## 1. 서론

설비가 여러 개 있고 이들 설비에서 처리할 작업들이 있을 때, 이들 작업을 처리설비에

---

\* 이 사례는 현대자동차의 김진욱 과장, 김춘호 과장, 마영언 과장의 도움으로 작성되었습니다.

배정 할 때는 여러 요인들을 고려하여 균형적인 배분을 하여야 한다. 물론 이들 설비들의 특성이 달라, 처리 할 수 있는 작업들이 다를 때는, 각각의 작업을 처리가능 한 설비에서 처리하면 되므로 아주 단순한 문제가 된다.

그러나 설비들 전부 혹은 일부에서 작업들이 호환적으로 처리 가능하다면, 이때는 작업 배분방법에 따라 현장에서 고려될 수 있는 성과들이 다를 수 있기 때문에 효율적인 혹은 최적의 배분방법을 찾는 것은 매우 중요한 과제가 된다. 이러한 경우에도 처리해야 할 작업들이 적을 때는 직관적이나 발견적 방법으로 배분방법을 찾아도 좋은 방법을 찾을 수도 있으나, 작업들이 많은 경우에는 직관적인 방법으로는 좋은 배분방법을 찾기는 거의 불가능에 가까우며, 발견적 방법도 알고리즘이 매우 좋아야 좋은 배분 방법을 찾을 수 있다. 이러한 경우에 최적화 방법을 적용 할 수 있다면 가장 좋은 최적의 배분방법을 찾을 수 있는데, 현장에서는 여러 가지 문제로 인하여 최적화 방법을 이용하여 최적 대안을 찾지 못하고 있는 것이 우리나라의 현실이다.

따라서 현장에서 최적화 기법과 같은 과학적 기법을 적용 할 수 있는 많은 사례들에 대하여 실제 상황에서의 최적 대안을 찾아내 효율성을 높이고, 그로 인해 과학적기법의 적용에 대한 필요성을 높이는 것은 매우 중요한 과제이다. 본 논문에서는 H자동차의 현장상황에 대하여 최적화기법을 적용하여 최적대안을 찾아내는 사례연구를 하고자 한다.

## 2. 문제의 상황

본 연구에서는 H자동차의 프레스 라인에서의 작업배분에 대한 사례를 연구하고자 한다. H자동차의 프레스 3부에서는 4개의 라인에서 아반테, 아반테투어링, 티뷰론, 엑센트의 4개 차종에 대한 49개의 차체 부품을 프레스로 찍어내고 있다. 프레스 작업은 각각의 라인에서 49개의 작업에 알맞는 금형을 이용하여 이루어지는데, 이들 금형들은 각 라인의 저장장소(storage)에 사전 설치되어 있으며 작업이 바뀔 때마다 교체되어(금형교체) 각각의 작업을 수행하게 된다. 이들 금형들은 매우 무거우며 중장비를 이용하여 각 라인의 저장소에 설치가 되므로, 일단 각 라인의 저장소에 배정이 되면 다른 라인으로 재 배정하는 데는 많은 시간과 노력(장비포함)이 필요하게 되므로 일단 금형들이 각 라인에 배정이 끝나면 다음의 대폭적인 재배정까지는 라인간 이동은 불가능하다. 같은 라인에서 금형들은 작업에 알맞게 교환배치되어 작업을 수행하며, 약간의 금형교체 시간만이 필요하다.

따라서 금형들을 라인의 저장소에 배치하기 전에는 각 라인은 금형배치가 호환가능 한 같은 성격의 설비(라인)가 되나, 일단 금형 배정이 끝나면 각 작업들은 그에 알맞는 금형이 설치된 라인에서 작업이 이루어 지게된다. 각 라인의 저장소에는 최대 16개까지의 금형을 설치 할 수 있다.

프레스라인에서 처리해야 할 작업들은 49개가 있는데, 이들 작업들은 생산계획에 따라 1일분씩 생산하게 되는데, 생산계획에 따라 달라지게 된다. 1일 생산량을 작업처리 속도로 나누면 라인에서의 작업소요 시간이 결정되는데, 이 작업소요시간에 금형교체 시간을 더한 것이 실제 라인 소요시간이 된다.

아반테, 아반테투어링, 티뷰론, 엑센트의 4개 차종에 대한 49개의 작업과 생산시간 등에 대한 자료는 표1과 같다. 여기에서 생산소요시간/일(1)은 1일 소요량을 생산하는 작업시간

을 나타내며, 생산소요시간/일(2)는 작업소요시간에 금형교체 시간을 더한 시간을 나타낸다. 적재인원은 각 작업에 필요한 작업인원을 의미하는데 적재인원이 3이면 3인의 작업인원이 필요함을 의미한다.

표 1에서 보는바와 같이 적재인원은 1명에서 4명까지 필요한데, 현장에서는 기본적으로 라인당 3인의 작업 인원을 배치하며, 4인이 필요한 작업을 할 때는 작업반장이 합세하여 4인으로 작업을 한다. 그러나 이처럼 작업반장이 돋는 것이 불만이 되고 있는데, 작업반장이 돋지 않을 시는, 추가적으로 라인당 1인을 보태, 주야 2교대이므로 8인이 추가 투입되어 하므로 이것은 많은 추가비용을 요구하게 된다. 그러나 최적화 기법을 사용하기 않고 작업배분 계획을 세울 때는 각 라인당 균형배분을 하는 것만도 매우 어려운 과제이므로, 적재인원 까지 고려하여 균형배분을 하는 것은 불가능에 가까운 문제가 되어왔다. 본 연구에서는 최적화기법을 이용하여, 적재인원과 라인당 균형배분을 동시에 고려한 문제해결을 하여, 작업반장이 투입되지 않으면서 추가인원이 필요 없는 대안을 찾고자 한다.

&lt;표 1&gt; 작업들의 내용

	NAME	생 산 소 요 시간/일(1)	생 산 소 요 시간/일(2)	적 재인 원
아반테	1 CTR FLR	2.6	2.8	1
	2 RR FLR	2.2	2.3	2
	3 FENDER-LH	2.7	2.9	2
	4 FENDER-RH	2.7	2.9	2
	5 HOOD OTR	2.7	2.9	4
	6 HOOD INR	2.3	2.4	1
	7 ROOF	2.3	2.5	4
	8 T/LID OTR	2.1	2.2	3
	9 T/LID INR	1.8	1.9	1
	10 FRT S/ORT-LH	2.2	2.3	2
	11 FRT S/ORT-RH	2.2	2.3	2
	12 QRT OTR-LH	2.1	2.3	3
	13 QRT OTR-RH	2.1	2.3	3
	14 QRT INR-LH	1.9	2.0	1
	15 QRT INR-RH	1.9	2.0	1
	16 FRT DR OTR-LH	2.5	2.6	2
	17 FRT DR OTR-RH	2.5	2.6	2
	18 FRT DR INR-LH	2.6	2.7	2
	19 FRT DR INR-RH	2.6	2.7	2
	20 RR DR OTR-LH	2.5	2.6	2
	21 RR DR OTR-RH	2.5	2.6	2
	22 RR DR INR-LH	2.6	2.7	2
	23 RR DR INR-RH	2.6	2.7	2

아반테 투어링	24	ROOF	0.6	0.7	4
	25	T/GATE OTR	0.5	0.5	3
	26	T/GATE INR	0.4	0.5	3
	27	QRT OTR-LH	0.4	0.5	3
	28	QRT OTR-RH	0.4	0.5	3
	29	QRT INR-LH	0.4	0.5	1
	30	QRT INR-RH	0.4	0.5	1
티뷰론	31	RR FLR	0.7	0.8	2
	32	FENDER-LH	1.0	1.0	2
	33	FENDER-RH	1.0	1.0	2
	34	HOOD OTR	0.9	1.0	4
	35	HOOD INR	0.8	0.8	1
	36	ROOF	0.9	1.0	4
	37	T/GATE OTR	0.8	0.8	2
	38	T/GATE INR	0.8	0.8	2
	39	FRT S/ORT-LH	0.9	1.0	3
	40	FRT S/ORT-RH	0.9	0.9	3
	41	QRT OTR-LH	0.9	0.9	3
	42	QRT OTR-RH	0.9	0.9	3
	43	QRT INR-LH	0.7	0.8	1
	44	QRT INR-RH	0.7	0.8	1
엑센트	45	DR OTR-LH	0.8	0.8	2
	46	DR OTR-RH	0.8	0.8	2
	47	DR INR-LH/RH	0.9	0.9	4
	48	CTR FLR	2.4	2.5	1
	49	RR FLR	2.6	2.7	2

### 3. 수리모형의 설정

본 문제를 풀기 위한 수리모형은 0-1 혼합정수계획법을 이용하며, 이 모형을 LINDO 프로그램을 이용하여 해를 구하게 된다.

#### 1) 결정변수의 선정

이 문제에서 결정해야 할 것은, 각 작업에 필요한 금형들을 어느 라인에 배치하여 작업을 하느냐를 결정하는 것이므로, 결정변수를 다음과 같이 정의한다.

$x_{ij} = 1$ , 작업  $i$  를 라인  $j$  에서 작업할 때,  
 $= 0$ , 작업  $i$  를 라인  $j$  에서 작업하지 않을 때

여기서  $i = 1, 2, \dots, 49$  (작업에 대한 인덱스)

$j = 1, 2, 3, 4$  (라인에 대한 인덱스)

$s_j$  :  $j$  라인에서의 여유시간, 즉 각 라인의 공정시간을 1일 20시간으로 할 경우 20시간과 실제작업시간과의 차이(20 - 라인당 실제작업시간)

$j = 1, 2, 3, 4$  (라인에 대한 인덱스)

$s$  :  $s_j$  값 중 최소값

## 2) 목적함수의 설정

이 문제는 라인당 작업배분을 균형 있게 하는 것으로, 라인당 작업들의 총량이 비슷하게 배분하여야 하고, 작업완료시간이 비슷하여야 작업 구성원의 불만이 없게 된다. 그러나 각 라인당 작업시간은 차이가 날 수 밖에 없는데, 가능하면 제일 늦게 끝나는 라인의 작업시간을 작게 하여, 작업자의 불만을 없앨 수 있도록 균형 있는 작업 배분을 하도록 한다. 이를 위하여 다음과 같은 목적 함수를 설정한다.

목적함수:  $\max s$

여기에서  $s$  값은  $s_j$  값 중 최소값을 나타내는 것으로,  $s_j$  값은 각 라인의 여유시간(공정예정시간 - 실제작업시간)을 의미하므로, 여유시간이 가장 짧은 라인의 여유시간을 가능하면 가장 크게 하여 균형 배분을 추구하게 한다.

## 3) 제약식의 설정

이 문제에서 고려하고 반영하여야 하는 여러 상황을 제약식으로 나타내어야 하는데 그 내용은 다음과 같다.

(1)  $s$  를  $s_j$  값 중 최소값으로 만들기 위한 제약식

$s \leq s_j, j = 1, 2, 3, 4$  가 되면  $s$  는  $s_j$  값 중 최소값이 된다. 그리고 이를 이항하면  
 $s - s_j \leq 0, j = 1, 2, 3, 4$

(2) 여유시간  $s_j$  를 산정하는 제약식

$$\sum_{i=1}^{49} a_i x_{ij} + s_j = 20, j = 1, 2, 3, 4$$

여기에서  $a_i$  는 작업  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 49$ )의 작업시간으로, 표 1의 생산소요 시

간/일(2)로 금형 교체시간을 고려한 시간이다.

(3) 라인의 저장소(storage) 저장능력에 관한 제약식

각 라인의 저장소는 금형을 최대한 16개까지만 수용할 수 있으므로,

$$\sum_{i=1}^{49} x_{ij} \leq 16, \quad j = 1, 2, 3, 4$$

(4) 작업들의 라인 배정에 관한 제약식

모든 작업들은 하나의 라인에 반드시 배정이 되어야 하는데, 이때 작업에 필요한 작업인원(적재인원)을 동시에 고려하여야 한다. 이 과정을 순조롭게 하기 위해서는 사전에 간략화 과정을 실시하는데 그 과정은 다음과 같다.

각 작업들을 적재인원별로 나누어 보면 그 수는 다음과 같다.

구 분	
1인 작업요구 수	11
2인 작업요구 수	21
3인 작업요구 수	11
4인 작업요구 수	6
합 계	49

이 상황에서 사전에 각 라인에 작업인원을 2명, 2명, 3명, 4명을 배치하게 되는데, 이때 3인작업은 2인배치 라인에서는 작업이 불가능하고 3인, 4인 작업 라인에서는 작업이 가능하며, 이는 1인, 2인, 3인, 4인 작업 모두에 이 원칙이 적용된다.

1인 작업라인은 설정을 못하는데 이는 1인 작업의 총작업시간이 라인당 예정시간 20시간에 크게 못 미치므로 1인 작업라인을 별도로 유지 할 수 없고, 4인 작업의 총작업 시간은 20시간에 못 미치므로 2개 이상은 유지할 필요가 없으므로 1개의 작업라인만 유지도록 한다.

이와 같은 사전 간략화에서 편의상 라인 1, 2를 2인 작업인원 배치 라인으로 하고, 라인 3을 3인 작업인원 배치 라인, 라인 4를 4인 작업인원 배치 라인으로 한다. 따라서 3인 작업(적재)인원이 필요한 8번 작업은 라인 3, 4중 하나에만 배정될 수 있으므로 자동적으로  $x_{81}$  값과  $x_{82}$  값은 0이 되어야 하며  $x_{83}$  나  $x_{84}$  중 하나의 값이 1이 되어야 한다, 이와 같은 원칙을 적용하여 작업배정에 관한 제약식은 다음과 같이 간략화 하여 나타낼 수 있다.

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 1$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 1$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 1$$

$$x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} = 1$$

$$x_{54} = 1$$

$$x_{61} + x_{62} + x_{63} + x_{64} = 1$$

$$x_{74} = 1$$

$$x_{83} + x_{84} = 1$$

$$x_{91} + x_{92} + x_{93} + x_{94} = 1$$

$$x_{101} + x_{102} + x_{103} + x_{104} = 1$$

$$x_{111} + x_{112} + x_{113} + x_{114} = 1$$

$$x_{123} + x_{124} = 1$$

$$x_{133} + x_{134} = 1$$

$$x_{141} + x_{142} + x_{143} + x_{144} = 1$$

$$x_{151} + x_{152} + x_{153} + x_{154} = 1$$

$$x_{161} + x_{162} + x_{163} + x_{164} = 1$$

$$x_{171} + x_{172} + x_{173} + x_{174} = 1$$

$$x_{181} + x_{182} + x_{183} + x_{184} = 1$$

$$x_{191} + x_{192} + x_{193} + x_{194} = 1$$

$$x_{201} + x_{202} + x_{203} + x_{204} = 1$$

$$x_{211} + x_{212} + x_{213} + x_{214} = 1$$

$$x_{221} + x_{222} + x_{223} + x_{224} = 1$$

$$x_{231} + x_{232} + x_{233} + x_{234} = 1$$

$$x_{244} = 1$$

$$x_{253} + x_{254} = 1$$

$$x_{263} + x_{264} = 1$$

$$x_{273} + x_{274} = 1$$

$$x_{283} + x_{284} = 1$$

$$x_{291} + x_{292} + x_{293} + x_{294} = 1$$

$$x_{301} + x_{302} + x_{303} + x_{304} = 1$$

$$x_{311} + x_{312} + x_{313} + x_{314} = 1$$

$$x_{321} + x_{322} + x_{323} + x_{324} = 1$$

$$x_{331} + x_{332} + x_{333} + x_{334} = 1$$

$$x_{344} = 1$$

$$x_{351} + x_{352} + x_{353} + x_{354} = 1$$

$$x_{364} = 1$$

$$x_{371} + x_{372} + x_{373} + x_{374} = 1$$

$$x_{381} + x_{382} + x_{383} + x_{384} = 1$$

$$x_{393} + x_{394} = 1$$

$$x_{403} + x_{404} = 1$$

$$x_{413} + x_{414} = 1$$

$$x_{423} + x_{424} = 1$$

$$x_{431} + x_{432} + x_{433} + x_{434} = 1$$

$$x_{441} + x_{442} + x_{443} + x_{444} = 1$$

$$x_{451} + x_{452} + x_{453} + x_{454} = 1$$

$$x_{461} + x_{462} + x_{463} + x_{464} = 1$$

$$x_{47} = 1$$

$$x_{481} + x_{482} + x_{493} + x_{4934} = 1$$

$$x_{491} + x_{492} + x_{493} + x_{494} = 1$$

위에서 보는바와 같이 각 라인에 배정이 불가능한 작업들은 0의 값을 가져야 하므로, 이러한 변수들은 사전적으로 제거하여, 변수의 수를 줄인 간략화한 제약식을 만들었다.

#### 4. 수리모형의 결과

위의 혼합 0-1 정수계획모형을 가장 널리 쓰이는 LP 프로그램의 하나인 LINDO를 사용하여 해를 구하였다. 그 결과 각 라인의 작업시간과 여유시간 그리고 각 라인별 배정작업들은 다음과 같다.

라인	작업시간	여유시간(20시간 기준)	배정작업
라인 1	19.5	0.5	2, 3, 10, 11, 16, 21, 29, 35, 43, 44, 48
라인 2	19.1	0.9	4, 17, 22, 23, 30, 32, 33, 37, 38, 45, 46
라인 3	19.2	0.8	8, 12, 13, 15, 18, 20, 25, 39, 42, 49
라인 4	19.5	0.5	5, 6, 7, 9, 14, 19, 24, 26, 27, 28, 31, 34, 36, 40, 41, 47

이 결과에서 보다시피 제일 작은 여유시간은 0.5시간으로 라인1, 4에서 발생하였고 최대 여유시간은 라인2에서 0.9로 최대와 최소의 차이는 0.4가 된다.

작업 인원은 2인, 2인, 3인, 4인의 총 11인(2교대의 경우는 22인)을 배정한 것으로 이는 기존의 12인(각 라인당 3인) 보다도 적을 뿐 아니라, 작업반장을 배제할 경우 16인이 요구 되던 데서는 더욱 많은 차이가 남을 알 수 있다. 이처럼 복잡한 현상에서 방법을 찾는 경우는 수리적기법과 같은 과학적방법을 사용하면 훨씬 쉽게 효과적인(혹은 최적의) 대안을 찾을 수 있게 된다.

## 5. 결론

산업현장에서는 매우 복잡한 현상들이 발생하고 있으며, 이에 대하여 효율적인 결정을 하여 효율성을 높이는 것은 매우 중요한 과제이다. 이를 위하여 현장에서는 노력을 많이 기우리고 또 많은 성과를 얻고 있으나, 아직도 과학적 경영기법을 도입하여 해결하고 개선 할 수 있는 현상들이 많이 있다. 그러나 과학적 경영기법의 도입은 아직 부족한 상태라 할 수 있으며, 여러 가지 사례를 통하여 과학적 기법의 필요성과 효용성에 대한 인식이 필요 한 상황이다. 본 연구에서는 H자동차 프레스 공정의 작업배분에 관한 사례를 다루어, 실질적으로 과학적 기법을 도입하여 문제를 쉽게 그리고 효율적으로 다룰 수 있는 바를 제시하였다. 이와 같이 현장의 사례를 다루어 실제문제를 해결 할 뿐 아니라 과학적기법의 필요성과 효율성을 제고시키는 연구는 앞으로 더욱 필요하다 할 수 있다.

## 참고문헌

1. 강석호, '생산관리론', 경세원, (1998)
2. Gonzalez t. and Sahni S., 'Open shop scheduling to minimize finish time', J. of Assoc. Comput. Mach., 20, p665-679, (1976)
3. Lenstra J. K., Shmoys D. B., 'Approximation algorithm for scheduling unrelated parallel machines' Math. Programming, 46, p259-271, (1990)
4. Salkin H. M, Integer Programming, Addison Wesley, (1985)
5. Schrage L., LINDO user's manual, The Scientific Press, (1996)