

다수의 공정변수가 있는 경우의 진화적 조업법

변 재현 · 이 창권

경남 진주시 가좌동 900 경상대학교 산업시스템공학부, 공학연구원

Evolutionary Operation with Many Process Variables

Jai-Hyun Byun · Chang-Kwon Rhee

Department of Industrial and System Engineering
and Engineering Research Institute

Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701

Abstract

Evolutionary operation is useful to improve on-line full-scale manufacturing processes by systematically changing the levels of the process variables while meeting production schedule. Evolutionary operation was developed using two or three process variables for process operators who are not good at statistics. Recently, when a product is developed, it is very important for the engineers to make the production line stable as soon as possible. And there are many causes which have influences to the product performance. This paper presents an evolutionary operation procedure with many process variables using saturated two level fractional factorial designs including Plackett-Burman design.

1. 서론

신규설비를 도입하여 최적공정조건을 찾기 위한 실험을 일정기간 수행하여 어느 정도 만족할 만한 조건만 찾았는데 그 조건에서 설비를 이용하여 생산을 수행해야 할 경우나, 아직 알려지지 않은 변동 요인에 의하여 양산공정의 품질특성이 악화되어 나타나서 변화된 환경에 최적인 공정조건을 탐색해야 할 경우에, 어떤 공정변수가 중요한지 알 수가 없다. 이런

때에는 고려해야 하는 잠재적 공정변수가 아주 많이 되는데, 이 때에 요인배치에 근거한 일부실시 방법인 포화설계(saturated design, SD)에 근거한 진화적 조업법(evolutionary operation, EVOP) 절차가 필요하다([1], [2]). 실험점의 수인 N 이라면 포화설계에서는 실험에 고려되는 인자의 수 k 는 항상 $(N-1)$ 개가 된다. 포화설계를 이용하면 최소한 주효과들 사이에는 교락현상이 발생하지 않으므로 교호작용의 크기가 아주 크지만 않다면 중요한 인자를 선별하기가 쉽다. 포화설계 중 가장 간단한 것은 실험점 4개인 2^{3-1} resolution III design이다. 2^{7-4} resolution III design도 실험점의 수가 8개로 적절하기 때문에 EVOP에 적용할 수가 있다.

만일 교호작용에 대한 우려가 크게 있으면 교호작용을 여러 열에 나누어 나타내도록 하여 주효과가 큰 인자를 보다 잘 파악할 수 있는 실험계획인 Plackett-Burman design을 이용한 포화설계를 적용할 수 있다([3]).

2. 실험계획

EVOP 절차는 실제 공정을 운영하면

서 수행하기 때문에 실험점의 수를 크게 할 수가 없다. 그러므로 본 연구에서는 실험점의 수를 4개, 8개 12개로 한정하기로 한다. 다음의 <표 1>, <표 2>, <표 3>에 본 연구에서 채택한 2^{3-1} resolution III design, 2^{7-4} resolution III design, N이 12인 Plackett-Burman design을 나타내었다.

<표 1> 2^{3-1} 포화설계행렬 (k=2, N=4)

Run	A	B	C
1	-	-	+
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	+

<표 2> 2^{7-4} 포화설계행렬(k=7, N=8)

Run	A	B	C	D	E	F	G
1	-	-	-	+	+	+	-
2	+	-	-	-	-	+	+
3	-	+	-	-	+	-	+
4	+	+	-	+	-	-	-
5	-	-	+	+	-	-	+
6	+	-	+	-	+	-	-
7	-	+	+	-	-	+	-
8	+	+	+	+	+	+	+

<표 3> Plackett-Burman 설계행렬 (k=11, N=12)

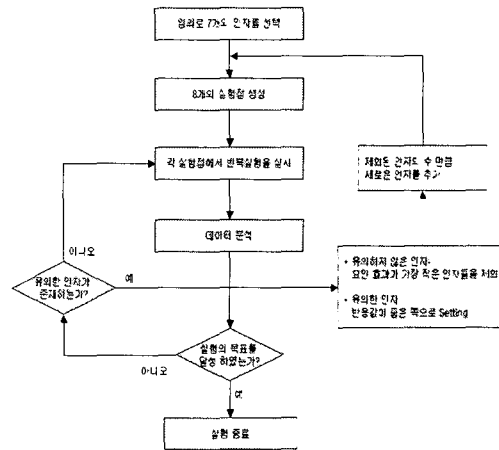
Run	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+
2	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-
3	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+
4	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+
5	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+
6	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-
7	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-
8	-	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-
9	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	+
10	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-
11	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3. 실험수행 절차

현재의 공정조건을 개선하는 데에 기여할 수 있는 잠재적 공정변수(인자)가 아주 많을 때에는 우선 여러 개의 변수들 중에서 임의로 '실험점의 수 -1'개를 선택한다. 본 절에서는 k=7, N=8인 2^{7-4} resolution III design을 예로 들어 설명하기로 한다. 우선 고려하는 7개 인자 각각에 대하여 두 수준을 현행 공정조건 수준값을 중심으로 적절하게 양 옆으로 잡는다. 그런 다음 7개의 인자를 <표 2>의 7개의 열에 배치하여 8개의 실험점을 생성한다.

생성된 8개의 각 실험점에서 반복 실험을 실시하여 반응변수 데이터를 얻는다. 데이터를 분석하여 통계적으로 유의하지 않은 인자 중에서 요인효과가 가장 작은 인자를 제외한다. 이 때에 요인효과가 비슷한 정도로 가장 작은 인자가 한 개 이상이면 그들을 동시에 제외한다. 탈락되지 않고 남은 인자들은 반응변수 값이 좋은 쪽으로 수준을 정하고, 다음 단계의 실험을 위한 2개의 수준설정은 그 방향으로 영역을 이동하여 정한다. 그리고 제외된 변수의 수만큼 아직 실험에 투입하지 않은 변수를 추가하여 $k=7, N=8$ 이 되도록 다음 단계의 실험계획을 구성한다. 이와 같은 과정을 따르면 탈락되는 변수와 추가되는 변수의 수가 동일하므로 7개의 변수를 대상으로 하는 설계행렬을 유지할 수 있게 된다. 개선절차가 진행되면서 반응변수에 영향력이 없는 인자들은 계속 탈락이 되고 탈락된 숫자만큼 새로운 변수가 투입되며, 영향을 미치는 인자들은 더 나은 값에 setting이 되므로 단계가 진행될수록 반응변수의 값이 점진적으로 향상된다. 반응변수의 값이 실험의 목표를 달성하면 EVOP 절차를 종료하게 된다. <그림 1>에 $k=7, N=8$ 인 2^{7-4} resolution III design을 이용할 경우의 EVOP 절차를 흐름도로 나타내었다.

동일한 조건에서 실험을 수행하기가 어려울 때가 있다. 이 때에는 실험계획의 원칙 중 하나인 blocking 개념을 이용하여 서로 다른 실험환경이 EVOP 절차의 각 단계에 미치는 영향을 최소화할 수 있다. Blocking을 이용하려면 각 설계행렬의 하나의 열이 block에 할당된다. 그러므로 $k=7, N=8$ design의 경우에는 투입 가능한 변수의 수가 $k-1=6$ 개가 되고, $k=11, N=12$ design에서는 $k-1=10$ 개의 변수가 투입될 수 있다. 이 때에 block에 할당되는 열은 어떤 열도 가능하다.



<그림 1> 많은 잠재적 변수를 고려한 EVOP 절차 ($k=7, N=8$)

4. 결론

본 논문에서는 신규설비를 도입하여 최적공정조건을 탐색하거나 생산 환경의 변화에 의하여 양산공정의 품질특성이 지속적으로 악화되어 변화된 환경에 최적인 공정조건을 탐색해야 할 경우에, 잠재적 공정변수를 많이 고려하여 품질특성을 개선하기 위한 진화적 조업법 절차를 제시하였다. 본 연구의 결과는 제품을 개발한 이후 생산을 수행하면서 공정을 신속하게 안정화하는 것이 필수적인 반도체나 무선통신 등과 같이 경쟁이 극심한 첨단제품의 생산 공정에 유용하게 이용되리라고 여겨진다.

참고문헌

- [1] Box, G. E. P. (1957), "Evolutionary Operation: A Method for Increasing Industrial Productivity", *Applied Statistics*, Vol.6, 81-101.
- [2] Box, G. E. P. and Draper, N. R. (1969), *Evolutionary Operation*, John Wiley & Sons, NY.
- [3] Myers, R. H. and Montgomery, D. C. (1995), *Response Surface Methodology*, Wiley, NY.