

특성 기반 수율관련 다변량 관리 방안

Yield-related Multi-variate Control Method based on Feature

이 장 희
한국기술교육대학교 산업경영학부

Abstract

본 연구는 수율에 영향을 주는 변수들이 많이 존재하고 그들 간의 복잡한 상호 작용에 의한 수율변동이 예상되는 환경에서 기존의 관리도를 개별 공정에서 별도로 운영하여 관리하는 것이 아니라 모든 변수 중에서 상호 작용을 가지는 변수들의 조합을 특성으로 정의하고 이들의 변동을 관리함으로써 수율변동을 효과적이고 쉽게 관리할 수 있는 방안을 제시하였다. 즉, 과거에 생산된 제품 중에서 수율이 좋은 것과 나쁜 것을 구분하고 좋은 것과 나쁜 것에 대해 각각 특성을 정의하고 특성 변화의 패턴을 추출하여 향후 새로 만들어지는 제품의 패턴이 어느것과 더욱 유사한지를 규명하여 수율 이상을 사전 예방할 수 방법이다.

1. 서론

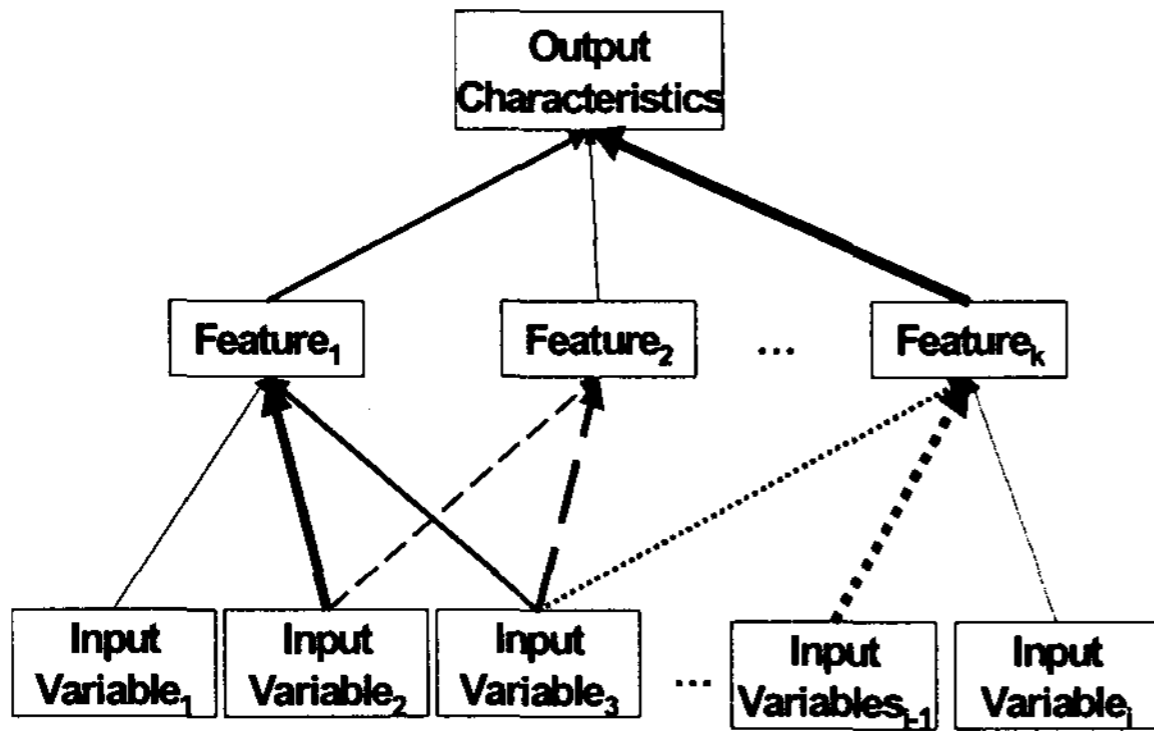
반도체와 같은 첨단 제품을 만드는 제조시스템에서 수율이라는 output 변수에 영향을 주는 input 변수는 엄청나게 많고 input 변수간 상호 작용에 의해 수율은 많은 영향을 받으며 많은 input 변수들이 수율과 비선형 관계를 가지는 등 수율 관리에 많은 어려움이 있다.

오늘날 수율변화를 사전에 관리하기 위해 거의 모든 공정에서 개별적으로 중요한 input 변수들을 관리도를 이용하여 관리하거나 다변량 관리도를 이용하여 관리하고 있기도 하다. 통계적인 접근 방법에 의한 관리도 기법은 그 절차가 매우 합리적인 것으로 평가를 받고 있으며, 관측치가 단변량인 상황에서는 그 결과의 우수성을 수많은 현장 적용 사례들이 입증하고 있다. 그러나 이러한 통계적인 접근 방법이 특성치가 다변량인 상황에서도 효율적인 관리능력을 가질 수 있을 것인지는 미지수이다. 특히, 각 특성치 사이에 미세한 관계 변화가 공정의 이상에 중요한 원인이 되는 경우에도, 이상 신호를 신속하게 발생시킬 수 있을지 보장할 수 없다.

그래서 본 연구에서는 모든 공정에서 개별적으로 단변량 또는 다변량 관리도를 이용하여 관리하는 대체 방안으로서 SOM(self-organization map) 신경망을 응용하여 수율과 관련한 모든 변수들의 패턴 분석을 하고, 그 과정에서 전체 공정의 이상유무를 신속히 파악할 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 본 연구에서는 관리해야 할 input 변수가 많고 output 변수와 input 변수 간에 복잡한 관계가 존재하는 상황 하에서 C5.0[1], SOM (Self-Organizing Map)[2]을 단계적으로 적용하여 상호 유기적인 교호작용을 가지는 input 변수들을 '특성(Feature)' 이라는 개념으로 정의하고, 특성들의 패턴을 추출하여 특성 패턴에 근거하여 다수의 input 변수에 있어서의 총체적인 변화를 관리하고 대처할 수 있는 새로운 방법론을 제시한다.

본 연구에서 정의한 특성의 개념은 주성분 분석에서의 주성분 또는 인자 분석에서의 인자와 같이 상호 유기적인 교호 작용을 가지는 다수의 변수들의 조합으로 구성되어 변수들의 동시적 움직임을 나타낸다. <그림1>의 예에서 특성1은 변수1, 변수2, 변수3의 조합으로 구성되어 이들 3가지 변수의 동시적 움직임을 나

타내고, 특성2는 변수2와 변수3의 조합으로 구성되어 2가지 변수의 동시적 움직임을 나타내는 것이다. 이들 특성들의 변동이 직접적으로 output 변동에 영향을 주는 것으로 input과 output 사이에 숨어 있는 요인에 해당하는 개념이다.



<그림 1> 특성

2. 관련 연구

2.1 다변량관리도

공정으로부터 나오는 품질특성치의 변동을 시계열의 관점에서 파악하고 공정이 통계적인 관점에서 안정된 상태에 있는지의 여부를 판단하기 위한 도구가 관리도이다. 실제로 관리도는 통계적인 방법으로 특성치를 감시하기 때문에, 특성치를 확률변수로 보고 그 확률변수가 따르는 분포의 모수(parameter)의 변화를 감시하는 것이 된다.

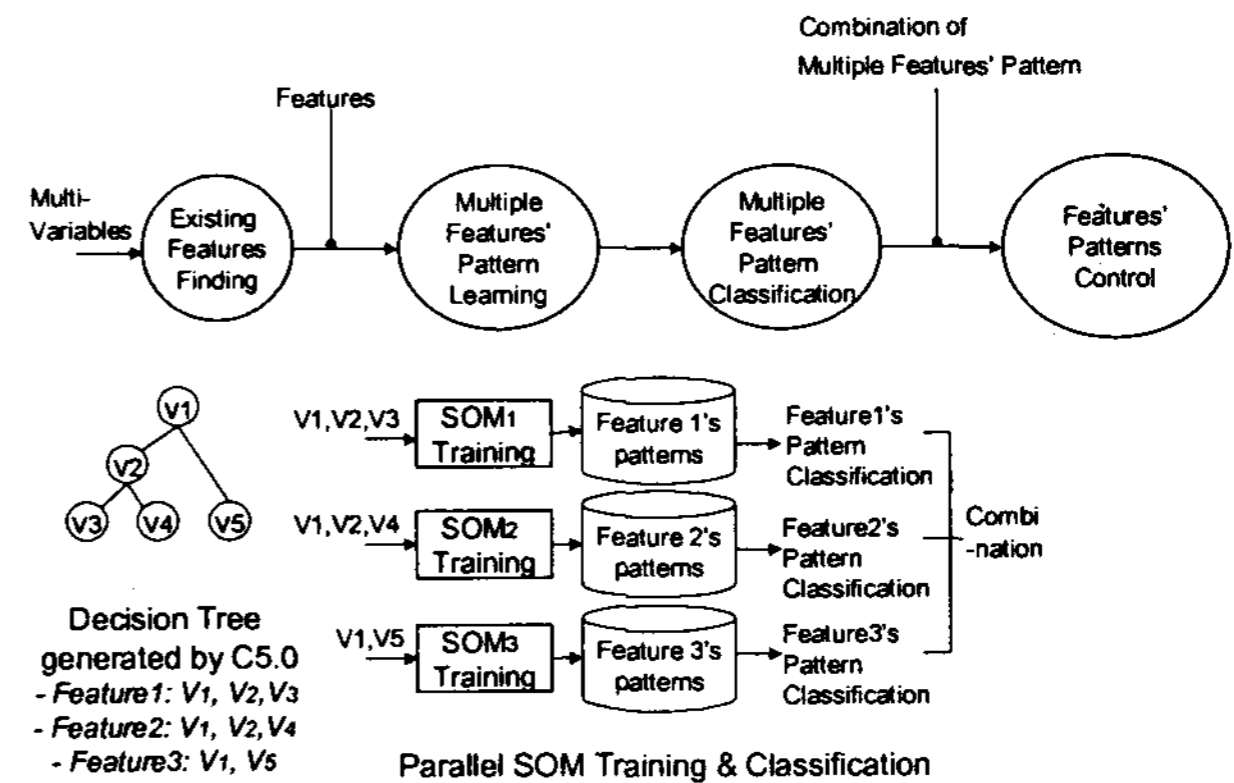
실제 생산현장에서는 하나의 특성치보다는 여러개의 연관된 특성치로 이루어진 특성치 벡터를 관리해야 할 필요성이 생긴다. 왜냐하면 이들 특성치가 어떤 상관관계를 가지고 있을 경우, 개별 특성치로 관리하는 것보다는 이들 모두를 동시에 관리하는 것이 더 정확한 결과를 줄 수 있기 때문이다. 다변량관리는 Hotelling에 의해서 시작되어, Alt[3]와 Jackson[4]이 많은 다변량관리도에 대한 연구를 수행했다. Jackson과 Ghare, Torgersen은 Hotelling's T2 통계량에 근거하여 다변량 Shewhart 관리도를 제시했다. Woodall,

Ncube[5]와 Crosier[6]은 다변량 Cusum관리도에 관한 연구를 제시하였고, Lowry[7]등이 EWMA 다변량관리도를 제시하였다.

최근에 공정이 안정상태에 있을때, 특성치벡터가 다변량 정규분포를 따른다는 가정하에서 다변량특성치를 감시하기 위한 여러 통계기법들과 여러종류의 다변량관리도들이 발표되어 왔다.

3. 특성 기반 수율 다변량 관리 적용방안

본 연구에서 제시하는 특성에 기반하여 수율과 관련있는 다변량의 변동을 관리할 수 있는 방법은 <그림2>와 같이 3단계의 구조를 가진다. 우선 수율이 좋은 것과 나쁜 것들을 구분하고 그들에 대한 다변량을 아래의 단계를 거쳐 수율이상을 사전에 검출할 수 있다.



<그림 2> 특성 기반 수율 다변량 관리 방안

3.1 특성 정의

1단계에서는 output과 관계된 모든 input 변수들을 고려하여, C5.0 분석을 통해 output에 영향을 주는 중요 input 변수들과 이들의 상호관계를 확인하여 교호 작용을 가지는 변수들을 추출하여 특성을 정의한다. 즉, C5.0 분석 후 얻어지는 의사결정 나무의 노드 (즉, 변수) 구조에 기반하여 특성을 구성한다.

<그림 2>의 예에서, C5.0 분석을 통해 얻어진 의사결정 나무에는 5개의 노드 (V1,...,V5)가 있는데 노드간 구조를 보면 특성 1은 V1,V2,V3의 3가지 변수로 구성하고 특성2는 V1,V2,V4의 3가지 변수로, 특성3은 V1,V5의 2

가지 변수로 구성할 수 있다.

3.2 특성별 패턴 추출

2단계는 1단계에서 얻어진 다수의 특성들에 대해 기존의 특성 데이터에 존재하는 패턴을 추출한다. 이를 위해 각 특성별로, 특성에 속하는 변수들로 구성된 데이터 셋을 구성하고 그들의 동시적인 움직임의 패턴을 SOM (Self-Organizing Map) 신경망을 이용, 학습하여 추출한다.

<그림 2>의 예에서, 특성 1에 속하는 3가지 변수인 (V1,V2, V3), 특성 2에 속하는 3가지 변수인 (V1,V2, V4), 특성 3에 속하는 2가지 변수인 (V1,V5)에 대해 각각 SOM 신경망을 구성하여 각 특성들의 패턴을 추출한다.

SOM 학습을 통한 패턴 추출시 얻어지는 패턴의 수는 가능한 많은 수를 지정하고, 학습 후 얻어지는 각 그룹의 분포 및 평균과 같은 그룹의 특징을 동일성 검정과 같은 통계적 방법을 수행하여 그룹간 동일 그룹인지의 여부를 확인하여 그룹수를 줄이는 방향으로 수행한다.

3.3 기존 데이터의 특성 패턴 값 변환

3단계는 각 특성에 속하는 변수들의 데이터를 2단계에서 추출한 각 특성의 패턴을 기준으로 패턴 분류과정을 거쳐 특성 값으로 변환한다. 즉, 특성 1에 대해 9개의 패턴을 추출하였다고 가정했을 때 기존 (V1,V2,V3)의 데이터 값이 특성1의 9개 패턴 중 어느 패턴에 속하는지 분류하는 것이다.

3.4 특성기반 수율 다변량 관리 적용

전술한 바와 같이, 새로운 제품이 공정이 거치면서 데이터가 나오게 되면 그 데이터가 기존에 좋은 수율을 가지는 제품에서 뽑혀진 특성 패턴의 값과 유사한지 아니면 나쁜 수율을 가지는 제품에서 뽑혀진 특성 패턴의 값과 유사한지를 파악하여 제품의 향후 수율을 예측하

여 공정단계에서 사전에 예방할 수 있다.

4. 연구결과

본 연구는 수율에 영향을 주는 변수들이 많이 존재하고 그들 간의 복잡한 상호 작용에 의한 수율변동이 예상되는 환경에서 기존의 관리도를 개별 공정에서 별도로 운영하여 관리하는 것이 아니라 모든 변수중에서 상호 작용을 가지는 변수들의 조합을 특성으로 정의하고 이들의 변동을 관리함으로써 수율변동을 효과적이고 쉽게 관리할 수 있는 방안을 제시하였다. 즉, 과거에 생산된 제품중에서 수율이 좋은 것과 나쁜 것을 구분하고 좋은 것과 나쁜 것에 대해 각각 특성을 정의하고 특성 변화의 패턴을 추출하여 향후 새로 만들어지는 제품의 패턴이 어느것과 더욱 유사한지를 규명하여 사전 관리를 할 수 방법이다. 본 연구에서는 이러한 목적에 맞는 C5.0 분석과 SOM 신경망을 활용하였다. 향후에 본 논문에서 제시한 방법의 타당성 검증을 위해 현장 데이터를 확보하여 적용하고자 한다.

참고문헌

- [1] Quinlan, J. Ross(1994). C4.5: Programs for Machine Learning, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, California
- [2] Kohonen, T.(1989). Self-Organization & Associative Memory. 3rd ed. Springer-Verlag, Berlin.
- [3] Alt, F. B., "Multivariate Quality Control", The Encyclopedia of Statistical Science, John Wiley, 1992이태구, 문종선, 유호선, 이재현. 가속수명시험에 의한 고속팬용 밀폐구조형 BLDC 모터의 열신뢰성 분석. 설비공학 논문집. 2005
- [4] Jackson, J. S., "Quality Control Methods for Several Related Variables", Technometrics, Vol.1, 1959, pp.359-377
- [5] Woodall, W. H. and Ncube, M. M., "Multivariate CUSUM Quality Control Procedure", Technometrics, Vol.27, 1985, pp.285-292

[6] Crosier, R. B., "Multivariate Generalizations of Cumulative Sum Quality-control Schemes", *Technometrics*, Vol.30, 1988, pp.539-549

[7] Lowry, C. A., Woodall, W. H., Champ, C. W., and Rigdon, S.E., "A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart", *Technometrics*, Vol. 34, 1992, pp. 46-53