



## Değiştirilmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi Uygulaması

### Supplier Selection Application with Revised Failure Mode and Effect Analysis

Ercan ŞENYİĞİT<sup>1</sup>, Harun EKİNCİ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri 38039, Türkiye

Başvuru/Received: 14/04/2016

Kabul/Accepted: 27/05/2016

Son Versiyon/Final Version: 15/06/2016

#### Öz

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) potansiyel hataların henüz ürün veya süreç geliştirme aşamalarında belirlenmesini, ele alınmasını ve bunların ortaya çıkmadan önlenmesini sağlayan analitik bir risk değerlendirme yöntemidir. Tedarikçi seçimi aşamasında, HTEA tedarikçilerin risklerini değerlendirmede kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıkları AHP (Analitik Hiyerarşik Proses) yöntemi ile bulunmuştur. Bu iki yöntemin birlikte kullanılması ile elde edilen yeni yöntem literatürde, DHTEA (Değiştirilmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi) adı verilmiştir. Çalışmada, tedarikçi seçiminde Kalite, Teslimat, Fiyat ve Performans kriterleri 4 ana kriter olarak dikkate alınmıştır. Bu ana kriterlere bağlı toplam 18 alt kriter vardır. X ürünün tedarikçisinde çalışılan 5 farklı tedarikçi firma bulunmaktadır. Kalite ana kriteri % 46 ile en önemli kriter olarak belirlenmiş, bunu sırası ile % 31 oranla Fiyat, % 15 ile Performans ve % 7 ile Teslimat ana kriterleri takip etmiştir. DHTEA yöntemi ile X ürünü için en iyi tedarikçi firma seçimi yapılmıştır. En iyi tedarikçi firma olarak T4 firması belirlenmiştir.

#### Anahtar Kelimeler

“AHP, DHTEA, HTEA, tedarikçi seçimi, tedarik zinciri yönetimi”

#### Abstract

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) is an analytical risk assessment method that finds potential failures during product or process development phases deal with them and prevent them from ever occurring. In the supplier selection stage, FMEA was utilized to evaluate the risks of suppliers. The weights of criteria were found using the AHP method. In the literature, this new method of using both aforementioned methods was called as Revised Failure Mode and Effect Analysis (RFMEA). In the study, Quality, Delivery, Price and Performance were taken into account as 4 main criteria in choosing a supplier. There are 18 sub-criteria underneath the main ones. There are 5 different supplier firms working to supply the product X. Quality, Delivery, Performance and Price main criteria have priority weights 46%, 31%, 15%, 7%, respectively. The best supplier firm was chosen for the product X by using the method RFMEA. The best supplier firm house was determined as the T4 firm

#### Key Words

“AHP, RFMEA, FMEA, Supplier selection, Supply Chain Management.”

## 1. Giriş (Introduction)

Günümüz koşullarında ister üretim işletmesi olsun isterse hizmet işletmesi olsun tüm işletmeler rekabet halindedirler. Bu yoğun rekabette işletmeler rakiplerinin önüne geçmek için doğru kararlar vermek zorundadırlar. Gün geçtikçe yenilenen ve daha da gelişen teknolojiyle birlikte seçilecek olan tedarikçi sayısı artmakta ve seçim işlemi zorlaşmaktadır. Bu zorlaşmayla beraber işletme için doğru tedarikçi seçimi hayati önem kazanmıştır. Olası yanlış tedarikçi seçimi, maliyetlerin ve problemlerin artmasına dolayısıyla işletmenin rekabet gücünü azaltacaktır. Literatürde mevcut birçok çok kriterli karar verme yöntemi vardır. Tedarikçi seçim probleminin çözüm aşamasında önemli olan hangi yöntemle çözüm yapılacağıdır. Çünkü farklı yöntemler farklı sonuçlar verebilir. Farklı sonuçlardan yanlış olan sonucun seçilmesi ise tüm tedarik zincirini olumsuz yönde etkileyecek olan durumlara neden olabilir.

Doğru tedarikçilerin seçimi, tedarikçi yönetimi için önemli bir adımdır (Wu ve arkadaşları, 2006). 1960'lı yıllardan günümüze kadar yapılan çalışmalarda tedarikçi seçim ölçütlerinin belirlenmesi ve belirlenen ölçütlerin tedarikçi seçiminde uygulanması konusunda birçok farklı yöntem ve program kullanılmaktadır (Özal,2011). Tedarikçi seçimi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır (Ho ve arkadaşları, 2010). Bizim çalışmamızı diğer çalışmalardan ayıran özellik tedarikçi seçiminde tedarikçi riskini dikkate almamızdır. Literatürde, tedarikçi riskini dikkate alan birkaç çalışma bulunmaktadır. Bunlardan ilki, tedarikçi riskinin analizinde AHP yöntemini kullanarak dikkate alınan kriterlere göre tedarikçilerden en çok tercih edilebilecek olanı belirleyen çalışmadır (Wu vd., 2006). Schoenherr vd, (2008) bir ABD imalat şirketinin tedarik zinciri riskini ve dış kaynak kararlarını nasıl değerlendirdiğini araştırmıştır. Bu çalışmada kriterlerin ağırlıklarının bulunmasında AHP yöntemi kullanılmıştır. Thun ve Hoenig (2011), 67 Alman otomotiv üreticisine, tedarik zinciri ve tedarik zinciri risklerinin anahtar sürücülerini araştırmak için anket düzenlemiştir. İç ve dış tedarik zinciri risklerini analiz etmek için olasılık-etki-matrisini uygulamışlardır. Daha sonra bu tedarik zinciri risklerini hafifletmek için önerilerde bulunmuşlardır. Bu çalışma ile literatürde yeni kullanılmaya başlanan Değiştirilmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemini ülkemizde ilk kez uygulayarak, elde ettiğimiz sonuçları literatüre sunmaktayız.

Geleneksel HTEA, riskleri risk öncelik puanını (RÖP) hesaplayarak değerlendirmektedir. RÖP, üç faktörün (O,S,D) çarpılmasıyla hesaplanmıştır. O ve S hatanın olasılığı ve şiddetini temsil etmektedir. D, keşfedilebilirlik yani hatanın müşteriye ulaşmadan önce tespit edilebilirliği olarak tanımlanmıştır. Materyal metod bölümünde çalışmada kullandığımız X ürünü, çok kriterli karar verme yöntemi olan AHP yöntemi ve risk değerlendirme yöntemi olan HTEA yöntemi detaylıca açıklanmıştır. Tedarikçi seçiminde HTEA, tedarikçilerin risklerini değerlendirmede kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile bulunmuştur. Literatürde, bu iki yöntemin entegre olması ile DHTEA yöntemi tedarikçi seçimi probleminin çözümünde kullanılmıştır. Çalışmada, tedarikçi seçiminde Kalite, Teslimat, Fiyat ve Performans kriterleri 4 ana kriter olarak dikkate alınmıştır. Bu ana kriterlere bağlı toplam 18 alt kriter dikkate alınmıştır. Bu kriterler tedarikçi seçim kriterleri bölümünde detaylı bir şekilde açıklanmıştır. X ürünün tedarikçisinde çalışılan 5 farklı tedarikçi firma bulunmaktadır. Kalite ana kriteri % 46 ile en önemli kriter olarak belirlenmiş, bunu sırası ile % 31 oranla Fiyat, % 15 ile Performans ve % 7 ile Teslimat ana kriterleri takip etmiştir. DHTEA yöntemi ile X ürünü için tedarikçi seçimi yapılmıştır. En iyi tedarikçi firma olarak T4 firması belirlenmiştir (Ekinci, 2014).

## 2. Materyal ve Metod (Materials and Method)

Çalışmada, adı gizlilik gerekçesi ile belirtilmeyen bir kamu kuruluşunun tedarikçi seçimi problemi için, seçimi yapılacak materyal (ürün), kriterler ve bu kriterleri yerine getirebileceği düşünülen tedarikçiler belirlenmiştir. Yöntem olarak çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP ve hata önleme analizlerinin en bilinenlerinden olan HTEA ile AHP metodlarını entegre şekilde kullanan değiştirilmiş HTEA yöntemleri kullanılarak, kurum ölçütlerine uygun tedarikçiler sıralanıp en iyi tedarikçi seçilmiştir. Bu bölümde önce materyal bölümü daha sonra da metod alt bölümleri sunulmuştur.

## 2.1. Materyal (Material)

Çalışmada dikkate alınan ürün cihaz ön kapağıdır. Şekil-1’de ürün gösterilmiştir.



Şekil 1. X ürünü

Bu ürünün malzemesi, Aliminyum 5000 serisinden üretilmiştir. Malzemenin kaynak kabiliyeti yüksek, deniz suyuna korozyon dayanımı çok iyi, yorulma dayanımı yüksek, yumuşak temper formunda soğuk şekillenebilirlik özelliği iyi, ince ve karışık parçaların ekstrüzyonu zordur. Malzemenin karakteristik özellikleri olarak kaynak kabiliyetinin yüksek olması, deniz suyuna korozyon dayanımının çok iyi olması, yorulma dayanımı yüksek olması belirtilebilir. Yumuşak temper formunda soğuk şekillenebilirlik özelliği iyi, ince ve karışık parçaların ekstrüzyonu zordur. Bu malzeme gemi yapımında, otomotiv sektöründe, inşaat sektöründe, savunma sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ürünün üretiminde bu malzemenin kullanılması, malzemenin piyasada yaygın olarak kullanılması, ön kapak için ekstra mukavemete ihtiyaca duyulmaması ve işleme sonrası yapılacak kaplama/boyama proseslerine uygun olması gibi nedenler etkili olmuştur (Ekinci, 2014).

## 2.2. Metod (Method)

Çalışmada AHP ve HTEA yöntemleri DHTEA yöntemi olarak birlikte kullanılmıştır.

AHP yöntemi, bir karar verme problemindeki sonlu sayıda seçenekleri birden fazla ölçüte göre değerlendiren, alternatifler arasındaki en önemli seçeneği belirleyen, yani seçenekleri önem derecelerine göre sıralayan niceliksel bir tekniktir. Karmaşık ve yapılandırılmamış, birbirinden farklı seviyede ölçütler, alt ölçütler ve sonlu seçeneklerin olduğu hiyerarşik bir yapıya sahip problemler için nicel ve nitel faktörlerin karar verme sürecinde kullanılabilirdiği, güçlü ve kolay anlaşılabilen bir yöntemidir (Baran, 2012).

Analitik hiyerarşi prosesinde bir karar probleminin çözümü 4 adımda gerçekleşir (Ekinci, 2014).

1.Adım: Karar verme problemi tanımlanır.

Karar sürecinin öğelerini oluşturan ve birbiriyle ilişkili elemanlar hiyerarşik yapıda sıralanır. Hiyerarşide yer alan ölçütler ve alt ölçütlerin belirlenmesi için, karar vericinin konuyu çok iyi bilmesi ve alternatiflerin birbirlerine karşı üstünlüklerini belirleyebilecek nitelikte uzmanlık derecesine sahip olması gerekmektedir. Ölçütler belirlenirken, karar verici kendi bilgi ve deneyimini kullanabileceği gibi uzman görüşlerine de başvurabilir. Bu amaçla değişik sorgulama yöntemleri kullanarak ölçütler hakkında gerekli bilgileri toplayabilir. Ölçütler ve alt ölçütler belirlendikten sonra potansiyel alternatifler belirlenir. Böylece karar için hiyerarşik yapı oluşturulmuş olur (Güner, 2005). Kurulacak hiyerarşinin en üst düzeyinde karar verme sürecinin genel amacı yer alır. Bu amacın gerçekleşebilmesi için gerekli olan ölçütler, alt ölçütler ve aralarında seçim yapılacak olan alternatifler yukarıdan

aşağıya doğru hiyerarşik düzeyler olarak gösterilir. AHP ile problem çözebilmek için, probleme ait karar ölçütleri, alternatifler ve probleme ait hiyerarşik yapının belirlenmesi gerekir (Ekinci, 2014).

2.Adım: Karar sürecine ait elemanlar için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

AHP ile problem çözebilmek için, probleme ait karar ölçütleri, alternatifler ve probleme ait hiyerarşik yapının belirlenmesinden sonra ilk adım ikili karşılaştırmaların oluşturulmasıdır (Timor, 2011). İkili karşılaştırma terimi iki ölçütün birbirleriyle karşılaştırılması anlamına gelir ve karar vericinin yargısına dayanır. İkili karşılaştırmalar karar ölçütlerinin ve alternatiflerin öncelik dağılımlarının kurulması için tasarlanmıştır (Güngör ve İşler, 2005). Saaty tarafından geliştirilen analitik hiyerarşi yönteminde, karşılaştırmalar yapılırken kullanılan önem dereceleri tablosu Tablo 1’de gösterilmiştir. Saaty, AHP’nin kullanılması sırasında, doğrudan doğruya ilgili kişiler ile yüz yüze anket yapıp onların ikili karşılaştırmalara ilişkin görüşlerinin alınmasını önermektedir. Sonuçların tutarlı olması için bu kişilerin konularında uzman ya da yeterli düzeyde bilgiye sahip kişiler olması gerekmektedir. Çünkü AHP’nin sonuçları tamamen bu kişilerin vereceği ikili karşılaştırma yargılarına bağlıdır. Bu yargıların sayısal değere dönüştürülmesi ile AHP’de bir ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Taşan, 2007). Karşılaştırma matrisi oluşturulurken önem ölçüğünden faydalanılır. Ölçütlerin karşılaştırıldığı matris,  $n \times n$  boyutlu bir kare matristir. Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki elemanlar 1 değerini alır. Çünkü matristeki bu değişkenlerde  $i = j$  ’dir. Yani bu durumda ilgili ölçüt kendisi ile karşılaştırılmaktadır. Ölçütlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılır (Özal, 2011). Örnek bir karşılaştırma matrisi, tablo 2’de gösterilmiştir. Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılır. Köşegenin altında kalan kısımlar için ise ters olma aksiyomu nedeniyle  $a_{ij} = 1/a_{ji}$  kullanılmaktadır. Yani karşılaştırma matrisinin birinci satır ikinci sütun bileşeni ( $i=1, j=2$ ) 5 değerini alıyorsa, karşılaştırma matrisinin ikinci satır birinci sütun bileşeni ( $i=2, j=1$ ),  $a_{ij} = 1/a_{ji}$  ile  $1/5$  değerini almalıdır (Saaty, 1986; Ekinci, 2014).

**Tablo 1. Önem Dereceleri Tablosu (Saaty, 1986)**

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki Ölçüt aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve yargılara göre bir ölçüt diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir ölçüt diğerinden kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir ölçüt diğerine göre yüksek derecede kuvvetle tercih edilmektedir.
9	Mutlak Derecede Önemli	Ölçütlerden biri diğerinden çok yüksek derecede önemlidir.
2,4,6,8	Ara Değerler	Her iki ölçüt arasındaki tercihte küçük farklar olduğunda kullanılır.

**Tablo 2. Örnek karşılaştırma matrisi (Güner, 2005)**

	1.Ölçüt	2.Ölçüt	3.Ölçüt	n.Ölçüt
1.Ölçüt	1	$a_{12}$	.....	$a_{1n}$
2.Ölçüt	$a_{21}$	1	.....	$a_{2n}$

3.Ölçüt	.....	.....	1	.....
n.Ölçüt	$a_{n1}$	$a_{n2}$	.....	1

3.Adım: Her bir elemanın öncelik durumunun belirlenmesi gerekir. Bunun için de elemanların göreceli ağırlıkları tespit edilir.

Ölçütler ikili olarak karşılaştırıldıktan sonra sıra alternatiflerin önceliklerinin belirlenmesine gelir. İkili karşılaştırmalarla oluşturulan matrislerden genel öncelikler matrisine ulaşmak için literatürde üç yöntem önerilmektedir (Yang ve Lee, 1997). Bunlar Özvektör Yöntemi, Regresyon Yöntemi ve Logaritmik Regresyon Yöntemleridir. Saaty ve Hu (1998), matematiksel olarak ikili karşılaştırma matrislerinden öncelik belirlenmesinde özvektör yönteminin en iyi yaklaşım olduğunu göstermiştir. Özvektör yöntemi, karşılaştırmalardaki tutarlılığı ölçme olanağı da sağlamaktadır. Bu yöntemde öncelik veya ağırlık vektörleri hesaplanarak normalize edilir. En büyük özdeğere karşılık gelen özvektör öncelikleri belirler.

AHP yönteminin bir üstünlüğü olarak, ikili karşılaştırmalar sırasında karar vericinin ne kadar tutarlı davrandığı tespit edilebilmektedir. Karar vericinin tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek için Tutarlılık Oranı (TO) olarak isimlendirilen bir katsayının hesaplanması gerekir. İkili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen bir matrisin tutarlı olabilmesi için matrisin en büyük özdeğerinin ( $\lambda_{max}$ ), matrisin boyutuna (n) eşit olması gerekir. İnsan yargılarındaki yanılmalar, ikili karşılaştırmalarda tutarsızlığa sebep olabilmektedir. Eğer karar verici ölçütler arası veya bir ölçüte göre alternatifler arasında kıyaslamaları yaparken tutarsız davranmışsa, tekrar ikişerli karşılaştırmaları gözden geçirmelidir (Güner, 2005).

Tutarlılık oranı, ölçüt sayısı ile Temel Değer adı verilen bir katsayının ( $\lambda$ ) karşılaştırılmasına dayandırmaktadır.  $\lambda$ 'nın hesaplanması için A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilir. 1 nolu denklemde belirtildiği şekilde, bulunan D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme ölçütüne ilişkin temel değer (E) elde edilir (Denklem 2). 3 nolu denklem ile ise bu değerlerin aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri ( $\lambda$ ) verir (Ekinci, 2014).

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ x \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

(4.1) formülünde belirtildiği şekilde, bulunan D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme ölçütüne ilişkin temel değer (E) elde edilir. (4.2) formülü ile ise bu değerlerin aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri ( $\lambda$ ) verir (Ekinci, 2014).

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (3)$$

$\lambda$  değerinin bulunması ile Tutarlılık oranı aşağıdaki formüllerden hesaplanır. Tutarlılık göstergesi (**CI**) 4 nolu denklem ile ve Tutarlılık oranı (**CR**) ise 5 nolu denklem ile belirtildiği şekilde Tutarlılık Göstergesi'nin, Rassallık Göstergesi (**RI**)'ne oranı ile elde edilir (Ekinci, 2014).

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (4)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Rassal İndeks, Saaty (1989) tarafından ikili karşılaştırmalar için 15 alternatife kadar (n=15) türetilmiştir. Tablo 3'te Rassal indeks tablosu gösterilmiştir.

**Tablo 3. Rassal indeks tablosu (Saaty, 1989)**

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Saaty, tutarlılık oranının üst limitini 0.10 olarak önermiştir. 0.10'un üstündeki bir tutarlılık oranı için yargılar tutarsız kabul edileceğinden, yargıların kalitesi iyileştirilmelidir. Böyle bir durumda yargıların gözden geçirilmesi veya problemin daha doğru bir biçimde tekrar kurulup, sürecin baştan ele alınması gerekecektir (Sekreter vd., 2004;Ekinci, 2014).

4.Adım: Karar seçenekleri için ortak bir puana ulaşmak için elemanların göreceli ağırlıkları bir araya getirilir ve sonuçlara ulaşılır.

Tutarlılık oranının hesaplanması sonrasındaki aşama, her bir ölçüt için alternatiflerin yüzde önem dağılımlarının bulunmasıdır. Bu aşamada yukarıda belirtilen tüm aşamalar alternatifler için takip edilir. Bu kez, her bir ölçüt açısından alternatiflerin yüzde önem dağılımları belirlenir. Birebir karşılaştırmalar ve matris işlemleri ölçüt sayısı (n) kadar tekrarlanır. Fakat bu kez her bir ölçüt için alternatiflerde kullanılacak G karşılaştırma matrislerinin boyutu mxm olacaktır. Her bir karşılaştırma işleminden sonra mx1 boyutlu ve değerlendirilen ölçütün karar noktalarına

göre yüzde dağılımlarını gösteren S sütun vektörleri elde edilir (Denklem 6). Bu sütun vektörleri aşağıda tanımlanmıştır (Özal, 2011).

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s_{m1} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Bir sonraki aşamada alternatifler için sonuç dağılımı bulunur; öncelikle, yukarıda belirtilen n tane mx1 boyutlu S sütun vektöründen meydana gelen ve mxn boyutlu L karar matrisi oluşturulur. Karar matrisi aşağıda tanımlanmıştır (Ekinci, 2014).

$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_{m1} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Sonuç olarak karar matrisi W sütun vektörü (öncelik vektörü) ile aşağıdaki gibi çarpıldığında ise m elemanlı L sütun vektörü elde edilir. L sütun vektörü karar noktalarının yüzde dağılımını verir. Diğer bir deyişle vektörün elemanlarının toplamı 1'dir. Bu dağılım aynı zamanda alternatiflerin önem sırasını da gösterir (Özal, 2011;Ekinci, 2014). Alternatifler içerisinde en yüksek değere sahip olan en iyi alternatiftir.

HTEA yöntemi, ürünlerde ve süreçlerde olası hataları oluşmadan önce belirlemek, önceliklendirmek ve eleme yapmak için kullanılan sistematik bir yaklaşımdır. Bu yöntemden mühendisler, bir süreçte ya da bir üründe yanlış giden ne olabilir, yanlış gitmesine neden ne olabilir ve bu yanlışın etkileri ne olabilir sorularına cevap vermek için yararlanırlar (Ekinci, 2014).

HTEA Uygulama Adımları aşağıdaki gibidir.

- 1.Adım: Hazırlık çalışmaları
- 2.Adım: Sistem analizi
- 3.Adım: Analiz sonuçlarını değerlendirme
- 4.Adım: İzleme – uygulama
- 5.Adım: Doğrulama

## 2.2. Tedarikçi seçim kriterleri (The criteria of supplier selection)

Bu çalışmada dört adet ana kriter (Kalite, Teslimat, Fiyat ve Performans) ve bunlara bağlı 18 alt kriterler belirlenmiştir (Ekinci, 2014). Alt kriterler aşağıda belirtilmiştir:

1. Kalite
  - a.Kalite Belgelerinin Bulunması
  - b.Ürün Kalitesi
  - c.Hatasız ürün Miktarı
  - d.Tedarikçi Değerlendirme Puanı
2. Teslimat
  - a.Zamanında Teslimat
  - b.Doğru Miktarda Teslimat
  - c.Doğru Ambalajlama
  - d.Doğru Yere Teslimat
  - e.Doğru Ürün Teslimatı
3. Fiyat
  - a.Ödeme Esnekliği
  - b.Fiyat Güvenilirliği
  - c.Düşük Fiyat
  - d.Nakliye Bedeli Karşılama
4. Performans
  - a.Satış Sonrası Destek Hızı ve Yeterliliği
  - b.Ürün çeşitliliği
  - c.İletişim
  - d.Garanti
  - e.Sipariş Değiştirme Esnekliği

Öncelikle potansiyel hata türleri belirlenir. Hata türü, hatanın gözlenen tarzı (türü) dir. Hatanın oluşma şekli bir fonksiyona bağlı olduğunda, hata türü, bir sistemin fonksiyonlarını yerine getirememesi durumu veya anormal işleyişidir (Ekinci, 2014). Daha genel olarak hata türü yerine getirilememiş bir fonksiyon ve fonksiyonun yerine getirilememesi şeklindedir. Olası hata türünü belirlerken, hatanın ortaya çıkabileceği fakat oluşmasının gerekmeyeceği kabulü yapılır. Olası hata türü, genellikle hatanın oluşma türü ve sistemin çalışmasındaki etkisinin tanımını içerir.

**Tablo 4. Şiddet Değerleri ve Tanımları (Ekinci, 2014)**

Şiddet (Severity)	Değeri	Tanımlar
Müşteri Muhtemelen Etkilenmez	1	Kalite: Tedarikçinin ürettiği ürünlerde kısmi hatalar bulunması
		Teslimat: Tedarikçinin ürünleri çok kısa gecikmelerle teslim etmesi
		Fiyat: Tedarikçinin ürünleri piyasa fiyatından çok az pahalı olması
		Performans: Tedarikçinin satış sonrası destek faaliyetleri ve iletişiminde çok az sıkıntılar olması
Hafif Rahatsızlık	2	Kalite: Tedarikçinin ürettiği ürünlerde bir kaç hata bulunması
		Teslimat: Tedarikçinin ürünleri kısa gecikmelerle teslim etmesi
		Fiyat: Tedarikçinin ürünleri piyasa fiyatından biraz pahalı olması
		Performans: Tedarikçinin satış sonrası destek faaliyetleri ve iletişiminde biraz sıkıntılar olması
Müşteri Memnuniyetsizliği	3	Kalite: Tedarikçinin ürettiği ürünlerde birçok hataların bulunması
		Teslimat: Tedarikçi ürünleri uzun gecikmelerle teslim ediyor



		Fiyat: Tedarikçinin ürünleri piyasa fiyatından oldukça pahalı olması
		Performans: Tedarikçinin satış sonrası destek faaliyetleri ve iletişiminde büyük sıkıntılar olması
Yüksek Derecede Memnuniyetsizlik	4	Kalite: Tedarikçinin ürettiği ürünlerde çok fazla hataların bulunması
		Teslimat: Tedarikçi ürünleri çok uzun gecikmelerle teslim ediyor
		Fiyat: Tedarikçinin ürünleri piyasa fiyatından çok fazla pahalı olması
		Performans: Tedarikçinin satış sonrası destek faaliyetleri ve iletişiminde çok büyük sıkıntılar olması

Zararın ne kadar önemli olduğu olduğunun değerini ifade eder. Şiddet değeri analiz edilen konuya göre değişebilir ve analizciler tarafından konuya göre bir ölçek oluşturularak belirlenebilir. Hata şiddeti etkiye karşılık gelir ve aralarında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Hatanın etki düzeyi arttıkça ağırlık da artar. Belirlenen her hata etkisi için bir Şiddet (Severity (S)) puanı belirlenmeli ve kaydedilmelidir. Uygulama yapılan kuruma ait belirlenen ana kriterlerin şiddet değerleri Tablo 4’te belirtilmiştir.

Hatanın ya da onu oluşturan nedenin gerçekleşme sıklığını ifade eder. Olasılık değeri analiz edilen konuya göre değişir ve analizciler tarafından konuya göre bir ölçek oluşturularak belirlenir. Uygulama yapılan kuruma ait belirlenen ana kriterler için Hatanın Ortaya Çıkma Olasılığı (Occurence (O)) değerleri Tablo 5’ te belirtilmiştir. Potansiyel hatanın, ürün müşteriye ulaşmadan önce fark edilmemesi olasılığını ifade eder. Hataların kontrol yöntemleri, hataları tespit edebilme yeteneğine göre puanlandırılır. Tespit (Detection (D)) puanı yine analiz edilen konuya göre değişir ve analizciler tarafından konuya göre bir ölçek oluşturularak belirlenir. Uygulama yapılan kuruma ait belirlenen ana kriterler için Hatanın Fark Edilmemesi Olasılığı değerleri Tablo 6’da belirtilmiştir.

**Tablo 5. Hatanın Ortaya Çıkma Olasılığı Değerleri ve Tanımları (Ekinci, 2014)**

Meydana Gelme Olasılığı (Occurance)	Değeri	Tanımlar
Düşük Hata Oranı	1	Kalite: Tedarikçinin ürettiği ürünlerde nadiren kısmi hatalar bulunması
		Teslimat: Tedarikçi, ürünleri nadiren küçük gecikmelerle teslim ediyor
		Fiyat: Tedarikçinin ürünlerinin nadiren piyasa fiyatından çok az pahalı olması
		Performans: Tedarikçinin satış sonrası destek faaliyetleri ve iletişiminde nadiren çok az sıkıntılar olması
Makul Hata Oranı	2	Kalite: Tedarikçinin ürettiği ürünlerde bazen bir kaç hata bulunması
		Teslimat: Tedarikçi, ürünleri bazen normal gecikmelerle teslim ediyor
		Fiyat: Tedarikçinin ürünlerinin bazen piyasa fiyatından biraz pahalı olması

		Performans:Tedarikçinin satış sonrası destek faaliyetleri ve iletişimde bazen biraz sıkıntılar olması
Yüksek Hata Oranı	3	Kalite: Tedarikçinin ürettiği ürünlerde sıklıkla birçok hataların bulunması
		Teslimat: Tedarikçi, ürünleri sıklıkla uzun gecikmelerle teslim ediyor
		Fiyat: Tedarikçinin ürünleri piyasa fiyatından sıklıkla oldukça pahalı olması
		Performans: Tedarikçinin satış sonrası destek faaliyetleri ve iletişimde sıklıkla büyük sıkıntılar olması
Çok Yüksek Hata Oranı	4	Kalite: Tedarikçinin ürettiği ürünlerde genellikle çok fazla hataların bulunması
		Teslimat: Tedarikçi, ürünleri genellikle çok uzun gecikmelerle teslim ediyor
		Fiyat: Tedarikçinin ürünleri genellikle piyasa fiyatından çok fazla pahalı olması
		Performans:Tedarikçinin satış sonrası destek faaliyetleri ve iletişimde genellikle çok büyük sıkıntılar olması

**Tablo 6. Hatanın Fark edilmeme Olasılığı Değerleri (Ekinci, 2014)**

Hatanın Fark Edilmeme Olasılığı	Değeri	Hatanın Müşteriye Ulaşma Olasılığı (%)
Çok Düşük	1	76-100
Düşük	2	51-75
Orta	3	26-50
Yüksek	4	0-25

Üç faktör (şiddet, oluşma olasılığı, fark edilmeme olasılığı) belirlendikten sonra Risk Öncelik Puanı (RÖP) hesaplanabilir. RÖP, kritiklik sayısı göstergesidir ve bu üç faktörün puanlarının çarpımı ile hesaplanır. RÖP her bir hata türü veya nedeni için “şiddet”, “oluşma olasılığı” ve “fark edilmeme olasılığı” gibi üç risk faktörü esas alınarak belirlenen sayısal değerdir. RÖP değerinin hesaplanmasında, sözel veya olasılıksal olarak tanımlanan risk faktörlerinin belirli bir sayı aralığında atanan değerleri alınır. RÖP ile her bir hata türü (nedeni) için riskler tanımlandığından en büyük RÖP’e sahip olandan başlayarak uzun dönemde ortadan kaldırılması kısa dönemde en aza indirilmesi için alınacak düzeltici önlemler belirlenir (Ekinci, 2014).

$$RÖP=O_xD_xS \quad (8)$$

RÖP hesaplandıktan sonra çıkan sonucun hangi aralıkta değerlendirilmesi ve bu aralıklarda hangi önlemlerin alınması ile ilgili kesin bir veri bulunmamakla birlikte uygulamamızda RÖP’ ün 6 ve üzeri olduğu durumların yüksek risk olarak değerlendirilmiş ve öncelikli olarak çözüm arayışına girilmiştir.

Buna ek olarak; RÖP Ortalama  $\leq 0,75$  olan tedarikçiler “Nitelikli”,  $0,76 \leq RÖP$  Ortalama  $\leq 1,25$  olan tedarikçilerin belirlenen kısa bir sürede “Gelişmesi Gerekli Olduğu” ve RÖP Ortalama  $\geq 1,26$  olan tedarikçileri “Niteliksiz” olarak değerlendirilmiştir. Bu hata modlarının RÖP’ünü düşürmek olası tedarik zinciri kırılmalarını engellemede büyük rol oynayacaktır (Ekinci, 2014).

### 3. Uygulama (Case Study)

Bu çalışma, bir kamu kurumunda uygulamıştır. Kamu kurumu isminin verilmesini istememektedir. Bu kamu kurumu, 1968 yılında kurulmuş Türkiye’nin en büyük Ar-Ge merkezidir. Kurum; %80’inden fazlası araştırma ve geliştirme personeli olmak üzere, 1.800 kişiyi aşan insan kaynağıyla, bilişim teknolojileri, bilgi güvenliği ve ileri

elektronik alanlarında faaliyet göstermektedir. 40 yılı aşkın bir zaman dilimine yayılmış bilgi birikimi ile de bu çalışma alanlarında yine Türkiye'nin en yetkin Ar-Ge merkezi olma niteliğini taşımaktadır. Bu kurumun satın alma birimi dikkate alınmıştır. Kurumda Satın alma faaliyeti, yasal mevzuatta belirlenen limitlere göre doğrudan alım şeklinde, ihaleli alım şeklinde ya da avanslı alım şeklinde yapılabilmektedir. Tek kaynaktan alım yapılması zorunlu durumlarda (şartlar ilgili yasal mevzuatta mevcuttur), Tek Kaynak Formu doldurularak söz konusu tedarikçiden alım yapılabilmektedir. Doğrudan alım süreci; satın alma yapılacak ürün / hizmet için tedarikçilerden teklif toplanması ve en uygun fiyat teklifi veren tedarikçiye siparişin verilmesi faaliyetlerini içeren bir süreçtir. Bu konuda yasal mevzuat gereği en az 3 tedarikçiden teklif istenmesi zorunluluğu vardır. Satın Alma talebi ve eki dokümanlar incelenerek, talep konusuna göre, ilgili tedarikçilerden teklif istemek üzere tedarikçilere gönderilir. Gelen teklifler değerlendirilir, en uygun teklifi veren tedarikçi için, "Sipariş Emri" oluşturulur ve tedarikçiye gönderilir. İhaleli alımlarda, alım konusuna göre ihale usulüne karar verilir (Belirli İstekliler Arasında İhale Usulü, Açık İhale veya Pazarlık Usulü). Buna göre ihale dokümanları ilgili uygulama yönetmeliğinin ekinde belirtilen formlar baz alınarak hazırlanır. Uygulamamıza konu olan kamu kuruluşunda yapılan görüşmeler neticesinde elde edilen bilgilere göre kurumda tedarikçi seçiminde tecrübeler ve geçmişte yapılan alımlar dikkate alınmaktadır. Ayrıca tedarikçi denetimleri ile yerinde gözlemler yapılarak bu verilere dayanarak seçim yapılmaktadır. Bu da bilimsel yöntemlerden çok sezgisel yöntemlerin ön planda olduğu bir yapıyı karşımıza çıkarmaktadır. Genellikle maliyeti düşük tedarikçiler tercih edilmektedir. Fakat tedarikçi seçilirken maliyetin yanı sıra kalitenin, teslimatın, tedarikçinin performansının vb. birçok kriterin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra tedarik zinciri risk yönetimi problemi olarak operasyonel risk türünü ele alarak tedarikçi seçimi ve değerlendirmede yöneticilerin tedarik zinciri riski ile yüzleşmelerinde doğru kararı vermelerine yardımcı olmak amaçlanmıştır (Ekinci, 2014).

Araştırma kapsamında, öncelikle değerlendirmeye tabi tutulacak ürün grubu tespit edilmiş ve sayısal yöntemler kullanılarak değerlendirme çalışması yapılmıştır. Sayısal değerlendirme yöntemi olarak DHTEA yöntemi kullanılmıştır (Ekinci, 2014). Uygulama sonucu elde edilen bulgular sonuçlar bölümünde açıklanmıştır.

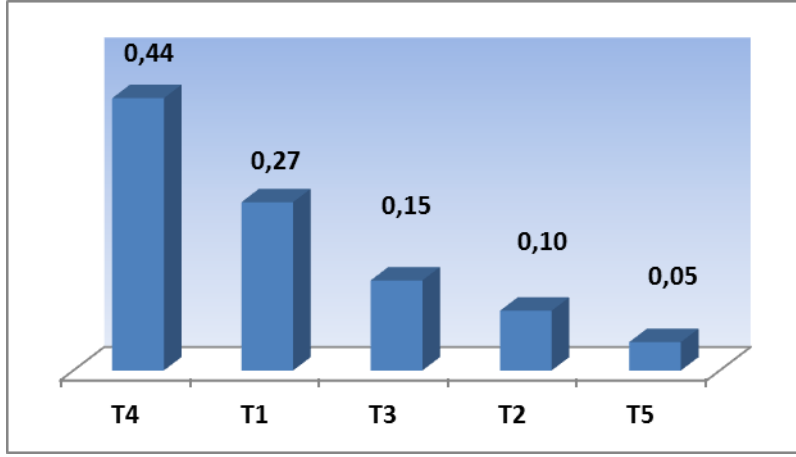
#### 4. Sonuçlar (Results)

Bu bölümde çalışma ile ilgili elde edilen sonuçlar sunulacaktır. Yapılan çalışmalar sonucunda, en büyük RÖP değerine sahip hata kaynağı ilk olarak düzeltilmelidir. Risk öncelik puanlama ve değerlendirmede sınır veya baraj değer kullanımı, faaliyet ihtiyacı belirleme için önerilen bir uygulama değildir. Puanlama veya değerlendirmede sınır veya baraj değer uygulaması, RÖP'lerin göreceli risklerin bir ölçüsü olduğunu ve sürekli iyileştirme gerektirmediğini varsayar (Ekinci, 2014).

**Tablo 7. Tedarikçilerin Önem Değerleri ve Ana Kriter Ağırlıklarına Göre İkili Karşılaştırma Matrisi**

	Kalite	Teslimat	Fiyat	Performans
	0,46	0,07	0,31	0,16
<b>T1</b>	0,26	0,31	0,24	0,36
<b>T2</b>	0,10	0,10	0,09	0,09
<b>T3</b>	0,15	0,14	0,15	0,14
<b>T4</b>	0,45	0,41	0,47	0,36

T5	0,04	0,04	0,05	0,04
----	------	------	------	------



Şekil 2. X Ürünü İçin Tedarikçilerin AHP Yöntemi Sonucu Seçim Sıralaması

Tablo 8. Tedarikçilerin Seçim Sıralaması

TEDARİKÇİLER	PUANLAR
T4	0,440
T1	0,272
T3	0,146
T2	0,096
T5	0,046

Şekil 2’de gösterildiği gibi T4 tedarikçisi birinci ve T1 tedarikçisi ikinci sırayı almaktadır. Sırası ile T3 üçüncü, T2 dördüncü ve T5 beşinci sıradadır.

Tablo 9. Tedarikçilerin Ana Kriterler Bazında Ağırlıklandırılmış RÖP Değerleri Karşılaştırma Matrisi

ANA KRİTERLER	T1	T2	T3	T4	T5
Kalite	2,647	2,299	1,729	1,194	3,025
Teslimat	0,262	0,441	0,401	0,153	0,277

Fiyat	1,369	1,624	1,117	<b>1,003</b>	1,863
Performans	<b>0,328</b>	0,522	0,524	0,607	0,948
<b>Ortalama RÖP</b>	1,151	1,221	0,943	<b>0,739</b>	1,528

Tablo-9’da ifade edildiği gibi; yukarıda yapılan hesaplamalar neticesinde; X ürünü için T1, T2, T3, T4 ve T5 tedarikçisinin Ortalama RÖP değerleri sırası ile “1,151, 1,221, 0,943, 0,739 ve 1,528” olarak hesaplanmıştır. X ürünü için T1 tedarikçisinin Ortalama RÖP değeri 1,151 olarak hesaplanmıştır. Bu sonucun, “ $0,76 \leq \text{RÖP Ortalama} \leq 1,25$ ” değer aralığında olması, T1 tedarikçisinin kısa sürede hızlı bir gelişime ihtiyacı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Benzer şekilde T2 ve T3 tedarikçilerinin kısa sürede hızlı bir gelişime ihtiyacı olduğu, X ürünü için T5 tedarikçisinin Ortalama RÖP değeri 1,528 olarak hesaplanmıştır. Bu sonucun, “RÖP Ortalama  $\geq 1,26$ ” değerinde olması, T5 tedarikçisinin niteliksiz bir tedarikçi olduğu, “RÖP Ortalama  $\leq 0,75$ ” değer aralığında olması, T4 tedarikçisinin yeterli şartları sağladığı ve nitelikli bir tedarikçi olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma ile, DHTEA yöntemi literatürde yeni kullanılmaya başlanan bir yöntemdir. Bu yöntemi ülkemizde ilk kez uygulanarak elde ettiğimiz sonuçları literatüre sunmuş bulunmaktayız. Bu çalışmada kullanılan DHTEA yöntemi ile X ürünü için tedarikçi seçimi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre T4 tedarikçisinin kalite, teslimat ve fiyat kriterleri değerleri diğer tedarikçilerin değerlerinden düşük çıkmıştır. Bu sonuç, T4 tedarikçisinin X ürünü için uygulama yapılan kuruma daha iyi kalite, teslimat ve fiyat stratejileri sağlayabileceği ve T4 tedarikçisi ile yapılacak tedarik zinciri ortaklığının uygulama yapılan kurumun bazı rekabet avantajları kazanmasına yardımcı olabileceği şeklinde yorumlanabilir. Bu nedenle X ürünü tedarikçisinde T4 tedarikçisinin seçilmesi uygun görülmektedir. T5 tedarikçisi ile çalışılmaması tavsiye edilmektedir. En iyi ikinci (yedek) tedarikçi olarak T2 tedarikçisi ile çalışılması işletmenin menfaatine olacaktır.

## 5. Referanslar (References)

- Baran, E. (2012). Tedarikçi Seçimi İçin Bir Model Önerisi: Traktör Fabrikası Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Chin, K.-S., Wang, Y.-M., Poon, Gary, K. K., & Yang, J.-B. (2009). Failure mode and effects analysis by data envelopment analysis. *Decision Support Systems*, 48(1), 246–256. Doi:10.1016/j.dss.2009.08.005.
- Ekinci, H. (2014). Analitik Hiyerarşi Yöntemi temelli değiştirilmiş hata türleri ve etkileri analizi yöntemi ile kamu kuruluşunda tedarikçi seçimi. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Dağdeviren M. & Eren T., (2001). Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(2).
- Güner, H. (2005). Bulanık AHP ve Bir İşletme İçin Tedarikçi Seçimi Problemine Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Güngör, İ. ve İşler, D.B.( 2005). Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı ile Otomobil Seçimi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2), 21-33.
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16–24. Doi:10.1016/j.ejor.2009.05.009.
- Özal, Ö.M. (2011). Yalın Tedarik Zinciri Yönetimi ve İmalat Sektöründe Tedarikçi Seçim Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul.
- Ng, W. L. (2008). An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. *European Journal of Operational Research*, 186(3), 1059–1067. Doi:10.1016/j.ejor.2007.01.018.

- Saaty, T.L. (1986). Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, 32, 841-855.
- Saaty, T.L. (1989). How To Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operations Research*, 48, 9-26.
- Saaty, T.L. ve Hu, G. (1998). Ranking by Eigenvector versus Other Methods in the Analytic Hierarchy Process, *Applied Mathematics Letters*, 11 (4), 121-125.
- Schoenherr, T., Rao Tummala, V. M. ve Harrison, T. P. (2008). Assessing supply chain risks with the analytic hierarchy process: Providing decision support for the offshoring decision by a US manufacturing company. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 14(2), 100–111.
- Sekreter, S., Akyüz, G. ve İpekçi Ç, E. (2004). Şirketlerin Derecelendirilmesine İlişkin Bir Model Önerisi: Gıda Sektörüne Yönelik Bir Uygulama, *Akdeniz Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 8, 139-155.
- Taşan, B. (2007). Türk Telekomünikasyon A.Ş.'de Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemi ile Bir Tedarikçi Seçim Problemi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Timor, M. (2011). Analitik Hiyerarşi Prosesi, *Türkmen Kitapevi*, İstanbul, 978-605- 4259-50-2.
- Thun, J.-H. ve Hoenig, D. (2011). An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 242–249.
- Wu, T., Blackhurst, J., & Chidambaram, V. (2006). A model for inbound supply risk analysis. *Computers in Industry*, 57(4), 350–365.
- Yang, J. ve Lee, H. (1997). An AHP Decision Model for Facility Location Selection, *Facilities*, 15 (9/10), 241-254.