

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ'NDE
BULANIK MANTIK UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Müh. Özgür BİLGİN

Anabilim Dalı: Endüstri Müh.

Danışman: Prof. Dr. Alpaslan FIĞLALI

KOCAELİ,2006

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ • FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİNDE
BULANIK MANTIK UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Endüstri Müh. Özgür BİLGİN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:26 Mayıs 2006

Tezin Savunulduğu Tarih:26 Haziran 2006

Tez Danışmanı
Prof.Dr.Alpaslan Fıçlalı


(.....)

Üye
Prof.Dr.Nülgün Fıçlalı


(.....)

Üye
Yr.Doç.Dr.Semra Boran


(.....)

KOCAELİ,2006

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İşletmelerin günümüzde varlığını sürdürebilmeleri artık maliyetlerin düşürülmesinden geçmekte, bu amaç kalite sistemini dahi içerisine almaktadır. Bu nedenle "hata bulma" kavramı günümüzde değişikliğe uğramış ve "hataları önceden tespit edebilme ve önleme anlayışı"nın getirdiği büyük kazançlar ispatlanarak tüm dünya tarafından benimsenmiştir.

Bulanık mantık yaklaşımı kontrol noktaları için inanılmaz yararlar ve iyileştirmeler sağlamaktadır. Sürekli gelişen bu yöntem tüm alanlarda kullanılmaya geçmektedir. Hata Türleri ve Analizi Yöntemi'nde Bulanık Mantık yaklaşımının uygulanması ile ilgili olarak Profilo Telra A.Ş. Çerkezköy fabrikasında yapılan uygulamaya örneği bu çalışmada verilmiştir.

Bu tezin hazırlanmasında emeği geçen ve beni her konuda destekleyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Alpaslan Fırlalı'ya, bilgi ve fikirlerinden yararlandığım ve yazım aşamasında verdiği destekten ötürü Araştırma Görevlisi Sayın Ümit Terzi'ye, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Profilo Telra A.Ş. Personel Müdürü Sayın Tayfun Karaosmanoğlu'na, tez aşamasında gösterdiği anlayış ve yardımlarından dolayı Üretim Müdür yardımcısı Sayın Yücel Kahyaoğlu'na teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarım boyunca maddi, manevi destekleriyle yanımda olan sevgili çalışma arkadaşlarıma ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Özgür BİLGİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	v
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR.....	vi
ÖZET	vii
İNGİLİZCE ÖZET	viii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ.....	3
2.1. Toplam Kalite Modeli'nin İlkeleri.....	4
2.2. Toplam Kalite'nin Öğeleri.....	4
2.3. Toplam Kalite Yönetiminin Kuruluşlara Sağladığı Faydalar.....	7
2.4. Hata ve Hata'nın Sınıflandırılması.....	8
2.5. Hata Türleri ve Etkileri Analizi'nin Toplam Kalite Yönetimi İçerisindeki Yeri..	13
BÖLÜM 3. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ.....	15
3.1. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Tanımı.....	15
3.2. Hata Türü ve Etki Analizi'nin Tarihçesi.....	16
3.3. Hata Türü ve Etki Analizi'nin Tekniği	17
3.3.1 H.T.E.A. Çalışma Konuları.....	18
3.3.2. Hata Türü ve Etki Analizi'nin çeşitleri	18
3.3.2.1. Tasarım H.T.E.A.	18
3.3.2.2. Proses H.T.E.A.....	19
3.3.2.3. Hizmet H.T.E.A.....	20
3.3.2.4. Sistem H.T.E.A.....	20
3.3.3. H.T.E.A. Zamanlaması.....	20
3.3.4. H.T.E.A.'nın Yararları.....	21
3.4. H.T.E.A. Sisteminin Uygulanması.....	22
3.4.1. H.T.E.A. çalışmasının başlatılması.....	22
3.4.2. Ekip/Grup.....	22
3.4.3. Teknik.....	22
3.4.3.1. Hata Sebeplerinin Önceliklendirilmesi	23
3.4.3.2. Olasılığın Derecelendirilmesi.....	24
3.4.3.3. Şiddetin Derecelendirilmesi.....	26
3.4.3.4. Saptanabilirliğin derecelendirilmesi	28
3.4.3.5. Risk Öncelik Sayısının (RÖS) hesaplanması.....	30
3.4.3.6. Düzeltici / Önleyici Faaliyetlerin (DÖF) Belirlenmesi	30
3.4.3.7. Belirlenen hata türleri için önlemlerin alınması.....	31
3.4.3.8. H.T.E.A.'nın tamamlanması.....	31
3.5. H.T.E.A. Yönteminin Yetersizliği.....	32
BÖLÜM 4. BULANIK MANTIK.....	33
4.1. Tarihçe.....	34
4.2. Bulanık Mantığın Kullanıldığı bazı Uygulamalar.....	36

4.3. Bulanık Küme Kuramı.....	37
4.3.1. Bulanık küme teorisi.....	38
4.3.2. Bulanık ve geleneksel mantıkta küme işlemleri.....	40
4.4.. Bulanık Sistem.....	42
4.4.1. Bulanıklaştırma-Durulaştırma birimli bulanık sistem.....	43
4.4.1.1.Bulanıklaştırma.....	44
4.4.1.2. Üyelik fonksiyonlarının oluşturulması.....	45
4.4.1.3. Kural tabanı.....	48
4.4.1.4. Bulanık çıkarım	48
4.4.1.5.Durulama.....	51
4.5. Bulanık Sayıların Toplanması ve Çıkarılması.....	55
4.6. Bulanık Sayıların Çarpılması Ve Bölünmesi	55
4.7. Bulanık Mantık Yaklaşımına Duyulan İhtiyaç.....	55
BÖLÜM 5. H.T.E.A. VE BULANIK MANTIK METODUNUN BİRLİKTE	
KULLANIM UYGULAMASI.....	58
5.1. İşletmenin Tanımı.....	58
5.2. H.T.E.A. Çalışmasının Başlatılması.....	60
5.3. Sonuçların Yorumlanması.....	69
BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	72
KAYNAKLAR.....	74
ÖZGEÇMİŞ.....	77

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1. Keskin A kümesinin gösterimi.....	39
Şekil 4.2. Bulanık Kümelerde Üyelik Fonksiyonları.....	40
Şekil 4.3. Bulanık Kümelerde Temel İşlemler.....	41
Şekil 4.4. Genel Bulanık Sistem.....	42
Şekil 4.5. Bulanıklaştırma-Durulaştırma birimli bulanık sistem.....	44
Şekil 4.6(a) Keskin Algılayıcı Okuyucu.....	45
Şekil 4.6(b) Bulanık Algılayıcı Okuyucu.....	45
Şekil 4.7. Sıcaklık Üyelik Fonksiyonu.....	46
Şekil 4.8. Üçgen Üyelik Fonksiyonu.....	46
Şekil 4.9. Yamuk Üyelik Fonksiyonu.....	47
Şekil 4.10. Üyelik Fonksiyonunun Kısımları.....	47
Şekil 4.11. Normal olmayan bulanık küme.....	47
Şekil 4.12. $x=n$ ve $y=n$ olayları için bulanık çıkartım olayı.....	50
Şekil 4.13. Çıkartım olayında Sonuç Durumu(Karar Aşaması).....	50
Şekil 4.14. Yükseklik Yöntemi.....	52
Şekil 4.15. Merkez Yöntemi.....	53
Şekil 4.16. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi.....	53
Şekil 4.17. Üyelik İşlevinin Max Noktalarının Ortalaması.....	54
Şekil 4.4.1.13 Geniş Alan Merkezi.....	54
Şekil 5.1. Televizyon Üretim Prosesi.....	59
Şekil 5.2. Bulanık Model.....	62
Şekil 5.3. Olasılık giriş kümesi.....	63
Şekil 5.4. Şiddet giriş kümesi.....	63
Şekil 5.5. Keşfedilememe giriş kümesi.....	64
Şekil 5.6. Bulanık Çıkış Kümesi.....	64
Şekil 5.7. Bulanık kural tabanı MATLAB programı görünüşü.....	68
Şekil 5.8 Giriş ve Çıkış verileri arasındaki ilişki yüzeyi.....	69

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. H.T.E.A. Form Örneği.....	23
Tablo 1.2. Olasılık Derecelendirme	25
Tablo 1.3. Örnek Olasılık Derecelendirme	26
Tablo 1.4. Şiddet Derecelendirme.....	27
Tablo 1.5. Örnek Şiddet Derecelendirme Tablosu... ..	28
Tablo 1.6. Saptanabilirlik Derecelendirme	29
Tablo 2.1. H.T.E.A. uygulamasında kullanılan puanlamalar....	61
Tablo 2.2. Uygulamanın Bulanık Mantık Kural Tabanı.	65
Tablo 2.3. Uygulama Sonuçlarının Karşılaştırılması....	70

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

SEMBOLLER

\int	: İntegral
\cap	: Kesişim
\cup	: Birleşim
\in	: Elemanıdır
\notin	: Elemanı Değildir
\circ	: Birleşim operatörü
\wedge	: Ve
\vee	: Veya
\leq	: Küçük Eşittir
\geq	: Büyük Eşittir

Kısaltmalar

EB	: En Büyük Büyüktür
EK	: En Küçük
H.T.E.A.	: Hata Türü ve Etkileri Analizi
IEE STD	: Bilgi Teknolojileri Standardı
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu
Max	: Maksimum
MIL-STD	: Askeri Standartlar
Min	: Minimum
M.R.P.I.	: Multi Response Performance Index (ÇYPG)
R	: Reel Sayılar Kümesi
R.Ö.G.	: Risk Öncelik Göstergesi
T.K.Y.	: Toplam Kalite Yönetimi
QS	: Kalite Standartları

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİNDE BULANIK MANTIK UYGULAMASI

Özgür BİLGİN

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

Özet: Bulanık mantık pek çok endüstriyel problemin çözümünde, Hata Türü ve Etkileri Analizi tekniği ise hataların önlenmesinde başarılı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Hata türü ve Etkileri Analizi Tekniği, Bulanık Mantık yöntemiyle birlikte uygulanmıştır. Bulanık küme girişleri için mevcut çalışmadan elde edilen olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik puanları kullanılmıştır. Yeni metodun uygulanmasından sonra her bir hata için risk öncelik göstergesi hesaplanmıştır. Son olarak geliştirilen yöntem ile eski yöntemin karşılaştırılmasının yapılması için sonuçlar verilmiştir.

FUZZY FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

Özgür BİLGİN

Key Words: Failure Mode and Effect Analysis,Fuzzy Logic,Fuzzification

Abstract:Fuzzy Logic is being used to solve many industrial problems and Failure Mode and Effect Analysis is being used to prevent failures.Failure Mode and Effect Analysis and Fuzzy Logic has been applied together. Occurence,severity and detection points have been used as introduction values for improved fuzzy method.After using improved method Risk priority numbers has been examined each failure event.Finally result was displayed for comparison of improved method and F.M.E.A

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüz Pazar anlayışı müşteri memnuniyeti ve tatmini üzerine kurulmuştur. Müşteri odaklılık,ürünün düşünce ve tasarım aşamasına kadar girmiştir.Mevcut pazar anlayışında rekabetin etkisiyle maliyetlerin düşürülmesi zorlayıcı etken haline gelmiştir.Bu şartlar altında klasik kontrol yöntemleri ve hata ayıklama sistemleri maliyetleri arttıran unsurlar olarak ortaya çıkmıştır.Bu yöntemler müşteriyi memnun ediyor görünsede oluşan maliyetler şirketleri klasik kalite kontrol muayene yöntemleri yerine hatanın daha önce tespit edilebileceği yeni sistemlere yönlendirmiştir.

Tüm hata kaynaklarını öngörmek, mümkün değilse de olası sürprizlere önceden hazırlamak, tamamen hazırlıksız yakalanmaya kıyasla büyük avantaj sağlar.Bu hazırlıksızlık üretimde karşılaşılabilecek sorunlar ve devamında verimsizlik ve kayıplar ile üretim maliyeti olarak işletmeye zarar olarak yansiyacaktır.Müşteride karşılaşılabilecek sorunlar ise günümüzde yüksek maliyetler olarak ortaya çıkan ve verilen garanti güvenceleri çerçevesinde işletmeye yüklenen servis maliyeti olarak yansiyacaktır ki,bu maliyet özellikle ihracata yönelik çalışan firmalara aleyhte yapılan anlaşmalar gereği ciddi ve katlanılamayacak boyutta zarar vermektedir.Aynı süreçte bu maliyetlerin bile onaramayacağı müşteri memnuniyetsizliği ve güvensizliği de oluşacak sorunların diğer bir boyutunu oluşturmaktadır.

Bulanık mantık ise insan zekasını taklit ederek çözümler ortaya koymaya çalışan Yapay Zeka yöntemlerinden biridir.Bulanık mantık yaklaşımının kullanımı oldukça yaygınlaşmış ve insan hayatında vazgeçilemeyecek imkanlar ortaya koymuştur.

H.T.E.A. çalışmasını yapan grubun tecrübesinden kaynaklanan sorunlar işletmeleri ve araştırmacıları yeni yöntemler veya mevcut yöntemin geliştirilmesi yoluna

itmektedir.Bu nedenle bu çalışmada amaç H.T.E.A. yönteminin zaaflarını göz önünde bulundurarak bulanık mantık yöntemi ile kullanılmasının incelenmesidir.

Çalışmanın 2.Bölümünde Toplam Kalite Yönetimi hakkında bilgi verilmekte,kalite-hata-Hata Türü ve Etkileri Analizinin Toplam Kalite anlayışındaki yeri tanımlanmaktadır.

Bölüm 3'te Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemi hakkında bilgi verilmiş ve yöntemin uygulama aşamaları detaylı olarak açıklanmıştır.

Bölüm 4'te Bulanık Mantık yöntemi incelenmiş ve yöntem eleştirisel olarak yorumlanmıştır.

Bölüm 5'te televizyon üretimi yapan bir fabrikada ilk defa üretilecek bir televizyon modeli hakkında yapılan H.T.E.A. çalışması bulanık mantık yöntemiyle birleştirilerek geliştirilen uygulama ortaya konmuştur.

Sonuç ve Öneriler bölümünde ise uygulama hakkında yorum ve öneriler de bulunulmuştur.

BÖLÜM 2. TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ

Tanım:

Kalite, bir ürünün veya hizmetin, belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan, özelliklerin toplamıdır[1].

Bu kısa tanımdan kalitenin tüm özelliklerini çıkartabiliriz.Yine bir sistem olarak oluşturulan ve yukarıdaki tanıma hizmet eden Kalite kontrol şöyle tanımlanmıştır;

Kalite Kontrol,bir organizasyonda,müşteriyi her bakımdan tam olarak tatmin edecek üretimi sağlamak için çeşitli gruplar tarafından kalitenin devamı ve gelişimi konusunda harcanan çabaları koordine eden bir sistemdir[2].

Toplam Kalite Yönetimi, tüm proseslerin, ürünlerin ve hizmetlerin, kuruluşta çalışanların hepsinin tam katılımı yolu ile geliştirilmesi, iç (bir önceki alt sistemden iş alan her birim) ve dış (son ürünü alan) müşterilerin tatmininin artırılması ve müşteri bağımlılığının sağlanması amacıyla, kuruluşta alınan sonuçların iyileştirilmesine dayanan, müşteri beklentilerini her şeyin üzerinde tutan ve müşteri tarafından tanımlanan kaliteyi, tüm departmanlarda faaliyetlerin yürütülmesi sırasında ürün ve hizmet bünyesinde oluşturan modern yönetim biçimidir.

Toplam Kalite Yönetimi,hem bir yönetim düşüncesi ve hem de örgütsel iklimde bir değişim” olarak ifade edilebilir.Toplam kalite Yönetimi felsefesi ; bir örgütte sürekli gelişmeyi imkan sağlayan bir ortam yaratır. Toplam Kalite Yönetimi, insana dönük ölçüme zorlayan üretim metodolojisini yapılandırma ve disipline etmeden yararlanarak müşteri tatmini üzerinde odaklaşan bir yönetim düşüncesidir[3].

Toplam Kalite Yönetimi yaklaşımı, iş için hayati öneme sahip proseslere odaklanır

ve bunun sonuçta kar etmemizi sağlar. Gelir ve maliyetlere odaklanan geleneksel yaklaşım ise işletme içi rekabete yol açar, işbirliğini yok eder ve müşterinin istediği ürün ve hizmetlerin sağlanmasının ikinci plana atılmasına yol açar. Hedef istenen rakamların bir şekilde elde edilmesidir. Toplam Kalite Yönetimi ise bundan farklı olarak, müşteri ihtiyaçlarını karşılayan hatta bu beklentilerin ötesine geçen ürün ve hizmetler sağlayabilecek entegre bir sistem oluşturmaya çalışır[4].

2.1 Toplam Kalite Modeli'nin İlkeleri

Klasik yönetim modeline kıyasla çok daha yüksek rekabet gücü sağlayabilen Toplam Kalite modeli ancak tüm öğeleri benimsenip uygulandığı takdirde tutarlı, başarılı ve kalıcı olur. Bu noktada öğelerin birinin olmadan bütünlüğün sağlanamayacağı ve beklenen verime ulaşamayacağını söyleyebiliriz. Bu öğeler, yöntemin çalışmasını sağlayacak organizasyon, anlayış ve sistemleri içermektedir. Tabii ki Toplam Kalite Yönetimi de süreç ve sistemler üzerinde çalışılmasını kolaylaştıracak yöntem ve araçları gerekli kılmaktadır. Fakat bu yöntem ve araçların öğrenilmesi ve uygulanmasından daha zor olan, yeni kalite yaklaşımının benimsenmesi ve bir bütün olarak hayata geçirilmesidir[4].

Toplam Kalite Yönetiminin İlkelerini şöyle sıralayabiliriz;

- Üst Yönetimin Liderliği ve Üst Yönetimin Sorumluluğu
- Tüm Çalışanların Katılımı
- Sürekli Gelişme
- Müşteri Odaklı Olmak

2.2 Toplam Kalite'nin Öğeleri

Toplam Kalite Yönetimi'nin öğelerini 5 ana madde altında açıklayabiliriz;

A)Önlemeye Dönük Yaklaşım

Toplam kalite modelinin temelinde “hataları ayıklamak “ yerine hataları önlemek” yaklaşımı vardır. Önlemeye dönük yaklaşımın genel bir ifadesi, planlamanın doğru

yapılması şeklinde özetlenebilir. Her yönü ile düşünülmüş, kapsamlı ve titiz bir planlama çalışması ile sonra oluşabilecek hataların çok büyük bir bölümü ortadan kaldırılabılır. Tüm hata kaynaklarını öngörmek, mümkün değilse de olası sürprizlere önceden hazırlamak, tamamen hazırlıksız yakalanmaya kıyasla büyük avantaj sağlar[3].

Bu avantajlar üretimde karşılaşılabılır sorunlar ve devamında verimsizlik ve kayıplar ile üretim maliyeti olarak işletmeye zarar olarak yansıtacaktır. Müşteride karşılaşılabılır sorunlar ise günümüzde yüksek maliyetler olarak ortaya çıkan ve verilen garanti güvenceleri çerçevesinde işletmeye yüklenen servis maliyeti olarak yansıtacaktır ki, bu maliyet özellikle ihracata yönelik çalışan firmalara aleyhte yapılan anlaşmalar gereği ciddi ve katlanılabılmayacak boyutta zarar vermektedir. Aynı süreçte bu maliyetlerin bile onaramayacağı müşteri memnuniyetsizliği ve güvensizliğide oluşacak sorunların diğere bir boyutunu oluşturmaktadır. İşte daha sonra incelenecek olan H.T.E.A. yaklaşımı bu problemleri önleyecek olan bu öğeye hizmet etmektedir.

B) Ölçüm ve İstatistik

Rekabetin temel kriteri olan Kalite- Maliyet- Termin üçlüsünde üstünlük sağlamak için, şirketin her yönü ile gelişmesi gerekir. O nedenle ölçüm ve istatistik toplam kalitenin vazgeçilmez parçalarıdır. İstatistiğin üzerinde durulmasının nedenleri: Doğal olayların tümünde değişkenlik vardır. Bu değişkenliği ölçebilmek için istatistiğe başvurmak gerekir.

Hataların çok büyük bir bölümü değişkenlikten kaynaklanır. İstatistik biliminin teknikleri uygulanarak değişikliğin özelliklerini inceler ve hataların kaynaklarını tespit edilebilir.

C) Grup Çalışması

Toplam kalite modelinin belirgin özelliklerinden biri de grup çalışmalarının yaygınlığıdır. Toplam kalite yönetiminde grup çalışmalarının çok spesifik amaçları,

belli yöntemleri ve mutlaka uyulan bir disiplini vardır. Grup çalışması uyum ve hedef bütünlüğünün sağlanması yanında yeni fikir ve düşüncelerin ortaya konduğu çok önem verilmesi gereken bir harekettir.

D) Sürekli Gelişme

Günümüzde en yüksek rekabet gücüne sahip şirketlerde kalite yönetiminin temeli “Sürekli Gelişme”ye dayalıdır. Sürekli gelişmeden kasıt sürekli gelişen anlayış ve teknolojilere uyum, kendini istenen performans kriterleri doğrultusunda geliştirebilmektir. Bu uyum ve gelişim bazen yerini yeni fikir ve düşünceler eşliğinde öncü anlayışların veya teknolojilerin gelişmesine bırakabilir.

En alt düzeylerdeki prosesten, tüm şirketi içine alan hedeflerle yönetim sistemine kadar bütün ileriye dönük planlama ve uygulama çalışmaları bu anlayışa göre düzenlenmiştir. Hedef belli standartı tutturmak değil, seviyeyi o seviye ne olursa olsun, sürekli ve hızlı bir tempoda geliştirmektir.

E) Yönetim Modeli

Yukarıda sayılan dört temel unsurun gerçekleşebilmesi ve işletmenin hedeflenen düzeydeki rekabetçi yapıya ulaşabilmesi ise bütünüyle “yönetim modeli”ne bağlıdır. Öncelikle yapılması gerek klasik yönetimden uzaklaşarak tam anlamıyla Toplam kalite yönetim modeline geçilmesidir.

Klasik yönetim anlayışında amaç, hedeflenen kârı elde etmektir. Müşteri ve insan unsurları ikinci planda kalır. Ürün veya hizmetin kalitesinin belirli bir düzeyin üzerine çıkması, maliyetleri yükseltir. Yani günümüz şartları tamamen maliyet unsurudur ve tahammül edilemez bir sorun görünümündedir. Kalite ile maliyetlerin artışları doğru orantılıdır. Kalite kontrol işlemi, üretim veya hizmet gerçekleşikten sonra yapılır. Yani hatalı veya hatasız bir stok söz konusudur. Dolayısıyla kontrol işlemi, önlemeye ve çözmeye yönelik değildir. Bu işlem müşterinin eline, belli bir olasılıkla, kusurlu ürünün geçmemesine yöneliktir. Bu anlayışta, hataların ölçülebilen maliyetleri (hurda , fire, kontrol maliyeti, ...) ele alınır , hataların ölçülemeyen

maliyetleri (müşteri kaybı, pazar kaybı, prestij kaybı, ...) ele alınmaz.

Toplam Kalite Yönetiminde ise amaç, müşterinin tatmin edilmesi, hedeflenen kârı sağlayacak ölçülebilir ve sürekli geliştirilen bir kalite sistemine sahip olmaktır. Burada, hataların ortaya çıkmadan önlenmesini sağlayacak, hataları önlemeye yönelik bir anlayış hakimdir. Böylece, hata maliyetleri ve değerlendirilmesine yönelik işlemlerin de maliyeti düşmektedir. Yine, hata maliyetleri belirlenirken hataların ölçülemeyen maliyetleri de alınmaktadır. Bu nedenle de klasik yönetime göre Toplam Kalite Yönetimi, kalite, maliyet ve hız yönünden daha üstün bir sistemdir[3].

2.3 Toplam Kalite Yönetiminin Kuruluşlara Sağladığı Faydalar

Günümüzde ülkeler ve kuruluşlar çok yoğun bir rekabet içerisindeyler. Bu rekabet ortamında ayakta kalabilmenin en önemli kuralı ise , daha kaliteli malı daha ucuza imâl edip piyasaya sürebilmektir. Ülkeleri ve kuruluşları bu hedefe götürecek yol ise, gelişmiş birçok ülkede uygulanan Toplam Kalite Yönetimidir. Toplam Kalite Yönetimi uygulaması bir masraf kaynağı, bir gider değil, kuruluşlar için gerekli bir yatırımdır. Toplam Kalite Yönetimi;

- Şirketlere, piyasa taleplerine esnek davranabilme ve bunları karşılayabilme yeteneği kazandırır.
- Kaynak kullanımını optimize ederek makine, donanım ve araç-gereç gereksinimini (kısaca yatırım gereksinimini) azaltır.
- İnsan ve sermaye tasarrufu sağlar.
- İnsanın eğitim ve karar alma süreçlerine katılımını sağlar.
- Bol inisiyatif kullandırmak suretiyle insanlarda artan tatminsizlik hissini giderir ve modern eğitim alan genç insanların inandıkları yönetim fikirlerini uygulama imkanı sağlar. Böylece şirketlere daha kaliteli ve tatmin edilmiş personel ile çalışma ve dolayısıyla müşterilerine daha iyi hizmet verme olanağı sağlar.
- Yapılan iyileştirici ve geliştirici çalışmaların sonuçlarına yönelik verimlilik

- ölçme mekanizmaları kurulmasını ve dolayısıyla işlerin verimliliğinin ölçülmesini sağlar.
- Tüm bunların doğal bir sonucu olarak da, pazar payının artmasına ve yeni pazarlara girilme imkanı sağlayarak sermayedarların tatmin edilmesine sebep olur.

2.4 Hata ve Hata'nın Sınıflandırılması

Hata, kısaca bir birimin sahip olması gereken özelliklerinden bir sapma olarak tanımlanır. Bir sistem, bir ürün için hata, istenen işlevlerini yerine getirememesi durumudur. Bu durumda genelleştirilmiş ifadeyle hata “tanımlanan işlevlerini yerine getirme kabiliyetindeki kayıp” olarak tanımlanabilir.

1983'de yayınlanan IEEE STD **729**'da ISO'nun yapmış olduğu hata tanımları:

- Birimin, istenen işlevini yerine getirmek için işlevsel kabiliyetinin bitimi,
- Belirlenen limitlerle istenen işlevini yerine getirmek için sistem veya sistem bileşeninin yeterli olmayışı,
- Program isteklerinden, program işleminin sapması şeklindedir.

Son yıllarda, hata konusunda yapılan çalışmaların daha çok “Sıfır-Hata” seviyesine ulaşmak için niçin hatalı olduğunu anlamak üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak sistem analistleri, mühendisler, tasarımcılar ve yöneticilerin kullanabilecekleri ürün veya sistemler için bir standart hata sınırlandırmasının gerçekleştirilmesi amacıyla yapılmış bir çalışma yoktur.

Kaynaklarda farklı şekillerde çeşitlendirilen hatalar genel olarak şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Meydana geldiği aşamaya göre,
- Sonuçlarına göre,
- Zamana göre,
- Nedenlerine göre

A) Meydana geldiği aşamaya göre hata sınıflandırması

a)Tasarımla ilgili hatalar: İşlemsel zorlanma, tasarım dayanıklılığını aştığı zaman ortaya çıkan hatalar,

b)Üretimle ilgili hatalar: Tasarım özellikleri, üretim sürecindeki faktörlerle bozulduđu zaman gözükken hatalar,

c)Kullanımla ilgili hatalar: Normal çalışma ömrü esnasında aşırı işlemsel zorlama veya bakımla-İlgili sorunlardan kaynaklanan hatalar.

B) Sonuçlarına Göre Hata Sınıflandırması

a)Felaket getirici hata: Ölüme ve çok büyük sistem hasarına yol açan hatalar,

b)Kritik hata: Ciddi yaralanma, mal hasarına ve küçük sistem hasarına neden olabilen hatalar,

c)Marjinal hata: Küçük yaralanma, küçük mal hasan veya küçük sistem hasarına neden olan hatalar,

d)Küçük hata: Yaralanma, mal hasarına neden olmayan planlanmış bakım ve tamir gerektiren hatalar,

e)Önemsiz hata: Etkileri hissedilmeyen hatalar.

C)Zamana Göre Hatalar

a)Ani hatalar: Ürün veya sistemin zorlanması sonucu işlevlerini aniden kaybetmesi sonucu ortaya çıkan hatalar,

b)Kademeli hatalar: Aşınma ve eskimenin etkilerinin bir araya gelmesiyle zamanla

ortaya çıkan hatalar.

D)Nedenlerine Göre Hatalar

Ürün esaslı hata nedenlerine göre sınıflandırma:

- İnsan gücünden kaynaklanan hatalar,
- Malzemedен kaynaklanan hatalar,
- Makineden kaynaklanan hatalar,
- Yöntemden kaynaklanan hatalar,
- Ölçme yöntemlerinden kaynaklanan hatalar,
- Yönetimden kaynaklanan hatalar.

E)Üretim Hataları

Bir ürünün kullanıcıyı memnun etmek için kullanım esnasında sahip olması gereken özellikleri tasarım kalitesi yani sıra üretim kalitesine de bağlı olacaktır. Üretim faktörlerinden, insan, makine, malzeme ve yöntem gibi unsurların sahip olması gereken özelliklerinden bir sapma, üretim kalitesini etkileyecektir. Hata olarak tanımlanan bu istenmeyen yön ve boyuttaki değişme, üretim hatasını oluşturacaktır.

F)Ölçme Hataları

Ölçme hatası, hesaplanan değerle ölçülen cismin gerçek değeri oranındaki farktır. (ölçüleri cismin gerçek ölçü değeri çok seyrek olarak bilinir). Bilimsel araştırmaların, sonuçları sayısal büyüklüklerle ifade edilebilen ölçmeler olmaksızın yürütülmesi düşünülemez. İmalatta mamul veya parçalar için dizayn aşamasında saptanan ölçülerin şekil verme işlemleri sonunda gerçekleşme derecesinin bilinmesi zorunludur. Ayrıca işlemlerin uygulanması esnasında yapılan ara ölçmeler, tezgah ve takımların ayarlanması, işlem süresinin gereksiz yere uzamaması ve dolayısı ile maliyetlerin düşürülmesi açısından büyük önem taşır.

G)Malzeme Hataları

Malzeme hataları, malzeme üzerinde işlem yapan sistemin geometrisinin, özelliklerinin değişmesi veya imalat, depolama elde tutma, taşıma, muayene, kullanım ve Tamir işlemleri sırasında aşırı kuvvet uygulaması sonucunda, zorlanma ile oluşur.

Malzeme hatalarını iki sınıfta toplamak mümkündür.

- Aşırı Kullanma Hataları
- Aşınma-Eskime hataları

H)Karar Vermede Hata

Karar verme, elde hazır bulunan tüm seçeneklerden, birini seçme sürecidir. Karar vermede amaç, sistemin en çok arzu edilen bir duruma gelmesini sağlamaktır. Karar verme durumunda olan kişi(ler), yani karar verici(ler) bazı nedenlerden dolayı, istenmeyen sonuçlara yol açarak hatalı kararlar verebilirler

I)Örnekleme Hataları

Örnekleme, özel durumlar dışında, daha ucuz, daha hızlı olduğu için % **100** muayene verme kullanılan bir muayenedir. Ancak, herhangi miktardaki ürünün kabul edilebilirliğine dönük yapılan kabul örneklemesinde daima bir hata yapma söz konusu olmaktadır.

Kabul örneklemesindeki bu hatalar iki sınıfta toplanır;

- Kabul edilir nitelikteki bir partinin ürünün kabul edilmemesi ile ortaya çıkan hatalar,
- Red edilmesi gereken bir parti ürünün kabul edilmesi ile ortaya çıkan hatalar.

J)Mekanik Hatalar

Bir yapının, makinanın veya ondan beklenen fonksiyonu tatmin edici derecede yerine

ivme yetisine sahip olmayan bir makina parçasının boyutlunda şeklinde veya malzeme özelliklerindeki değişimdir. Herhangi bir makina mühendisinin öncelikli sorumluluğu dizaynın fonksiyonlarının tavsiye edilen dizayn ömrüne sahip olduğunu garanti etmesi ve zamanda piyasada rekabet edebilir özellikte olmasıdır.

K)Sistem Hataları

Takım ve teçhizatlar kaçınılmaz olarak hata yaparlar ve böyle bir şey tamamıyla güvenilir bir sistem için söz konusu değildir. Bir kalemin ne zaman hata yapacağını tahmin örmek olanaksızdır; hatta bir kalemin bir dahaki 30 saniye içinde hata yapmayacağını kesin bir şekilde söylemek bile mümkün değildir. Neticede takımın özel bir parçasının güvenilirliği üzerindeki tartışmalar tahminlerden daha ziyade istatistiksel analizler baz alınarak yapılır

L)Yazılım Hataları

Yazılım hataları, ürün, donanımı, vb. gibi hatalarından farklı bir yapı göstermektedir. savar yazılımlarının kopyaları orijinalleriyle aynı olduğundan bunların arasındaki değişiklik söz konusu değildir, dolayısıyla buna bağlı bir hata beklenemez. Yazılım hataları beklenen fonksiyonları yerine getirememek şeklinde tanımlanır .

Yazılım hatalarının en büyük kaynağı insandır.

M)İnsan Hataları

1988'de Juran Sıfır-Hata üretimi en önemli engeli olan insan hatalarını dört sınıfta gruplamıştır.

- Yanlış Yorumlama,
- Rastlantılı Hata,
- Teknik Eksikliği,
- Kasıtlı Hatalar.

2.5. Hata Türleri ve Etkileri Analizi'nin Toplam Kalite Yönetimi İçerisindeki Yeri

Hata Türü ve Etkisi Analizi (H.T.E.A.) öncelikli olarak ürün ve proses geliştirme üzerine eğilen, disiplinli bir tasarım gözden geçirmedir. H.T.E.A. tekniğinin öncelikli amaçları;

- Ürün veya proseste oluşabilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engellemek.
- Nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan imalat ve montaj prosesleriyle bağıntılı olarak bir ürünün tasarım karakteristiklerini analiz etmek.
- Potansiyel hata türleri belirlendiğinde, onları ortadan kaldırmak için düzeltici önlemleri almak veya sürekli bir şekilde onların oluşma potansiyelleri azaltmak.
- Montaj veya imalat prosesi için, sistemin dayandığı neden ve ilkeleri de dökümente etmek.
- Titizlikle uygulandığı durumlarda, bir H.T.E.A. çalışması, proses geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerini (deneyim ve geçmişteki problemlere dayanarak, mantık örgüsü içerisinde yalnız gidebilecek her birimin analizini içeren) özetlemek.

H.T.E.A. tekniği çalışmaları koruyucu hareketler olarak düşünülmüştür. Bunlar müşteriyi tatmin etmek için veya ISO 9000 almak için yapılan gerçek sonrası tatbikatlar değildir. Açık bir H.T.E.A. için zaman ve kaynaklar tasarım ve proses geliştirme esnasında ayarlanmalıdır. Çünkü bu şekilde tasarım ve proses değişimleri çok kolay ve ucuz şekilde uygulanabilir.

H.T.E.A., Problem Çözme ve Problem Önleme hedeflerini içeren ve bu amaçla kullanılan bir yöntemdir. Bu amacı için İstatistiksel Proses Kontrol ve Kontrol planlarından yararlanır. Bunu ürün ve proseslere ait özel karakteristikleri göz önünde bulundurarak yapar. Diğer bir hata önleme tekniği olan İstatistiksel Ürün Proses Kontrol sisteminden geri besleme alır ve sisteme katkıda bulunur.

- Ürün, proses yada hizmette hataların meydana getireceği en küçük bir zararın bile oluşumunun engellenmesini sağlamak için hata modlarını sistematik olarak gözden geçirir.
- Ürün, proses yada hizmeti yada bunların fonksiyonelliğini etkileyebilecek her türlü hatayı ve bu hatanın etkilerini tanımlar.
- Tanımlanan bu hatalardan hangilerinin ürün, proses yada hizmet operasyonlarında daha kritik etkilerinin olduğunu belirler, bu yüzden meydana gelebilecek en büyük hasarı ve hangi hata modunun bu hasarı üretebileceğini tanımlar.
- Montaj, montaj öncesinde, üründe ve proseste hataların oluşum olasılığını ve bunun nereden oluşabileceğini (dizayn, operasyon, vb.) belirler.
- Diğer kaynaklardan eldesi mümkün olmayan hata oranlarını ve modlarını 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.

BÖLÜM 3. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

3.1. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Tanımı

Bu konudaki ilk standartlardan biri olan MIL-STD 1629 A da H.T.E.A.,Sistemdeki her bir olası hata türünün,sistemdeki sonuçların veya etkilerini belirlemek ve önlemlerine göre her bir hata türünü sınıflandırmak için analiz edildiği bir prosedür olarak tanımlanır.

H.T.E.A.,bir sistem veya proses tasarımının potansiyel hatalarını belirleyen,analiz eden ve dokümanlaştıran sistematik bir metottur [5].

H.T.E.A.,bilinen veya potansiyel hataların,problemlerin,yanlışlıkların v.s. müşteriye ulaşmadan önce sistem,dizayn,proses ve/veya serviste tanımlanması ve elimine edilmesini garanti eden sistematik bir tekniktir [6].

H.T.E.A., tasarım,proses,sistem ve hizmet ile ilgili bilinen ve/veya olası hataları yanlışları ve problemleri müşteriye ulaşmadan belirlemeyi ve ortadan kaldırmayı amaçlayan mühendislik tekniğidir [7].

H.T.E.A.,kritik hata türlerini önem derecelerine göre sıralayan kantitatif bir yöntemdir ve bu sıralama işlemi,hataların ortaya çıkma olasılığına ve onların kritikliğine olan etkisine göre yapılır.Bugün H.T.E.A. bu kritiklik analizini içerdiğinden dolayı,iki sistem uygulamada uyum sağlarlar [8].

Bir sürecin, üretime hazır hale gelmesinin ardından veya üretime geçmiş bir proseste, önemli olan sürecin veya ürünün güvenilirliğini sağlamaktır. Güvenilirlik ürünlerin veya proseslerin önemli bir özelliğidir. Aynı zamanda müşteri tatminini sağlamakta etkisi çok fazla olan bir faktördür. Müşteriler kullandıkları ürünün hizmet süresinin uzun ve aynı zamanda sorunsuz bir proses olmasını istemektedirler.

Bu nedenle ürünün veya sürecin güvenilirliğini sağlamak için atılacak adım, ortaya çıkabilecek olan hataların türlerini ve bunların ürün ya da sürece etkilerini belirleyebilecek bir risk analizinin yapılması ve kurulacak veya kurulmuş olan bir sürecin güvenilirliğinin kontrol altına alınmasıdır [9].

3.2. Hata Türü ve Etki Analizi'nin Tarihçesi

H.T.E.A. ilk defa A.B.D.'de 1950'lerin başında uçuş kontrol sistemlerinin gelişiminde kullanılmaya başlanmış ve daha sonra 1960'lı yıllardan sonra A.B.D.'de havacılık sanayinde, sistemli olarak uygulanmıştır. Sivil sektörde ilk önce FORD tarafından otomotiv sektöründe geliştirilmiş ve 1972 yılından sonra bu firma tarafından etkin ve geniş kapsamlı olarak tatbikatları yapılarak, oldukça faydalı sonuçlar elde edilmiştir [10].

Yöntem NASA tarafından 1965-1970 yılları arasında aya insan indirme projesi olan APOLLO projesinde kullanılmıştır.

1965-1970 yılları arasında H.T.E.A. disiplini A.B.D. ordusunda geliştirilmiş, MIL-STD-1629 numaralı ve 9/49 tarihli Hata Türleri, Etkileri ve Kritik Analiz Prosedürü güvenilir bir değerlendirme tekniği olarak kullanılmıştır.

1988'de Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO), ISO 9000 serisi standartlar ile yönetim sistem standartlarını yayınladı.

ISO 9000 serisi standartlar kuruluşları kalite yönetim sistemlerini geliştirmeye ve müşterilerin ihtiyaç, beklenti ve isteklerine odaklanmalarını sağladı.

Otomotiv sektöründe uygulanan QS9000, ISO 9000 standartlarının benzeridir. Chrysler, Ford ve General Motors gibi kuruluşlar tedarikçilerinin kalite yönetim sistemlerini standartlaştırma konusunda yoğun çalışmalar yaptılar.

QS9000 standartları ile otomotiv sanayi tedarikçileri Ürün FMEA ve Proses FMEA içeren İleri Ürün Kalitesi Planlaması geliştirdiler ve kontrol planlarını oluşturdular.

İleri Ürün Kalitesi Planlaması Standartları müşteri şartlarını karşılayacak şekilde tüm adımları tanımlayan ve oluşturan bir model sağladı.Kontrol Planları ise müşteri şartlarını sağlayacak şekilde kaliteli bir ürünü üretmeye yardımcı oldu.

3.3. Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin Tekniği

Hata Türü ve Etkileri Analizi tekniğinin temeli, ürüne müşteri gereksinimlerini tatmin edebilecek nitelikleri kazandırmak amacıyla tasarım karakteristiklerini planlanan üretim ve montaj yöntemleri ile göreceli olarak karşılaştırmaktır [9].

Hatayı ortaya çıkarmak için ‘‘organizasyon nasıl kontrol edilebilir ve proses geliştirilebilir?’’ diyebilmek ve diğer bir yaklaşımla müşterinin elindeki hataya nasıl ulaşıp,hükmedebilirim şeklinde yaklaşmak gereklidir [11].

H.T.E.A. uygulaması sırasında farklı bölümlerden uzmanlar bir araya gelerek bir takım oluştururlar ve seçilmiş olan veya seçilecek hedefi ortaya koyarak uygun bir tartışma tekniği ile H.T.E.A. sürecine uygun adımları izleyerek analiz sürecini ortaya koyarlar.

Hata Türü ve Etkileri Analizi (H.T.E.A.) sürecinde takım şu unsurları belirlemeye çalışacaktır [9];

- Analize konu olan kısmın fonksiyonu.
- Sorun çıkarma potansiyeli.
- Sorunun etkileri.
- Bu sorunun olası nedenleri.
- Bu nedenlerin bulunabilirliği
- Bu sorunların önlenmesi için alınabilecek önlemler.

Yöntemin uygulanabilmesi için aşağıda belirtilen dört ana şartın herkes tarafından anlaşılması ve izlenmesi gerekmektedir [10].

Yöntemi uygulamaya başlamadan önce müşteri bilinmelidir.Bu genellikle son kullanıcı olmalıdır.Fakat bir sonraki operasyonda müşteri olarak düşünülebilir. İncelenen fonksiyon ve amaç herkes tarafından bilinmelidir.Zaman kaybını önlemek ve yanlış yöntemlere meydan vermemek için bu gereklidir.Düzeltilici faaliyetlerle devamlı iyileştirme sağlanmalıdır.

3.3.1. H.T.E.A. çalışma konuları

H.T.E.A. çalışmaları için bir konu sınırlamaması olmamakla birlikte aşağıdaki ana başlıklarla belirtilmiş konularda olabilirler,

- Yeni Ürün Geliştirme
- Varolan Ürünlerin Geliştirilmesi
- Maliyet Düşürme
- İş Süreçlerinin İyileştirilmesi
- Üretim Süreçlerinin İyileştirilmesi
- Müşteri Şikayetleri
- Yatırım Ve Montajlar
- Sistem İyileştirme Ve Geliştirme
- İş/İşçi Güvenliği Ve Sağlığı

3.3.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin çeşitleri

Hata Türü ve Etkileri Analizi Tekniği aşağıda sıralanan bir çeşitliliğe sahiptir ve uygulama alanları her türlü üretim ve hizmet şeklini kapsamaktadır.

3.3.2.1. Tasarım H.T.E.A.

Potansiyel veya bilinen hata türlerini tanımlayan,ilk üretim gerçekleşmeden hataların tanımlanması ve düzeltilici faaliyetlerin uygulanmasını sağlayan bir yöntemdir.Tasarım H.T.E.A.'nın faydaları şunlardır:

- Tasarım geliştirme faaliyetleriyle ilgili önceliklerin belirlenmesi
- Ürün hatalarının, ürün tasarım aşamasında iken belirlenmesini sağlaması
- Potansiyel güvenlik konularının belirlenerek ortadan kaldırılmasına yardım etmesi ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesinin sağlanması,
- Önemli ve kritik özelliklerin belirlenmesine yardım etmesi,
- Ürünlerle ilgili tasarım ve doğrulamaların testi sırasında kullanılacak bilgilerin sağlanması.

Tasarım H.T.E.A.'nın uygulanması sonucunda:

- Potansiyel kritik veya önemli özelliklerin bir listesi ile potansiyel hata türlerinin Risk Öncelik Sayısı tarafından ağırlıklandırılmış bir listesi elde edilir.
- Test, kontrol veya teşhis yöntemlerinden kullanılacak potansiyel parametrelerin listesi ile kritik ve önemli özelliklere yönelik, tavsiye edilen potansiyel faaliyetlerin listesi yardımıyla hata türü ve güvenlik konularını ortadan kaldıracak veya hataları azaltacak potansiyel tasarım faaliyetlerini tespit etmek mümkün olabilir [12].

3.3.2.2. Proses H.T.E.A.

Proses H.T.E.A. ve müşteri tarafından tanımlanmış olan kalite,güvenilirlik,maliyet ve verimlilik kriterlerini sağlamak için mühendislik çözümleri üretmeyi hedefleyen bir yöntemdir.Proses H.T.E.A.'nın kullanımının sağladığı yararları şöyle özetleyebiliriz:

Üretim veya montaj prosesinin analizine yardımcı olması ve düzeltici faaliyetlerin önceliklerini belirlemesi, kritik veya önemli olan özellikleri tespit etmede ve kontrol planı oluşturmada yardımcı olması; proses aşamasında ortaya çıkacak hataları belirlemesi ve düzeltici faaliyetlerle ilgili plan sunması.Bu tekniğin uygulanmasıyla potansiyel kritik veya önemli özelliklerin bir listesi hazırlanarak, bunlara yönelik öngörülen potansiyel faaliyetlerin listesi yapılır. Potansiyel hata türlerinin risk öncelik sayısı ile belirlenen listesi üzerinde, bu hata türlerinin sebeplerini ortadan kaldıracak, ortaya çıkan hataları azaltacak ve katsayısı yardımıyla proses

yeterliliğinin geliştirilemediği durumlarda, hata nedenlerinin ve belirlenmesinin etkinliğini arttıracak potansiyel bir liste oluşturulur[12].

3.3.2.3. Hizmet H.T.E.A.

Müşteri hizmetlerini geliştirmek amacıyla üretim,kalite güvence ve pazarlama koordinasyonu ile uygulanan bir yöntemdir. . İş akışının, sistem ve proses analizinin etkin bir şekilde yapılmasında, işteki hataların ve kritik önemli işlerin belirlenmesinde ve kontrol planlarının oluşturulmasında yol göstermesi gibi avantajlar sağlar.

3.3.2.4. Sistem H.T.E.A.

Bütün donanımların ve tasarımın tamamlanmasının sonrasında üretim,kalite güvence gibi sistemlerin akışını en elverişli hale getirmek için kullanılan bir yöntemdir.

Sistem H.T.E.A' mın faydaları şunlardır;

- Potansiyel problemlerin bulunabileceği alanlar daralır.
- Sistem seviyesindeki teşhis prosedürleri için bir temel oluşturulmasına yardımcı olur.
- Fazlalıkların tespit edilmesine yardım eder.
- Optimum sistem tasarım alternatiflerinin seçilmesinde yol gösterir.

Sistem H.T.E.A. etkin bir şekilde uygulandığında hata türü ile güvenlik konularını ortadan kaldıracak ve hataları azaltacak potansiyel tasarım faaliyetlerinin listesi, potansiyel hata türlerinin R.Ö.G. tarafından ağırlıklandırılmış bir liste ve aynı zamanda potansiyel hata türlerini tespit edebilecek potansiyel sistem fonksiyonlarının bir listesi elde edilebilir [12].

3.3.3. H.T.E.A. zamanlaması

H.T.E.A bir yaşam belgesidir.Ürün geliştirme süreci değişiminin başından sonuna kadar ürün ve proses güncellemeleri yapılabilir.Yeni ürün veya proses denetlenen

zincirin başlangıç noktası olur. Değişimler işletme şartlarında yapılır ve değişim hem ürüne hemde prosese yapılır. Yeni düzenlemeler tesis edilir, Müşteri geri beslemeleri(şikayet veya geri dönüşlere ait veriler) proses veya üretimde mevcut problemleri işaret eder.

3.3.4. H.T.E.A.'nın yararları

H.T.E.A. kalite gelişimi ve dizayn güvenilirliğini desteklemek için tasarlanmış bir metodur.Doğru bir şekilde kullanıldığında firmaya çeşitli faydalar sağlayacaktır;

- Ürün/Proses güvenilirlik ve kalitesini geliştirir
- Müşteri memnuniyetini artırır
- Potansiyel Üretim/Proses eksikliklerini önceliklendirir
- Mühendislik ve organizasyon bilgisini artırır
- Üzerinde durulan problemleri önler
- Kontrol gelişimi ve geliştirme için odaklanmayı sağlar
- Sonradan oluşabilecek maliyetleri minimize eder,maliyetleri birleştirir
- Takım çalışması için katalizör ve bölümlerin bilgi alışverişi için bir araçtır.
- Müşteri memnuniyetinin artmasına yardımcı olur.
- Firmanın imajını ve rekabet gücünü artırır.
-

Süreç ve Proses açısından ek olarak şu faydalarıda belirtebiliriz;

- Potansiyel hataları ortaya çıkarır.
- Potansiyel hataların sebeplerini belirler.
- Kontrol noktalarını ortaya çıkarır.
- Düzeltici / Önleyici faaliyetlerin önceliğini belirler.
- Düzeltici / Önleyici faaliyetlerin başlatılmasını sağlar
- Problemlerin ve Düzeltici / Önleyici faaliyetlerin takibini sağlar.
- Kritik veya önemli karakteristiklerin belirlenmesini sağlar.
- Yeni bir imalat veya montaj prosesinin analizine yardımcı olur.
- Ürün üzerindeki değişikliklerin başarı ile yapılmasını sağlar.
- Ürün geliştirme zamanını ve maliyetini düşürür.

3.4. H.T.E.A. Sisteminin Uygulanması

3.4.1. H.T.E.A. çalışmasının başlatılması

Başlangıç ve tanımlama safhasıdır.Hatanın şekli ve hatanın sebebi ile ilgili bazı özel tanımlamalar yapılır.Bu prosesin tanıtılmasında atılan ilk adımdır.Çalışma grupları genellikle oluşan hata şekillerine göre hataların sebeplerini araştırır,.Bu aşamada kayıt,bilgi ve veriler kullanılır,bununla beraber veya kayıt,veri ve bilgi sahibi olunmayan durumlarda tecrübe ve deneyimden yararlanır.Bu nedenle H.T.E.A. çalışmalarında genellikle hata ile ilgili bölümler hata ve hata sebebini araştırırlar ve ortaya koyarlar.

3.4.2. Ekip/Grup

Çalışma ekibi genellikle sorumlu ve deneyimli kişilerden seçilen 3 ile 7 kişiden kurulur.Mühendisler,araştırmacılar ve üretim kalite bölümü temsilcileri tercihen dahil edilir.Öncelikle ekip lideri seçilerek toplantılara başlanır.İki aydan fazla sürmemesi istenen bu sürede periyodik toplantılar yapılır ve bu toplantıların 3 saati geçmemesi arzu edilir [10].

Ekip her çalışmadan önce mutlaka incelenecek parça veya olay hakkında bilgi edinmelidir. Çalışmada her türlü sayısal veriyi değerlendirebilecek kapasitede olmalıdır. Bunları araştırmak ve tamamlamak ekip liderinin görevidir.

3.4.3. Teknik

Hata Türü ve Etkileri Analizi tekniğinin temeli, ürüne müşteri gereksinimlerini tatmin edebilecek nitelikleri kazandırmak amacıyla tasarım karakteristiklerini üretim ve montaj yöntemleri ile göreceli olarak karşılaştırmaktır. Birbirinden farklı yetenek ve deneyim sahibi kişilerin bir araya gelerek oluşturdukları bir takımın çalışması olarak ortaya çıkar. Takım yaklaşımı H.T.E.A. öğelerinin tanımlanmasında esastır.

Belgenin hazırlanması bir kişinin sorumluluğunda olsa da veriler farklı disiplinlerden gelen bir takım tarafından oluşturulmaktadır [9].

H.T.E.A üzerine tüm çalışma Tablo 1.1’de verilen form üzerinde yürütülür.Çalışma iki ana bölümden oluşur.İlk bölümde ürünün kullanılması sırasında yaşanabilecek hata türleri tahmin edilmeye çalışılır.Müşteri beklentileri,benzer üründe karşılaşılan problemler,fabrika içi ve pazardan elde edilen geri dönüş bilgileri ve ekip elemanlarının deneyimleri ön plana çıkacaktır.Sonraki adımda her bir hata türünün etkileri ve hataya sebep olan durumlar ortaya konulur.Bu adımda bir veya birden fazla tahmin veya kabuller ortaya konabilir.

Tablo 1.1. H.T.E.A. form örneği

Parça Adı: Parça Kodu:					Tarih: Formu Dolduran:											
					MEVCUT KOŞULLAR					DÜZELTİCİ ÖNLEMLER			İYİLEŞTİRİLEN KOŞULLAR			
Parça adı	Parçanın fonksiyonu	Hata türü	Hata sebebi	Hatanın etkisi	Kontrol Önlemleri	ortaya çıkma olasılığı	şiddet derecesi	keşfedilebilirlik	RİSK ÖNCELİK GÖSTERGESİ	Önerilen İyileşmeler	Tamamlanma Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan önlemler	Ortaya çıkma olasılığı	Şiddet derecesi	Keşfedilebilirlik	RİSK ÖNCELİK GÖSTERGESİ

Bu faaliyetler yerine getirildikten sonra çalışma tamamlanmış olur ve çalışmanın müşterisi olan tasarımcıya rapor verilir.

3.4.3.1. Hata sebeplerinin önceliklendirilmesi

Belirlenen hata türlerinin ağırlıklandırılması ve bu ağırlıklandırmaya göre öncelik sıralamasının belirlenmesi aşamasıdır.Hata türlerinin önceliklendirilmesinin amacı ,

hangi hatanın öncelikle göz önüne alınarak iyileştirme yapılacağına karar vermektir[13].

H.T.E.A. analizinde sıralama her olay için hesaplanan ‘‘Risk Öncelik Göstergesi ‘‘ faktörü ile yapılır.Hangi hata türleri üzerinde yoğunlaşılacağını belirleyebilmek için bir eşik değer saptanması gerekir.Eşik değeri belirleyebilmek için belirli bir güven seviyesinin kabul edilmesi en uygun yöntemdir.Her üç önceliklendirme kriteri için 10’lu derecelendirme kullanıldığı düşünülüğünde toplam puan $10*10*10=1000$ olacağı açıktır.%99 istatistiksel güven hedeflendiğinde $1000-990=10$ olacaktır ve bu durumda R.Ö.G. puanı 10’un üzerinde olan her hata türü ele alınmalı demektir.Oysa istatistiksel güven seviyesi %90 kabul edildiğinde eşik değeri 100 puana çıkacaktır.Sonuç olarak aslında eşik değeri kabulünün ekibin sorumluluğunda saptanması gerektiğini söylemek en doğru yaklaşım olacaktır.Burada ekip istatistiksel güven seviyesinin yanı sıra firmanın ve ürünün pazardaki imajı ve konumu ürünün kullanım yerinin kritikliği ve problemlerin giderilebilme kolaylığını veya zorluğunu,ürünün fiyat ve rekabet seviyesini de dikkate alarak en uygun eşik değerini belirler [14].

Eşik değeri H.T.E.A. analizinin en hassas ve zayıf olduğu yönlerden biridir.Öngörülen önemli hataların çok olduğu durumlarda eşik değerinin altında kalan ve ileride sorun yaşanabilecek hatalar elenecek ve dolayısıyla H.T.E.A. yaklaşımı amacına ulaşmamış olacaktır.Önemli problemlerin elenmesine H.T.E.A. yönteminin en zayıf yönü olan puanlama aşamasında önemli ve incelenmesi gereken sorunların elenmesi oluşturur.

3.4.3.2. Olasılığın derecelendirilmesi

Belirli bir hata türünün ne kadar sıklıkla oluşabileceğinin ortaya konmasıdır. Hatanın birden fazla sebebi olabilir, olasılık belirlenirken sadece ilgili hata sebebi dikkate alınır. Hata türünün oluşma sıklığı göz önüne alınarak 1 ile 10 arasında derecelendirilir. Hatanın tespit edilip edilmeyeceği bu aşamada dikkate alınmaz.Yalnızca olasılıkla ilgilenilir.

Olasılık tespitinde uzman tahmini yeterli olabileceği gibi mevcut istatistiksel veriler, raporlar veya olaylardan yararlanılabilir. Ancak bu noktada konuya hakimiyet problemin puanlamasını direkt etkileyecektir. H.T.E.A. yöntemindeki üç kriterin uzmanlık ve araştırma gerektiren en önemli bileşenlerinden birisi ‘‘olasılık derecelendirme’’ dir. Hatalı ürün veya prosesin oluşma ihtimali, kaç adet üretimde bir oluşabileceğinden hareketle tahmin edilir. Derecelendirme grubun tecrübesine bağlı olarak tablo 1.2’ye göre yapılmalıdır.

Tablo 1.2. Olasılık derecelendirme

OLASILIK DERECELENDİRME TABLOSU		
HATA OLASILIĞI	OLASI HATA ORANLARI	DERECE
Hemen hemen kesin	1/10’den fazla	10
Çok yüksek	1/20	9
Yüksek	1/50	8
	1/100	7
Orta	1/200	6
	1/500	5
	1/1000	4
Düşük	1/2000	3
Çok Düşük	1/5000	2
Hemen hemen olanaksız	1/10000	1

Görüldüğü gibi yararlanılacak tablo oldukça basit ve yalındır. Aşağıda verilen örnek tabloda tanımlanmış sınıfların açıklamaları karşılaşılan durumlar örnek verilme suretiyle irdelenip verilmiştir. Tanımlar genelde birkaç grubu birden içine almıştır. İstenildiği takdirde bu tanımlamalar çoğullanabilir.

Özellikle H.T.E.A. çalışmasının ilk yapıldığı veya gruba yeni üye katılması, grubun yenilenmesi gibi durumlarda aşağıdaki tablodan yararlanılabilir.

Bu kriterin tahmininde dikkat edilecek en önemli nokta kelimelerin iyi anlaşılmasıdır.Genelde karar vericiler bu noktada sıkıntı yaşayabilmektedirler.

Tablo 1.3. Örnek olasılık derecelendirme tablosu

OLASILIK DEĞERLENDİRMESİ	DERECELENDİRME
ÇOK UZAK OLASILIK Arızanın olacağını düşünmek doğru değil	1
DÜŞÜK OLASILIK Benzer çalışmalarda çok az hatayla karşılaşıldı	2,3
ORTA OLASILIK Benzer çalışmalarda hatalar az görüldü fakat ciddi değillerdi	4,5,6
YÜKSEK OLASILIK Benzer çalışmalarda hatalar oluştu ve sorunlar oluşturdu	7,8
ÇOK YÜKSEK OLASILIK Önemli hataların ortaya çıkma olasılığı var	9,10

3.4.3.3. Şiddetin derecelendirilmesi

Şiddet hatalı ürün veya prosesin müşteri de yaratacağı tepki durumudur.Müşteri bazen işletme içinde iç müşteride olabilir.Örnek verilecek olursa teknik bir arızadan dolayı kullanılması mümkün olmayan bir elektronik ürün ürün,estetik hataya sahip bir üründen daha fazla tepki uyandıracaktır yada bu bölümdeki adlandırılmasıyla şiddeti daha büyük olacaktır.Hatanın etkilerinin iç yada dış müşterideki sonuçlarını değerlendirir. Her bir hata türünün etkileri için şiddet derecelendirmesi (1 ile 10 arası) yapılır. Derecelendirme grubun tecrübesine bağlı olarak aşağıdaki tabloya göre yapılır(Tablo 1.4).Şiddet derecelendirme tahmini genelde az bilgi gerektiren bir etki olduğu için nispeten kolay puanlama yapılabilmektedir.Grupta tek bir uzman hatanın sonucunu belirttiği takdirde puanlama grup üyeleri tarafından kolaylıkla yapılabilir.

Tablo 1.4. Şiddet derecelendirme

ŞİDDET DERECELENDİRME TABLOSU		
ETKİ	KRİTER	DERECE
Tehlikeli	Emniyetle ilgili. Yasalara uygunsuzluk. Hata bir ikaz olmadan ortaya çıkar	10
Ciddi	Emniyetle ilgili. Yasalara uygunsuzluk. Hata bir ikaz ile ortaya çıkar.	9
Çok Büyük	Ürünün tümü telef edilebilir. Ürün kullanılmaz hale gelir. Müşteride büyük hoşnutsuzluk yaratır.	8
Büyük	Ürün üzerinde büyük etki. Ürün kullanılmaz ya da ayıklanır. Müşteride hoşnutsuzluk yaratır.	7
Önemli	Tekrar işleme neden olur. Ürün performansı düşer. Ürün kullanılır fakat fireye neden olur. Müşteri hoşnutsuzluk duyar	6
Orta	Ürün performansı üzerinde orta şiddette etki. Müşteride bazı rahatsızlık. Ürünün bazı fonksiyonlarında düşük performans.	5
Küçük	Ürün performansı üzerinde küçük şiddette etki. Müşteride bazı rahatsızlık.	4
Önemsiz	Ürün performansı üzerinde önemsiz etki. Müşteride bazı rahatsızlık.	3
Çok Önemsiz	Ürün performansı üzerinde çok önemsiz etki. Müşteri tarafından fark edilmez.	2
Etkisi Yok	Ürün performansı üzerinde hiçbir etkisi yok	1

Şiddet derecelendirme tablosu kullanımında yararlanılabilecek örnek Tablo1.5'te aşağıda verilmiştir.

Tablo 1.5. Örnek şiddet derecelendirme tablosu

ŞİDDET DEĞERLENDİRİLMESİ	ŞİDDET DERECELENDİRİLMESİ
<p>ÇOK ÖNEMLİ Hata nedeniyle ürün kullanılamamakta ve proses kısmı olarak çalışmamaktadır.Şiddet derecelendirmesi sadece tasarım değişiklikleri ile olur.</p>	9,10
<p>ÖNEMLİ Hata nedeniyle ürün kullanılamayabilir veya üründe şartları karşılayamama durumu oluşabilir.</p>	7,8
<p>ORTA ÖNEMLİ Hata önemsiz olabilir,fakat kullanıcıda memnuniyetsizlik oluşturur.Performans düşüklüğü nedeniyle kullanıcıyı zor durumda bırakabilir.</p>	4,5,6
<p>AZ ÖNEMLİ Hata nedeniyle kullanıcının ürün/proses performansında önemli değişiklikler olmayabilir ve kullanıcı için önemli bir problem oluşmaz.</p>	2,3
<p>ZOR ALGILANABİLEN Hata tipinin ürün/proses üzerinde açık etkisi düşünülemez.Hata oluşmamıştır veya kullanıcı tarafından farkedilmeyebilir.</p>	1

3.4.3.4. Saptanabilirliğin derecelendirilmesi

Saptanabilirlik,mamulün üretim hattını terk etmeden önce hataların saptanma olasılığıdır. Hatanın olduğu varsayılır, mevcut kontrollerle mamulün sevk edilmeden önce saptanabilirliği 1 ie 10 arasında derecelendirilir.Bu kriter en çok uzmanlık gerektiren kriterdir. Mutlaka ürün veya proses iyi tanınmalı,mümkün olduğunca fazla bilgi sahibi olunmalıdır.Hatanın oluşma olasılığının düşük olması saptanabilirliği etkilemez. Derecelendirme, grubun tecrübesine bağlı olarak Tablo 1.6'ya göre yapılır.

Tablo 1.6. Saptanabilirlik derecelendirme

SAPTANABİLİRLİK DERECELENDİRME TABLOSU			
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

3.4.3.5. Risk öncelik göstergesinin (R.Ö.G.) hesaplanması

İtalyancası “risco” Almancası “Risiko”, İngilizcesi “risk”olan bu kavram dilimiz de önceleri riziko olarak kullanılmış daha sonra risk olarak yerleşmiştir. Zarar veya kayıp durumuna yol açabilecek bir olayın ortaya çıkma olasılığı anlamına geliyor. Tehlike ile eş anlamlı ve ileride ortaya çıkması beklenen ama meydana gelip gelmeyeceği kesin olarak bilinmeyen olaylar için kullanılıyor. Gelecek ile ilgili bir kavram, çünkü gelecek belirsizlik ifade ediyor. Risk de belirsizlik hallerinde ortaya çıkan ve tehlikenin ciddiyetine verilen isim. Tehlike ise, Kurum yada İnsanların yaralanması, hastalanması, zarar görmesi veya bunların bileşimi olabilecek zarar potansiyeli olan durumdur.Riskin matematik ifadesini şöyle tanımlayabiliriz[15];

$$\text{Risk} = \text{Olasılık} \times \text{Şiddet} \quad (3.1)$$

Bu formülden hareketle H.T.E.A. yönteminin eleme kriteri olan “Risk Öncelik Göstergesi”nin aslında riskin,saptanabilirlik ile çarpılmasından oluşan bir faktördür diyebiliriz.Açık olarak R.Ö.G.,Olasılık, Şiddet ve Saptanabilirlik derecelerinin çarpımıdır.

$$\text{R.Ö.G.} = \text{OLASILIK} \times \text{ŞİDDET} \times \text{SAPTANABİLİRLİK} \quad (3.2)$$

Düzeltilici faaliyetlerin önceliği R.Ö.G.’e bağlı olarak ortaya çıkar. En büyük R.Ö.G. değeri 1. derece önceliği belirler. Düzeltilici faaliyetlerin başlatılması için en küçük R.Ö.G. değeri kuruluştan kuruluşa değişebilir ancak 100 den büyük R.Ö.G. değerleri için mutlaka düzeltilici önlem faaliyeti yapılmalıdır.

3.4.3.6. Düzeltilici / Önleyici faaliyetlerin (D.Ö.F.) belirlenmesi

R.Ö.G değeri yüksek olan her bir hata sebebi için D.Ö.F. açıkça tanımlanmalıdır. Ancak unutulmamalıdır ki başarılı bir H.T.E.A programı, çıkarılan sonuçların iyileşme programlarına (Planlarına) dönüşmesi ile gerçekleşir. Bütün organizasyon tarafından devamlı iyileşme konusu benimsemediği takdirde H.T.E.A statik bir program olarak kalır.H.T.E.A.’nın amacı, iyileştirmeleri ve düzeltilici faaliyetleri sürekli kılmak ve önlemeye yönlendirmek olmalıdır.

3.4.3.7. Belirlenen hata türleri için önlemlerin alınması

Belirlenen değer üzerindeki tüm hata türü sebepleri için düzeltici önlem H.T.E.A ekibi veya yeni kurulacak bir ekip yada kişiler tarafından alınacaktır.Bu görevin termin alınarak veya verilerek yerine getirilmesi istenir.

Düzeltilici faaliyetler uygulandıktan sonra veya düzeltici önlemler için taslak plan ve öngörüler ortaya konularak R.Ö.G. yeniden hesaplanır.Bu aşamada hesaplanan R.Ö.G. ün daha önce belirlenmiş olan değerden düşük olması beklenir.

3.4.3.8. H.T.E.A.'nın tamamlanması

Bir H.T.E.A. başlatıldıktan sonra yaşayan bir doküman haline gelir. Tasarım veya proste önemli değişiklikler olduğunda güncel hale getirilmelidir ve proses H.T.E.A.'nın tamamlanmış olarak kabul edilmesi ise, bütün operasyonların belirlenip değerlendirilmiş ve kontrol altına alınmış olması ile olur.

H.T.E.A. çalışmasından çıkan sonuçlar ilgili bölüme iletilir ve çözüm üretilmesi beklenir.Gruptan bir veya daha fazla kişi konuyu takip ile görevlendirilir.Düzeltilme faaliyeti yapıldıktan sonra sorun tekrar ele alınır ve R.Ö.G. hesaplanarak test edilir.Problem önemsiz düzeye(eşik değerinin altı) inmişse listeden çıkartılır.

3.5. H.T.E.A. Yönteminin Yetersizliği

Bulanık mantıkla ve H.T.E.A. ile ilgili olarak literatürde bir çok çalışma bulunmaktadır.Bulanık mantık modellemesi kontrol noktaları içeren tüm alanlara hızla yayılmakta ve araştırmalara konu olmaktadır.Çalışmamızda literatürde H.T.E.A.'nın eksiklerini ortaya koyan ve yeni fikirler ortaya çıkaran uygulamalar dikkate alınmıştır.

H.T.E.A. tüm hataları detaylı tespit edebilen ve etkileri de görebilmemize olanak sağlayan,yardımcı metodlar için bilgi veren bir yöntemdir[16].

Literatürde H.T.E.A.'nın hesaplama kriterleri yetersiz bulunmakta ve 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”[17].

H.T.E.A. daki eksikliklerden duyulan ihtiyaçlardan dolayı çeşitli yöntemlerle alternatif yaratılma yoluna gidilmiştir.İncelenen bir çalışmada H.T.E.A. tekniğine dayanan maliyet odaklı fakat çalışmaya konu olacak kriterleri ELECTRE yöntemiyle belirleyen yeni bir model ortaya konmaktadır.Bu modele “Hata Türü ve Etkileri Önleme Analizi” adı verilmektedir[14].

H.T.E.Ö.A. çalışmasının tamamlanması ile çalışma formu bir tarafında hata türü, etkileri ve sebepleri, diğer tarafında ise bunları önlemek için alınacak en uygun önlemlerin bulunduğu oldukça informatif bir hal alır. Ayrıca her iki tarafta da maliyetler bulunmaktadır.

Bu noktada olayın bütünü için karar vermek çok kolaylaşmıştır. Yaşamsal risk taşıyan konular maliyeti ne olursa olsun ele alınmalıdır. Diğer konularda ise pazar beklentileri,proje bütçesi, pazara çıkış zamanı gibi konular değerlendirilerek en uygun çözüm bulunur[17].

BÖLÜM 4. BULANIK MANTIK

1965 yılında Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık küme, mantık ve sistem kavramları, bu araştırmacının uzun yıllar boyunca kontrol alanında çalışması ve istediği kontrolü elde edebilmesi için fazlaca doğrusal olmayan denklemlerin işine girmesi, yöntemin karmaşıklaşması ve çözümün zorlaşması sonucunda ortaya çıkmıştır. Bulanık mantık ilkelerinin klasik kümelerden temel farkı, bir elemanın herhangi bir kümeye ait olması konusunda verilecek yanıtın klasik kümelerdeki gibi 'evet' yada 'hayır' gibi keskin olmayıp, bu elemanın ilgili kümeye ait olma olasılığının 0 ile 1 arasında değerler alabilen sürekli bir üyelik fonksiyonu ile ifade edilmesidir. Herhangi bir elemanın üyelik fonksiyonundan aldığı değer üyelik derecesi olarak adlandırılır. Bulanık küme teorisinde üyelik derecesinin 0 ile 1 arasında değerler alması, sözel bilgilerin, problemlerin çözümü sırasında sayısal verilerle birlikte kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Sözel ifadelerin bulanık modellere katılması bulanık mantığın diğer yöntemlerden en büyük farklılığıdır[19].

Günlük hayatta rastgele kullandığımız bir çok terim genellikle bulanık bir yapıya sahiptir. Bir şeyi tanımlarken, bir olayı açıklarken, komut verirken ve daha bir çok durumda kullandığımız sözel veya sayısal ifadeler bulanıklık içerir. Bu terimlere örnek olarak; ılık - bulutlu, parçalı bulutlu - güneşli, uzun - kısa, sıcak - soğuk, hızlı - yavaş, yaşlı - genç, çok - az, biraz - fazla, çok az - çok fazla gibi daha pek çok sözel terim gösterilebilir. Biz insanlar bir olayı anlatıp, bir durum karşısında karar verirken bu tür kesinlik ifade etmeyen terimler kullanırız. Kişinin yaş durumuna göre ona yaşlı, orta yaşlı, genç, çok yaşlı ve çok genç deriz. Yolun kayganlık ve rampa durumuna göre arabanın fren pedalına az veya biraz daha, yavaş veya biraz daha hızlı basarız. Çalıştığımız odanın ışığı yetersiz ise onu biraz artırır, yeterinden fazla ise biraz azaltırız. Bütün bunlar insan beyninin belirsiz ve kesinlik içermeyen durumlarda nasıl davrandığına ve olayları nasıl değerlendirip, tanımlayıp, komut verdiği dair birer örnektir.

Bulanık Mantık düşüncesinde kesinsizliklere neden olan olaylar, rastlantısal bilgiler olarak ele alınmakta, ancak onların yalnızca oluşum durumları ile uğraşılmaktadır. Burada; olayların belirsizlik dereceleri, başka bir deyişle gerçek modelle olan ilişkilerini gösteren üyelik değerleri yada üyelik fonksiyonları önemli olmaktadır[20].

4.1. Tarihçe

Çok değerli mantığın tarihi çok eskilere dayanır. Heraklitus ve Anaksimender gibi eski Yunan Filozofları, iki değerli mantığın kurucusu olan Aristo'dan 200 yıl evvel çok durumlu mantıksal sistemler geliştirmişlerdi.

1920'li yıllarda Polonya'lı mantıkçı Jan Lukasiewicz, önermelerin sadece bir veya sıfır doğruluk değeri alabildiği klasik mantıktan farklı olarak önermelerin bir ve sıfır arasında da kesirli doğruluk değeri alabildiği "çok değerli" mantık ilkelerini oluşturmuştur. 1937'de ise kuantum felsefecisi Max Black yayımlanan bir makalesinde liste ya da nesnelere oluşan kümelerle "çok değerli mantığı" uygulayarak ilk bulanık küme eğrilerini çizmiştir.

Bulanık mantık ilk kez 1973 yılında, Londra'ki Queen Mary College'da profesör olan Ebrahim H. Mamdani tarafından bir buhar makinasında uygulandı. Ticari olarak ise ilk defa, 1980 yılında, Danimarka'daki bir çimento fabrikasının fırınına kontrol etmede kullanıldı. Bulanık mantık ile hazırlanan bir sistem, bilgisayar desteğinde, sensörlerden ısı ve maddelere ait bilgileri alarak ve "feed-back" (geri besleme) metoduyla değişkenleri kontrol ederek, bu ayarlama işini çok hassas ölçümlerle gerçekleştirmiş ve büyük oranda enerji tasarrufu sağlamıştır.

1987'de, Uluslararası Bulanık Sistemler Derneği'nin Tokyo'da düzenlediği bir konferansta bir mühendis, bulanık mantıkla programladığı bir robota, bir çiçeği ince bir çubuğun üzerinde düşmeyecek şekilde bıraktırmayı başarmıştır. Bundan daha fazla ilgi çeken gerçek ise, robotun bunu yaptığını gören bir seyircinin mühendise, sistemden bir devreyi çıkarmasını teklif etmesinden sonra görülmüştür. Mühendis

önce, devreyi çıkarırsam çiçek düşer diye bunu kabul etmemiş, fakat seyircinin çiçeğin ne tarafa doğru düştüğünü görmek istediğini söylemesi üzerine devreyi çıkarmıştır ve Robot beklenmedik bir şekilde yine aynı hassaslıkla çiçeği düşürmeden çubuğun üzerine bırakmıştır. Kısacası bulanık mantık sistemleri, yetersiz bilgi temin edilse bile tıpkı insanların yaptığı gibi bir tür "sağduyu" kullanarak (yani mevcut bilgiler yardımıyla neticeye götürücü akıl yürütmeler yaparak) işlemleri gerçekleştirebilmektedir[21].

Bu kadar başarılı uygulamanın ardından bulanık mantığa olan ilgi artmış, uluslararası bir çalışma zemini oluşturabilmek amacıyla 1989 yılında aralarında SGS-Thomson, Omron, Hitachi, NCR, IBM, Toshiba ve Matsushita gibi Dünya devlerinin de bulunduğu 51 firma tarafından LIFE laboratuvarları kurulmuştur

Bulanık mantık kullanılarak üretilen edilen fotoğraf makineleri, otomatik odaklama yapanlardan bile daha net bir görüntü vermektedir. Fotokopi makineleri ise bulanık mantıkla çok daha kaliteli kopyalar çıkarmaktadırlar. Zira odanın sıcaklığı, nemi ve orijinal kağıttaki karakter yoğunluğuna göre değişen resim kalitesi, bu üç temel unsur hesaplanarak mükemmele yakın hale getirilmektedir.

Kameralardaki bulanık mantık devreleri ise sarsıntılardan doğan görüntü bozukluklarını asgariye indirmektedir. Bilindiği gibi elde taşınan kameralar, ne kadar dikkat edilirse edilsin net bir görüntü vermez. Bulanık mantık programları bu görüntüleri netleştirmek için şöyle bir metot kullanır: Eğer görüntüdeki bütün şekiller, aynı anda, bir tarafa doğru kayıyorsa bu, insan hatasından kaynaklanan bir durumdur; kayma göz önüne alınmadan kayıt yapılır. Bunun dışındaki şekiller ve hareketler ise normal çekim durumunda gerçekleştiği için müdahale edilmez.

Birkaç bulanık mantık sistemi ise, mekanik cihazlardan çok daha verimli bir şekilde bilgi değerlendirmesi yapmaktadır. Japon Omron Grubu, büyük firmalara sağlık hizmeti veren bir sisteme ait beş tıp veri tabanını, bulanık mantık teorileri ile kontrol etmektedir. Bu bulanık sistem, 10.000 kadar hastanın sağlık durumlarını öğrenmek ve hastalıklardan korunmalarına, sağlıklı kalmalarına ve stresten kurtulmalarına yardımcı olmak üzere kişiye özel planlar çizebilen yaklaşık 500 kural

kullanılmaktadır. Pilav pişirme aletlerinden asansörlere, arabaların motor ve süspansiyon sistemlerinden nükleer reaktörlerdeki soğutma ünitelerine, klimalardan elektrikli süpürgelere kadar bulanık mantığın uygulandığı birçok alan bulunmaktadır. Bu alanlarda sağladığı enerji, iş gücü ve zaman tasarrufu ile "iktisat" açısından da önem kazanmaktadır.

Bulanık mantığın gelecekteki uygulama sahaları, daha da genişleyecek gibi gözükmektedir. Şeker hastaları için vücuttaki insülün miktarını ayarlayarak yapay bir pankreas görevi yapan minik yapıların üretiminde, prematüre doğumlarda bebeğin ihtiyaç duyduğu ortamı devam ettiren sistemlerin hazırlanmasında, suların klorlanmasında, kalp pillerinin üretiminde, oda içindeki ışığın miktarının ayarlanmasında ve bilgisayar sistemlerinin soğutulmasında bulanık mantık çok şeyler vaatmektedir.

4.2. Bulanık Mantığın Kullanıldığı Bazı Uygulamalar

- 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)
- Dökümanların 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 mesafisinin kesinliğini ve ekonomikliğin geliştirilmesi (1.Giriş 'te bahsedilen metro hedefe 7 cm kala durabilmektedir)
(Hitachi)
- Otomobiller için gelişmiş yakıt tüketimi
(NOK, Nippon Denki Tools)

4.3. Bulanık Küme Kuramı

Bulanık mantık, ingilizcesiyle fuzzy logic, adından anlaşılabilceği gibi mantık kurallarının esnek ve bulanık bir şekilde uygulanmasıdır. Klasik mantıkta bildiğiniz gibi, "doğru" ve "yanlış" yada "1" ve "0"lar vardır, oysa bulanık mantıkta, ikisinin arasında bir yere de olan önermeler ve ifadelere izin verilebilir ki, gerçek hayata baktığımızda hemen hemen hiçbir şey kesinlikle doğru veya kesinlikle yanlış değildir. Gerçek hayatta önermeler genelde kısmen doğru veya belli bir olasılıkla doğru şeklinde değerlendirilir. Bulanık mantığa da zaten klasik mantığın gerçek dünya problemleri için yeterli olmadığı durumlar dolayısıyla ihtiyaç duyulmuştur.

Bulanık mantığın sistemi şu şekildedir. Bir ifade tamamen yanlış ise klasik mantıkta olduğu gibi 0 değerindedir, yok eğer tamamen doğru ise 1 değerindedir. (Ancak bulanık mantık uygulamalarının çoğu bir ifadenin 0 veya 1 değerini almasına izin vermezler, veya sadece çok özel durumlarda izin verirler.) Bunların dışında tüm

ifadeler 0 dan büyük 1 den küçük reel değerler alırlar. Yani değeri 0.32 olan bir ifadenin anlamı %32 doğru %68 yanlış demektir[22].

4.3.1. Bulanık küme teorisi

Matematikte klasik küme teorisinde; bilineceği üzere küme veya cümle, ayırt edilebilen belirli nesnelere bütünüyle idrak edilmiş veya kavranmış topluluğu olarak tarif edilir. Bir başka ifadeyle, sözü edilen kümeye neyin ait olduğu ve neyin ait olmadığı konusunda herhangi bir şüphenin olmadığı, kümeye ait olan elemanların tamamen belirlenebildiği topluluktur.

Bahsedilen bu topluluğa veya nesnelere bu kümenin elemanları denir. Örneğin bir A kümesi ve onun elemanları,

$$A = \{1,2,3\}$$

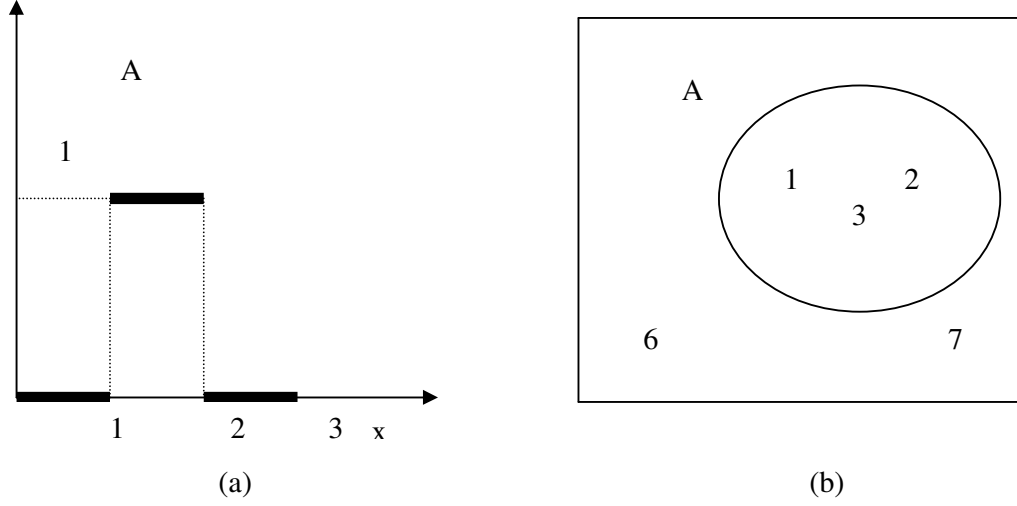
Şeklinde gösterilsin. Bu gösterim kümenin liste yöntemiyle gösterimidir. Buna göre A kümesi üç elemanlı bir küme olup 1,2 ve 3 bu kümenin elemanlarıdır.

Bu kümeyi şartlı bir fonksiyon şeklinde de göstermemiz mümkündür. Buna göre

$$A = \{x \mid x^3 = 1 \text{ ve } x \in \mathbb{Z}_3\}$$

olur. Yani göz önüne alınan bir eleman bir kural ile verilmiş kümenin ya elemanıdır (1) veya elemanı değildir (0) denir.

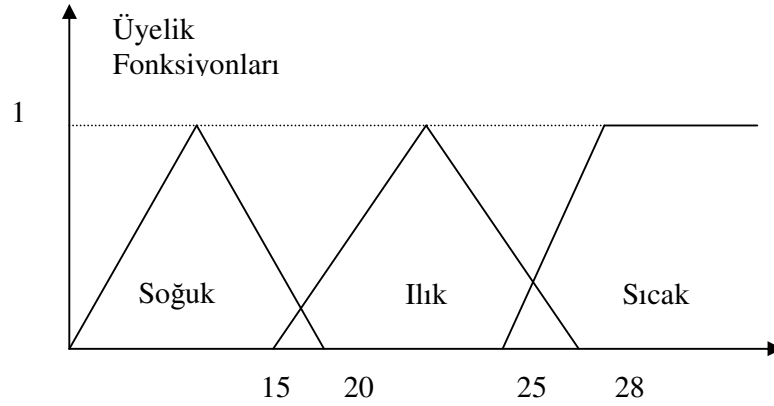
Bu ifadenin grafiksel gösterimi şekil 4.1(a)'da verilmiştir. Böylece 1, 2 ve 3 elemanları A kümesinin elemanı olup, kümeye ait olma dereceleri 1 iken bunun dışında kalan tamsayılar A kümesinin elemanı değildir ve 0 üyelik derecesine sahiptir denilir.



Şekil 4.1. Keskin A kümesinin gösterimi

A kümesinin bir başka gösterimi de şekil 4.1(b)'de verilmiştir. Görüldüğü gibi A kümesinin sınırları kesin olarak belirlenmiş ve 6 ile 7 elemanları A kümesinin dışında kalmış yani 0 üyelik derecesine sahip olmuşlardır. Elemanların bu şekilde mevcut bir kümeye dahil edilip edilmemesi konusunda kesin bir sınırın bulunduğu klasik küme teorisi uygulamada esnek olmamaktadır. Günlük yaşantımızdan, bilimsel araştırmalara kadar bu güne değin kullandığımız mantık yapısı içerisinde bir kümeyi oluşturan elemanlar, kesin olup bir eleman bir kümenin elemanıdır yada değildir düşüncesini savunuyorduk. Bu tür kesin yarılaraya varabileceğimiz kümeler “keskin kümeler” denilmektedir. Ancak belirlilik derecesi ya hep ya da hiç dışına çıktığında ortaya bulanık kümeler kavramı çıkar.

25-35 derece arasının sıcak, 25 derecenin altının ılık aldığımızı farz edersek örneğin 30 derecelik bir hava sıcaklığı bizim için keskin kümeler açısından bakılırsa sıcak kabul edilecektir. Aynı şekilde 24,5 derece ılık sayılacak, 25,5 derece ise sıcak olacaktır. Biz bu yakın derecelerin hem sıcak hem de ılık olarak düşünülmesini isteyebiliriz. İşte fark bu noktada ortaya çıkacak çünkü keskin kümelerde böyle bir gösterim düşüncesi yaratılamayacaktır. Bu gösterimi ancak bulanık kümelerde yapabiliriz, istediğimiz geçişleri yansıtabiliriz. Şekil 4.2’de bulanık mantık kümesinin gösterimine bir örnek verilmiştir. Bu örneğe göre 15 dereceden küçük değerler soğuk, 15-20 derece arası hem soğuk hem ılık, 25 dereceden büyük değerler sıcak, 25-28 derece arası hem ılık hemde sıcak olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.2. Bulanık Kümelerde Üyelik Fonksiyonları

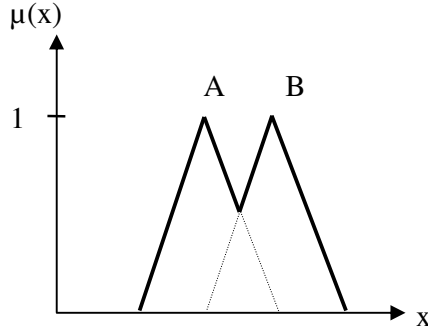
4.3.2. Bulanık ve geleneksel mantıkta küme işlemleri

X evrensel kümesinde A ve B bulanık alt kümelerini tanımlayalım ve x yine bu kümelere ait bir eleman olsun, A ve B bulanık kümeleri arasında yapılacak küme işlemleri için bazı kuralların tanımlanması gerekmektedir.

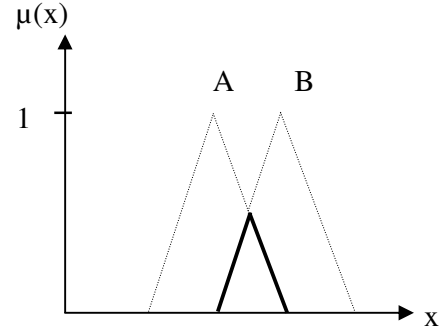
Bulanık kümelerde birleşim işlemi yapılırken klasik kümelerde kullanılan ' \cup ' işareti yerine veya ' \vee ' işareti kullanılır. Veya operatörünün kullanıldığı durumlarda bulanık mantıkta yapılan işlem iki üyenin ortak olan ve olmayan bütün üyelerini alınmasıdır. Bu durumda ortak olmayan üyelerin üyelik dereceleri aynı kalırken, ortak üyeler için En Büyük (EB) operatörü kullanılarak üyelik derecelerinden en büyük olanı alınır. Yani yeni birleşim bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu EB operatörü kullanılarak belirlenir.

Bulanık kümelerde kesişim işlemi yapılırken klasik kümelerde kullanılan ' \cap ' işareti yerine ve ' \wedge ' işareti kullanılır. Ve işaretinin kullanıldığı durumlarda bulanık mantıkta yapılan işlem iki üyenin ortak olan bütün üyelerini alınmasıdır. Bu durumda ortak üyeler için En Küçük (EK) operatörü kullanılarak üyelik derecelerinden en küçük olanı alınır. Yani yeni kesişim bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu EK operatörü kullanılarak belirlenir.

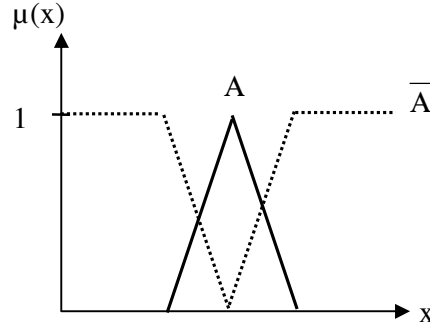
Bulanık kümenin tümleyeni ise küme elemanlarını üyelik derecelerinin birden çıkarılması ile bulunurlar. Bu ifadelere ait grafikler Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



(a) A ve B kümelerinin birleşimi



(b) A ve B kümelerinin kesişimi



(c) A kümesinin tümleri

Şekil 4.3. Bulanık kümelerde temel işlemler[22]

$$\mu_{A \vee B}(x) = EK(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (4.1)$$

$$\mu_{A \wedge B}(x) = EB(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (4.2)$$

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (4.3)$$

A bulanık kümesinin evriği ile birleşimi evrensel küme değildir. Ve A bulanık kümesinin evriği ile kesişimi boş küme değildir. Matematiksel olarak, $A \vee \bar{A} \neq X$ ve $A \wedge \bar{A} \neq \emptyset$ dir.

Bunun dışındaki diğer küme işlem özellikleri, klasik küme işlem özellikleriyle

benzeşirler:

$$A \vee B = B \vee A$$

$$A \wedge B = B \wedge A$$

$$A \vee (B \vee C) = (A \vee B) \vee C$$

$$A \wedge (B \wedge C) = (A \wedge B) \wedge C$$

$$A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C)$$

$$A \wedge (B \vee C) = (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$$

$$A \vee A = A \text{ ve } A \wedge A = A$$

$$A \vee \emptyset = A \text{ ve } A \wedge X = A$$

$$A \wedge \emptyset = \emptyset \text{ ve } A \vee X = X$$

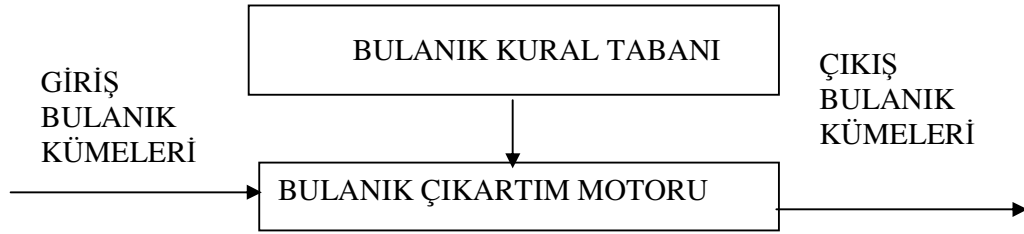
$$\overline{A \wedge B} = \overline{A} \vee \overline{B}$$

$$\overline{A \vee B} = \overline{A} \wedge \overline{B}$$

Eğer $A \subseteq B \subseteq C$ ise $A \subseteq C$ dir[18].

4.4. Bulanık Sistem

Bulanık sistemin en basit tanımı aşağıdaki şekilde verilmiştir(Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Genel Bulanık Sistem

Bunlar giriş,bu girişi çıkışa dönüştüren ve sistem davranışı denilen bir kutu ve hatadan çıkış kısımlarıdır.Buradaki birimlerin hepsinde sayısal veri çıkış veya işlemler yapılmaktadır.Bulanık sistem aşağıdaki temel kısımlardan oluşur[23];

A.Genel Bilgi Tabanı Birimi:

Girdi değişkenler ve tüm bilgileri içermektedir

B.Bulanık Kural Tabanı Birimi:

Eğer-İse kurallarının tümünün bulunduğu birimdir.Bu kurallar giriş ve çıkış verileri arasındaki ilişkileri kurar.Daha açıkçası bu kurallar girdileri çıktılara dönüştüren bir işlem parçası bütünüdür.

C.Bulanık Çıkarım Motoru Birimi:

Her bir kural için giriş ve çıkış ilişkilerini atanana metoda göre sonuçlandırmasına aracılık eden ve sistemin çıkışlı davranmasını sağlayan bir birimdir.

D.Çıktı Birimi:

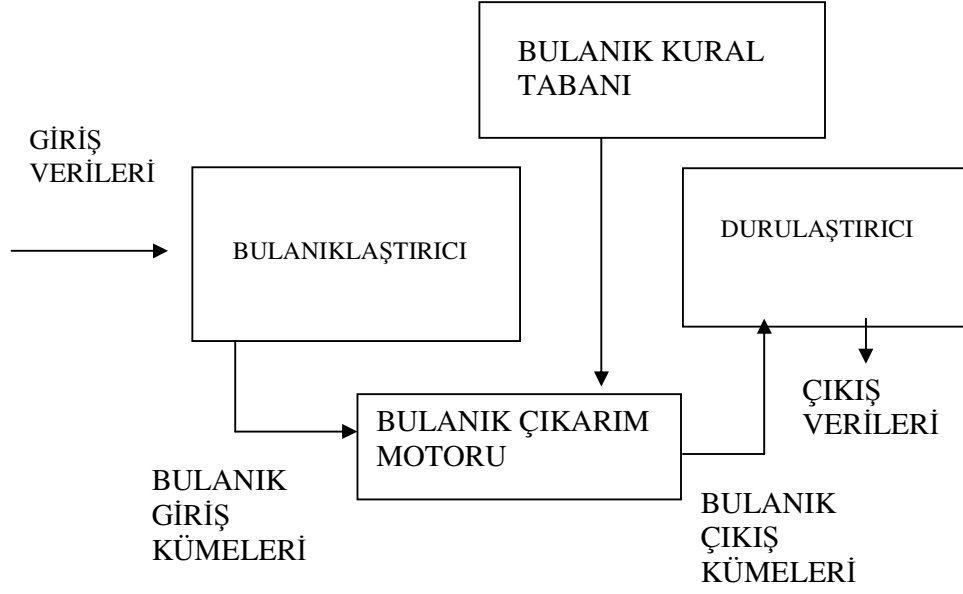
Çıktı değerlerinin tümüdür.

4.4.1. Bulanıklaştırma-Durulaştırma birimli bulanık sistem

Bulanık sistemlerdeki bazı mahzurları ortadan kaldırmak için kullanılır. Bulanıklaştırma ve durulaştırma sırası ile giriş sayılarının bulanıklaşması ve bulanık sayıların sayısallaştırılması anlamına gelir.

Bu sisteme,bulanık sözel bilgiler ile bulanıklaştırılmış sayısal bilgiler bir arada toplanarak şekil 4.5'te gösterilen genel bulanık sistemin girdisine indirgenmiş bir durum ortaya çıkar.

Bulanık sistem çıkışlarının mühendislik tasarımlarında kullanılması amacıyla sayısallaştırılması için durulaştırma birimi ilave edilmiştir[23].



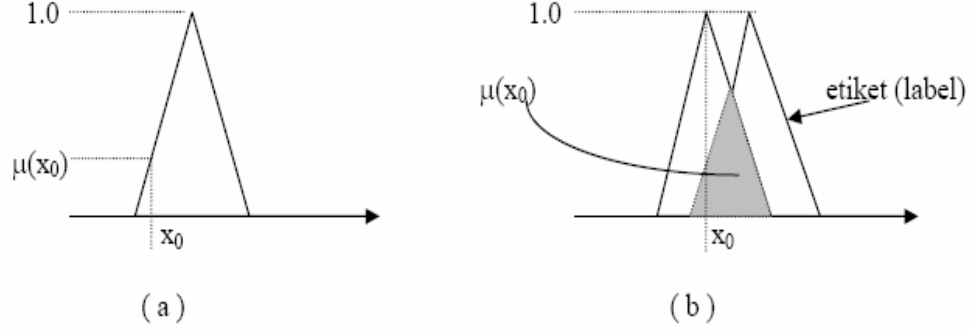
Şekil 4.5. Bulanıklaştırma-Durulaştırma birimli bulanık sistem

4.4.1.1. Bulanıklaştırma

Her bir kural varsayımının doğruluk derecesini belirlemek için gerçek değerlere uygulanmış giriş değişkenleri üzerinde üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi, bulanıklaştırma, sistemden alınan denetim giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir. Üyelik işlevinden yararlanılarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık kümeyi/kümeleri ve üyelik derecesini tespit edip, girilen sayısal değere küçük, en küçük gibi dilsel değişken değerler atar. Sistemin verimli çalışmasını sağlamak amacıyla değişik şekillerde (üçgen, yamuk, çan eğrisi vs.)bulanık kümeler seçilir[24].

Eğer algılayıcı kesin bir değer olursa, o zaman şekil 4.6(a)' da görüldüğü gibi bulanıklaştırma aşamasında dilsel etiketin üyelik fonksiyonuyla algılayıcı ölçme karşılaştırılması gerektirir. Eğer algılayıcı okuyucusunda gürültü var ise, üçgenin tepesi, algılayıcı ölçülerinin veri kümesinin değeri anlamında baş vurulan üçgen üyelik fonksiyonu kullanılarak modellenmiş olabilir ve bilgi tabanı standart sapma fonksiyonuna başvurur. Bu örnek, bulanıklaştırma üyelik fonksiyonunun etiketinin

kesişme noktasının araştırılıp öğrenmesine başvurur ve şekil 4.6(b)' de görüldüğü gibi anlamlandırılmış veri için dağıtır[25].



Şekil 4.6.(a)Keskin algılayıcı okuyucu[25] Şekil 4.6.(b)Bulanık algılayıcı okuyucu[25]

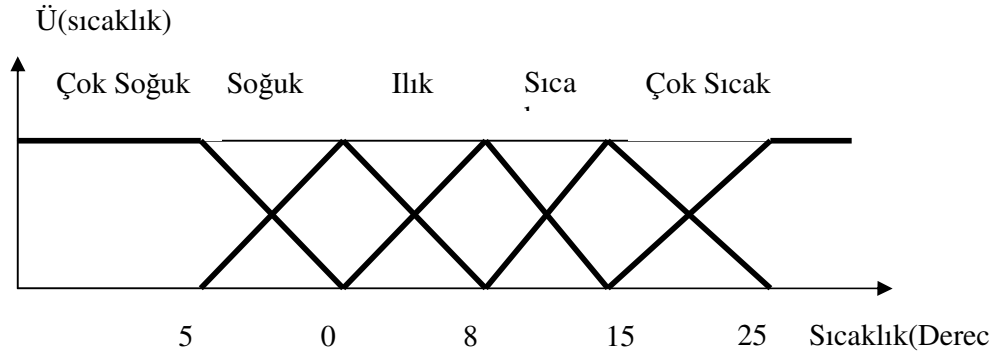
4.4.1.2. Üyelik fonksiyonlarının oluşturulması

Bulanık mantıkta, dilsel ifadelerle anılan bölgelerin sınırlarını belirtmede ve giriş bilgilerine ait üyelik ağırlıklarının tespit edilmesinde kullanılmak üzere uygun üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi gerekir. Bulanıklaştırma stratejileri arasında yer alan bulanık teklikte bulanıklaştırılmış ifadenin tek bir değeri verir. Bulanık sayıda ise sistemden alınan bilgiler bulanık sayılarla ifade edilebilir (yaklaşık 7 gibi). Fonksiyonun tasarımcıya bağlıdır. Karma bulanık sayı bulanıklaştırma stratejisinde ise, süreçten alınan bilgilerin bir kısmı kesin bir kısmı istatistikî bilgiler olabilir[25].

Stratejinin önemi girdi-çıkı değişkenlerinin en iyi şekilde tanımlanması gerekliliğini düşündüğümüzde ortaya çıkmaktadır. Girdi ve çıkı değişkenlerinin tanımlanması ise işte bu stratejilerle yapılır. Bu değişkenlerin tanımlanmasında uzmanın görüşü önemlidir. Aynı zamanda isteklerde bu değişkenlerin tanımlanmasını şekillendirir.

Uzman kişiler tarafından sözel ifadelerin temsil ettiği aralıklar derecelendirilebilir. Aşağıda bu şekilde bir derecelendirme için verilen örnek bulunmaktadır. Bu örnek girişimli bir üyelik fonksiyonu şeklini içermektedir. Girişim noktalarında tanımlanmış aralıklar kendi özelliklerini kaybederek diğer aralığın özelliklerini de göstermeye başlarlar. Hatta soğuk-ılık girişim aralığında, üçgen üzerindeki bir nokta için "0,4

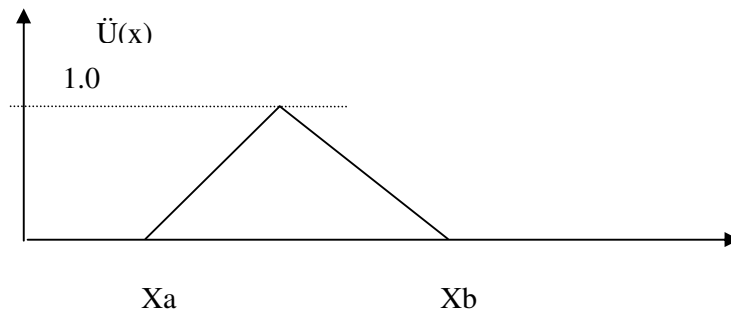
soğuk,0,6 ılık” gibi bir ifade kullanabiliriz.Bu noktalarda vasıflar ikili bir tanımlama(paylaşım) şeklindedir(Şekil 4.7).



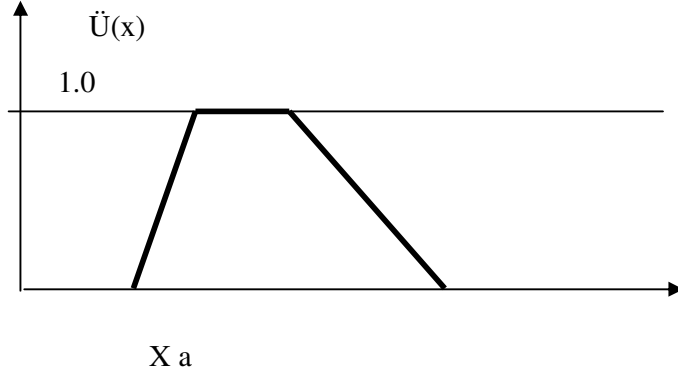
Şekil 4.7. Sıcaklık Üyelik Fonksiyonu

Tüm bu sorunlar şekil 4.7'deki duruma varmamızı sağlar.Genel olarak her alt ayrık üyelik fonksiyonu bu şekilde gösterildiği gibi olur.Bu aralıktaki tüm X değerleri o X değişkeninin bir alt kümesini oluşturur.Bu değerler ile oluşan eğriye "üyelik fonksiyonu(önem eğrisi)" adı verilir.En büyük önem derecesine sahip ortaya yakın öğelere 1 değeri verilirse diğerlerinin 0 ile 1 arasında değer değiştirdiği görülür.İşte bu değişimin her bir öge için değerine "üyelik derecesi" adı verilir.Bunun bir alt küme içerisindeki değişimine "üyelik fonksiyonu" adı verilir[23].

Uygulamada üçenin yanı sıra(Şekil 4.8),yamuk ve çan eğrisi gibi şekillerde uygulanabilir(Şekil 4.9).



Şekil 4.8. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

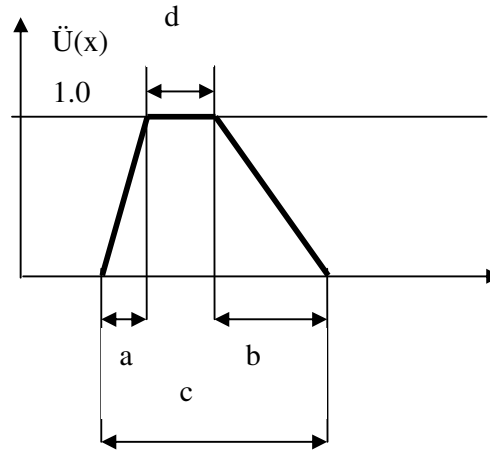


Şekil 4.9. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Üyelik Fonksiyonunun Kısımları

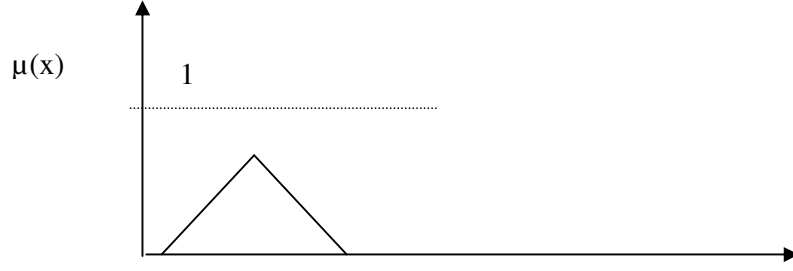
En genel hali ile yamuk şeklindeki bir üyelik fonksiyonu şekil 4.10'daki kısımlara ayrılabilir. Üyelik dereceleri 1'e eşit olan öğelerin toplandığı alt küme kısmına, o kümenin "özü" denir.

Tam tersi olarak bir alt kümenin tüm öğelerini içeren aralığa o kümenin "dayanağı" denir. Üyelik fonksiyonunun 1'e veya 0'a eşit olmayan üyelerin oluşturduğu kısımlara üyelik fonksiyonunun "sınırları(geçiş bölgeleri)" denir(Şekil 4.10)



Şekil 4.10. Üyelik Fonksiyonunun Kısımları

Eğer bulanık kümede bir ve yalnızca bir elemanın üyelik değeri 1 ise bu eleman, kümenin Özel Tipli Elemanı olarak adlandırılır. Bunun dışındaki bulanık kümelere ise Normal Olmayan Bulanık Kümeler denir(Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Normal olmayan bulanık küme

4.4.1.3. Kural tabanı

Bir sistem için kural tabanı geliştirildiğinde, sistem çıkışı ile ilişkili ölçülebilen giriş değişkenleri tespit edilir. Bu giriş değişkenleri mantıklı kurallara göre bağlanarak kural cümlesi oluşturulur. Bu kural cümlesi arttırıldığında ve tamamlandığında kural tabanı meydana gelir. Kural tabanı çıktı değişkenlerinin alacağı değerlere yön verecek olan tanımlamalardır. Elbette sonuca tek başlarına etki etmeyeceklerdir.

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. Kural satırları birbirlerine “veya” bağlacı ile bağlanır ve her kural satırında girişler ve çıkışlar arasında “ve” bağlacı kullanılır. Kural tabanında, giriş değerleri ve kontrol çıkışı değerlerinin birbirleri arasında “ve” ifadesi, ayrı davranışları ifade eden kural kümeleri arasında “veya” ifadesi kullanılır.

4.4.1.4. Bulanık çıkarım

Minimum ilişki yöntemi kullanılarak elde edilen çıkarım sonuçları, “ve” bağlacı

kullanılarak yorumlanmaktadır. Bulanık mantıkta “veya” bağlacı max işlemine karşılık gelmektedir.

İlk olarak girişler arasında minimum işlemi uygulanarak, her bir kuralın çıkış üzerinde ne kadar etkili olacağı bulunur. Sonra çıkışlar üzerinde max işlemi uygulanarak bulanık sonuç elde edilmektedir. Eğer kurallar arasında aynı çıkışı veren kurallar mevcut ise bunların en büyüğü seçilerek diğer kural iptal edilmektedir.

Şimdi iki tane kural yazalım.Kurallarımız,

EĞER X Az VE Y Orta İSE Z Orta olacak,

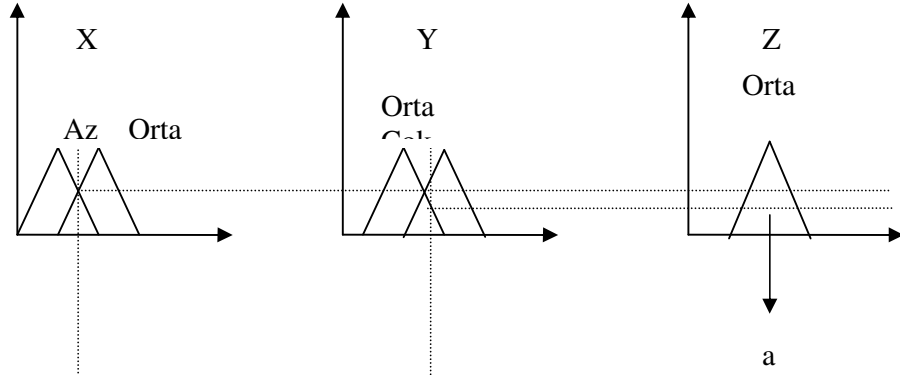
EĞER X Orta VE Y Az İSE Z Az olacak,

Şeklinde olsun.Aşağıda n ve t girdi değişkenlerine grafikleri şöyle tanımlayabiliriz;

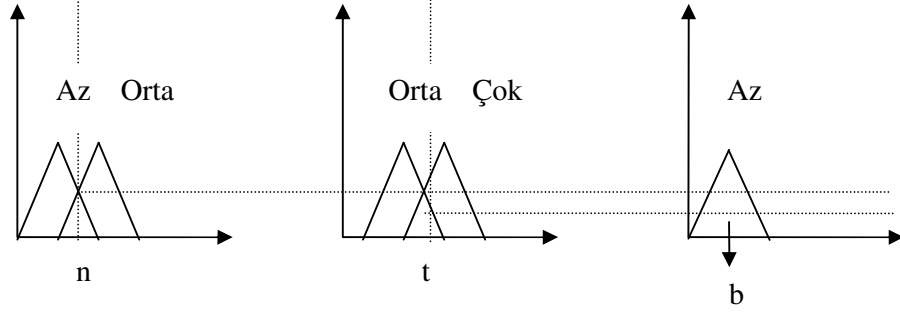
1.Kuralda n girdi değişkenine göre Az üçgeninin kesildiği nokta ile,t girdi değişkeninin Orta üçgenini kestiği nokta Orta üçgeninde uzatılarak birleştirilir ve bu çizgiler altında kalan 2 tane alan elde edilir.Bu alanların yüksekliği daha önce kesilen noktaların yüksekliği ile aynıdır.İlgilendiğimiz üçgenlerin kuralda yazılan üçgenler olduğu unutulmamalıdır.Aynı işlem 2.kural içinde yapılır.(Şekil 4.12)

Bu adımlardan sonra minimum yüksekliğe sahip alanlı üçgen seçilecektir. Eğer değişkenler arasında VE kullanılmış ise buna bağlı olarak ortaya çıkacak fonksiyon En Küçük (EK) değer olacaktır. Her iki üçgen alındığında Şekil 4.13'teki görünüm elde edilir.

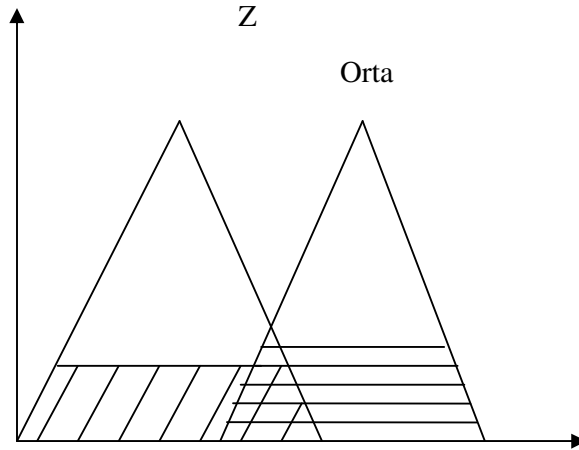
1.KURAL



2.KUR



Şekil 4.12. $x=n$ ve $y=n$ olayları için bulanık çıkartım olayı



Şekil 4.13. Çıkartım olayında sonuç durumu(Karar Aşaması)

Şekil 4.13'te verilen görünüm yukarıda verilen örnekten minimum kuralına göre seçilen alanlardır. İki kuralın sonucu farklı olduğu için (az ve orta) şekil bu şekilde ortaya çıkmıştır. Eğer iki kuralda "orta" sonucuna varsaydı tek bir üçgende üst üste binmiş alanlar görülecektir. Elde ettiğimiz üçgende ise maksimum yükseklik sonuç olarak seçilir.

ÖYLE İSE bağlantısının yapılmasında Mamdani-çıkarımı adı verilen çıkarım kullanılabilir. Bu çıkartımda sonuç çıkarımın doğruluk değerinin şartından daha büyük olmamalı temel düşüncesi yatmaktadır. Şartlar güncel bir durum için, örneğin sadece 0,5 değerinde üyelik derecesini karşılarsa böylece sonuç çıkarımın üyelik fonksiyonunun derecesi en fazla 0,5 değerini göstermelidir. Buna göre kuralın $A \Rightarrow B$ üyelik fonksiyonu basitçe, her iki üyelik fonksiyonun en küçük değerinin mantıksal VE bağlantısında seçildiği gibi oluşturulur[22].

$$\mu_{A \Rightarrow B}(x,y) = \text{EK}(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (4.4)$$

Keskin olmayan EĞER... İSE.... kuralının modellenmesi için bütün gerçekleştirme şekillerinden en basiti olan bu uygulama (operatör), bulanık denetimde en çok kullanılandır. Çıkartım mekanizması Mamdani-çıkarımı esasına dayanıyorsa EB-EK (MAX-MIN) çıkarımından söz edilir. Buradaki EB operatörü Şekil 3.15'deki örnekte de görüldüğü gibi birden fazla kuralın bulunması durumunda, kural sonuçlarının bir araya getirilmesinde anlam kazanır.

EK operatörü yerine üyelik fonksiyonlarının cebirsel çarpımını seçmek sadece anlam bakımından değişik bir kullanımdır. Cebirsel çarpım kullanımında ise, EB-ÇARPIM (MAX-PROD) çıkartımı telaffuz edilir.

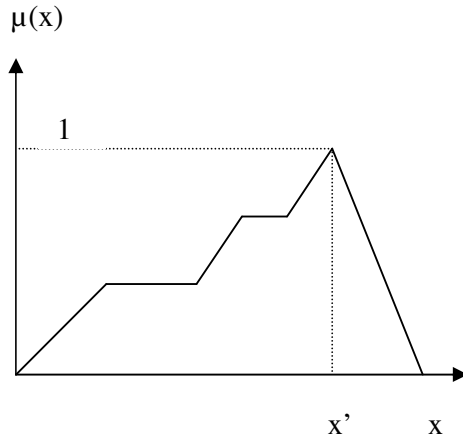
4.4.1.5. Durulama

Bu adım, çıkarım ünitesinden gönderilen kontrol işaretinin fiziksel ve kesin sayılara getirilmesini sağlamaktadır. Şekil 4.13'te verilen sonuçlandırma işlemi bir durulama işlemidir.

Durulayıcı, bu işlemi aşağıda kullanılan yöntemlerden birini kullanarak yapmaktadır. Bu yöntemler çok fazla sıralanabilir en önemli 5 adet yöntem aşağıda incelenmiştir.

A) Üyelik Fonksiyonunun Max Noktası (Max - Membership Principle):

Bu yöntemin diğer bir adı "Yükseklik Yöntemi" dir ve kuralların en büyük üyelik derecesi alınır (Şekil 4.14).

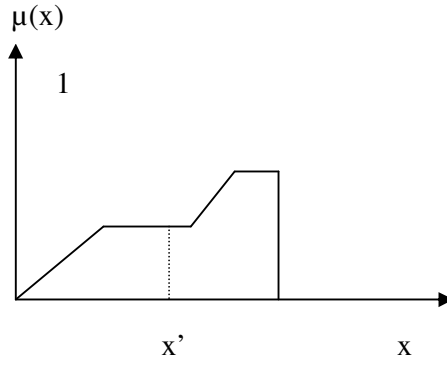


Şekil 4.14. Yükseklik Yöntemi

B) Merkez Yöntemi (Centroid Method):

Alan merkezi ya da ağırlık merkezi de denilen bu yöntem, durulama yöntemi olarak en çok kullanılan yöntemlerden biridir ve ağırlık merkezi hesaplanarak yapılmaktadır (Şekil 4.15).

$$X' = \frac{\int \mu(x)x}{\int \mu(x)dx} dx \quad (4.5)$$

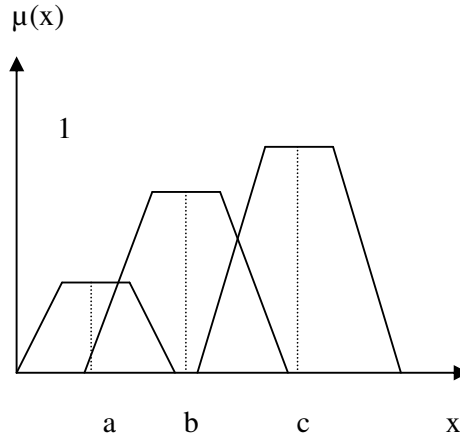


Şekil 4.15. Merkez Yöntemi

C) Ağırlıklı. Ortalama Yöntemi (Weighted Average Method):

Yalnızca simetrik çıkışlı üyelik fonksiyonlarının üyelik değerinin tepe noktası değeri belirlenerek, ortalamaların alınmasıyla yapılır(Şekil 4.16).

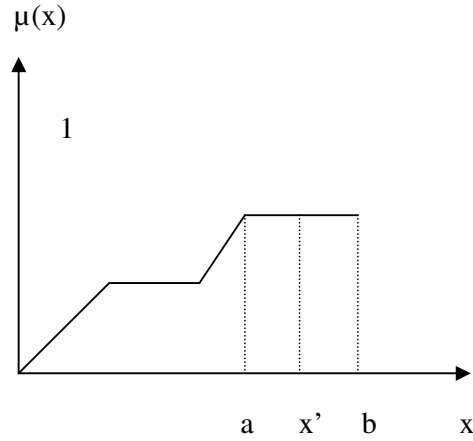
$$X' = \frac{\sum \mu(\bar{x})\bar{x}}{\sum \mu(\bar{x})} \quad (4.6)$$



Şekil 4.16. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

D) Üyelik İşlevinin Max Noktalarının Ortalaması (Mean – Max Membership=MOM): Yüksek noktaların ortasında denilen bu yöntem, ilk yöntemle aşağı yukarı benzerdir. Ancak üyelik işlevinin en yüksek noktası burada tek değildir(Şekil 4.17)

$$X'=(a+b)/2 \quad (4.7)$$

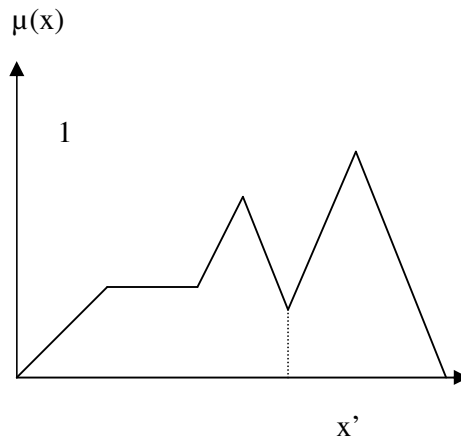


Şekil 4.17. Üyelik İşlevinin Max Noktalarının Ortalaması

E) Geniş Alan Merkezi (Center of Largest Area =COA):

Bulanık çıkarımlar en az iki tane dışbükey üyelik elamanından oluşuyorsa bu yöntem kullanılır ve dışbükey olmayan üyelik değerlerinin bileşkeleri parçalanarak durulanır. Burada Ak durulanmış geniş bir parçadır. Zaten Ak dışbükey olsaydı, yöntem tamamıyla merkez yöntemiyle aynı olacaktı(Şekil 4.18)

$$X'=(\int \mu_{Ak}(x).x.dX) / \int \mu_{Ak}(x).dX \quad (4.8)$$



Şekil 4.18. Geniş Alan Merkezi

4.5. Bulanık Sayıların Toplanması ve Çıkarılması

Şekil 3.25’de gösterildiği gibi A ve B bulanık alt kümelerinin α seviyesinde kesimleri $A_\alpha=[a_\alpha^-, a_\alpha^+]$ ve $B_\alpha=[b_\alpha^-, b_\alpha^+]$ olsun. Bu iki bulanık alt kümenin $A + B$ toplamı α kesim seviyesi cinsinden eşitlik 4.9’da görüldüğü gibi hesap edilir.

$$(A + B)_\alpha = [a_\alpha^- + b_\alpha^-, a_\alpha^+ + b_\alpha^+] \quad (4.9)$$

Benzer olarak iki bulanık alt kümenin birbirinden çıkarılması eşitlik 4.10’da görüldüğü gibi hesap edilir.

$$(A - B)_\alpha = [EK(a_\alpha^- - b_\alpha^-, a_\alpha^+ - b_\alpha^+), EB(a_\alpha^- - b_\alpha^-, a_\alpha^+ - b_\alpha^+)] \quad (4.10)$$

Bu işlemler her α seviyesi için geçerlidir. $\alpha = 1$ ve $\alpha = 0$ olması durumunda kesim kümeleri aralık sayılarına dönüşür. Bu değerlerin sonuçlarda yerine koyulması durumunda sonuç bulanık kümelerinin sınırları belirlenebilir[22].

4.6. Bulanık Sayıların Çarpılması Ve Bölünmesi

İki bulanık sayının çarpım ve bölüm işlemleri α kesim seviyesi cinsinden eşitlik 4.11 ve eşitlik 4.12’de görüldüğü gibi gerçekleştirilir

$$(A.B)_\alpha = [EK(a_\alpha^- . b_\alpha^-, a_\alpha^- . b_\alpha^+, a_\alpha^+ . b_\alpha^-, a_\alpha^+ . b_\alpha^+), EB(a_\alpha^- . b_\alpha^-, a_\alpha^- . b_\alpha^+, a_\alpha^+ . b_\alpha^-, a_\alpha^+ . b_\alpha^+)] \quad (4.11)$$

$$(A/B)_\alpha = [EK(a_\alpha^- / b_\alpha^-, a_\alpha^- / b_\alpha^+, a_\alpha^+ / b_\alpha^-, a_\alpha^+ / b_\alpha^+), EB(a_\alpha^- / b_\alpha^-, a_\alpha^- / b_\alpha^+, a_\alpha^+ / b_\alpha^-, a_\alpha^+ / b_\alpha^+)] \quad (4.12)$$

4.7 Bulanık Mantık Yaklaşımına Duyulan İhtiyaç

Bulanık mantığın H.T.E.A. daki kullanılabilirliği veya kullanılış yöntemi tartışma konusudur. Ülkemizde bu konu ile ilgili bir çok çalışma vardır.

İlk yıllarda fazla rağbet görmemesine karşın , son yıllarda bulanık tabanlı

uygulamalar oldukça yaygınlaşmıştır. Öyle ki; sosyal bilimlerden mühendislik uygulamalarına kadar hemen her alanda bir uygulama örneği bulmak mümkündür. Bulanık mantığın en fazla uygulama alanı bulduğu alan kontrol sistemleridir[26].

Pek çok jeodezik problem yeterli veri ile oluşturulan bulanık modeller yardımı ile başarı ile çözülebilmektedir[19].

Tartışmalara yol açmasına rağmen bulanık mantık kontrolü son yıllarda çok büyük ticari başarılarla sonuçlanmıştır. Çünkü bu kontrolcülerini imal etmek çok kolaydır ve insan düşüncesine benzemektedir. Umulan odur ki; yakın gelecekte bir çok uygulamalarda bulanık mantık kontrolcüsü olacaktır[25].

Klima sistem kontrolünün bulanık mantık kullanılarak modellendiği bir çalışmada oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir.Sonuçlar hakkında bulanık mantık yaklaşımının kontrol sistemlerine sunduğu nimetlere vurgu yapılmaktadır.” Klimanın bulanık mantık ile kontrolün uygulanıp,sonuçlar incelendiğinde,sıcaklık ve nemin değişiminin daha yumuşak olduğu gözlenmiş buna bağlı olarak ısının ve nemin değişimini sağlayan mekanizmalar istenilen değeri daha hızlı elde etmemizi sağlamıştır. Bu da ısıtıcı,soğutucu ve nemlendiricinin devrede sürekli kalma zamanlarını azaltmakta, daha az enerji ve arzu edilen sıcaklığa ve neme daha çabuk ulaşmayı temin etmektedir”[27].

“Motor Sistemleri İçin H.T.E.A. da Bulanık Yaklaşım” adlı bir çalışmada Temel olarak Bulanık Mantık Tabanlı F.M.E.A. Tekniği ve Uzman Sistem Yaklaşım prototipi birlikte kullanılmış ve tanıtılmıştır.Çalışmada Geleneksel H.T.E.A. metodolojisiyle bu FUZZY karışım tekniği karşılaştırılmakta ve sunulan tekniğin çalışmaların ana hatlarını verdiği savunulmuştur.“Bulanık Karışım Tekniği “ çalışmamızın ana hatlarını vermiştir.Şöyle ki;

İlk olarak H.T.E.A. da hata bilgileri bulanık değişkenler gibi tanımlanmıştır.Bu sonuçlar daha gerçekçi ve esnekliğe sahip düşüncelerdir.İkinci olarak Birbirine bağlı çeşitli hata türleri ve etkileri keşfedilebilir.Sonuçta bu 2 adım karışım modülü daha şiddetli etkileri verebilir”[18].

Başka bir çalışmada Nükleer reaktör için bir Bulanık H.T.E.A. çalışması yapılmış ve yöntem ayrıntılarıyla anlatılmıştır.Çalışmada 14 adet kural tanımlanmıştır.[29].

Bunların yanında H.T.E.A. da bulanık yaklaşımının kullanılabilirliğine olumsuz yaklaşan görüşlerle karşılaşmıştır.Bunların birinde şöyle denilmektedir;

“Literatürde önerilen bu yöntemin bir çok faydası bulunmakta ve metodolojinin kullanımı ile uzmanlardan derlenen dilsel yorumlar puanlama gibi bir dönüşüme uğratılmaksızın, doğrudan modele dahil edilebilmektedir.Bununla beraber analizin bulanık kümeler yaklaşımıyla bu şekilde çözümlenmesi,geleneksel H.T.E.A. nın bazı temel eksikliklerini giderse,üç risk faktörünün görelî önlemlerini dikkate almamaktadır.Bu problem kuralların azaltılması sırasında daha da belirginleşmekte ve çıktıları olumsuz yönde etkilemektedir.Dolayısı ile bu çalışmanın konusu ile ilgili olan metodoloji ile elde edilen çıktılar beklendiği ölçüde iyi olmayabilmektedir”[30].

Bazen bulanık mantık kullanımının yararlı görülmesi ve desteklenmesine karşın bahsettiğimiz “kuralların tanımlanmasının zorluğu” eleştiri konusu olmaktadır “Bulanık mantık uygulamalarında mutlaka kuralların uzman deneyimlerine dayanarak tanımlanması gerekir. Üyelik fonksiyonlarını ve bulanık mantık kurallarını tanımlamak her zaman kolay değildir.Üyelik fonksiyonlarının değişkenlerinin belirlenmesinde kesin sonuç veren belirli bir yöntem ve öğrenme yeteneği yoktur. En uygun yöntem deneme yanılma yöntemidir, bu da çok uzun zaman alabilir. Sistemlerin kararlılık, gözlemlenebilirlik ve denetlenebilirlik çözümlerinin yapılmasında ispatlanmış kesin bir yöntemin olmayışı bulanık mantığın temel sorunudur” [24].

BÖLÜM 5. H.T.E.A. VE BULANIK MANTIK METODUNUN BİRLİKTE KULLANIM UYGULAMASI

5.1. İşletmenin Tanımı

Yöntemin uygulanması Profilo Telra A.Ş. Çerkezköy fabrikasında yapılmıştır.Yeni bir televizyon ana şasesi üretimiyle başlayan H.T.E.A. çalışması ile eşzamanlı olarak yürütülen bu uygulama çalışmadan çıkan sonuçları uygulama sonucunda elde edilen verileri karşılaştırma imkanı vermiştir.

Elektronik eşya üretiminde faaliyet gösteren ve Türkiye'de tüketici elektroniği sektörünün liderlerinden Profilo Telra, 1972 yılında üretimine siyah beyaz televizyon üreterek başlamış ve yaklaşık 2000 çalışanıyla sadece televizyon üreten değil, sürekli teknoloji geliştiren ve bu teknolojisini tüketicilerine en kaliteli ve en uygun şartlarla sunmayı kendisine ilke edinen bir kuruluş olmaya devam etmiştir.

Profilo Telra bugün başta Standart CRT TV, LCD TV, Plasma TV,DLP TV olmak üzere yıllık 5.000.000 adet televizyon ve kendi üretim altyapısı ile 1.000.000 adet DVD, dijital (havasal ve karasal) uydu alıcısı, yazar kasa üretim kapasitesine sahiptir[30].

Fabrikada üretilen tv nin paketlenildiği son aşamaya gelinceye kadar gerçekleşen aşamalar aşağıda verilmiştir.Bu aşamalarda yalnızca üretim prosesleri gösterilmiş diğer prosesler konumuz dışında kaldığı için değinilmemiştir.

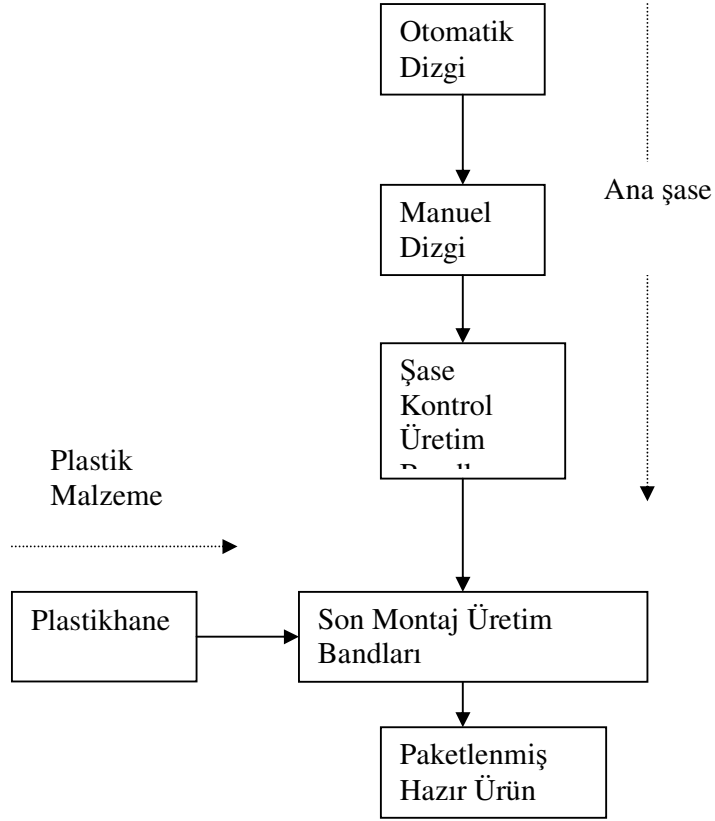
Üretim prosesi Yarı mamul üretim prosesi olan ve ana şase üreten otomatik dizgi,manuel dizgi ve şase kontrol bandları ile plastik malzeme üreten plastikhane'den oluşur.

Otomatik dizgi tedarik edilen boş şasenin otomatik dizgi makinelerinde takılabilecek tüm parçaların takıldığı bölümdür.

Manuel dizgi bandlarında ise otomatik dizgide takılamayan parçaların montajı elle yapılır ve şaseler lehim potasına girilir.Buradan çıkan şaseler şase kontrol bandlarında kontrol edilerek Son Montaj bandlarına verilir.

Plastikhane prosesi televizyona ait kabin,a.kapak ve diğer plastik malzemelerin üretimi ve isteğe göre boyalı veya boyasız olarak Son Montaj Üretim bandlarına ulaştırılmasından sorumludur.

Uygulamamızda tespit edilen hatalar yalnızca Son Montaj ve Manuel üretim bandlarında gerçekleşmektedir.Dolayısıyla proses sahipleri bu bölümlerdir(Şekil 5.1)



Şekil 5.1. Televizyon Üretim Prosesi

5.2. H.T.E.A. Çalışmasının Başlatılması

H.T.E.A. çalışması PTX adlı yeni geliştirilmiş ana şase ele alınmak suretiyle başlatılmıştır.Şasenin 30 adetlik ilk deneme üretiminde ekip üyeleri hazır bulunmuş,oluşan problemleri incelemiş,proses ve oluşabilecek problemler hakkında bilgi toplamışlardır.

“İlk Seri Üretim” işletmede “Pilot Üretim” olarak da adlandırılmakta,bu çalışma dışısında ürünün üretime hazırlığı ve proses,tasarım veya malzeme eksikliklerinin görülebilmesi amacıyla yapılmaktadır.Bu tür üretimler minimum 20 adetle planlanmaktadır.Üst sınır ise açık tutulmakta ve genellikle 50-100 arası üst sınır örneği tercih edilmektedir.

Çalışmada öncelikle standart H.T.E.A. metodolojisi uygulanmıştır.Saptanan veya başka veri veya tecrübeden elde edilmiş problemler ekip üyeleri tarafından hazırlanmış ve toplantıda tartışılmıştır.

Puanlama ve Risk Öncelik Göstergesi hesaplama işlemi yapılmış,alınacak önlemler standart olarak tanımlanmıştır.Bu elde edilmiş veriler bulanık mantık metoduunda kullanılacak verilerdir.

Bu konu ile ilgili yapılan toplantı sonucu oluşturulan H.T.E.A. formundan bir kesit Tablo 2.1’de verilmiştir.Tablo bulanık uygulama sonucu meydana gelecek değişimlerin yorumlanmasında kullanılacak bilgileri içermektedir.

Bu tablodan,1,2 ve 3 numaralı olayların en önemli olaylar olduğu R.Ö.G. değerlerinden ortaya çıkmaktadır.Aynı şekilde 21 numaralı olayda en önemsiz olay durumundadır.

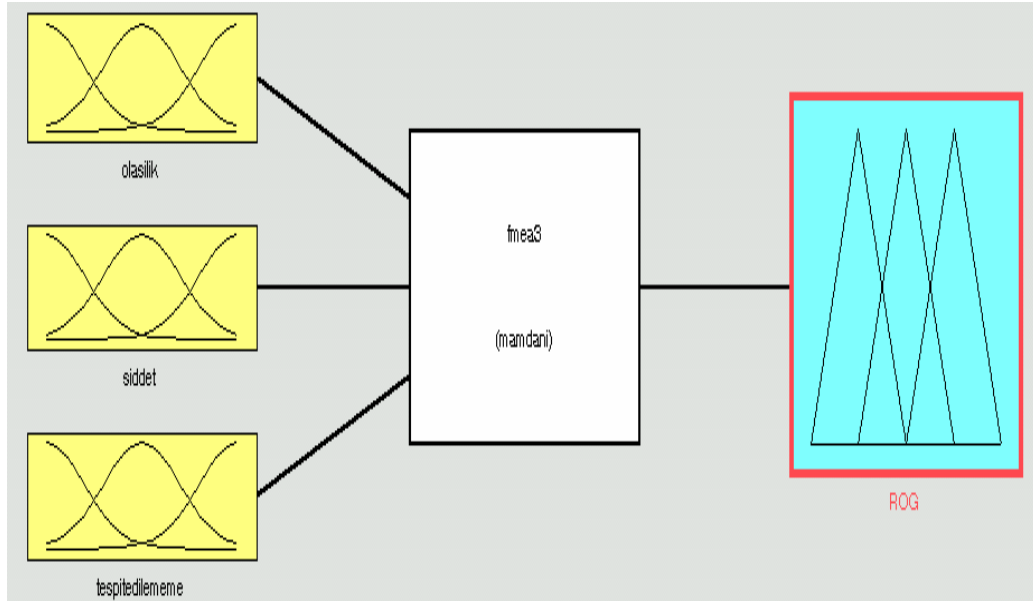
Tablo 2.1. H.T.E.A. uygulamasında kullanılan puanlamalar

PROSES / FONKSİYON	SIRANO	HATA						
		TÜRLERİ	DURUŞLUK	ETKİLERİ	ŞİDDET	SEBEPLERİ	KEŞFED.	R06
MANUAL DİZGİ	1	Bozuk malzeme,eksik malzeme	6	Tv çalışmaz	∞	X301-X300 kristal formu derin	2	96
MANUAL DİZGİ	2	Ayağı çıkık,eksik malzeme	6	TV Çalışmaz	∞	T107 Transistör formu bozuk	2	96
SON MONTAJ	3	Bozuk malzeme (Şase üzerindeki kablo geçirme tırnağı kilitleme mandalı ve şase geçirme tırnağı kırılıyor)	8	Şase kızıağı yerinden çıkabilir.	6	Hatalı kalıp tasarımı ve yanmaz hammadde kullanımı	2	96
MANUAL DİZGİ	4	Ayağı çıkık,bozuk malzeme	5	TV Çalışmaz	∞	I103 Transistör formu hatalı	2	80
MANUAL DİZGİ	5	Ayağı çıkık,eksik malzeme	5	TV Çalışmaz	∞	I104 regülatör yerinden çıkıyor.	2	80
MANUAL DİZGİ	6	Soğuk lehim	5	Soğuk lehim şase çalışmaz	∞	T101 soğutuculu transistör bacaları formsuz	2	80
MANUAL DİZGİ	7	Eksik malzeme	5	Vertikal soket Çalışmaz	∞	S600 soket FBT takılırken yerinden çıkıyor.FBT çok zor takılıyor.	2	80
MANUAL DİZGİ	8	Yanlış malzeme	10	Seste bozukluk	4	C478 kondansatör takılmış,,jumper olmalı	2	80
MANUAL DİZGİ	9	Bozuk malzeme	5	Fire malzeme ve proses zorluğu,şase çalışmaz.	∞	L103 line filtre malzeme kutusuna dökülürken bacaları yamuluyor.	2	80
SON MONTAJ	10	Kabinde çapak var	6	Arka kapak aralık	6	Chinchin altına denk gelen kalıp itici aşınmış. Arka kapak üst,sol vidalama bosu gövdesi çapaklı	2	72
MANUAL DİZGİ	11	Ayağı çıkık,eksik	7	Resim yok	2	R533 bacak aralığı geniş	5	70
MANUAL DİZGİ	12	Ayağı çıkık,eksik	4	Resimde bozulmalar	∞	C603 manual diziliyor	2	64
MANUAL DİZGİ	13	Polarite	4	seste bozukluk	∞	2 No'lu numunede 5 adet yönlü malzeme	2	64
MANUAL DİZGİ	14	Eksik ve ayağı çıkık malzeme	4	TV Çalışmaz	∞	D112 diod formu çok derin takılırken yamuluyor.	2	64
MANUAL DİZGİ	15	Eksik ve ayağı çıkık malzeme	4	Proses zorluğu,TV Çalışmaz	∞	S506 Inchang marka CRT soket yerine oturmuyor.CNC hatası	2	64
MANUAL DİZGİ	16	Eksik ve ayağı çıkık malzeme	4	Ses yok	∞	S 402 2P soket delikleri çok geniş	2	64
MANUAL DİZGİ	17	Ayağı çıkık ,eksik	4	Tv çalışmaz	∞	R630 bacak aralığı geniş	2	64
MANUAL DİZGİ	18	Eksik	4	Kulaklık ve AV chinch girişi çalışmaz	5	L405-L407 Manual takılıyor.	3	60
MANUAL DİZGİ	19	Eksik ve bozuk malzeme	4	Chinch çalışmaz	5	Chinch soket zor takılıyor,switchler yerinden çıkıyor	3	60
MANUAL DİZGİ	20	Ledin yanması	10	TV 'nin çalıştığı belli olmaz	2	D200 Led plastiği yerine girmiyor,kırlarak takılıyor.	3	60
MANUAL DİZGİ	21	Ayağı çıkık ,eksik	4	EMC hatası	2	C303 kond.kıvrılarak zincirlere sıkışıyor.	5	40

Tablodan görüleceği gibi her hata için olasılık,şiddet ve keşfedilebilirlik değerleri saptanmış ve R.Ö.G. değeri hesaplanmıştır.Aynı işlem bulanık mantık yaklaşımıyla ele alınacaktır.Yaklaşımında bulanık metod için MATLAB programından yararlanmıştır.

Problem ile ilgili model aşağıdaki şekilde kurulmuştur.Model yardımıyla üç etkiye ait değerler tek bir göstergede toplanmıştır(Şekil 5.2).

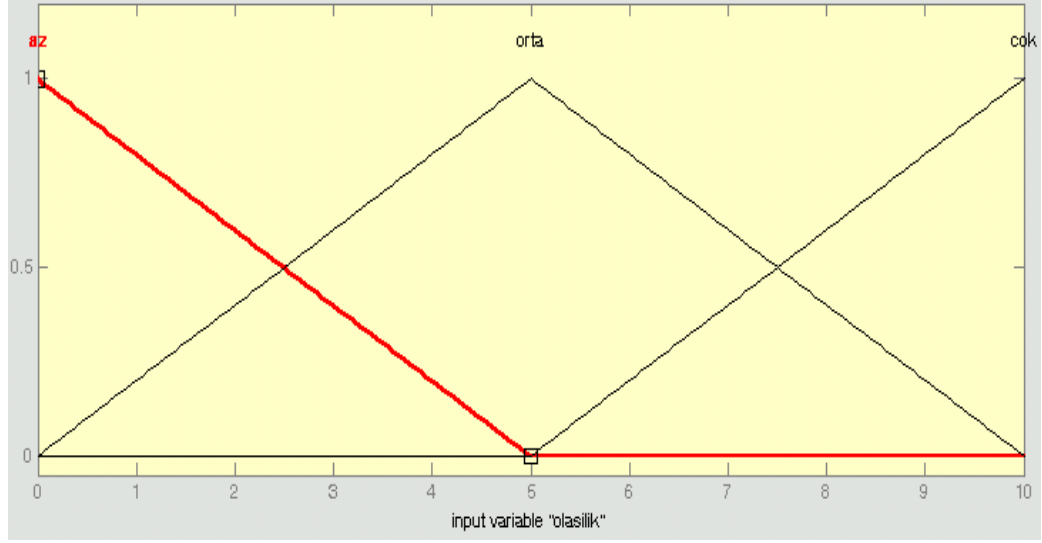
Geliştirilen modelde olasılık,şiddet ve fark edilememe girişleri için az,orta ve çok olarak 3 tercih seçilmiş ve yeterli kabul edilmiştir.



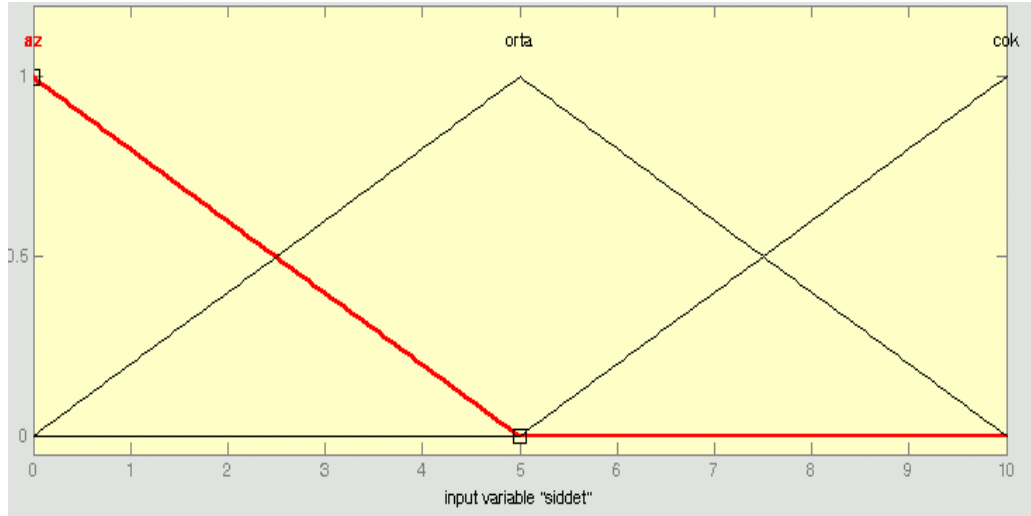
Şekil 5.2. Bulanık Model

Olasılık,Şiddet ve Keşfedilememe etkilerinin her biri için giri bulanık kümeler tanımlanmıştır.Aralıklar H.T.E.A. tekniğinde standart olarak kullanılan 10 luk değerlendirme skalası ele alınarak kurulmuştur.

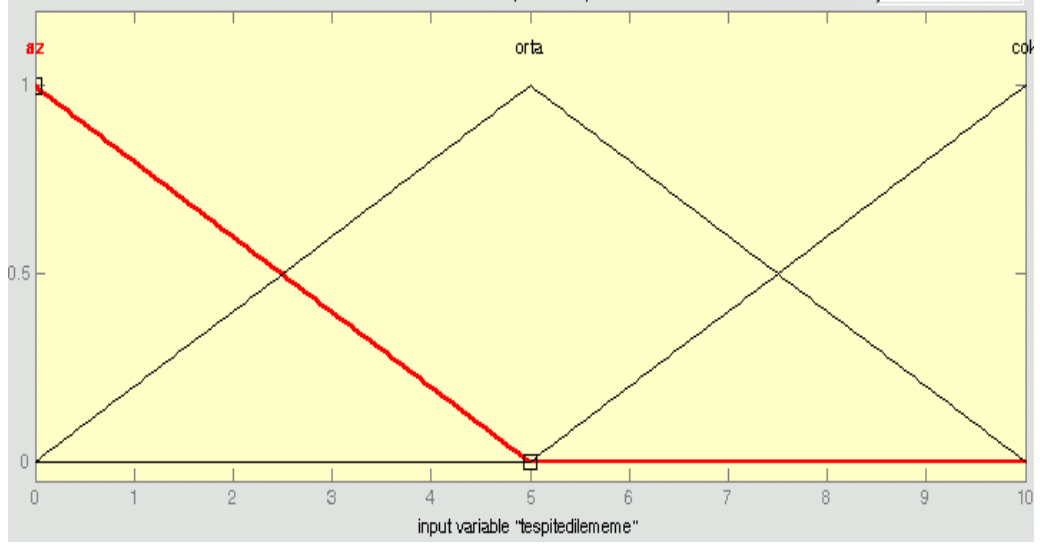
Aralıklar eşit üçer adet üçgen kurulacak ve eşit olacak şekilde alt küme yerleşimi yapılmıştır.Bu üç etkiye ait olasılık giriş kümesi Şekil 5.3'te,şiddet giriş kümesi Şekil 5.4'te,Keşfedilememe giriş kümesi Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.3. Olasılık giriş kümesi

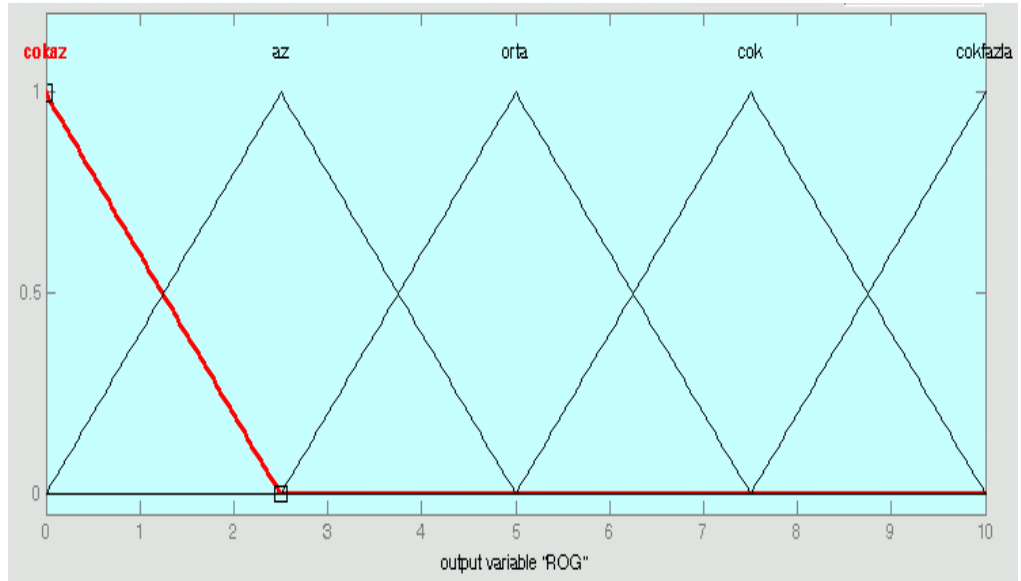


Şekil 5.4. Şiddet giriş kümesi



Şekil 5.5. Keşfedilememe giriş kümesi

Çıkış kümesi [0,10] aralığında 5 adet üçgen alt küme ile oluşturulmuştur.(Şekil 5.6)



Şekil 5.6. Bulanık Çıkış Kümesi

Uygulama için oluşturulan bulanık modelin kural tabanı tablo 2.2’de verilmiştir.Bu kurallar tamamen uzman tecrübesine göre kurulmuştur.

Tablo 2.2. Uygulamanın bulanık mantık kural tabanı

EĞER-İSE KURALLARI		Tespit Edilememe AZ	Tespit Edilememe ORTA	Tespit Edilememe ÇOK
Olasılık AZ	Şiddet Az	ÇOK AZ	ÇOK AZ	AZ
Olasılık AZ	Şiddet ORTA	ÇOK AZ	AZ	ORTA
Olasılık AZ	Şiddet ÇOK	AZ	ORTA	ÇOK
Olasılık ORTA	Şiddet Az	ÇOK AZ	AZ	ORTA
Olasılık ORTA	Şiddet ORTA	AZ	ORTA	ÇOK
Olasılık ORTA	Şiddet ÇOK	ORTA	ÇOK	ÇOK FAZLA
Olasılık ÇOK	Şiddet Az	AZ	ORTA	ÇOK
Olasılık ÇOK	Şiddet ORTA	ORTA	ÇOK	ÇOK FAZLA
Olasılık ÇOK	Şiddet ÇOK	ÇOK	ÇOK FAZLA	ÇOK FAZLA

Tablo 2.2’nin açılımı ile yazılan Eğer/İse kuralları aşağıda verilmiştir..Bu kurallar giriş kümeleriyle çıkış kümeleri arasındaki ilişkiyi sağlayan kural tabanını oluşturur.

- 1-EĞER Olasılık Az VE Şiddet Az VE Tespit Edilememe Az İSE Çıkış Çok Az olur.
- 2- EĞER Olasılık Az VE Şiddet Az VE Tespit Edilememe Orta İSE Çıkış Çok Az olur.
- 3- EĞER Olasılık Az VE Şiddet Az VE Tespit Edilememe Çok İSE Çıkış Az olur.
- 4- EĞER Olasılık Az VE Şiddet Orta VE Tespit Edilememe Az İSE Çıkış Çok Az olur.
- 5- EĞER Olasılık Az VE Şiddet Orta VE Tespit Edilememe Orta İSE Çıkış Az olur.

6- EĞER Olasılık Az VE Şiddet Orta VE Tespit Edilememe Çok İSE Çıkış Orta olur.

7- EĞER Olasılık Az VE Şiddet Çok VE Tespit Edilememe Az İSE Çıkış Az olur.

8- EĞER Olasılık Az VE Şiddet Çok VE Tespit Edilememe Orta İSE Çıkış Orta olur.

9- EĞER Olasılık Az VE Şiddet Çok VE Tespit Edilememe Çok İSE Çıkış Çok olur.

10- EĞER Olasılık Orta VE Şiddet Az VE Tespit Edilememe Az İSE Çıkış Çok Az olur.

11- EĞER Olasılık Orta VE Şiddet Az VE Tespit Edilememe Orta İSE Çıkış Az olur.

12- EĞER Olasılık Orta VE Şiddet Az VE Tespit Edilememe Çok İSE Çıkış Orta olur.

13- EĞER Olasılık Orta VE Şiddet Orta VE Tespit Edilememe Az İSE Çıkış Az olur.

14- EĞER Olasılık Orta VE Şiddet Orta VE Tespit Edilememe Orta İSE Çıkış Orta olur.

15- EĞER Olasılık Orta VE Şiddet Orta VE Tespit Edilememe Çok İSE Çıkış Çok olur.

16- EĞER Olasılık Orta VE Şiddet Çok VE Tespit Edilememe Az İSE Çıkış Orta olur.

17- EĞER Olasılık Orta VE Şiddet Çok VE Tespit Edilememe Orta İSE Çıkış Çok olur.

18- EĞER Olasılık Orta VE Şiddet Çok VE Tespit Edilememe Çok İSE Çıkış Çok Fazla olur.

19- EĞER Olasılık Çok VE Şiddet Az VE Tespit Edilememe Az İSE Çıkış Az olur

20- EĞER Olasılık Çok VE Şiddet Az VE Tespit Edilememe Orta İSE Çıkış Orta olur

21- EĞER Olasılık Çok VE Şiddet Az VE Tespit Edilememe Çok İSE Çıkış Çok olur

22- EĞER Olasılık Çok VE Şiddet Orta VE Tespit Edilememe Az İSE Çıkış Orta olur

23- EĞER Olasılık Çok VE Şiddet Orta VE Tespit Edilememe Orta İSE Çıkış Çok olur

24- EĞER Olasılık Çok VE Şiddet Orta VE Tespit Edilememe Çok İSE Çıkış Çok Fazla olur

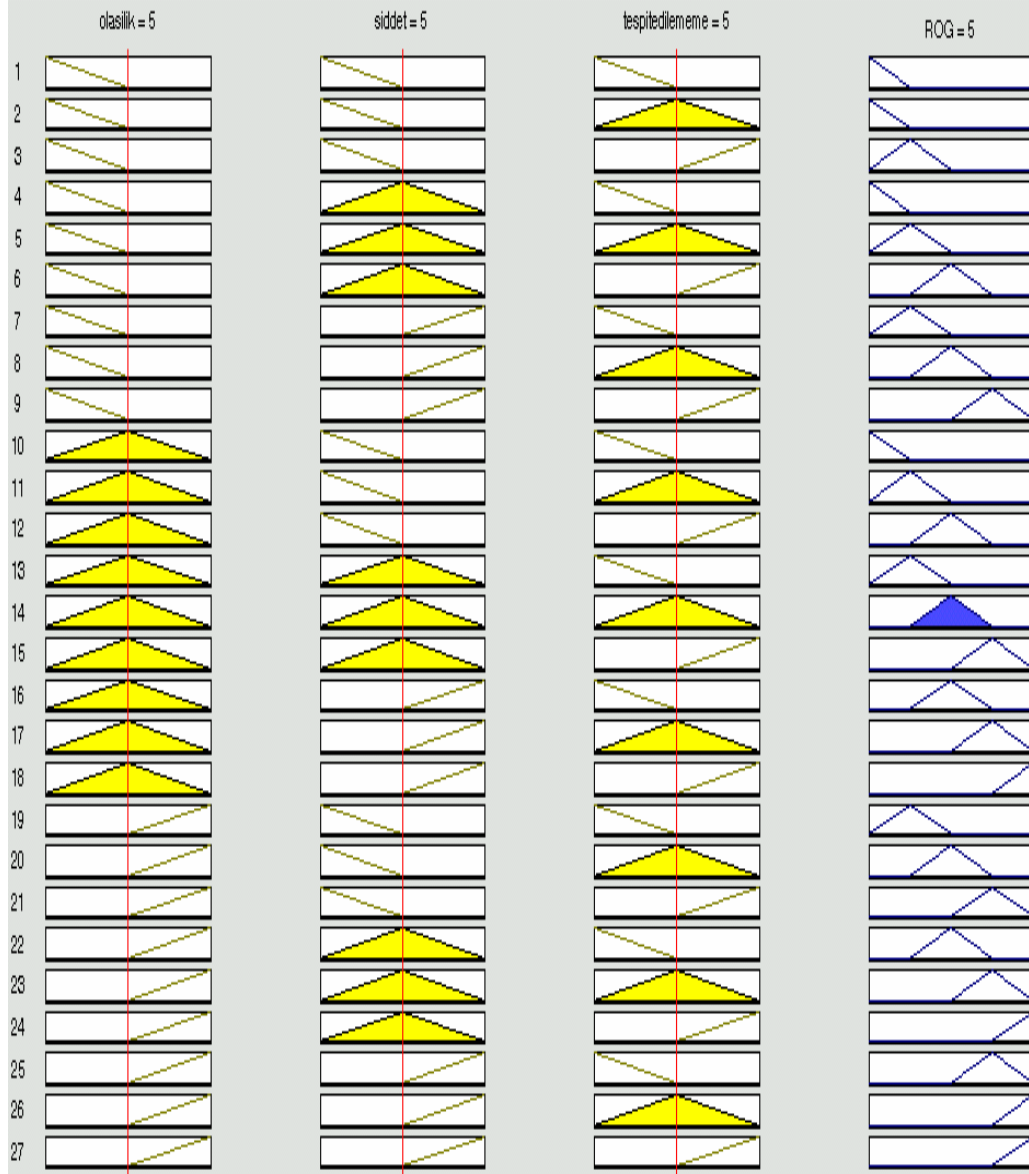
25- EĞER Olasılık Çok VE Şiddet Çok VE Tespit Edilememe Az İSE Çıkış Çok olur

26- EĞER Olasılık Çok VE Şiddet Çok VE Tespit Edilememe Orta İSE Çıkış Çok Fazla olur

27- EĞER Olasılık Çok VE Şiddet Çok VE Tespit Edilememe Çok İSE Çıkış Çok Fazla olur

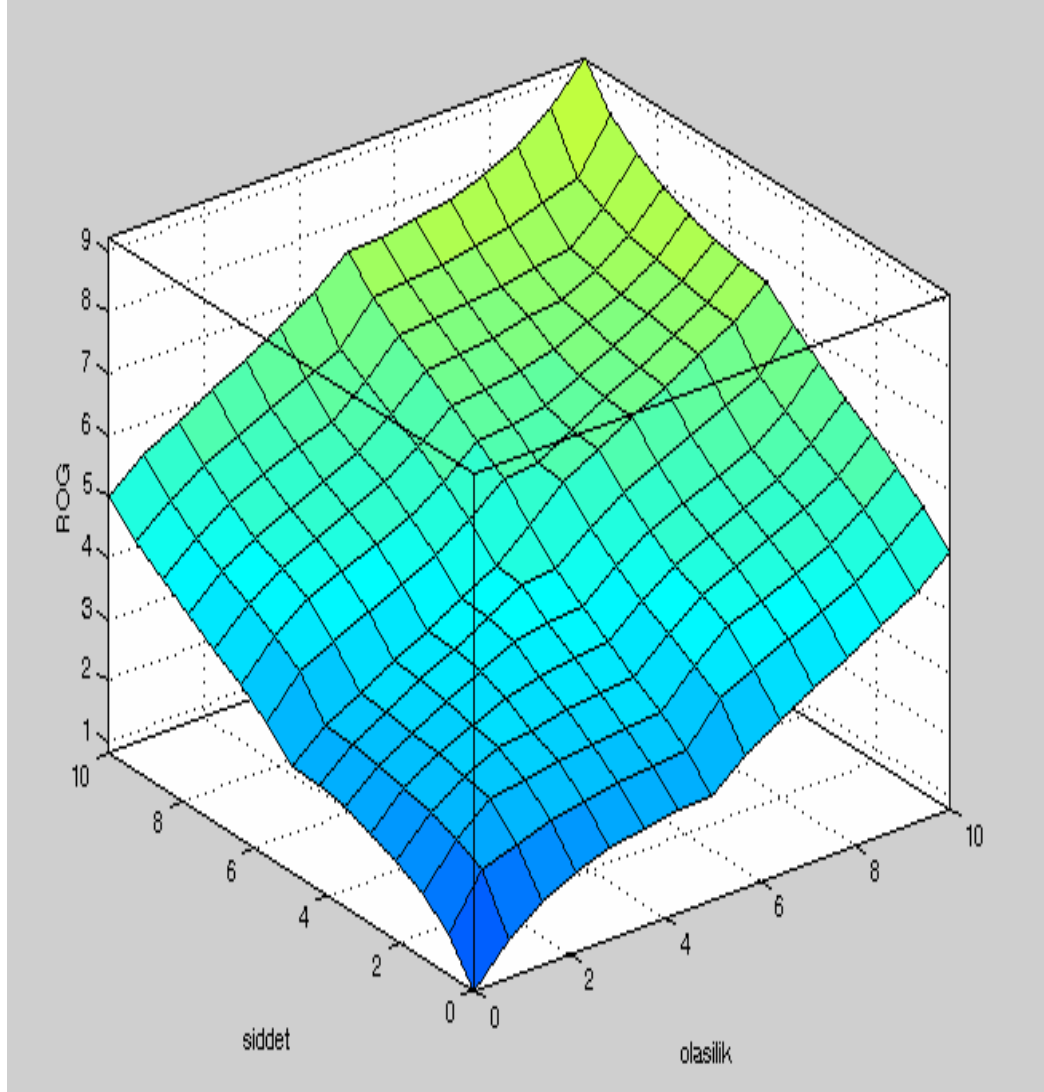
Kural tabanının tablo olarak gösterimi Tablo 5 te verilmiştir.Bu tabloda toplam 27 adet kural yer Kural Tabanı EB-EK çıkartım ilkesine göre çalıştırılarak sonuçlara ulaşılmıştır.

Tüm işlemler MATLAB programından yararlanılarak yapılmıştır.Kural tabanı ve çıkartım işlemi program arayüzü şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.7. Bulanık kural tabanı MATLAB programı görünüşü

Olasılık,Şiddet,Keşfedilememe giriş değerleriyle Çıkış değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren yüzey şekil 5.8’de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.8. Giriş ve Çıkış verileri arasındaki ilişki yüzeyi

5.3. Sonuçların Yorumlanması

Tablo 2.3'te sırasıyla olasılık,şiddet,keşfedilememe ve bunların çarpımlarından oluşturulan R.Ö.G. değerleri ve R.Ö.G. değerlerinin büyüklüğüne göre oluşturulan sıralama verilmiştir.Sonraki sütunda her olay için girilen olasılık,şiddet, keşfedilememe değerlerinin bulanık modelden çıkan R.Ö.G. değerleri verilmiştir.Ardından verilen sütunda bu R.Ö.G. değerlerinin sıralamaları ve son olarak bu sıralamalarda meydana gelen kaymalar birim olarak ifade edilerek gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Uygulama sonuçlarının karşılaştırılması

Olay No	Olasılık	Şiddet	Fark. Edil.	R.Ö.G.	R.Ö.G.Sıralama	Bulanık Değer	Bulanık işl	Mutlak Fark
1	6	8	2	96	1	5,07	2	1
2	6	8	2	96	1	5,07	2	1
3	8	6	2	96	1	5,07	2	1
4	5	8	2	80	2	5,00	3	1
5	5	8	2	80	2	5,00	3	1
6	5	8	2	80	2	5,00	3	1
7	5	8	2	80	2	5,00	3	1
8	10	4	2	80	2	5,42	1	1
9	5	8	2	80	2	5,00	3	1
10	6	6	2	72	3	4,33	6	3
11	7	2	2	70	4	4,70	5	1
12	4	8	2	64	5	4,93	4	1
13	4	8	2	64	5	4,93	4	1
14	4	8	2	64	5	4,93	4	1
15	4	8	2	64	5	4,93	4	1
16	4	8	2	64	5	4,93	4	1
17	4	8	2	64	5	4,93	4	1
18	4	5	3	60	6	3,88	7	1
19	4	5	3	60	6	3,88	7	1
20	10	2	3	60	6	5,00	3	3
21	4	2	5	40	7	3,48	8	1

Tablodan da açıkça görüleceği gibi uygulama sonucu sıralamada 10 ve 20 numaralı olaylar 3'er birim diğer seçenekler 1'er birim kaymıştır.Daha önce 1.derecede önemli olan 1,2 ve 3 numaralı seçenekler 2.önem derecesine kaymış,8.seçenek en önemli tercih olarak ortaya çıkmıştır.Daha detaylı bir bakışla 8 numaralı seçeneğin öne çıkmış olması giriş değişkenlerinin birinin en yüksek değere sahip olması ve diğer giriş değişkenlerinden birinin orta sayılabilecek değere sahip olmasından kaynaklanır.

Ancak düz mantıkla bakacak olursak 1,2 ve 3 numaralı hatalar 8 numaralı hatadan daha az önemlidir diyemeyiz.Aynı şekilde 20 numaralı hata önemsiz düzeydeyken yüksek sayılabilecek bir önem düzeyine ulaşmıştır.Dolayısıyla burada bulanık mantık yaklaşımının zayıflığı ortaya çıkmaktadır.Bu zayıflık deneme yanılma yöntemiyle en

aza indirgenebilir.Ancak tekrar hatırlanmalıdır ki bu yöntemin duyarlılığı tamamen uzmanın elindedir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüz ekonomik koşullarında orta ve büyük ölçekli işletmelerin yaşayabilmesi yurt içi ve yurt dışında rekabet edebilirliklerine bağlıdır.Ülkemizdeki işletmeler global yapıya kavuşan dünya ekonomisine uyum sağlamakta zorlanmakta bu nedenle yaşamlarını sürdürebilmeleri için ürün ve hizmetlerinde maliyetlerini azaltıp kalite seviyesini yukarı çekecek sistemler üzerine yoğunlaşılması gerektiğini anlamaya başlamışlardır.

Hata önlemeyi amaçlayan bir çok yöntem vardır.Ancak H.T.E.A. nın önemi bu yöntemler arasında gittikçe artmaktadır.H.T.E.A. işletmeye sağladığı vizyon açısından da diğer yöntemlerden ayrılmakta ve vazgeçilmez olmaktadır.H.T.E.A. sayesinde kuruluşlar gelecekte karşılaşacakları problemlere karşı hazır olabilmekte ve bunlara karşı aksiyonlar geliştirerek ürün ve proseslerindeki kontrol edilebilirliği arttırarak maliyet ve kaliteye katkıda bulunmaktadır.

Uygulanan yöntem Profilo Telra A.Ş. Çerkezköy fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Mevcut H.T.E.A. çalışması ile eş zamanlı yürütülen bu yeni çalışma karşılaştırma yapabilme olanağı vermiştir.Mevcut çalışmadan elde edilen veriler giriş kümeleri oluşturulmasında kullanılmıştır.

Bulanık çıkartım için giriş kümeleri için 3'er alt küme,çıkış bulanık kümesi için 5 alt küme tanımlanarak,27 adet kuraldan oluşan kural tabanı oluşturulmuştur.

H.T.E.A. ve bulanık mantık yönteminin birlikte kullanılmasıyla gerçekleştirilen uygulama puanlama için kolaylık yaratmış ancak sonuçların sıralanmasında aynı başarıyı ortaya koyamamıştır.Elbette bunun iyileştirilmesi için daha fazla kural tanımlanması,deneme yanılmalarla şartların değiştirilebilmesi mümkündür.Ancak

nispeten daha basit ve hızlı olan H.T.E.A. yönteminin eksikliklerine rağmen yeterli olduğu görünmektedir.Zira bulanık mantık yönteminde optimum çözüm istendiğinde standart bir teknik olmadığı için deneme ve yanılma yöntemine ihtiyaç duyulmakta fakat bu oldukça uzun zaman almaktadır.Her ne kadar kural tanımlama işlemleri dışında kolaylık sağlayan paket programlar olsa da kural tanımlama oldukça zahmetli ve ileri düzeyde uzmanlık gerektiren bir işlemdir.Bulanık mantık yönteminin kontrol noktaları için sağladığı imkanlar ve iyileştirmeler düşünüldüğünde birleştirilmiş yöntemden daha iyi sonuçlar beklememiz yanlış olmayacaktır.Ancak unutulmamalıdır ki bulanık mantık gelişmekte olan bir yöntemdir ve yapılan çalışmalar daha farklı yaklaşımlar veya tekniklerin yardımı ile daha iyi sonuçlar elde edilebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

H.T.E.A. yönteminde,R.Ö.G. hesaplamada kullanılan üç parametrenin sözel değişkenlere bağlı kalmadan istatistiksel verilere dayanarak oluşturulabilmesi mümkündür.Bu yaklaşım üzerinde durduğumuz parametrelerin değerinin grubun tecrübesine bağlı olarak sözel tanımlamaya bağlı olarak sapma ihtimalini de ortadan kaldıracaktır.

KAYNAKLAR

- 1-ISO 9000 Standartlarının Tarihsel Gelişimi[online], http://www.kalitenet.com/kalitenet/iso_9000_2000.asp(Ziyaret Tarihi 7 Mayıs 2006).
- 2- Karayalçın, İ.İ.,''Endüstri Mühendisli-ği Ve Üretim Yönetimi El Kitabı'',Cilt 2,**Çağlayan Kitabevi**,İstanbul,247-248,(1986).
- 3- Sıfır Hata Ve Kalite Kontrol[online],<http://www.ytukvk.org.tr/arsiv/makaletop.php?makale=shata> (Ziyaret Tarihi 20 Mayıs 2006).
- 4-Toplam Kalite Yönetimi[online],<http://www.kaliteofisi.com/makale/makaleler.asp?ID=9& ad=Toplam%20Kalite %20Yönetimi> (Ziyaret Tarihi 7 Mayıs 2006).
- 5- Hammett, P.,''Failure Mode and Effect Analysis,Total Quality Management'',**University Of Michigan**,Michigan,(1999).
- 6- Werwega, S.,''QSE-FMEA/APQP solution:training manuel'',**QSE-inc.**,(2002).
- 7- Stamatis, D.H., Failure Mode and Effect Analysis,ASQC Quality Pres,(1995).
- 8-Usuğ, C., ''Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Üretim ve Hizmet Sektörü Uygulamaları'',Yüksek Lisans Tezi,**Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, İstanbul,(2002).
- 9- Yılmaz, B.S.,''Hata Türü ve Etki Analizi'',**Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**,Cilt 2,Sayı 4,(2000).
- 10-Akın, B.,''Hata Türü ve Etkileri Analizi'',**Bilim Teknik Yayınevi**, İstanbul,5-15,(1998).
- 11- Seung, J.R., Kosuke, I.,''Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability'',**Science Direct Elseiver**,17,179-188,(2003).
- 12- Südwest FMEA Seminer Notları 2002 ,İstanbul.
- 13-Erginel, N.B.,''Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizinin Etkinliği İçin Bir Model ve Uygulaması'',**Makine Mühendisleri Odası Endüstri Mühendisliği Dergisi**,Cilt15,Sayı3,Sayfa 17-26,(2004).
- 14- Eryürek, Ö.F.,''Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminde Yeni Bir Karar Verme Modeli'',Doktora Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi**,İstanbul,(2003).
- 15- Filiz, A.,2005,**Risk Yönetimi**[online],Marmara Üniversitesi, http://www.bilgiyönetimi.org/cm/pages/mkl_gos.php?nt=638(Ziyaret Tarihi 7 Mayıs 2006).

- 16-Profilo Telra H.T.E.A. Eğitim Notları,1-20,(2005).
- 17- Kara-Zaitri, C. ve Fleming, P. V.,''Applications of Fuzzy Inference Methods to Failure Modes Effects and Criticality Analysis'', **International Conference on Safety and Reliability**, 2403-2414,(1997).
- 18- Tanyaş, M.,Eryürek, Ö.F.,''Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı'',**İ.T.Ü. Dergisi**,Cilt2,Sayı6,31-40,2003.
- 19-Yılmaz, M., Arslan, E.,''Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması'', **Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu**, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 512-522 İstanbul ,23-25 Kasım (2005).
- 20- Kaya, A.,''Fuzzy Logic ve Matbaa Uygulamalarındaki Yeri'', **1.Matbaa Teknolojileri Sempozyumu**,Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi,1-17 Ankara,29-30 Eylül(2003).
- 21- Koyuncu, E.,**Bulanık Mantık**[online],İstanbul Teknik Üniversitesi,<http://iee.itu.edu.tr/dosyalar/basinyayin/teknolojist1.pdf> (**Ziyaret Tarihi 24 Mayıs 2006**).
- 22-Terzi, Ü., ''Taguchi Yöntemi ve Bulanık Mantık Kullanılarak Çok Yanıtlı Kalite Karakteristiklerinin Eşzamanlı Eniyilenmesi'',Yüksek Lisans Tezi,**Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**,Kocaeli,20-51,(2004).
- 23-Şen, Z.,''Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri'',**Bilge Kültür Sanat Yayınları**,İstanbul, 23-36,(2001)
- 24- Ardil, C.,''Bulanık Mantık Gürültü Sinyal Denetim Sisteminin Tasarımı'',**TBD 20.Bilişim Kurultayı**,Türkiye Bilişim Derneği,İstanbul,1-7 Eylül(2003)
- 25-Şenol,F.,''Bulanık Mantık Kontrolcüsü'',Bitirme Tezi, **Gazi Üniversitesi**, Ankara,75-77,(2000).
- 26-Kayacan, M.C.,Çelik,Ş.A.,Salman, Ö.,''Tornalama İşlemlerinde Kesici Takım Aşınmasının Bulanık Mantık ile Modellenmesi'',**Mühendis ve Makine Dergisi**.Sayı 256,(2003).
- 27- K.Xu,L.C.Tang,M.Xie,S.L.Ho,M.L.Zhu,'Fuzzy Assessment of FMEA for Engine Systems'',Reliability Engineering and System Safety'',**Elsevier**,75,17-29,(2002).
- 28-Özek, A.,Sinecen, M.,''Klima Sistem Kontrolünün Bulanık Mantık İle Modellenmesi '' ,**Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**,10,Sayı3,353-358(2004).

29- Guimaraes, A.C.F.,Lapa, C.M.F.,''Fuzzy FMEA Applied to Pwr Chemical and Volume Control System'' ,*Progress in Nuclear Energy*,44,191-213(2004).

30- Öndemir, Ö.,Şen, C.G.,Baraçlı, H.,''Hata Türü ve Etkileri Analizinde Bulanık MantıkYaklaşımının Kullanılabilirliği'' ,*YA/EM'2004 - Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi*, Çukurova Üniversitesi-Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep,15-18 Haziran,(2004).

31- http://www.profilo-telra.com.tr/view_ab.asp?m=about&p=1(**Ziyaret Tarihi 2 Mayıs 2006**)

ÖZGEÇMİŞ

Özgür BİLGİN, 1977 yılında Hatay'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Edirne'de tamamladı. Lisans eğitimini 2002 yılında mezun olduğu Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı. Eylül 2004'de Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Eğitimine başladı.

2002 yılından beri Profilo Telra A.Ş. nin Çerkezköy de televizyon üretimi yapan fabrikasında Endüstri Mühendisi olarak çalışmaktadır.