

## HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİNDE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMININ KULLANILABİLİRLİĞİ

Önder Öndemir, Ceyda Güngör Ően, Hayri Barağlı

Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34349, İstanbul

**Özet:** Müşteri istek ve beklentilerinin hızla çeşitlenmekte olduğu günümüzde, şişletmeler rekabet gücünü arttırmak ve sürekli iyileştirmeyi sağlamak için değişik teknikleri bulmaya ve uygulamaya yönelmektedir. Yöneticilerin düzeltme faaliyetlerine karar vermelerinde önde gelen etmenlerden biri olan kaynak kıtlığı, bu tekniklerle risklerin doğru belirlenmesi ve önceliklendirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. İleri kalite geliştirme tekniklerinden biri olan Hata Türü ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effect Analysis-FMEA), şişletmelerde riskleri ve iyileştirme faaliyetlerini ortaya çıkarmak ve bunları önceliklendirerek kıt kaynakların en etkin şekilde kullanılmasını sağlamak amaçlarına hizmet etmektedir. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), bir ürün ya da sistemde oluşan ve/veya oluşabilecek hata türlerinin belirlenmesi ve müşteriler üzerindeki etkilerinin tanımlanması ile başlayan bir risk analizi tekniğidir. Bununla beraber, Hata Türü ve Etkileri Analizi tekniğinin geleneksel uygulamalarında, değer uyumsuzluğu oluşması ve farklı risklerin aynı önceliği alabilmesi gibi, sezgisellikten kaynaklanan çeşitli dezavantajlar ortaya çıkabilmektedir. Aynı zamanda; tekniğin geleneksel metodolojisi, risk faktörlerinin görelü önemlerini dikkate almamaktadır. Bu çalışmada, Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin yukarıda kısaca değinilen olumsuzlukları detaylandırılmakta, bunların giderilmesi için bir bulanık mantık kural tabanı oluşturulması önerilmekte ve kullanımı açıklanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kalite İyileştirme, Bulanık Mantık, Hata, Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)

### USABILITY OF FUZZY LOGIC APPROACH IN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

**Abstract:** Today, since the variety of customer demands and expectations from the products and services offered are increasing enormously, companies are spending considerable efforts on the development and implementation of various techniques in order to gain a competitive advantage and to provide a continuous improvement. As a well known fact, sufficient resource is vital for executives in order to make proper decisions regarding correction of activities, and is one of the most important elements in the decision making process. However, the implication of these new techniques cause lack of resource required for the decision making environment. Therefore, detecting the risk factors accurately and determining their precedence relationships became an important issue for today's businesses. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) which is an advanced quality improvement technique, aids in discovering risks, achieving preventive improvement activities, and using limited resources effectively by preceding risks. FMEA is a risk analysis technique that initiates with the identification of failure modes emerged and/or tended to emerge, and take their effects on customers into account. Conventional implementation of FMEA is associated with various disadvantages due to its heuristic nature, viz., lack of value harmony, and the usage of identical precedence values for various risks. Further, conventional FMEA does not take relative importance of risk factors into account. In this study, the drawbacks of Failure Mode and Effects Analysis mentioned above are summarized briefly and a fuzzy logic rule base development is proposed to eliminate pre-mentioned drawbacks. The steps of the application of the proposed rule base are also explained in detail.

**Keywords:** Quality Improvement, Fuzzy Logic, Failure, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

#### 1. Giriş

Mevcut pazar şartları ile değişen kalite anlayışı, hata ayıklama sistemlerinin (kalite kontrol muayeneleri) de rafa kalkmasına neden olmuştur. Zira bu tarz bir yaklaşım, müşteri memnuniyetini oluşurmada büyük gelişmeler sağlamakla birlikte maliyetlerde de artışa neden olmaktadır. Hatalı ürünü ayıklamak demek, ayıklayana kadar hatalı ürüne emek sarf etmek demektir. Bu sebeple, anlayışta gerçekte değişiklik şirketleri hata önleme sistemlerine götürmüştür.

Hata önleme teknikleri birçok hata için önleyici faaliyetler önerebilmektedir. Bu önleyici faaliyetler ise organizasyonlara çeşitli maddi ve manevi yükler getirmektedir. Bu yükler, malzeme-makine yatırımı, ek çalışma saatleri şeklinde olabileceği gibi tasarım değişikliği şeklinde de olabilir.

Ancak kaynaklar daima kısıtlı olduğu için, önleyici faaliyetlerin uygulanmasında yöneticilerin karşılaştıkları sorun, hangi faaliyetin daha öncelikli olduğuna karar verme noktasında ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple, hata önleme tekniklerinde hataları risk derecesine göre önceliklendirebilme özelliği de aranmaktadır. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) bu özelliği metodolojisinde barındıran bir tekniktir. HTEA ilk olarak 1960'larda Amerikan uzay programında kullanılmış, daha sonra da askeri standart olarak kabul edilmiştir (Pyzdek, 2003). 1970'lerden sonra da hata önleme sistemleri arayışında olan özel üretim firmaları tarafından rağbet görerek uygulamaya alınmıştır.

HTEA risk yönetimi kararlarını vermede bilgi kaynağı olarak kullanılmaktadır (Pillay ve Wang, 2002). "Ne yanlış gidebilir?" ve "Herhangi bir şey yanlış giderse bu nelere yol açar ve sonuçları ne olur?" sorularıyla bilgiye ulaşan HTEA tekniği, Altı Sigma anlayışının da önemli araçlarından biridir. Özellikle üretim sektöründe kullanılan bu teknik, servis sistemlerinde de kendine yer bulabilmektedir. HTEA uygulaması bir ürün ya da süreçte oluşabilecek hataları, bunların sebeplerini ve etkilerini ortaya koyarak risk tahmini yapan ve bu riskleri önem derecesine göre sıralayan bir tekniktir. Tüm bunların ötesinde HTEA uygulamasının temel sebebi sürekli gelişme ihtiyacıdır. Firmalardaki sürekli gelişme arzusu ve HTEA uygulamaları birbiriyle çok güçlü bir etkileşimdedir. İkisinin de tek başına gerçekleşmesi düşünülemez (Eryürek, 2003). Geleneksel ifadesi bu şekilde olan HTEA ileride bahsedilecek bazı eksiklerine rağmen günümüzde de oldukça iyi bir teknik olarak kabul edilmektedir (Pillay ve Wang, 2002).

## 2. Geleneksel HTEA Metodolojisi ve Geleneksel HTEA'nın Eksikleri

Geleneksel HTEA'nın basamaklarını şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Sistemi iyice tanımak ve tam olarak çalıştığında sistemden ne beklendiğini bilmek,
2. Sistemi alt sistemlere ayırmak,
3. Bileşenleri ve bileşenler arası ilişkileri tanımlayabilmek için şemalar, diyagramlar kullanmak,
4. Her alt sistem için bileşen listesi oluşturmak,
5. Sistemi etkileyebilecek operasyonel ve çevresel gerilimleri tanımlamak,
6. Her bileşenin hata türlerini ve hata türlerinin sisteme ve alt sistemlere etkilerini tanımlamak,
7. Her bir hata türünün tehlike seviyelerini (şiddet) kategorize etmek,
8. Olasılığı tahmin etmek,
9. Risk öncelik sayısını (RÖS) şiddet, olasılık ve keşfedilebilirliğin çarpımı şeklinde hesaplamak (Her bir hata türünün şiddet, olasılık ve keşfedilebilirlik değerleri 1-10 aralığında bir sayıya denk düşmektedir. Bu sayıların atanması, uzmanlar tarafından oluşturulmuş tablolara dayanarak yapılır),
10. RÖS'e dayanarak bir faaliyet yapılıp yapılmayacağına karar vermek,
11. Sistem performansını arttıracak öneriler geliştirmek (Bu konu ikiye ayrılabilir: Hata durumunu ortadan kaldıran önleyici eylemler ve hatanın meydana gelmesinden sonraki kayıpları azaltan kapatıcı eylemler),
12. Analizi özetlemek (Pillay ve Wang, 2002).

HTEA yöntemi diğer risk analizi teknikleri gibi, girdi olarak sayısal verilere (olasılık, şiddet, keşfedilebilirlik) ihtiyaç duyar. Ancak pek çok durumda hazır veri mevcut değildir veya mevcut veriler yeterli ve güvenilir değildir. Bu durumda, çoğu kez sayısal veriler uzman yargısına başvurularak tahmin edilmektedir. Onlu skalada puanlamada katılımcıların konu ile ilgili bilgi seviyesi ve deneyimleri nedeniyle ciddi sapmalar olmakta, uzlaşım güclüğü yaşanabilmektedir (Stamatis, 1995). Kişiler değerlerini sayısal olarak ifade etmekten çok, niteliksel olarak ifade etme eğilimindedir. Yani çoğu kez, bu yolla elde edilen veriler sayısal değildir. Uzman yargısına dayanılarak elde edilen bilgiler, niteliksel olma özelliğinden dolayı, bir dile ait sözcükler ve deyimler (az, çok az gibi) ile ifade edilen "bulanık bilgiler"dir. Bu terimler belirsizlikten çok, kötü tanımlanmış ifadeler olmaları nedeniyle kesin olmama halini arttırmaktadır. Bu tür dilsel ifade bulan faktörlerin, olasılık kullanan yöntemler ile doğrudan incelenmesi mümkün olmamaktadır. Ayrıca olasılık puanı 2, şiddet puanı 8, keşfedilebilirlik puanı 3 olan bir hata türü, bu değerleri sırasıyla 4, 4, 3 olan bir hata türüyle aynı risk önceliğine sahip olabilmektedir ( $RÖS=2 \times 8 \times 3=4 \times 4 \times 3$ ). Bu iki eksikliğin giderilebilmesi için, HTEA'nın bulanık kümeler yaklaşımıyla ele alınması çeşitli kaynaklarda önerilmektedir.

## 3. Bulanık Mantık Kural-Tabanı Yaklaşımı

HTEA'nın bulanık kümeler ile uygulanmasının adımları şu şekilde sıralanabilmektedir (Eryürek, 2003):

- Sistemin analizi,
- Modelin girdilerini oluşturan üç risk faktörüne (olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik) ait bulanık kümelerin oluşturulması,
- RÖS'lerin bulanık kümeler kuramı ile sayısal olarak hesaplanması,
- Geleneksel metodolojide olduğu gibi önleyici faaliyetlerin belirlenmesi ve uygulanması.

Burada üzerinde durulması gereken basamak, bulanık kümelerin oluşturulması basamağıdır. Bulanık kümeler çok sayıda uzman tarafından “kural tabanına” ilişkin olarak oluşturulmaktadır. Kural tabanındaki kurallar, bulanık küme değişkenlerinin sayısına göre değişiklik göstermektedir. Bu sebeple benzer kurallar birleştirilerek, kural sayısında azalma sağlanmaktadır.

Bulanık kümelerin oluşturulması ise şu şekilde yapılabilmektedir:

$n$  sayıda uzmana, kendilerine verilen bir kuralı *doğru* (1) veya *yanlış* (0) olarak değerlendirmeleri istenir.  $i$ . uzmanın cevabı  $a_i(x)=0$  yada  $a_i(x)=1$  olacaktır. Böylece üyelik fonksiyonu tüm uzmanların cevaplarının ortalaması olarak alınabilir. Ayrıca uzmanların söz konusu kural ile ilgili olarak yetkinlikleri aynı olmayabileceğinden, değerler bir yetkinlik katsayısıyla ( $C_i$ ) çarpılabilir ( $\sum C_i=1$  olmak şartıyla) (Pillay ve Wang, 2002).

Bulanık kümelerin tayininden sonra, bulanık küme işlemleriyle elde edilen RÖS'ler, hataların sıralanmasına olanak sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, dilsel değişkenlerin bulanık kümelerle sayısal ifadelerle dönüştürülmesi, veri uyumsuzluğu ihtimalini ortadan kaldırmakta, sonuçların güvenilirliğini arttırmaktadır. Ayrıca, sayısal ifadelerle gerek duyulmadan olası her hata için RÖS hesaplanabilmektedir. Metodolojinin kullanımıyla, klasik uygulamadaki puanlama tablolarını oluşturma gerekliliği ortadan kalkmakta ve grup üyeleri olasılık değerleri hakkında bilgi sahibi olmadan değerlendirme yapılabilmektedir.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin uygulanmasında uzman görüşlerinin olası subjektifliğini ve yetersizliğini önlemek üzere bulanık kümeler yaklaşımını içeren bir metodoloji sunulmakta ve kullanılabilirliği araştırılmaktadır. Literatürde önerilen bu metodolojinin birçok faydası bulunmakta ve metodolojinin kullanımı ile, uzmanlardan derlenen dilsel yorumlar puanlama gibi bir dönüşüme uğratılmaksızın, doğrudan modele dahil edilebilmektedir. Bununla beraber, analizin bulanık kümeler yaklaşımıyla bu şekilde çözümlenmesi, geleneksel HTEA'nın bazı temel eksikliklerini giderse de, üç risk faktörünün görece önemlerini dikkate almamaktadır. Bu problem, kuralların azaltılması sırasında daha da belirginleşmekte ve çıktıları olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın konusu olan metodoloji ile elde edilen çıktılar beklendiği ölçüde iyi olmayabilmektedir. Konu ile ilgili gelecek çalışmalarımızda, risk faktörlerinin görece önemlerinin belirlenebileceği “gri teori (grey theory)” üzerinde durulacak ve bu teorisinin Bulanık HTEA ile kullanımı araştırılacaktır.

#### Kaynaklar

- Eryürek, Ö., F.**, Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminde Yeni Bir Karar Verme Modeli, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*, 143 sayfa, 2003.
- Pillay, A. ve Wang, J.**, Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning, *Reliability Engineering and System Safety*, 79, 69-85, 2003.
- Pyzdek, T.**, *The Six Sigma Project Planner: A Step-by-Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC*, The McGraw-Hill Companies, New York, 224 pages, 2003.
- Stamatis, D., H.**, *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA From Theory to Execution*, ASQ Publications, Milwaukee, Wisconsin, 494 pages, 1995.