

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ'NDE BULANIK
MANTIK KULLANARAK BİR KAMU HASTANESİNİN
SATIN ALMA SÜRECİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS

Endüstri Müh. Turgay ÖZTÜRK

Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Pınar KILIÇOĞULLARI

KOCAELİ, 2008

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

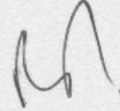
**HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ'NDE BULANIK MANTIK
KULLANARAK BİR KAMU HASTANESİNİN SATIN ALMA
SÜRECİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

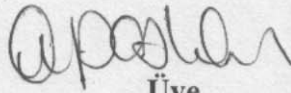
Endüstri Müh. Turgay ÖZTÜRK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26 Mayıs 2008

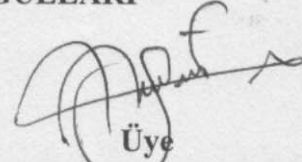
Tezin Savunulduğu Tarih: 10 Temmuz 2008



**Tez Danışmanı
Yrd.Doç. Dr. Pinar KILIÇOĞULLARI**



**Üye
Prof. Dr. Alpaslan FIĞLALI**



**Üye
Doç. Dr. Mesut KUMRU**

KOCAELİ, 2008

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Günümüz rekabet şartlarında ayakta kalmak isteyen işletmeler kalite araçlarını etkin bir şekilde kullanma zorundadır. Fakat rekabetten etkilenmeseler dahi kamu kuruluşları da hizmet kalitesini artırmak ve maliyetlerini düşürmek için kalite araçlarını kullanmaktadırlar.

Kalitenin geliştirilmesinde hatalı ürünlerin ayıklanması yerine hatasız ürün üretecek bir sürecin kurulması ve bu sürecin sürekli iyileştirilmesi esastır. Hata türü ve etkileri analizi bu doğrultusunda, hataları oluşmadan önlemeyi amaçlayan bir kalite iyileştirme aracıdır. Bu çalışmada hata türü ve etkileri analizi bulanık mantık ile birlikte incelenmiş ve bir kamu hastanesinin satın alma sürecine uygulanmıştır.

Çalışmam sırasında bana yol gösteren ve her konuda beni destekleyen danışmanım Sayın Yrd. Doc. Dr. Pınar KILIÇOĞULLARI' na, çalışmamın her aşamasında bilgi ve fikirleri ile yol gösteren Sayın Prof. Dr. Alparslan FIĞLALI' ya, çalışmamda fikirlerini benimle paylaşan Arş. Gör. Burcu ÖZCAN ve arkadaşım M. Ali YAVUZ' a, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan İstanbul Paşabahçe Devlet Hastanesi çalışanlarına ve yöneticilerine, ayrıca hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SEMBOLLER.....	vi
TÜRKÇE ÖZET.....	vii
İNGİLİZCE ÖZET.....	viii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kalite Kavramı.....	1
1.2. Kalite Kavramının Tarihsel Gelişimi.....	2
BÖLÜM 2. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ.....	5
2.1. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Tanımı.....	5
2.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi ile İlgili Kavramlar.....	6
2.3. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Tarihçesi ve Uygulama Alanları.....	7
2.4. Literatür Taraması.....	8
2.5. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Amacı ve Faydaları.....	9
2.6. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Türleri.....	11
2.6.1. Sistem HTEA.....	11
2.6.2. Tasarım HTEA.....	11
2.6.3. Servis HTEA.....	12
2.6.4. Süreç (Proses) HTEA.....	12
2.7. Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönetimi.....	13
2.7.1. Başlangıç çalışmaları.....	16
2.7.2. HTEA yapılan sistem, tasarım, proses veya serviste yer alan hatalara yönelik çalışmalar.....	18
2.7.3. Hata türlerinin değerlendirilmesi.....	20
2.7.4. Risk öncelik sayısının değerlendirilmesi ve önlemlerin belirlenmesi.....	26
2.7.5. Önlemlerin uygulanması.....	27
2.7.6. HTEA uygulamasında karşılaşılan güçlükler.....	28
BÖLÜM 3. BULANIK MANTIK.....	30
3.1. Bulanık Mantığın Tarihsel Gelişimi.....	32
3.2. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları.....	32
3.3. Bulanık Küme Teorisi.....	34
3.3.1. Bulanık küme işlemleri.....	37
3.3.2. Bulanık mantık üyelik fonksiyonları.....	40
3.3.3. Üyelik fonksiyonunun kısımları.....	43
3.4. Bulanık Sistem.....	45
3.4.1. Bulanıklaştırma.....	47
3.4.2. Üyelik fonksiyonlarının oluşturulması.....	47
3.4.3. Kural tabanı.....	48
3.4.4. Bulanık çıkarım.....	49
3.4.5. Durulama.....	51
3.5. Hata Türü ve Etkileri Analizinde Bulanık Mantık Gereksinimi.....	53

BÖLÜM 4. BİR KAMU HASTANESİNDE BULANIK HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ UYGULAMASI.....	54
4.1 Kurumun Tanıtımı.....	54
4.2 Çalışmanın Amacı ve Yöntem	55
4.3 Satın alma Servisi Çalışma Prosedürü	55
4.4 Uygulama Adımları.....	59
4.4.1 Başlangıç çalışmaları	59
4.4.2 Tıbbi sarf malzeme alım süreci	59
4.4.3 Hata türlerine yönelik çalışmalar	65
4.4.4 Hata türlerinin değerlendirilmesi	68
4.4.5 Risk Öncelik Sayısının Değerlendirilmesi ve Önlemlerin Belirlenmesi.....	72
4.4.6 Önlemlerin uygulanması	74
BÖLÜM 5. SONUÇ.....	77
KAYNAKLAR	79
EKLER.....	83
ÖZGEÇMİŞ	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1: HTEA akış şeması ..	15
Şekil 2. 2: Örnek HTEA formu ..	28
Şekil 3. 1: Klasik küme üyelik fonksiyonu ..	36
Şekil 3. 2: Bulanık küme üyelik fonksiyonu ..	36
Şekil 3. 3: Bulanık kümelerde temel işlemleri ..	39
Şekil 3. 4: Üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonlarının gösterimi ..	42
Şekil 3. 5: Gaussian üyelik fonksiyonunun gösterimi ..	43
Şekil 3. 6: Üyelik fonksiyonunun kısımları ..	43
Şekil 3. 7: Bulanık sistemlerin genel yapısı ..	45
Şekil 3. 8: Mamdani çıkarım yönteminin gösterimi ..	50
Şekil 3. 9: En büyük üyelik derecesi yöntemi ile durulama ..	52
Şekil 3. 10: Ağırlıklı ortalama yöntemi ile durulaştırma ..	52
Şekil 4. 1: Satın alma süreci akış şeması.....	57
Şekil 4. 2: Doğrudan temin yöntemi akış şeması.....	58
Şekil 4. 3: Tıbbi sarf malzeme alımı akış şeması.....	60
Şekil 4. 4: Bulanık HTEA modeli ..	70
Şekil 4. 5: Girdi değişkenleri üyelik fonksiyonu ..	71
Şekil 4. 6: Çıktı değişkeni üyelik fonksiyonu ..	71

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2. 1: Olasılık derecelendirme tablosu ..	22
Tablo 2. 2: HTEA için şiddet derecelendirme tablosu ..	23
Tablo 2. 3: Saptanabilirlik Derecelendirme Tablosu ..	24
Tablo 3. 1: Klasik ve bulanık küme notasyonu ..	37
Tablo 3. 2: Klasik küme ve bulanık küme özellikleri ..	40
Tablo 4. 1: Olası hata türleri ve etkileri ..	66
Tablo 4. 2: Süreçteki hata nedenleri ..	67
Tablo 4. 3: Hata türlerinin değerlendirilmesi ..	69
Tablo 4. 4: Hata türlerinin öncelik sırası ..	72
Tablo 4. 5: Belirlenen önlemler ..	73

SEMBOLLER

O	: Ortaya Çıkma
A	: Ağırlık
S	: Saptama
X	: Boş Olmayan bir Küme
$\mu_A(x)$: Bulanık Kümenin Üyelik Fonksiyonu
w _i	: Eşik değer
\cap	: Kesişim
\cup	: Birleşim
\in	: Elemanıdır
\notin	: Elemanı Değildir
\circ	: Birleşim operatörü
\wedge	: Bulanık Kümelerde Kesişim
\vee	: Bulanık Kümelerde Birleşim

Kısaltmalar

AIAG	: The Automotive Industry Action Group
ASQC	: The American Society for Quality Control
EB	: En Büyük Büyük
EK	: En Küçük
FMEA	: Failure Mode and Effective Analysis
HTEA	: Hata Türü ve Etkisi Analizi
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu
Max	: Maksimum
MIL-STD	: Askeri Standartlar
Min	: Minimum
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
R	: Reel Sayılar Kümesi
RÖS	: Risk Öncelik Sayısı
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
TSK	: Takagi-Sugeno-Kang

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ'NDE BULANIK MANTIK KULLANARAK BİR KAMU HASTANESİNİN SATIN ALMA SÜRECİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Turgay ÖZTÜRK

Anahtar Kelimeler: Hata Türü ve Etkileri Analizi, Bulanık Mantık.

Özet: Rekabet nedeniyle işletmeler kaliteyi geliştirecek ve müşteri tatmini artıracak farklı çeşitli metotlar geliştirmek ve uygulamak zorundadırlar. Gelişmiş kalite araçları hataları oluşmadan önlemeyi amaçlar. İleri kalite geliştirme araçlarından biri olan hata türü ve etkileri analizi (HTEA) , hata türlerini onların etki ve nedenlerini belirler. Daha sonra hataları önceliklendirir ve en yüksek riske sahip hatadan başlayarak hataları engellemeye çalışır.

HTEA, hata türlerinin öncelik sıralarını belirlemek için risk öncelik sayısını kullanır. Fakat son zamanlarda geleneksel risk öncelik sayısı hesapla yöntemi eleştirilmekte ve bulanık mantık ve uzman görüşünü kullana yeni bir yöntem önerilmektedir.

Bu çalışmada HTEA ve bulanık mantık yaklaşımı incelenmiş, sonra bunlar bir kamu hastanesinin satın alma sürecini geliştirmek için birlikte kullanılmıştır.

USİNG FUZZY LOGIC IN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS IMPROVE PURCHASE PROCESS OF A STATE HOSPITAL

Turgay ÖZTÜRK

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis, Fuzzy Logic.

Abstract: Because of competition, companies must develop and implement various methods to improve quality and increase customer satisfaction. Advanced quality tools aim to prevent fault before it comes out. One of this tools is failure modes and effects analysis (FMEA). FMEA, which is an advanced quality improvement technique, determines failure modes, their effects and causes. Then it prioritizes failure mode and works for preventing them by beginning fault which has the highest risk..

FMEA uses risk priority number (RPN) to determine priority of failure mode. But recently, estimate methods of traditional PRN has been criticized and a new method which uses fuzzy logic with experts opinion has been proposed.

In this study examined FMEA and fuzzy logic then these were used together in order to improve purchase process of a state hospital.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde küreselleşmenin ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle rekabet koşulları oldukça sertleşmiştir. Gümrük birliği anlaşmaları ve haberleşme ve ulaşım sektöründeki gelişmeler sonucunda dünya neredeyse tek bir pazar haline gelmiştir. Bu pazarda ayakta kalmanın tek yolu ise kaliteli üretimdir.

Yaşanan gelişmelerle birlikte kalite kavramında da değişiklikler olmuştur. Hata ayıklama yöntemlerinin yerini hata önleme metotları almış ve bütün çalışanların katılımını ön gören müşteri odaklı kalite yönetim sistemleri geliştirilmiştir. Günümüz rekabet koşullarında hayatta kalmak isteyen işletmeler iyi bir kalite yönetim sistemine sahip olmalıdır. Kalitenin bir defa yakalanmış olması da yeterli değildir. Piyasadaki değişikliklerin sürekli olarak takip edilmesi ve kalite yönetim sisteminin sürekli olarak geliştirilmesi gerekmektedir.

İşletmeler kalite amaçlarına ulaşmak için farklı tekniklerden faydalanmaktadır. Bunlardan biri de Hata türü ve Etkileri Analizidir (HTEA). HTEA potansiyel hataların henüz oluşmadan veya mümkün olduğunca erken önlenmesini amaçlayan, iyileştirme faaliyetlerine nereden başlanacağı noktasında yol gösteren bir kalite tekniğidir.

1.1. Kalite Kavramı

Kalite çok boyutlu bir kavram olduğundan üzerinde uzlaşmış bir kalite tanımı bulunmamaktadır. Kalite pahalı, kullanıma uygun, dayanıklı olan vb. anlamlarda kullanılmaktadır. Burada kaynaklarda sıkça kullanılan ve kalite konusunda söz sahibi kuruluşlarca yapılan bazı tanımlara yer verilmiştir.

Avrupa Kalite Kontrol Örgütü ile Amerikan Kalite Kontrol Derneğince benimsenen kalite tanımı şu şekildedir [1];

Kalite, bir ürün ya da hizmetin, belirlenmiş bazı ihtiyaçları karşılamadaki yeterliliğine ilişkin özelliklerinin tümüdür.

Türk Standartları Enstitüsü'ne göre kalite, insan sağlık ve emniyetinin, hayvan ve bitki varlığının ve çevrenin korunması veya tüketicinin doğru bilgilendirilmesi gibi kriterler göz önüne alınarak bir ürün veya hizmetin varolan veya olabilecek ihtiyaçları karşılama yeteneğine dayanan özelliklerinin toplamıdır [2].

ISO 9000' de ise kalite, “bir ürün veya hizmetin belirlenen ihtiyaçları karşılama hassasiyetine dayanan özelliklerin tümü” şeklinde tanımlanmıştır [2].

Kalite, iç ve dış müşterilerin, gizli ve açık tüm istek ve ihtiyaçlarını karşılayan temel bir iş stratejisidir. Bu ifadelerden de anlaşılacağı gibi birçok tanımı bulunan kalite, önceleri “standartlara uygunluk” şeklinde ifade edilmekteydi. Ancak, günümüzde tüketici istek ve beklentileri sonucunda, “kullanmaya uygunluk” olarak algılanmaya başlanmıştır. Kalite, bir yandan verimlilik, maliyet, diğer yandan yöneticiler dahil tüm elemanların nitelik veya uzlaşma derecesi gibi işletme içi birçok kriterde belirleyici rol oynarken, sağlık, eğitim, kültür ve ahlaki normlara katkısıyla da tüm toplum için vazgeçilmez bir öge olmuştur. Bu da belirlenmiş, yaygın kullanılan özelliklere cevap verebilen ve müşteri memnuniyetini yüksek seviyelerde karşılayabilen ürün ve hizmetleri ifade etmektedir. Ürün ve hizmetler mutlak suretle müşteri beklentilerini karşılamalıdır [3].

1.2. Kalite Kavramının Tarihsel Gelişimi

Kalite, ilk ve basit anlamıyla eski zamanlarda ortaya çıkmıştır. Fakat kalite fonksiyonunun ilk sistemli gelişimi, imalat sistemlerinin daha karmaşık hale geldiği I. Dünya Savaşı yıllarında muayene ve test uygulamalarıyla başlamıştır. Dale, kalite fonksiyonunun gelişimini bu aşamadan itibaren; Muayene ve Test, Kalite Kontrol, Kalite Güvence ve Toplam Kalite Yönetimi olarak 4'e ayırmaktadır [4].

1) Muayene ve Test: Muayene faaliyeti, temelde süreçlerin sonunda, bitmiş ürünlere uygulandığı için önleyici bir yönü bulunmuyordu. Uygun olmayan ürünler

hurdaya ayrılıyor veya yeniden işleniyor ya da asgari koşulları sağlarsa hatasına rağmen müşteriye teslim ediliyordu. Muayene faaliyeti genellikle fabrika yöneticisi veya üretim yöneticisine bağlı bir kontrol bölümü tarafından yürütülüyordu. Sadece üretim süreci sonunda ve yan sanayiden gelen malzemeler üzerinde muayene işlemi uygulanıyordu. Zamanla bu sistem geliştirilmiştir. Kontrol elemanlarının bağlı olduğu kontrol uzmanları ortaya çıkmış ve sistem hiyerarşik bir yapıya dönüşmüştür. Sisteme, ölçüm laboratuvarı, uygun olmayan ürünlerin ortadan kaldırılması gibi işlevler de dahil edilmiştir [4].

2) Kalite Kontrol: Bu aşamada kalite problemlerinin çözülmesinde istatistiksel teknikler kullanılmaya başlanmıştır. örnekleme yoluyla yüzde yüz muayeneden vazgeçilmiştir. Böylelikle maliyetlerde düşüş sağlanmış ve üretim hızı artmıştır. Bu aşamada gelişmiş bazı yöntemler kullanılmıştır. Fakat halen muayene ve testler hata saptama amacıyla yapılmaktadır. Bu aşama istatistiksel kalite kontrol aşaması olarak da bilinir.

3) Kalite Güvence: 1960' lı yıllardan itibaren kalite fonksiyonu hata bulmadan, hata önlemeye doğru yönelmeye başlamıştır. Ürün ortaya çıktıktan sonra hata saptamanın, uygun olmayan bir ürünü belirlemekten başka bir katma değeri olmadığı ve verimsizliği arttırdığı anlaşılmıştır. Çünkü bu uygulama yoğun hurdaya ve yeniden işlemeye neden oluyordu. Hataları daha ortaya çıkmadan belirleyip önleyecek sistemler kurmak gerekiyordu. Bu yaklaşım kalite fonksiyonunun üçüncü aşaması olan kalite güvencenin doğmasına yol açmıştır. Bu aşamada kapsamlı kalite güvence prosedürleri oluşturulmuş ve periyodik kalite tetkikleri uygulanmaya başlanmıştır. Kalite güvence sistemleri, müşteri beklentilerinin karşılanacağı konusunda güvence vermeye yönelik olarak tasarlanmıştır. Ek olarak, kalite geliştirmeyi sağlayacak, istatistiksel süreç kontrolü gibi modern kalite yönetim araçları ve teknikleri de kullanılmıştır [4].

4) Toplam Kalite Yönetimi: Muayeneden, kalite güvenceye kadar kalite fonksiyonundaki tüm bu gelişmeler, Toplam Kalite Yönetimi anlayışının ortaya çıkması için gerekli olan alt yapıyı oluşturmuştur. Toplam Kalite Yönetimi, kalite yönetiminin temel prensiplerinin bütün organizasyon genelinde

kullanılmasını öngörür. Diğer bir deyişle, kaliteyi sağlamak ve korumak, organizasyondaki herkesin sorumluluğu altındadır [4].

Toplam Kalite yönetimi, iç ve dış müşteri beklentilerini her şeyin üzerinde tutan, müşteri tatminin artırılması ve müşteri bağlılığının sağlanması için iyileştirme ve yenilik yapmayı ilke edinen ve şirketin başarısında çalışanları anahtar faktör olarak gören modern bir yönetim felsefesidir [2].

İşletmeciliğin tüm alanlarında uygulanabilen Toplam Kalite Yönetimi, yön çizme ve liderlik formasyonuna sahip yöneticilerin yönetiminde müşteri odaklılığını, sürekli gelişmeyi ve katılımcılığı esas alarak her alanda kaliteyi geliştirme olarak tanımlanmaktadır [4].

Hata türü ve etkileri analizi ise; hata türlerini oluşmadan önlemeyi amaçlayan, disiplinler arası ekipler tarafından yürütülen, müşteri odaklı bir analiz tekniğidir. Bu bilgiler ışığında HTEA' nın günümüz yaklaşımlarına uygun bir kalite aracı olduğu açıktır.

BÖLÜM 2. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

2.1. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Tanımı

Rekabetin artması ve üretim ve hizmet sistemlerinin karmaşıklaşması sonucunda işletmeler hata ayıklama yöntemlerini terk ederek hata önleyici yöntemler kullanmaya başlamışlardır. Hata türü ve etkileri analizi (HTEA) sistem güvenliğini arttırmak ve risk yönetim kararları için bilgi sağlamak amacıyla; bilinen veya potansiyel hataların tanımlanması ve önlenmesinde kullanılan önemli bir tekniktir [5]. HTEA ile bir ürün yada süreçteki olası hatalar tespit edilir ve ürünün işlevselliği üzerindeki etkisi değerlendirilir . Bu analiz ile güvenilirlik tahminleri, ürün ve süreç tasarımı için temel bilgiler elde edilir [6].

HTEA olası hata türlerini, onların nedenlerini ve sistem performansına etkilerini belirleyen sistematik bir sistem analiz sürecidir. Bu analiz uygun maliyetle hataların yok edilmesinde veya etkilerinin azaltılmasında, özellikle gelişim döngüsünün ilk evrelerinde gerçekleştirildiğinde, başarılıdır. Analiz sistem tanımlandığına başlatılabilir [7].

HTEA, riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin müşteri gibi algılanması ilkesine dayanmaktadır. Hata Türü ve Etki Analizi çalışmasında belirlenen bütün hatalar için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır [8]. Hatalar şiddet olasılık ve saptanabilirlik değerlerine göre önceliklendirilir. Bütün hataların aynı anda yok edilmesi mümkün olmadığından ve hata türlerinin hepsine eşit önem verilerek yapılacak iyileştirme çalışmaları çok geniş zaman ve yüksek maliyet gerektirdiğinden iyileştirme çalışmaları belirlenen öncelik sırasına göre yürütülür.

HTEA, bir ürün veya hizmetin tasarım ve üretim aşamalarında oluşabilecek hataların tanımlanması, sebeplerinin tespit edilmesi, bu hataların yok edilmesi veya etkilerinin kabul edilebilir bir düzeye indirilmesi için gerekli faaliyetlerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen sistem analiz çalışmalarıdır.

2.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi ile İlgili Kavramlar

Konu bütünlüğünün sağlanabilmesi için HTEA ile ilgili bazı kavramlar özellikle HTEA tanımlarında geçen bazı terimler burada özet olarak açıklanmıştır [9].

Müşteri: Hata türünden etkilenebilecek son kullanıcı, iç veya dış departmanlar, kişiler ve proseslerdir.

Fonksiyon: Bir proses veya üründen gerçekleştirmesi beklenen amaçlardır.

Hata Türü (Hata Kategorisi): İç ve dış müşterinin ihtiyaç, istek ve beklentileri ile örtüşmeyen; bir ürün veya prosesin arzulan fonksiyonunun gereği gibi veya hiç yerine getirilmemesidir.

Hata Nedeni: Tasarım veya prosesin belli bir elemanın hata türü ile sonuçlanmasına yol açan faktördür.

Hata Etkisi: Müşterinin yaşayabileceği hoşnutsuzluk ve tehlike oluşturabilecek durumlardır. Müşteri; izleyen işlemler veya son kullanıcıdır.

Mevcut Kontroller: HTEA çalışması yapıldığı sırada hatanın ortaya çıkmasını veya müşteriye ulaşmasını önlemek için kullanılmakta olan mekanizmalardır.

HTEA Elemanı: HTEA çalışmasında belirlenen veya incelenen konulardır. Hata türleri, etkileri, kontroller ve gerçekleştirilen faaliyetler buna örnek olarak gösterilebilir.

Ortaya Çıkma: Hata nedeninin oluşması ve ürünün beklenen ömrü içinde kullanımı sırasında hata türüne yol açmasının ihtimalidir.

Saptama: Mevcut kontrollerin hatanın bulunarak müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir.

Ağırlık: Hata etkisinin müşteriye yansıyan sonuçlarının değerlendirilmesidir.

Risk Öncelik Sayısı (RÖS): Belirlenen ortaya çıkma (O), ağırlık (A) ve saptama (S) değerleri kullanılarak elde edilen bir değerdir. Hata türlerini öncelik sırasına koymada kullanılır.

Kritiklik: Hatanın ortaya çıkma ve müşteriye ulaşmadan bu hatanın saptanabilmesi ihtimallerinin çarpımıdır. Ek kalite planlaması gerektiren hataların önceliklerini belirlemede kullanılır.

Kritik Karakteristikler: Yasal düzenleme, ürün veya hizmet güvenilirliğini etkileyebilen karakteristiklerdir.

2.3. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Tarihçesi ve Uygulama Alanları

HTEA tekniği Amerikan ordusu tarafından geliştirilmiştir. Bu konuda hazırlanmış ilk prosedür “Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis” başlığıyla basılan 9 Kasım 1949 tarihli MIL – P – 1629’dur. İlk olarak sistem ve ekipman hatalarının değerlendirilmesi için kullanılmış bir güvenilirlik saptama tekniğidir. Hatalar üstlenilen projenin başarısı ile personel ve ekipman güvenliği açısından sınıflandırılmıştır. Personel ve ekipman güvenliğinin vurgulanması dikkat çekicidir. Günümüzde halen ABD silahlı kuvvetlerinin MIL – STD 1629 A kodlu askeri standardıdır.

HTEA, 1960 – 1965 yılları arasında NASA tarafından ay seyahati programlarında da kullanılmıştır. Uzun bir süre gizli tutulan teknik 1970 – 1975 yılları arasında ABD uçak sanayinde, 1972 yılında Ford Motor Şirketi bünyesinde, 1975 yılında bilgisayar üretiminde ve Japon NEC firmasında ilk endüstriyel uygulamalarını bulmuştur. 1988 yılında Amerika’nın üç büyük otomotiv şirketi olan Chrysler, Ford ve General Motors tarafından kabul edilerek genel standart olarak benimsenmiştir. Teknik, Şubat 1993’ten itibaren AIAG (The Automotive Industry Action Group) ve ASQC (The American Society for Quality Control) tarafından da benimsenmiştir. Günümüzde HTEA; QS 9000, ISO/TS 16949, ISO 9001:2000 ve diğer Kalite Yönetim Sistemleri dahilinde zorunluluk haline gelmiştir [9]. Kalite Yönetim Sistemlerinin yaygınlaşmasıyla HTEA geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Günümüzde HTEA; otomotiv, elektrik elektronik, metal sanayi, nükleer enerji gibi üretim sektörlerinin yanında eğitim ve turizm hizmet sektörlerinde kullanılmaktadır.

2.4. Literatür Taraması

HTEA yönteminin ilk ortaya çıktığı zamanlarda J. M. Legg mühendisleri bilgilendirme çalışmaları yapmıştır. C. Kara- Zaitri, A. Keller P. Fleming de önem derecelerinin belirlenmesinde mühendislere yardım etmişlerdir. Kasa ve Boran, çalışmalarında HTEA tekniğinin Toplam Kalite Yönetimindeki yerine değinmişlerdir [8].

HTEA tekniği ilk kullanıldığı yıllarda ürün tasarımı gibi teknik konularda kullanımı da yaygın iken sonraları sistemi süreç ve servis tasarımları ile gelişme ve iyileştirme uygulamalarına kaymıştır [10]. Böylelikle HTEA tekniği hizmet sektöründe de kullanım alanı bulmuştur.

Yılmaz, Hata Türü ve Etki Analizi'nin Turizm Sektöründe Uygulanabilirliği üzerinde çalışmış ve tekniğin bu sektörde uygulanabileceğini belirtmiştir. HTEA' nın uygulanması halinde turistik işletmelerin müşteri tatminini sağlamanın kolaylaşacağı, maliyetleri düşeceği, rekabet gücünün artacağı ve işletme imajının güçleneceği sonucuna varmıştır [11].

HTEA tekniğinin birkaç dezavantajı vardır. Bunlar risk öncelik katsayısıyla ilgilidir. Klasik HTEA RÖS' ü hesaplamak için ortaya çıkma, şiddet ve saptama değerlerini kullanmaktadır. Fakat çoğu kez bu değerler sayısal olarak elde edilemeyen niteliksel ifadeler (az, otara, çok vb.) halindedir. Bu ifadeler uzman görüşü alınarak 1-10 skalalarıyla sayısallaştırılmaktadır. Fakat sonuçlar her uygulamada değişmekte ve subjektif olmaktadır. Klasik HTEA' nın diğer bir eksikliği de yöntemde risk faktörlerinin ağırlıklarının eşit kabul edilmesi ve önemlerinin farklı olabileceğinin ihmal edilmesidir. Klasik HTEA' nın bu dezavantajlarını gidermek için RÖS değerinin hesaplanmasında bulanık kümelerden faydalanılması önerilmektedir [12]. Son zamanlarda HTEA' nın bulanık kümelerle birlikte kullanıldığı çok sayıda çalışma yayımlanmıştır. Örneğin sharma ve diğerleri geleneksel HTEA' nın sınırlamalarını aşmak için Bulanık mantık tabanlı bir karar destek sistemi geliştirmiştir [13]. Guimaraes ve Lapa nükleer enerji üretiminde alternatif bir risk analiz yaklaşımı olarak bulanık çıkarım sistemi kullanmıştır [14]. Xu ve diğerleri dizel motorlarda bulanık mantık tabanlı bir HTEA uygulamıştır [15].

Geleneksel HTEA' dezavantajlarını gidermek için kullanılan diğer bir yöntem ise HTEA' da maliyet odaklı karar verme yaklaşımının kullanılmasıdır [16,17].

2.5. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Amacı ve Faydaları

HTEA, riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin müşteri gibi algılanması prensibine dayanır. Hataları müşteriye ulaşmadan önlemeyi ve müşteri memnuniyetini artırmayı hedefler [18]. Bu nedenle HTEA, uygulama alanına göre ürün veya sistemdeki zayıf noktaları belirlemeye odaklanır.

Eryürek ve Tanyaş' a göre; HTEA yönteminin uygulanmasının temel sebebi sürekli gelişme ihtiyacıdır ve firmalardaki sürekli gelişme arzusu ve HTEA uygulamaları birbiriyle çok güçlü bir etkileşimdedir. HTEA' nin faydaları ise aşağıdaki başlıklarda toplanabilir [16].

- ✓ Ürünlerde rakiplere kıyasla belirgin fark yaratabilecek önceliklerin saptanmasına yardımcı olur,
- ✓ Ürün ve servislerin kalitesinin, güvenilirliğinin ve güvenliğinin artırılmasına yardımcı olur,
- ✓ Firmaların imajını ve rekabet edebilirliğini destekler,
- ✓ Müşteri tatminini artırır,
- ✓ Ürün geliştirme zamanını ve maliyetini azaltır,
- ✓ Ürün geliştirme faaliyetlerindeki önceliklerin saptanmasına yardımcı olur,
- ✓ Yeni üretim yöntemlerinin geliştirilmesine yardımcı olur,
- ✓ Hurda ve firelerin azaltılmasını sağlar,
- ✓ Potansiyel hataların tanımlanmasını ve giderilmelerine yönelik düzeltici önlemlerin alınmasını sağlar,
- ✓ Firmanın genel bilincinin artmasına ve grup çalışmalarının benimsenmesine ve geliştirilmesine yardımcı olur.

Ayrıca HTEA aşağıdaki fonksiyonların gerçekleştirilmesini sağlar [19];

- ✓ Ürün, süreç ya da hizmette hataların oluşturacağı en küçük bir zararın bile oluşumunun engellenmesini sağlamak için hata türlerini sistematik olarak gözden geçirir,
- ✓ Ürün, süreç, hizmeti ya da bunların fonksiyonelliğini etkileyebilecek her türlü hatayı ve bu hatanın etkilerini tanımlar,
- ✓ Tanımlanan bu hatalardan hangilerinin ürün, süreç ya da hizmet operasyonlarında daha kritik etkilerinin olduğunu belirler, bu yüzden meydana gelebilecek en büyük hasarı ve hangi hata türünün bu hasarı üretebileceğini tanımlar,
- ✓ Montajda, montaj öncesinde, üründe ve süreçte hataların oluşum olasılığını ve bunun nereden kaynaklanabileceğini (tasarım, süreç, vb.) belirler,
- ✓ Diğer kaynaklardan elde edilmesi mümkün olmayan hata oranlarını ve türlerini tanımlayarak gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar,
- ✓ Güvenilirliğin deneysel olarak test edilebilmesi için gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar,
- ✓ Bir ürün için değişikliklerin olabilecek etkilerini tanımlar,
- ✓ Yüksek riskli bileşenlerin nasıl güvenilir hale getirilebileceğini tanımlar,
- ✓ Montaj hatalarının olabilecek kötü etkisinin nasıl giderilebileceğini tanımlar.
- ✓ Ürün veya proseste oluşabilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engeller.
- ✓ Nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan imalat ve montaj prosesleriyle bağıntılı olarak bir ürünün tasarım karakteristiklerini analiz eder.
- ✓ Potansiyel hata türleri belirlendiğinde, onları ortadan kaldırmak için düzeltici önlemleri almak veya sürekli bir şekilde onların oluşma potansiyellerini azaltır.
- ✓ Montaj veya imalat prosesi için, sistemin dayandığı neden ve ilkeleri de yazılı hale getirir.
- ✓ Titizlikle uygulandığı durumlarda, bir HTEA; proses geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerini (deneyim ve geçmişteki problemlere dayanarak, mantık örgüsü içerisinde yalnız gidebilecek her birimin analizini içeren) özetler.

HTEA' nin başarılı olabilmesi için işletmede sürekli gelişme düşüncesinin benimsenmesi ve üst yönetimin tam desteğinin alınması gerekmektedir. HTEA' nın

başarılı olmasında en önemli şartlardan birisi de zamanında uygulanmasıdır. HTEA ürün veya proses geliştirmenin en erken evrelerinde uygulanmalıdır [8].

2.6. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Türleri

HTEA, Tasarım HTEA ve Proses HTEA olarak iki ana gruba ayrılır [6]. Fakat HTEA yöntemi genellikle dört türde incelenmektedir:

- ✓ Sistem HTEA,
- ✓ Tasarım HTEA,
- ✓ Servis HTEA.,
- ✓ Süreç (Proses) HTEA,

Ürün tasarımı veya geliştirmesinde Tasarım HTEA, süreç tasarımı veya geliştirmesinde Süreç HTEA, servisin müşteriye ulaşmadan analiz edilmesinde Servis HTEA ve sistem ve alt sistemlerin kavram ve tasarım aşamasında analiz edilmesi için de Sistem HTEA kullanılır [20].

2.6.1. Sistem HTEA

Sistemleri ana ve alt sistemler olarak analiz eden ve sistemi oluşturan faktörler arasındaki potansiyel hata türlerini belirlemeyi amaçlayan bir yöntemdir [10]. Sistem HTEA' da hedef operasyonel (etkinlik ve performans) faktörler ile ekonomik faktörler arasında uygun bir denge tanımlamak ve oluşturmaktır. Bu hedefe ulaşmak için sistem HTEA; müşterinin belirlenmiş ihtiyaç, istek ve beklentileri dikkate alınarak yapılmalıdır. Sistem HTEA tasarım ve ilk konsept belirlemede sistem ve alt sistemlerin analiz edilmesinde kullanılır. Bir sistem HTEA çalışması sistem yetersizliklerinden kaynaklanan sistemin fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerine odaklanır. Sistemler arası ilişkileri ve sistemin elemanlarını da kapsar [9].

2.6.2. Tasarım HTEA

Tasarım HTEA, üretim kararı verilmeden önce uygulanır. Tasarımdaki hatalardan dolayı hizmet veya imalat aşamalarında ortaya çıkabilecek olası ürün hata şekillerini ele alır. Tasarım bütünlüğünü sürekli kılmak amacı doğrultusunda, tasarım aşaması dışında imalatta, montajda, donanımda ve müşterinin kötü kullanımından dolayı

üründe oluşacak tasarımla ilgili sorunları tanımlar. Bu teknik ile sistem veya bileşenlerin güvenilirlik riskleri yazılı hale getirilir. Her hata türünün etkisi analiz edilir ve düzeltici faaliyetler yani tasarım değişiklikleri tanımlanır. Kısacası tasarımda mümkün olan tüm hataların belirlenmesi ve fiziksel olarak tanımlanması aşamasıdır [8].

Tasarım HTEA çalışması şu konuları kapsamalıdır [21] :

- ✓ Bütün yeni parçaları,
- ✓ Eski parçaların yeni uygulamaları,
- ✓ Parça değişiklikleri.

2.6.3. Servis HTEA

Servisi müşteriye ulaşmadan önce analiz etmekte kullanılır. Servis HTEA sistem ve proses eksiliğinden kaynaklanan hata türlerini dikkate alır. Servis HTEA ilk servis öncesi, potansiyel ve bilinen hata türlerini önlemleriyle birlikte ortaya koyan bir analiz veya metottur [22].

Bu analizin uygulanmasıyla; geliştirme faaliyetleri arasında önceliklendirme yapılması ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesi sağlanır. İş akışının, sistem ve proses analizinin etkin bir şekilde yapılmasında, işteki hataların ve kritik öneme işlerin belirlenmesinde ve kontrol planlarının oluşturulmasında yol göstermesi gibi avantajları sağlar [23].

2.6.4 Süreç (Proses) HTEA

Tasarım HTEA ve müşteri tarafından tanımlanmış olan kalite, güvenilirlik, maliyet ve verimlilik kriterlerini sağlamak için mühendislik çözümleri üretmeyi hedefleyen bir yöntemdir [11]. Üretim sırasında herhangi bir hata oluşuyorsa, prosesin neden bu hatayı meydana getirdiğini incelemek için yapılır. Bu amaçla planlanmış üretim tasarım karakteristiklerini analiz eder ve imalat ve kontrol proseslerinde yapılması gerekenlerin üzerinde yoğun bir çalışma yapar.

Bu analiz üretim veya montaj prosesindeki eksiklerden doğabilecek hata türlerini ortadan kaldırmak ve üretim ve montaj proseslerini analiz etmek amacıyla hizmet etmektedir [24].

2.7. Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönetimi

Genel olarak bakıldığında HTEA yönteminde olası hatalar tanımlanır; her bir olası hatanın nedenleri belirlenir, müşteri üzerindeki etkileri değerlendirilir, uygulanan kontroller gözden geçirilir, düzenleyici faaliyetler önerilir ve bunların uygulanması izlenir [9]. HTEA' nın amacı problemleri müşteriye ulaşmadan belirlemek ve önlemektir. Bütün problemlere eşit önem verilmesi mümkün olmayacağından HTEA problemleri öncelik sırasına koyar.

Daha önce belirtildiği gibi HTEA çalışmalarına mümkün olduğunca erken başlanması gerekmektedir. HTEA çalışmalarının başlatılması için ürün veya proses ile ilgili bütün bilgilere ulaşılması beklenilmemelidir. Çünkü bütün bilgilere ulaşılması ya mümkün olmayacak ya da çok uzun zaman alacaktır.

Bu noktada akla gelen bir başka soruda bir HTEA çalışmasının ne zaman sona erdirileceğidir. Normal olarak HTEA uygulanan sistem, tasarım, proses veya hizmet var oldukça HTEA devam eder. Sadece sistem, tasarım, ürün, proses veya servisin sona erdirilmesi veya sürdürülmesi kararı verildiğinde HTEA son bulur [8].

HTEA uygulamalarında kullanılan ortak bir süreç bulunmamaktadır. İşletmeler ve kuramcılar kendi geliştirdikleri süreçleri uygulamaktadırlar. Fakat bu süreçler birbirine çok benzemektedir.

Pillay ve Wang 12 adımdan oluşan bir HTEA süreci önermişlerdir [12].

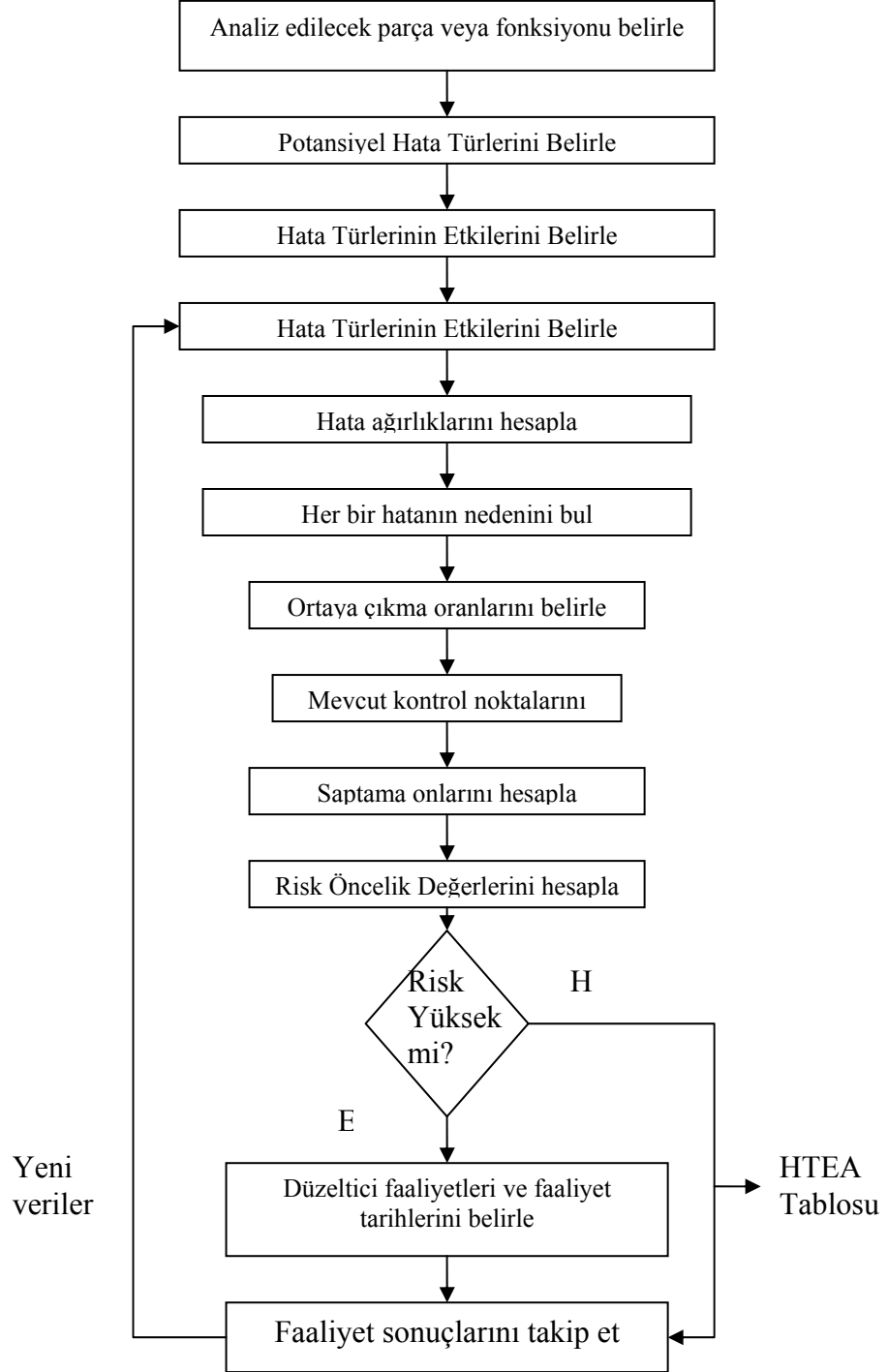
- 1) Sistemin hedefi net olarak belirlenmelidir.
- 2) Bileşenleri daha iyi anlayabilmek için sistem alt sistemlere veya parçalara bölünmelidir.
- 3) Sistemin bileşenleri ve bu bileşenler arasındaki ilişkiler belirlemek için şemalar, akış diyagramları ve benzeri tablolar kullanılır.

- 4) Her sistem parçası için tam bir bileşen listesi oluşturulmalıdır.
- 5) Sistemi etkileyebilecek operasyonel ve çevresel faktörler belirlenmeli ve bu faktörlerin her bir bileşenin performanslarını nasıl etkilediği hesaba katılmalıdır.
- 6) Her bileşene ait hata türleri ve bu hata türlerinin sistem parçaları, alt sistemler ve tüm sistem üzerindeki etkileri belirlenmelidir.
- 7) Her hata türü için tehlike derecesi saptanmalıdır.
- 8) Hata türünün olasılığı hesaplanmalıdır.
- 9) Ortaya çıkma, ağırlık ve saptanabilme değerleri kullanılarak risk öncelik sayısı hesaplanmalıdır.
- 10) RÖS değerine bakılarak önlem alınması gereken hata türleri belirlenmelidir.
- 11) Sistem performansını arttırmak için hata türü ile ilgili çözüm önerileri geliştirilmelidir. Bu öneriler iki kategoriye ayrılır:
 - 11.a) Önleyici Faaliyetler: Bir hata durumunun önlenmesi amaçlanır.
 - 11.b) Düzeltici Faaliyetler: Hata ortaya çıktığında kayıpları en küçüklemek amaçlanır.
- 12) Analiz özetlenir. Bunun için HTEA formları kullanılır.

Bu çalışmada HTEA uygulamasını aşağıda verilen beş ana adımda inceleyen yaklaşım benimsenmiştir [8].

- 1) Başlangıç Çalışmaları
 - a) HTEA kapsamın belirlenmesi
 - b) HTEA ekibinin kurulması
 - c) HTEA uygulanacak sistem tasarım vb. incelenmesi
- 2) HTEA Uygulanacak Sistem, Tasarım, Proses veya Serviste Yer Alan Hatalara Yönelik Çalışmalar
- 3) Hata Türlerinin Değerlendirilmesi

- 4) Risk Öncelik Sayısının Değerlendirilmesi ve Önlemlerin Belirlenmesi
- 5) Önlemlerin Uygulanması



Şekil 2. 1: HTEA akış şeması [25]

2.7.1 Başlangıç çalışmaları

HTEA çalışmasına başlamak için sistem, ürün veya proses için aşağıdaki durumlardan birinin gerçekleşmiş olması gerekir [9].

- ✓ Yeni sistem, ürün ve prosesler tasarlanmıştır.
- ✓ Mevcut sistem, ürün ve proseslerde değişiklikler yapılmıştır.
- ✓ Sistem, ürün ve prosesler için yeni uygulamalar bulunmuştur.
- ✓ Mevcut sistem, ürün ve prosesler için gelişmeler olmuştur.

HTEA çalışmasına başlama kararı verildikten sonra uygulamaya geçilmeden yapılması gerekenler üç başlık altında toplanabilir. Aşağıda açıklanan bu hazırlık çalışmaları doğru şekilde yapılmadan uygulamaya geçilmesi durumunda HTEA ile istenilen başarıya ulaşamaz.

2.7.1.1 HTEA kapsamının belirlenmesi

Çalışmanın başında HTEA' nın sınırları ve amacı tam olarak belirlenmelidir. Bunun yazılı bir doküman hazırlanıp buna incelenecek sistem, tasarım, proses veya servis hakkında bilgilerde eklenebilir. Kapsam belirlenirken ayrıca HTEA takımının sorumluluklarını da ortaya konmalıdır. HTEA takımı oluşturulduktan sonra da HTEA kapsamı ile ilgili değişikliklere gidilebilir [8].

Çalışma sınırları iki şekilde belirlenir [9]:

İlk yöntemde tasarım veya üretim sürecinin bütün adımları içerilir, çalışmalar ilerlemeye bağlı olarak zaman içinde gerçekleştirilir.

İkinci olarak, tasarım veya üretim sürecinin kritik olarak kabul edilen bazı adımları ele alınır. Tasarımda kritik olarak kabul edilen birim, bir parça veya bir alt montaj olabilir. Üretim süreci için ise kritik alan fonksiyonlardan oluşacaktır.

HTEA kapsamı belirlenirken çok büyük uygulama alanları seçilmemelidir. Büyük uygulama alanlarında karmaşa artmakta ve çalışma süresi uzamaktadır. Bu nedenle uygulama alanı gerektiğinde birkaç parçaya bölünmelidir.

Dikkat edilmesi gereken diğerk bir husus ise mevcut durumun ve ulaşılmak istenen hedef değerin sayısal olarak tanımlanmasıdır. Bu şekilde değerlendirme aşamasında önemli kolaylıklar sağlanabilir [9].

2.7.1.2 HTEA ekibinin kurulması

HTEA; bir ekip çalışması olduğundan bireysel olarak gerçekleştirildiğinde başarılı olmaz [26]. Bu nedenle HTEA uygulamasından sorumlu olmak üzere, incelenecek konuda tecrübeli ve yeterli yetkiye sahip kişilerden bir ekip kurulmalıdır. Belirli kişilerin her konuda yeterli bilgiye sahip olması mümkün olmadığından her HTEA alışması için farklı bir ekibin kurulması gerekir.

HTEA ekibi kurulurken aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir [27].

- ✓ HTEA konusunda bilgili ve ekibi koordine edebilecek bir ekip lideri seçilmelidir.
- ✓ Yeterli sayıda fikir üretebilmesi fakat konun da dağılmaması için, üye sayısı 5-8 arasında olmalıdır.
- ✓ Ekip sorumlu ve konu hakkında deneyimli kişilerden oluşmalıdır.
- ✓ Olumlu sonuçların alınabilmesi için üst yönetimden kişilerin de grupta yer alması sağlanmalıdır.
- ✓ Bir HTEA alışması 2 aylık bir süreyi aşmamalıdır.

2.7.1.3 HTEA yapılacak sistem, tasarım, proses veya servisin incelenmesi

HTEA uygulaması yapılacak ürün veya süreç hakkında ayrıntılı bilgi toplanmalıdır. Bu bilgiler daha önce yapılan çalışmalardan, üretim raporlarından, ulusal ve uluslar arası standartlardan vb. kaynaklardan toplanabilir. Toplanan bilgiler şekil ve şemalara (iş akış diyagramları vb.) aktarılırsa hem ekip üyelerinin incelenen sistem veya ürünü daha iyi anlaması sağlanır hem de hata ve nedenleri daha kolay tespit edilebilir.

Ürün veya sistemin fonksiyonları, çalışma ve üretim şekli belirlenir. Tüm önemli fonksiyon ve işletim şartları, müşteri teknik şartnameleri ve tasarım unsurları dikkate alınarak tanımlanır. Ürün ömrü ve ürünün yeniden değerlendirilmesine kadar ki tüm safhalar göz önünde bulundurulur [8].

Ürünün fonksiyonunu ve özellikleri ne kadar iyi tanımlanırsa, mümkün hata türleri de o kadar iyi belirlenebilir veya tanımlanabilir. Bu nedenle, sistem ve çevre şartları konusunda (ısı, toz, titreşim vs.) ayrıntılı bilgiler gerekmektedir [8].

2.7.2 HTEA yapılan sistem, tasarım, proses veya serviste yer alan hatalara yönelik çalışmalar

Başlangıç çalışmaları bittiğinde HTEA uygulanacak ekip belirlenmiş, incelenecek ürün veya süreç hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olunmuş ve izlenecek yol haritası belirlenmiştir. Artık toplanan bilgilerin analiz edilerek olası hataların incelenmesine sıra gelmiştir. Esasında bu aşama bir önceki bölümde açıklanan inceleme aşamasıyla iç içe geçmiş durumdadır. Bu aşamada toplanan bilgilerden faydalanarak hatalara ilişkin aşağıdaki konular incelenir:

- ✓ Olası hata türlerinin belirlenmesi,
- ✓ Olası hata etkilerinin belirlenmesi,
- ✓ Olası hata nedenlerinin belirlenmesi,
- ✓ Olası hataları saptamak için yapılan kontrollerin belirlenmesi,

2.7.2.1 Olası hata türlerinin belirlenmesi

Hata türü iç ve dış müşterinin ihtiyaç, istek ve beklentileri ile örtüşmeyen; bir ürün veya prosesin arzulanan fonksiyonunun gereği gibi veya hiç yerine getirilmemesidir. Hata kategorisi olarak da kullanılmaktadır. Hata türü, fiziksel özellikler ile tanımlanır. Olası hata türünü belirlerken, hatanın ortaya çıkabileceği fakat ortaya çıkmasının gerekmeyeceği kabulü yapılır. Olası hata türü, genellikle hatanın ortaya çıkma türü ve sistemin çalışmasındaki etkisinin tanımını içerir [9].

Hata türlerinin tespit edilebilmesi için şu sorulara cevap bulunması gerekmektedir[19]:

- ✓ Süreçte yanlış gidebilecek şeyler neler olabilir?
- ✓ Spesifikasyonları karşılamada, parça nasıl uygunsuzluk gösterebilir?
- ✓ Bir müşteri objektif olarak neleri düşünür, göz önüne alır?

- ✓ Müşteri merkezli bir yaklaşımla nelerin ters gidebileceği tahmin edilir. Olası hata türleri tanımlanırken;
- ✓ Müşteri şikayetlerinden,
- ✓ Bakım raporlarından,
- ✓ Benzer ürün veya sistem bilgilerinden,
- ✓ Daha önce yapılan HTEA raporlarından,

vb kaynaklardan faydalanılır.

2.7.2.2 Olası hata etkilerinin belirlenmesi

Etki hatanın sonucudur. Hatanın olası sonuçları, hatanın müşteri üzerindeki etkileri olarak tanımlanır. Hata oluşmuş gibi düşünülüp müşterinin neyi fark edeceği veya başına ne geleceği açıklanır [28].

Hata türü ile hata etkisi ilişkilidir. Hatanın etkisi “bu hata gerçekleşir ise hangi olumsuzluklar gerçekleşir?” sorusuna cevap aranarak tespit edilir. Böylelikle her hatanın sonucu; bir sonraki işlem, son müşteri, standartlara ve yasalara uyumluluk üzerindeki etkisi açısından değerlendirilir.

Hata etkileri tanımlanırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir [8]:

- ✓ Bütün hata etkilerinin mümkün olduğunca tam ve doğru bir şekilde belirlenmesi,
- ✓ Fonksiyonun en üst seviyeye (sistem, araç, çevre) olan etkilerinin tanımlanması,
- ✓ Hata etkilerinin müşterinin fark edebileceği (tatmin olmama/rahatsız olma) şekilde tanımlanması,
- ✓ Etkiler zincirinin (örn: parça-grup-sistem) sonradan anlaşılabilir şekilde tanımlanması,

2.7.2.3 Olası hata nedenlerinin belirlenmesi

Olası hata nedeni tasarım veya prosesin belli bir elemanının hata türü ile sonuçlanmasına yol açan faktördür. Hatanın nedeni, hatanın türünü oluşturabilecek ilk anormalliktir. Hata nedenleri tasarım veya proses esnasında sorunların ortaya çıkma gerekçelerini gösterir [9].

Çok yönlü HTEA ekibinin en önemli görevi hata nedenlerin tespitidir. Hata nedenlerinin doğru şekilde tespit edilerek bu nedenlerin ortadan kaldırılması ile HTEA hata önleyici bir teknik haline alır. Hata türü nedenlerinin doğru bir şekilde tanımlanması ile gerekli önleyici faaliyetler belirlenebilir. Aksi takdirde HTEA uygulamasında istenilen başarıya ulaşılmaz.

Hata türü nedenleri tespit edilirken başta balık kılıcı diyagramı ve beyin fırtınası teknikleri olmak üzere, pareto analizi, hata ağacı analizi gibi kalite araçları kullanılmaktadır. Hata nedenleri belirlenirken dikkat edilmesi gereken noktalardan bir hata nedenin birden fazla hata türüne neden olabileceği gibi birden fazla hata nedeni tek bir hataya neden olabilir.

Uygulamada insan, makine veya malzemeden kaynaklanan çok farklı hata nedenleri ile karşılaşmaktadır. Aynı zamanda bir hata türü kendinden sonra gelen başka bir hata türünün de nedeni olabilmektedir.

2.7.2.4 Mevcut kontrollerin belirlenmesi

Daha öncede belirtildiği üzere mevcut kontroller HTEA çalışması yapıldığı sırada söz konusu hata türünün ortaya çıkmasını veya müşteriye ulaşmasını önlemek için kullanılmakta olan mekanizmalardır. HTEA çalışmasında düşünülmesi gereken kontroller sadece olası hata türünün saptanabilme derecesini bulmada katkıda bulunacak kontrollerdir. Bir hatanın ortaya çıkmasını önlemek veya azaltmak için yapılan kontroller ortaya çıkma derecesini tespit etmede katkı sağlarlar [9].

Mevcut kontrolleri tespit etmek için “anormallikler nasıl saptanmaktadır ?” vb sorulara cevap aranır. Mevcut kontroller genellikle kalite kontrol amacı ile yapılan muayene ve ölçümlerden oluşmaktadır. HTEA formlarında mevcut kontrol noktaları ve yöntemleri belirtilmelidir. Eğer kontrol yok ise bu durum ve gerekliliği forma işlenmelidir.

2.7.3 Hata türlerinin değerlendirilmesi

HTEA kaynakları etkin bir şekilde kullanmak amacıyla hataları önceliklendirilir ve en yüksek önceliğe sahip hatadan başlayarak önlem alır. Böylelikle aşama aşama

hatalar kabul edilebilir bir düzeye indirilir. HTEA hataların öncelik sıralarını şiddet, olasılık, keşfedilebilirlik değerlerine göre belirler.

Bu aşamada her bir olası hatanın risk esasına göre kritiklikleri belirlenir. MIL-STD 1629A (1984)'da kritiklik "Hata türü ve onun ortaya çıkma sıklığının sonuçlarının görelî ölçüsüdür" şeklinde tanımlanmaktadır. Kritikliği belirleyen ölçüt Risk Öncelik Sayısıdır. Risk öncelik sayısı, risk faktörlerinin olasılık değerleri kullanılarak hesaplanır. Ancak uygulamada işlem kolaylığı sağlamak amacıyla kritiklik, olasılıksal bir değer yerine sayısal büyüklük olarak ifade edilir. Risk öncelik sayısının bir değeri veya anlamı yoktur, sadece hataların kritiklik yönünden göreceli olarak karşılaştırılmasını ve sıralanmasını sağlar [19].

Hataların türlerinin değerlendirilmesi;

- ✓ Olasılık (Sıklık, ortaya çıkma),
- ✓ Şiddet (Ağırlık, ciddiyet) ,
- ✓ Keşfedilebilirlik (Saptama, bulma, yakalama) ve
- ✓ Risk Öncelik Sayısının

Puanlandırılmasıyla mümkün olacaktır.

2.7.3.1 Ortaya çıkma değerinin belirlenmesi

Ortaya çıkma, değeri bir hata türünün ortaya çıkma sıklığını gösterir. Ortaya çıkma olasılıksal bir değer olmasına rağmen uygulamada hatanın oluşma ihtimali belirli aralıklara bölünerek derecelendirilir. Böylelikle ortaya çıkma değeri olasılıksal bir değer yerine sayısal büyüklük olarak ifade edilir. Olasılıkların derecelendirilmesinde farklı skalalar kullanılmaktadır. Fakat bunlar arasında en yaygını 1-10 skalasıdır. Tablo 2.1' de bu amaçla kullanılmak üzere hazırlanmış bir skala verilmiştir.

Tablo 2. 1: Olasılık derecelendirme tablosu [12]

Ortaya Çıkma İhtimali	Hata İhtimali (İşgünü olarak)	Derece
Neredeyse hiç	< 1:20.000	1
Düşük	1:20.000	2
Orta	1:10.000	3
	1:2.000	4
	1:1.000	5
	1:200	6
Yüksek	1:100	7
	1:20	8
Çok yüksek	1:10	9
	1:2	10

Hata nedeninin ortaya çıkma değerleri istatistiksel yöntemlerden ve benzer ürünlerden yararlanarak belirlenir. Her bir hata nedeninin, hata türünün oluşmasındaki katkısı ise varyans analizi, taguchi teknikleri, bayes analizi gibi istatistiksel yöntemlerle veya benzer ürünlerin verilerinden yararlanılarak belirlenebilmektedir. Somut verilerin olmaması durumunda grup üyelerinin deneyimlerinden faydalanılır ve ortaya çıkma değerlerini kestirmeleri istenir. Sonuç olarak bu aşamanın sonunda her bir hata için kullanılan skalaya göre bir ortaya çıkma değeri saptanmış olur [9].

2.7.3.2 Ağırlık değerlerinin belirlenmesi

Ağırlık, olası hata etkisinin müşteriye yansıyan sonuçlarının değerlendirilmesidir. Hata ağırlığı etkiye karşılık gelir ve aralarında doğrusal bir ilişki vardır. Hatanın etki düzeyi arttıkça ağırlık da artar. Ağırlık değerlerinin belirlenmesinin amacı hata türlerinin doğurabileceği sonuçları, niteliksel bir ölçü ile değerlendirebilmektir. Sonuç olarak her bir hata türü doğurabileceği kayıplara göre sınıflandırılmış olur [8].

Hata türleri sınıflandırılırken kullanıcı veya müşteriye etkisi açısından 1-10 arasında değerlendirilir. Ağırlık değeri belirlenirken sadece hatanın sonucu dikkate alındığından aynı veya benzer etkiyi oluşturan hataların aynı ağırlık değerlerini almasına dikkat edilmelidir. Tablo 2.2' de 10' lu skalayla hazırlanmış örnek bir ağırlık derecelendirme tablosu verilmiştir.

Tablo 2. 2: HTEA için şiddet derecelendirme tablosu [28]

ETKİ	ETKİNİN ŞİDDETİ	PUANLAMA
Tehlikeli-uyarı vermeksizin.	Potansiyel hata herhangi bir uyarı vermeksizin oluşur ve kullanıcının hayatını tehlikeye sokabilir. Bu gibi durumlarda en yüksek önem derecesi seçilir. Hata yasalara da aykırıdır.	10
Tehlikeli-uyarılı.	Potansiyel hata aracın güvenli çalışmasını engeller ancak uyarılıdır ve yasalarla uyumludur.	9
Çok yüksek	Üretim hattına/prosesine çok büyük zarar vermiştir ve ürünün tümü atılır. Veya araç/parça kullanılamaz durumdadır. Müşteri tatminsizliği çok fazladır.	8
Yüksek	Üretim hattına zarar vermiştir. Ürünün bir kısmı yeniden işlenmeli bir kısmı ıskarta edilmelidir. Veya araç performansı düşük bir şekilde çalıştığından müşteri tatminsizliği vardır.	7
Orta	Üretim hattına zarar vermiştir. Ürünün %100'ünden az bir kısmı seçilmeli ve tekrar işleme tabi tutulmalıdır. Veya araç/parça çalışmasına rağmen hata müşterilerin büyük çoğunluğu tarafından fark edilir.	6
Düşük	Üretim hattına zarar vermiştir. Ürünün %100'ü tekrar işleme tabi tutulmalıdır. Veya araç/parça çalışmasına rağmen güvenlik ve konforla ilgili kısımlar arızalı olduğundan müşteri tatminsizlik duyar.	5
Çok düşük	Üretim hattına zarar vermiştir. Ürünün %100'ünden az bir kısmı seçilmeli ve tekrar işleme tabi tutulmalıdır. Veya araç/parça çalışmasına rağmen hata müşterilerin büyük çoğunluğu tarafından fark edilir.	4
Önemsiz	Üretim hattına zarar vermiştir. Ürünün %100'ünden az bir kısmı seçilmeli ve başka bir yerde tekrar işleme tabi tutulmalıdır. Veya araç/parça çalışmasına rağmen hata ortalama bir müşteri tarafından fark edilebilir.	3
Çok önemsiz	Üretim hattına zarar vermiştir. Ürünün %100'ünden az bir kısmı seçilmeli ve aynı yerde tekrar işleme tabi tutulmalıdır. Hata ancak çok dikkatli bir müşteri tarafından fark edilebilir.	2
Hiç önemi yok	Hiçbir etkisi yok.	1

Yukarıda bir örneği verilen tablo sektörel olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bazen derecelendirmede 1 -10 skalası yerine 1 – 5 skalası veya başka skalalar da kullanılmaktadır.

2.7.3.3 Saptama değerinin belirlenmesi

Saptama, mevcut kontrollerin hatanın bulunarak müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir. Olası hata türünün, bir sonraki aşamada veya son müşterinin kullanımı esnasında ortaya çıkacağı varsayıldığından, öngörülen saptama önlemlerinden

geçmiş olması gerekir. Bu nedenle, saptama ile ilgili olasılık değeri, ortaya çıktığı varsayılan hata nedeninin ya da şeklinin müşteriye ulaşabilme olasılığı olarak tanımlanır [9]. Hatanın oluştuğu varsayılarak hatanın bir sonraki işlem veya son müşteriye ulaşmasının engellenebilme imkanı derecelendirilir. Derecelendirmede genellikle 10' lu skala kullanılmakta olup Tablo 2. 3' te örnek bir skala verilmiştir.

Tablo 2. 3: Saptanabilirlik Derecelendirme Tablosu [29]

SAPTAMA	MÜŞTERİYE YANSIMA OLASILIĞI	KRİTER	DERECE
Hemen hemen imkansız	1/10 veya daha düşük	Saptama imkanı yok	10
Çok Zor	1/20	Saptama çok zor	9
Zor	1/50	Saptama zor	8
Çok Az	1/100	Saptama çok az	7
Az	1/200	Saptama az	6
Orta	1/500	Saptama orta derecede	5
Ortanın Üstü	1/1.000	Saptama orta derecenin üstünde	4
Yüksek	1/2.000 (*)	Saptama yüksek	3
Çok Yüksek	1/5.000	Saptama çok yüksek	2
Hemen hemen kesin	1/10.000	Saptama hemen hemen kesin	1

2.7.3.4 Risk öncelik sayısının hesaplanması

Daha önce belirtildiği hata türlerinin öncelik sıralarını belirlemek için risk öncelik sayısı (RÖS) kullanılmaktadır. ROS' ü Hesaplamada kullanılan birkaç farklı yaklaşım vardır.

Geleneksel HTEA' da; risk öncelik sayısının 1-10 arasında sayısallaştırılmış ortaya çıkma (O), ağırlık (A) ve saptama (S) değerlerinin çarpılması ile hesaplanır [30].

RÖS değerinin hesaplanmasında kullanılan diğer bir yaklaşım risk faktörlerini toplamaktır. Toplama işlemi ile RÖS'ün belirlenmesi birtakım üstünlükler sağlar. Bu üstünlük, kritikliği belirlemede en önemli risk faktörü olan hata önemliliğinin, toplama işlemiyle RÖS değeri üzerinde etkisinin, daha belirgin olarak görülmesidir[9].

Değişik uygulamalarda RÖS değerini hesaplamak için farklı risk faktörlerinin de kullanıldığı görülmüştür. Ancak RÖS değeri hesaplanırken vazgeçilemeyecek iki risk faktörü ortaya çıkma ve ağırlıktır. Bir HTEA çalışmasında, grup üyeleri önceliklerin oluşturulmasında bu iki faktör dışında başka faktörleri de göz önünde bulundurmamak isteyebilir. Bu faktörler şunlar olabilir [8]:

- ✓ Hatanın müşteri beklentilerindeki etkisi,
- ✓ Hatanın iç maliyetlerdeki etkisi,
- ✓ Çalışanların tecrübesiz olma olasılığı,
- ✓ Hatanın işletmenin diğer proseslerindeki etkisi.

Risk Öncelik Sayısının hesaplanmasında kullanılan diğer bir yaklaşım ise bulanık kümelerin kullanılmasıdır. 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 gücünü yaşanamamaktadır. 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 bulanık 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 [31].

2.7.4 Risk öncelik sayısının değerlendirilmesi ve önlemlerin belirlenmesi

Risk öncelik sayılarının hesaplanması ile hata türleri kritikliklerine göre sıralanmış olur. Bu aşamada; hangi hata türleri için önlem alınacağı ve alınacak önlemlerin belirlenmesi gerekmektedir.

RÖS hata türlerinin göreceli olarak önem düzeylerini göstermekte olup tek başına bir anlam ifade etmez. RÖS değerlendirilmesinde kabul görmüş bazı tablo ve kriterlerden faydalanılabilmektedir. Fakat değerlendirmede esas olan ekip üyelerinin tecrübeleri ve sektörel özelliklerdir. Bu nedenle önlem alınacak hata türlerini belirlemede farklı yöntemler kullanılmaktadır.

Bu amaçla uygulanan bir yöntemlerden bir tanesi RÖS değerleri için sınıf aralıkları oluşturularak bu sınıflar için bir histogram çizmektir. Böylelikle RÖS değerlerinin hangi aralıklarda yoğunlaştığı ve RÖS değerlerinin bariz olarak ayrıldığı noktalar belirlenebilir. Daha sonra bu ayrımlara göre öncelikli olarak önlem alınması gereken hata türleri saptanır [9].

Yaygın olarak kullanılan değerlendirme ölçütlerinden biri de kısaca şu şekildedir[24]:

RÖS:

1-40 ise İYİ

41-100 ise ORTA

101-200 ise KÖTÜ

2001-100 ise ÇOK KÖTÜ

yapılan derecelendirme sonucu daima 40'ın altında tutulmaya çalışılır.

Uygulamada kullanılan en yaygın yaklaşım ise eğer RÖS 100 den büyük ise mutlaka önlem alınması gerektiği ve RÖS değeri en yüksek olan hata türünün öncelikle ele alınması şeklindedir.

Uygulamalarda RÖS ile ilgili rastlanan durumlardan biri de farklı hataların aynı RÖS değerine sahip olmasıdır. Aynı RÖS değerine sahip iki veya daha fazla hata varsa, öncelikle ağırlığı ve sonra da saptama değeri yüksek olan ele alınmalıdır. Ağırlığı yüksek olan hata önceliklidir, çünkü bu değer hatanın etkisini göstermektedir. Saptama, ortaya çıkma değerinden daha önemlidir çünkü burada söz konusu olan hatanın müşteriye ulaşmasıdır. Müşteriye ulaşan hatalara, sık ulaşan hatalardan daha öncelikli olarak yaklaşılmalıdır [8].

Önlem alınacak hata türlerine karar verdikten sonra alınacak önlemler belirlenir. Her ürün, veya proses farklı özelliklere sahip olduğundan belirlenmesi gereken önleyici ve düzeltici faaliyetlerde de farklı olacaktır. HTEA ekibi farklı tekniklerden faydalanarak önlemleri kendi bilgi ve tecrübesine göre belirlemedir. Fakat HTEA uygulamasında amacın riski yani risk öncelik sayısını düşürmek olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle önleyici faaliyetler ile aşağıdakilerden en az biri gerçekleşmelidir.

- ✓ Ortaya çıkma olasılığının düşürülmesi,
- ✓ Ağırlılığın (şiddetin) düşürülmesi,
- ✓ Keşfedebilirliğin artırılması

2.7.5 Önlemlerin uygulanması

Önlemlerin uygulamaya konması, HTEA'nın dinamik aşamasını oluşturur. Öncelikle önlemleri uygulayacak kişiler ve bunları ne kadar sürede uygulamaya koyacakları belirlenir. Daha sonra öngörülen önlemlerin yeterli etkinlikte uygulamaya alınıp alınmadıkları belirlenir. Bu aşamada kritik RÖS değerleri ortadan kaldırılincaya kadar çözümler incelenir ve değerlendirilir. RÖS değerinin istenilen düzeylere düşürülmesi hedefine ulaşıldığında yeni RÖS değerlerini bulmak, bazı durumlarda da ortaya çıkabilecek yeni hata türlerini saptamak için yeni bir HTEA uygulamasına başlanabilir [9].

Eğer belirli bir hata için hiç bir düzeltici önlem öngörülüyorsa konu belirtilmelidir. Önerilen iyileştirmeler, yüksek bir maliyet ve uzun bir gerçekleştirme süresi gerektiriyorsa, alternatif birkaç çözüm önerilmeli ve böylece karar vericiye en uygun çözümü seçme olanağı sağlanmalıdır. Önemli ölçüde fayda sağlayabilecek

düzeltilici faaliyetlerin gündeme gelmesinin ve bunların uygulandığının takibinin gerekliliği göz ardı edilemez. Olumlu ve etkili düzeltilici faaliyetleri gerçekleştirilmeden, doğru düşünölmüş ve iyi geliştirilmiş de olsa sınırlı bir değere sahip olacaktır. İyileştirmeler üzerinde tasarım, kalite güvence ve üretim bölümleri uzlaşmalıdır [28].

HTEA çalışmasında elde edilen bilgileri düzenli olarak tutabilmek ve HTEA uygulamasını kontrol altında tutmak için HTEA formlarından yararlanılır. Ayrıca HTEA formları gelecekte yapılacak çalışmalar içinde iyi bir kaynak ve raporlama aracıdır. Şekil 2. 3' de örnek bir HTEA formu verilmiştir.

FMEA Türü : _____		Ürün/Sistem/Service : _____		Sayfa : /										
FMEA No : _____		FMEA Tarihi : _____												
FMEA Sorumlusu : _____		Hazırlayan : _____												
										Ürün Sorunları				
Proses Fazlasıyana	Olası Hata Türü	Olası Hata Etkileri	No:	Açıklık	Olası Hata Nedenleri	Ortaya Çıkma	Mevcut Kontroller	Seytana ROS	Önerilen Faaliyetler	Sonuçlu/ Tamamlama Tarihi	Alınan Önlem	Açıklık	Ortaya Çıkma	Seytana ROS
Hazırlayanın İmzası										Onaylayan İsim ve İmza				
_____										_____				

Şekil 2. 2: Örnek HTEA formu [8]

2.7.6 HTEA uygulamasında karşılaşılan güçlükler

Karşılaşılan güçlükler genellikle yöntemin içeriğinde kaynaklanmaz, bazı eksikliklerin sonucudur. HTEA uygulamalarında karşılaşılan güçlüklerin başlıcaları şunlardır [9];

- ✓ Veri kaynaklarının olmaması veya eksik olması
- ✓ Ortak bir standart olmamasından dolayı kavram kargaşası

- ✓ Yönetim ve organizasyonda yer alan kişilerin yöntemin kullanılmasına isteksizlik duymaları.

HTEA uygulamalarında başarının sürekliliği işletmede sürekli gelişme düşüncesinin benimsenmesine bağlıdır. Sürekli gelişme stratejisinin benimsenmediği kurumlarda HTEA çalışmalarına katılımı gönüllülük azalacak, dolayısıyla başarı düzeyi düşecektir.

HTEA uygulamalarında karşılaşılan en büyük güçlük veri kaynaklarının eksikliği ve düzensizliğidir. Bu durum uygulama süresinin uzamasına neden olur ve daha sağlıklı sonuçlar alınmasını önler. Ayrıca veri eksikliği daha subjektif sonuçlara neden olur.

HTEA yönteminin iki temel olumsuzluğu söz konusudur; birincisi hataların önlenmesine yönelik iyileştirmelerin saptanmasında yapılan değerlendirmenin kısmi subjektifliği “Şiddet, olasılık ve keşfedilebilirlik kriterlerindeki puanlama kuralları uygulama yapan bir kuruluştan bir diğerine göre değiştiğinden HTEA’ daki risk öncelik göstergesi hesaplama yönteminin doğal bir subjektiflik taşıdığı konusunda hemfikir olunmuştur”, diğeri ise saptama ve önleme bölümlerinin bazı uygulamalarda birbirlerinden kopuk kalmalarıdır, “Bazı uygulamalarda çözümler, öncelik belirleme grubundan bağımsız başka gruplara havale edilmekte bu durum çalışmanın bütünlüğünü bozarak etkinliğini azaltmaktadır [16].

Son zamanlarda yapılan teorik çalışmalarda HTEA tekniğine çeşitli eleştiriler getirilmiştir. Eleştiriler genellikle risk öncelik sayısı ile ilgilidir. Bu eleştirilerden başlıcası uygulama sonucunda aynı RÖS değerine sahip hata türleri oluşabilmesidir. Böyle bir durumda klasik HTEA yaklaşımının önerdiği sıralama önceliği kaynakların gereksiz yere sarf edilmesine yol açabilir. Eleştirilerden bir diğeri, yöntemde risk faktörlerinin ağırlıklarının eşit kabul edilmesi ve önemlerinin farklı olabileceğinin ihmal edilmesidir. Ayrıca verilerin olmadığı durumlarda teknik, risk faktörlerini sayısallaştırmada yetersiz kalabilmektedir [8]. Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi klasik HTEA’ nın bu eksiklerini gidermek için HTEA ile bulanık mantığın birlikte uygulanmasına başlanılmıştır.

BÖLÜM 3. BULANIK MANTIK

Mevcut bilgileri yorumlamak ve bunlardan yeni bilgiler üretmek için mantığı kullanırız. Mantık kısaca aklın nasıl çalıştığının incelenmesidir. Klasik mantık olarak da adlandırılan Aristo mantığı modern bilimin temelini oluşturmaktadır. Fakat klasik mantığın kesin bilgi anlayışı zaman zaman eleştirilmiş ve yeni yaklaşımlar ortaya çıkmıştır.

Bulanık Mantık, Aristoteles' in “Sadece doğrular ve yanlışlar vardır” mantığına alternatif olarak kendini ifade eder. Modern teknolojinin kullandığı kodlama biçimi olan 0,1 mantığına karşın bulanık mantık, 0 ile 1 arasındaki değerlerin varlığından bahseder. Klasik mantık 30 C° 'yi “sıcak” kümesinin sınırı olarak kabul ediyorsa, 29,9 C° 'yi sıcak olarak kabul etme hakkını kaybeder. Aradaki bu küçük fiziksel fark, klasik mantık için hayati anlam ifade etmektedir. Çünkü bu değerün üyelik kümesi değişmiş ve 29,9 C° “sıcak” olma kümesinden dışlanmış. Oysa günlük hayatta bu kadar küçük bir farkın önemi yoktur ve değişimler bu kadar kesin sınırlarla ifade edilmez. Bulanık mantık bu tür keskin sınırları kaldırarak, 29,9 C° 'yi “hemen hemen” tamamen (1'e yakın bir değerle) sıcak olarak kabul eder. Bulanık mantık fiziksel dünya ile bilimsel dünyanın paralel bakış açısıyla çalışan bir sistemi ortaya atar. Klasik mantık için “soğuk” ya da “sıcak” olma vardır. Bulanık mantık ise “soğuk-sıcak” gibi kavramların yanında, “az soğuk”, “çok sıcak”, biraz sıcak” gibi söylemleri de kabullenir ve bunları matematiksel olarak tanımlamaya çalışır [32].

Klasik mantığın kesin bilgi anlayışına karşın günlük hayatta karmaşa ve belirsizlikler vardır. Birçok sosyal, iktisadi ve teknik konularda insan düşüncelerinin tam anlamı ile olgunlaşmamış oluşundan dolayı belirsizlikler her zaman bulunur. İnsan tarafından geliştirilmiş olan bilgisayarlar, bu türlü belirsizlikleri işlemezler ve çalışmalarını için sayısal bilgiler gereklidir. Gerçek bir olayın tam olarak kavranılması insan bilgisinin yetersizliği sonucunda tam anlamı ile mümkün

olamadığından insan, düşünce sisteminde ve zihninde bu gibi olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlarda bulunur. Bilgisayarlardan farklı olarak insanın yaklaşık düşünme ve oldukça yetersiz, eksik ve belirsizlik içeren veri ve bilgi ile işlem yapabilme yeteneği vardır. Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık (fuzzy) kaynaklar adı verilir. Zadeh tarafından gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelemeye alınır, çözümün daha da bulanık hale geleceği ifade edilmiştir. Çünkü çok fazla olan bilgi kaynaklarının tümünü insan aynı anda ve etkileşimli olarak kavrayamaz ve bunlardan kesin sonuçlar çıkaramaz. Burada bilgi kaynaklarının temel ve kesin bilgilere ilave olarak, özellikle sözel olan bilgileri de ihtiva ettiği vurgulanmalıdır. İnsan sözel düşünebildiğine ve bildiklerini başkalarına sözel ifadelerle aktarabildiğine göre bu ifadelerin kesin olması beklenemez [33].

Bulanık mantığın en çok geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunamaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi, ikincisi ise insan kavrayış ve yargısına gerek duyulan hallerdir. İnsan düşüncesinde sayısal olmasa bile belirsizlik, yararlı bir bilgi kaynağıdır [34].

Bulanık mantık, tam ve kesin olmayan bilgilere dayanarak tutarlı ve doğru kararlar vermeyi sağlayan düşünme ve karar verme mekanizması olarak adlandırılmaktadır. Bulanık mantık yaklaşımı, makinelere insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsözlerinden yararlanarak çalışma imkânı vermektedir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sözel ifadeler kullanılır. Sözel ifadelerin bilgisayara aktarılması matematiksel bir temele dayanmaktadır. Bu matematiksel temel, bulanık kümeler teorisi ve bulanık mantık olarak adlandırılır [35].

Bulanık mantığın genel özellikleri Zadeh tarafından şu şekilde ifade edilmiştir [35];

- ✓ Bulanık mantıkta, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanılır.
- ✓ Bulanık mantıkta her şey $[0,1]$ aralığında belirli bir derece ile gösterilir.

- ✓ Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.
- ✓ Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- ✓ Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- ✓ Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur.

3.1. Bulanık Mantığın Tarihsel Gelişimi

Bulanık mantık kavramı ilk defa Amerika Birleşik Devletleri'nde düzenlenen bir konferansta 1956 yılında duyurulmuştur. Ancak bu konudaki ilk ciddi adım 1965 yılında Lotfi A. ZADEH tarafından yayımlanan bir makalede bulanık mantık veya bulanık küme kuramı adı altında ortaya konulmuştur [36].

Bulanık kavram ve sistemlerin dünyanın değişik araştırma merkezlerinde dikkat kazanması 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan gerçek bir kontrol uygulaması ile olmuştur. Bu araştırmacılar ilk defa bir buhar makinesi kontrolünün bulanık sistem ile modellemesini başarmıştır. Bu ön çalışmadan, bulanık sistemlerle çalışmanın ne kadar kolay ama sonuçlarının da ne kadar etkili olduğu anlaşılmıştır. Daha sonraki yıllarda bulanık sistem uygulaması bir çimento fabrikasının işletilmesi ve kontrolü için yapılırken, artık bulanık kavramlar dünyanın birçok yerinde yavaş yavaş kullanılmaya başlanmıştır. Bu faaliyet, Batı'da çok yavaş olurken, Doğu'da ve özellikle Japonya, Singapur, Kore ve Malezya'da kendisini fazlaca göstermiştir. Müteakip yıllarda, bilhassa 1980'lerden sonra bulanık sistemin; elektrikli süpürgeler, çamaşır makineleri, asansörler, metro ve şirket işletimi gibi konularda kullanımında fazlasıyla artış olmuştur. Son yıllarda, birçok mühendislik dallarında, veri tabanlarının sözelleştirilmesinde ve birçok konularda kullanılır hale gelmiştir [33].

3.2. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları

Bulanık mantıkla ilgili yöntem ve tekniklerin yaygın olarak kullanıldığı temel konular görüntü işleme, sinyal işleme, denetleyici sistemler, uzman sistemler, veri tabanları ve veri madenciliği olarak sıralanabilir. Başlangıçta bulanık kümeler geleneksel yapay zeka karar destek sistemlerinin kırılganlığını çözümlenmek amacıyla, kurallara dayalı sistemlerle bütünleştirilmiştir. Sonraki dönemlerde ise

bulanık sınıflama ve örüntü tanıma yöntemleri kullanılmaya başlanmış, hibrid (karma) sistemler gündeme gelmişti ve bütünleşik sistemlerde bulanık mantığın değeri daha iyi anlaşılmıştır [37]. Sonuç olarak bulanık mantık kullanılan bir çok araç günlük hayatımıza girmiştir. Örneğin;

- ✓ Hidroelektrik güç üniteleri için kullanılan Baraj kapılarının otomatik kontrolü (Tokio Electric Pow.)
- ✓ Stok kontrol değerlendirmesi için bir uzman sistem (Yamaichi, Hitachi)
- ✓ Klima sistemlerinde istenmeyen ısı iniş çıkışlarının önlenmesi
- ✓ Araba motorlarının etkili ve kararlı kontrolü (Nissan)
- ✓ Otomobiller için “Cruise-control” (Nissan, Subaru)
- ✓ Dokümanların arşivleme sistemi (Mitsubishi Elec.)
- ✓ Depremlerin önceden bilinmesi için Tahmin Sistemi (Inst. of Seismology Bureau of Metrology, Japan)
- ✓ İlaç teknolojileri: Kanser teşhisi (Kawasaki Medical School)
- ✓ Cep bilgisayarlarında el yazısı algılama teknolojisi (Sony)
- ✓ Video Kameralarda hareketin algılanması (Canon, Minolta)
- ✓ El yazısı ve ses tanımlama (CSK, Hitachi, Hosai Univ., Ricoh)
- ✓ Helikopterler için uçuş desteği (Sugeno)
- ✓ Çelik sanayinde makina hızı ve ısısının kontrolü (Kawasaki Steel, New-Nippon Steel, NKK)
- ✓ Raylı metro sistemlerinde sürüş rahatlığı, duruş mesafesinin kesinliğini ve ekonomikliğin geliştirilmesi (Hitachi)
- ✓ Otomobiller için gelişmiş yakıt tüketimi (NOK, Nippon Denki Tools) [29].

Bulanık mantık kullanılan çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bulanık mantık kullanım gerekçelerini şu şekilde sıralayabiliriz: [38].

- ✓ Sistemin kesin bir matematiksel modelinin elde edilmesi gerekmemektedir.
- ✓ Sistemlerin non-lineer olması, eldeki bilgilerin eksik olması veya sistemin çok karışık olması gibi nedenlerden dolayı matematiksel modelin elde edilememesi veya elde edilse bile çok karmaşık olması nedeniyle klasik yöntemlerin uygulanmasından kaçınılması.

- ✓ Sistemin eksik veri ile çalışması mümkündür veya zorunludur, dolayısıyla çalışması bir uzmana bağımlıdır.
- ✓ Sistem çıkışında düzgün ve yavaş bir değişim istenmektedir, ani ve kesin değişimlerin olması istenmemektedir.
- ✓ Sistem değişen koşullar ve bozucu etkiler altında çalışmak zorundadır.
- ✓ Sistemin esnek olması ve değişen koşullar altında minimum değişikliklerle çalışabilmesi istenmektedir.
- ✓ Sonuçlar klasik kontrol yöntemleri ile elde edilenden daha doğrudur ya da daha kolay veya doğrudan elde edilebilmişlerdir.
- ✓ Bulanık çıkarsama donanımları ve bulanık kontrollerin geliştirilmesi ile kontrol algoritmalarının geliştirme süresi ve maliyeti azalmıştır.
- ✓ Daha az kodlama ve daha az hafıza gereksiniminden dolayı donanım maliyetleri düşer.

Bulanık kümeye dayanan bulanık mantığın dezavantajları ise şöyle sıralanabilir[38]:

- ✓ Uygulamalarda kullanılan kuralların mutlaka uzman deneyimine bağlı olarak koyulması gereksinimi,
- ✓ Üyelik fonksiyonları deneme ile bulunduğu için zaman kaybı olabilmesi,
- ✓ Bulanık mantık ile oluşturulan bir sistemin kararlılık analizinin yapılması,

3.3 Bulanık Küme Teorisi

Klasik kümeler üye olma ve üye olmama ilişkisi çerçevesinde geliştirilmişlerdir. Bu yaklaşıma göre istediğimiz özelliğe sahip olan bir birey, eleman veya çalışma alanı içerisindeki ölçümler tanımlanmış olan bir kümeye ya aittir ya da değildir. Bu tür kümeleri ifade etmekte ise karakteristik fonksiyonlardan yararlanılmaktadır. Karakteristik fonksiyon her bir elemana 1 ve 0 değerlerinden birini üyelik durumuna göre atayarak evrensel küme üzerinde tanımlanan ve bizim ilgilendiğimiz özelliğe sahip elemanların oluşturduğu kümeyi belirlemektedir. Klasik küme kavramında, bir X kümesindeki A alt kümesi kendisine ait karakteristik fonksiyon olan A χ ile ifade edilmektedir. Buradaki karakteristik fonksiyon X 'in elemanlarını $\{1, 0\}$ kümesine

dönüştürmektedir. Klasik bir A kümesini karakteristik ifadesi yardımıyla aşağıdaki şekilde ifade etmek mümkündür [39]:

$$\begin{aligned} \chi_A : X &\rightarrow \{0,1\} \\ \forall x \in X, \chi_A(x) &= \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Görüldüğü gibi klasik küme yaklaşımında üyelik derecesi; bir eleman kümeye üye ise 1, değil ise 0 değerini almaktadır üyelikten üye olmamaya geçiş çok kesindir. Örneğin 30 C° ve üzerinin sıcak olduğu kabul edilirse 29,5 C° bu kümeye dahil edilemez. Oysa gerçekte üyelik derecelerindeki geçiş bu kadar keskin ve kesin değildir.

Bulanık küme teorisinde ise, bulanık kümeleri içeren bir evrensel küme içerisindeki elemanların üyelik geçişi dereceli olmaktadır. Eğer bir eleman herhangi bir kümeye ait olacaksa, o elemanın o kümeye ait olma derecesi de söz konusu olmaktadır. Bu derecelendirme bulanık kümelerin sınırlarına belirsizlik özelliğini katmaktadır. Bu sebeple bir elemanın bu kümeye aitliği belirsizliğini ölçmeye yarayan bir fonksiyonla tanımlayabilmektedir. Söz konusu fonksiyon evrensel kümenin elemanlarını belirli bir aralıktaki reel sayılara karşılık getirerek elemanlar arasındaki derecelendirmeyi gerçekleştirmektedir. Küme içerisinde değişkenlerin aldığı yüksek değerler de üyelik derecesinin yüksekliğini göstermektedir. Buradaki fonksiyon üyelik fonksiyonu ve bu fonksiyonun oluşturduğu küme de “Bulanık Küme” olarak ifade edilebilmektedir. X boş olmayan bir küme olmak üzere; X’ deki bir bulanık A kümesini aşağıdaki şekilde ifade etmek mümkün olmaktadır [39]:

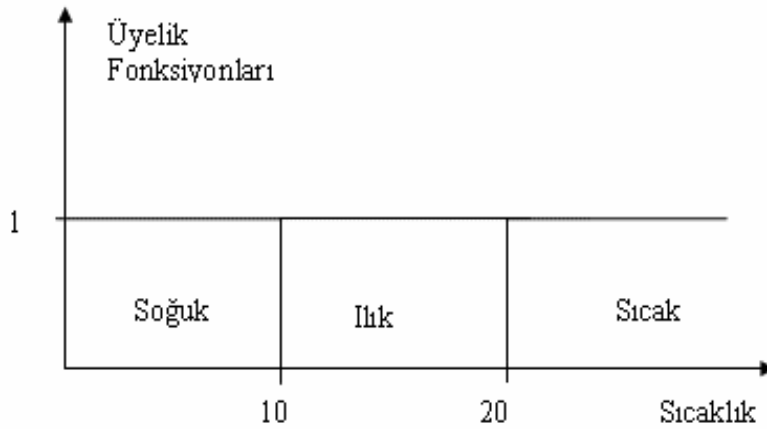
$$\forall x \in X \text{ için ; } \mu_A(x) : X \rightarrow [0,1] \quad (3.2)$$

Burada $\mu_A(x)$ ’e, bulanık kümenin üyelik fonksiyonu olarak adlandırılır ve A’ nın elemanlarının istenilen özelliği hangi ölçüde sağladığını ifade eder.

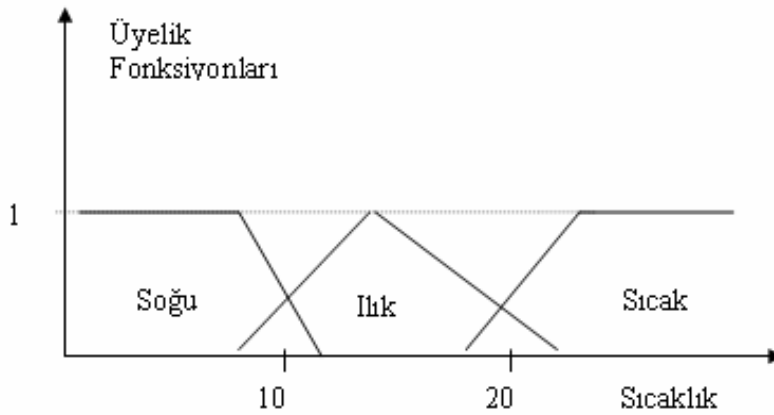
Görüldüğü gibi bulanık kümelerde üyelik derecesi 0 ve 1 de dahil olmak üzere 0-1 arasında farklı değerler alabilmektedir. Bu durum bir elemanın kısmı üyeliğe yani

üyelikten üye olamamaya kademeli bir geçişe imkan sağlamaktadır. Bu özellik bulanık mantık ile olayların daha gerçekçi bir şekilde modellenmesini sağlar.

Örneğin bir yerleşim yeri için 10 derecenin altı soğuk 10- 20 aralığı ılık ve 20 derecenin üzeri sıcak olarak sınıflandırılırsın. Sınıflandırma klasik küme yaklaşımı ile yapıldığında üyelik fonksiyonu Şekil 3.1’ deki gibi olmaktadır. Bu şekil incelendiğinde sıcaklık kümeleri arasındaki kesin geçişler fark edilmektedir. Örneğin 10 derece ılık kabul edilirken 9 derece soğuk kabul edilmektedir. Sınıflandırmanın şekil 3.2’ de olduğu gibi bulanık küme mantığı ile yapılması halinde ise 9 derece hem soğuk hem de ılık kabul edilebilmektedir.



Şekil 3. 1: Klasik küme üyelik fonksiyonu



Şekil 3. 2: Bulanık küme üyelik fonksiyonu

3.3.1 Bulanık küme işlemleri

Klasik küme işlemlerine benzer işlemler bulanık kümeler üzerinde de yapılmakta ve bulanık küme işlemlerini göstermek için klasik kümelere benzer notasyon kullanılmaktadır. Bunlardan yaygın olarak kullanılanlar Tablo 3.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 3. 1: Klasik ve bulanık küme notasyonu [39]

Klasik Kümeler	Bulanık Kümeler
<ul style="list-style-type: none"> $x \in X \Rightarrow x, X$ uzay kümesine ait bir elemandır. $x \in A \Rightarrow x, A$ kümesine ait bir elemandır. $x \notin A \Rightarrow x, A$ kümesine ait bir eleman değildir. $A \subset B \Rightarrow B$ kümesi A kümesinin tümünü içerir. (Eğer $x \in A$ ise $x \in B$’dir). $A \subseteq B \Rightarrow B$ kümesi A kümesinin tümünü içerir veya A kümesi B kümesine denktir. $A = B \Rightarrow A \subseteq B$ ve $B \subseteq A$ $A = \emptyset \Rightarrow A$ kümesinin hiç bir elemanı yoktur. A kümesi boş kümedir. $X = \{a, b, c\}$ ise X kardinali $P(x) = \left\{ \emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\} \right\}$ kümesi olur ki bu küme, X kümesinin olabilecek tüm alt kümelerinin kümesidir. 	<ul style="list-style-type: none"> $x \in X \Rightarrow x, X$ uzayına ait bir elemandır. $x \in \underline{A} \Rightarrow x, \underline{A}$ kümesine ait bir elemandır. $x \notin \underline{A} \Rightarrow x, \underline{A}$ kümesine ait bir eleman değildir. $\underline{A} \subset \underline{B} \Rightarrow \underline{B}$ kümesi \underline{A} kümesinin tümünü içerir. (Eğer $x \in \underline{A}$ ise $x \in \underline{B}$’dir). $\underline{A} \subseteq \underline{B} \Rightarrow \underline{B}$ kümesi \underline{A} kümesinin tümünü içerir veya \underline{A} kümesi \underline{B} kümesine denktir. $\underline{A} = \underline{B} \Rightarrow \underline{A} \subseteq \underline{B}$ ve $\underline{B} \subseteq \underline{A}$ $\underline{A} = \emptyset \Rightarrow \underline{A}$ kümesinin hiç bir elemanı yoktur. \underline{A} kümesi boş kümedir.

Klasik kümeleri ifade için büyük harfler kullanılırken bulanık kümelerin ifadesinde altı çizgili büyük harfler kullanılmaktadır. Yukarıda ki tablodan farklı olarak bir x elamanının üyelik derecesi $\mu_A(x)$ olarak ifade edilmektedir.

Bulanık kümeler kesikli ve sürekli olarak ikiye ayrılır. Bu durumda X uzayında tanımlanmış bir \underline{A} kümesi aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots\}$$

\underline{A} kesikli bir bulanık küme ise ;

$$\underline{A} = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots \right\} = \left\{ \sum_i \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \right\} \quad (3.3)$$

A kesikli bir bulanık küme

$$\underline{A} = \left\{ \int \frac{\mu_A(x)}{x} \right\} \quad (3.4)$$

Kesikli ve sürekli bulanık küme gösterimlerinde yukarıdaki bölme işareti asla bölmeyi göstermemekte, küme elemanları ile o elemanların üyelik derecesini birbirinden ayırmak için kullanılmaktadır. Buradaki (+) işareti de toplama işaretini göstermeyip, küme elemanlarının topluluğunu ifade etmektedir. Aynı şekilde integral işareti de yine topluluğu gösteren bir işaret olarak kullanılmaktadır [39].

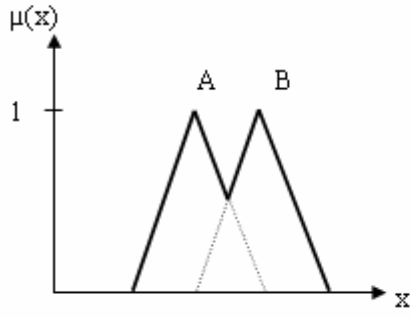
Bulanık kümelerde birleşim işlemi yapılırken “U” işareti yerine “∨” işareti kullanılmaktadır. Her iki işarete veya operatörünü ifade etmektedir. Bulanık kümelerde birleşim işlemi yapılırken her iki kümenin ortak veya ortak olmayan bütün üyeleri alınır. Ortak üyelerin üyelik derecesi farklı ise üyelik derecesi büyük olan alınır. X evrensel kümesinde tanımlı A ve B bulanık kümelerinin birleşim kümesinin üyelik fonksiyonu şu şekildedir:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (3.5)$$

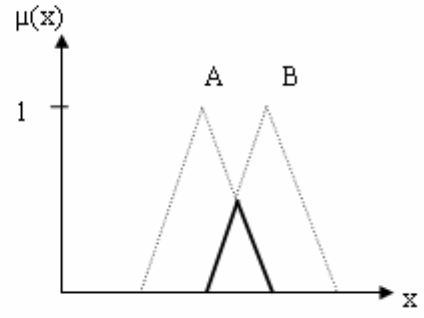
Benzer şekilde bulanık kümelerin kesişimi “∩” yerine “∧” işareti ile gösterilir. Bu işaretler ve operatörünü ifade eder bulanık kümelerde kesişim işlemi yapılırken iki kümenin sadece ortak olan elemanları alınır ve üyelik derecesi olarak üyelik derecesi küçük alan alınır. X evrensel kümesinde tanımlı A ve B bulanık kümelerinin birleşim kümesinin üyelik fonksiyonunun matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (3.6)$$

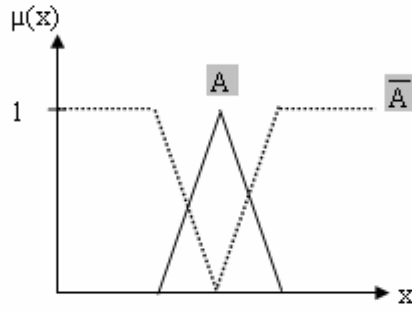
Bulanık kümenin tümleyeni ise küme elemanlarının üyelik derecelerinin birden çıkarılması ile bulunurlar. Bu ifadelere ait grafikler Şekil 4.3’te gösterilmiştir.



(a) A ve B kümelerinin birleşimi



(b) A ve B kümelerinin kesişimi



(c) A kümesinin tümleri

Şekil 3. 3: Bulanık kümelerde temel işlemleri [29]

Klasik küme özelliklerinden eşitlik 3.7 ve 3.8 de belirtilenler dışındaki bütün özellikler bulanık kümeler içinde geçerlidir.

$$A \vee \bar{A} \neq X \quad (3.7)$$

$$A \wedge \bar{A} \neq \emptyset \quad (3.8)$$

Görüldüğü gibi bulanık kümelerde klasik küme özelliklerinden farklı olarak bir küme ile tümleyeninin birleşimi everensen kümeye eşit değildir. Benzer şekilde bulanık bir küme ile tümleyeninin kesişimi boş küme değildir. Diğer küme özellikleri ise Tablo 3. 2' de gösterildiği gibi benzerdir.

Tablo 3. 2: Klasik küme ve bulanık küme özellikleri [39]

Klasik Küme Özellikleri	Bulanık Küme Özellikleri
<p>Değişme Özelliği: $A \cup B = B \cup A$ ve $A \cap B = B \cap A$</p>	<p>Değişme Özelliği: $\underline{A} \cup \underline{B} = \underline{B} \cup \underline{A}$ ve $\underline{A} \cap \underline{B} = \underline{B} \cap \underline{A}$</p>
<p>Birleşme Özelliği: $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap C$ ve $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup C$</p>	<p>Birleşme Özelliği: $\underline{A} \cup (\underline{B} \cap \underline{C}) = (\underline{A} \cup \underline{B}) \cap \underline{C}$ ve $\underline{A} \cap (\underline{B} \cup \underline{C}) = (\underline{A} \cap \underline{B}) \cup \underline{C}$</p>
<p>Dağılma Özelliği: $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ ve $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$</p>	<p>Dağılma Özelliği: $\underline{A} \cup (\underline{B} \cap \underline{C}) = (\underline{A} \cup \underline{B}) \cap (\underline{A} \cup \underline{C})$ ve $\underline{A} \cap (\underline{B} \cup \underline{C}) = (\underline{A} \cap \underline{B}) \cup (\underline{A} \cap \underline{C})$</p>
<p>Tek Kuvvet Özelliği: $A \cup A = A$ ve $A \cap A = A$</p>	<p>Tek Kuvvet Özelliği: $\underline{A} \cup \underline{A} = \underline{A}$ ve $\underline{A} \cap \underline{A} = \underline{A}$</p>
<p>Ayrıca $A \cup \emptyset = A$, $A \cup X = X$, $A \cap X = A$, $A \cap \emptyset = \emptyset$</p>	<p>Ayrıca $\underline{A} \cup \emptyset = \underline{A}$, $\underline{A} \cup X = X$, $\underline{A} \cap X = \underline{A}$, $\underline{A} \cap \emptyset = \emptyset$</p>

3.3.2 Bulanık mantık üyelik fonksiyonları

Bulanık kümeleri ifade etmek için üyelik fonksiyonları kullanılır. Üyelik fonksiyonu, bir nesnenin bulanık kümeye aitlik derecesini gösteren üyelik değerinin hesaplanmasını sağlar ve bir bulanık kümenin içerdiği tüm bilgileri açıklar [40]. Bu nedenle bir olayın bulanık mantık ile modellenebilmesi uygun üyelik fonksiyonlarının oluşturulabilmesine bağlıdır.

Bulanık küme teorisinde üyelik fonksiyonlarının değer aralığı daha önce de belirtildiği üzere [0,1] aralığı olmaktadır. İşte bir bulanık kümenin elemanlarını bu aralıktaki bir sayıya karşılık getiren fonksiyon da “üyelik fonksiyonu” olarak adlandırılmaktadır. Başka bir tanımla ifade etmek gerekirse, 0 ile 1 arasındaki değişimin her bir öge için değeri üyelik derecesi olarak adlandırılırken, üyelik derecelerinin bir alt küme içindeki değişimleri ise üyelik fonksiyonu olarak adlandırılmaktadır. Böylece üyelik fonksiyonu altında toplanan öğeler önem derecelerine göre birer üyelik derecesine sahip olmaktadır [39].

Klasik kümelerin üyelik fonksiyonları ya bir nokta ya da bir doğru şeklinde iken bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları nokta veya doğru olabildiği gibi doğrusal

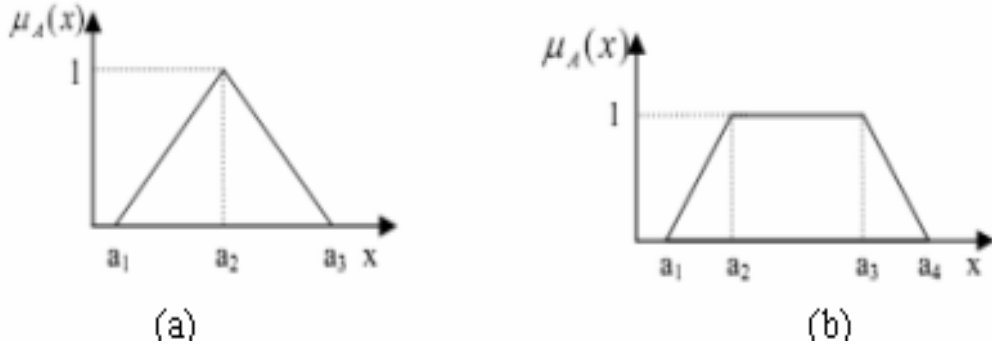
veya eğrisel bir fonksiyon şeklinde de olabilmektedir. Klasik kümelerin üyelik fonksiyonları arasında bir geçiş bölgesi söz konusu değilken, bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları iç içe geçebilmektedir. Bu durum daha önceki bölümlerde bulanık küme teorisi anlatılırken Şekil 3.2 üzerinde gösterilmiştir. Uygulanacak üyelik fonksiyonlarının seçimi, uygulayacak olan kişi tarafından bulanık küme elemanlarının bulanık kümeye aitlik derecesine göre belirlenebilmektedir. Başka bir ifadeyle üyelik fonksiyonunun türünü uygulayacak olan kişinin görüşü belirleyebilmektedir [39]. Çok sayıda üyelik fonksiyonu olmakla birlikte pratikte en yaygın olarak kullanılanlar üçgen, yamuk, ve Gaussian fonksiyonlarıdır. Ayrıca literatürde Sigmoidal, S ve Pi (Π) gibi üyelik fonksiyonları da tanımlanmıştır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonları kısaca açıklanacaktır.

3.3.2.1 Üçgen üyelik fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 ve a_3 olmak üzere 3 parametre ile tanımlanır. a_2 parametresi bu üyelik fonksiyonunun çekirdeğini oluştururken a_1 - a_3 parametreleri arasında kalan değerlerde desteğini oluşturmaktadır. Yani çekirdekteki eleman sayısı 1 olan üyelik fonksiyonlarıdır. Üçgen üyelik fonksiyonu kullanılarak bir elemanın üyelik derecesinin hesaplanması, elemanın değerine (x) göre yapılır. Fonksiyon;

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 \text{ ise } (x - a_1) / (a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 \text{ ise } (a_3 - x) / (a_3 - a_2) \\ x > a_3 \text{ ve } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (3.9)$$

olarak tanımlanır ve Şekil 3.4- a' daki gibi gösterilir [40].



Şekil 3. 4: Üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonlarının gösterimi [40]

3.3.2.2 Yamuk üyelik fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 , a_3 ve a_4 olarak dört parametre ile tanımlanır. Aslında üçgen üyelik fonksiyonu yamuk üyelik fonksiyonunun özel bir durumudur [37]. Yamuk üyelik fonksiyonunun matematiksel tanımı eşitlik 3.10’ da grafiksel gösterimi ise Şekil 3.4-b’ de verilmiştir.

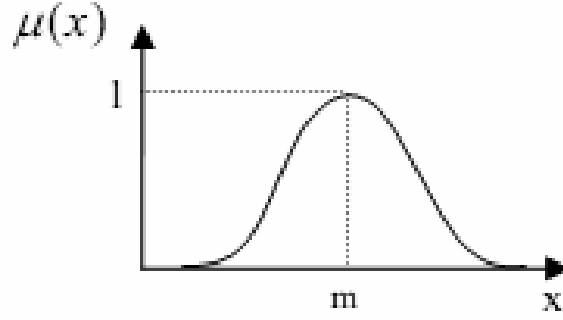
$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 \text{ ise } (x - a_1) / (a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 \text{ ise } 1 \\ a_3 \leq x \leq a_4 \text{ ise } (a_4 - x) / (a_4 - a_3) \\ x > a_4 \text{ ve } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (3.10)$$

3.3.2.3 Gaussian üyelik fonksiyonu

Bu üyelik fonksiyonu m ve σ parametreleri ile

$$\mu_A(x; m, \sigma) = \exp \left\{ \frac{-(x - m)^2}{2\sigma^2} \right\} \quad (3.11)$$

şeklinde tanımlanır ve Şekil 3.5’deki gibi gösterilir [40].



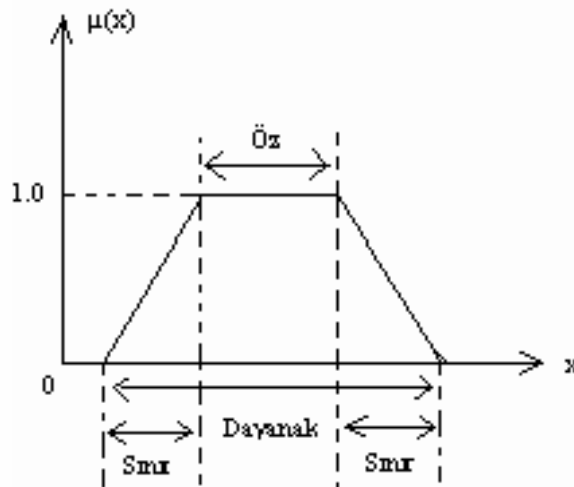
Şekil 3. 5: Gaussian üyelik fonksiyonunun gösterimi [40]

Burada “m” fonksiyonun merkezi olup üyelik dereci 1 ‘dir. “σ “ ise eğrinin baskınlığını belirler. “σ “ değiri küçüldükçe eğri sivrileşir, büyüdüğüçe baskınlaşır.

Bu üç fonksiyon daha kolay ifade edilebilmesi ve aritmetik işlemlerin kolay olması nedeniyle diğer fonksiyonlardan daha yaygın olarak kullanılırlar. Yukarıda yapılan açıklamalar üyelik fonksiyonlarının özellikleri hakkında genel bir fikir oluşturmaktadır. Üyelik fonksiyonlarının daha iyi anlaşılması için fonksiyon kısımlarının ve bazı terimlerin açıklanması faydalı olacaktır.

3.3.3 Üyelik fonksiyonunun kısımları

En genel haliyle üyelik fonksiyonları öz, dayanak ve sınır (geçiş) kısımlarından oluşur . Örnek olarak Şekil 3.6’ da yamuk şeklindeki bir üyelik fonksiyonunun kısımları gösterilmiştir.



Şekil 3. 6: Üyelik fonksiyonunun kısımları [41]

Öz (Core): Üyelik dereceleri 1'e eşit olan öğelerin toplandığı alt küme kısmına, o alt kümenin özü (core) denir. Burada $\mu(x) = 1$ 'dir. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonunda bir tane öğenin üyelik derecesi 1'e eşit olduğundan, üçgen üyelik fonksiyonlarının özü bir nokta olarak karşımıza çıkar. Bu durumda, 1 üyelik dereceli öğelerin tam anlamı ile, hiçbir şüpheye düşmeksizin, sadece o alt kümeye ait olduğu sonucuna varılır. Böyle üyelik derecesine sahip olan öğeler alt kümenin orta kısmında toplanmıştır [33].

Dayanak (Support): Bir alt kümenin tüm öğelerini içeren aralığa o alt kümenin dayanağı (support) adı verilir. Kümenin dayanak kısmında yer alan her öğe, 0 ile 1 arasında bir üyelik derecesine sahiptir [42].

Sınırlar (Geçiş Bölgeleri): Üyelik dereceleri 1'e veya 0'a eşit olmayan öğelerin oluşturduğu kısımlara üyelik fonksiyonunun sınırları (boundary) veya geçiş bölgeleri denir. Bunlar alt kümenin kısmi öğeleridir. Aslında bir alt kümeye bulanıklık özelliğinin takılması bu geçiş yerlerinin bulunması sonucundadır. Genel olarak, tüm üyelik fonksiyonlarında biri sağda diğeri de solda olmak üzere iki tane geçiş bölgesi vardır [33].

Bunlara ek olarak üyelik fonksiyonlarının sahip olması gereken iki özellik daha vardır. Bunlar normallik ve dışbükeyliktir. Normal küme en azından bir tane üyelik derecesi 1'e eşit olan kümedir. Aksi takdirde küme normal altı olarak tanımlanır. Dışbükeylik ise üyelik fonksiyonunun sürekli artan sürekli azalan veya üçgen gibi olması durumudur. Bir kümede her hangi iki noktayı birleştiren çizgideki her nokta bu kümenin elamanı ise küme dışbükeydir [37].

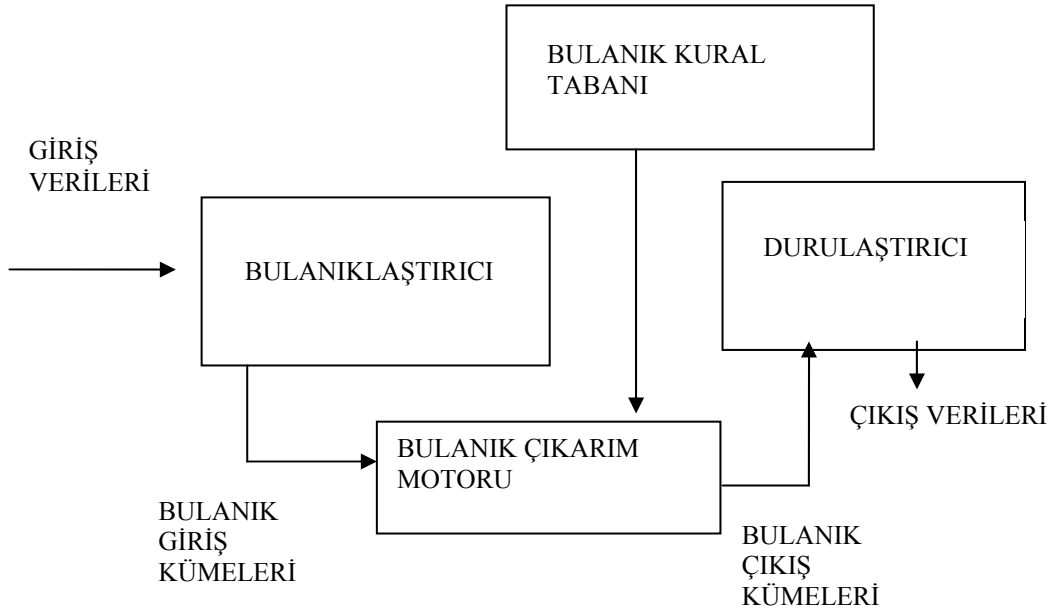
Temel bulanık kümeler normal ve dışbükey olmasına karşılık, küme işleminin yapılması sonucunda elde edilen kümeler, bulanık normal küme çıkmayabilir. Örneğin, iki normal ve dışbükey bulanık alt kümenin birleşimi normal ve dışbükey olmayan bulanık küme çıkabilir [33].

Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarında üyelik derecesinin 0,5'e eşit olması durumundaki noktaya geçiş noktası (cross-over) adı verilir. Yani geçiş noktasında, $\mu(x) = 0,5$ 'dir. Ayrıca, bulanık kümenin yüksekliği denilen bir büyüklük, üyelik derecesinin en büyük olduğu öğelere karşı gelir. Yukarıda söylenenlerden sonra,

normal bulanık kümelerde yüksekliğin 1'e eşit olması gerekliliği anlaşılır. Diğer bir ifade ile yüksekliği 1'e eşit olmayan bulanık kümeler, normal olmadıklarından herhangi bir bulanık küme, mantık ve sistem çalışmasında kullanılamaz. Normal olmayan bulanık kümeleri normal hale dönüştürmek için, kümenin her bir üyelik derecesinin, en büyük üyelik derecesine bölünmesi gereklidir. Böylece normal olmayan bulanık kümelerin dışbükey olmaları şartı ile nasıl normal bulanık kümeler haline dönüştürüleceği anlaşılmış olur [33].

3.4 Bulanık Sistem

Bulanık kümeler ya da bulanık mantığı ve buna karşılık gelen matematiksel çatıyı kullanan statik veya dinamik sistemler bulanık sistemler olarak tanımlanır. Bu sistemler bulanık mantıkta çıkarım ve karar vermeye dayalı çalışma ilkeleri olan mekanik, elektriksel vb. istemlerdir [37]. Bulanık sistemin yapısı Şekil 3.7'de gösterilmektedir. Bulanık sistemler genel olarak bulandırma arayüzü, kural tabanı, çıkarım motoru ve durulama arayüzü olmak üzere dört bölümden oluşur.



Şekil 3. 7: Bulanık sistemlerin genel yapısı [33].

Bulandırma arayüzü; kesin girdi değerlerini bulanık değerlere çevirir. Bunun için girdi değerlerini alır, girdi değişken aralığının uygun evrensel kümeye dönüştürülmesini sağlar ve girdi verilerini sözel değerlere (bulanık kümelere) dönüştürür [34].

Kural tabanı; stratejiyi ve kuralları sözel ifadeler aracılığı ile tanımlamaktadır. Kural tabanı sözel olarak ilgili sistemin modellenmiş hali olarak görülebilir [34].

Çıkarım motoru; bulanık kavramlara dayalı olarak insan karar verme işlevini taklit eder. Ayrıca bulanık içerme ve sözel kuralları kullanan bulanık denetim etkinliklerini uygular. Çıkarım motoru akıl yürütme işlemini elde etmek üzere uygulanır [34].

Durulama arayüzü ise bulanık çıktı değerlerini kesin değerlere çevirir [34].

Bir sistem hakkında ne kadar çok bilgi sahibi olursak, onu o kadar daha iyi anlayabiliriz. Sistem hakkındaki karmaşıklıklar azalır, fakat tamamen yok olmaz. İncelenen sistemlerin karmaşıklığının fazla olması ve yeterli miktarda veri bulunmaması bulanıklığı etkili kılmaktadır. Bu sistemlerin çözümlerinin araştırılmasında bulanık olan girdi ve çıktı bilgilerinden, bulanık mantık kurallarının kullanılması ile anlamlı ve yararlı çözüm çıkarımlarının yapılması yoluna gidilebilir[43].

Bulanık uzman sistemler lineer ve non-lineer kontrol, örnek tanıma, finanssal sistemler, işletme araştırmaları, veri analizleri v.b. birçok alanda kullanılmaktadır. Birçok sistem, bulanık sistemler yardımı ile modellenebilir ve hatta kopyalanabilir. Günümüzde bulanık mantığın uygulama ve araştırmalarda dünya çapında yaygınlaştığı görülmektedir. Bunlardan bazıları; yüksek boyutlarda bulanık modelleme, tıbbi görüntüleme örnek tanıma, akıllı otoyol için olay tespit tabanlı bulanık mantık vb. çalışmalardır [43].

Bulanık mantık yaklaşımı ile modelleme aşağıdaki 5 aşamada gerçekleştirilir.

- ✓ Bulanıklaştırma
- ✓ Üyelik fonksiyonlarının oluşturulması

- ✓ Kural tabanı
- ✓ Bulanık çıkarım
- ✓ Durulama

3.4.1 Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma (bulandırma), sistemden alınan giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir. Üyelik işlevinden faydalanarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık kümeyi/kümeleri ve üyelik derecesini tespit edip, girilen sayısal değere küçük, en küçük gibi dilsel değişken değerler atanır. Sistemin verimli çalışmasını sağlamak amacıyla farklı sayıda ve özellikte bulanık küme oluşturulabilir [44].

Pratikte genel olarak klasik küme şeklinde beliren değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için gereklidir. Bunun için bir aralıkta bulunabilecek öğelerin hepsinin 1 üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür [45]. Üyelik derecelerinin belirlenmesinde ise üyelik fonksiyonları kullanılır.

3.4.2 Üyelik fonksiyonlarının oluşturulması

Bulanık mantıkta, dilsel ifadelerle anılan bölgelerin sınırlarını belirtmede ve giriş bilgilerine ait üyelik ağırlıklarının tespit edilmesinde kullanılmak üzere uygun üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi gerekir [34].

Bulanık kümelerin kullanılabilirliği, farklı kavramlara uygun üyelik fonksiyonlarını oluşturabilme becerisine dayanmaktadır. Bulanık kümelerin gerek üyelik derecelerinin gerekse, bunların tümünü temsil edebilecek üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde, ilk başlayanlar tarafından bile kişisel sezgi, mantık ve tecrübelerin kullanılmasına sıkça rastlanır. Zaten pratikte bir çok sorunun üstesinden gelebilmek için bu yaklaşımlar çoğu zaman yeterlidir. Öyle olmasa bile, ilk yaklaşım olarak bu esaslara göre davranmaları faydalıdır. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler; sezgi, çıkarım, mertebelenme, açılı bulanık kümeler, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, çıkarımcı muhakeme gibi yaklaşımlardır[46].

Bulanık sistemlerin modellenmede kullanılacak üyelik fonksiyonlarının sayısı ve şekline ilişkin kesin kurallar yoktur. Bu konu tamamen tasarımcının tecrübe ve amaçlarına bağlıdır. Uygun fonksiyon sayısı ve şekli çoğu kez deneme yanılma yoluyla bulunur. Önceki bölümlerde üyelik fonksiyonları ve yaygın olarak kullanılan fonksiyon çeşitleri hakkında genel bilgi verilmiştir.

3.4.3 Kural tabanı

Kural tabanında, sistemin bilgi girişlerinin alabileceği çeşitli değerlere göre mantıki olarak uygunluk gösteren sistem çıkış değerleri, kural satırları haline getirilerek, kural tabanı oluşturulur [34].

Basit olarak bir sistem için kural tabanı geliştirdiğimizde, sistem çıkışını etkileyebilecek ölçülebilen giriş değerleri tespit edilmelidir. Giriş bilgisine ait değer uzayı, üyelik fonksiyonları ile bölgelere ayrılarak, dilsel ifadelerle isimlendirilir ve aynı zamanda her giriş değeri için bir üyelik ağırlığı tespit edilmiş olur. Böylece her giriş değerinin, ait olduğu bir bölgesi ve bir üyelik ağırlığı olur. Kural tabanı, her birisi bir bölgeyi temsil eden dilsel ifadelerle düzenlenir. Örneğin “1. giriş sıcak, 2. giriş normal ise, çıkış yüksektir.” gibi bir kural satırında görüldüğü gibi, kural tabanını oluşturan bilgiler, tamamen dilsel ifadelerdir. Fakat her kural satırındaki, tespit edilmiş olan çıkış değeri, birim fonksiyonlarla oluşturulmuş ise, sayısal değerlerle de ifade edilebilir. Bu durumda oluşturulacak kural satırları “1. giriş sıcak. 2. giriş normal ise, çıkış 1.5 tir.” şeklinde bir kuralın benzeri olabilir [34].

Kural satırları Eğer-İse (If- Then) kelimeleri ile ayrılmış olan iki kısımdan oluşur. Bunlardan EĞER ile İSE kelimeleri arasında bulunan kısma öncül veya ön şartlar, İSE kelimesinden sonraki kısma ise soncul veya kural çıkarımı adı verilir. Aşağıda kaynaklarda kural tabanını açıklamak için yaygın olarak kullanılan 2 örnek kural verilmiştir [47].

“EĞER hız düşük İSE gaza fazlaca bas”

“EĞER hız yüksek İSE gaza az bas”

Kural tabanı olası koşulların tamamını kapsayacak sayıda ve tutarlı kurallardan oluşmalıdır.

3.4.4 Bulanık çıkarım

Bir girdi bulanık kural tabanında çıkarım mekanizması sayesinde işleme tabi tutulur. Kural tabanında bilginin modellenme şekline göre eldeki girdiye karşılık gelen çıktı değeri belirlenir. Bu süreç çıkarım ve karar verme sürecidir [37]. Bu aşamada kurallar birleştirilerek hepsinin katkısıyla genel bir sonuç elde edilir.

İki veya daha fazla mantıksal ifade VE (AND), VEYA (OR) mantıksal bağlantı işlemcileri kullanılarak birleştirilebilir. Çıkarım aşamasında her mantıksal ifade sonunda bir sonuç (sonuç aşaması), bu sonuçların birleştirilmesi ile de en son sonuç değerine veya sonuç kümesine ulaşılır.

AND ve OR mantıksal bağlantı işlemcileri her kural için eşik değerini belirlemede etkilidirler. Eşik değeri çıkarım aşamasında kullanılan çıkarım yöntemine göre farklı şekillerde hesaplanır ve kullanılır. Kural AND mantıksal bağlantı işlemcisi ile oluşturuldu ise kesişim işlemi uygulanır ve eşik değer en küçük üyelik derecesine eşit olur. Eğer kural OR işlemcisi ile oluşturuldu ise birleşim işlemi uygulanır ve sınır değer en büyük üyelik derecesine eşit olur. Eğer kuralın öncül şartı gerçekleşmez ise eşik değer sıfır olur ve sonuç aşamasında boş küme elde edilir [40].

Çıkarım aşamasında Mamdani, Larsen, Takagi-Sugeno-Kang (TSK), Tsukamoto gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan en sık kullanılanı mamdani yöntemi olup bu çalışmanın uygulama bölümünde de aynı yöntem kullanılmıştır. Ayrıca diğer yöntemler mamdani yöntemine benzediğinden ilerleyen bölümde sadece bu yöntemin açıklanması yeterli görülmüştür.

3.4.4.1 Mamdani yöntemi

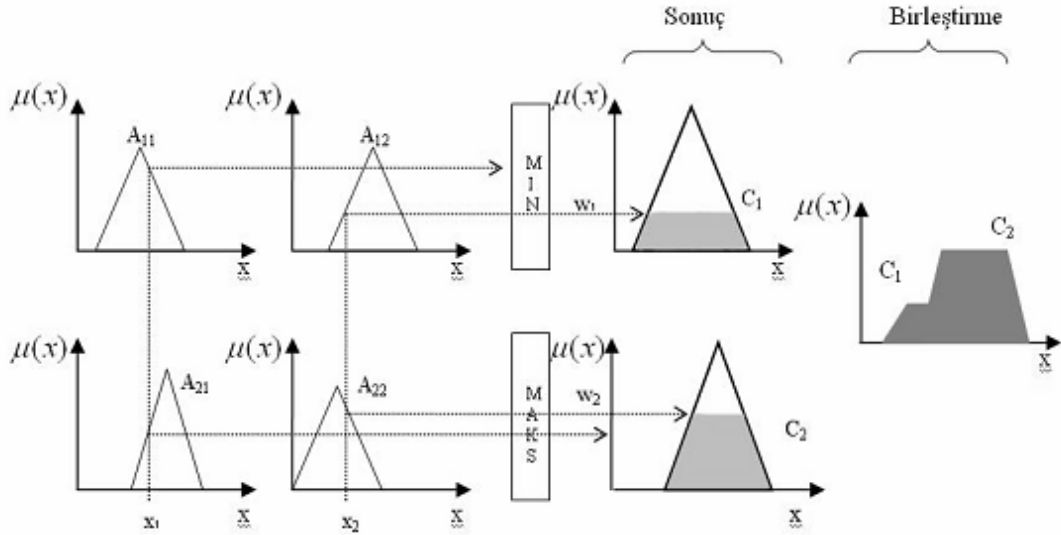
Mamdani bulanık çıkarım sistemi min-max yöntemi olarak da ifade edilebilmekte ve karar verme aşamasında, yani kuralların birleştirilmesi kısmında minimum (T-norm) ve maximum (T-conorm) operatörlerini birlikte kullanmaktadır. Max ve min

operatörlerinin kullanılması, kuralları oluşturma kısmında ise, bize giriş değerlerinin OR veya AND bağlaçları ile birbirine bağlanabileceğini göstermektedir [39].

Bu yöntemin kural yapısı,

IF ($x_1 = A_{11}$) AND ($x_2 = A_{12}$) THEN ($z_1 = C_1$)
 IF ($x_1 = A_{21}$) OR ($x_2 = A_{22}$) THEN ($z_2 = C_2$)

şeklindedir Bu kural yapısının şekilsel gösterimi Şekil 3. 8’de verilmiştir. Burada x_1 ve x_2 girdi değişkenleri, z ise çıktı değişkenidir. A_{11} ve A_{12} girdi değişkenlerinin alt seviyelerini temsil eden üyelik fonksiyonlarıdır. C ise her kuralın sonunda çıkan bulanık sonuç kümesidir. C bulanık kümeleri Mamdani çıkarım yönteminde sonuç kısmında eşik değerinin kestiği noktanın altında kalan alandan oluşmaktadır. Daha öncede ifade edildiği gibi eşik değeri (w_i), birinci kuralda AND mantıksal bağlantı işlemcisi kullanıldığı için en küçük üyelik derecesine, ikinci kuralda OR mantıksal bağlantı işlemcisi kullanıldığı içinde en büyük üyelik derecesine eşittir [40].



Şekil 3. 8: Mamdani çıkarım yönteminin gösterimi [40]

Mamdani yönteminde kurallar birleştirilirken her bir kuralın sonuç kümelerine bulanık birleşim işlemi uygulanır yani kurallar AND işlemcisi ile birleştirilir.

Birleşim sonucunda bulanık bir küme elde edildiğinden sonuç kümesinin kesin kümeye dönüştürülmesi gerekir.

3.4.5 Durulama

Bulanık çıkarım sonucu bulanık bir kümedir. Bu sonucun sisteme tekrar uygulanması için giriş değeri gibi sayısal değere dönüştürülmesi gerekir. Bu işlem durulama olarak adlandırılır. Durulama birimi karar verme biriminden gelen bulanık bir bilgiden bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değerlerin elde edilmesini sağlar [48].

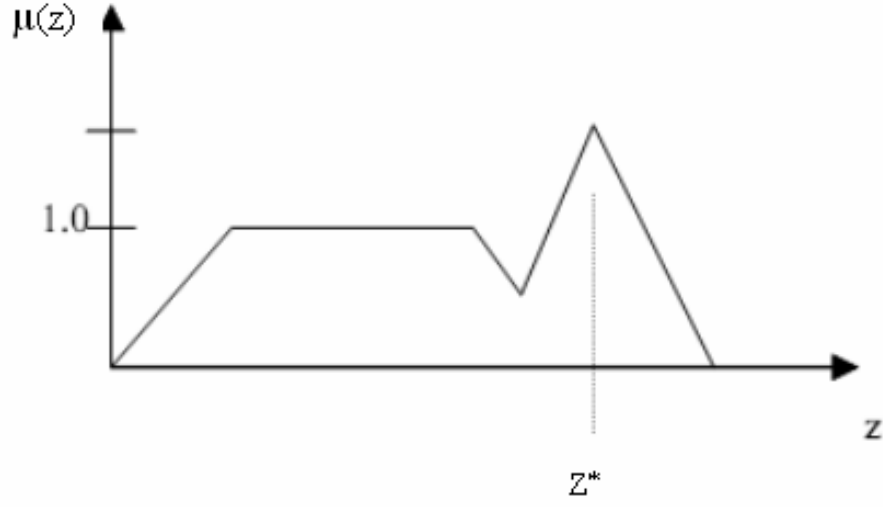
Çok sayıda durulama yöntemi vardır. Bunlardan üçü kısaca açıklanmıştır.

a) Ağırlık merkezi yöntemi: Sentroid yöntemi olarak da bilinmektedir. En yaygın durulama yöntemidir. Çıkarım sonucunda elde edilen bulanık bileşim kümesinin ağırlık merkezinde yer alan üyelik derecesi ve bu üyelik derecesine karşılık gelen sayı bulunur. Bu işlem 3.12' da verilen eşitlik kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

$$z^* = \frac{\int \mu(z).zdz}{\int \mu(z)dz} \quad (3.12)$$

Burada Z , Çıkarım sonucunda elde edilen bulanık kümeyi, z , bu kümenin elamanlarını ve z^* durulanmış değeri gösterir. \int işareti burada entegral işareti olarak kullanılmıştır.

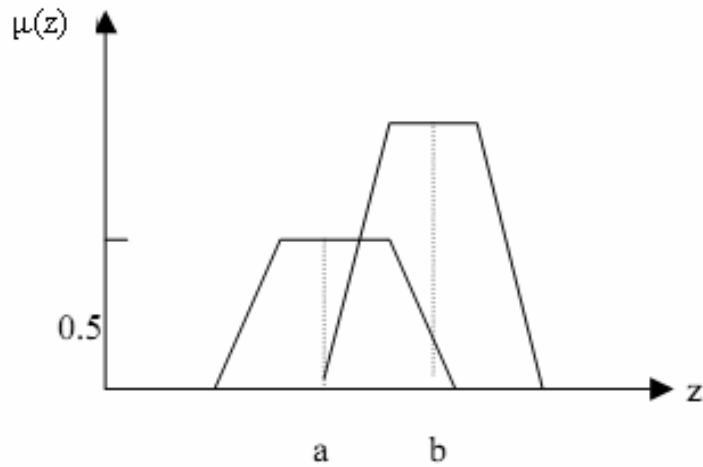
b) En büyük üyelik: Yükseklik yöntemi olarak da bilinir. Çıkarım kümesi içerisinde en büyük üyelik derecesine sahip değer durulanmış değer olarak seçilir. Kullanılabilmesi için Şekil 3.9' deki gibi tepe noktaları bulan çıkarım bulanık kümelerinin oluşması gerekir [33].



Şekil 3. 9: En büyük üyelik derecesi yöntemi ile durulama [33]

c) Ağırlıklı ortalama yöntemi: Bu yöntemin kullanılabilmesi için, üyelik fonksiyonunun simetrik olması gerekmektedir. Bu yöntemde, işlemde çıktıyı oluşturan bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının her biri sahip oldukları en büyük üyelik derecesi değeri ile çarpılarak ağırlıklı ortalama değeri bulunur. Bu ağırlıklı ortalama değerine karşılık gelen sayı, durulaştırılmış değeri vermektedir. İşlemin matematik ifadesi ve aşağıdaki gibidir. Yöntem Şekil 3.10' da gösterilmiş olup burada a ve b temsil ettikleri şekillerin orta noktalarıdır .

$$z^* = \frac{\sum \mu(\bar{z})\bar{z}}{\sum \mu(\bar{z})} \quad (3.13)$$



Şekil 3. 10: Ağırlıklı ortalama yöntemi ile durulaştırma [42]

3.5. Hata Türü ve Etkileri Analizinde Bulanık Mantık Gereksinimi

Önceki bölümlerde belirtildiği gibi HTEA tekniğine bazı eleştiriler getirilmiştir. Bu eleştiriler genellikle risk öncelik sayısının hesaplanması ile ilgilidir.

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 güçlüğü yaşanabilmektedir. 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. Bu eksikliğin giderilebilmesi için, HTEA’ nın bulanık kümeler yaklaşımıyla ele alınması çeşitli kaynaklarda önerilmektedir [31].

BÖLÜM 4. BİR KAMU HASTANESİNDE BULANIK HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ UYGULAMASI

4.1 Kurumun Tanıtımı

Çalışma İstanbul Paşabahçe Devlet Hastanesi Satın Alma biriminde yapılmış olup kurumun iletişim bilgileri şu şekildedir;

İletişim Adresi: Sahip Molla Cad. No:1 Paşabahçe- Beykoz/İSTANBUL

Telefon No: 0216 322 22 10

Faks No: 0216 413 79 58

Kurum 1955 yılında Sosyal Sigortalar Kurumu (SSK) Dispanseri olarak hizmete açılmıştır. 1962-2005 tarihlerinde SSK genel müdürlüğüne bağlı olarak hastane statüsünde hizmet vermiştir. 5283 sayılı Bazı Kamu Kurum ve Kuruluşlarına ait Sağlık Birimlerinin Sağlık Bakanlığı'na devredilmesine dair Kanun uyarınca 19 Şubat 2005'ten itibaren Paşabahçe Devlet Hastanesi olarak hizmet vermektedir.

Hastane 09.04.2008 verilerine göre 104 uzaman hekim, 14 pratisyen hekim, 10 dış hekimi ile birlikte toplam 522 kadrolu personelle hizmete sunmaktadır. Ayrıca hastane bünyesinde 222 taşeron personel (temizlik, yemek) istihdam edilmektedir.

Hastanenin fiili yatak sayısı 352 olup günlük 3500 kişiye poliklinik hizmeti verilmektedir. Biyokimya, Mikrobiyoloji, Röntgen, Görüntüleme (MR. Tomografi, Kemik Dansitometresi), Ultrasonografi, Endoskopi, Patoloji, Odyoloji, EEG tetkiklerin tamamına yakını hastane bünyesinde yapılmaktadır. Ayrıca 2008 başından itibaren yoğun bakım ünitesi de hizmete başlamıştır.

4.2 Çalışmanın Amacı ve Yöntem

Çalışmanın amacı söz konusu satın alma sürecinin incelenerek, tedarik sürelerini ve maliyetlerini düşürecek ve satın alama biriminde oluşan gereksiz iş yükünü yok edecek önlemlerin belirlenerek sürecin iyileştirilmesidir. Satın alma süreci diğer süreçler için gerekli olan girdileri sağladığından bu sürecin geliştirilmesi sağlık hizmeti sunumu da dahil olmak üzere takip eden bütün süreçler üzerinde olumlu etki yapacaktır.

Araç olarak hata türü ve etkileri analizi tekniğinin kullanılması uygun görülmüştür. Fakat yeterli sayısal verinin bulunmaması ve bazı kriterlerin belirlenmesinde uzaman görüşünün diğer tekniklerden daha sağlıklı sonuçlar vermesi nedeniyle bulanık mantık yaklaşımının HTEA tekniği ile birlikte kullanılmasına karar verilmiştir.

Süreç incelenirken benimde dahil olduğun satın alma ekibinin tecrübelerinden ve 1. dereceden bilgi kaynaklarından faydalanılmıştır.

4.3 Satın alma Servisi Çalışma Prosedürü

Kamu alımları, 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu ile düzenlenmiştir. Bu Kanunun temel ilkeleri saydamlık, rekabet, eşit muamele, güvenilirlik, gizlilik, kamuoyu denetimi, ihtiyaçların uygun koşullarda ve zamanında karşılanması ile kaynakların verimli kullanılmasıdır. Kanun kapsamında bulunan idareler bu ilklere uygun hareket etmek zorundadırlar.

Bu Kanun ile kamu alımları,

- ✓ Mal alımı,
- ✓ Hizmet alımı,
- ✓ Yapım işleri,
- ✓ Danışmanlık hizmet alımı

Olarak sınıflandırılmış ve her bir alım türünü düzenleyen yönetmelikler hazırlanmıştır. Kurum kalite yönetimi belgelendirme çalışmaları kapsamında bu yönetmelikler doğrultusunda Satın Alma Servisi Çalışma Prosedürünü hazırlamıştır.

Satın alma sürecine ait akış şeması en sade haliyle Şekil 4.1' verilmiştir. İhtiyaçların ihale usullerinden birinin kullanılarak karşılanması esastır. Söz konusu prosedürde ihale süreci 12 adıma açıklanmıştır. Akış şeması hazırlanırken bu 12 adıma sipariş ve muayene kabul işlemlerinin de satılmama sürecine dahil edilmesi uygun görülmüştür. Sipariş ve kabul işlemleri her ne kadar farklı bir birim tarafından yapılıyor olsa dahi satın alma süreci ile iç içe girmiştir.

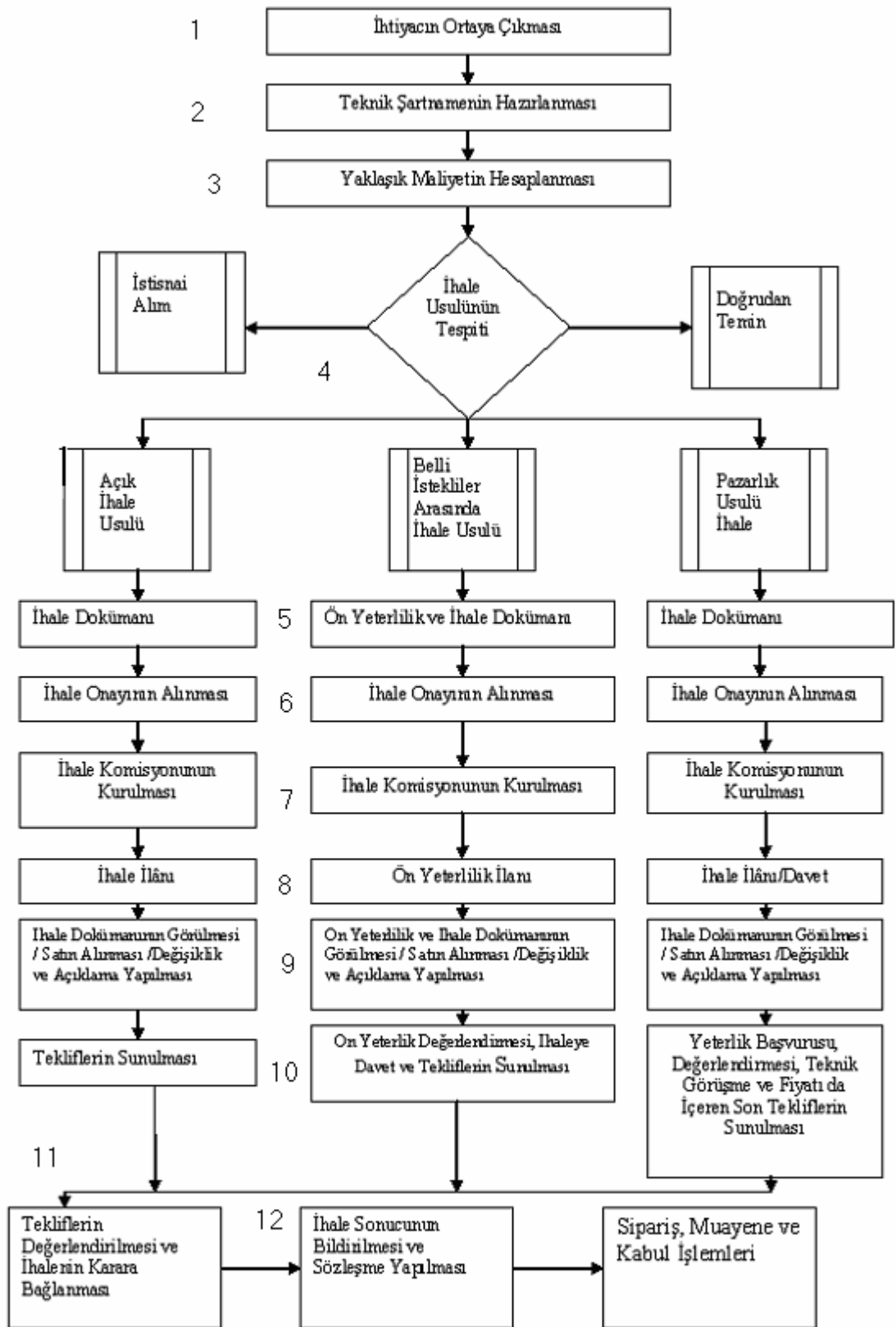
Şekilde de görüldüğü gibi Kamu İhale Kanununda tanımlanan üç hale türünün (açık ihale, pazarlık usulü, belli istekliler arasında ihale) dışında alım yöntemleri de kullanılmaktadır. Bunlar doğrudan temin ve istisnai alımlardır.

Kamu İhale Kanununun 3. maddesinde Kanun kapsamına alınmayan kamu alımları belirtilmiştir. Bu alımlar istisna kabul edilmekte olup, kurum tarafından Devlet Malzeme Ofisinden yapılan alımlar bu kapsamda değerlendirilmektedir.

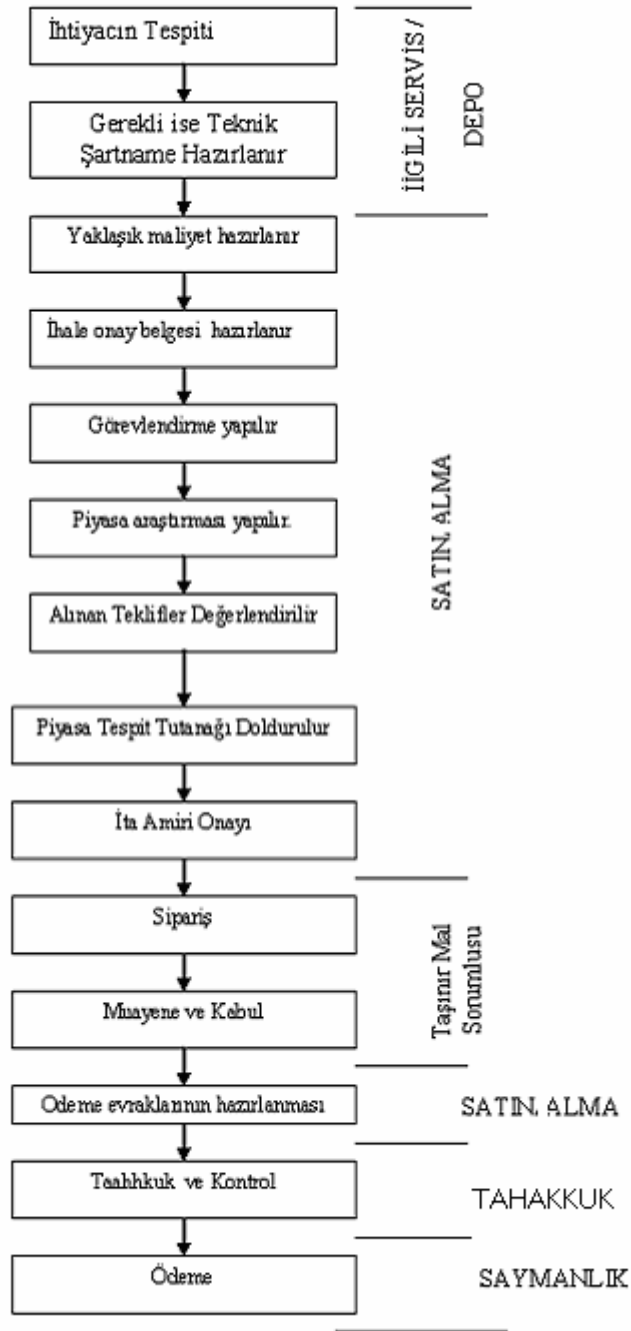
Doğrudan temin sadece Kamu İhale Kanunu 22. maddesinde belirtilen durumlarda kullanılabilen ihale usullerine göre çok daha esnek ve hızlı bir alım yöntemidir. Doğrudan temin yönteminin kullanılması durumunda, alım için ilan yapılması, ihale dokümanı hazırlanması ve komisyon kurma ve sözleşme yapma zorunluluğu yoktur. Fakat doğrudan temin yönteminin kullanılmasını kısıtlayan mevzuat hükümleri bulunmaktadır. Bu nedenle Kurum doğrudan temin yöntemini;

İhtiyacın tek kişiden karşılanabilmesi,

- ✓ İhtiyaç hakkında tek yüklenicinin yasal bir hakka sahip olması
- ✓ Alım tutarının Kanunda belirtilen limitin altında kalması
- ✓ Ürünün stoklanamaz olması,
- ✓ İhtiyacın teminin acil olması
- ✓ durumlarında kullanılmaktadır. Doğrudan temin yöntemi kullanılması durumunda ödeme yapılana kadarki işlem aşamaları Şekil 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4. 1: Satın alma süreci akış şeması



Şekil 4. 2: Doğrudan temin yöntemi akış şeması

4.4 Uygulama Adımları

4.4.1 Başlangıç çalışmaları

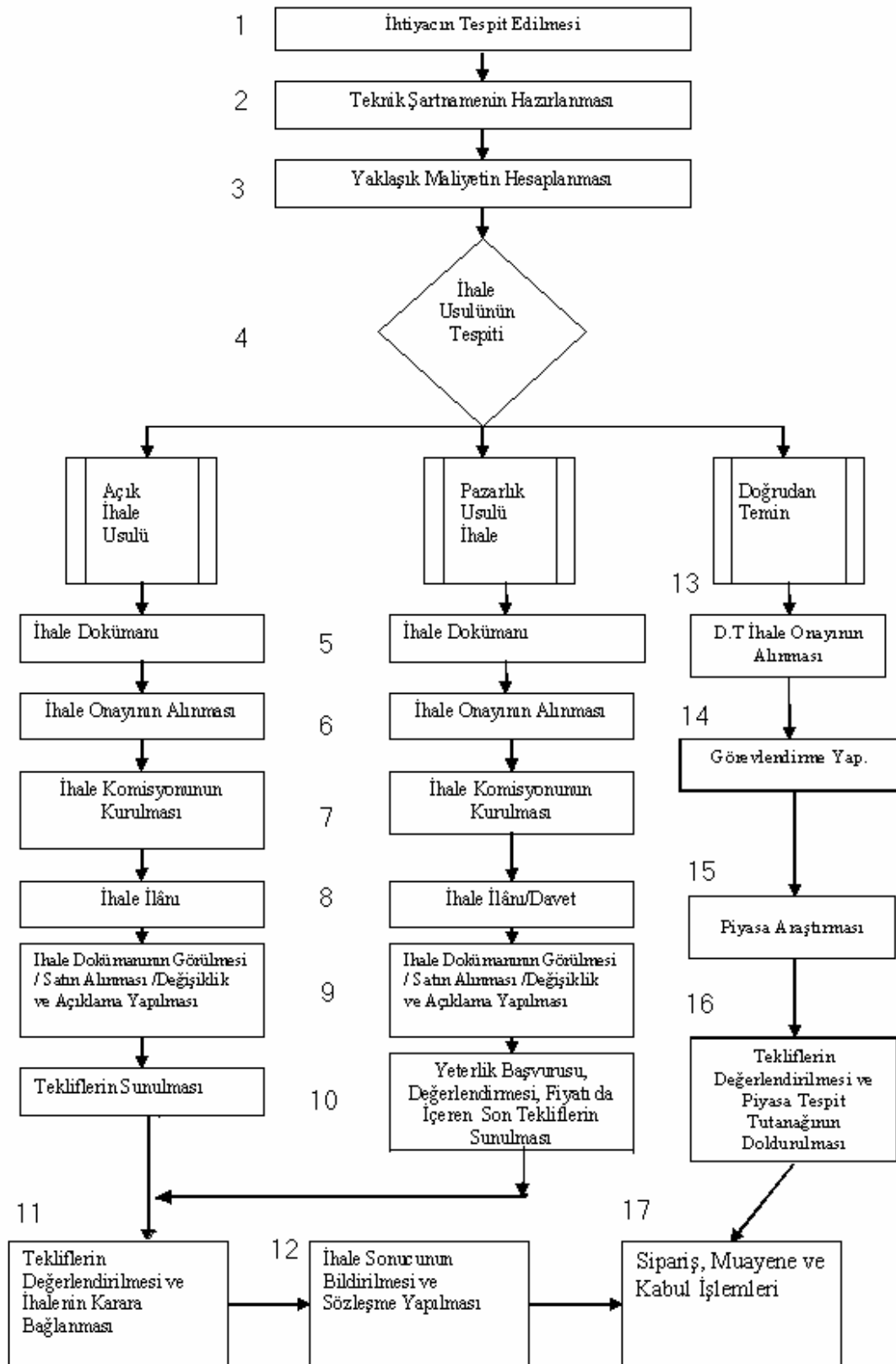
Daha öncede belirtildiği gibi çalışmamın amacı satın alma sürecinin iyileştirilmesidir. Fakat tedarik edilen ürün çeşitliğinin fazla ve alım usullerinin farklı olması nedeniyle sürecin tamamın üzerinde çalışılmasını güçleştirmektedir. Örneğin veri hazırlama ve kontrol hizmeti alımı ile kırtasiye malzemesi alımı biri birinden çok farklıdır. Bunlar arasında ihale işlemleri açısından benzerlik olsa dahi oluşabilecek hata türleri, olasılıkları, şiddetleri hatta alım aralıkları birbirinden çok farklıdır. Dolayısıyla uygulanması gereken öneyici faaliyetlerde farklı olacaktır. Bu nedenle çalışmanın belli bir ürün grubu üzerinde yoğunlaşması daha sağlıklı olacaktır.

Satın alma sürecinde en fazla iş gücü tıbbi sarf malzemelerin temini için harcanmaktadır. Satın alma ekibinin yarısından fazlası bu tür malzemelerin temini için görevlendirilmiştir. Ayrıca söz konusu kurum hastane olduğundan uygun tıbbi malzemenin uygun zamanda temin edilebilmesi çok önemlidir. Bu nedenle öncelikle tıbbi sarf malzeme alım sürecinin incelenmesine karar verilmiştir. Diğer ürün ve hizmetler için ise bu çalışmadan elde edilen deneyim ile daha sonra farklı çalışmalar yapılması uygun görülmüştür.

Çalışmaya satın alma biriminde çalışan personel ve tıbbi sarf malzemelerden sorumlu taşınır kayıt ve kontrol görevlisi sürekli olarak katılmış olup bunların dışında zaman zaman farklı servis sorumlularından ve kalite sorumlularından bilgi alınmıştır.

4.4.2 Tıbbi sarf malzeme alım süreci

Önceki bölümde satın alma süreci hakkında genel bir bilgi verilmiştir. Önceki bölümlerde verilen akış şemaları yaklaşık 350 farklı ürünü temsil eden tıbbi sarf malzeme grubu için tekrar düzenlemiştir. Şekil 4.3' te verilen bu şemada ihale usullerinden birinin yada doğrudan temin yönteminin seçilmesi durumu birlikte verilmiştir.



Şekil 4. 3: Tıbbi sarf malzeme alımı akış şeması

1) İhtiyacın tespit edilmesi: Taşınır kayıt ve kontrol görevlileri ve depo görevlileri stok durumunu hem yazılım hem de göz ile kontrol etmekte ve gerektiğinde malzemenin satın alınması için talepte bulunmaktadır. Fakat sadece bir birimde kullanılan ve özel depolama şartları olan malzemeler ilgili birim sorumlusunca takip edilmektedir.

Bu ürünlerin bir yıllık ihtiyacı karşılayacak büyüklükte partiler halinde satın alınması benimsenmiştir. Bu nedenle 7.-8. aylarda bir sonraki yıl için servislerden tahmini ihtiyaçlarını bildirmelerinin istenilmesi, daha sonra bu bilgilerin tıbbi sarf malzemenin sorumlu taşınır kayıt ve kontrol sorumlusunca değerlendirilerek birleştirildikten sonra satın alma talep formları ile satın alma birimine iletilmesi planlanmıştır. Fakat aşağıda sayılan nedenlerden dolayı ürün miktarlarının hesaplanmasında zorlanılmaktadır;

- ✓ Aynı ilçede bulunan diğer hastanenin tadilata girmesi nedeniyle hasta sayısındaki hızlı değişim,
- ✓ Hasta sayısındaki mevsimsellik,
- ✓ Bazı özel branşlardaki hekim sayısının değişmesi,
- ✓ Geçmiş dönemlere ait yeterli verinin olmaması,

Bu nedenlerle ihtiyaç tespitinin doğru planlanan zamanda yapılamaması veya eksik yapılması durumunda ihale işlemleri için kullanılacak zaman azalmakta ve gereksiz işlem tekrarları oluşmaktadır.

2) Teknik şartnamenin hazırlanması: Teknik şartname hazırlanması yasal bir zorunluluk olmamasına rağmen gerekli bir adımdır. Çünkü teknik şartnamelerle alınacak ürün tanımlanmakta üründe bulunması gereken asgari nitelikler ve uyulması gereken standartlar belirlenmektedir. Kısaca ne satın alınacağı aslında teknik şartnamelerle belirtilmektedir. Bu nedenle teknik şartnamenin malzemeyi kullanmak isteyen son personel ve onun birim amirince hazırlanması esastır.

İstekliler fiyat tekliflerini teknik şartnamelere göre belirlemektedir. Mevcut sistemde şartnameler ya faks yoluyla gönderilmekte ya da ihale dokümanı ile birlikte isteklilere gösterilmekte veya satılmaktadır. Teknik şartname hazırlanmaması durumunda ise

isteklilere numune gösterilmektedir. Bu da isteklilerin teklif hazırlamak için hastaneye gelmelerini zorunlu kılmaktadır.

Mevcut sistemde teknik şartnameler hazırlandığı birimde saklı tutulmakta veya hiç saklanmamaktadır.

3) Yaklaşık maliyetin hazırlanması: Talepler ve varsa teknik şartnameler satın alma birimine ulaştırıldıktan sonra bunlar isteki olabilecek firmalara, diğer hastanelere ve ticaret odasına gönderilerek ürünlerin cari fiyatları hakkında bilgi istenilmektedir.

Bu aşamada çok fazla ürün aynı ihalede alındığı zaman teknik şartnamelerin tamamın fakslanmadığı veya çoğaltılarak posta yoluyla gönderilmesi gerekmektedir. Bazen görevlilerin şartnameleri eksik yolladığı bazen de cari fiyat istenen kurum veya isteklinin bu şartnameleri incelemeyen fiyat verdiği; bu nedenle yanıltıcı bilgilerin verildiği tespit edilmiştir. Bu aşamada karşılaşılan diğer bir aksaklıkta yeterince istekli ve kurumun bu talebe cevap vermemesidir.

Yaklaşık maliyet ihale usulünün belirlenmesinde ve tekliflerin değerlendirilmesinde kullanılacağından bu aşamanın atlanması mümkün değildir.

4) İhale usulünün tespiti: Yaklaşık maliyet ve işin aciliyetine göre alım yöntemine karar verilir. Mevzuat gereği açık ihale usunun kullanılması esastır. Fakat işin acil olması ve maliyetinin düşük olması halinde ilan sürelerini beklemek veya ilan ve ihale dokümanı maliyetinden kaçınmak amacıyla pazarlık usulü ihale veya doğrudan temin yöntemlerine de başvurulabilir. Fakat ihtiyaçların açık ihale usulü ile karşılanma oranı kamu alımları için bir performans göstergesidir. Bu aranın mümkün olduğunca yüksek tutulması amaçlanır.

Satın alma prosedürü ve mevzuatta tanımlanmış diğer yöntem ise ihtiyaçların çerçeve ihalelerle karşılanmasıdır. Fakat bu alımlarda damga vergisinin 2 defa alınması nedeniyle bu yöntem kullanılamamaktadır.

5) İhale dokümanının hazırlanması: 5.-12. adımlar ihale usulleri olan açık ihale veya pazarlık usulü ihale yöntemlerinin kullanılması durumunda vardır. Doğrudan temin yönteminde bu işlemler yerine Şekil 4.3' te belirtilen farklı işlemler yapılmaktadır.

İhale dokümanı istekli veya adayların ihaleye teklif vermek için yeterliliklerinin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterlerin, alınacak ürünün özelliklerinin işin nasıl yürütüleceğine dair bilgilerin (teslimat programı, ödeme bilgileri vb.) belirtildiği belgelerdir. Bu belgeler açık ihale usulünde ihale dokümanı, pazarlık usulü ihalede ise ön yeterlilik ve ihale dokümanı olarak adlandırılmaktadır. Esasen aralarında fark yoktur. Bu nedenle bu çalışmanın devamında her ikisi de ihale dokümanı olarak kullanılmıştır.

İhale dokümanlarında mevzuata aykırı ve rekabeti engelleyici hükümler konulamaz. Bir ihale dokümanında daha önce belirtilen teknik şartnameler ile birlikte aşağıdaki belgeler bulunur.

1. idari şartnameler,
2. sözleşme tasarısı,
3. teknik şartname,
4. bazı standart formlar,
5. gerekli diğer belge ve bilgiler

6) İhale onayının alınması: Bundan önceki adımlar ihale süresinin başlatılması için gereken hazırlık işlemleridir. Bu adım ile ihale süreci başlatılmış olur. Bu aşamada daha önce hazırlanan belgeler ihale onay belgesine eklenerek ita amirinin onayına sunulur. Onayın alınması ile birlikte iş için gerekli ödenek de tahsis edilmiş olur.

7) İhale komisyonunun kurulması: İhale sürecini yürütecek olan ihale komisyonu en az beş kişi olmak üzere tek sayıda üyeden oluşur. Bu üyelerden en az ikisinin alım yapılacak konuda uzmanlaşmış olması ve başka bir üyenin de mali yetkili olması zorunludur. Komisyon oluşturulurken asil ve yedek üyeler birlikte belirlenir.

8) İhale ilanının yapılması: İhalelerin Kanunda belirtilen esaslar dahilinde ihale tarihinden 40 gün öncesine kadar uzayabilen sürelerde ilan edilmesi gerekmektedir. Bu süre işin maliyetine göre değişmektedir. Pazarlık usulü ihalelerde yine Kanunda belirtilen bazı durumlarda ilan zorunluluğu yoktur. Fakat bu durumda belli sayıda isteklinin ihaleye davet edilmesi gerekmektedir.

9) İhale dokümanın görülməsi: İstekliler ilk ilan tarihi ile ihale tarihi arasında ihale dokümanını bedelsiz olarak görme hakkına sahiptirler. İstekliler bu süre içerisinde ihale dokümanında değişiklik yapılması veya anlaşılmayan noktaların açıklanması talebinde bulunabilirler. Bu talepler idarece değerlendirilmelidir. Bu aşama daha çok istekleri ilgilendirmektedir.

10) Tekliflerin sunulması: Bu aşamadaki işlemler de istekliler tarafından gerçekleştirilir. İstekliler tekliflerini ihale dokümanında belirtilen esaslara göre hazırlayarak ihale saatine kadar idareye ulaştırmak zorundadır.

11) Tekliflerin değerlendirilmesi ve ihalenin karara bağlanması: İhale saatine kadar sunulan teklifler komisyon tarafından açılarak değerlendirilir. İsteklilerin ihale dokümanında belirtilen yeterlilik kriterlerini karşılayıp karşılamadıklarına karar verilerek yeterli görünen teklifler arasından ekonomik açıdan en avantajlı teklifler belirlenir.

12) İhale sonucunun bildirilmesi ve sözleşme yapılması : İhale kararı, ita amirince onaylandıktan sonra 3 gün içerisinde ihaleye teklif veren bütün isteklilere iadeli taahhütlü posta yoluyla veya elden tebliğ edilmek zorundadır.

13) Doğrudan temin onayının alınması: İhale usullerinde olduğu gibi doğrudan temin yönteminin kullanılabilmesi için de ita amirinden onay alınması ve ödenek tahsis edilmesi gerekmektedir. İhale usulleri ve doğrudan temin için aynı onay formu kullanılmaktadır. 13-16 nolu işlemler sadece doğrudan temin usulünde uygulanmaktadır.

14) Görevlendirilmenin yapılması : Doğrudan temin yönteminde piyasa araştırması yapmak üzere kişi veya kişiler görevlendirilir. Görevlendirilecek kişi sayısı için kesin bir sayı yoktur. İdarenin yeterli gördüğü sayıda kişi görevlendirilir. Fakat bunlardan en az bir tanesinin alımı yapılacak ürün hakkında bilgi sahibi olması gerekmektedir. Bu kişi genellikle ilgili teknik şartnameyi hazırlayanlar arasından seçilir. Görevlendirme onay aşamasıyla birlikte yapılabilir.

15) Piyasa araştırması yapılması: Fiyat araştırması genellikle isteklilerden faks yoluyla teklif istenilerek yapılmaktadır. Bu aşama ilgili teknik şartnameler, alımı

yapılacak miktarlar ve tekliflerin sunulabileceği son tarih isteklilere faks yoluyla bildirilmektedir.

16) Tekliflerin değerlendirilmesi ve piyasa araştırma tutanağının doldurulması: Belirlenen sürenin sonunda idareye ulaşan teklifler görevlilerce değerlendirilir. Teklif edilen ürünlerin teknik şartnameye uygunluğu denetlenir. Bu aşamada genellikle en ekonomik teklif sahibinden numune istenerek numuneler denenir.

Ekonomik açıdan en ekonomik teklif sahibi istekli belirlendikten sonra piyasa araştırma tutanağı doldurularak ita amirinin onayına sunulur.

17) Sipariş muayene ve kabul işlemleri: Satın alma işlemleri tamamlandıktan sonra dosyanın gerekli kısımları taşınır kayıt ve kontrol görevlilerine gönderilir. Bu kişiler ihtiyaç doğrultusunda malzemenin tamamını tek partide veya ihtiyaç oldukça sipariş edebilir.

Daha sonra gelen ürünleri teslim alarak muayene komisyonunu toplar. Kontrol sonucunda uygun görülen ürünlerin kabul işlemleri yapılır. Uygun görülmeyenler için ise uygunsuzluğun giderilmesi için yüklenici firma ile iletişim kurulur veya ürün tamamen iade edilir.

4.4.3 Hata türlerine yönelik çalışmalar

Satın alma süreci akış incelenerek beyin fırtınası tekniği ile oluşabilecek hata türleri, bunların nedenleri ve mevcut kontroller belirlenmiştir. Tablo 4.1' de olası hata türleri ve etkileri verilmiştir. Hata türleri belirlenirken 6. ve 13. adımlar çok benzer olduklarından birlikte değerlendirilmiştir. 9. ve 10. adımlar ise sürecin daha çok istekliler ilgilendiren işlemler olduğundan bu adımlarda hata türü tanımlanmamıştır.

Hata etkileri arasında temin süresinin uzaması ve ihalenin iptal edilmesi en sık kullanılan etki olmaktadır. Bunlardan ihalenin iptal edilmesi bir televizyon üretiminde televizyonun çalışmamasına benzer bir etkidir. Sürecin ilk adımlarına dönülmesini gerektirmektedir. Bu etki aynı zamanda sürecin uzamasına da neden olacaktır. Temin sürecinin uzaması ise üretim sektöründeki çevrim süresinin uzamasına benzetilebilir. Bu hataların hastaya yansıma durumu stok seviyesine

Tablo 4. 1: Olası hata türleri ve etkileri

S. No	Süreç Adımları	H. No	Hata Türü	Hata Etkisi
1	İhtiyacın tespiti ve bildirim	1	İhtiyacın geç tespit edilmesi	Temin süresinin uzaması
		2	Eksik tespit edilmesi	Temin süresinin uzaması
		3	Satın alma Talep formunun yanlış doldurulması	Temin süresinin uzaması
		4	Talep formunun ve teknik şartnamenin geç teslim edilmesi	Temin süresinin uzaması
2	Teknik Şartnamenin Hazırlanması	5	İhtiyacın yanlış tanımlanması	Hasta üzerinde küçük alerjik etki vb.
		6	Mevzuata aykırı ve rekabeti engelleyici maddeler	Maliyetin yükselmesi veya temin süresinin uzaması
3	Yaklaşık Maliyet	7	Yaklaşık maliyetin yanlış hazırlanması	Maliyetin yükselmesi veya temin süresinin uzaması
		8	Uzun sürmesi	Temin süresinin uzaması
4	İhale Usulünün Tespiti	9	İhale Usulünün yanlış belirlenmesi	İdari ceza/ nadiren temin süresinin uzaması
5	İhale Dokümanı	10	Eksik veya yanlış idari hükümler konulması	İhale iptal edilebilir veya işin yürütülmesi sırasında problemler yaşanabilir
		11	Mevzuata aykırı ve rekabeti engellemeci tanımlamalar	İhale iptal edilir ve maliyetler artar
6, 13	İhale /Doğrudan temin için onay alınması	12	Ödeneği olmayan işe onay alınması	İdari ceza/ ihale iptal edilir.
7	İhale Komisyonunun Kurulması	13	Geç kurulma	İhale iptal edilir.
		14	Eksik sayı	İhale iptal edilir.
8	İhale İlânı	15	Eksik bilgi	İhale iptal edilir.
		16	İhale dokümanı ile çelişen ifadeler	İhale iptal edilir.
		17	Sürenin kısa	İhale iptal edilir.
11	Tekliflerin Değerlendirilmesi ve İhalenin Karara Bağlanması	18	Yanlış değerlendirme	İhale iptal edilir veya düzeltici faaliyet
		19	Geç karar alınması	Temin süresinin uzaması
12	İhale Sonucunun Bildirilmesi ve Sözleşme Yapılması	20	Eksik bildirim	Temin süresinin uzaması
		21	Geç bildirim	Temin süresinin uzaması
14	Görevlendirme	22	Uzman görevlendirilmemesi	Temin süresinin uzaması/ tedavi süresinin uzaması vb.
15	Piyasa araştırması	23	Yeterli araştırmanın yapılmaması	Maliyetin yükselmesi
16	Tekliflerin değerlendirilmesi ve piyasa araştırma formunun doldurulması	24	Uzun sürmesi	Temin süresinin uzaması
17	Sipariş, muayene ve kabul işlemleri	25	Siparişin yükleniciye ulaşmaması	Temin süresinin uzaması
		26	Geç sipariş	Temin süresinin uzaması
		27	Uygun olmayan ürünün kabulü	Tedavi süresinin uzaması, alerjik etki vb. küçük problemler
		28	M. Komisyonun geç toplanması	Temin süresinin uzaması

ve idarenin farklı alternatifler üretebilmesine bağlıdır. Fakat etkiler tanımlanırken sürecin ne kadar uzayacağı konusu uygulamanın bir sonraki aşamasında hata etkileri puanlandırılırken dikkate alınacaktır. Süreç ne kadar uzarsa ağırlık etkisinin de o kadar artacağı açıktır. Benzer şekilde ihalenin ilk adımlarda iptal edilmesi durumunda kaybedilen süre ile son adımlarda iptal edilmesi durumunda kaybedilen süre farklı olacaktır. Dolayısıyla ağırlıkları da değişecektir.

Tablo 4. 2: Süreçteki hata nedenleri

H. No	Hata Türü	Hata Nedeni
1	İhtiyacın geç tespit edilmesi	İstem yapılırken bazı malzemelerin unutulması
2	Eksik tespit edilmesi	Yıllık tüketimin tahmin edilememesi
3	Satın alma Talep formunun yanlış doldurulması	Personel
4	Talep formunun ve teknik şartnamenin geç teslim edilmesi	Teknik şartname beklenmesi
5	İhtiyacın yanlış tanımlanması	Ürün hakkında yeterli bilgi sahibi olunmaması
6	Mevzuata aykırı ve rekabeti engelleyici maddeler	Piyasadaki ürünlerin teknik özelliklerinin bilinmemesi
7	Yaklaşık maliyetin yanlış hazırlanması	Teknik şartnamelerin firmalara gönderilmemesi
8	Uzun sürmesi	Firmaların geç cevap vermesi veya hiç vermemesi
9	İhale Usulünün yanlış belirlenmesi	Yaklaşık maliyetin yanlış hesaplanması veya alınacak ürünün niteliklerinin bilinmemesi
10	Eksik veya yanlış idari hükümler konulması	Personelin tecrübe ve bilgi eksikliği
11	Mevzuata aykırı ve rekabeti engellemeci tanımlamalar	Personelin tecrübe ve bilgi eksikliği
12	Ödeneği olmayan işe onay alınması	Onay alınmadan önce ödenek durumunun kontrol edilmemesi
13	Geç kurulma	Personel bilgi eksikliği veya ihmalkarlığı
14	Eksik sayı	Personel bilgi eksikliği veya dalgınlığı
15	Eksik bilgi	Personelin tecrübe ve bilgi eksikliği ve dalgınlık
16	İhale dokümanı ile çelişen ifadeler	Personelin tecrübe ve bilgi eksikliği ve dalgınlık
17	Sürenin kısa	Bilgi eksikliği
18	Yanlış değerlendirme	Numunelerin öznel kriterlere göre incelenmesi
19	Geç karar alınması	Numune ve belge kontrolünün uzun sürmesi
20	Eksik bildirim	Personelin bilgi eksikliği veya dalgınlığı
21	Geç bildirim	Personelin bilgi eksikliği veya dalgınlığı
22	Uzman görevlendirilmemesi	Alınacak malzemenin standart olduğu bu nedenle uzman görevlendirilmesine gerek olmadığı düşüncesi
23	Yeterli araştırmanın yapılmaması	malzeme ile ilgili yeterli sayıda firmaya ulaşılamaması veya sürenin kısa olması
24	Uzun sürmesi	Numune inceleme aşamasının uzaması
25	Siparişin yükleniciye ulaşmaması	Yüklenicinin faksının meşgul veya arızalı olması
26	Geç sipariş	Stok kontrolünün düzgün yapılmaması
27	Uygun olmayan ürünün kabulü	Komisyon üyelerinin iş yoğunluğu nedeniyle yeterli zaman ayıramaması
28	M. Komisyonun geç toplanması	Üyelerin asli görevlerinin muayene olmaması ve asli görevlerinin yoğunluğu

Süreçteki hata nedenleri ise Tablo 4.2’ de verilmiştir. Süreçte doğrudan bir kontrol işlemi yoktur. Hataların kontrolü ya yine işi yapan kişi tarafından ya da amiri tarafından yapılmaktadır. Bu da işlem her aşamasında ve düzensiz olarak yapıldığından her hata türü için ayrı bir mevcut kontrol noktası tanımlanmamıştır. Fakat ita amiri onayları, isteklilerin ihale dokümanını görmesi ve ihale sonucun bütün isteklilere bildirilmesi işlemleri aynı zamanda kendilerinden önceki işlemler için kontrol noktasıdır.

4.4.4 Hata türlerinin değerlendirilmesi

Hata türlerinin değerlendirilmesi risk faktörleri olan olasılık (sıklık), şiddet (ağırlık) ve saptanabilirlik değerlerinin puanlandırılmasıyla mümkündür. Bu amaçla genellikle onlu skalalar kullanılmaktadır. Risk faktörleri puanlandırılırken değişik istatistiksel teknikler kullanılır veya uzman görüşüne başvurulur. Bu çalışmada yeterli veri olmadığından risk faktörlerinin tamamı uzman görüşü alınarak belirlenmiştir.

Hata türlerine değerlendirilmesine dair değerler Tablo 4.3’ de verilmiştir. Daha öncede belirtilen nedenlerle hata şiddetleri belirlenirken, aynı hata etkisiyle tanımlanan “ihalenin iptal edilmesi” etkisine farklı değerler verilmiştir. Bu durum aynı etkiye sahip hata türleri aynı şiddet değerini alır ilkesine ile çelişmemektedir. Çünkü ihale son aşamalarda iptal edilirse kaybedilecek zaman ve iş gücü ilk aşamalara göre daha fazladır. Aynı şekilde “temin süresin uzaması” olarak çok sayıda hata etkisi tanımlanmıştır. Burada sürecin ne kadar uzayacağına göre farklı şiddet değerleri verilmiştir. Hata türleri tanımlanırken sürecin az uzaması ve çok uzaması gibi terimler kullanılmamıştır. Çünkü uzaman görüşü içeren bu terimlerin tekrar aynı uzmanların görüşü ile onlu skalalara aktarılması yanılma payını yükseltecektir.

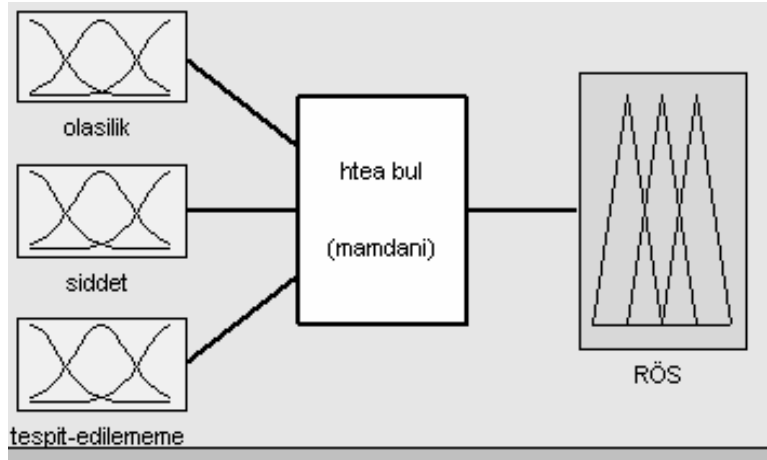
Tablo 4. 3: Hata türlerinin değerlendirilmesi

H. No	Hata Türü	Sıklık/ (Olasılık)	Ağırlık (Şiddet)	Saptana-bilirlik	RÖS	Bulanık RÖS
1	İhtiyacın geç tespit edilmesi	6	8	9	432	7,69
2	Eksik tespit edilmesi	5	6	7	210	7,69
3	Satın alma Talep formunun yanlış doldurulması	1	3	2	6	2,5
4	Talep formunun ve teknik şartnamenin geç teslim edilmesi	4	6	3	72	5,49
5	İhtiyacın yanlış tanımlanması	4	6	6	144	6,5
6	Mevzuata aykırı ve rekabeti engelleyici maddeler	3	6	5	90	5,49
7	Yaklaşık maliyetin yanlış hazırlanması	2	6	6	72	5,49
8	Uzun sürmesi	6	6	4	144	6,5
9	İhale Usulünün yanlış belirlenmesi	1	4	7	28	3,39
10	Eksik veya yanlış idari hükümler konulması	1	6	5	30	2,5
11	Mevzuata aykırı ve rekabeti engellemeci tanımlamalar	1	6	5	30	2,5
12	Ödeneği olmayan işe onay alınması	1	7	3	21	3,39
13	Geç kurulma	1	6	1	6	1,46
14	Eksik sayı	1	6	1	6	1,46
15	Eksik bilgi	1	8	2	16	3,39
16	İhale dokümanı ile çelişen ifadeler	1	8	2	16	3,39
17	Sürenin kısa	1	8	2	16	3,39
18	Yanlış değerlendirme	3	9	2	54	4,5
19	Geç karar alınması	8	8	3	192	5,49
20	Eksik bildirim	1	6	2	12	2,5
21	Geç bildirim	1	6	1	6	1,46
22	Uzman görevlendirilmemesi	1	7	2	14	3,39
23	Yeterli araştırmanın yapılmaması	3	3	3	27	2,5
24	Uzun sürmesi	5	7	4	140	4,5
25	Siparişin yükleniciye ulaşmaması	2	6	4	48	5,49
26	Geç sipariş	1	6	5	30	2,5
27	Uygun olmayan ürünün kabulü	1	5	6	30	2,5
28	M. Komisyonun geç toplanması	4	5	2	40	4,5

4.4.4.1 Risk öncelik sayısının hesaplanması

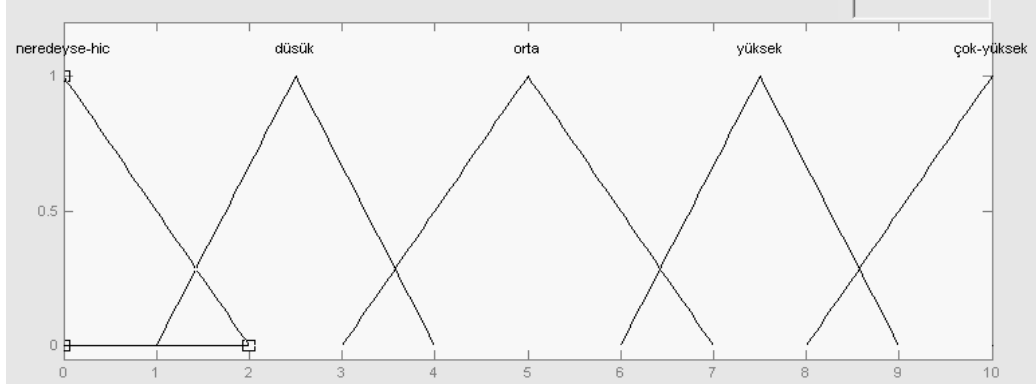
Yukarıda sonuçların karşılaştırılabilmesi için geleneksel yöntemle hesaplanmış risk öncelik sayısı da verilmiştir. Fakat bu çalışmada bulanık mantık yaklaşımı ile hesaplanan risk öncelik sayısı kullanılacaktır. Çünkü yeterli veriye sahip olunmaması ve bazı faktörlerin belirsiz olması nedeniyle uzman görüşü kullanılmıştır. Örneğin, süreçte hata etkileri tanımlanırken herhangi bir hatanın süreci kaç gün uzatacağı net olarak söylenemez. Ancak az uzatır veya çok uzatır gibi değişkenler kullanılabilir. Bu tür belirsiz durumlarda ve uzman görüşündeki öznelğin telafi edilmesinde bulanık mantık yaklaşımının faydaları bilinmektedir.

Bulanık mantık ile RÖS değerinin hesaplanmasında Matlab programının fuzzy logic toolbox'undan faydalanılmıştır. HTEA tekniği için 3 girdi ve 1 çıktı değişkeni olan Şekil 4. 4' deki model kurulmuş, böylelikle 3 faktör birleştirilerek risk öncelik sayısı hesaplanmıştır.



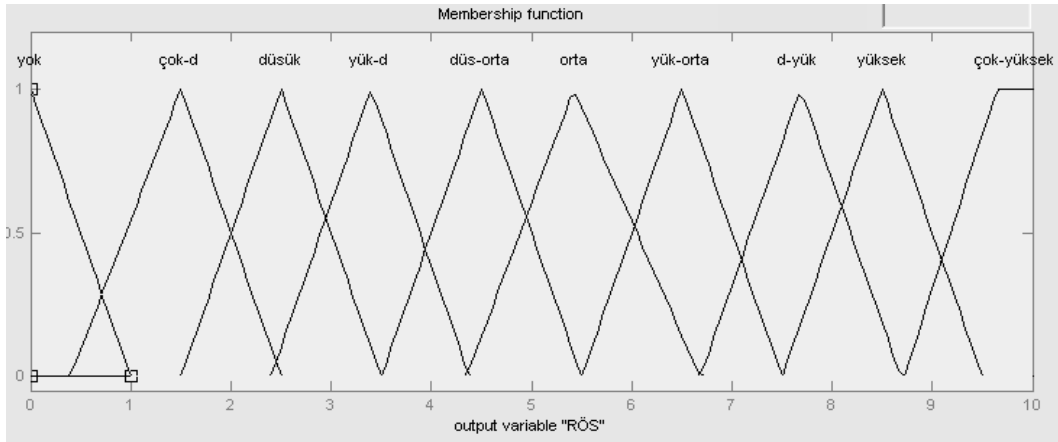
Şekil 4. 4: Bulanık HTEA modeli

Girdi değişkenleri olan olasılık şiddete ve tespit edilememe (saptanabilirlik) için Şekil 4.5' deki üyelik fonksiyonu çıktı değeri olan RİS için ise Şekil 4.6' daki üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.



Şekil 4. 5. Girdi değişkenleri üyelik fonksiyonu

Şekilden de görüldüğü gibi girdi değerleri için üyelik fonksiyonları oluşturulurken onlu skala 5 farklı bölgeye bölünmüştür. Üçgen üyelik fonksiyonları ile temsil edilen bu alt bölgeler sırasıyla; neredeyse hiç, düşük, orta, yüksek ve çok yüksektir. Çıktı değişkeni olan RÖS için ise onlu skala 10 farklı parçaya bölünmüştür. Bunlar sırasıyla; yok, çok-düşük, düşük, yüksek-düşük, düşük-orta, orta, yüksek-orta, düşük-yüksek, yüksek ve çok yüksektir.



Şekil 4. 6: Çıktı değişkeni üyelik fonksiyonu

Modelde 125 kuraldan oluşan bir kural tabanı kullanılmıştır. Kurallar olası bütün durumlar tek tek değerlendirilerek tamamen uzman bilgisi dikkate alınarak yazılmıştır. Kurallardan bazıları şu şekildedir:

- ✓ EĞER olasılık= neredeyse hiç VE şiddet= neredeyse hiç VE tespit edilemememe= neredeyse hiç İSE RÖS=yok (risk yoktur),

- ✓ EĞER olasılık= neredeyse hiç VE şiddet= orta VE tespit edilememe = çok yüksek İSE RÖS= düşük yüksek olur,
- ✓ EĞER olasılık= çok yüksek VE şiddet orta VE tespit edilemem= çok yüksek İSE RÖS= yüksek orta olur,
- ✓ EĞER olasılık= çok yüksek VE şiddet= çok yüksek VE çok yüksek = neredeyse hiç İSE RÖS= çok yüksek olur
- ✓ Kuralların tamamı Ek 1’ de tablo şeklinde verilmiştir. Çıkarım mekanizmasında mamdani yöntemi kullanılmış ve sonuçlar Ağırlık merkezi yöntemi ile durulanmıştır.

4.4.5 Risk Öncelik Sayısının Değerlendirilmesi ve Önlemlerin Belirlenmesi

Hesaplanan bulanık RÖS değerlerine hata türlerinin öncelik sırası Tablo 4.4’ de verilmiştir. Bulanık model ile hata türleri belli risk önceliklerine göre kümelere ayrılmıştır. Aynı küme içindeki hata türleri sırasıyla şiddet, saptanabilirlik ve olasılık değerlerine göre sıralanarak öncelik sıraları belirlenmiştir.

Tablo 4. 4: Hata türlerinin öncelik sırası

No	Hata Türü	Geleneksel		Bulanık RÖS	Öncelik Sırası
		RÖS	Sıra		
1	İhtiyacın geç tespit edilmesi	432	1	7,69	1
2	Eksik tespit edilmesi	210	2	7,69	2
5	İhtiyacın yanlış tanımlanması	144	4	6,5	3
8	Uzun sürmesi	144	5	6,5	4
19	Geç karar alınması	192	3	5,49	5
7	Yaklaşık maliyetin yanlış hazırlanması	72	8	5,49	6
6	Mevzuata aykırı ve rekabeti engelleyici maddeler	90	7	5,49	7
25	Siparişin yükleniciye ulaşmaması	48	11	5,49	8
4	Talep formunun ve teknik şartnamenin geç teslim edilmesi	72	9	5,49	9
18	Yanlış değerlendirme	54	10	4,5	10
24	Uzun sürmesi	140	6	4,5	11
28	M. Komisyonun geç toplanması	40	12	4,5	12
15	Eksik bilgi	16	20	3,39	13
16	İhale dokümanı ile çelişen ifadeler	16	21	3,39	14
17	Sürenin kısa	16	22	3,39	15
12	Ödeneği olmayan işe onay alınması	21	19	3,39	16
22	Uzman görevlendirilmemesi	14	23	3,39	17
9	İhale Usulünün yanlış belirlenmesi	28	17	3,39	18
10	Eksik veya yanlış idari hükümler konulması	30	13	2,5	19
11	Mevzuata aykırı ve rekabeti engellemeci tanımlamalar	30	14	2,5	20
26	Geç sipariş	30	15	2,5	21
20	Eksik bildirim	12	24	2,5	22
27	Uygun olmayan ürünün kabulü	30	16	2,5	23
23	Yeterli araştırmanın yapılmaması	27	18	2,5	24
3	Satın alma Talep formunun yanlış doldurulması	6	28	2,5	25
13	Geç kurulma	6	25	1,46	26
14	Eksik sayı	6	26	1,46	27
21	Geç bildirim	6	27	1,46	28

Tablo 4. 5: Belirlenen önlemler

No	Hata Türü	Hata Nedeni	B. RÖS	Önlem	Termin Tarihi
1	İhtiyacın geç tespit edilmesi	İstem yapılırken bazı malzemelerin unutulması	7,69	Tıbbi sarf malzeme bilgi bankası oluşturulması	01.09.2008
2	Eksik tespit edilmesi	Yıllık tüketimin tahmin edilememesi	7,69	Eski veriler ile değerlendirilerek ihtiyaçların servis sorumlusu ve depo sorumlularınca birlikte belirlenmesi	01.08.2008
4	Talep formunun ve teknik şartnamenin geç teslim edilmesi	Teknik şartname beklenmesi	5,49	Tıbbi sarf malzeme bilgi bankası oluşturulması	01.09.2008
5	İhtiyacın yanlış tanımlanması	Ürün hakkında yeterli bilgi sahibi olunmaması	6,5		
6	Mevzuata aykırı ve rekabeti engelleyici maddeler	Piyasadaki ürünlerin teknik özelliklerinin bilinmemesi	5,49		
7	Yaklaşık maliyetin yanlış hazırlanması	Teknik şartnamelerin firmalara gönderilmemesi	5,49	T. şartnamelerin Hastanenin internet sitesinde veya ücretsiz ihale sitelerinde yayımlanması ve önceki alımların kullanılması	01.09.2008
8	Uzun sürmesi	Firmaların geç cevap vermesi veya hiç vermemesi	6,5		
12	Ödeneği olmayan işe onay alınması	Onay alınmadan önce ödenek durumunun kontrol edilmemesi	3,39	Ödenek durumunun yılın ikinci yarısında 3 ayda bir güncellenerek personele bildirilmesi	01.06.2008
15	Eksik bilgi	Personelin tecrübe ve bilgi eksikliği ve dalgınlık	3,39	Personelin eğitimi	yapıldı
16	İhale dokümanı ile çelişen ifadeler		3,39	Personelin eğitimi	yapıldı
17	Sürenin kısa		Bilgi eksikliği	3,39	Personelin eğitimi
18	Yanlış değerlendirme	Numunelerin öznel kriterlere göre incelenmesi	4,5	Numunesi uygun görülmeyen istekliye bilgi verilerek eksikliğin teyit edilmesi	İlk alımda itibaren
19	Geç karar alınması	Numune ve belge kontrolünün uzun sürmesi	5,49	İsteklilerden ihale tarihinden önce numune istenmesi	İlk alımda itibaren
20	Eksik bildirim	Personelin bilgi eksikliği veya dalgınlığı	2,5	Personelin eğitimi	yapıldı
21	Geç bildirim	Personelin bilgi eksikliği veya dalgınlığı	1,46	Personelin eğitimi	yapıldı
22	Uzman görevlendirilmemesi	Alınacak malzemenin standart olduğu bu nedenle uzman görevlendirilmesine gerek olmadığı düşüncesi	3,39	Her malzeme için en az bir uzman görevlendirilmesi	Uygulanmaya başlandı
23	Yeterli araştırmanın yapılmaması	malzeme ile ilgili yeterli sayıda firmaya ulaşılamaması veya sürenin kısa olması	2,5	Ücretsiz ihale sitelerinin kullanılması	01.09.2008
24	Uzun sürmesi	Numune inceleme aşamasının uzaması	4,5	Daha önce kullanılmış ürünlerden numune istenmemesi	Uygulanmaya başlandı
25	Siparişin yükleniciye ulaşmaması	Yüklenicinin faksının meşgul veya arızalı olması	5,49	Telefonla teyit alınması	Uygulanmaya başlandı
28	M. Komisyonun geç toplanması	Üyelerin asli görevlerinin muayene olmaması ve asli görevlerinin yoğunluğu	4,5	İş yoğunluğu daha az kişilerin komisyonda görevlendirilmesi	Uygulanmaya başlandı

Risk düzeyi düşük orta yani, bulanık RÖS değeri 3,5 ve daha yüksek olan hata türleri için mutlaka önlem alınması kararlaştırılmıştır. Fakat bu değer altında olan bazı hata türleri içinde basit önlemler belirlenmiştir. Önlem alınmasına karar verilen hata türleri ve alınan önlemler Tablo 4.5’ de verilmiştir.

4.4.6 Önlemlerin uygulanması

Hata türlerinden 15,16,17,20 ve 21. hata türleri için personele eğitim verilmesi öngörülmüştür. Bu hata türleri düşük RÖS değerine sahiptirler çünkü; olasılıkları ve tespit edilememe değerleri düşüktür. Bu faktörlerin düşük olmasının nedeni; satın almada çalışan ekibin daha önce eğitime tabi tutulmuş olmalarıdır. Bu hatalara neden olabilecek bilgi eksikliği toplamda 2-3 dakikalık bir eğitimle giderilebilmektedir. Uygulama sırasında söz konusu hata türleri tespit edildiğinde ekibe ilgili kurallar hatırlatılmıştır.

Bir sonraki dönemde kullanılacak malzeme miktarları halen önceki dönem verilerine göre depo tahmin edilmektedir. Fakat branş belirli branşlarda hekim sayısının değişmesi, aynı ilçede bulunan hastanenin deprem tadilatına girmesi gibi nedenlerden dolayı bu tahminler sağlıklı olmamaktadır. Tahminlerin ilgili birim sorumluları ile birlikte yapılması durumunda daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilir. Çünkü birim sorumluları en azından kısa vadede olabilecek değişiklikten haberdardırlar.

Birçok hata türünde ise tıbbi sarf malzeme bilgi bankası oluşturulması önerilmiştir. Önerilen bilgi bankası 2 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm hastanede kullanılan ürünlerin listesidir. Tıbbi malzeme katalogu olarak adlandırılan bu listelerde malzemelerin stok kodu Ulusal Bilgi Bankasındaki tam adı ve branş kodunun belirtilmesi planlanmaktadır. Bu listenin 15 günde hazırlanabilir. Fakat bu listeye ek olarak her bir ürünün teknik şartnamesinin eklenerek bilgi bankasının 2. bölümünün oluşturulması ancak 3 ayda tamamlanabilecektir. Teknik şartname doyası olarak adlandırılan 2. bölüm oluşturulurken diğer hastanelerin kullanmış oldukları şartnameler ve halen hastanede kullanılan şartnamelerden faydalanılacaktır. Hastanede kullanılan malzemelerin yaklaşık %75 teknik şartnamesi bulunmaktadır. Fakat bu şartnameler farklı birimlerde olup çoğunun elektronik kaydı bulunmaktadır.

Bu şartnamelerin toplanması, elektronik ortama aktarılması ve daha sonra bunların diğer kamu kuruluşlarından toplanan şartnamelerle karşılaştırılarak yeniden düzenlenmesi ancak 3 ayda tamamlanabilir. Bu işlem tamamlandığında her bir şartnameyi numara verilerek şartnameler hastanenin internet sitesinde yayınlanacaktır. Bu işlem sonucunda hastanenin tıbbi sarf malzeme girdileri tanımlanmış olacaktır.

Bilgi bankası oluşturulduktan sonra bu bankada yer almayan ürünler talep edilebilmesi için öncelikle malzemenin Kalite Yönetim Masasından izin alınarak bilgi bankasına dahil edilmesi istenilecek bu aşamada istemde bulunan kişiden ürünün teknik şartnamesi ve katalogta aranan diğer bilgileri tamamlaması istenilecektir. Böylelikle bilgi bankası genişletilecektir. Bilgi bankasının oluşturulmasında satın alma biriminin koordinasyonu sağlaması gerekmektedir.

Bilgi bankası oluşturulduktan sonra servis sorumluları ürün listelerini kullanarak malzeme talebinde yapma imkanı kazanacak böylelikle bazı ürünlerin unutulma olasılığı düşecektir.

Mevcut sistemde teknik şartnameler elektronik ortamda olmadıklarından bunların isteklilere fakslanması gerekmektedir. Bazen 20 sayfaya aşan şartnamenin 10-15 istekliye fakslanması gerekmektedir. Bu durum bazen şartnamelerin fakslanmamasına ve gereksiz iş yüküne neden olmaktadır. Şartnamelerin internet sayfasında yayınlaması ile faks ihtiyacı büyük ölçüde azalacaktır. Ayrıca şartnamelerin elektronik ortama aktarılması ile doğrudan teminlerin gerektiğinde ücretsiz internet sitelerinde yayınlanması kolaylaşacaktır. Bu siteler sayesinde çok sayıda istekli firmaya ulaşılabilir. Sayılan faydaları nedeniyle bilgi bankasının oluşturulması yaklaşık maliyet hazırlanmasını ve piyasa araştırmasını kolaylaştıracak ve daha etkin sonuçlar alınmasını sağlayacaktır.

Teknik şartnameler sürekli olarak isteklilere açık olduğundan şartnamede yer alan uygunsuzluklar isteklilerden gelen geri bildirimler sayesinde zamanla yok olacaktır.

Alım bilgileri mevcut sistemde satın alma biriminde tutulmaktadır. Fakat bu verilerin kayıt edilmesine yaklaşık 3 yıl önce başlandığından veriler yeni yeni kullanılmaya başlanmaktadır. Bu veriler sayesinde bazı ürünlerin maliyeti piyasa araştırması

yapılmadan tahmin edilebilmektedir. Fakat bu kayıtlarda bazı problemler yaşanmaktadır. Ürünler isimlerine göre kaydedilmekte aynı malzeme farklı isimlerle anılması veya malzeme isminin yanlış yazılması nedeniyle bilgiler verimli kullanılmamaktadır. Bu alım bilgilerinin stok kodları ile kaydedilmesi durumunda veriler kullanışlı olacaktır.

Tekliflerin değerlendirilmesinde sürenin uzamasının temel nedeni numune deneme sürecinin uzun olmasıdır. Mevcut sistemde ihale yöntemi ile alım yapılırken öncelikle ihale yapılmakta ve belgeler kontrol edilmekte sonra gerekli görünen isteklilerden numune istenmektedir. Bu uygulama rekabeti artırmakta fakat temin süresini uzatmaktadır. Bunun yerine fiyatı düşük olan ürünler için numunelerin ihale günü teslim alınması ve belge inceleme aşaması ile numune değerlendirme aşamasının birlikte yürütülmesi önerilmiştir. Fakat yeterli sürenin bulunduğu ve ihale sürecinin uzamasının sakıncalı olmadığı durumlarda mevcut uygulamanın devam ettirilmesi daha uygundur. Numune değerlendirme aşamasını kısaltabilecek diğer bir yöntem ise daha önce alımı yapılmış ve problem yaşanmamış markalardan numune istenilmemesidir. Fakat bu aşamada ilgi uzmanların ve son kullanıcıların mutlaka görüşü alınmalıdır.

Uygulama süresince yapılan işlemler Ek 2' deki HTEA formunda özetlemiştir.

BÖLÜM 5. SONUÇ

Günümüzde değişen kalite anlayışı ile hata ayıklama yöntemlerinin yerine hata önleyici yöntemler kullanılmaya başlanılmıştır. Çünkü hata ayıklama yönteminde hatanın müşteriye ulaşma ihtimali yüksektir. Hata müşteriye ulaşmadan tespit edilebilse dahi hatalı ürüne harcanan girdiler israf olacaktır. Bu da işletmelerin rekabet gücünü azaltmaktadır.

Hata önleme amacıyla kullanılan farklı teknikler vardır. Hata türü ve etkileri analizi bu tekniklerden biri olup oldukça yaygın bir uygulama alanına sahiptir. HTEA analizi müşteri odaklı bir teknik olup uygulandığı işletmelere yüksek bir müşteri tatmini ve kalite standardı sağlamaktadır.

HTEA tekniğinde hata türleri risk düzeylerine göre önceliklendirilir. En yüksek önceliğe sahip hata türünden başlanarak sırayla hata türleri için önlemler belirlenir. Böylelikle tasarım veya süreç adım adım iyileştirilir. Geleneksel HTEA hata türlerini sıralamak için risk öncelik sayısını kullanır fakat son zamanlarda risk öncelik sayısının hesaplanması noktasında bazı eleştiriler getirilmiştir. Bu eleştiriler sonucunda geleneksel HTEA tekniğinin bazı eksikliklerini gidermek için bu tekniğin bulanık mantık ile birlikte kullanılması önerilmiştir.

HTEA tekniği diğer risk analizi teknikleri gibi sayısal verilere ihtiyaç duyar. Yeterli verinin bulunmadığı yada verilerin güvenilir olmadığı durumlarda olasılık, şiddet ve saptanabilirlik değerleri uzman görüşüne başvurulmuş ve sayısallaştırılır. Bu tür durumlarda uzman görüşü çoğunlukla az, çok vb. dilsel değişkenler olup belirsizlik içermektedir. Bu tür belirsiz ifadelerin bulanık mantık yaklaşımı ile işlenmesi daha sağlıklı sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada bulanık HTEA tekniği bir kamu Hastanesinin tıbbi sarf malzeme satın alma sürecine uygulanmıştır. Süreçte 28 hata türü tespit edilmiş ve bunların neden ve etkileri belirlenerek Matlab programı kullanılarak risk öncelikleri belirlenmiştir.

Başta tıbbi sarf malzeme bilgi bankasının oluşturulması olmak üzere farklı önerilerde bulunulmuş ve bu önerilerin bir kısmının uygulanmıştır. Diğer kısmı içinde bir uygulama planı oluşturulmuştur. Fakat bu önlemlerin uygulanması uzun zaman aldığından bu çalışma süresi içerisinde tamamlanamamıştır.

Belirlenen bütün önlemlerin uygulanması sonucunda temin süresinde % 20 harcanan iş gücünde %15 civarında düşüş sağlanması hedeflenmektedir. Ayrıca alımlarda rekabet artacak ve daha şeffaf alımlar gerçekleştirilecektir.

KAYNAKLAR

1. Yağar, H., “Toplam Kalite Yönetimi ile Organizasyonel Performans İlişkisi ve Finans Sektörü Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 4, (2007).
2. Büker, E., “Toplam Kalite Yönetimi Anlayışı ile Altı Sigma Kalite Yönetimi Anlayışının Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Deniz Harp Okul Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü**, İstanbul,7, 37, (2007).
3. Kaptan, K.B., “Toplam Kalite Yönetimi Uygulamalarının Örgütün Sahip Olduğu İnsan Kaynakları Üzerine Etkisi ”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**,Ankara, 6, (2007).
4. Amirov, T., “Tedarik Zinciri Yönetimi ve Toplam Kalite Yönetimi İlişkisi ”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**,Ankara, 43-46, (2007).
5. Guimaraes, Antonio C.F., Lapa, Celso Marcelo Franklin “Effects Analysis Fuzzy Inference System In Nuclear Problems Using Approximate Reasoning” **Annals of Nuclear Energy**, 31, 107–115, (2004) .
6. Teoh P.C., Case K. “Failure modes and effects analysis through knowledge modelling” **Journal of Materials Processing Technology**, 153–154, S: 253–260, (2004).
7. Cassanelli, G., Mura, G., Fantini, F, Vanzi, M., Planoc,B., “Failure Analysis-assisted FMEA”, **Microelectronics Reliability**, 46, 1795–1799, (2006).
8. Aran G., “Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (fmea) ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**,Tokat,12,17, 29-48, 57-68, (2006).
9. Durhan D., “Hata Türü Ve Etkileri Analizi (Fmea) ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**,Ankara,12-13, 15, 21-48,(2006).
10. Eleren A. “Eğitim Başarısının Artırılmasında Süreç Geliştirme Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama”, **Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi**, C.IX ,S II, 1-25, (2007).
11. Yılmaz, B.S., “Hata Türü ve Etki Analizi”, **Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt 2, Sayı:4,S:133-150, (2000).

12. Pillay, A., Wang, J. “Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning”, *Reliability Engineering and System Safety*, 79, 69–85, (2003).
13. Sharma, R.K, Kumar D., Kumar P. “Predicting uncertain behavior of industrial system using”, *Applied Soft Computing*, 8, 96–109, (2008).
14. Guimaraes, A.C.F., Lapa, C. M. F., “Fuzzy inference to risk assessment on nuclear engineering systems”, *Applied Soft Computing*, 7, 17–28, (2007).
15. Xu, K, Tang L.C, Xie M.,Ho S.L.,Zhu M.L., “Fuzzy assessment of FMEA for engine systems”, *Reliability Engineering and System Safety*, 75,17–29,(2002).
16. Eryürek Ö.F, Tanyaş M., “Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı ”, *İTÜ Dergisi*, 46, C:2, Sayı:6, 31-40, (2003).
17. Rhee, S.J, Ishii K., “Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability”, *Advanced Engineering Informatics*, 17, 179–188, (2003).
18. Sütbakan, İ. M., “Otomotiv Yan Sanayii, Gemi İnşaatı Yan Sanayiinin Geliştirilmesinde Nasıl Kullanılabilir”, *Gemi Mühendisliği ve Sanayimiz Sempozyumu*, TMMOB Gemi Mühendisleri Odası, İstanbul, 313-323, 2004
19. Söylemez C., “Hata Türü Etkileri Analizi İş Güvenliği Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara,14,35,37, (2006).
20. Musabeyli E. N. “ Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizinin Etkinliği için Bir Model ve Uygulama” *Endüstri Mühendisliği Derisi*, C.15,3 S:17-26, (2004).
21. Özay, S. “Ürün Geliştirmede Toplam Kalite Yönetim Tekniklerinden Hata Türü ve Etkileri Analizinin İncelenmesi ve Bu Tekniğin Bir Otomotiv Firmasındaki Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul,(1999).
22. Şamur, M.S, “Otomotiv Servislerinde FMEA ve FTA Hata Önleme Tekniklerinin Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2005).
23. Akın, B. “İSO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi”,*Bilim Teknik Yayınevi*, İstanbul, 23, (1998).
24. Öztekin C., “Hizmet sektöründe Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 14, 42, (2006).
25. SU, C.T. ve Chou, C.J., “A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects:A case study of semiconductor foundry”, *Expert Systems with Applications*, 34, 2693–2703, (2008).

26. Scipioni, A.,Saccarolave, G., Centazzo, A., Arena,F. “FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company”, *Food Control*, 13, 495–501, (2002).
27. Baysal M.E., ve Başkan M.S., “Orta Ölçekli Bir İşletmede Hata Türü ve etkileri Analizi (FMEA) Uygulaması”, *Makina-İmalat Teknolojileri Sempozyumu*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Konya, s.148-153, (1999).
28. Çelik, E. S. “Alüminyum Döküm Atık Maddelerinin Çevresel Etkilerinin FMEA Sistemi ile İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 37, 43,51, (2007).
29. Bilgin, Ö., “Hata Türü ve Etkileri Analizi’nde Bulanık Mantık Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 29, 36, 40, (2006).
30. Seyed-Hosseini S.M., Safaei N., ve Asgharpour M.J., “Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique”, *Reliability Engineering and System Safety*, 91, 872–881, (2006).
31. Öndemir, Ö, Şen C.G., Baraçlı.H, “Hata Türü Ve Etkileri Analizinde Bulanık Mantık Yaklaşımının Kullanılabilirliği”, *Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi*, Çukurova Üniversitesi ve Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep,15-18 Haziran(2004).
32. Sırmakaya, E., “Veri Madenciliğinde Bulanık Mantık Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 25, (2005).
33. Şen, Z. “Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri”, *Su Vakfı Yayınları*, İstanbul, 1, 7, 9, 22- 30, 93, (2004).
34. Özkan, İ.A., “Tornalamada Kesme Kuvvetlerinin ve Takım Ucu Sıcaklığının Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağı Teknikleriyle Tahmin Edilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 4, 15-20, (2006).
35. Özden, S. “Bir Elektrikli Asansör Sisteminin Bulanık Mantık Tekniği ile Denetimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 28, (2007).
36. Kuşçu, D., “Karar Verme Süreçlerinde Bulanık Mantık Yaklaşımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 9, (2007).
37. Baykal, N., Beyan T., “Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler”,*Bıçaklar Kitabevi*, Ankara, 105-106, 132-133, 190,214, (2004).
38. Okul, D. “Analitik Ağ Süreci ve Bulanık Mantık Kullanımıyla Kalite Fonksiyon Yayılımının Mobilya Sektöründe Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 70-71, (2007).

39. Şentürk, S. “Deney Planlamasında Bulanık Mantık Yaklaşımı ”, Doktora Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 17- 25, (2006).
40. Görgülü, Ö. “Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Teorisi ve Tarımda Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma”, Doktora Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay, 25-26, 34-35,(2007).
41. Başaran, K. “Bulanık mantık ile latch optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 49 (2006).
42. Uludağ, N. “Ulaşım Ağlarında Rota Seçim Probleminin Bulanık Mantık İle Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 37,54, (2005)
43. Kişi, Ö., Karahan M.E., Şen Z. “Nehirlerdeki Askı Maddesi Miktarı Bulanık Mantık ile Modellenmesi” *İTÜ Dergisi*,C.2, S:3,S: 43-54, (2003).
44. Işık, A.H., “GSM Sisteminde Hücre Planlamasının Bulanık Mantık İle Denetimi ”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 76, (2005).
45. Esendal, H. “Eğirdir Gölü Su Seviyesi Mevsimsel Değişiminin Bulanık Mantık Metoduyla Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 32, (2007).
46. Kıyak, E., Kahvecioğlu, A., “Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi* ,C.1, S:2, 63-72, (2003).
47. Aydın, N. “Katı Atık Yönetiminde Optimal Planlama İçin Bulanık Doğrusal Programlama Yaklaşımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 56, (2007).
48. Bolat , Y., “Atlab-Simulink + PIC tabanlı bulanık mantık denetleyici tasarımı ve Gerçek Zamanlı Sıcaklık Kontrolü Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 30, (2006).

EKLER

EK- A. Kural Tabanı

No	Olasılık	Şiddet	Tespit Edilemem	RÖS
1	neredeys e hiç	neredeys e hiç	neredeys e hiç	yok
2	neredeys e hiç	neredeys e hiç	düşük	yok
3	neredeys e hiç	neredeys e hiç	orta	çok düşük
4	neredeys e hiç	neredeys e hiç	yüksek	düşük
5	neredeys e hiç	neredeys e hiç	çok yüksek	düşük
6	neredeys e hiç	düşük	neredeys e hiç	çok düşük
7	neredeys e hiç	düşük	düşük	düşük
8	neredeys e hiç	düşük	orta	düşük
9	neredeys e hiç	düşük	yüksek	yüksek düşük
10	neredeys e hiç	düşük	çok yüksek	düşük orta
11	neredeys e hiç	orta	neredeys e hiç	çok düşük
12	neredeys e hiç	orta	düşük	düşük
13	neredeys e hiç	orta	orta	düşük
14	neredeys e hiç	orta	yüksek	yüksek düşük
15	neredeys e hiç	orta	çok yüksek	yüksek düşük
16	neredeys e hiç	yüksek	neredeys e hiç	düşük
17	neredeys e hiç	yüksek	düşük	yüksek düşük
18	neredeys e hiç	yüksek	orta	düşük orta
19	neredeys e hiç	yüksek	yüksek	orta
20	neredeys e hiç	yüksek	çok yüksek	yüksek orta
21	neredeys e hiç	çok yüksek	neredeys e hiç	yüksek düşük
22	neredeys e hiç	çok yüksek	düşük	düşük orta
23	neredeys e hiç	çok yüksek	orta	orta
24	neredeys e hiç	çok yüksek	yüksek	yüksek orta
25	neredeys e hiç	çok yüksek	çok yüksek	yüksek
26	düşük	neredeys e hiç	neredeys e hiç	yok
27	düşük	neredeys e hiç	düşük	yok
28	düşük	neredeys e hiç	orta	çok düşük
29	düşük	neredeys e hiç	yüksek	düşük
30	düşük	neredeys e hiç	çok yüksek	düşük
31	düşük	düşük	neredeys e hiç	çok düşük
32	düşük	düşük	düşük	düşük
33	düşük	düşük	orta	yüksek düşük
34	düşük	düşük	yüksek	düşük orta
35	düşük	düşük	çok yüksek	orta
36	düşük	orta	neredeys e hiç	yüksek düşük
37	düşük	orta	düşük	düşük orta
38	düşük	orta	orta	orta
39	düşük	orta	yüksek	yüksek orta
40	düşük	orta	çok yüksek	düşük yüksek

Ek- A. Kural Tabanı (Devam)

No	Olasılık	Şiddet	Tespit Edilemem	RÖS
41	düşük	yüksek	neredeys e hiç	düşük orta
42	düşük	yüksek	düşük	orta
43	düşük	yüksek	orta	yüksek orta
44	düşük	yüksek	yüksek	düşük yüksek
45	düşük	yüksek	çok yüksek	yüksek
46	düşük	çok yüksek	neredeys e hiç	düşük orta
47	düşük	çok yüksek	düşük	düşük orta
48	düşük	çok yüksek	orta	orta
49	düşük	çok yüksek	yüksek	yüksek
50	düşük	çok yüksek	çok yüksek	yüksek
51	orta	neredeys e hiç	neredeys e hiç	çok düşük
52	orta	neredeys e hiç	düşük	çok düşük
53	orta	neredeys e hiç	orta	düşük
54	orta	neredeys e hiç	yüksek	yüksek düşük
55	orta	neredeys e hiç	çok yüksek	düşük orta
56	orta	düşük	neredeys e hiç	düşük
57	orta	düşük	düşük	yüksek düşük
58	orta	düşük	orta	düşük orta
59	orta	düşük	yüksek	orta
60	orta	düşük	çok yüksek	yüksek orta
61	orta	orta	neredeys e hiç	düşük orta
62	orta	orta	düşük	orta
63	orta	orta	orta	yüksek orta
64	orta	orta	yüksek	düşük yüksek
65	orta	orta	çok yüksek	yüksek
66	orta	yüksek	neredeys e hiç	düşük
67	orta	yüksek	düşük	yüksek düşük
68	orta	yüksek	orta	düşük orta
69	orta	yüksek	yüksek	yüksek orta
70	orta	yüksek	çok yüksek	düşük yüksek
71	orta	çok yüksek	neredeys e hiç	düşük yüksek
72	orta	çok yüksek	düşük	orta
73	orta	çok yüksek	orta	yüksek orta
74	orta	çok yüksek	yüksek	düşük yüksek
75	orta	çok yüksek	çok yüksek	yüksek
76	yüksek	neredeys e hiç	neredeys e hiç	yok
77	yüksek	neredeys e hiç	düşük	çok düşük
78	yüksek	neredeys e hiç	orta	düşük
79	yüksek	neredeys e hiç	yüksek	düşük
80	yüksek	neredeys e hiç	çok yüksek	yüksek düşük
81	yüksek	düşük	neredeys e hiç	çok düşük
82	yüksek	düşük	düşük	düşük
83	yüksek	düşük	orta	yüksek düşük
84	yüksek	düşük	yüksek	düşük orta
85	yüksek	düşük	çok yüksek	orta
86	yüksek	orta	neredeys e hiç	düşük
87	yüksek	orta	düşük	yüksek düşük

Ek- A. Kural Tabanı (Devam)

88	yüksek	orta	orta	düşük orta
89	yüksek	orta	yüksek	orta
90	yüksek	orta	çok yüksek	yüksek orta
91	yüksek	yüksek	neredeyse hiç	düşük orta
92	yüksek	yüksek	düşük	orta
93	yüksek	yüksek	orta	yüksek orta
94	yüksek	yüksek	yüksek	düşük yüksek
95	yüksek	yüksek	çok yüksek	yüksek
96	yüksek	çok yüksek	neredeyse hiç	orta
97	yüksek	çok yüksek	düşük	yüksek orta
98	yüksek	çok yüksek	orta	düşük yüksek
99	yüksek	çok yüksek	yüksek	yüksek
100	çok yüksek	çok yüksek	çok yüksek	çok yüksek
101	çok yüksek	neredeyse hiç	neredeyse hiç	çok düşük
102	çok yüksek	neredeyse hiç	düşük	çok düşük
103	çok yüksek	neredeyse hiç	orta	düşük
104	çok yüksek	neredeyse hiç	yüksek	düşük
105	çok yüksek	neredeyse hiç	çok yüksek	yüksek düşük
106	çok yüksek	düşük	neredeyse hiç	düşük
107	çok yüksek	düşük	düşük	yüksek düşük
108	çok yüksek	düşük	orta	yüksek düşük
109	çok yüksek	düşük	yüksek	düşük orta
110	çok yüksek	düşük	çok yüksek	orta
111	çok yüksek	orta	neredeyse hiç	yüksek düşük
112	çok yüksek	orta	düşük	yüksek düşük
113	çok yüksek	orta	orta	düşük orta
114	çok yüksek	orta	yüksek	orta
115	çok yüksek	orta	çok yüksek	yüksek orta
116	çok yüksek	yüksek	neredeyse hiç	düşük orta
117	çok yüksek	yüksek	düşük	orta
118	çok yüksek	yüksek	orta	yüksek orta
119	çok yüksek	yüksek	yüksek	düşük yüksek
120	çok yüksek	yüksek	çok yüksek	yüksek
121	çok yüksek	çok yüksek	neredeyse hiç	yüksek orta
122	çok yüksek	çok yüksek	düşük	düşük yüksek
123	çok yüksek	çok yüksek	orta	yüksek
124	çok yüksek	çok yüksek	yüksek	çok yüksek
125	çok yüksek	çok yüksek	çok yüksek	çok yüksek

Ek- B. HTEA Formu

Süreç:		HTEA No:											
HTEA Ekibi		Orijinal HTEA Tarihi:											
S. No	Süreç Adımları	H. No	Hata Türü	Hata Etkisi	Hata Nedeni	O	Ş	T.E	RÖS	Bulanan RÖS	Önem	Termin Tarihi	
1	İhtiyacın tespiti ve bildirimi	1	İhtiyacın geç tespit edilmesi	Temin süresinin uzaması	İstem yapılırken bazı malzemelerin unutulması	6	8	9	432	7,69	Tıbbi sarf malzeme bilgi bankası oluşturulması	01.09.08	
		2	Eksik tespit edilmesi	Temin süresinin uzaması	Yıllık tüketimin tahmin edilememesi	5	6	7	210	7,69	Geçmiş dönem verilerinin değerlendirilmesinin yanında ihtiyaçların servis sorumlusu ve depo sorumlularınca birlikte belirlenmesi	01.08.08	
		3	Satın alma Talep formunun yanlış doldurulması	Temin süresinin uzaması	Personel	1	3	2	6	2,5	-		
		4	Talep formunun ve teknik şartnamenin geç teslim edilmesi	Temin süresinin uzaması	Teknik şartname beklenmesi	4	6	3	72	5,49			
		5	İhtiyacın yanlış tanımlanması	Hasta üzerinde küçük alerjik etki vb.	Ürün hakkında yeterli bilgi sahibi olunmaması	4	6	6	144	6,5		Tıbbi sarf malzeme bilgi bankası oluşturulması	01.09.08
		6	Mevzuata aykırı ve rekabeti engelleyici maddeler	Maliyetin yükselmesi veya temin süresinin uzaması	Piyasadaki ürünlerin teknik özelliklerinin bilinmemesi	3	6	5	90	5,49			
2	Teknik Şartnamenin Hazırlanması												

Ek- B. HTEA Formu (Devam)

S. No	Süreç Adımları	H. No	Hata Türü	Hata Etkisi	Hata Nedeni	O	Ş	T.E	RÖS	Bulanık RÖS	Önem	Termin Tarihi
3	Yaklaşık Maliyet	7	Yaklaşık maliyetin yanlış hazırlanması	Maliyetin yükselmesi veya temin süresinin uzaması	Teknik şartnamelerin firmalara gönderilmemesi	2	6	6	72	5,49	Teknik şartnamelerin Hastanenin internet sitesinde veya ücretsiz ihale sitelerinde yayınlanması ve önceki alımların kullanılması	01.09.08
		8	Uzun sürmesi	Temin süresinin uzaması	Firmaların geç cevap vermesi veya hiç vermemesi	6	6	4	144	6,5	-	
4	İhale Usulünün Tespiti	9	İhale Usulünün yanlış belirlenmesi	İdari ceza/ nadiren temin süresinin uzaması	Yaklaşık maliyetin yanlış hesaplanması veya alınacak ürünün niteliklerinin bilinmemesi	1	4	7	28	3,39	-	
		10	Eksik veya yanlış idari hükümler konulması	İhale iptal edilebilir veya işin yürütülmesi sırasında problemler yaşanabilir	Personelin tecrübe ve bilgi eksikliği	1	6	5	30	2,5	-	
5	İhale Dokümanı	11	Mevzuata aykırı ve rekabeti engellemeci tanımlamalar	İhale iptal edilir ve maliyetler artar	Personelin tecrübe ve bilgi eksikliği	1	6	5	30	2,5	-	

Ek- B. HTEA Formu (Devam)

S. No	Süreç Adımları	H. No	Hata Türü	Hata Etkisi	Hata Nedeni	O	Ş	T.E	RÖS	Bulanık RÖS	Önem	Termin Tarihi
6,13	İhale /Doğrudan temin için onay alınması	12	Ödeneği olmayan işe onay alınması	İdari ceza/ ihale iptal edilir.	Onay alınmadan önce ödenek durumun kontrol edilmemesi	1	7	3	21	3,39	Ödenek durumunun yılın ikinci yarısında 3 ayda bir güncellenerek personele duyurulması	01.06.08
7	İhale Komisyonunun Kurulması	13	Geç kurulma	İhale iptal edilir.	Personel bilgi eksikliği veya ihmalkarlığı	1	6	1	6	1,46	-	
		14	Eksik sayı	İhale iptal edilir.	Personel bilgi eksikliği veya dalgınlığı	1	6	1	6	1,46	-	
8	İhale İlanı	15	Eksik bilgi	İhale iptal edilir.	Personelin tecrübe ve bilgi eksikliği ve dalgınlık	1	8	2	16	3,4		
		16	İhale dokümanı ile çelişen ifadeler	İhale iptal edilir.		1	8	2	16	3,39	Personelin eğitimi	yapıldı
		17	Sürenin kısa olması	İhale iptal edilir.		1	8	2	16	3,39		
11	Tekliflerin Değerlendirilimi ve İhalenin Karara Bağlanması	18	Yanlış değerlendirme	İhale iptal edilir veya düzeltici faaliyet	Numunelerin öznel kriterlere göre incelenmesi	3	9	2	54	4,5	Numunesi uygun görülmeyen istekliye bilgi verilerek eksikliğin teyit edilmesi	İlk alımda itibaren
		19	Geç karar alınması	Temin süresinin uzaması	Numune ve belge kontrolünün uzun sürmesi	8	8	3	192	5,49	İsteklilerden ihale tarihinden önce numune istenmesi	İlk alımda itibaren
12	İhale Sonucunun Bildirilmesi ve Sözleşme Yapılması	20	Eksik bildirim	Temin süresinin uzaması	Personelin bilgi eksikliği veya dalgınlığı	1	6	2	12	2,5	Personelin eğitimi	yapıldı
		21	Geç bildirim	Temin süresinin uzaması		1	6	1	6	1,46		

Ek- B. HTEA Formu (Devam)

S. No	Süreç Adımları	H. No	Hata Türü	Hata Etkisi	Hata Nedeni	O	Ş	T.E	RÖS	Bulank RÖS	Önlem	Termin Tarihi
14	Görevlendirme	22	Uzman görevlendirilmemesi	Termin süresinin uzaması/ tedavinin uzaması vb.	Alınacak malzemenin standart olduğu bu nedenle uzaman görevlendirilmesine gerek olmadığı düşüncesi	1	7	2	14	3,39	Her malzeme için en az bir uzman görevlendirilmesi	Uyg. başlandı
15	Piyasa araştırması	23	Yeterli araştırmanın yapılmaması	Maliyetin yükselmesi	malzeme ile ilgili yeterli sayıda firmaya ulaşılamaması veya sürenin kısa olması	3	3	3	27	2,5	Ücretsiz ihale sitelerinin kullanılması	01.09.08
16	Tekliflerin değerlendirilmesi ve piyasa araştırması	24	Uzun sürmesi	Termin süresinin uzaması	Numune inceleme aşamasının uzaması	5	7	4	140	4,5	Daha önce kullanılmış ürünlerden numune istenmemesi	Uyg. başlandı
17	Sipariş, muayene ve kabul işlemleri	25	Siparişin yükleniciye ulaşılmaması	Termin süresinin uzaması	Yüklenicinin faksının meşgul veya arızalı olması	2	6	4	48	5,49	Telefonla teyit alınması	Uyg. başlandı
		26	Geç sipariş	Termin süresinin uzaması	Stok kontrolünün düzgün yapılmaması	1	6	5	30	2,5	-	
		27	Uygun olmayan ürünün kabulü	Termin süresinin uzaması, alelçik etki vb. küçük problemler	Komisyon üyelerinin iş yoğunluğu nedeniyle yeterli zaman ayıramaması	1	5	6	30	2,5	-	
		28	M. Komisyonun geç toplanması	Termin süresinin uzaması	Üyelerin asli görevlerinin muayene olmaması ve asli görevlerinin yoğunluğu	4	5	2	40	4,5	İş yoğunluğu daha az kişilerin komisyonda görevlendirilmesi	Uyg. başlandı
			Revizyon No:	Revizyon Tarihi:	Revizyon Tarihi:						Sayfa No:	

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Ordu' da doğdu. İlk ve orta öğretimini Ordu' da tamamladı. 2004 yılında Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü' nden mezun oldu. 2006 yılında askerlik görevini tamamladı. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

2005 Ocak ayında itibaren İstanbul Paşabahçe Devlet Hastanesi' nde çalışmaktadır.