

TAGUCHI YÖNTEMİ VE BULANIK MANTIK KULLANILARAK ÜRETİM PARAMETRELERİNİN EŞZAMANLI ENİYİLENMESİ

Kasım Baynal, Ümit Terzi

Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliđi Bölümü, 41100, İzmit, Kocaeli

Özet: Bugünün global ekonomisinde yüksek kaliteli fakat düşük maliyetli ürünler ve prosesler ayakta kalmanın anahtarı olmaktadır. Ürün kalitesini geliştirmek için çeşitli yöntem ve teknikler uygulanmaktadır. Bunların önemli bir kısmı kalite karakteristiklerini (yanıtları) tek tek ele alarak kaliteyi sağlamaya çalışmaktadır. Ancak bu yaklaşımlar yeteri kadar etkin ve ekonomik olamamaktadır. Günümüzde iki veya daha çok yanıtı beraber analiz ederek ürünün kalitesi üzerindeki etkileri belirleyen ve buna göre en iyi kombinasyonları ortaya koyan yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada, çok sayıda kalite karakteristiğine sahip bir üretim sürecinin eniyilenmesi için, Taguchi Yöntemi Bulanık Mantıkla birlikte uygulanmıştır. Üretim sürecinin çoklu kalite karakteristiklerini birlikte analiz edebilmek için, bir Çok Yanıtlı Performans Göstergesi (ÇYPG) kullanılmıştır. Üretim parametreleri, çoklu kalite karakteristikleri göz önüne alınarak eniyilenmeye çalışılmıştır. Bu yaklaşımın etkinliğini göstermek amacıyla uygulama sonuçları tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Taguchi, Bulanık Mantık, Çok Yanıtlı Karakteristik

CONCURRENT OPTIMIZATION OF PRODUCTION PARAMETERS USING TAGUCHI METHOD AND FUZZY LOGIC

Abstract: Under the global economic circumstances of today, products and services with low costs and high quality becomes the key factors for the survival of companies. Various methods and technics are used to improve product performance. Most of these studies, try to achieve quality by analysing quality charecteristics one by one. However, these approaches are not sufficiently efficient or economic. There are some approaches that determine the effect of two or more characteristics on product quality by analysing them together and offer the best combinations.

In this study, for the optimization of a production process that has multiple characteristics, Taguchi Method has been applied in accompany with Fuzzy Logic. A Multi Response Performance Index (MRPI) was used to be able analyse multiple quality characteristics together. Production parameters were studied to be optimized by considering the multiple characteristics. Experimental results are presented to dempnstrate the effectiveness of this approach.

Keywords: Taguchi, Fuzzy Logic, Multi-Response Performance

1.Giriş

Taguchi Yöntemleri yaklaşık son on beş yılda ürün kalitesinin ve proses performansının iyileştirilmesinde başarılı oldukları kanıtlanmıştır. Pek çok Taguchi deneyinde tek kalite karakteristiğinin eniyilenmesi ele alınmıştır. Üretim proseslerinde çoklu kalite karakteristiklerinin eniyilenmesi yaygın değildir ve Taguchi yöntemi uygulayıcılarının çok azı bu konuyla ilgilenmişlerdir (Kumar et al., 2000). Taguchi yöntemlerini kullanan pek çok mühendis, üretim prosesi eniyilemesinde çoklu kalite karakteristikleriyle ilgilendikleri zaman mühendislik yargısını kullanmışlardır. Bu yaklaşım subjektiftir ve bu yüzden karar verme prosesinde daima bir belirsizlik getirmektedir (Antony, 2001).

Çok yanıtlı bir deneyden elde edilen verilerin analizi, verilerin çok değişkenli yapısının dikkatli bir şekilde ele alınmasını gerektirmektedir. Diđer bir deyişle, yanıt değişkenleri bireysel ve diğerlerinden bağımsız olarak incelenmemelidir. Yanıtlar arasında var olabilecek ilişkiler, bu tip tek değişkenli incelemelerin anlamsız olmasına neden olur. Bu durumda, birden çok yanıt fonksiyonu eşzamanlı olarak eniyilenmek isteniyorsa, ayrı ayrı eniyilerin elde edilmesi anlamsızdır (Baynal, 2003).

Çok yanıtlı süreçlerde kalite karakteristiklerinin başarımını göstermek için kullanılan; “daha küçük daha iyi”, “daha büyük daha iyi”, “nominal en iyi” kavramları, kesin olmayan belirsiz bilgilerin modellenmesinde oldukça başarılı olan ve Zadeh tarafından 1965 yılında sunulan, Bulanık Mantık Teorisi ile modelleme için oldukça uygundur (Lin J.L ve diğ. 2000).

Çoklu kalite karakteristiklerinin uygun bir şekilde bir araya getirilmesi, olası parametre kombinasyonlarının doğru bir şekilde değerlendirilerek, sıralanabilmesi için gereklidir. Bu çalışmada kalite karakteristiklerini birlikte analiz edebilmek için, bir Çok Yanıtlı Performans Göstergesi (ÇYPG)

kullanılmıştır. Bulanık kümeler kullanılarak modellenen kalite karakteristikleri, bir kural tabanı yardımıyla bulanık çıkartım işlemiyle ÇYPG'ne dönüştürülmüştür. Daha sonra ÇYPG değerlerinden yararlanılarak en iyi faktör seviye kombinasyonları belirlenmiştir.

2. Yöntemin Uygulandığı Üretim Süreci

Uygulama, ana otomotiv endüstrisinin bir tedarikçisi olarak otomobil, ticari araç, motosiklet ve bisiklet için çeşitli ürünler üreten bir işletmede yapılmıştır. Uygulama için en uygun, ölçülebilir ve tekrar üretilebilir bir ürünün üretimi konusunda fikir alış verişi yaptıktan sonra üzerinde çalışma yapılacak ürünün far kumanda kolu şapkası olması kararlaştırılmıştır.

Üretimde karşılaşılan problem, ürünün (far kumanda kolu şapkası) baş kısmında meydana gelen bombelik ve parlaklık olarak ele alınmıştır. Bunların giderilmesi; ayrıca ağırlık ve boyutun da hedef değerlerde veya hedef değer civarlarında gerçekleştirilmesi, çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Çalışmada beyin fırtınası (brainstorming) ve neden-sonuç (cause-and-effects) diyagramları kullanılarak problemle ilgili faktörler ve seviyeleri belirlenmiş; uygulamada üç kalite karakteristikli (yanıtlı) bir problem üzerinde çalışılmıştır. İlgililerle yapılan tartışmalardan sonra ürünün **ağırlığı, görünümü ve boyutu** kalite karakteristikleri olarak belirlenmiştir.

Çalışmada ürün üzerinde etkili olduğu düşünülen kontrol edilebilen faktörler ve bunların seviyeleri beyin fırtınası ve neden-sonuç araçları yardımıyla belirlenerek, bunların içerisinden en önemlileri olduğu düşünülen on üç faktör seçilmiştir. Tüm faktörler üç ayrı deney seviyesi ile incelenmiştir. Bu faktörlerin ikinci seviyeleri mevcut uygulamalarda kullanılan proses parametreleridir. Deney bu 3 seviyeli 13 kontrol faktörünü içeren bir yapıda ($L_{27}(3^{13})$ ortogonal dizi) ve 27 deney yapılarak yürütülmüştür.

3. Çoklu Performans Kriterlerinin Bulanık Mantıkla Eniyilenmesi

Taguchi Yöntemi ve Bulanık Mantık kullanılarak üretim parametrelerinin en iyi kombinasyonlarının belirlenmesi işlemi aşağıdaki aşamalarda gerçekleşmektedir:

- Taguchi yöntemi kullanılarak, kalite kayıpları ve sinyal gürültü (SG) oranları belirlenir.
- Kalite karakteristiklerine ait SG oranları, bulanık model kullanılarak ÇYPG'ne dönüştürülür.
- Elde edilen ÇYPG değerlerine göre en iyi faktör kombinasyonu belirlenir.
- Doğrulama deneyi ve varyans analizi yapılarak sonuçlar irdelenir.

3.1. Sinyal Gürültü Oranlarının Belirlenmesi

Ağırlık ve Boyut karakteristikleri için SG oranları hesaplanırken, Taguchi tarafından önerilen formüllerden nominal en iyi yöntemi kullanılmıştır. Burada y_i ($i=1,2, \dots, n$), n . deneyde elde edilen sonuç değerini göstermek üzere SG oranı, u ve σ^2 değerleri aşağıda görüldüğü gibi hesaplanır:

$$SG = 10 \log \left[\frac{u^2}{\sigma^2} \right] \quad u = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad \sigma^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (y_i - u)^2 \quad (1), (2), (3)$$

Görünüm karakteristiği için kabul (1) veya red (0) gibi iki deney sonucu mevcut olduğundan gerçekleşme aralığı sürekli değildir; bu nedenle kimi durumlarda bulanık çıkartımda kullanılabilecek mantıklı SG oranları hesaplanamamaktadır. Bunun yerine, görünüm için deney kombinasyon ortalamasının istenen değere uzaklığı kullanılmıştır.

3.2. Bulanık Modelleme ve Çıkartım

Bir bulanık mantık ünitesi; bulanıklaştırıcı, üyelik fonksiyonları, bulanık kural tabanı, çıkartım motoru ve bir durulaştırıcıdan oluşur. İlk olarak bulanıklaştırıcı üyelik fonksiyonlarını kullanarak SG oranlarını ve hedef değerden uzaklıkları bulanıklaştırır. Sonra, çıkartım motoru, bulanık kural tabanından yararlanarak, bulanık bir değer elde etmek amacıyla bir çıkartım yapar. Son olarak elde edilen bulanık değerler, durulaştırıcı tarafından ÇYPG değerlerine dönüştürülür.

Bu çalışmada bulanık kural tabanında, ağırlık ve boyut nitelikleri için az, orta ve çok olmak üzere üçer alt küme; görünüm niteliği için az ve çok olmak üzere iki alt küme kullanılarak bulanık çıkartım girdileri oluşturulmuştur. Çıktı kısmında ise çok az, az, orta, fazla, çok fazla alt kümelerinden oluşan ÇYPG bulanık değişkeni bulunmaktadır. Burada, ağırlık, boyut ve görünüm karakteristiklerinde, bu değişkenler için elde edilen SG oranları aralıkları; ÇYPG değişkeninde ise [0,1], gerçekleşme aralığı olarak alınmıştır.

3.3. En İyi Faktör/Seviye Kombinasyonunun Belirlenmesi

Çok yanıtlı sinyal gürültü oranı performans karakteristiği kullanılarak en iyi faktör/seviye kombinasyonu $A_2B_3C_3D_2E_3F_3G_1H_1I_2J_3K_1L_3M_1$ olarak bulunmuştur (Tablo 1). Bu da başlangıç üretim

koşullarından ($A_2B_2C_2D_2E_2F_2G_2H_2I_2J_2K_2L_2M_2$) çok farklıdır. Farklı ancak anlamlı ağırlıklar için yapılan analiz sonucunda bulunan kombinasyondaki önemli faktörler pek fazla değişmemektedir (Baynal, 2003). Her faktörün seviyelerindeki değişimler dikkate alındığında problem için en önemli faktörler belirlenebilir. Burada faktörlerin önem sırası dikkate alınarak bir sıralama yapıldığında faktörler J, K, H, F, I, L, E, A, M, C, B, D ve G şeklinde sıralanırlar. Bunlardan J, K, H, F, I, L ve E faktörlerinin yanıt üzerinde daha önemli (büyük) bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 1: Faktörlerin MRSN oranı üzerindeki ana etkileri

MRSN 'de Ana Etkiler					MRSN 'de Ana Etkiler (Sıralı)				
FAKTÖRLER	SEVİYELER			Maks-Min	FAKTÖRLER	SEVİYELER			Maks-Min
	S1	S2	S3			S1	S2	S3	
A	4.522	4.889	2.977	1.912	J	-1.052	2.065	11.375	12.428
B	3.700	3.730	4.958	1.258	K	6.707	1.903	3.778	4.804
C	4.290	3.392	4.706	1.314	H	7.506	4.839	3.207	4.299
D	3.710	4.662	3.992	0.952	F	1.761	4.957	5.671	3.910
E	2.700	4.175	5.513	2.812	I	2.861	6.296	3.952	3.435
F	1.761	4.957	5.671	3.910	L	4.882	2.233	5.273	3.040
G	3.775	3.626	3.548	0.228	E	2.700	4.175	5.513	2.812
H	7.506	4.839	3.207	4.299	A	4.522	4.889	2.977	1.912
I	2.861	6.296	3.952	3.435	M	5.282	3.692	3.414	1.869
J	-1.052	2.065	11.375	12.428	C	4.290	3.392	4.706	1.314
K	6.707	1.903	3.778	4.804	B	3.700	3.730	4.958	1.258
L	4.882	2.233	5.273	3.040	D	3.710	4.662	3.992	0.952
M	5.282	3.692	3.414	1.869	G	3.775	3.626	3.548	0.228

3. 4. Doğrulama Deneyi

Yapılan çalışma sonucunda belirlenen faktör/seviye kombinasyonuna göre doğrulama deneyi sonucunda üretilen parçalar ise kalite karakteristikleri için belirlenen hedef değerlere yakın olduğu belirlenmiştir. Üründe bombelik ve parlaklık tamamen ortadan kaldırılmış ve mat bir görünüm elde edilmiştir. Ayrıca üretilen bütün parçalarda bu kalite sağlanmıştır. Deney analizinden elde edilen kombinasyona göre yapılan üretim sonucunda, üretilen parçaların ağırlığında 4.35 dB (variansta %11 iyileştirme), görünümünde 69.77 dB (variansta %714 iyileştirme) ve boyutunda da 34.92 dB'lik (variansta %133 iyileştirme) bir iyileştirme sağlanmıştır.

4. Sonuç

Taguchi yöntemleri kullanılarak çoklu kalite karakteristiklerinin eniyilemesinde, mühendislik yargısını subjektiftiği ve karar verme sürecinde getirdiği belirsizlik, olumsuz olarak görülmüş ve azaltılmaya çalışılmıştır. Bu konuda geliştirilen bir çok yöntemin aksine bulanık mantık belirsizliği uygun bir şekilde modelleme imkanı sunmaktadır. Modelleme kolaylığı, birbirinden farklı birimde ve nitelikte verilerin aynı model içerisinde bir araya getirebilmesi ve ikame yöntemlere göre daha iyi sonuçlar vermesi, bulanık mantığın bu alandaki kullanılabilirliğini arttırmaktadır.

Kaynaklar

- Antony, J.**, “Simultaneous Optimisation of Multiple Quality Characteristics in Manufacturing Processes Using Taguchi’s Loss Function”, *Int.J.of Adv. Manuf. Technology*, 2001,**17**:134-138
- Baynal, K.**, “Çok Yanıtlı Problemlerin Taguchi Yöntemi İle Eniyilemesi ve Bir Uygulama”, *Doktora Tezi*, İÜ Sosyal Bilimler Ens., İstanbul, 268 sayfa, Mart 2003
- Kumar, P. ve diğerleri**, Quality Optimization (Multi-Characteristics) Through Taguchi’s Technique and Utility Concept, *Qual.Reliab. Engng. Int.* 2000;**16**:475-485.
- Lin J.L. ve diğerleri**, “Optimization of the electrical discharge machining process based on the Taguchi method with fuzzy logics”, *Journal of Materials Processing Technology*, 2000,**102**:48-55