

## 샘플링 기법에 의한 작업순서의 결정(Ⅱ) —A Study on Determining Job Sequence by Sampling Method(Ⅱ)—

강 성 수\*  
노 인 규\*\*

### Abstract

This study is concerned with a job sequencing method using the concept of sampling technique. This sampling technique has never been applied to develop the scheduling algorithms. The most job sequencing algorithms have been developed to determine the best or good solution under the special conditions. Thus, it is not only very difficult, but also taken too much time to develop the appropriate job schedules that satisfy the complex work conditions. The application areas of these algorithms are also very narrow. Under these circumstances it is very desirable to develop a simple job sequencing method which can produce the good solution with the short time period under any complex work conditions. It is called a sampling job sequencing method in this study. This study is to examine the selection of the good job sequence of 1%~5% upper group by the sampling method. The result shows that there is the set of 0.5%~5% job sequence group which has the same amount of performance measure with the optimal job sequence in the case of experiment of  $2/n/F/F_{\max}$ . This indicates that the sampling job sequencing method is a useful job sequencing method to find the optimal or good job sequence with a little effort and time consuming.

The results of ANOVA show that the two factors, number of jobs and the range of processing time are the significant factors for determining the job sequence at  $\alpha = 0.01$ . This study is extended to 3 machines to machines job shop problems further.

### 1. 서 론

최근 우리나라의 많은 기업들이 원화 절상과 노사분규로 인한 인건비의 증대 및 물질 특허 시행에 따른 로얄티의 증가 등으로 원가상승의 속도가 급격히 증대되고 있어 대외경쟁력과 채산성이 날로 악화되고 있어 이를 극복할 수 있는 근본 대책이 시급히 요청되고 있다. 별씨 신발이나 섬유등 노동집약적인 산업들은 채산성을 높이기 위하여 인건비가 싼 중국, 태국등 동남아 국가들에 대한 시설 투자를 늘여가고 있는 실정이다. 이러한 어려움을 극복할 수 있는 최선의 방법은 생산성 향상과 품질의 고급화에 의한 부가가치의 향상이다. 단품종 소량 생산의 형태에서는 작업순서의 결정과 일정계획이 매우 복잡하고 어려울 뿐만 아니라 이것이 기계의 가동율, 남기의 유지 및 생산성 향상에 미치는 영향은 매우 크다.

작업의 순서와 일정계획에 대한 많은 연구가 있었으나 지금까지 개발된 알고리즘들은 모두 특정한 가정 하에 개발되어 왔기 때문에 실제 문제에 이를 기법을 적용하기는 매우 어려운 실정이다. 생산현장에 적합한 알고리즘이 개발되어 있지 않은 경우엔 작업의 순서를 완전열거법에 의하여 비교하지 않으면 안되는데 이를 작업순서의 우열을 완전 열거법으로 비교하여 가장 좋은 작업순서를 선택하지 않으면 안된다. 그러나 이들의 작업순서를 완전열거법으로 비교하기 위해서는  $n/1 // B$ 나 흐름 작업의 경우  $n!$  만큼 비교를 행하여야 하며  $n/m/G/B$ 의 경우  $(n!)^m$ 의 회수 만큼 비교가 행해져야 하므로 엄청난 시간이 소요된다.

예를 들어 하나의 비교에 소요되는 시간이 1 sec인 경우  $20/1//T$ 의 문제를 완전열거법으로 풀기 위해서는  $2.992 \times 10^{20}$ 의 비교를 행하여야 한다. 이것을 시간으로 환산하면 약 일천만년이 소요되므로 문제에 대한

\* 경남대학교 산업공학과  
\*\* 한양대학교 산업공학과

접수 : 1989. 4. 15.

최적 유일한 해를 구하기는 불가능하다. 이러한 노력과 시간을 줄이기 위하여 동적계획법(Dynamic Programming)에 의한 접근이 있었다. Held와 Karp(1962)가 처음으로 일정계획 문제에 동적계획을 적용하였으며 그후 Conway, Maxwell과 Miller(1967)와 Baker(1974)가 종속적 준비 시간에 따른 일정계획 문제에 동적계획법을 적용하였으며 Baker와 Schrage(1978)는 선행 관계가 발생하는 경우 동적계획법을 적용하는데 대하여 연구하는 등 이후 일정계획 문제에 동적계획법을 적용하는 많은 연구들이 있었다.

그밖에 Lawler와 Wood(1960)를 비롯한 많은 사람들이 열거법의 일종인 분지한계법(Branch and bound Method)을 일정계획 문제에 적용하여 보았으나 이 방법 역시 계산에 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 컴퓨터의 메모리 용량을 너무 많이 차지하여 동적계획법처럼 실용적이지 못하다. 보다 적은 노력으로 최적의 근접된 해를 얻기 위하여 Conway, Maxwell과 탐색적 방법을 사용하기 시작한 이래 많은 사람들의 연구가 있었다. 그러나 이 방법 또한 생산 현장나 현장의 사정을 고려한 특수한 알고리즘을 개발하여야 되고 이미 개발된 알고리즘이라 할지라도 특수한 가정이나 상황에 맞는 극히 제한된 분야에만 이용될 수 있으므로 바쁜 생산 현장에서 적절한 알고리즘을 찾아내어 이용하기는 매우 어려우므로 현장에서 일반적으로 널리 활용하기는 어려운 실정이다.

현장의 복잡하고 여러 가지 제약이 따르는 상황을 고려한 일정계획은 수학적 알고리즘의 수립이 매우 어려울 뿐만 아니라 최적성의 보장도 어렵다. 따라서 현장에서는 최적성의 보장은 어렵지만 평균 이상의 근사해라도 간편하고 손쉽게 얻을 수 있는 방법을 필요로 한다.

본 연구는 이러한 욕구에 부응하는 보다 일반적이고 광범위하게 응용할 수 있도록 일정계획 문제에 샘플링 개념을 도입하여 최적 유일해가 아닐지라도 최적해에 가까운 작업순서를 선택할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

국내외적으로 일정계획 문제에 워크 샘플링의 개념을 적용하는 연구는 없었으나 강성수와 노인규(1988)가 그 적용의 가능성을 처음으로 검토하였으며 본 연구는 강성수와 노인규(1988) 연구의 계속 연구로서 작업의 수와 공정 시간의 범위가 작업순서의 결정에 미치는 영향을 조사하고 작업순서의 결정을 위한 최적 샘플링의 크기를 결정하고자 하는데 그 목적이 있다.

## 2. 추출된 작업순서(Job Sequence)의 작업 총 처리시간(Make Span)의 분포 분석

샘플링에 의해 작업순서를 결정하기 위해서는 샘플

링 회수가 합리적으로 결정되어야 한다. 샘플링 회수를 결정하기 위해서는 샘플링 대상의 구성 비율을 먼저 알아야 한다.

본 연구에서는 수행 척도(Performance Measure)를 작업 총 처리시간으로 하여 샘플링된 작업순서의 작업 총 처리시간이 최적해의 작업 총 처리시간에 어느 정도 근접하는가 또 이들의 근접분포가 어떻게 되는가를 파악하고 이 결과를 이용하여 샘플링의 대상인 상위의 좋은 작업순서의 집단에 대한 비율을 파악하여 경제적 샘플링의 회수를 결정하고자 한다.

본 연구에서는 샘플링된 작업순서들의 작업 총 처리시간과 최적해와 비율을 효과적으로 구하고 이들의 분포를 쉽게 파악할 수 있도록  $2/m/F/F_{max}$ 의 경우를 예를 들어 분석하였다.

즉 랜덤으로 발생시킨 작업순서들의 총 처리시간을 최적해와 비교하였을 때 비율 분포가 어떻게 되는가를 조사하고 또 이들의 비율 분포의 구조가 작업의 수와 공정 시간에 따라 어떻게 달라지는가를 파악하기 위하여 아래와 같은 절차에 의하여 검토하였다.

순서 1 : 작업의 수를 결정한다.

순서 2 : 공정시간의 범위를 결정한다.

순서 3 : 각 작업의 공정시간을 랜덤으로 발생시킨다.

순서 4 : 이 작업들에 대하여 존슨(Johnson)의 알고리즘을 이용하여 최적해를 구하고 이들의 작업 총 처리시간을 구한다.

순서 5 : 이들 작업에 대하여 랜덤으로 작업순서를 발생시키고 작업 총 처리시간을 구한다.

순서 6 : 순서 5에서 구한 작업 총 처리시간을 순서 4에서 구한 작업 총 처리시간으로 나누어 그 비율을 계산한다.

위의 순서를 랜덤 작업순서의 수가 1,000개 될 때까지 수행하고 이것을 100회 반복하여 실시한 다음 이들을 각 작업의 수와 공정시간 등에 대하여 계급별로 정리한 것 중 작업의 수가 35개, 공정시간의 최대 범위가 20인 경우의 예가 표1과 같다.

표1의 결과에 의하면 샘플링된 작업순서 중 최적해와 같은 작업 총 처리시간을 갖는 작업순서의 수가 1,267개로 전체의 약 1.3%로 나타났으며 또한 최적해의 1.01배 범위 안에 속하는 작업순서의 수가 15,651개를 차지하여 전체의 약 15.6%를 차지하는 상당히 높은 비율을 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 이와같은 결과에 의하면 샘플링법에 의하여 작업의 순서를 결정할 경우 최적해를 선택할 수 있을 뿐만 아니라 최적해가 아닐지라도 최적해의 1%를 초과하지 않는 근사해를 충분히 얻을 수 있는 가능성을 알 수가 있다.

표 1. 작업의 수 35, 공정시간의 범위 1-20인 경우 최적해외 작업 총처리시간에 대한 샘플링된 작업순서의 비율법 샘플링 회수

	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
1.0	1267	14384	4939	5702	6546	7058	6626	6333	6128	5604
1.1	5233	4836	4350	3646	3285	2728	2279	1853	1517	1282
1.2	952	791	672	515	370	261	232	144	124	113
1.3	66	58	32	21	16	9	6	8	3	4
1.4	0	1	2	2	1	1	0	0	0	0
1.5	0	0								

### 3. 작업의 수와 공정시간의 범위에 따른 샘플링 대상비율 P의 결정을 위한 실험계획

흐름작업(Flow Shop)인 경우 하나의 작업이 첫번째, 두번째, 세번째, ..... 순으로 할당될 확률은  $1/n$ ,  $1/(n-1)$ ,  $1/(n-2)$ , .....이다. 이 경우 모두  $n!$ 의 작업순서가 발생하므로 최적해가 유일한 해일 경우의 확률은

$$P = 1/n! \text{ 이 된다.}$$

이 경우 샘플의 크기 N에서 최적의 유일해를 얻을 확률은

$$1 - (1 - 1/n!)^N \text{이다.}$$

만약 상위의 작업순서의 비율이 P일때 샘플의 크기 N에서 최적해가 발견될 확률은

$$1 - (1 - P)^N \text{이다.}$$

이 경우 Optimum이 최적 유일해에 얼마나 근접하는가에 대해서는 수학적 결론을 내리기는 힘들다. [5]

그러나 앞의 결과에서 작업의 수가 35개이고 공정시간의 범위가 1-20인 경우 샘플링에 의해 구해진 작업

순서들 중에는 수행척도가 최적해와 같거나 최적해에 아주 근접한 해가 포함될 수 있다는 것을 알았다. 즉 샘플링의 대상인 상위의 좋은 작업순서의 그룹에 대한 수행척도가 최적해와 같거나 최적해에 매우 근사하다는 것을 알 수 있으므로 샘플링의 대상을 최적해와 같은 작업순서의 그룹으로 하거나 샘플링에 소요되는 시간이나 노력을 줄이기 위해 최적해에 근사한 그룹으로 확대할 수도 있다.

본 연구에서는 작업의 수 35개 공정시간의 범위 1-20인 경우 외에도 작업의 수와 공정시간의 범위에 따라 워크 샘플링 대상의 크기가 어떻게 달라지는가를 파악하고 이들이 작업의 수와 공정시간의 범위에 대한 영향을 파악하기 위해 2원배치법에 의한 실험계획을 실시하였다. 작업의 수를 A인자, 공정시간의 범위를 B인자로 하여 A인자와 B인자의 수준의 수를 각각 9개씩으로 하였다. 즉, 작업의 수를 10-50, 공정시간의 최대 범위를 10-50으로 하여 작업의 수와 공정시간의 범위를 각각 5씩 증가시켜가며 실험계획을 실시하여 보았다. 표2는 작업의 수 N과 최대공정 시간의 범위 P, T의 변화에 따른 샘플링된 작업순서들의 작업 총 처리시간을 최적해에 대한 작업 총 처리시간에 대한 비율별 샘플링 회수를 나타낸 것이다.

표 2. 작업의 수와 공정시간의 범위에 따른 1000\*100회 작업순서의 샘플링 중 작업총처리시간의 최적해에 대한 각 비율별 샘플링 회수

N	10						15					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1~10	4934	2937	5584	2812	5269	5713	3101	3672	3836	4986	5257	5458
1~15	4655	717	4258	3748	4226	4273	3379	6243	4925	4294	3658	3585
1~20	4252	2423	3918	3326	4138	4330	2292	2159	3969	4434	4825	6054
1~25	4031	2558	3555	3434	3546	4153	2414	3119	3270	4540	4804	5545
1~30	3824	2488	4142	3835	3856	3804	2051	2098	3489	4771	4749	5639
1~35	3736	2410	3158	3725	3646	4338	1931	2956	4306	4860	5081	6097
1~40	3074	1988	2445	2997	4069	4556	1656	2513	3706	4302	4703	4647
1~45	2868	2435	2901	3974	3656	4130	1930	2760	3743	4723	4885	6119
1~50	4271	2939	3927	3742	4354	4883	1940	2787	3932	4770	4788	6262

지면 관계상 작업의 수가 10개, 15개인 경우 공정시간에 따른 샘플링된 작업들의 총 처리시간이 최적해의 1.05배 이내인 작업순서들의 샘플링 회수를 나타낸 것이다.

Ci	최적해와의 비율
C1	1.00
C2	1.01
C3	1.02
C4	1.03
C5	1.04
C6	1.05

$$Ci = \text{샘플링된 작업순서의 작업 총 처리시간} / \text{최적해의 작업 총 처리시간}$$

표2의 것을 각 비율에 대하여 계급별로 누계하여 나타낸 것이 표3과 같다.

표 3. 각 계급별 샘플링 회수의 누계

N	10						15					
	Ci	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	C2	C3	C4	C5
1~10	4934	7871	13455	16267	21896	27609	3101	3468	7304	12290	17547	23005
1~15	4655	5372	9630	13378	17604	21877	3379	9622	14547	18841	22499	26084
1~20	4252	6675	10593	13919	18057	22387	2292	4451	8420	12854	17683	23737
1~25	4031	6589	10144	13578	17124	21277	2414	5533	8803	13343	18147	23692
1~30	3824	6312	10454	14289	18145	21949	2051	4149	7638	12409	17158	22797
1~35	3736	6146	9304	13029	16675	21013	1931	4887	9193	14053	18913	25010
1~40	3074	5062	7517	10514	14583	19139	1656	4169	7875	12177	16880	21527
1~45	2868	5303	8204	12178	15834	19964	1930	4690	8433	13156	18041	24160
1~50	4271	7210	11137	14878	19233	24006	1940	4727	8659	13429	18257	24479

위의 결과를 보면 최적해와 같은 작업순서가 샘플링된 것이 최저 1,940회에서 최고 4,934회로 전체의 1.94%에서 4.93%를 차지하므로 샘플링 대상의 작업순서 그룹을 최적해와 같은 수행정도를 갖는 작업순서의 집단으로 하여도 무방하다는 것을 알 수 있다. 따라서 앞의 결과를 이용하여 작업의 수와 공정시간의 범위에 따른 최적해와 같은 작업순서들의 샘플링 회수를 나타낸 것이 표4이다.

위의 결과를 이용하여 분산 분석을 행하면 아래와 같다.

$$CT = T^2 \cdot m = (134,332)^2 / (9)(9) = 222,778,842$$

$$ST = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^9 X_{ij}^2 - CT$$

$$= (7,871)^2 + (4,655)^2 + \dots + (576)^2 - 222,778,842 \\ = 1,1808 \times 10^8$$

표 4. 작업의 수와 공정시간의 범위에 따른 최적해와 같은 작업순서의 선택회수

N	10	15	20	25	30	35	40	45	50	계
P.T										
1~10	4,934	3,101	2,851	2,889	2,183	2,175	2,273	1,889	1,776	27,018
1~15	4,655	3,379	1,914	1,878	1,750	1,246	1,498	1,360	1,323	19,003
1~20	4,252	2,292	1,891	1,918	1,563	1,267	1,118	1,161	1,059	16,521
1~25	4,030	2,414	1,892	1,304	1,056	821	830	1,045	724	14,116
1~30	3,824	2,051	1,915	1,124	719	814	782	883	827	12,939
1~35	3,736	1,931	1,255	1,169	954	606	745	666	823	11,885
1~40	3,074	1,656	1,569	1,176	1,011	575	658	651	547	10,917
1~45	2,868	1,940	1,163	1,007	679	632	567	684	671	10,201
1~50	4,271	1,940	1,108	978	876	588	632	736	576	11,732
계	38,581	20,694	15,558	13,443	10,791	8,724	9,113	9,102	8,326	134,332

표 6. 분산분석표

요인	S	O	V	F	F(0.05)	F(0.01)
A	84,795,615	8	10,586,952	83,97**	2.10	2.10
B	25,314,857	8	3,164,357	25,10**	2.10	2.82
E	8,069,527	64	126,086			
T	118,078,999	80				

$$\begin{aligned} SA &= \sum_{i=1}^9 T_i^2/m - CT \\ &= 1/9 [(38,581)^2 + (20,694)^2 + \dots + (8,326)^2] - \\ &\quad 22,778,842 = 84,695,615 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SB &= \sum_{j=1}^9 T_{ij}^2/j - CT \\ &= 1/9 [(27,018)^2 + (19,003)^2 + \dots + (11,732)^2] - \\ &\quad - 222,778,842 = 25,314,857 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SE &= ST - SA - SB \\ &= 1,1808 \times 10^6 - 84,695,615 - 25,314,857 \\ &= 8,069,527 \end{aligned}$$

위의 분산분석표에 A와 B는 모두 1% 유의수준에서 유의하다는 것을 알 수 있다. 즉, 최적해와 같은 작업 순서의 선택 회수는 작업의 수와 공정시간의 범위에 모두 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 작업의 수와 공정시간의 범위를 고려한 샘플링의 회수의 결정

앞의 표4의 결과에 의하면 최적해와 같은 작업의 순서가 선택되는 회수는 작업의 수 50개, 공정시간의 범위 50일 경우의 최저 576회에서 작업의 수 10개 공정 시간의 범위 10일 경우의 최대 4,934회에 이른다는 것을 알 수 있다. 이것은 전체에 대한 비율로 환산하면 0.58%에서 4.93%에 해당한다는 것을 알 수 있다. 따라서 샘플링에 의해 작업의 순서를 결정하고자 할 때는 샘플링 대상을 최적해와 같은 작업순서의 그룹으로 선정하여도 무방하며 이 때 최적 샘플링회수는 다음과 같이 구할 수가 있다. 즉, 추출대상이 되는 작업순서의 비율을  $p$ 라고 했을 때 이  $p$ 에 해당하는 작업순서를  $x$ 개 추출하는 확률밀도 함수는 샘플링의 수  $n$ 을 크게 할 경우 포아송분포를 이용하여 구할 수 있다. 이 때 샘플의 크기  $n$ 에서 비율  $p$ 에 해당되는 작업순서를  $x$ 개 뽑을 확률밀도 함수는

$$P(x) = e^{-\lambda} \lambda^x / x! \quad (4, 1)$$

이며 이 때  $\lambda = np$ 에서

$$P(x) = e^{-np} (np)^x / x! \quad (4, 2)$$

이 된다.

여기서 대상이 되는  $p$ 에서 1개도 추출할 수 없는 확률은

$$P(0) = e^{-np} (np)^0 / 0! \quad (4, 3)$$

가 되므로 적어도 1개이상 추출할 수 있는 확률은  $1 - P(0)$

가 된다.

따라서 작업의 수와 공정시간의 범위에 따른 최적 샘플링의 크기는 다음과 같다.

예를 들어 1%에 해당하는 샘플대상에서 적어도 1개 이상의 작업순서를 선택할 확률을 95%라고 하면

$$1 - P(0) = 1 - e^{-np} (np) / 0! = 0.95$$

가 되므로 여기에서 샘플회수  $n$ 을 구할 수 있다. 즉, 샘플회수  $n$ 은

$$\begin{aligned} n &= (-\log 0.05 \cdot \log e) / P \\ &= (-\log 0.05 / \log e) / 0.01 \\ &= 300 \end{aligned}$$

에서  $n = 300$ 회가 된다.

따라서 앞의 실험결과에 의하면 최적해와 같은 작업 순서의 비율이 약 0.5%~5.0%가 되므로 샘플회수는 소요정도에 따라 표6과 같다.

표 6. 대상비율  $P$ 와 선택확률  $PR$ 에 따른 적정 샘플링 회수

P	PR	n
0.005	0.95	600
	0.99	921
0.010	0.95	300
	0.99	460
0.015	0.95	200
	0.99	307
0.020	0.95	150
	0.99	230
0.025	0.95	120
	0.99	184
0.030	0.95	100
	0.99	154
0.035	0.95	86
	0.99	132
0.040	0.95	75
	0.99	115
0.045	0.95	67
	0.99	102
0.050	0.95	60
	0.99	92

앞의 표4에서 얻어진 결과를 이용하여 표6에서 적정 샘플링회수를 근사적으로 구할 수 있다.

예를 들어 작업의 수가 25개이고 공정시간의 범위가 45인 경우 표4에 의하면 100,000회의 샘플링 중에서 1,007회가 되므로 대상 비율이 약 1%에 해당된다. 따라서 표6에서 대상비율  $p$ 가 0.010인 경우 샘플링 대상에서 적어도 1개 이상 추출할 확률을 95%로 할 경우 샘플의 크기  $n$ 은 300회이고 확률을 99%로 할 경우 샘플의 크기는 460회인 것을 구할 수가 있다.

## 5. 결 론

지금까지의 작업순서의 결정에 관한 연구는 특수한 여건이나 가정하의 최적 유일한 해를 결정하는 알고리즘의 개발에 관한 것이었다. 그러나 이들의 알고리즘의 활용은 특수한 여건이나 가정에 맞는 작업들에 국한되므로 복잡한 작업환경을 지닌 현장에서 수 많은 알고리즘 중에서 적절한 알고리즘의 선택이 매우 어려울 뿐만 아니라 복합 요인을 만족할 수 있는 알고리즘이 개발될 수 없는 경우도 많다.

이러한 현장의 특수성을 고려 할 때는 정도( )는 약간 멀어지지만 현장에서 손쉽게 활용할 수 있는 방법의 개발이 절실했었다.

본 연구에서는 이러한 제반 사항을 고려한 가장 손쉽고 활용이 간편한 방법으로서 샘플링기법의 도입을 시도하였다. 분석의 효과를 파악하기 쉽도록 존슨의 알고리즘에 의하여 최적해를 구할 수 있는  $n/2/F/F_{max}$ 의 경우에 대하여 최적해를 구한 다음 랜덤으로 발생시킨 작업순서의 작업 총 처리시간을 최적해의 작업 총 처리시간으로 나누어 그 비율의 분포를 구해본 결과 작업의 수와 공정범위의 시간이 50을 초과하지 않는 경우 최적해와 같은 작업순서의 비율이 전체의 약 0.5%~5.0%라는 높은 비율을 점유 한다는 사실을 알았다.

지금까지 작업순서의 결정을 위한 알고리즘의 개발은 최적해가 유일하거나 극히 희소할 것이라는 전제하에 이루어져왔다.

본 연구의 결과 비록  $n/2/F/F_{max}$ 에 국한되었지만 최적해와 같은 작업순서가 전체에서 차지하는 비율이 상당히 높다는 것이 입증되었다. 이것은 지금까지 최적유일한 작업순서의 결정을 위한 알고리즘의 개발은 기울여온 많은 노력들에 의해 그 성과나 응용의 범위가 극히 제한적인 것에 비하여 본 연구는 적은 노력으

로 결과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 그 결과 또한 최적해와 같거나 최적해에 매우 근사한 값을 얻을 수 있으며 또한 수행척도를 계산하여 비교하는 절차만 수립하면 어떠한 작업순서의 결정분야에도 응용이 가능하다.

앞으로 작업의 수  $n$ , 기체의 수  $m$ 인 흐름작업일 경우 기체의 수가 증가함에 따라 샘플링 대상의 비율이 어떻게 달라지며 잡샵(Job Shop)일 경우 샘플링 방식을 어떻게 할 것인가에 대하여 보다 연구를 진행하여 기업에서 손쉽게 작업순서를 결정할 수 있는 방안을 제시하고 한다.

## References

1. Baker, K. R., Introduction to Sequencing and Scheduling, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1974.
2. Baker, K. R. and Schrage, L. E. "Finding An Optimal Sequence by Dynamic Programming : An Extension to Precedence-Related Tasks." Ops. Res., 26, 1978, pp. 111-120.
3. Coffman, E. G. Jr., Ed. Computer and Job-Shop Scheduling Theory, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1976.
4. Conway, R. W., Maxwell, W. L. and Miller, L. W., Theory of Scheduling, Addison-Wesley, Reading, Mass, 1967.
5. French Simon, Sequencing and Scheduling An Introduction to the Mathematics of the Job-Shop., John Wiley and Sons, New York, 1982, pp. 87-105.
6. Held and Karp, R. M. "A Dynamic Programming Approach to Sequencing Problems." J. Siam, 10, 1962, pp. 196-205.
7. Lawler, E. L. and Wood, D. E. "Branch and Bound Methods : a Survey." Ops. Res., 14, 1966, pp. 1098-1112.
8. Richard W. Conway, William L. Maxwell, and Louis W. Miller, Thory of Scheduling, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1967, pp. 80-131.
9. 강성수, 노인규, W. S에 의한 Job Sequence의 결정(1), 공업경영학회지, 제 11권, 제18집, 1988, pp. 55-69.