

ÇEKİCİLİK (DESIRABILITY) FONKSİYONLARI ÜZERİNE BİR İNCELEME

Cenk ÖZLER^(*)

ÖZET

Ürün ve süreç tasarımlarında önemli bir problem, birden çok sayıdaki kalite karakteristiğinin (cevap değişkenlerinin) eşanlı olarak arzu edilen değerlerini sağlayacak faktör seviyelerinin seçimidir. Derringer ve Suich (1980) bu tip problemlerin çözümünde çekicilik fonksiyonu yaklaşımını önermiştir. Bu çalışmada öncelikle, Derringer ve Suich (1980)'in önerdiği yaklaşım gözden geçirilmiştir. Ayrıca bu yaklaşım ile birlikte kullanılacak farklı bir çekicilik fonksiyonu önerilmiştir.

1. Giriş

Ürün ve süreç tasarımlarında önemli bir problem, birden çok sayıdaki kalite karakteristiğinin (cevap değişkenlerinin) eşanlı olarak arzu edilen değerlerini sağlayacak faktör seviyelerinin seçimidir. Örneğin, bir beton parke taşı kalitesinin iyileştirilmesi probleminde kalite karakteristikleri, beton dayanımı, su emme yüzdesi, yüzey pürüzlülüğü vs. şeklindedir. Kalite karakteristiklerinin bağlı olduğu faktörler, alt vibrasyon sıcaklığı, üst vibrasyon sıcaklığı, strok sayısı vs. olarak sıralanabilir. Burada amaç, beton dayanımını maksimize, su emme yüzdesini ve yüzey pürüzlülüğünü minimize eden faktör seviyelerinin seçimidir.

r adet cevap değişkeninin herbirisinin k adet faktör ile ilişkili olduğu varsayımı altında,

$$y_{ui} = f_i(x_1, x_2, \dots, x_k) + \varepsilon_{ui} \quad , \quad u = 1, 2, \dots, N_i \quad , \quad i = 1, 2, \dots, r \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada f_i , cevap değişkeni y_i ile faktörler x_1, x_2, \dots, x_k arasındaki fonksiyonel ilişkidir ve her bir y_i için farklı yapıda olabilir. Her bir i için $E(\varepsilon_{ui}) = 0$ genel varsayımı yapılırsa, ortalama veya beklenen cevaplar olan η_i 'nin k adet faktör ile ilişkisi,

$$\eta_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad i = 1, 2, \dots, r$$

olur. f_i fonksiyonuna yaklaşmak için genellikle bir polinomiyal fonksiyon (birinci veya ikinci derece bir cevap yüzeyi modeli) kullanılır. Ardından η_i yerine regresyon teknikleri ile elde edilen tahminleyicisi olan \hat{y}_i kullanılır.

Önce Harrington (1965) tarafından tanımlanan ve ardından Derringer ve Suich (1980) tarafından geliştirilen çekicilik (desirability) fonksiyonu, her bir tahminleşmiş cevap değişkeni \hat{y}_i 'yi, bir çekicilik değeri d_i 'ye transforme

^(*) Öğr. Gör. Dr. D.E.Ü. İ.İ.B.F. Ekonometri Bölümü.

etmektedir. Burada çekicilik değeri $0 \leq d_i \leq 1$ aralığındadır. Söz konusu cevabın çekiciliği arttığında (cevap, arzu edilen değerine yaklaştığında), karşılık geldiği çekicilik değeri d_i de artmaktadır. Ardından bireysel çekicilik değerleri, geometrik ortalama kullanılarak birleştirilebilir (Derringer ve Suich, 1980: s.215):

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_r)^{1/r} \quad (2)$$

Burada tek bir D değeri, birleşik cevap seviyelerinin çekiciliğinin genel bir değerini vermektedir. D , $[0,1]$ aralığında bir değer alır ve karakteristikler daha arzu edilir seviyede olduklarında D 'nin değeri artar. $d_i = 0$ olduğunda (cevap değişkenlerinden birisi kabul edilemez seviyede olduğunda), $D = 0$ olur. Bu yüzden d_i 'lerin geometrik ortalamasının alınması tercih edilmektedir.

Bu çalışmada öncelikle Derringer ve Suich (1980) tarafından önerilen çekicilik fonksiyonları gözden geçirilmiştir. Ayrıca bir kalite karakteristiğinin hedef değerinden düşük miktardaki sapmalarına karşı fazla duyarlı olmayan, ancak yüksek miktardaki sapmalarına karşı daha duyarlı olan bir d_i fonksiyonu önerilmiştir.

2. Tek Taraflı Transformasyonlar

\hat{y}_i 'nin d_i 'ye transformasyonu tek-taraflı ve çift-taraflı çekicilik transformasyonları olmak üzere iki ayrı şekilde gerçekleştirilebilir (Derringer ve Suich, 1980). Tek-taraflı durum için, \hat{y}_i arttığında d_i de artmaktadır ve \hat{y}_i maksimize edildiğinde $d_i = 1$ olmaktadır. (\hat{y}_i 'nin minimizasyonu $-\hat{y}_i$ 'nin maksimizasyonu ile denktir). Derringer ve Suich (1980) tek-taraflı durumlar için şu transformasyonu kullanmışlardır:

$$d_i = \begin{cases} 0 & \hat{y}_i \leq y_{i*} \\ \left[\frac{\hat{y}_i - y_{i*}}{y_i^* - y_{i*}} \right]^n & y_{i*} < \hat{y}_i < y_i^* \\ 1 & \hat{y}_i \geq y_i^* \end{cases} \quad (3)$$

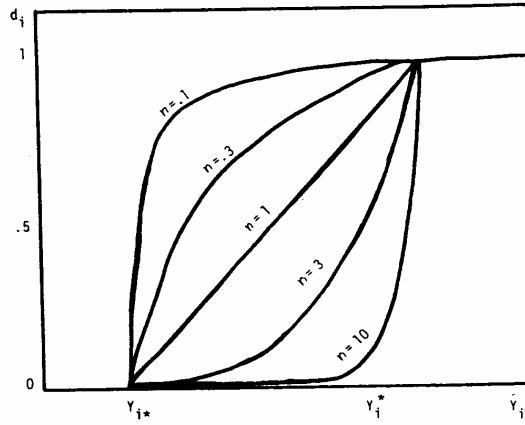
Eşitlik (3) ile verilen d_i 'nin değişik n değerleri için grafiği Şekil 1 ile verilmiştir.

y_{i*} değeri, \hat{y}_i 'nin minimum kabul edilebilir değeridir (alt tolerans limitidir). Uygulayıcı, $\hat{y}_i \leq y_{i*}$ olduğunda, ürünün kabul edilemez olacağını dikkate alarak y_{i*} 'in değerini belirler. $\hat{y}_i \leq y_{i*}$ olduğunda $d_i = 0$ ve böylece $D = 0$ olmaktadır.

Çekicilik Fonksiyonları

Örneğin y_i , bir radyatör hortumunun gerilme kuvveti ise ve y_i 'nin $y_{i*} = 1500$ psi altındaki bir değeri kabul edilemez bir değer ise, diğer cevap değişkenlerinin çekicilik değerleri ne kadar yüksek olursa olsun, ürün kabul edilemez olacaktır.

y_i^* değeri, \hat{y}_i 'nin en yüksek değerini vermektedir. Gerçekte, burada tek taraflı transformasyonu ele aldığımız için, \hat{y}_i 'nin en yüksek değeri yoktur. Bununla beraber, uygulamalara bakılacak olursa, \hat{y}_i için bir y_i^* değeri seçilebilir. Burada y_i^* değerinin aşılması uygulayıcılar açısından fazla bir anlam ifade etmeyebilir. Örneğin, gerilme kuvveti örneğinde, aşıldığı zaman hortum kalitesi üzerinde fazla bir etkisi olmayan bir y_i^* değeri tespit edilebilir. Böylece y_i^* aşıldığında çekicilik değeri 1 olarak kalır.



Şekil 1. Değişik n değerleri için (3) transformasyonu.

Transformasyonda kullanılan n değeri de yine uygulayıcı tarafından belirlenebilir. Şekil 1'e bakıldığında, \hat{y}_i 'nin arzu edildiği değere çok yakın olması isteniyorsa, n 'in büyük bir değerinin seçilmesi gerektiği görülmektedir. Diğer bir deyişle, y_{i*} ürünün kabul edilebilir olması için yeterli olsa bile, \hat{y}_i 'nin y_{i*} 'dan dikkate değer ölçüde büyük olması durumunda, ürünün çekicilik değeri büyük ölçüde artar. Yine radyatör hortumu örneğine dönersek, $y_{i*} = 1500$ psi'nin üzerindeki gerilme kuvveti kabul edilebilir olsa bile kalite karakteristiği için karar verici konumunda bulunan yönetim 1500 psi'nin çok üzerindeki değerleri arzu edebilir. Bu durumda n 'in oldukça yüksek bir değeri, örneğin $n = 10$ seçilebilir. Görüldüğü gibi, çekicilik derecesi d_i , \hat{y}_i 'nin artışına göre daha yavaş bir hızla artmaktadır. Bundan dolayı, d_i 'yi ve D 'yi maksimize etmek için, \hat{y}_i , y_{i*} 'in çok üzerinde olmalıdır. Diğer taraftan, \hat{y}_i 'nin, y_{i*} 'in çok üzerinde olması fazla bir

anlam ifade etmiyorsa n 'in küçük bir değeri belirlenebilir. Örneğin $n = 0.1$, y_{i^*} 'ın üzerindeki herhangi bir \hat{y}_i değerinin, y_{i^*} 'ın üzerindeki diğer başka \hat{y}_i 'larla hemen hemen aynı çekicilik derecesinde olduğu anlamına gelmektedir.

3. Çift Taraflı Transformasyonlar

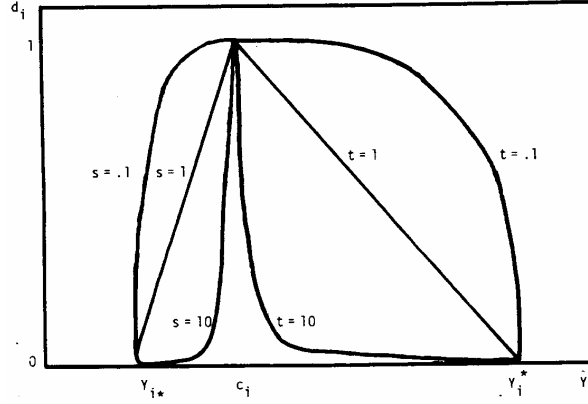
Çift taraflı transformasyonlar, cevap değişkeni y_i , hem bir minimum hem de bir maksimum kısıtına sahip olduğu durumda ortaya çıkar. Burada

$$d_i = \begin{cases} \left[\frac{\hat{y}_i - y_{i^*}}{c_i - y_{i^*}} \right]^s & y_{i^*} \leq \hat{y}_i \leq c_i \\ \left[\frac{\hat{y}_i - y_i^*}{c_i - y_i^*} \right]^t & c_i < \hat{y}_i \leq y_i^* \\ 0 & \hat{y}_i < y_{i^*} \text{ veya } \hat{y}_i > y_i^* \end{cases} \quad (4)$$

şeklindeki bir transformasyon ele alınır. Buradaki durumda y_{i^*} , \hat{y}_i 'nın minimum kabul edilebilir değeri (alt tolerans limiti) ve y_i^* , y_i 'nin maksimum kabul edilebilir değeridir (üst tolerans limiti). Bu sınırların dışındaki \hat{y}_i değerleri ürünü kabul edilemez duruma getirmektedir. c_i için seçilen değer, \hat{y}_i için en çok arzu edilen değerdir (hedef değerdir) ve y_{i^*} ile y_i^* arasındadır. s ve t değerleri, tek taraflı transformasyondaki n ile aynı rolü oynamaktadır.

Şekil 2'de t ve s 'nin bir kaç değişik değeri çizilmiştir. Örnek olarak c_i , y_{i^*} ile y_i^* arasındaki uzaklığın ilk % 25'lik kısmında seçilmiştir. Bu şekile göre, \hat{y}_i 'nin c_i 'ye çok yakın olması isteniyorsa, s ve t 'nin büyük değerleri seçilmelidir. Bu durumda çekicilik derecesi d_i , \hat{y}_i , c_i 'ye çok yakın olmadıkça, fazla büyük olmayacaktır. Diğer taraftan, \hat{y}_i 'nin y_{i^*} ve y_i^* arasındaki bütün değerleri hemen hemen aynı derecede kabul edilebilir ise, s ve t 'nin küçük değerleri seçilebilir. s ve t 'nin 1 civarındaki değerleri, yukarıda bahsedilen bu iki aşırı durum arasında bir uzlaşmayı temsil etmektedir. Ayrıca, \hat{y}_i 'nin c_i 'ye doğru hızla artması arzu edildiği halde, \hat{y}_i 'nin c_i 'nin üzerinde ancak y_i^* 'ın altındaki herhangi bir değeri kabul edilebilir ise, s 'nin büyük bir değeri, bunun yanında t 'nin küçük bir değeri seçilebilir.

Çekicilik Fonksiyonları



Şekil 2. Değişik s ve t değerleri için (4) transformasyonu.

4. Başka Bir Çekicilik Fonksiyonu

Bu bölümde, bir kalite karakteristiğinin hedef değerinden az miktardaki sapmalarının fazla önemli olmadığı, ancak fazla miktarlardaki sapmalarının (toleranslar dahilinde olsa bile) istenmediği durumlar söz konusu olduğunda kullanılacak, farklı bir çekicilik fonksiyonu önerilmiştir.

Yukarıda bahsedilen durumlarda kullanılacak bir çekicilik fonksiyonu,

$$d_i = \frac{2}{\exp(ay'_i) + \exp(-ay'_i)}, \quad i = 1, 2, \dots, r \quad (5)$$

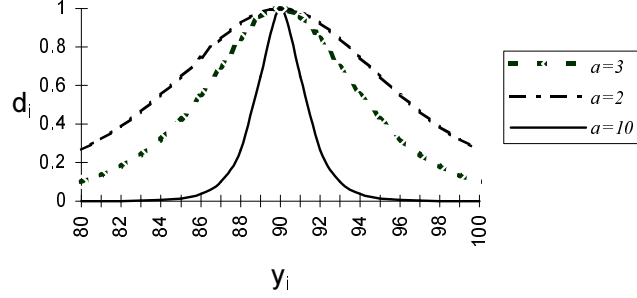
şeklinde yazılabilir. Burada,

$$y'_i = \frac{2(\hat{y}_i - c_i)}{(y_i^* - y_{i*})} \quad (6)$$

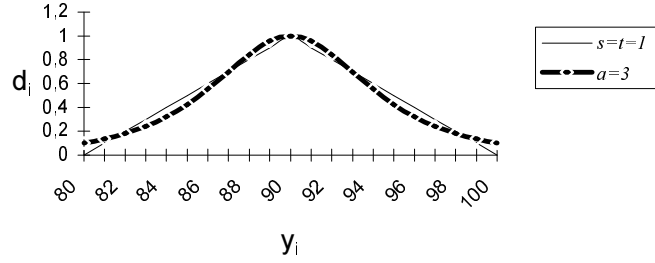
şeklinindedir. Eşitlik (6)'da y_i^* üst tolerans limiti, y_{i*} alt tolerans limiti ve c_i hedef değerdir. Ayrıca eşitlik (6)'daki c_i için,

$$c_i = \frac{y_i^* + y_{i*}}{2}$$

olduğu, diğer bir deyişle kalite karakteristiğinin hedef değerinin tolerans limitlerinin tam ortasında olduğu varsayılmaktadır. Eşitlik (5)'teki a değeri ise, 2. ve 3. bölümlerdeki n , s ve t değerlerinin seçiminde kullanılan kriterler gözönüne alınarak belirlenebilir. $a = 2, 3$ ve 10 durumları için elde edilen çekicilik fonksiyonları Şekil 3 ile verilmiştir. Burada $y_i^* = 100$, $y_{i*} = 80$ ve $c_i = 90$ olan bir durum ele alınmıştır.

Şekil 3. $a = 2, 3$ ve 10 durumları için (5) transformasyonu.

\hat{y}_i 'nin hedef değerine çok yakın olması istendiğinde a 'nın büyük bir değeri, örneğin $a = 10$ seçilebilir. \hat{y}_i 'nin hedef değerine yakın olması çok önemli olmadığı durumlarda ise a 'nın küçük bir değeri, örneğin $a = 2$ seçilebilir. a 'nın herhangi bir değeri için, \hat{y}_i 'nin hedef değeri c_i 'ye ulaşması durumunda eşitlik (5)'ten $d_i = 1$ olacağı görülmektedir.



Şekil 4. Eşitlik (5) ile eşitlik (4)'ün karşılaştırılması.

Eşitlik (5)'te önerilen çekicilik fonksiyonu ile Derringer ve Suich (1980)'in eşitlik (4)'te önerdiği çekicilik fonksiyonu arasındaki farklılığı görebilmek için Şekil 4'e bakılabilir. Burada yine $y_i^* = 100$, $y_i^* = 80$ ve $c_i = 90$ olduğu varsayılmıştır. Eşitlik (5) ile verilen transformasyonun kullanıldığı çekicilik fonksiyonunda $a = 3$ olarak, eşitlik (4) ile verilen transformasyonun kullanıldığı çekicilik fonksiyonunda $s = t = 1$ alınmıştır. Şekil 4'ten görüldüğü gibi (5) transformasyonu, hedef değer c_i 'den az miktarlardaki sapmalara karşı (4) transformasyonuna göre daha duyarsızdır. Ancak belli bir noktadan sonra (5) transformasyonu sapmalara karşı (4) transformasyonuna göre daha duyarlı olduğu için daha hızlı azalmaktadır. Ayrıca (5) transformasyonu tolerans sınırları dışına çıktığında tam olarak sıfır değerini almamakta, ancak sıfıra yakın bir değer almaktadır.

Tek tolerans limitinin olduğu durumlarda d_i fonksiyonları aşağıdaki gibi yazılabilir:

\hat{y}_i 'nın maksimizasyonu isteniyor ise,

$$d_i = \begin{cases} \frac{2}{\exp(ay'_i) + \exp(-ay'_i)} & \hat{y}_i < y_i^* \\ 1 & \hat{y}_i \geq y_i^* \end{cases} \quad (7)$$

yazılabilir. y_i^* , \hat{y}_i 'nın minimum kabul edilebilir değeri ve y_i^* , \hat{y}_i 'nın en yüksek değeridir (bkz. 2. Bölüm) ve

$$y'_i = \frac{(y_i^* - \hat{y}_i)}{(y_i^* - y_{i*})} \quad (8)$$

şeklindedir. Buradaki a sabiti yukarıdaki açıklamalar dikkate alınarak belirlenebilir.

\hat{y}_i 'nın minimizasyonu isteniyor ise,

$$d_i = \begin{cases} \frac{2}{\exp(ay'_i) + \exp(-ay'_i)} & \hat{y}_i > y_{i*} \\ 1 & \hat{y}_i \leq y_{i*} \end{cases} \quad (9)$$

yazılabilir. y_{i*} , \hat{y}_i 'nın maksimum kabul edilebilir değeri ve y_{i*} , \hat{y}_i 'nın en düşük değeridir (bkz. 2. Bölüm) ve

$$y'_i = \frac{(\hat{y}_i - y_{i*})}{(y_i^* - y_{i*})} \quad (10)$$

şeklindedir.

5.Örnek Uygulama

Derringer ve Suich (1980) tarafından incelenen lastik endüstrisindeki bir yüzey-dişi bileşimi probleminde cevap değişkenleri (y 'ler), PICO Aşınma İndeksi (y_1), yüzde 200 modül (y_2), kopma uzaması (y_3) ve sertlik (y_4) olarak ele alınmıştır. Cevap değişkenlerinin her biri şu girdi değişkenlerine bağlıdır: hidratlı silis seviyesi (x_1), silan kavrama seviyesi (x_2) ve kükürt seviyesi (x_3). Burada amaç, y_1 ve y_2 'yi maksimize edecek ve y_3 ve y_4 'ü bir hedef değere yaklaştıracak x 'lerin seviyelerinin seçimidir. Cevap değişkenleri üzerindeki kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$y_1 > 120$$

$$\begin{aligned} y_2 &> 1000 \\ 600 &> y_3 > 400 \\ 75 &> y_4 > 60 \end{aligned}$$

Ayrıca y_3 ve y_4 için hedef değerler $T_1 = 500$ ve $T_2 = 67.5$ şeklindedir. Derringer ve Suich (1980) bu problemin çözümünde eşitlik (3) ve (4) ile verilen transformasyonları kullanmıştır ve $n = s = t = 1$ olarak almıştır. Bu bölümde Derringer ve Suich (1980)'de sunulan tasarım, veriler ve modeller dikkate alınmıştır. Uyumu yapılan modeller ikinci derece cevap yüzeyleri olup, aşağıda verilen formdadır:

$$\hat{y}_i = b_0 + \sum_{j=1}^3 b_j x_j + \sum_{j=1}^3 \sum_{l=j}^3 b_{jl} x_j x_l \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (11)$$

Burada b 'ler en küçük kareler yöntemi ile tahminlenmiş katsayılardır. Ayrıca cevap değişkenlerinden y_1 ve y_2 için eşitlik (7) ile verilen, y_3 ve y_4 için ise eşitlik (4) ile verilen transformasyon kullanılmıştır ve tüm cevaplar için $a = 3$ alınarak problem çözülmüştür. Söz konusu deney tasarımı bir merkezi bileşik tasarımdır ve deney bölgesi küreseldir ($x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 \leq 3$). Bu tasarımdan elde edilen çok cevaplı veriler Tablo 1'de verilmiştir. Her bir cevap verisi için ikinci derece modellerin uyumu yapıldığında tahminlenen katsayılar ve cevapların standart hataları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney Tasarımı ve Veriler

x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3	y_4
-1	-1	1	102	900	470	67.5
1	-1	-1	120	860	410	65
-1	1	-1	117	800	570	77.5
1	1	1	198	2294	240	74.5
-1	-1	-1	103	490	640	62.5
1	-1	1	132	1289	270	67
-1	1	1	132	1270	410	78
1	1	-1	139	1090	380	70
-1.633	0	0	102	770	590	76
1.633	0	0	154	1690	260	70
0	-1.633	0	96	700	520	63
0	1.633	0	163	1540	380	75
0	0	-1.633	116	2184	520	65
0	0	1.633	153	1784	290	71
0	0	0	133	1300	380	70
0	0	0	133	1300	380	68.5
0	0	0	140	1145	430	68
0	0	0	142	1090	430	68
0	0	0	145	1260	390	69
0	0	0	142	1344	390	70

Kaynak: G. Derringer ve R. Suich (1980).

Bu bölümde ele alınan örnek uygulamada optimizasyon probleminin çözümü için popüler bir elektronik hesap tablosu yazılımı olan Excel 7.0 içerisindeki “Solver” seçeneği kullanılmıştır. Solver seçeneği, genelleştirilmiş indirgenmiş gradyan (GİG) algoritmasını kullanmaktadır. GİG algoritması, doğrusal olmayan eşitlik kısıtları olması durumunda, bir amaç fonksiyonunu optimize etmektedir. Eşitsizlik kısıtlarının olması durumunda ise, artık (surplus) değişkenlerin eklenmesi ile bu kısıtlar eşitlik kısıtlarına dönüştürülmektedir (Del Castillo ve Montgomery, 1993). Böylece, bu yöntem doğrusal olmayan eşitsizlik kısıtlarının olması durumunda da kullanılabilir. Del Castillo ve Montgomery (1993) GİG algoritması ile ilgili olarak aşağıdaki hususları vurgulamışlardır:

1. Doğrusal olmayan programlama (DOP) ile ilgili literatürde GİG yöntemi, bir “primal” yöntem olarak bilinmektedir. Bunun anlamı, bu yöntemin optimum çözüm noktası için kısıtlar ile tanımlanan olurlu bölge boyunca arama yapmasıdır. Optimizasyon süresince her bir noktanın olurlu olup olmadığı (kısıtları sağlayıp sağlamadığı) test edilmektedir ve her bir iterasyon sonucu amaç fonksiyonunun değeri iyileştirilmektedir. Arama süreci boyunca türetilen her nokta olurlu olacağı için, durdurma noktası da olurlu olacaktır. Tüm problemler için global optimumun bulunması garanti altına alınamasa da, durdurma noktası olurludur ve amaç fonksiyonu için başlangıç noktasından daha iyi bir değer elde edilir. Algoritmayı başlatmak için olurlu bir başlangıç noktası gereklidir.
2. GİG algoritması, kullanılacak DOP yöntemleri içerisinde en duyarsız (robust) olanıdır. Reklaitis vd. (1983) duyarsızlığı, özel bir DOP yönteminin değişik problemleri çözme yeteneği olarak tanımlamaktadır.
3. İndirgenmiş-gradyan tipi yöntemler
 - Başlangıç noktası optimumdan uzak,
 - Kısıtlar yüksek derecede doğrusal olmayan bir yapıdaolmadıkça iyi çalışmaktadırlar.

GİG algoritması ile ilgili daha detaylı bilgiler Del Castillo ve Montgomery (1993), Reklaitis vd. (1983) ve Bazaraa vd. (1993)’te bulunmaktadır. Bu bölümde GİG algoritması kullanıldığında en yüksek çekicilik değerini veren koşullar ise Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Model Katsayıları ve Cevapların Standart Hataları

Terimler	Katsayılar			
	Model y_1	Model y_2	Model y_3	Model y_4
Sabit	139.12	1261.13	400.38	68.91
x_1	16.49	268.15	-99.67	-1.41
x_2	17.88	246.50	-31.40	4.32
x_3	10.91	139.48	-73.92	1.63
x_1x_2	5.13	69.38	8.75	-1.63
x_1x_3	7.13	94.13	6.25	0.13
x_2x_3	7.88	104.38	1.25	-0.25
x_1^2	-4.01	-83.57	7.93	1.56
x_2^2	-3.45	-124.82	17.31	0.06
x_3^2	-1.57	199.18	0.43	-0.32
Standart Hata	5.61	328.69	20.55	1.27

Kaynak: G. Derringer ve R. Suich (1980).

Tablo 3. Optimizasyon Sonuçları

Çekicilik Değerleri		Tahminlenmiş Cevaplar		Optimum Faktör seviyeleri	
d_1	0.1337	y_1	125.9042	x_1	-0.2394
d_2	1.0000	y_2	1376.0970	x_2	0.0449
d_3	0.9638	y_3	490.8193	x_3	-0.8924
d_4	0.9885	y_4	67.8731		
Genel Çekicilik D	0.5975				

6.Sonuç

Bu çalışmada önerilen çekicilik fonksiyonu, Derringer ve Suich (1980)'in önerdiği yaklaşım ile birlikte kullanılabilir bir yaklaşımdır. Bu iki yaklaşım için birbirlerinin alternatifi değil, ancak birbirlerinin tamamlayıcıları oldukları söylenebilir. Bununla birlikte önerilen yaklaşımın geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin uygulayıcı hangi noktadan önce hedef değerden sapmalara karşı duyarlı olunacağını ve hangi noktadan sonra hedef değerden sapmalara karşı daha duyarlı olunacağını kendisi belirlemek istediğinde, bu bilgiyi de süreç optimizasyonu problemine dahil edebileceği bir çekicilik fonksiyonunun geliştirilmesi gerekmektedir. Bu tip fonksiyonların geliştirilmesi ise ayrı bir çalışma alanı olarak önerilebilir.

ABSTRACT

An important problem in product and process design is the selection of factor levels, which result in a product with a desirable combination of quality characteristics. Derringer and Suich (1980) has addressed this problem and has presented a desirability function approach. In this study, desirability function approach has been reviewed and another desirability function, which can be used together with Derringer and Suich's approach are presented.

KAYNAKÇA

- BAZARAA, M. S., SHERALI, H. D., ve SHETTY, C. M. (1993), *Nonlinear Programming: Theory and Algorithms, 2. Baskı*, New York: John Wiley.
- DEL CASTILLO, E. ve MONTGOMERY, D. C. (1993), "Nonlinear Programming Solution to the Dual Response Problem," *Journal of Quality Technology*, 25, 199-204.
- DERRINGER, G. ve SUICH, R. (1980), "Simultaneous Optimization of Several Response Variables," *Journal of Quality Technology*, 12, 214-219.
- HARRINGTON, E. C. Jr. (1965), "The Desirability Function," *Industrial Quality Control*, 21, 494-498.
- REKLAITIS, G. V., RAVINDRAN, A. ve RAGSDELL, K. M. (1983), *Engineering Optimization, Methods and Applications*, New York: John Wiley.