

공정상에서 진화적 조업법을 이용한 다수 품질 특성치의 최적공정조건 탐사에 관한 연구*

김용균** · 변재현***

** 경상대학교 산업시스템공학부

*** 항공기부품기술연구센터

Abstract

공정이 진행되는 공정변수들의 최적조건을 설정하는 것은 공정성능을 향상시키기 위한 중요한 방법이다. 공정상 공정변수의 최적조건은 실험실 또는 파일럿 플랜트에서 얻어진 제품과 공정의 개발 단계의 최적조건과는 일반적으로 다르다. 진화적조업법(Evolutionary Operation, EVOP)은 지속적으로 공정을 진행하면서 공정의 성능을 향상시키기 위한 기법으로 공정이 진행되는 동안 최적조건을 얻을 수 있도록 고안되었다. 품질특성(반응변수)의 급격한 변화를 방지하기 위해 공정변수의 수준폭은 아주 좁게 설정하여 EVOP을 수행하는 동안 생산제품의 품질이 급격하게 떨어지는 것을 방지하면서 장기간 서서히 최적조건을 탐사할 수 있도록 한다.

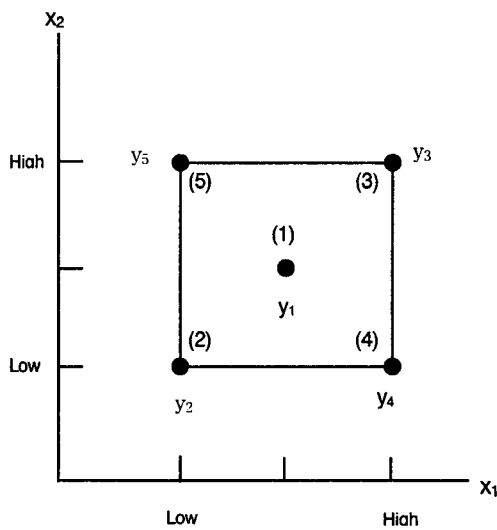
EVOP은 중심점을 가진 22 또는 23 요인배치법이 가장 많이 이용된다. 그림1은 22 요인배치법을 이용한 EVOP을 보여준다. 현 공정조건을 나타내는 중심점과 주변 4개의 실험점에서 각 반응값들이 한번씩 얻어지면 한 사이클(cycle)의 실험이 완료되었다고 한다. 각 실험점의 반응값 사이에 충분한 차이가 있다고 확신할 수 있을 만큼 사이클이 반복된다. 반응치들 사이에 뚜렷한 차이가 있다고 판단되면 가장 좋은 반응값을 얻은 실험점을 중심점으로 채택하게 된다. 이렇게 중심점이 옮겨지면 한 단계(phase)가 완료되었다고 한다. 이러한 단계를 순차적으로 수행하다가 어느 단계에서 중심점이 가장 좋은 점으로 판명이 나면 EVOP탐사를 마치게 되고 마지막 단계의 중심점이 최적점이 된다. 전통적인 EVOP에서는 한 개의 품질특성치를 고려하지만 일반적으로 우리는 동시에 여러 개의 품질특성들을 고려하게 된다. 본 연구는 고려해야 할 품질특성이 두 개 이상인 공정에서 최적조건을 찾아가는 방법을 제시한다.

공정상에서 다수의 품질특성을 동시에 고려하며 공정향상을 도모할 경우, 공정변수의 수준값의 변화가 각 품질특성에 주는 영향이 일반적으로 다르다. 즉, 어떤 품질특성에는 바람직한 공정조건의 변화가 다른 품질특성에는 바람직하지 않은 것이 될 수 있다. 본 연구는 이와 같이 품질특성들간의 상충현상을 해결하기 위한 방법으로 우선 다수의 품질특성 문제를 공정변수들의 특정수준조합에서 고려하

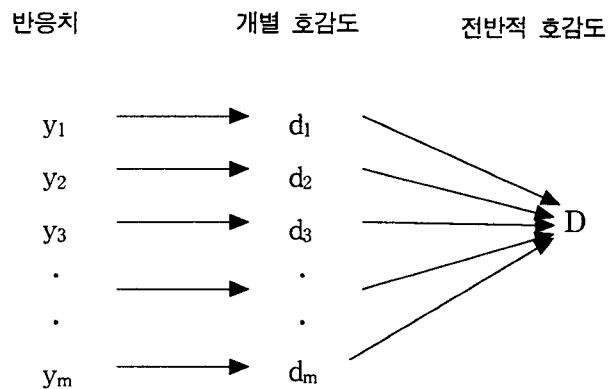
* 본 연구는 경상대학교 항공기부품기술연구센터의 지원을 받았음

는 반응변수들의 값들을 종합하여 하나의 성능척도(performance measure)를 갖는 문제로 변환한다. 이 과정에서 우리는 호감도 함수의 개념을 이용한다. 고려하는 반응변수가 m 개 있고 각각을 y_1, y_2, \dots, y_m 으로 표현하면, 일반적으로 반응변수의 값들은 대응되는 품질특성에 따라 그 단위가 다르다. 단일 성능척도를 만들기 위하여 우선 각 반응변수의 값 y_j 의 바람직한 정도를 단위와 무관한 (scale-free) 값인 호감도(desirability) d_j 로 변환한다. d_j 는 0과 1사이의 값을 갖도록 수치 변환된 값인데 0에서 1로 갈수록 해당 반응변수의 값은 바람직한 것으로 인식된다. 이러한 개별 호감도로부터 공정의 성능척도인 전반적 호감도 D 를 구한다. 본 연구에서는 호감도 함수를 이용하여 다수의 품질특성들을 동시에 만족시키는 공정조건을 탐색해 가는 EVOP을 수행하는 방법으로 두 가지의 접근법을 제시한다. 첫 번째 접근법인 비보상법(noncompensatory approach)은 반응변수중 일부가 바람직하지 못한 수준에 머물러 있을 때 이용하는 방법이다. 즉, 공정의 책임자가 반응변수의 최소 호감도를 δ 로 정했을 때, 현 단계에서 δ 보다 작은 값을 갖는 반응변수가 한 개 이상 있을 때, 비보상법에서는 최소의 호감도가 바로 전반적 호감도가 되는 것이다. 현 단계에서 각 실험점의 호감도는 가장 낮은 호감도를 갖는 품질특성의 것으로 정한다. 이러한 방법을 쓰면, EVOP 탐사는 결국 모든 품질특성의 호감도가 δ 이상이 되는 방향으로 진행된다. 비보상법이 끝나면 보상법(compensatory approach)을 적용하게 된다.

보상법은 모든 품질특성들의 호감도가 δ 이상이 될 때, 즉, 모든 반응변수가 최소한 바람직한 정도의 수준을 만족했을 때 이용되는 알고리즘이다. 이 접근법은 전반적 호감도를 품질특성들의 개별 호감도의 가중평균으로 삼는다. 공정변수의 이동방향은 이러한 가중평균값이 증가하는 방향으로 진행된다. 물론 이러한 보상법을 이용할 때에도 각 품질특성의 호감도가 최소 호감도인 δ 보다 작게 되는 실험점은 당연히 제외된다. 궁극적으로는 중심점의 전반적 호감도가 주변 실험점들의 전반적 호감도 보다 크게 되면 EVOP 탐사는 종료되고 중심점을 최적공정조건으로 채택하게 된다. 위의 두 가지 방법을 병행한 EVOP를 수행하게 되면 고려하는 품질특성들을 동시에 만족시키는 최적조건을 체계적으로 신속하게 얻을 수 있다. 본 연구에서 제시된 EVOP 절차는 Excel을 통해 구현된다.



[그림 1] EVOP을 이용한 2^2 계획



[그림 2] 전반적 호감도 추출과정