

# Ürün geliştirme sürecinde çok amaçlı karar verme yaklaşımı

Sadettin Emre ALPTEKİN\*, Ethem TOLGA

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Yönetimi Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

## Özet

*Ekonomilerin küreselleşmesi ile beraber pazarlardaki yüksek rekabet, ürünlerin ve servislerin kalitesinin güvence altına alınmasını sağlayan ürün/servis geliştirme ve iyileştirme yöntemlerinin önemini arttırmıştır. Bu stratejik kalite yönetimi araçlarından biri de, Kalite İşlev Konuşlandırma (KİK) (Quality Function Deployment-QFD)'dir. KİK yöntemi, müşteri talep ve ihtiyaçları doğrultusunda yeni ürünlerin/hizmetlerin tasarımı veya mevcut ürünlerin/hizmetlerin geliştirilmesi için organizasyon içinde farklı işlevleri olan takım üyelerinin kullandığı müşteri-odaklı bir tasarım aracıdır. KİK, müşteri memnuniyetini, üretim sürecinin ilk aşaması olan tasarım aşamasında sağlayarak, ürün üretildikten veya hizmet sunulduktan sonra gereken düzeltme çalışmalarının önüne geçmeyi amaçlamaktadır. KİK'nın temel girdisi olan müşteri istek ve gereksinimleri, müşteriler tarafından sözcüklerle ifade edildiklerinden, genel olarak ölçülmesi güç bir yapıya sahiptirler. Buna bir çözüm olarak çalışmada bulanık mantık kavramı temel alınmıştır. KİK sürecindeki Müşteri Gereksinimleri (MG) ile Tasarım Özelliklerinin (TÖ) kendi aralarındaki bağımlılık ilişkilerini ve müşteri gereksinimleri ile tasarım özellikleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için analitik serim sürecini kullanılmıştır. Piyasadaki en iyi ürün/hizmetin belirlenmesi için Uzlaşık Programlama (UP) yöntemi önerilmiştir. MG'ler ile TÖ'ler arasındaki ilişkiyi belirlemek için doğrusal regresyon denklemleri oluşturulmuştur. Bütün bu aşamalar sonucu elde edilen veriler bütçe kısıtını içeren hedef programlama yöntemine aktarılıp çözülmüştür. Amaç, seçilen ürünün/hizmetin performansının MG'leri karşılayacak şekilde artırılmasıdır. Türkiye'deki yüksek öğrenim kurumlarının sunduğu elektronik eğitime ilişkin gerçek bir uygulama, önerilen yöntemlerin uygulanabilirliğini göstermektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Kalite işlev konuşlandırma, analitik serim süreci, uzlaşık programlama, hedef programlama, elektronik eğitim.

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Sadettin Emre ALPTEKİN. ealptekin@gsu.edu.tr; Tel: (212) 227 44 80 dahili: 427. Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Yönetimi Programı'nda tamamlanmış olan "Ürün geliştirme sürecinde çok amaçlı karar verme yaklaşımı" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 18.04.2006 tarihinde dergiye ulaştı, 03.05.2006 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.08.2007 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## Product development process using multiple criteria decision making approach

### Extended abstract

The globalization of the economies diminishes the differences between local and foreign products/ services. Nowadays, both the number of the product/ service providers and also the variety of the place of the origins are increasing. Consequently, the firms are facing a tough competition while trying to keep and increasing their market shares. Unavoidably, the firms began to look out for the little differentiations which will ensure their success over their competitors. Thus, they are developing products/services tailor-made for their customers. The main idea behind all these efforts is to determine somehow the requirements of the customers and to ensure that, the products produced and the services provided will satisfy these needs.

In this work, an application in the area of e-learning, which is a term recently established following the late developments in the area of the networks like the Internet, is proposed. E-learning can be basically defined as, the transformation from the face-to-face conventional education into distance based, independent from time and place education form. Its main difference from the conventional education is that, previously the academics controlled the pace, place, time and the presentation of the education, whereas, now, e-education gave the control of these attributes to the learners. As the decision makers are the learners during the e-learning process, new development procedures should be prepared differing from the procedures of conventional type of learning. In order to ensure the satisfaction of the customers with the new developments, their needs should be known beforehand. Additionally the attention of the customer could only be kept alive, not only by satisfying their current needs, but also foreseeing their future needs, when developing the products/services. Thus, in this study, Quality Function Deployment (QFD), which is one of these key design activities, is used to solve the product definition problem during the new product development process. The aim is, to study, evaluate and suggest improvements for the e-learning applications in Turkey, in order to satisfy the customers. The QFD methodology, which will be used to develop e-learning products, is defined as, a customer-oriented design tool with cross-functional team

members used to develop new products/ services or to improve current products/services regarding the needs and the requirements of the customers. QFD tries to satisfy the customers at the initial production stage, namely the design stage, preventing corrective actions to be made after the product has been produced. QFD starts after the development team consisting of team members from all the divisions of the organization reaches a consensus in the identification of the Customer Needs (CNs), which will be used during the design process. This data, will be used to establish the 'house of quality', which is a king planning matrix transforming the CNs into measurable Product Technical Requirements (PTRs). During the development process, both the needs meaningless and the needs crucial for the customers are distinguished to ensure to remove or include them according these finding. In order to categorize the needs as mentioned, the inner dependencies among the CNs, the relationships between the CNs and the PTRs and lastly the inner dependencies among the PTRs should be measured. According to these relationships, it will be foreseen, how and in which direction, a modification in the design of the product could affect the CNs. The proposed approach tries to solve the problem of measuring the CNs and requirements which are usually expressed in customers' own phrases. It consists of fuzzy logic theory integrated with Analytic Network Process (ANP), Compromise Programming (CP), linear regression and Goal Programming (GP) methods. The ANP is used to identify the importance ratings of the PTRs which will maximize the satisfaction of the CNs, with regard to the relationship between and among the CNs and the PTRs. The CP employed identifies the ideal and the anti-ideal performance values for the CNs and the distances from them for each product in the market. As the distances for each CN are summed, the distance value indicating the performance of this product is defined. Fuzzy linear regression is integrated to the model to integrate the relationships between the CNs and the PTRs into the GP model. The GP model uses the best products distance value as the goal along with the budget limitation of the organization. The solution to the optimization model defines the target PTR performance values to be the best product in the market by satisfying the customers.

**Keywords:** Quality function deployment, analytic network process, compromise programming, goal programming, e-learning.

## **Giriş**

Günümüzün yüksek teknoloji ve uluslararası rekabet ortamında, ürünlerin/hizmetlerin, müşterilere hızlı ve etkin bir şekilde ulaştırılması, firmaların pazar paylarını korumaları ve varlıklarını sürdürebilmeleri açısından hayati önem taşımaktadır. Bu sebeplerden dolayı, yeni ürün geliştirme çalışmaları son yıllarda giderek önem kazanmıştır. Kalite İşlev Konuşlandırma (KİK), yeni ürün geliştirme tekniklerinden biri olarak, Müşteri Gereksinimlerini (MG) inceleyerek, bunların tatmin edilmesini sağlamayı amaçlamaktadır.

KİK uygulaması, ürün/hizmet geliştirme sürecinin ilk aşaması olan tasarım aşamasında başlamaktadır. Bu aşamada MG'ler toplanarak, ürün/hizmet tasarım özelliklerine dönüştürülmektedir. Bu süreç, elle tutulamayan MG'lerin, elle tutulabilir ürün/hizmet teknik gereksinimlerine bir dönüşümü olarak görülebilir. Bu ilk aşamaya 'Kalite Evi' (House of Quality – HOQ) denmektedir. KİK süreci, kalite evinin yanı sıra çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Bu aşamalardan her biri bir öncekine ait çıktıları girdileri olarak kullanarak benzer dönüşümleri sağlamaktadır. Ürün geliştirme sürecinden örnek verilirse; kalite evinden sonra gelen ikinci aşama, önemli Teknik Özellikleri (TÖ) ürün/ hizmet parça özelliklerine; üçüncü aşama, önemli parça/ürün özelliklerini üretim/geliştirme operasyonlarına ve son olarak da dördüncü aşama, önemli üretim/geliştirme operasyonlarını günlük operasyonlara ve kontrollere dönüştürmektedir. Bu çalışmada, sadece ilk aşama olan kalite evi üzerinde durulacaktır.

Önerilen yaklaşım, Türkiye'de İnternet tabanlı uzaktan eğitim hizmeti sunan üniversitelerin ürünleri üzerinde uygulanmıştır. Özellikle son dönemde, ağ teknolojileri alanındaki sürekli gelişmenin bir sonucu olarak eğitim elektronik ortama aktarılmaya başlanmıştır. Bu konunun uygulama konusu olarak ele alınmasının sebebi; Türkiye'deki eğitim sisteminin de bu yeni eğilimi yakından takip etme çabası içerisinde olmasıdır. Daha önceleri akademisyenler tarafından, hızı, yeri, zamanı, sunma ve etkileşim şekli

belirlenen klasik eğitim, elektronik eğitim ile beraber tüm kontrolü öğrenen bireylere devretmiştir. Bu değişim öğrencilere olduğu kadar akademisyenlere de yeni sorumluluklar yüklemiştir. Artık öğrenciler kendilerine en uygun ve etkin ürünü kendileri seçerken, öğretim üyeleri de, eğitim dokümanlarını yeniden tasarlayarak e-egitim platformuna uygun hale getirmek durumundadırlar. Bu çalışma ile amaçlanan ise, önerilen yaklaşımın yeni ürün geliştirme sürecine uygulanarak, müşterilerin tatminini sağlamaktır. Yukarıda bahsi geçen hususları ele almak için atılması gereken ilk adım, başarılı bir e-egitim ortamı için gerekli temel kriterlerin belirlenmesi olacaktır.

## **E-egitim değerlendirme kriterleri**

Başarılı bir e-egitim projesi, klasik eğitim sürecinin ana özelliklerinin yanı sıra, uzaklık ve teknoloji ile ilgili diğer özellikleri de göz önünde bulundurmalıdır. Akademik yazındaki makale çalışmalarının çoğunda, eğitim sürecinde olması gereken önemli faktörler belirlenmiştir. Ayrıca, sadece e-egitim sürecine ve önemli ölçütlerin belirlenmesine odaklanan çalışmalar da mevcuttur (Wang, 2003; Chiu vd., 2004; Hwanga vd., 2004). KİK süreci için kullanılması en uygun değerlendirme kriterleri kümesinin belirlenmesinde bu çalışmalar yol gösterici olmuştur. Bilgi ve Sakarya Üniversiteleri'nin eMBA programları ile Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nin Informatik Online Yüksek Lisans programları incelenerek, mevcut ürünlerin, müşterilerini tatmin edebilmesi için gerekli ürün özellikleri ve yapılması gereken iyileştirmeler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu uygulama sırasında gerekli olan veriler, konunun uzmanları ve bu programların öğrencileri ile yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. Belirlenen kriterler üç ana grup altında incelenmiştir. Bunlar Tablo 1'de görüldüğü gibi; içerik, tasarım ve etkileşim başlıkları altında toplanmıştır. Uzmanlarla yapılan çalışmalar sonucunda ise, üniversitelerin MG'lerini tatmin etmek için gerekli olan TÖ'ler belirlenmiştir. İçerik, tasarım, okul ve profesör başlıkları altında 4 ana gruba ayrılan TÖ'ler, Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Müşteri gereksinimleri

İçerik	Tasarım	Etkileşim
Eksiksiz	Kolay kullanılır	Taleplere hızlı bir şekilde cevap veriyor mu?
Güncel	Kolay gezilir	Test yöntemleri adil mi?
Anlaşılması kolay	Tutarlı	Test sonuçları zamanında açıklanıyor mu?
Güvenilir	Görsel olarak çekici	Öğrenmek istenilen konu seçilebiliyor mu?
Taşınabilir		Öğrenme süreci ve performansı kaydediliyor mu?
Fiyat		Öğrenme sürecinde kişisel destek sağlanıyor mu? Pratik yapma fırsatları oluyor mu?

Tablo 2. Tasarım özellikleri

İçerik	Tasarım	Okul	Eğitmen
Güncel gereçler	Açık bir şekilde tanımlanmış bölümler/alt bölümler	Ödeme seçenekleri	Konusuna hakim olma
Değişken zorluk derecesi	İlgi çekici multimedya uygulamaları	İyi eğitilmiş öğretmenler	Adil ödev/sınav kontrolü
İlgili bağlantı ve kaynakça sağlama	Performanslı ve hızlı işleme yeteneği	Çevrimiçi danışman desteği	Görüşme saatlerinde esneklik
Endüstri ile ilişki	Not bilgisini kaydetme	Programın kabul görmesi	E-eğitime uygun vasıflara sahip olma
Çıktısı alınabilir		Kişisel danışman desteği	Tartışma ve geribildirim destekleme
Kurs değerlendirme testleri		Klasik eğitimde güvenilirlik	

### Kalite evi

KİK uygulamaları, sürecin dört matrisinden ilki olan kalite evi ile başlamaktadır. Kalite evinden sonra gelen matrisler, bir önceki aşamanın çıktılarını kullanarak, kalite evi sürecinde yapılan hesaplamaları gerçekleştirmektedirler (Şekil 1).

### Müşteri gereksinimleri

Müşterinin sesi, müşteri özellikleri, müşteri ihtiyaçları veya talep edilen kalite olarak da bilinirler. Kalite evinin ilk girdisi olarak, ürün-de/hizmette dikkat edilmesi gereken özellikleri vurgularlar.

### Tasarım özellikleri

Tasarım gereksinimleri, ürün özellikleri, mühendislik karakteristikleri veya firmanın sesi olarak da adlandırılırlar. TÖ'ler, firmanın MG'lerini ne ölçüde tatmin ettiğini ölçmede kullanılır. MG'ler, firmaya ne yapması gerektiğini söylerken, TÖ'ler bunları nasıl yerine getirmesi gerektiğini göstermektedir.

### Müşteri gereksinimleri önem sırası

Müşterilerden elde edilen veriler, genellikle aynı anda karşılanması güç olan talepler içerdiğinden, bunların ağırlıklandırılması gerekmektedir. Müşteriler, her bir gereksinimlerini genellikle 5'li, 7'li veya 9'lu puanlama ölçekleri kullanarak değerlendirirler.

### Müşteri gereksinimleri ile tasarım özellikleri arasındaki korelasyon

Korelasyon matrisi, her bir TÖ'nün, her bir MG'yi nasıl etkilediğini göstermektedir. Bu adım, MG'lerden TÖ'lere dönüşümü sağladığı için çok önemlidir. Başka bir deyişle, bu aşama ile beraber MG'ler, TÖ'ler cinsinden ifade edilebilmektedir.

### Müşteri gereksinimleri arasındaki korelasyon

MG'lerin genellikle birbiri arasında bağımlılık ilişkisi vardır. Bazıları birbirini desteklerken, bazılarının iyileştirilmesi, kalanları kötü yönde etkileyebilmektedir. Bu etkiler, korelasyon matrisi yardımıyla tanımlanmaktadır.

### Tasarım özellikleri arasındaki korelasyon

Kalite evinin çatısını oluşturan bu matris, aynı anda iyileştirilmesi gereken özellikleri belirleyerek, bir değişimin diğerini ne ölçüde etkileyeceğini göstermektedir.

### Rekabet analizi

Rekabet analizi süreci, müşterinin tatmin edilebilmesi için gerekli olan iyileştirmelerin hangi yönde yapılması gerektiğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Firmanın ürününü/hizmetini rekabet içinde bulunduğu diğer firmaların ürünleri/hizmetleri ile karşılaştırarak, firmanın güçlü ve zayıf olduğu noktaları, MG'ler cinsinden ortaya koymaktadır.



öznel ve bulanık ifadelerin dikkatle ele alınması gerekmektedir. Bununla baş edilmek için, Zadeh'in 1965 yılında ortaya çıkardığı bulanık mantık kavramından yararlanılmıştır. Çalışmada; MG'ler ile TÖ'lerin birbirleri arasındaki ve kendi aralarındaki ilişkiler bulanık sayılarla ifade edilmiştir. Saaty (1980) ve Saaty (1996), AHS ve ASS yöntemlerinin bulanık olduğunu savunmasına rağmen, üçgen bulanık sayılarla gösterilen 9-kademeli bir ölçekten faydalanılması, karar vericilerin değerlendirmelerini aralıklar cinsinden yapmalarını sağlayarak, sonuçların daha fazla olasılığı barındırmasını sağlamıştır.

### İkinci adım

MG'lerin listesi genellikle firmanın aynı anda başedemeyeceği kadar çeşitli olmaktadır. Aksi durumda dahi, eldeki kaynakların ve bütçenin sınırlı olmasından dolayı, MG'ler arasında ödünleşim yapılması gerekmektedir. MG'leri ölçmek ve birbirlerine göre önemlerini belirlemek için, ASS ve bulanık mantık teorisinden faydalanan bir yaklaşım geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşım Karsak ve diğerlerinin (2002) kesin sayılarla uyguladığı yönteme dayanmaktadır. Ancak bu çalışmada, bulanık mantık teorisi ASS yöntemiyle birleştirilmiştir. Bulanık mantık teorisinin kullanılması, sayısallaştırılması mümkün olmayan, eksik veya elde edilemeyen bilgilerin karar modeline eklenmesini sağlamaktadır. Bu birleştirmeyi haklı çıkaran, MG'lerin görece önemleri ile MG'lerin kendi aralarındaki ilişkilerinin göz önünde bulundurulması sırasında bu tip tam olmayan veya kesinleştirilemeyen bilgilerle çalışılması gereğidir. MG'lerin bağımlı önem dereceleri ( $\underline{w}_C$ ), pozitif karşıt matrislerin satırlarının geometrik ortalamalarının kullanılmasıyla hesaplanmıştır (Buckley, 1985).

ASS iki aşamadan oluşmaktadır: ilk aşamada ağ yapısı oluştururken, ikinci aşamada elemanların önem dereceleri hesaplanır. Elemanlar arasındaki bütün ilişkileri kapsayacak şekilde problem oluşturulmalıdır. Bütün bu ilişkiler, ikili karşılaştırmalar ile hesaplanır ve bu görece önem vektörleri ile bir süper matris elde edilir. Bu süper matris, elemanlar arasındaki etkilerin matrisidir. Genel önem sırasının elde edilmesi için

süper matrisin limit kuvveti alınır. Bunun sonucu olarak, her bir elemanın etkilediği diğer elemanların üzerindeki etkinin, kümülatif değeri elde edilmiş olur (Saaty ve Vargas, 1998). KİK modelinin süper matris gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} H & K & A \end{matrix} \\ \begin{matrix} Hedef (H) \\ Kriterler (K) \\ Alternatifler (A) \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \underline{w}_1 & \underline{W}_3 & 0 \\ 0 & \underline{W}_2 & \underline{W}_4 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

Burada,  $\underline{w}_1$ , hedefin MG'ler üzerindeki etkisini gösteren bir vektördür. Bu problemde, müşteriye tatmin edecek bir ürün/hizmeti temsil etmektedir.  $\underline{W}_2$ , MG'lerin her bir TÖ üzerindeki etkisini gösteren bir matristir.  $\underline{W}_3$  ve  $\underline{W}_4$  MG'lerin ve TÖ'lerin kendi aralarındaki bağımlılık ilişkisini gösteren matrislerdir. Eğer bir ağ, hedef dışında, sadece kriterler ve alternatifler gibi iki gruptan oluşuyorsa, sistemdeki elemanların bağımlılığını ölçmek için Saaty ve Takizawa (1986) tarafından önerilen matris manipülasyonundan faydalanılabilir. Bu yaklaşıma göre, MG'lerin bağımlı önemleri ( $\underline{w}_C$ ),  $\underline{W}_3$ 'ün  $\underline{w}_1$  ile çarpımından elde edilirken, TÖ'lerin bağımlı önemleri ( $\underline{W}_A$ ),  $\underline{W}_4$  ile  $\underline{W}_2$  çarpım sonucundan ortaya çıkmaktadır. TÖ'lerin genel önem sırasının elde edilmesi için,  $\underline{W}_A$  ile  $\underline{w}_C$  çarpımından faydalanılmaktadır.

### Üçüncü adım

Bu çalışmada önerilen yaklaşımın akademik yazına en büyük katkısını bu aşamada yapılan hesaplamalar oluşturmaktadır. Yaklaşım, ürün geliştirme sürecine, seçilen ürünün rakipleri arasındaki performansını entegre etmektedir. Bu performans göstergesi, akademik yazında genellikle entropi ve satış noktası metotlarının kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir (Chan vd., 1999; Chan ve Wu, 2005). Ancak bu uygulamada, bulanık UP (Fuzzy Compromise Programming) yönteminden faydalanılmıştır. Yöntemlerin dayandığı temel aynı olmakla birlikte, çeşitli farklılıklar göze çarpmaktadır. Entropi ve satış noktası metotları, her bir MG için rakipler arasındaki performans farklılıklarını ölçmekte ve benzer performans seviyelerine yüksek önem dereceleri atamaktadır. Bunun anlamı, eğer firma, bir MG'de rakiplerine nazaran daha iyi performans

göstermişse, bu MG'de daha fazla iyileştirme yapmasına gerek yoktur. Benzer şekilde, eğer bir firma bir MG'de rakiplerine göre oldukça kötü performans gösteriyorsa, rakiplerinin seviyesini yakalaması için çok fazla çaba harcaması gerekmektedir. Rakipler arasındaki performans farklılıklarının etkisi, MG'lerin görece önem derecelerine ikinci bir ağırlık olarak yansıtılmaktadır. Bu şekilde, MG'lerin düzeltilmiş bir görece önem dereceleri elde edilebilmektedir. UP metodunda ise, her bir MG için ayrı hedef seviyelerin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Bu seviyelerin belirlenmesi için rekabet analizi gerçekleştirilmektedir. UP ilk olarak Zeleny (1974) tarafından ortaya atılmıştır. 'İdeal çözüm' kavramını tanımlayan ve buna ulaşmaya çalışan çok amaçlı bir karar verme yaklaşımıdır. UP, klasik fayda teorisine bir alternatif olarak, aynı anda birden çok amacın tatmin edilmesi sırasında, fayda fonksiyonunun bilinmediği hallerde kullanılmaktadır. Bu durum, KİK süreci sırasında karşılaşılan yapıyla benzerlik arz etmektedir. Çünkü, KİK sürecinde de müşterinin fayda fonksiyonu bilinmemektedir. Yöntemde ana adımı, alternatiflerin ideal çözümden uzaklıklarını temsil eden ' $L^p$ ' metriğinin belirlenmesi oluşturmaktadır. İdeal çözüm, her bir alternatifin en iyi değerlerine ulaştığı nokta olarak tanımlanmaktadır. Bu çözüm, hangi alternatifin ideal çözüme daha yakın, hangilerinin ise daha uzak olduğunu belirlemede kullanılmaktadır. Bu yöntemin dayandığı temel prensip kaynakların kısıtlı olması ve yöntemin amacı ise birbirleriyle çelişen hedefler arasında ödünleşme yapmaktır. Bu amaca ulaşmak için kaynaklar arasında ödünleşme ve paylaşma yoluyla, her bir amaç fonksiyonunun ideal noktadan uzaklığı enküçüklenmeye çalışılmaktadır. ' $L^p$ ' metrik cinsinden Denklem (2)'deki gibi verilmiştir:

$$L_j^p = \left\{ \sum_{i=1}^m w_i^p \left( \frac{Z_i^* - Z_{ij}}{Z_i^* - Z_{i^*}} \right)^p \right\}^{1/p} \quad (2)$$

Bu denklemde  $w_i$  ile ifade edilen parametre her bir  $i$  amacının ağırlığını göstermektedir.  $Z_i^*$  ve  $Z_{i^*}$  değerleri, alternatiflerin, amaç uzayındaki

en iyi ve en kötü çözümlerini ifade etmektedirler.  $Z_{ij}$ ,  $j$ 'nci alternatifin  $i$ 'nci amaçta elde ettiği amaç fonksiyonu değeridir.  $p$  parametresi (dengeleme faktörü), uzaklığı ölçmekte kullanılan metriği göstermektedir.  $p$ 'nin değeri '1'e eşit olduğunda, 'Manhattan uzaklığı' yani geometrik anlamda, iki nokta arasındaki en büyük uzaklık hesaplarında kullanılmaktadır.  $p = 2$  olduğunda ise, iki nokta arasındaki en kısa mesafe olan doğru çizgi durumu söz konusudur. Bu uzaklığa 'Öklid uzaklığı' denilmektedir. Bu uzaklık tipik bir ikinci dereceden denklem modelini oluşturmaktadır.  $p$ 'nin değerleri '2'den büyük olmaya başlayınca, uzaklıkların geometrik gösterimi mümkün olmamaktadır.  $p$ 'nin uç bir değeri olan ' $\infty$ ', Tchebycheff uzaklığını temsil etmektedir.

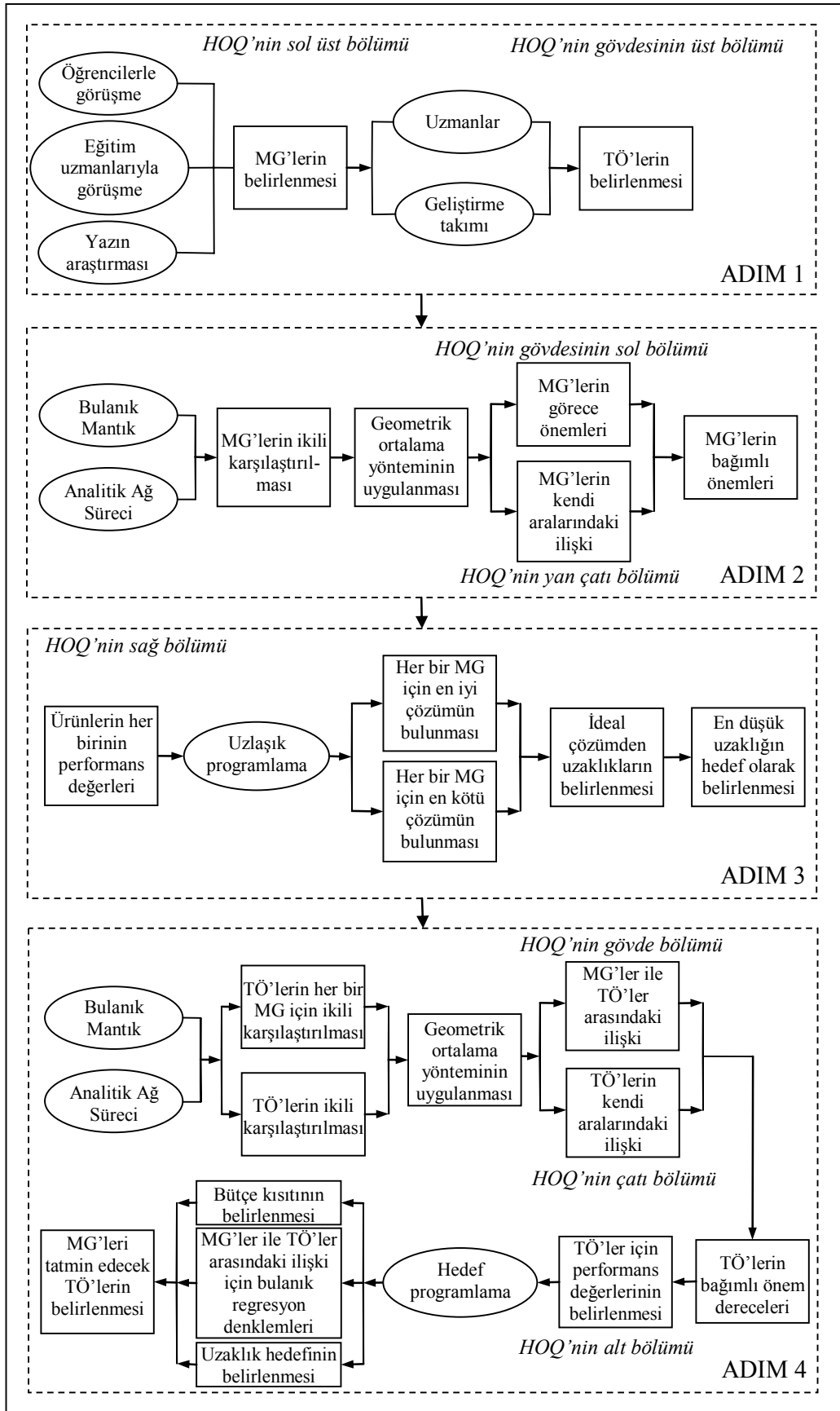
(2) denklemindeki, bulanık çıkarma işlemi, Bojadziev ve Bojadziev (1995) tarafından önerilen uzaklık formülasyonu yardımıyla hesaplanmıştır. Bu yöntemde göre,  $A_1 = (a_1, b_1, c_1)$  ve  $A_2 = (a_2, b_2, c_2)$  üçgen bulanık sayıları arasındaki uzaklık, (3) denklemi ile hesaplanmaktadır:

$$D = \frac{1}{2} \{ \max(|a_1 - a_2|, |c_1 - c_2|) + |b_1 - b_2| \} \quad (3)$$

Yöntemin sonucunda, her bir MG için ideal çözümler ve birbiriyle rakip olan alternatifler arasından en iyi performans sağlayanı belirlenmektedir. Bu sonuçlara göre, eğer seçilen ürün piyasadaki en iyi ürün ise, genellikle bu ürünün müşterileri tatmin etmesi için çok fazla çaba göstermesine gerek yoktur. Bu durumda, bireysel olarak müşteri gereksinimleri incelenip düşük performans gösterilenler iyileştirilebilir.

Fazla iyileştirme yapılmassa dahi, ürün halihazırda başarılı bir ürün olarak görülebilir. Ancak, ürün piyasadaki en iyi ürün değilse, iyileştirme için daha fazla olanak vardır.

$\tilde{L}^p$  metriği en iyi olan alternatif, seçilen ürün için bir hedef olmaktadır. Bu çalışmada önerilen yaklaşım,  $\tilde{L}^p$  metriğini hedef programlamaya girdi olacak bir hedef olarak almaktadır.



Şekil 2. Yöntemin karar verme süreci



#### Dördüncü adım

Bu adımda, ilk olarak MG'ler ile TÖ'ler arasında bir bağımlılık ilişkisi kurulacaktır. Bu ilişkinin belirlenmesiyle MG'ler, TÖ'lere dönüştürülebilmektedir. Bu ilişkinin varlığı ve büyüklüğü, her bir MG için TÖ'lerin karşılaştırılmasıyla elde edilmektedir. Ağırlıklar bu adımda da, bulanık geometrik ortalama metodu yardımıyla belirlenerek,  $\tilde{W}_2$  matrisi oluşturulmaktadır. Ancak bu ilişki değerleri, TÖ'lerin kendi aralarındaki ilişkilerini göz önünde bulundurmamaktadır. TÖ'lerin kendi aralarındaki ilişkinin belirlenmesinde uygulanan adımlar bu aşamada da uygulanarak,  $\tilde{W}_4$  matrisi elde edilmektedir. Sonuç olarak,  $\tilde{W}_4$  ile  $\tilde{W}_2$  matrislerinin çarpılmasıyla, TÖ'lerin bağımlı önem dereceleri elde edilmektedir. Daha sonra, çok değişkenli bulanık doğrusal regresyon yöntemi, yaklaşıma Buckley ve Feuring'in (2000) (4) denkleminde önerdikleri şekliyle entegre edilmiştir.

$$\tilde{Y}_i = \tilde{A}_{ij} \tilde{X}_j + \tilde{B}_i, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (4)$$

Bu çalışmada,  $\tilde{Y}_i$  bağımlı değişkeni, her bir MG için üçüncü adımda elde edilen performans değerlerini göstermektedir.  $\tilde{A}_{ij}$  parametreleri, TÖ'lerin genel bağımlı önem derecelerini temsil etmektedir.  $\tilde{X}_j$  bağımsız değişkenleri, TÖ'lerin geliştirme takımı tarafından değerlendirilmeleri sonucu elde edilen performans değerleridir.  $\tilde{B}_i$  parametreleri ise, bu denklemdeki tek bilinmeyen oluşturmaktadırlar. (3) denkleminin kullanılmasıyla değerleri hesaplanmaktadır. Yaklaşımdaki son aşamayı, bulanık hedef programlama yaklaşımı oluşturmaktadır. Önerilen bulanık hedef programlama yaklaşımı, bir adet hedeften oluşmaktadır. Bu hedef, rakiplerin ürünleri arasında en iyi performansı elde etmektir. Bu değer, üçüncü adımda hesaplanan  $\tilde{L}^p$  metriği yardımıyla belirlenmektedir. Ana kısıt olarak, bütçe kısıdı alınmıştır. Yöntemin amacı, en iyi ürüne ait  $\tilde{L}^{p*}$  metrik değeri ile belirlenen  $\tilde{L}^p$  metriğinden sapmaları en küçükleme. Sonuç olarak elde edilen; bütçe kısıtlarını gözeterek rakipler arasında en iyi performansı sağlayan ürünü yakalayacak şekilde ürünün iyileştirilmesidir.

Hesaplamalarda kullanılan genel hedef programlama formülasyonu aşağıda verilmiştir. Bu denklemde,  $\tilde{w}_i$  parametreleri,  $i$ . MG'nin bağımlı ağırlıklarını temsil etmektedir.  $\tilde{Y}_i^*$  ve  $\tilde{Y}_i^*$  değerleri, her bir MG için alternatif ürünlerin elde ettiği en iyi ve en kötü performans değerlerini göstermektedir.  $\tilde{Y}_{ij}$  değişkeni,  $j$ . alternatifin  $i$ . MG'de elde ettiği performans değerini ifade etmektedir.  $p$  parametresi, kullanılan uzaklık metriğini belirtmektedir.

$$\begin{aligned} & \text{Min } d^+ + d^- \\ & \left\{ \sum_{i=1}^m \tilde{w}_i^p \left( \frac{\tilde{Y}_i^* - \tilde{Y}_{ij}}{\tilde{Y}_i^* - \tilde{Y}_i^*} \right)^p \right\}^{1/p} + d^- - d^+ = \tilde{L}^{p*} \\ & \sum_{j=1}^m \tilde{b}_j * \tilde{X}_j < \tilde{C} \\ & \tilde{Y}_i = \tilde{A}_{ij} \tilde{X}_j + \tilde{B}_i \\ & \tilde{X}_j < (8, 9, 9) \\ & d^-, d^+ \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (5)$$

Bu çalışmada,  $p$  değeri '1' olarak alınmıştır.  $\tilde{L}^{p*}$ , en iyi ürünün  $\tilde{L}^p$  metrik değeridir.  $d^-$  ve  $d^+$  değerleri,  $\tilde{L}^{p*}$  hedefinden pozitif ve negatif sapmaları göstermektedir.  $\tilde{b}_j$ , her bir tasarım özelliğinin istenen performans değerine ulaşmak için gereken birim maliyet miktarıdır.  $\tilde{C}$  parametresi, toplam bütçe kısıdını oluşturmaktadır. Modeldeki, bulanık doğrusal regresyon denklemi, MG'ler ile TÖ'ler arasındaki ilişkinin değerlerinin, eniyileme süreci boyunca performans değerleri değiştirilirken, sabit tutulmasını sağlamaktadır. TÖ'lerin performans değerlerinin 9-kademeli ölçeğin en iyi performans değerini aşamayacağı da kısıt olarak eklenmiştir. Hedef programlama modelinin çözümü, tasarım özelliklerinin ulaşılması gereken performans seviyelerini ortaya koymaktadır. Firma sadece belirtilen tasarım özelliklerine yatırım yaparak piyasadaki en iyi ürüne sahip olabilmektedir.

#### Vaka analizi

Bu uygulamada Bilgi ve Sakarya Üniversitelerinin e-MBA programları ile Orta Doğu Teknik

Üniversitesi'nin Informatic Online Yüksek Lisans programları, önerilen yaklaşım yardımıyla değerlendirilecektir. Amaçlanan, müşteriye tatmin edecek bir e-egitim programının oluşturulmasıdır. Programların isimleri, A, B ve C ile gösterilmiştir. Yaklaşımın birinci adımı sonucunda elde edilen MG'ler ve TÖ'ler Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir. İkinci adım sonunda ise, müşteri gereksinimleri bağımlı önem değerleri ( $\tilde{w}_c$ ), ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen öz vektörler kullanılarak oluşturulan  $\tilde{W}_3$  matrisi ile ikili karşılaştırmalar sonucu elde edilen MG'lerin görece önem değerleri olan  $\tilde{w}_1$  vektörünün çarpılmasıyla elde edilmektedir. Yer kısıtından dolayı 17x17'lik bir matris olan  $\tilde{W}_3$  matrisi ile  $\tilde{w}_1$  vektörü verilmemiştir.

Yaklaşımın üçüncü adımında, seçilen e-egitim ürünün rekabet analizi sonucunda elde edilecek performans değeri belirlenmeye çalışılacaktır. Uygulanan uzlaşık programlama yöntemi ile, seçilen uzaklık tipine göre uzaklığın ölçülmesi için Manhattan uzaklığı alınmış ve  $p$ 'nin değeri '1' olarak seçilmiştir. Ürünlerin her bir MG'deki performans değerleri, müşterilerin her bir ürünü doğrudan değerlendirmeleri ile elde edilmiştir. Sonuçların incelenmesiyle, her bir müşteri gereksinimi için en iyi ve en kötü değerler belirlenmiştir. (2) ve (3) denklemleri kullanılarak, her bir ürün için  $\tilde{L}^p$  metrik değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3). Bu tabloya bakarak, herhangi bir müşteri gereksiniminin performans değeri, uzaklıklar cinsinden görülebilmektedir.

Seçilen ürünün bir müşteri gereksinimindeki performansı en iyiye, onun bu müşteri gereksinimi için hesaplanan uzaklık değeri de 0 olmaktadır. Yöntemi uygulamak için, belirlenen üç ürün arasından ikincisi olan B ürünü seçilmiştir. Bu ürüne ait,  $\tilde{L}^p$  metrik değeri (0.155, 0.572, 2.088) olarak bulunmuştur. Bu değer, A ürününe ait  $\tilde{L}^p$  metrik değeri olan (0.062, 0.225, 0.854) değerinden daha kötüdür. Bu sonuçlar, bir sonraki aşamaya aktarılarak, hedef programlama problemi için ulaşılmaması istenen hedef olarak kullanılacaktır.

$$(\tilde{w}_c)^T = (\tilde{W}_3 \times \tilde{w}_1) = \begin{pmatrix} (0.0101, 0.0303, 0.1089) \\ (0.0070, 0.0209, 0.0757) \\ (0.0220, 0.0636, 0.2069) \\ (0.0574, 0.1287, 0.3784) \\ (0.0064, 0.0215, 0.1002) \\ (0.0206, 0.0851, 0.3438) \\ (0.0117, 0.0460, 0.2300) \\ (0.0088, 0.0355, 0.1693) \\ (0.0053, 0.0216, 0.1036) \\ (0.0267, 0.0811, 0.2619) \\ (0.0108, 0.0413, 0.1572) \\ (0.0064, 0.0183, 0.0437) \\ (0.0076, 0.0325, 0.1304) \\ (0.0285, 0.1108, 0.3689) \\ (0.0140, 0.0569, 0.2091) \\ (0.0212, 0.0927, 0.3589) \\ (0.0353, 0.1133, 0.2480) \end{pmatrix}$$

Dördüncü adım, MG'ler ile TÖ'ler arasındaki ilişkinin hesaplanmasıyla başlamaktadır. Bunun için TÖ'ler arasındaki bağımlılık ilişkisi matrisi ( $\tilde{W}_4$ ) ile MG'ler için TÖ'lerin görece önemleri belirlenerek elde edilen ( $\tilde{W}_2$ ) matrisi çarpılarak, TÖ'lerin bağımlı önem dereceleri ( $\tilde{W}_A$ ) elde edilmektedir.

Yöntemin son aşamasını hedef programlama oluşturmaktadır. Hedef için gerekli veri, bir önceki aşamada hesaplanmıştır (Tablo 3). Seçilen B ürününün performansı, her bir MG'nin ideal sonucuna uzaklıkları toplamı en küçük olarak bulunan ve şu anki en iyi ürün olan A'nın performans seviyesine getirilmeye çalışılacaktır. Bütçe kısıdı (500, 720, 940) olarak belirlenmiştir. TÖ'lere ait performans değerlerinin birim maliyeti Tablo 4'te verilmiştir. Parasal birim yerine, 9-kademeli ölçek ile görece değerler olarak verilmişlerdir. Bulanık doğrusal regresyon denklemlerinde kullanılan parametre değerleri ( $\tilde{B}_i$ ), (3) ve (4) denklemleri yardımıyla hesaplanmıştır. Bu veriler, (5) denklemindeki hedef programlama modelinde girdi olarak kullanılmıştır. Model GAMS yazılımı kullanılarak çözülmüştür.

Tablo 3. Müşteri gereksinimlerinin  $\tilde{L}^p$  metrik değerleri

	Ürün A	Ürün B	Ürün C
Eksiksiz	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.010, 0.030, 0.109)	(0.008, 0.025, 0.091)
Güncel	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.001, 0.003, 0.011)	(0.007, 0.021, 0.076)
Anlaşılması kolay	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.017, 0.048, 0.155)	(0.022, 0.064, 0.207)
Güvenilirlik	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.017, 0.038, 0.110)	(0.057, 0.129, 0.378)
Taşınabilirlik	(0.002, 0.008, 0.038)	(0.006, 0.022, 0.100)	(0.000, 0.000, 0.000)
Fiyat	(0.017, 0.071, 0.287)	(0.021, 0.085, 0.344)	(0.000, 0.000, 0.000)
Kolay kullanım	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.008, 0.031, 0.153)	(0.012, 0.046, 0.230)
Kolay gezinim	(0.004, 0.018, 0.085)	(0.009, 0.035, 0.169)	(0.000, 0.000, 0.000)
Tutarlı	(0.005, 0.022, 0.104)	(0.003, 0.011, 0.051)	(0.000, 0.000, 0.000)
Görsel çekicilik	(0.027, 0.081, 0.262)	(0.015, 0.044, 0.143)	(0.000, 0.000, 0.000)
Taleplere hızlı bir şekilde cevap veriyor mu?	(0.005, 0.021, 0.079)	(0.011, 0.041, 0.157)	(0.000, 0.000, 0.000)
Test yöntemleri adil mi?	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.004, 0.010, 0.025)	(0.006, 0.018, 0.044)
Test sonuçları zamanında açıklanıyor mu?	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.002, 0.007, 0.026)	(0.008, 0.033, 0.130)
Öğrenmek istenilen konu seçilebiliyor mu?	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.010, 0.037, 0.123)	(0.029, 0.111, 0.369)
Öğrenme süreci ve performansı kaydediliyor mu?	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.004, 0.014, 0.052)	(0.014, 0.057, 0.209)
Öğrenme sürecinde kişisel destek sağlanıyor mu?	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.021, 0.093, 0.359)	(0.007, 0.031, 0.120)
Pratik yapma fırsatları oluyor mu?	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.035, 0.113, 0.248)
$\tilde{L}$ Metrik Değeri	<b>(0.061, 0.220, 0.854)</b>	<b>(0.155, 0.548, 2.088)</b>	<b>(0.205, 0.647, 2.102)</b>

Tablo 4. Tasarım özelliklerinin performans değerleri birim maliyeti

Tasarım Özellikleri	Maliyet
Güncel gereçler	(2, 3, 4)
Değişken zorluk derecesi	(3, 4, 5)
İlgili bağlantı ve kaynakça sağlama	(2, 3, 4)
Endüstri ile ilişki	(4, 5, 6)
Çıktısı alınabilir	(1, 2, 3)
Kurs değerlendirme testleri	(2, 3, 4)
Açık bir şekilde tanımlanmış bölümler/alt bö-	(1, 2, 3)
İlgi çekici multimedya uygulamaları	(2, 3, 4)
Performanslı ve hızlı işleme yeteneğine sahip	(5, 6, 7)
Not bilgisini kaydetme	(2, 3, 4)
Ödeme seçenekleri	(6, 7, 8)
İyi eğitilmiş eğitmenler	(7, 8, 9)
Çevrimiçi danışman desteği	(6, 7, 8)
Programın kabul görmesi	(7, 8, 9)
Kişisel danışman desteği	(6, 7, 8)
Klasik eğitimde güvenilirlik	(7, 8, 9)
Konusuna hakim olma	(6, 7, 8)
Adil ödev/sınav kontrolü	(2, 3, 4)
Görüşme saatlerinde esneklik	(5, 6, 7)
E-eğitime uygun vasıflara sahip olma	(6, 7, 8)
Tartışma ve geribildirim desteği	(4, 5, 6)

Tablo 5. Mevcut ve önerilen tasarım özellikleri değerleri

	Mevcut $\tilde{X}_j$ değerleri	Önerilen $\tilde{X}_j$ değerleri
1	(5.800, 6.800, 7.800)	(5.829, 6.800, 7.800)
2	(4.200, 5.200, 6.200)	(6.200, 6.200, 6.200)
3	(5.000, 6.000, 7.000)	(5.000, 6.000, 7.000)
4	(6.400, 7.400, 8.400)	(6.400, 7.400, 8.400)
5	(7.800, 8.800, 9.000)	(7.800, 8.800, 9.000)
6	(6.200, 7.200, 8.200)	(7.200, 7.200, 8.200)
7	(5.600, 6.600, 7.600)	(7.624, 7.624, 7.624)
8	(3.600, 4.600, 5.600)	(5.828, 5.828, 5.828)
9	(6.200, 7.200, 8.200)	(6.400, 7.400, 8.200)
10	(7.400, 8.400, 9.000)	(8.000, 8.400, 9.000)
11	(1.800, 2.800, 3.800)	(4.786, 4.786, 4.786)
12	(4.000, 5.000, 6.000)	(5.000, 5.000, 6.000)
13	(4.800, 5.800, 6.800)	(4.800, 5.800, 6.800)
14	(5.200, 6.200, 7.200)	(5.200, 7.200, 7.200)
15	(4.600, 5.600, 6.600)	(4.600, 5.600, 6.600)
16	(4.400, 5.400, 6.400)	(4.400, 5.400, 6.400)
17	(5.600, 6.600, 7.600)	(5.600, 7.311, 7.600)
18	(7.400, 8.400, 9.000)	(8.000, 8.474, 9.000)
19	(7.000, 8.000, 8.800)	(8.000, 8.000, 8.800)
20	(6.200, 7.200, 8.200)	(6.200, 8.200, 8.200)
21	(7.200, 8.200, 8.800)	(7.200, 8.200, 8.800)

## Sonuçlar

Sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir. Mevcut durum ile önerilen duruma ilişkin çözümlere bakarak,

piyasadaki en iyi ürünün performansına ulaşmak için yapılması gereken iyileştirmeler belirlenebilmektedir.

Önerilen iyileştirmelerin sonucunda B ürünü için elde edilen  $\tilde{L}^p$  metrik değeri (0.062, 0.225, 0.854)'tir. Bu değer, en iyi ürün olan A'nın  $\tilde{L}^p$  metrik değerine eşittir. Bu sonuca göre, seçilen e-egitim ürünün performansı mevcut bütçe kısıtı altında, piyasadaki en iyi ürünün performansını yakalayabilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde, MG'lerde istenen bu performans değerlerini elde etmek için, 'değişken zorluk derecesi', 'açık bir şekilde tanımlanmış bölümler/alt bölümler', 'ilgi çekici multimedya uygulamaları' ve 'öde-me alternatifleri' tasarım özelliklerinde iyileştirmelere gidilmesi gerektiği Tablo 5'teki hedef TÖ'lerin performans değerlerinden okunabilmektedir.

## Kaynaklar

- Bojadziew, G. ve Bojadziew, M., (1995). Fuzzy sets, fuzzy logic, applications, *Advances in Fuzzy Systems & Applications and Theory*, **5**, Singapore: World Scientific.
- Buckley, J.J., (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, **17**, 3, 233-247.
- Buckley, J.J. ve Feuring, T., (2000). Linear and nonlinear fuzzy regression: Evolutionary algorithm solutions, *Fuzzy Sets and Systems*, **112**, 381-394.
- Chan, L. K., Kao, H. P., Ng, A., ve Wu, M. L., (1999). Rating the importance of customer needs in quality function deployment by fuzzy and entropy methods, *International Journal of Production Research*, **37**, 11, 2499-2518.
- Chan, L.K. ve Wu, M.L., (2005). A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example, *Omega*, **33**, 119-139.
- Chiu, C.M., Hsu, M.H., Sun, S.Z., Lin, T.C. ve Sun, P.C., (2004). Usability, quality, value and e-learning continuance decisions, *Computers & Education*, **45**, 4, 399-416.
- Hwanga, G.J., Huang, T.C.K. ve Tseng, J.R.C., (2004). A group-decision approach for evaluating educational web sites, *Computers & Education*, **42**, 65-86.
- Karsak, E.E., Sozer ve S., Alptekin, S.E., (2002). Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach, *Computers & Industrial Engineering*, **44**, 171-190.
- Saaty, T.L., (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill. New York.
- Saaty, T.L., (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, RWS Publications. Pittsburgh, PA.
- Saaty, T.L. ve Takizawa, M., (1986). Dependence and independence: From linear hierarchies to nonlinear Networks, *European Journal of Operational Research*, **26**, 229-237.
- Saaty, T.L. ve Vargas, L.G., (1998). Diagnosis with dependent symptoms: Bayes theorem and the analytic hierarchy process, *Operations Research*, **46**, 4, 491-502.
- Shillito, M.L., (1994). *Advanced QFD-Linking Technology to Market and Company Needs*, John Wiley & Sons, New York.
- Wang, Y.S., (2003). Assessment of learner satisfaction with asynchronous electronic learning systems, *Information & Management*, **41**, 75-86.
- Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, **8**, 338-353.
- Zeleny, M., (1974). *Linear Multiobjective Programming*, Springer Verlag, 197-220, New York.