

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SERAMİK KAROLARIN GÖRSEL
KUSURLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI
İÇİN BULANIK UZMAN SİSTEM

Ar. Gör. Utku SOBUTAY

Danışman:

Doç. Dr. M. Ali SALAHLI

Temmuz, 2008

ÇANAKKALE

**SERAMİK KAROLARIN GÖRSEL
KUSURLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI
İÇİN BULANIK UZMAN SİSTEM**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Ar. Gör. Utku SOBUTAY

Danışman:

Doç. Dr. M. Ali SALAHLI

Temmuz, 2008

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Utku SOBUTAY tarafından Doç. Dr. M. Ali SALAHLI yönetiminde hazırlanan SERAMİK KAROLARIN GÖRSEL KUSURLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI İÇİN BULANIK UZMAN SİSTEM başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....

Yönetici

.....

Jüri Üyesi

.....

Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi:...../...../.....

Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez danışmanım Doç. Dr. M. Ali SALAHLI'ya, yüksek lisans tezimde bana yardımcı olan Öğr. Gör. Utku BAYRAM'a, Uzman Vildan BAYRAM'a, Yüksek Seramik Mühendisi Necmettin SOBUTAY'a ve bana maddi ve manevi destekte bulunan aileme çok teşekkür ederim.

Utku SOBUTAY

KISALTMALAR

	Sayfa
ISO: International Organization for Standartization	4
TSE: Türk Standartları Enstitüsü	4
AAN: Auto-Associative Neural Networks	7
PNN: Probabilistic Neural Network	7
DWT: Discrete Wavelet Transform	8
SOM: Self Organizing Map	9
hBoy: Kusur Boyu	30
hEn: Kusur Eni	30
hOrani: Kusur Boyut Oranı	30
hAlan: Kusur Alanı	31
hOrani: Kusur Oranı	31
hPToplami: Kusur Parlaklık Toplamı	31
hPOrtalamasi: Kusur Parlaklık Ortalaması	31
hB: Kusur Boyut Bulanık Kümesi	35
hE: Kusur En Bulanık Kümesi	36
hBO: Kusur Boyut Oranı Bulanık Kümesi	37
hO: Kusur Oranı Bulanık Kümesi	38
hPO: Kusur Parlaklık Ortalaması Bulanık Kümesi	39
Nok_TASinir: Nokta Toplam Alan Sınırı	50
Ciz_MUSinir: Çukur Maksimum Uzunluk Sınırı	51
Tum_MASinir: Tümsek Maksimum Alan Sınırı	51
Tum_TASinir: Tümsek Toplam Alan Sınırı	51
Cuk_MASinir: Çukur Maksimum Alan Sınırı	51
Cuk_TASinir: Çukur Toplam Alan Sınırı	51
Nok_TA: Toplam Nokta Alanı	53
Ciz_Uz: Çizgi Uzunluğu	53
Tum_MA: Maksimum Tümsek Alanı	53
Tum_TA: Toplam Tümsek Alanı	53

Cuk_MA: Maksimum Çukur Alanı	53
Cuk_TA: Toplam Çukur Alanı	53
FIS: Fuzzy Inference System	64
DPI: Dot Per Inch	72

SERAMİK KAROLARIN GÖRSEL KUSURLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI İÇİN BULANIK UZMAN SİSTEM

ÖZET

Son yıllarda, üretim sistemlerindeki rekabet, şirketleri daha iyi, en iyi kaliteye doğru yöneltmiştir. Bu durum otomatik kalite kontrol sistemlerinin önemini artırmıştır. Bu tezde, seramik karoların yüzeylerindeki kusur tiplerini belirlemek için Bulanık Uzman Sistemler ve seramik karoların sınıflandırılması için de Karar Ağacı kullanan Seramik Kalite Kontrol Sistemi anlatılmıştır. Bu amaçla, ilk olarak kalite, kalite kontrol ve seramik kalite kontrolünden bahsedilmiştir. Daha sonra, ne gibi sınıflandırma tekniklerinin olduğu incelenmiştir, bunlardan bazıları Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Uzman Sistemler ve Karar Ağaçları'dır. Bunun devamında Sınıflandırma Teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen bazı örnek çalışmalar sunulmuştur. Son olarak, seramik karo sınıflandırılması, Uzman Sistemler, Bulanık Mantık, Karar Ağaçları kullanılarak yapılmış ve yapılan bu sistemin yazılımına yer verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kalite, Kalite Kontrol Sistemleri, Yapay Zekâ, Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Karar Ağaçları, Uzman Sistemler, Seramik Kalite Kontrol, Sınıflandırma.

FUZZY EXPERT SYSTEM FOR CLASSIFICATION OF CERAMIC TILES BY VISUAL DEFECTS

ABSTRACT

In recent years, competition in manufacturing systems has made the companies heading towards better/best quality. And this situation has increased the importance of automated quality control. In this thesis, we described an Ceramic Quality Control System which uses Fuzzy Expert Systems to determine defect types on surface of ceramic tiles and uses Decision Trees to make classification of ceramic tiles. For this purpose, initially, we mentioned quality, quality controlling and ceramic quality control. Next, we reviewed what techniques of classification contains, such as Artificial Neural Networks, Fuzzy Logic, Expert Systems and Decision Trees. This is followed by presenting some sample studies which are realized by using The Classification Techniques. Finally, ceramic tile classification is achieved by using Expert Systems, Fuzzy Logic, Decision Trees and it's introduced to software system was made.

Keywords: Quality, Quality Control Systems, Artificial Intelligent, Artificial Neural Networks, Fuzzy Logic, Decision Trees, Expert Systems, Ceramic Quality Control, Classification

İÇERİK

Sayfa

TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ	ii
TEŞEKKÜR	iii
KISALTMALAR	iv
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ	2
1.1. Kalite ve Kalite Kontrol.....	3
1.2. Seramik Kalite Kontrol.....	4
BÖLÜM 2 –SINIFLANDIRMA TEKNİKLERİ.....	5
2.1. Sınıflandırma ve Yapay Zekâ.....	5
2.1.1. Yapay Sinir Ağları.....	5
2.1.2. Bulanık Mantık	9
2.1.3. Kural Tabanlı Uzman Sistemler	11
2.1.4. Karar Ağaçları.....	15
2.1.5. Görüntü İşleme	20
2.1.6. Genetik Algoritmalar	21
BÖLÜM 3 – SERAMİK KALİTE KONTROL UZMAN SİSTEMİ.....	22
3.1. Seramik Kalite Kontrol Uzman Sisteminin Yapısı	24
3.2. Seramik Kalite Kontrol Uzman Sisteminin Geliştirme Aşamaları.....	26
3.2.1. Sistemin Eğitilmesi	27
3.2.1.1. Kusur Karakteristik Özellikleri	28
3.2.1.2. Kusurun Şekil ve Doku Özelliklerinin Elde Edilmesi	30
3.2.1.3. Bulanık Kümelerin Oluşturulması.....	32
3.2.1.4. Seramik Karo Yüzey Kusurları.....	40
3.2.1.5. Uzman Sistem Kusur Tespit Kuralları	42

3.2.1.6. Seramik Karoların Sınıflandırılması	49
3.2.2. Gerçek Zamanlı Kontrol.....	61
BÖLÜM 4 – Yazılım Sistemi	63
4.1. Yazılım Gereksinimleri.....	63
4.2. Yazılım Sisteminin Eğitilmesi.....	63
4.3. Yazılımın Yapısı	74
BÖLÜM 5 – SONUÇ	79
KAYNAKLAR	80
Tablolar.....	I
Şekiller.....	II
Yaşam Öyküsü.....	IV

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Üretim kalitesini üst seviyelere çıkarma isteği ve artan rekabet ile birlikte kalite ve kalite kontrol kavramlarına verilen önem artmıştır. İşletmeler minimum maliyetle daha fazla fayda sağlamak ve müşteri memnuniyetini artırmak amacıyla ürün kalitesine yönelmişlerdir. Bu yönelim üretimde ve kalite kontrolünde yeni yöntemlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Özellikle son yıllarda yapay zekâ ve sınıflandırma üzerine çalışmaların artması, kalite kontrol işleminin de yapay zekâ sınıflandırma teknikleri ile gerçekleştirilebileceği düşüncesini getirmiştir. Yapay zekâ ve sınıflandırma yöntemlerinden olan bulanık uzman sistemler ve karar ağaçları kullanılarak kalite kontrolünün bilgisayar ile otomatikleştirilebileceği anlaşılmış ve buna yönelik bir çalışma yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmadaki amaç, kalite kontrolünün bir parçası olan sınıflandırma işlemini bilgisayarlı ortamda, sınıflandırma teknikleri kullanarak gerçekleştirmek ve bunun için bir kalite kontrol sistemi oluşturmaktır. Bu kalite kontrol sisteminde bulanık mantık ve karar ağaçları ile oluşturulmuş bir uzman sistem yapısı kurulmuştur.

Çalışmanın birinci bölümü giriş bölümüdür. Giriş bölümünde, kalite kavramının anlamı, kalite kontrolünün yapılma amaçları ve seramik kalite kontrolü kısaca anlatılmaktadır.

İkinci bölümde, yapay sinir ağları, bulanık mantık, uzman sistemler ve karar ağaçları gibi sınıflandırma yöntemleri ve kalite kontrol amacıyla bu sınıflandırma yöntemleri ile yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir.

Üçüncü bölümde, seramik kalite kontrol uzman sisteminin genel yapısı, aşamaları ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Ayrıca, seramik yüzeylerinde oluşabilecek kusurlardan, bunların özelliklerinden, bu kusurların tiplerinin tespit edilmesi ve seramik karonun sınıflandırılmasından da bahsedilmektedir.

Son olarak dördüncü bölüm ise; sonuç bölümüdür. Çalışmanın sonuçlarına yer verilmektedir.

1.1. Kalite ve Kalite Kontrol

Kalite, insanların mükemmelliğe ulaşma isteğinden dolayı ortaya çıkmıştır. İnsanların hep iyiyi istemesi ve bu iyiye bir derece, seviye verme isteği kalitenin belirli bir tanımının yapılmasını gerektirmiştir. Dr. J.M. Juran'ın tanımlamasına göre kalite; ürünün, kullanıcı memnuniyetini sağlayacak ve müşterinin ihtiyaçlarını karşılayacak özelliklerinin tamamıdır (Juran ve Godfrey, 1999). Kalitenin hedefi ise; kullanıcının istek ve ihtiyaçlarına farklı mal ve hizmet grupları için farklı zamanlarda, farklı kullanıcılar tarafından, farklı beklenti seviyelerinin karşılanması olarak düşünülebilir. Buna göre kaliteli bir ürün alıcının isteklerinin karşılayabilecek, tüm fonksiyonları ile üstlendiği görevi yerine getirebilecek ve kusurlardan olabildiğince arındırılmış biçimde olmalıdır.

Ürün kalitesini tespit etme isteği, kalite kontrolünü birlikte getirdi. Kalite kontrolü; kaliteli olması istenen ürünün belirlenen standartlara, amaca ve hedefe göre incelenmesi, kalitesinin belirlenmesi olarak düşünülebilir. Bilimsel olarak kalite kontrol; bir kalite karakteristiği ölçüp standardı ile karşılaştırıp arasındaki farkı ortaya çıkaran bir geri iletim sistemidir (Kaya ve Engin, 2003).

Kalite Kontrolünün amaçları (Kobu, 1981);

- Üretim kalitesini yükseltmek,
- Ürün tasarımını geliştirmek,
- Daha ucuz ve kolay işlenebilir malzeme araştırması yapmak,
- İşletme maliyetlerini azaltmak,
- Iskarta, işçilik ve malzeme kayıplarını azaltmak,
- Üretim hattındaki darboğazları gidermek,
- Müşteri şikâyetlerini azaltmaktır.

Kalitenin her koşulda aynı olması ve üretilen her ürünün birbirine yakın kalitede olması düşünülerek kalite standartları belirlenmiştir. 1946'da bu standartların belirlenmesi için ISO (International Organization for Standardization) teşkilatı kurulmuştur. Bu teşkilat, her ülkeden bir üye olmak üzere 157 ülkenin ulusal standartlar enstitülerinin toplandığı bir ağ şeklindedir (About ISO, 2006). ISO, hükümete bağlı bir kuruluş değildir, dünya üzerinde standartları oluşturan kuruluşlar arasındaki bağı ve bu standartların şekillendirilmesini sağlamaktadır. Türkiye'de de bu standartları TSE (Türk Standartları Enstitüsü) belirlemektedir. Gerek Türkiye, gerekse diğer ülkelerde kalite kontrolleri, belirlenen bu standartlara göre yapılmaktadır.

1.2. Seramik Kalite Kontrol

Seramik karoların yüzeylerindeki kusurların otomatik olarak tespit edilmesi ve sınıflandırılmasında da yapay zekâ sınıflandırma yöntemleri kullanılabilir. Günümüzde seramik karoların kalite kontrolü genellikle, çalışanlar tarafından göz ile yapılmaktadır, otomatikleşme mevcut değildir (Sümer, 2006). Bu tip kontroller çeşitli nedenlerden, etkenlerden (yorgunluk, psikolojik durum, insansal özellikler, ortam koşulları vb.) dolayı objektif olmayabilir. Fakat donanım ve yazılımdan oluşan bilgisayarlı bir sistemin bu işlemi gerçekleştirmesi çok daha doğru, daha objektif ve daha verimli olabilir.

BÖLÜM 2

SINIFLANDIRMA TEKNİKLERİ

2.1. Sınıflandırma ve Yapay Zekâ

Sınıflandırma, çeşitli verilerin gösterdiği özelliklere ve sahip olduğu yapısal durumuna göre sınıf ya da kategorilere ayrılmasıdır.

Sınıflandırma işleminde, verilerin sahip oldukları birtakım özelliklere bakılmaktadır (renk, koku, şekil, v.b.). Bakılan bu özellikler kullanılarak, verilerin birbirleri ile olan bağlantıları tespit edilmekte ve her bir veri belirlenen bir sınıfa atanmaktadır. Her bir sınıf belirlendikten sonra, yeni gelen veriler özelliklerine göre ait olduğu sınıf altında temsil edilmektedir. İyi bir sınıflandırma işlemi sonucunda, sınıflar arasındaki benzerlikler en az seviyede, sınıflar içindeki benzerlikler ise, en üst seviyede olur (Karaboğa ve Baştürk, 2005).

Sınıflandırma işleminde yapay zekâ yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin bazıları aşağıdaki gibidir;

- Yapay Sinir Ağları
- Bulanık Mantık
- Uzman Sistemler
- Karar Ağaçları
- Görüntü İşleme
- Genetik Algoritmalar

2.1.1. Yapay Sinir Ağları

İnsan beyninin yapısından esinlenerek geliştirilen, ağırlıklı bağlantılar yardımıyla birbirine bağlı nöron benzeri işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır (Uğur ve Kınacı, 2008).

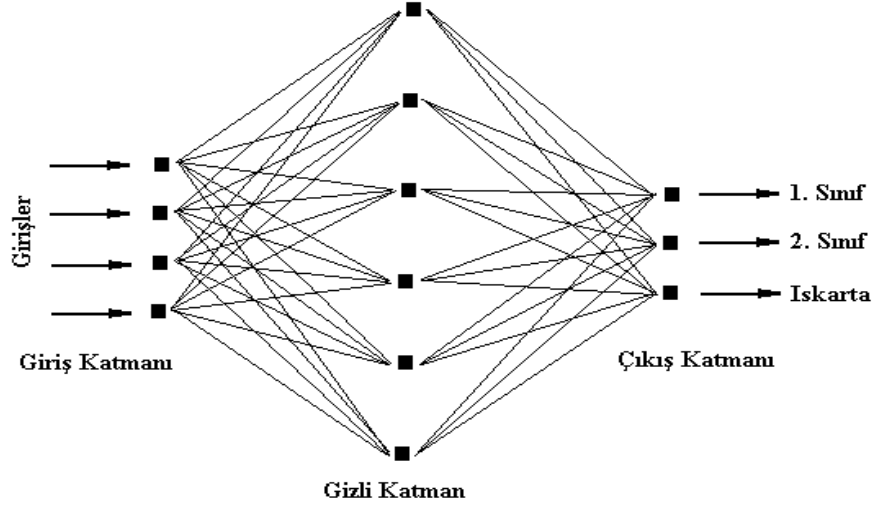
Yapay sinir ağları biyolojik insan beyninin sahip olduğu öğrenme, öğrendiklerini saklama, yeni bilgiler üretme ve bunları kullanma işlevlerini yerine

getirmeye çalışmaktadır. Bunu yapmak için örnekler yardımıyla oluşturduğu ağırlıkları kullanır.

Yapay sinir ağının üç temel işlevi bulunmaktadır;

- Öngörü, tahmin (Hava tahminleri, at yarışları vb.)
- Sınıflandırma ve kümeleme (Seramik karo sınıflandırması, tıbbi teşhis)
- Kontrol (Erken uyarı sistemleri, uçaklarda ses ve titreşim yüzeyleri...)

Sınıflandırma işlemini gerçekleştirebilmek için isteğe bağlı olarak çeşitli ileri beslemeli ve geri beslemeli sinir ağları oluşturulabilir (Kaya ve diğ., 2005).



Şekil 2.1. Sınıflandırma için yapay sinir ağı yapısı

Bir yapay sinir ağı, üç ana katmandan oluşur; giriş, gizli ve çıkış katmanı. Giriş katmanı verilerin ağı girilmesini sağlar. Gizli katman birden fazla sayıda olabilir ve bu katman verilerin giriş katmanından alınıp öğrenildikten sonra çıkış katmanına iletilmesini sağlar. Çıkış katmanı ise; işlemde elde edilecek sonuçların alındığı katmandır. Bu katmanlar birbirlerine ağırlıklı yollar ile bağlanır. Bu ağırlıklar esas öğrenme işleminin gerçekleştiği kısımdır. Örneklere göre ağırlık değerleri değiştirilerek öğrenme işlemi gerçekleşir.

Yapay sinir ağları, kendi kurallarını kendisi oluşturur yani; örneklerden sonuca ulaşabilmek için kurallarını (ağırlıklarını) oluşturur. Bu bakımdan kolaylık sağlar fakat; oluşturulması, öğretilmesi emek ister. Özellikle eğitilmesinde eğitim süresinin özenle seçilmesi gerekir. Az ve fazla eğitim sinir ağından alınacak sonucu etkiler. Sinir ağları için, örnek sayısı ve örnek çeşitliliği de önemlidir. Sayının ve çeşitliliğin fazla olması performansı etkiler. Buna karşın, sınıflandırma işleminde sınıf aralıkları kesin sınırlar ile ayrılmıyorsa yapay sinir ağlarının kullanımı gayet başarılı sonuçlar verebilir.

Yapay sinir ağları, şekillerin tanınması, yüz, parmak izi tanıma ve diyabet hastalığının tespiti v.b. uygulamalarda sıkça kullanıldığı gibi seramik kalite kontrolünde sınıflandırma işlemi için de kullanılmaktadır. Bilimsel çalışmalara göre; sinir ağlarının seramik kalite kontrolünde kullanımı iki biçimde gerçekleştirilmiştir;

- **İki Ağ Kullanımı;** Auto-Associative Neural Networks (AAN), Probabilistic Neural Networks (PNN).
- **Görüntü İşleme ve Ağ Kullanımı;** Discrete Wavelet Transform (DWT), PNN

Hocenski ve Nyarko (2002)'ya göre seramik kalite kontrolünde iki farklı sinir ağı kullanılmasının amacı, giriş verilerini, herhangi bir kayıp olmadan azaltmaktır. AAN, alınan seramik görüntüsünden çıkartılan grilik seviyesindeki histogram değerlerinin, sıkıştırılarak azaltılmasını sağlamakta, PNN ise; sıkıştırılmış bu histogram değerlerini kullanarak sınıflandırma yapmaktadır. AAN, 256 grilik değerini sıkıştırarak, 32 değere düşürmektedir ve bu işlem fazladan veri ile uğraşılmasının önüne geçmiştir. Bu yöntemde, PNN seramik karoları iki sınıfa ayırmıştır (1.sınıf ve 2.sınıf). Fakat, fabrika ortamında bir üçüncü sınıf olan ıskarta sınıfı da kullanılmaktadır. Renkli ve tek renkli (beyaz) seramiklerde özellik verisi olarak farklı histogram aralıklarının alınması sınıflandırma sonucunu etkilemektedir. Bu nedenle, histogram aralıklarının dikkatli seçilmesi gerekmektedir. Sistemin iyi sonuç verebilmesi için, PNN'nin yeterli miktarda eğitilmesi gerekmektedir, eğitim işlemi uzun zaman alabilir.

Rimac-Drlje ve diğ. (2005)'ne göre görüntü işleme ve sinir ağı kullanımında ise; seramik karodan özellik çıkartılmasında DWT ve sınıflandırma işleminde ise; yine PNN kullanılmıştır. DWT, rasgele dokulu (random textured) seramiklerde çatlak ve nokta benzeri kusurları belirginleştirip, ayırabilmektedir (hassasiyeti zemin ve kusur arasındaki parlaklık durumuna göre değişmektedir). DWT kullanılırken seramik görüntüsü parçalara (segmentlere) ayrılmıştır. Segment boyutlarının iyi ayarlanması gerekir ve bu işlem zahmetlidir. Segment boyutlarının küçültülmesi segment sayısını arttırmakta fakat, kullanılacak PNN sayısını azaltmaktadır. Segment boyutunun büyütülmesi, segment sayısını azaltmakta fakat, hassasiyeti azaltmaktadır. PNN'nin eğitilmesi bir önceki uygulamadaki gibi zaman almaktadır. İyi bir sınıflandırma yapılabilmesi için farklı boyutlarda, farklı parlaklıklarda ve farklı şekillerde yeterli sayıda kusur eğitim verisi kullanılması gerekir.

Yine yapay sinir ağları, tekstil endüstrisinde dikişlerin kalite kontrollerinin otomatik olarak yapılmasında kullanılmıştır (Bahlmann ve diğ., 1999). Sistemde, uygun bir görüntü elde etme mekanizması, dikişlerin kontrol edilme yeri, dikişlerin özelliklerinin ortaya çıkartılması ve sınıflandırma için yapay sinir ağları yer almaktadır. Bu sistemde sınıflandırma işlemi bilgisayar ortamında 1'sn sürmektedir.

Kim ve diğ. (1999), geri yayımlı yapay sinir ağı kullanarak her bir lehim yerini fazla, yetersiz ve yeterli şeklinde sınıflandırarak kalite kontrol çalışmasını yapmıştır. Lehim bağlantı yerleri, yapay sinir ağları ile kabaca sınıflandırılmakta, eğer sınıflandırma yeterli değilse, bayes kullanılarak lehim yüzeylerinin üç boyutlu şekli iyileştirilmektedir.

Görüntü işleme yöntemleri ve yapay sinir ağları kullanılarak, tarımsal ürün olarak seçilen fasulyelerin iyi ve kötü olarak görsel sınıflandırılması yapılmıştır (Bul ve diğ., 2005). İlk parametre olarak fasulye görüntülerinin, 256 bitlik gri tonlamasının ortalamaları kullanılmıştır. İkinci parametre olarak, görüntüyü oluşturan piksellerin sütun değerlerinin ortalamalarının standart sapması kullanılmıştır. Üçüncü ve son parametre olarak ise fasulye görüntülerinin en ve boy değerleri kullanılmıştır. Fasulyelerin sınıflandırılması için ise geri yayımlı çok

katmanlı yapay sinir ağı kullanılmıştır. Sonuçta, yapay sinir ağına verilen parametrelerle fasulyelerin iyi sınıf mı yoksa kötü sınıf mı olduğu belirlenmiştir.

Yapay sinir ağlarının denetimsiz sınıflandırma yöntemi olan Kohonen ağları (self organizing map - SOM) kullanılarak tahta yüzeyleri kusurlara karşı incelenmiştir (Kauppinen ve diğ., 1999). Kohonen ağları, denetimsiz sınıflandırmada ve çok boyutlu verilerin, tek veya iki boyutlu biçime çevrilmesinde kullanılmaktadır. Denetimsiz sınıflandırmada her bir eğitim verisinin beklenen sonucu ağa tanıtılmaz. Sinir ağına sadece eğitim verileri ve genel sınıf isimleri verilir. Ağ eğitim verilerini birbirine olan benzerliklerine göre kendisi sınıflandırır. Fakat, kullanıcının ağı minimum düzeyde yönetmesine neden olur, yani kontrol azalır.

Kohonen ağlarının kullanıldığı bir diğer çalışma da, özellik verisi olarak kusurların şekil karakteristiklerinin ve içsel yapılarının kullanıldığı çalışmadır (Iiavarien ve Visa, 1998). Sınıflandırmada kullanılacak şekilsel karakteristik özellikleri; dış bükeylik (convexity), eksen oranı (principal axis ratio), yoğunluk (compactness), dairesel varyans (circular variance) ve oval varyans (oval variance), içsel yapı özellikleri ise; grilik seviyesinde dağılım ve birliktelik matrisidir. Bu özellikler Kohonen ağına verilerek kalite sınıflandırılması yapılmıştır.

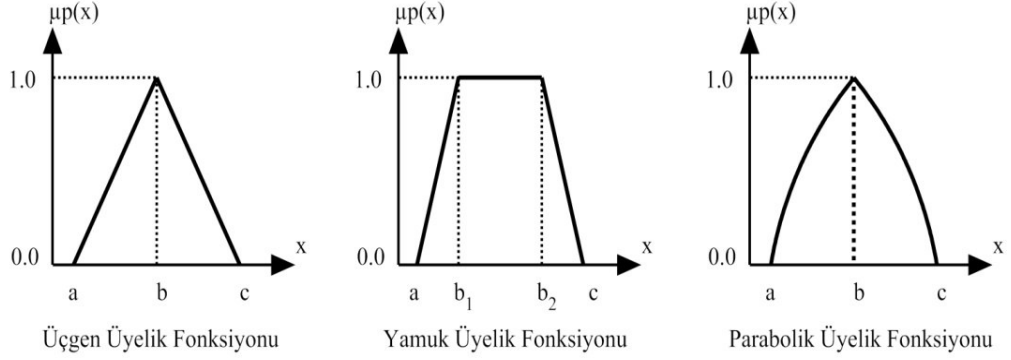
2.1.2. Bulanık Mantık

Klasik mantıkta (Aristo mantığı) kavramlar '1' veya '0' ile anlatılır yani, ya "var" ya da "yok" şeklindedir. Bulanık mantık ise, kavramları '1', '0' ve arasında şeklinde ifade eder, başka bir deyişle "doğru", "yanlış" ve "arasında" biçimindedir. Örneğin; havanın durumu klasik mantığa göre; "sıcak" ve "soğuk" kelimeleriyle ifade edilirken, bulanık mantıkta; "sıcak", "ılık", "az sıcak", "az soğuk", "soğuk" kelimeleriyle de ifade edilebilir. Bu da yapay zekâ sisteminin, bir insanın anlayabileceği ve çözüme ulaştırabileceği biçimde çalışmasını sağlar. Sınıflandırma işlemine de esneklik, bulanıklık getirir.

Bulanık mantıkta, işlemler bulanık kümelere dayanır. Bulanık kümeler, bir durumun doğruluk veya yanlışlık derecesini belirtir. Bulanık kümeler genellikle,

kümeyi belirten kelimelerle ifade edilir (az, büyük, yakın, fazla, ılık, orta v.b.). Kesin geçişleri yumuşatarak belirsiz kavramların üyelik derecesi ile matematiksel ifade edilmesini sağlar. Örneğin, grilik seviyesinde yansıma değerleri “açık” ve “koyu” olarak ifade edilebilir.

Bulanık kümeler, üyelik fonksiyonları ile oluşturulur. Üyelik fonksiyonları, matematiksel olarak üyelik kümelerine değer atayan özel fonksiyonlardır. X evrensel kümesinde bir P üyelik fonksiyonu $\mu_p(x)$ biçiminde gösterilir. Bu üyelik fonksiyonlarının bazıları Şekil 2.2’deki gibidir.



Şekil 2.2. Bulanık mantık üyelik fonksiyonları

Örnek olarak üçgen üyelik fonksiyonu (Nabiyev, 2003);

$$\mu_p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (a - x)/(a - b), & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b), & b \leq x \leq c \\ 0, & x \geq c \end{cases}$$

Diğer üyelik fonksiyonları da Şekil 2.2’dekine benzer biçimde tanımlanabilir.

Bulanık mantık, kararları bulanık mantık kurallarına göre verir. Bulanık mantık kuralları, bulanık kümeler kullanılarak oluşturulur. Bu kurallar “IF-THEN” veya “IF-THEN-ELSE” kural kalıpları ile tanımlanır.

Bulanık mantığın avantajları ve dezavantajları (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003) ;

- Sistemi insan düşünce tarzına yaklaştırmaktadır.
- Üyelik kümelerinin kullanımı sisteme esneklik ve anlaşılabilirlik sağlar.
- Kesinlik taşımayan durumlar var olduğunda kullanılabilir.
- Uygulamanın matematiksel bir modele dayanması gerekmemektedir.
- Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesini sağlar.
- İnsanların iletişimde kullandığı sözel ifadelerin kullanımı kolaylık ve anlaşılabilirlik sağlar.
- Üyelik fonksiyonlarının deneme yanılma ile tespit edilmesi zaman alıcıdır.
- Sistem kurallarının oluşturulması uzmana bağımlıdır.
- Kesinlik söz konusu ise; bulanık mantığın kullanılması gereksizdir.

2.1.3. Kural Tabanlı Uzman Sistemler

Uzman sistemler, belirli konuda uzman olan bir veya birçok insanın yapabildiği muhakeme ve karar verme işlemlerini modelleyen bir yazılım sistemidir (Nabiyev, 2003). Uzman ise; belirli bir konuda tecrübesi ve yetenekleri üst düzeyde olan ve o konuda yeterli bilgiye sahip kişidir. Uzman sistemler, uzman bir kişinin yapabildiği işleri otomatik olarak gerçekleştirmek amacıyla oluşturulurlar. Tam olarak bir uzman gibi düşünemese de bir veya daha fazla uzmanı taklit etmeye, onun seviyesinde düşünmeye programlanırlar.

Uzman - Uzman Sistem Karşılaştırması

Bir uzman konu üzerinde ne kadar bilgili olursa olsun, yapay zekâ (uzman sistemler) bir uzmandan daha üstün olabilir. İnsan, biyolojik yapısından dolayı çevresinden etkilenebilir, zamanla yorulup yıpranabilir, hatalı kararlar verebilir. Fakat bir uzman yazılım sistemi zamandan, çevresel koşullardan ve yıpranmadan etkilenmez. Verdiği kararlar bu gibi koşullardan dolayı değişmez. İnsan aynı durumdan farklı sonuçlar, yorumlar yapabilir, fakat yazılım sisteminin bunu yapma imkânı yoktur. İnsan (uzman), sürekli olarak bilgisini, pratiğini geliştirmek zorundadır. Bilgisine bilgi katmak zorundadır ve teknolojinin getirdiklerine hazır olmalıdır. Bunu yapmak insan için çok uzun süre ve emek alabilir. Fakat uzman

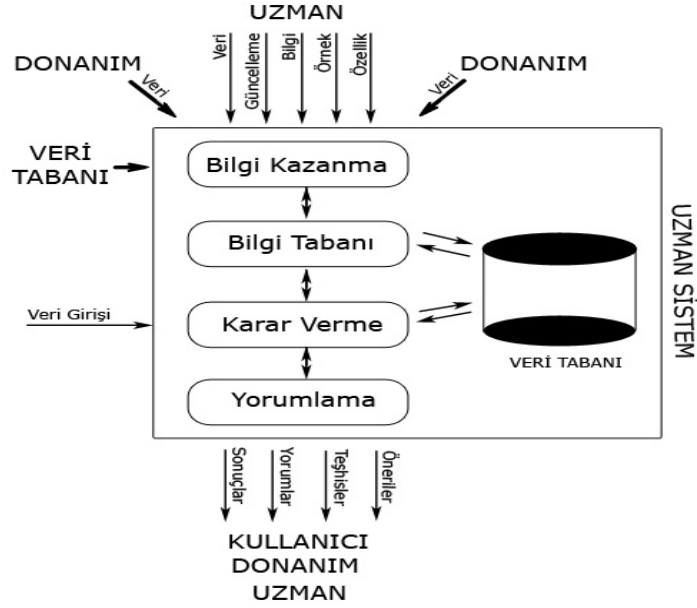
sistemin yeni bilgileri öğrenmesi, kendini geliştirmesi daha hızlı gerçekleşir, fazla emeğe gerek yoktur. İnsan bilgisi kalıcı değildir, bir zaman gelir ki insan doğası gereği tüm sahip olduğu bilgiyle beraber ortadan kaybolabilir, bu nedenle bilgilerini bir başka insana (uzmana) aktarmak zorundadır. Uzman sistem, uzmanlar veya sistemi kullananlar istemediği sürece kalıcıdır, yorulmaz, bıkmaz, sıkılmaz veya sahip olduğu bilgileri kaybetmez. Bilgilerini yeni bir uzman sisteme aktarması da zor değildir. İnsanın (uzmanın) maliyeti fazladır, bulunması zordur ve zahmetlidir. Uzman bir sistem bir insandan çok daha ucuzdur, sadece kurulacağı, oluşturulacağı zaman emek ister, kurulup çalışmaya başladıktan sonra emek, zahmet istemez Sürekli denetlenmeye, kontrol edilmeye ihtiyacı yoktur. Belirli aralıklarla yapılması yeterli olur. Hatta iyi düzeyde kurulması durumunda uzun bir süre kontrol edilmeden de çalışabilir. Uzman ve uzman sistem karşılaştırılması Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Uzman ve uzman sistem karşılaştırması

Yetenek & Özellik	Uzman Sistem	Uzman (İnsan)
Maliyet	Ucuz	Pahalı
Bilgi Kazanımı / Güncelleme	Zaman Almayan / Kolay	Zaman Alıcı / Zahmetli
Bilginin Kalıcılığı	Yeni Sisteme Aktarım Kolay Uzun Süreli Bilgi Saklanabilir	Yeni Uzmanlara Aktarılması Gerekir
Yaşam Süresi	Uzun	Kısa
Değişme Durumu	Sabit	Değişken
Raporlama	Belgeleme İşlemi Kolay	Belgeleme İşlemi Zahmetli
Çevre Koşullarından Etkilenme	Etkilenme Yok	Etkilenebilir
Çalışma Ortamı	Her Ortam	Tehlikeli Ortamlarda Çalışamaz
Duygusalılık	Yok	Var

Uzman Sistemlerin Genel Yapısı

Uzman sistemlerin genel yapısı Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.3. Uzman sistemler genel yapısı (Nabiyev, 2003)

- **Uzman:** Bir konu hakkında en üst düzeye sahip kişilerdir. Uzmanlar, sisteme veri aktarmak, bilgi kazandırmak, bu bilgileri gerekirse zaman içinde güncellemek, sisteme konuyla ilgili örnekleri tanıtmak ve gerekli bilgiyi sisteme öğretmeye yarayan özellikleri sisteme aktarmakla görevlidir. Bu işler ancak konuyla ilgili karmaşık ve detaylı bilgiye sahip kişiler tarafından yapılmalıdır, bu kişiler de uzmanlardan başkaları değildir. Uzman sistemler uzmanın yapabileceği işleri yapabilse de sisteme bilgilerin tanıtılmasında uzmanlara da ihtiyaç duyulmaktadır.
- **Donanım:** Sistem verileri uzmanlar dışında donanım yoluyla da alabilir. Bu donanımlar; kameralar, sensorlar, ses alıcıları (mikrofon) vb. gibi elektronik cihazlardır.
- **Bilgi Kazanma:** Uzmandan, veritabanından veya donanımdan aldığı verileri, bilgi olarak bilgi tabanına aktarır.
- **Bilgi Tabanı:** Bilgilerin özel biçimde veritabanında tutulmasını, mevcut bilgilerden yeni bilgilerini çıkarılmasını sağlar. Uzman sistemin

karar vermesi ve edindiği bilgilerin saklanması için bilgi tabanı çok önemlidir. Bilgi kazanmadan aldığı her türlü bilgiyi veritabanında tutulabilecek biçime dönüştürür. Bu dönüşümler için özel formüllere, fonksiyonlara ve yöntemlere sahiptir.

- **Karar Verme:** Veritabanı ve bilgi tabanını kullanarak kararlar vermekle görevlidir. Mantıksal çıkarımlar, veritabanı üzerinde konuyla ilgili araştırmalar yapar. Yeni bir durum veya yeni bir veri girişi olduğunda veritabanındaki bilgilerden yararlanarak bu yeni durum veya veri hakkında kararlar alabilir.
- **Yorumlama:** Karar verme kısmında verilen kararlara göre sonuçlar üretir, bu kararlar üzerinde yorumlar yapılır. Sonuçlar ve yorumlar kullanıcıya, bir donanıma veya sistemde tekrar kullanılmak üzere bir uzmana bildirilir. Kullanıcıya aradığı cevap veya sonuç verilmeye çalışılır, donanım kararları ve sonuçları yerine getirir, uzman ise gelen sonuçlara göre sistemin işleyişini, performansını kontrol eder ve sonuçlar yeniden bilgi olarak girilecekse bu işlemi gerçekleştirir.
- **Veritabanı:** Tüm verilerin, bilgilerin bilgisayar ortamında tutulduğu yerdir. Bilgi tabanı ve karar verme modülü ile bağlantılıdır. Genellikle ilişkisel veritabanı kullanılır ve veritabanı kapasitesi, yetenekleri oluşturulacak sisteme uygun olmalıdır.

Uzman sistemler, karar verme işini genelde bilgi tabanındaki uzman sistem kural yapıları ile gerçekleştirmektedir. Uzman sistem kural yapıları “IF-THEN” veya “IF-THEN-ELSE” kalıpları şeklindedir.

Karar verme işlemi iki teknikle gerçekleşir;

- **İleri Doğru Zincirleme:** Karar verme kuralların en başından başlar (IF kelimesi) ve sonuç kısmına ulaşır (THEN...). Tüme varım biçiminde kurallar sağladığında sonuca ulaşılır.
- **Geri Doğru Zincirleme:** Karar verme kural kalıplarının sonuçlarından başlar (THEN...) ve şart kelimeleri (IF...) kontrol edilerek çözüm

bulunur. Tümden gelim ilkesi temel alınarak sonucu sağlayan tüm kurallar incelenir (Adalı, 1996).

Örneğin uzman sistemler kullanılarak oluşturulmuş bir çalışma; cıvata ve dişli ark seçimidir (Özkan ve Gülesin, 1999). Uzman sistemler kullanılarak yapılan cıvata ve dişli ark seçiminde, bilgi tabanında bulunan kurallar sistem tarafından yorumlanarak, karar verme işlemi otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Kurallar “IF-THEN” kural yapıları ile oluşturulmuştur ve vida için 95 kural, dişli ark için 19 kural sisteme tanıtılmıştır. Kullanıcıdan çeşitli sorular yardımıyla veriler alınarak, kurallar yardımıyla da verilere göre cıvata veya dişli çarkın seçimi, sınıflandırılması yapılmıştır.

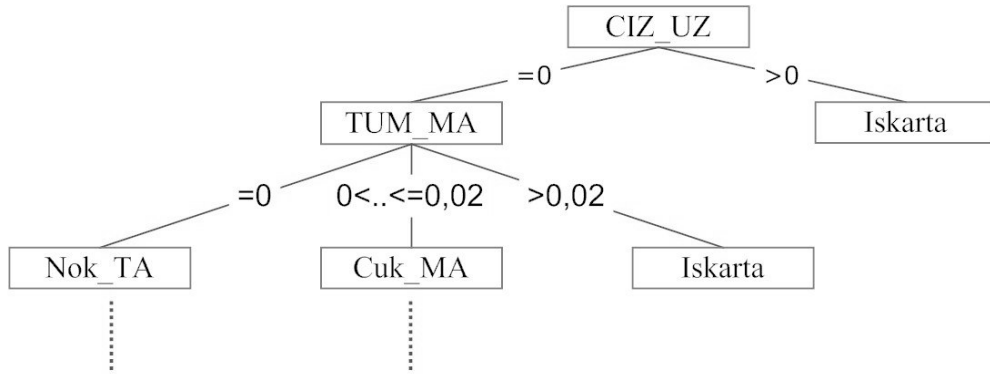
Tolar ve Platt (1992), üretimde özellikle kalite kontrolde uzman sistem teknolojisinin kullanımı için prototip bir uygulama geliştirmiştir. Oluşturulan sistemde, sistem öğretim araçları ile eğitilmiş ve parçaların elde edilen bilgiler yardımıyla kontrolü geçip geçmediği gösterilmiştir. Eğer parçalar kontrolü geçemezse sorunun çözümü için neler yapılabileceği bilgi tabanındaki bilgiler temel alınarak sunulmuştur.

Kalite kontrol sistemlerindeki operatör kararlarında meydana gelen değişiklikleri elemek ve kararların kötü kabul edilme olasılığını azaltmak için bir uzman sistem oluşturulmuştur (Hooks ve diğ., 1993). Uzman sistem, ileri zincirleme modeli ile karar vermektedir. Mikroskopla elde edilen parçaların gerçek ölçüleri kaydedilerek, alt ve üst kalite sınırları belirlenmiştir. Sistemin kontrolü tamamen uzman sistemin elindedir ve ara yüzler yardımıyla kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır.

2.1.4. Karar Ağaçları

Karar ağaçları, her bir düğümü bir özelliği kontrol eden, her bir dalı kontrol sonucunu ve her bir yaprak düğümü de kontroller sonucunda belirlenecek sınıfları temsil eden akış şeması şeklinde ağaç yapılarıdır (Han ve Kamber, 2000). Karar ağaçları ileri doğru zincirleme (tüme varım) tekniğiyle karar vermektedir. Ağacın

kökü, ilk olarak kontrol edilecek özelliği (değişkeni) belirtir, bundan sonra dallanan her düğüm kontrol edilecek diğer özellikleri ve ağacın en sonunda bulunan yapraklar da sınıflandırma sonucunu belirtmektedir. Ağacın oluşturulması, köke hangi özelliğin geleceğinin seçilmesiyle başlar. Bu seçim her bir örnek değişkenin istatistiksel olarak değerlendirilmesi ile yapılır. Değerlendirme sonucunda en iyi değeri alan örnek değişkeni kök olarak belirlenir. En başta ağacın dallanma sayısı kökün alabileceği değerler kadardır. Bundan sonra her bir aşamada düğümlere aynı istatistik değerlendirme uygulanarak yaprak düğüme kadar devam eder. Karar ağacının oluşturulmasındaki temel ilke her aşamada en iyi örnek değişkeninin seçilmesidir. Ağacın oluşturulması gelen tüm örnek değerlerinin aynı sınıfta olma durumuna kadar devam eder. Seramik karo sınıflandırması için kullanılacak karar ağacının küçük bir kesiti Şekil 2.4'te örnek olarak verilmiştir.



Şekil 2.4. Seramik karo sınıflandırma ağacının kesiti

Örnek değerlerinin kontrol edilmesi **bilgi kazanımı (information gain)** olarak adlandırılan istatistiksel teknik ile belirlenir (Kök ve Kuloğlu, 2005). Bilgi kazanımının hesaplanmasından önce **dağınım (entropy)** hesaplanmalıdır. Dağınım, düzensiz toplanan pozitif ve negatif örneklerin düzensizlik ölçüsüdür.

'S' bir örnekler topluluğu, 'C_i' sınıfına ait 's_i' satır içerirse (i={1,2...m}), herhangi bir satırı değerlendirmek için gerekli **bilgi (information)** aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Han ve Kamber, 2000);

$$I(s_1, s_2, \dots, s_m) = - \sum_{i=1}^m p_i \log_2(p_i)$$

'A' $\{a_1, a_2, \dots, a_v\}$, 'v' sayıda alt dala sahip 'S'lerden oluşan alt örneklerdir. 'A' kontrol edilecek özellik ise; 'A'nın tüm dallarının bilgilerinden elde edilen dağılım aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$E(A) = \sum_{j=1}^v \frac{s_{1j} + s_{2j} + \dots + s_{mj}}{s} I(s_{1j}, s_{2j}, \dots, s_{mj})$$

'S' topluluğunun, pozitif ve negatif örnekleri için dağılım değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$E(S) = -(p_+) \log_2(p_+) - (p_-) \log_2(p_-)$$

Dağılım hesabında, 'p' değeri 'S' topluluğundaki bir sınıfın gelme olasılığıdır. 'p₊' değeri, 'S' topluluğundaki pozitif örneklerin olasılığı, 'p₋' ise, negatif örneklerin olasılığıdır.

Dağılım hesaplandıktan sonra 'S' topluluğu içindeki herhangi bir 'A' özellik değişkeninin bilgi kazanımı aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$G(S, A) = E(S) - E(A)$$

Ağaç oluşturulurken her bir aşamadaki yüksek değerlilikli bilgi kazanımını hesaplamak için yukarıda tanımlanan G(S,A) kullanılır.

Karar Ağacı Algoritması

Karar ağacı algoritması aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Han ve Kamber, 2000);

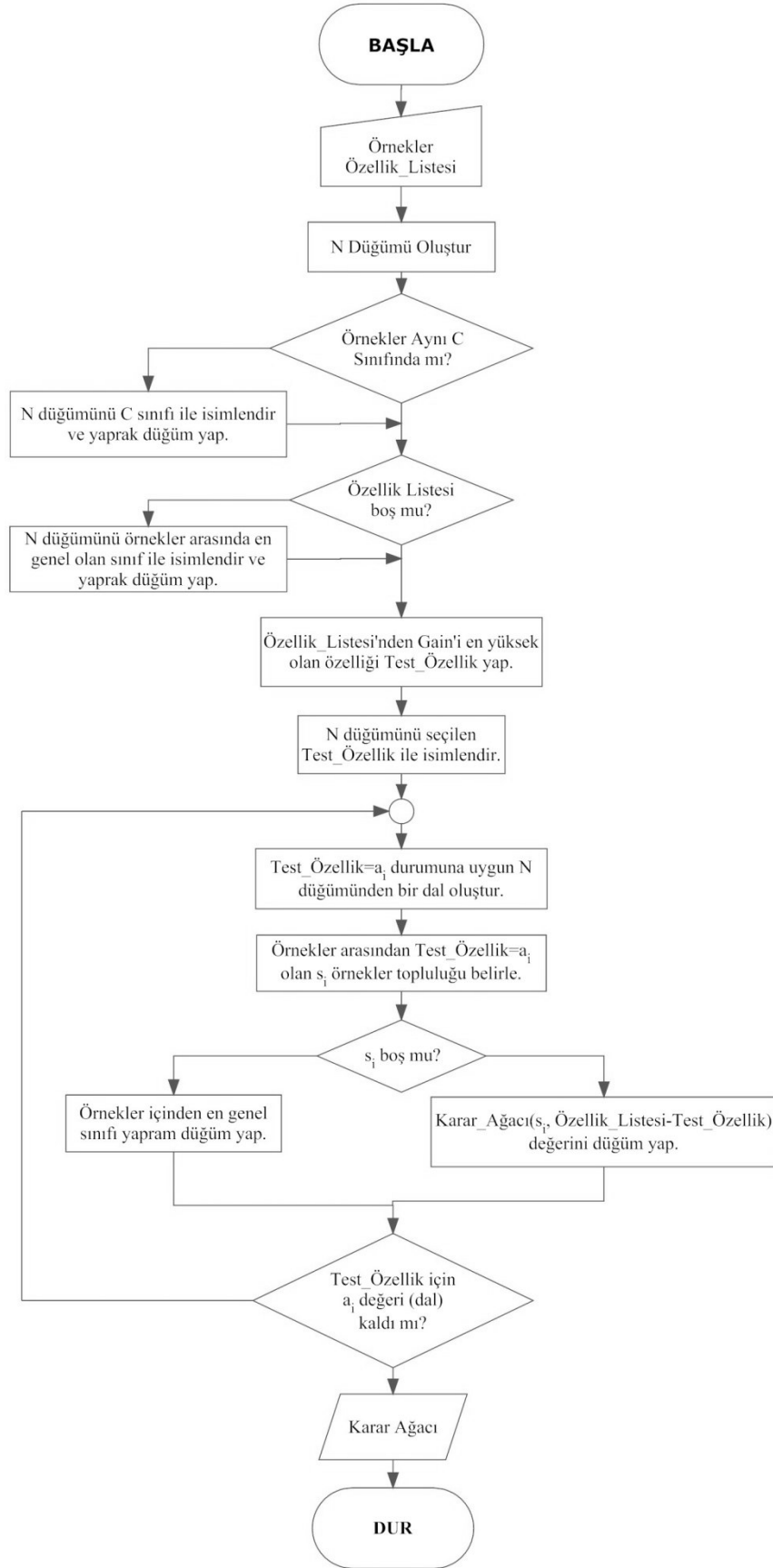
Girişler: Örnekler, Özellik_Listesi;

Çıkış: Karar Ağacı;

Fonksiyon: Karar_Ağacı(Örnekler, Özellik_Listesi);

- (1) Bir N düğümü oluştur;
- (2) **Eğer** gelen bütün Örnekler aynı C sınıfında ise; C sınıfı ile isimlendir ve N düğümünü yaprak düğüm olarak belirle;
- (3) **Eğer** Özellik_Listesi boş ise; Örnekler içinde en genel sınıfı yaprak düğüm olarak belirle ve o sınıf ile isimlendir;
- (4) Özellik_Listesi'nde en fazla bilgi kazanımını sağlayan özelliği Test_Özellik olarak seç;
- (5) N düğümünü seçilen Test-Özelliği ile isimlendir;
- (6) **Test_Özellik'i içindeki her bir a_i dallanma için (Döngü);**
- (7) Test_Özellik=a_i durumuna göre N düğümünden bir dal oluştur;
- (8) Örnekler arasından Test_Özellik=a_i olan bir s_i örnekler topluluğu belirle;
- (9) **Döngü Sonu;**
- (10) **Eğer** s_i boş ise; örnekler içindeki en genel sınıfı yaprak düğüm yap;
- (11) **Değil ise; Karar_Ağacı(s_i, Özellik_Listesi – Test_Özellik)** değerini düğüm olarak döndür.

Karar ağacı algoritmasının akış diagramı Şekil 2.5'de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.5. Karar ağacı algoritması akış diogramı (Han ve Kamber, 2000)

Karar ağacı oluşturulduktan sonra, bu ağaç kullanılarak karar vermede kullanılacak kural yapıları hazırlanır. Kural yapıları, aynı uzman sistemlerde olduğu gibi “IF-THEN” yapıları ile oluşturulur. Bu kurallar ağacın kökünde bulunan özellikten başlayarak, düğümler ve dallarda yer alan değerlere göre yapılır. Kök ve düğümler, “IF-THEN” yapısındaki şartları, yaprak düğümler ise; şartın sağlanması durumunda çıkan sonucu oluşturur (“THEN”). Böylece sınıflandırma ve karar verme için kullanılacak yapı oluşur. Aşağıda Şekil 2.4’de verilen ağaç kesitine göre oluşturulmuş kural örneği verilmiştir.

```
EĞER CIZ_UZ=0 ISE
  EĞER TUM_MA=0 ISE
    ....
  EĞER TUM_MA>0 VE TUM_MA<=0,02 ISE
    ....
  EĞER TUM_MA>0,02 ISE
    Kusur='ISKARTA'
DEĞİLSE EĞER CIZ_UZ>0 ISE
  Kusur='ISKARTA'
  ....
```

2.1.5. Görüntü İşleme

Yapay zekâ, kalite kontrolünde ve sınıflandırmada her zaman yeterli olmayabilir. Bu nedenle, görüntü işlemeyle birlikte bütünleşik kullanılmaktadır. Örneğin, yapay sinir ağı veya uzman sistemler kullanılan çalışmalarda görüntü işleme tekniklerinden de yararlanılmaktadır.

Gonzalez ve dig. (2001), seramik üretimi sırasında oluşabilecek köşe kusurlarının tespit edilmesinde görüntü işleme yöntemleri kullanmıştır. Bu sistemde köşe kusurunun tespit işlemi iki aşamadan oluşmuştur;

- **Görüntü Yakalama Aşaması:** Üretim hattında kayan banttan iki kamera, ışık ve fotosel kullanılmıştır.

- **Görüntü İşleme Aşaması:** Alınan görüntünün işlenmesi, bölümlenmesi (segmentation) ve sınıflandırılması (classification) görevlerini yerine getirmektedir (Pentium tabanlı PC ve çerçeve yakalayıcısı (frame grapper) kullanılmıştır).

Görüntü histogram yardımıyla segmentlere ayrılmış ve görüntünün sınırları haugh dönüşümü ile belirlenmiştir. Seramiğin sınıflandırma işlemi de köşe kusurunun derecesine göre yapılmıştır.

Ng (2004), yüzey kusurlarının görsel olarak tespitinde eşik değerinin otomatik olarak belirlenmesiyle ilgili bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında, otsu metodunu kullanarak unimodal ve bimodal dağılımlarda en uygun eşik değerinin seçilmesini sağlamıştır. Bunun yanında, valley-emphasis metodunu da test etmiştir. Otsu metodunda görüntü iki bölüme ayrılmakta (örneğin, zemin ve önalan) ve bu iki bölüm arasındaki varyansa göre en uygun eşik değeri hesaplanmaktadır. Ng (2004)' ye göre otsu metodu, çoklu eşik değerinin hesaplanmasında da kullanılmaktadır. Otomatik olarak, örnek görüntülerden elde edilen bu eşik değeri ile yüzeydeki kusurlar tespit edilebilir.

2.1.6. Genetik Algoritmalar

Sınıflandırmanın yapılmasında genetik algoritmalar da kullanılabilir. Zheng ve dig. (2002), makine görmesi kullanarak metal yüzeylerin incelemesini yapmışlardır. Metalik yüzeylerden alınan görüntüleri, morfoloji ve genetik algoritmaları kullanarak, yapısal kusurların tespit edilmesi amacıyla akıllı bir sistem geliştirmişlerdir. Yapısal elemanlar ve kusur ayırma eşik değeri gibi morfolojik parametrelerin otomatik olarak öğrenilmesini genetik algoritmalar yardımıyla gerçekleştirmişlerdir.

BÖLÜM 3

SERAMİK KALİTE KONTROL UZMAN SİSTEMİ

Seramik yüzeylerinde bulunan kusurların türlerinin tespit edilmesi bulanık uzman sistemler ve elde edilen bu kusur türleri yardımıyla seramiğin kalite sınıflarının belirlenmesi karar ağaçları yardımıyla gerçekleştirilebilir. Gerek yapısal, gerekse imkânları bakımından uzman sistemler seramik yüzeylerindeki kusur türlerinin tespit edilmesinde tercih edilebilir. Karar ağaçları da kalite kontrolünün ve seramik sınıflandırılması için kullanılabilir.

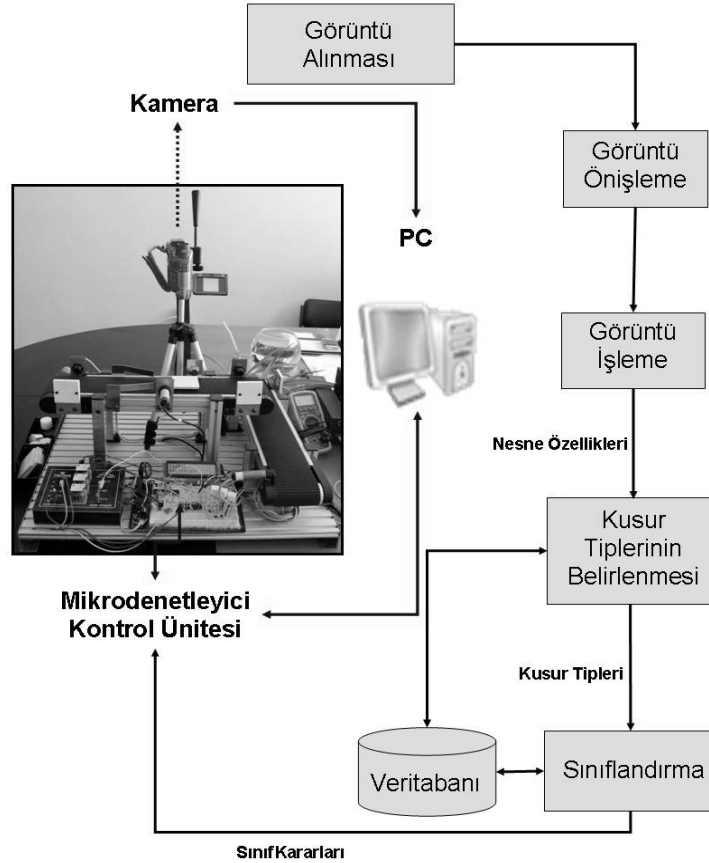
Mevcut yöntemlerin ve çalışmaların birçoğu seramik karoların sadece sınıflandırılması işlemini gerçekleştirmektedir, seramik yüzeylerindeki oluşan kusur tiplerini göz önünde tutmamaktadır. Fakat, fabrika ortamında seramiklerin ne tip kusurlardan dolayı belirli bir sınıf içine alındığı önemli olabilir, özellikle istatistik tutulmak istendiğinde kusur tiplerinin tespiti öne çıkar. Bu çalışmada da seramik kalite sınıfının belirlenmesinden önce kusur tipleri tespit edilmiştir.

Seramik kalite kontrol sisteminde, uzman sistem, bulanık mantık ve karar ağaçlarının seçilmesinin nedenleri aşağıdaki gibidir;

- Yapay sinir ağları, kural kalıpları oluşturmadan sistemin öğrenmesini sağlamaktadır (sınıflandırma işlemi için gerekli kuralları kendi oluşturur). Sezim ve kestirim işlemlerini yürütmekte başarılı, farklı durumlarda doğru karar verebilmektedir (Güler ve Übeyli, 2005). Buna karşın eğitime süreleri uzun ve zahmetlidir. Ağın doğru sonuçlar vermesi için çok sayıda örnek ve yeterli miktarda eğitim gerekir. Eğitim miktarının belirlenmesi zaman alıcıdır. Uzman sistem, az sayıda örnekle karar verebilir, kurallar sistemi oluşturan uzman tarafından belirlenir.
- Bulanık mantık, uzman sistemler gibi kural yapılarını kullanır fakat bulanık mantık, uzman sistemi insan düşünme tarzına daha fazla yaklaştırır. İnsan düşüncesinde esneklik mevcuttur, iyi ile kötü arasında

ne iyi ne kötü gibi ara bir değer bulunabilir bunu gerçekleştirmek bulanık mantık ile mümkündür.

- Uzman sistemlerin, eğitilmeleri, kurulmaları ve çalışır duruma gelmeleri diğer yöntemler kadar zaman alıcı değildir (örneğin; yapay sinir ağlarının eğitilmesi zaman alır).
- Uzman gibi karar verebildiği için, uzman düşünce tarzına göre oluşturulurlar. Karmaşık yapıya sahip değildirler.
- Uzman sistem, içinde diğer yöntemleri de barındırabilecek şekilde tasarlanabilir (bulanık mantık, karar ağaçları).



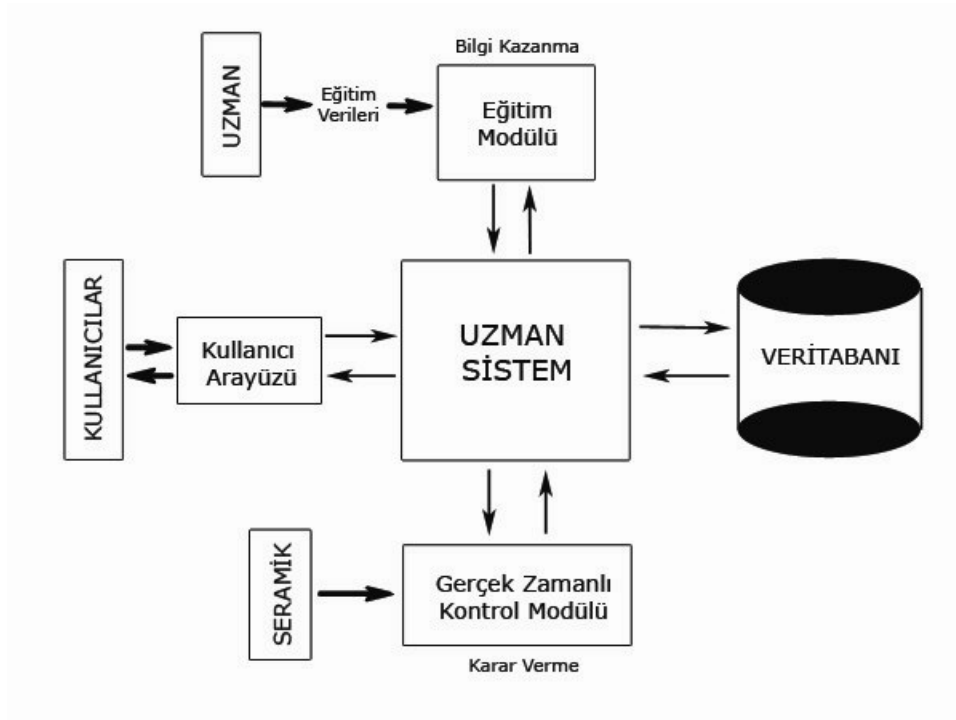
Şekil 3.1. Seramik kalite kontrol sisteminin genel yapısı

Sekil 3.1’de seramik kalite kontrol sisteminin genel yapısı görülmektedir. Bu şekle göre, kamera ile görüntü alınmakta (görüntü alınması), alınan bu görüntü çeşitli ön işleme ve görüntü işleme yöntemleriyle incelenmektedir (görüntü önleme – görüntü işleme). Elde edilen veriler ile seramik yüzeyindeki kusur tipleri

belirlenmekte (kusur tiplerinin belirlenmesi) ve bunun sonucunda seramiklerin sınıflandırılması yapılmaktadır (sınıflandırma). Son olarak mikro denetleyici yardımıyla sınıflandırma sonucunda çıkan kararlar uygulanmaktadır (mikro denetleyici kontrol ünitesi).

3.1. Seramik Kalite Kontrol Uzman Sisteminin Yapısı

Şekil 3.1’de görülen kusur tiplerinin belirlenmesi ve sınıflandırma işlemi uzman sistemler, bulanık mantık ve karar ağaçları yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Düşünülen sistemin genel yapısı uzman sistemlerin genel yapısı ile uyşmaktadır. Bu nedenle, Şekil 3.2’de görülen seramik kalite kontrol uzman sistemi, uzman sistemlerin genel yapısı kullanılarak hazırlanmıştır.



Şekil 3.2. Seramik kalite kontrol uzman sistemi

Şekil 3.2’deki sistemde kullanıcı arayüzü, karar verme mekanizması, bilgi kazanma mekanizması ve verileri depolamak üzere veritabanı bulunmaktadır. Herbir modül ayrı göreve sahiptir ve bu görevler uzman sistemin kendisi tarafından kontrol edilmektedir.

Kullanıcılar: Sistemi kullanan sıradan kişilerdir. Sistemden çıkan sonuçları, kararları bu kişiler izler. Sistemi başlatma, duraksatma ve durdurma işlerini yapabilmelidirler. Sistemi yüzeysel olarak tanır, sadece kullanıcı arayüzü ile etkileşim halindedirler. Kullanıcıların sistemin içeriğini çok iyi bilmesi gerekmez, çünkü kullanıcılar sıradan insanlardır ve sadece sistemden almak istedikleriyle ilgilenirler. Örneğin; bir kullanıcı için, o gün içerisinde hangi kusurdan ne kadar tespit edildiği önemlidir. Kusur tespitindeki kurallar sıradan kullanıcı (fabrika çalışanı) için önemsizdir.

Arayüzü: Kullanıcı arayüzü sistemi basit bir şekilde kontrol etmek için kullanılır. Kullanıcı ile sistem arasındaki iletişimi, kullanıcıya sistemin yapısındaki zorluğu hissettirmeden sağlar. Kullanıcıya, sistemden çıkan sonuçları, kararları gösterir. Örneğin; seramik kalite kontrol sisteminde arayüz, tespit edilen kusur türlerini, bu kusur türlerinin sayılarını v.b bilgileri kullanıcıya sunmaktadır.

Kullanıcı arayüzü kullanıcıya yeterli miktarda bilgiyi verecek biçimde olmalıdır. Kullanıcının ihtiyacını karşılamalıdır. Kullanıcı arayüzünün basit olması gerekir. Bilgisayarlı sistemler hakkında detaylı bilgiye sahip olmayan sıradan kullanıcı zorlanmadan bu arayüzü kullanabilmelidir. Kullanıcı ile sistem arasındaki iletişimi yeterli ölçüde sağlayabilmelidir. Uzman sistemden gelen ve kullanıcıyı ilgilendiren bir bilgi, kullanıcı arayüzünde gösterilmediği zaman bu bilgi bir anlam ifade etmez, kullanıcıya sunulamaz.

Uzman Sistem: Bu modül uzman sistemin yönetim merkezidir. Diğer modüllerle olan iletişimi sağlar ve gerekli kontrolleri yapar. Uzman sistemin diğer tüm modüllerle çift yönlü bağlantısı vardır.

Eğitim Modülü: Bu modül seramik kalite kontrol uzman sisteminin önemli bir parçasıdır. Uzman sistemin genel yapısındaki bilgi kazanma modülü ile benzer işleve sahiptir. Bu modülde seramik yüzeylerindeki kusurların tespit edilebilmesi için gerekli olan bulanık mantık sistemi ve seramik karonun sınıflandırılması için gerekli karar ağacı yapısı oluşturulur.

Uzman: Seramik kalite kontrol sistemi hakkında yeterli bilgiye sahiptir. Sistemi eğitmekle görevlidir. Seramik yüzeylerindeki kusur türlerini inceleyerek kusur özelliklerine bağlı bulanık sınıfların oluşturulmasını ve kusur türlerinin tespit edilmesi için gerekli bulanık kuralların belirlenmesini uzman gerçekleştirir. Uzmanın seramik yüzeyinde oluşabilecek kusurları, bu kusurların özelliklerini ve sistemin genel yapısını iyi bilmesi gerekir. Bütün bu işleri tek bir uzman da yapabilir, birden fazla uzman da görev alabilir. Fakat her durumda uzmanın yeterince bilgi toplaması ve sistemi tanınması gerekmektedir.

Gerçek Zamanlı Kontrol Modülü: Bu modül, eğitim modülünde sisteme tanıtılan bulanık mantık ve karar ağacı yardımıyla, seramik yüzeyinden çıkarılan kusurların türlerini gerçek zamanlı olarak tespit etmektedir. Bu modül fabrika ortamında seramik kusurlarının tespit edilmesini ve seramiğin sınıflandırılmasını sağlamaktadır.

Veritabanı: Sınıflandırma işlemi için gerekli, sınıf standartlarına göre oluşturulan sınıf sınır değerlerini tutulmaktadır. Ayrıca fabrika işlediği sürece seramik yüzeyinde meydana gelen kusurların tespit edilme zamanı, tarihi, çıkan kusurların sayılarını ve gün içinde belirlenen seramik sınıflarının sayılarını tutmaktadır. Bir bakıma kullanıcıya istatistiksel bilgi sunmaktadır. Ayrıca raporlama aşamasında da sisteme gerekli bilgiyi sağlamaktadır.

3.2. Seramik Kalite Kontrol Uzman Sisteminin Geliştirme Aşamaları

Seramik kalite kontrol uzman sistemi, tasarlanan uzman sistemin yapısına göre 2 aşamada incelenebilir:

1. Sistemin Eğitilmesi (Bilgi Edinme)
2. Gerçek Zamanlı Kontrol (Karar Verme)

3.2.1. Sistemin Eğitilmesi

Bu aşamada; kusur tiplerinin belirlenmesi ve seramik kalite sınıflarının oluşturulması için gerekli olan bilgiler, veriler, kurallar vb. uzman sisteme tanıtılır. Uzman sistemin, kalite kontrolünü yapabilmesi için ihtiyacı olan tüm veriler, kurallar bu aşamada sisteme uzman kişiler tarafından girilir. Sistemin eğitim aşaması, sistemden çıkan sonucu büyük ölçüde etkiler. Bu nedenle eğitim aşaması çok önemlidir.

Uzman sistem eğitilirken, seramik yüzeylerinde oluşabilecek kusurların dikkatli incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle seramik yüzeylerinde bulunan farklı tiplerdeki kusurlardan örnekler alınır. Alınan bu örnekler analiz edilerek kusur tiplerine göre gösterdiği özellikler tespit edilir. Bu özellikler kullanılarak her bir özelliği temsil edebilecek mantıksal aralıklar, kümeler belirlenir. Belirlenen bu mantıksal gruplar bir tanımlayıcı etiket ile isimlendirilir. Böylece sisteme ait mantık dili ortaya çıkmış olur. Kusur özellikleri ve oluşan mantıksal dil kullanılarak bir takım kurallar oluşturulur. Bu kurallar kusurları birbirinden ayırabilmek için kullanılır.

Uzman sistemlerde kural kalıpları oluşturulurken, genellikle “Eğer-ise” veya “Eğer-ve-ise”, ifadeleri kullanılmaktadır. Fakat seramik kalite kontrol uzman sisteminde, bir kusur tipi birçok özelliğin aynı zamanda kontrol edilmesiyle tespit edilmektedir. “Eğer-ise” kural formatı ise, kural kalıpları tanımlanırken yeterli olmaz. Bu nedenle, sistem kural kalıpları oluşturulurken “Eğer-ve-ise” kural formatı kullanılır (Parlaktuna ve diğ., 2005).

Sisteminin eğitilmesi sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Seramik yüzeyinden yeterli sayıda kusur örneği alınmalı, alınan bu kusur örneklerinin özellikleri çıkartılmalıdır.
- Kusur tiplerini birbirinden ayıran özellikler farklı kusur örneklerine göre belirlenmelidir.
- Her bir kusur özelliği kullanılarak oluşturulan bulanık kümelerin küme sınırlarının doğru tespit edilmesi gerekmektedir.

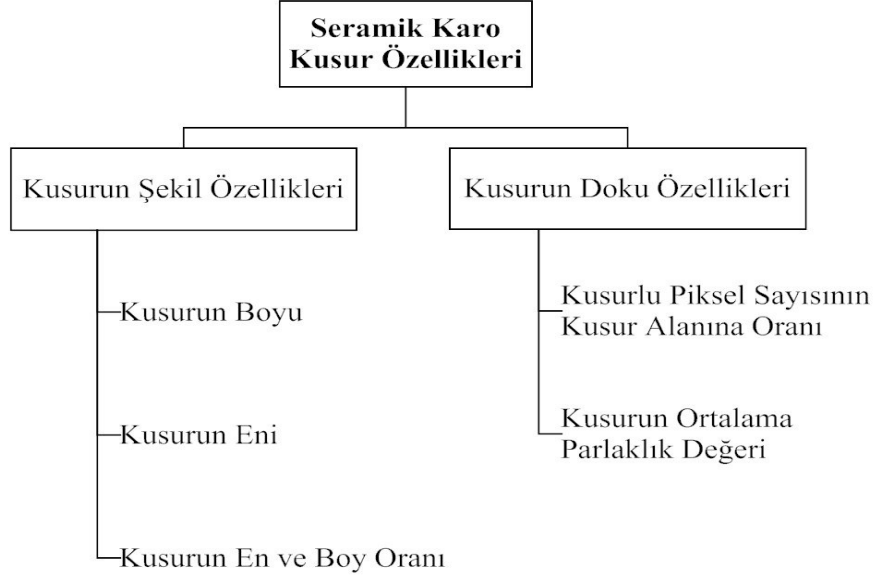
- Bulanık kümelere verilen tanımlayıcı etiketler, o kümeye özelleşmiş olmalı ve her bir küme sınır aralığını doğru biçimde temsil etmelidir.
- Kusur tiplerini ayırt edici bulanık kurallar belirlenirken, tüm kusurları doğru olarak ayıracak biçimde oluşturulmalıdır.
- Bulanık kurallar, kusur özellikleri ve bulanık kümelere verilen etiketler yardımıyla oluşturulur.
- Seramiğin sınıflandırılmasında, karar ağacının oluşturulması için belirlenen örneklerin dikkatli seçilmesi gerekir. Örnekler, ağacın yapısını ve ağacın yapısı da oluşturulacak kuralları belirler.

3.2.1.1. Kusur Karakteristik Özellikleri: Kusur tiplerinin tespit edilebilmesi için kusurlardan, kusurları tanımlayıcı bazı özelliklerin çıkartılması gerekmektedir. Bu özellikler gözlenen kusur tiplerini ayırt edebilecek düzeyde olmalıdır. Bunu yapabilmek için, çeşitli kusurların bulunduğu seramik karo örnekleri alınır.

Kusur özelliklerinin elde edilebilmesi için, ilk olarak seramik görüntüsünün elde edilmesi, sayısal ortama aktarılması gerekir (Şekil 3.1’de görüntü alınması aşaması). Görüntünün bilgisayar ortamına aktarılması çeşitli donanımlar (özel aydınlatma sistemleri, kameralar v.b) ile mümkündür. Bu donanımların doğru seçilmesi ve ayarlanması sistemden alınacak performansı etkiler. Görüntü, bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra, görüntüye çeşitli görüntü işleme teknikleri uygulanır (Şekil 3.1’de görüntü ön işleme ve görüntü işleme aşamaları). Ön işleme teknikleri ve bölümlenme teknikleri, uygulanan bu görüntü işleme teknikleri arasındadır.

Görüntü işleme teknikleri kullanılarak seramik karolardan farklı kusur türleri için kusurların özellikleri çıkartılır (Şekil 3.1’de görüntü işleme). Kusur özellikleri ayrıntılı olarak incelenerek, kusur tiplerinin ayırt edici özellik değerleri belirlenir. Bu incelemeler sırasında önemli olan kusur özelliklerinin aldığı değerlerin hangi kusur tipi içerisinde yer aldığı (kusur tipi sınırları) iyi belirlenmesidir. Bu sınırlar herbir kusur tipinin karakteristiğini belirtir.

Kusurlar ve kusur tipleri incelendiğinde kusurların şekil ve doku özelliklerinin, kusur tiplerini birbirinden ayırt edebilmek için yeterli olabileceği düşünülmüştür. Kullanılmak istenen şekil ve doku özellikleri Şekil 3.3'te gösterildiği gibidir.



Şekil 3.3. Seramik karo kusur özellikleri

Kusurun Şekil Özellikleri

Kusurun şekilsel yapısını temsil eden özelliklerdir. Kusurun boyutsal olarak büyüklüğünün, boyutlarının birbirine göre oranlarının saptanması için kullanılır.

Kusurun şekilsel özellikleri üçe ayrılır:

- a. **Kusurun Boyu:** Kusurun en üst tepe noktası ile en alt zemin noktası arasındaki farktır. Kusurun yüksekliği olarak da düşünülebilir. Kusurun boyutsal (boyunun büyüklüğü) olarak büyüklüğünün tespit edilmesini sağlar.
- b. **Kusurun Eni:** Kusurun başladığı en solda kalan kenarı ile bittiği en sağda kalan kenarı arasındaki uzaklıktır. Kusurun genişliği olarak da düşünülebilir. Kusur boyu gibi kusurun boyutsal durumu (genişliğinin miktarı) hakkında bilgi verir.
- c. **Kusurun Boy ve En Oranı:** Kusurun boyunun enine veya eninin boyuna bölünmesiyle hesaplanır. Kusurun boyut oranı da denilebilir.

Kusurun boyut oranı, kusurun eninin boyuna veya boyunun enine göre büyüklük miktarının tespit edilmesini sağlar.

Kusurların Doku Özellikleri

Kusurun dokusal olarak durumunu ve kusurun, kusur oranını (miktarını) temsil eden özelliklerdir.

Kusur doku özellikleri ikiye ayrılır:

- a. Kusurlu Piksel Sayısının Kusur Alanına Oranı:** Bölümleme ile alınan kusurun, kusurlu olduğu düşünülen piksellerinin (değerlerinin) toplam piksellere (kusurun boyu x eni) oranıdır. Kusurlu piksel sayısının tüm alana oranı da denilebilir. Bu oran, kusurun alınan segment sınırları içerisinde ne kadarlık alana yayıldığına tespit edilmesini sağlar.
- b. Kusurun Ortalama Parlaklık Değeri:** Kusurlu olan değerlerin (piksellerin) ortalamalarıdır. Kusurun grilik seviyesindeki parlaklık (yansıma) değerlerinin toplamının, kusurlu piksel sayısına bölünmesidir. Ortalama parlaklık değeri, kusurun grilik seviyesinde renk tonunu gösterir.

3.2.1.2. Kusur Şekil ve Doku Özelliklerinin Elde Edilmesi

Yapılan çalışmaya göre seramik kalite kontrol uzman sisteminde kusur şekil ve doku özellikleri aşağıdaki gibi elde edilir;

$$**Kusur Özellik Vektörü** = $KusurOzellik(i)$ $\rightarrow$$$

Kusurların tümünün özelliklerinin tutulduğu vektördür.

$$**Kusur Boyu** = $hBoy$ = $KusurOzellik.boy(i)$$$

$$**Kusur Eni** = hEn = $KusurOzellik.en(i)$$$

$$**Kusur Sayısı** = $KusurSayisi$ = $i$$$

$$**Kusur Boyut Oranı** = $hBORani$ = $\frac{Kusur\ Boyu}{Kusur\ Eni} = \frac{hBoy}{hEn} \rightarrow hBoy < hEn$$$

Kusur Alanı = $hAlan = Kusur Boyu \times Kusur Eni = hBoy \times hEn$

Kusur Uzunluğu = $hUzunluk = \sqrt{hBoy^2 + hEn^2} \rightarrow \text{Çizgi Kusuru}$

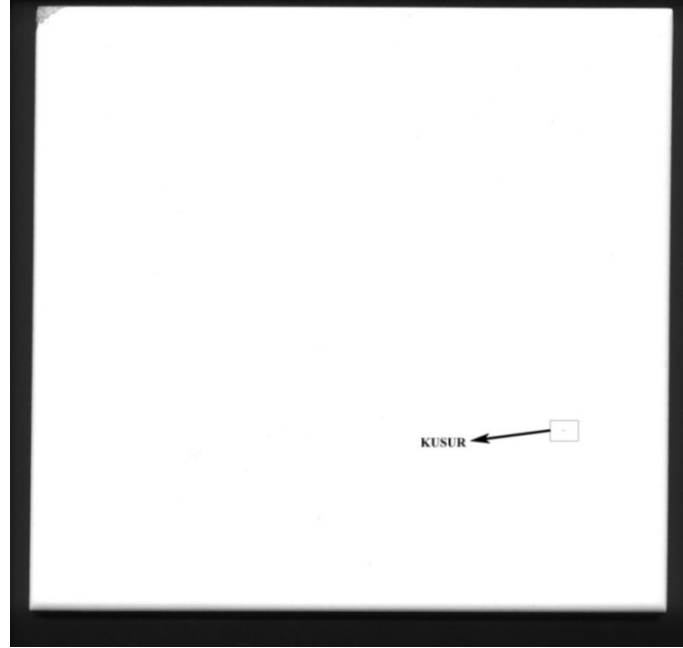
Kusur Oranı = $hOrani = \frac{Kusurlu\ Piksel\ Sayısı}{Kusur\ Alanı} = \frac{hPSsyisi}{hAlan} \rightarrow$

Çerçevelemiş kusurun, kusurlu piksellerinin sayısıdır.

Kusur Parlaklık Toplamı = $hPToplami = \sum_{k=1}^n KusurluPiksel(k) \rightarrow$
Kusurlu olan piksellerin parlaklık toplamıdır.

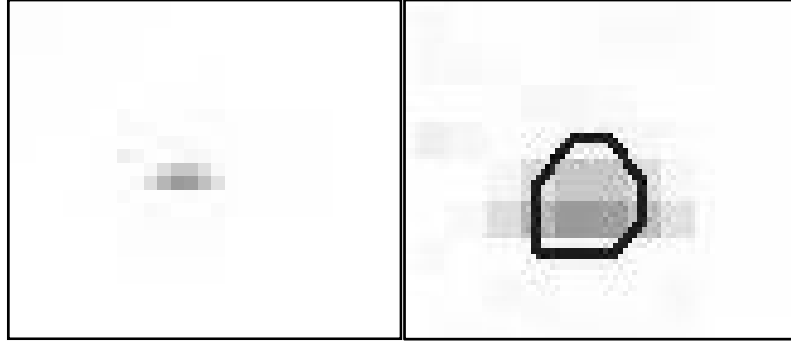
Kusur Parlaklık Ortalaması = $hPOrtalamasi = \frac{hPToplami}{hPSayisi}$

Aşağıda örnek olarak alınan beyaz renkli seramik karo üzerinde seçilen kusur incelenerek önişleme ve görüntü işleme ile çıkartılan şekil ve doku özellikleri belirtilmiştir:



Şekil 3.4. Grilik seviyesinde alınmış örnek seramik karo

Şekil 3.5'te, Şekil 3.4'teki kusur görüntüsünün yakınlaştırılmış biçimi verilmiştir. Kusur özellikleri verilen bu kusur görüntüsü üzerinden gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Kusurun görüntüsü (grilik seviyesinde pikseller)

Tablo 3.1. Kusurun parlaklık matrisi

0	253	249	0
224	203	203	227
185	158	162	196
255	255	255	0

Örnek Kusurun Şekil Özellikleri:

$$\text{Kusur Boyu (hBoy)} = 4$$

$$\text{Kusur Eni (hEn)} = 4$$

$$\text{Kusur Boyut Oranı (hBORanı)} = 4 / 4 = 1$$

Örnek Kusurun Doku Özellikleri:

$$\text{Kusur Oranı (hOranı)} = 0,8125$$

$$\text{Parlaklık Ortalaması (hPortalaması)} = 176,563$$

3.2.1.3. Bulanık Kümelerin Oluşturulması

Sistemin eğitimi sırasında kusur özellik değerlerine göre bulanık kümeler oluşturulur. Bu bulanık kümeler, kusur türlerinin tespit edilebilmesi için gerekli olan bulanık kuralların tanımlanmasında kolaylık sağlar.

Bulanık kümeler, kusur özelliklerinin alabileceği değer aralıklarına göre oluşturulmaktadır. Tespit edilen değer aralıkları, özelliğin türüne ve aldığı değerlere göre özel olarak isimlendirilir. Bu isimler bulanık mantığa ait özelleşmiş bir dilin

oluşmasını sağlar. Böylece bulanık kurallarının oluşturulması bu özel dil ile kolaylaşır.

Özelleşmiş bu dil günlük hayatta kullandığımız kelimelerden oluşabilir. Bu özelleşmiş kelimelerin kullanılması özelliklerin daha kolay anlaşılmasına ve kuralların daha rahat tanımlanmasına yardımcı olur.

Özelleşmiş dil, bulanık sistemin karmaşıklığını azaltmaktadır. Dildeki kelimeler günlük hayatta kullanılan kelimelerden seçilir. Bu sayede bulanık mantık ile oluşturulan uzman sistem daha anlaşılır, açık ve sade bir duruma gelir.

Kusur özellikleri ve özelliklerin isimlendirilmesi için kullanılan kelimeler Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Kusurun şekil özellikleri için belirlenen etiketler

Kusur Boyu (hBoy)	Kusur Eni (hEn)	Boyut Oranı (hBORanı)
Küçük	Küçük	Yakın
Büyük	Büyük	Uzak

Tablo 3.3. Kusurun doku özellikleri için belirlenen etiketler

Kusur Oranı (hOranı)	Kusur Parlaklık Ortalaması (hPORTalaması)
Yakın	Koyu
Uzak	Açık

Bulanık Kümelere verilen etiketlerin açıklamaları aşağıdaki gibidir;

Küçük: Seramik karo yüzeyindeki kusurun boyunun veya eninin küçük olduğunu belirtmektedir. Belirli bir sınır altındaki değerler küçük olarak kabul edilebilir (örneğin; 4,5 piksel).

Büyük: Kusurun boyunun veya eninin büyük olduğunu belirtmektedir. Belirli sınırın üstünde olan değerler büyük olarak kabul edilebilir (örneğin; 10 piksel) .

Yakın: Özelliğin 1 değerine olan durumunu ifade etmektedir. Özellik değeri 1'e yakınsa (örneğin; 0,6) bu etiket ile isimlendirilir.

Uzak: Özelliğin 1 değerine olan durumunu ifade etmektedir. Özellik değeri 1'den uzaktaysa (örneğin; 0,4) bu etiket ile isimlendirilir.

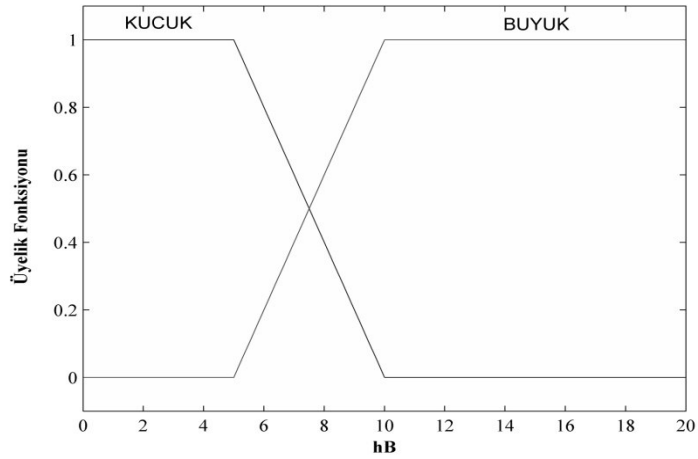
Koyu: Kusur yüzeyinin parlaklık ortalamasının grilik seviyesine göre düşük değerlerde (grilik seviyesinde 0 değerine yakın) olmasıdır. Belirlenen bir sınırın altındaki değerler koyu olarak kabul edilebilir (örneğin; 130).

Açık: Parlaklık ortalamasının grilik seviyesine göre yüksek değerlerde (grilik seviyesinde 255 değerine yakın) olmasıdır. Belirlenen bir sınır üzerindeki değerler açık olarak kabul edilebilir (örneğin; 190).

Kusur şekil ve doku özelliklerinin aldığı / alabileceği değerlere göre bulanık kümeler tasarlanmıştır. Bu kümelerin tasarlanmasında kullanılan sınır değerleri, Çanakkale seramik fabrikasından alınan bilgiler doğrultusunda belirlenmiştir.

Kusur Boy Bulanık Kümesi

Seramik yüzey kusurlarının türlerinin tespit edilmesi için kusur boyunun iki kümeden oluşması yeterli olmaktadır. Bu kümeler Tablo 3.2'de verildiği gibi küçük ve büyük olarak isimlendirilir. Şekil 3.6'da boy bulanık kümesi gösterilmiştir. Kusur boyu değerleri piksel cinsinden belirlenmiştir. "KUCUK" üyelik fonksiyonuna göre 4,5 piksel sınırının altındaki değerler kesin küçük, 4,5 ile 10 piksel arasındaki değerler ise; üyelik fonksiyonu ile belirlenen kademelerde küçük kabul edilir. "BUYUK" üyelik fonksiyonuna göre 10 piksel sınırının üstündeki değerler kesin büyük ve 4,5 ile 10 piksel arasındakiler üyelik fonksiyonu ile belirlenen kademelerde büyük kabul edilir.



Şekil 3.6. Boy bulanık kümesi

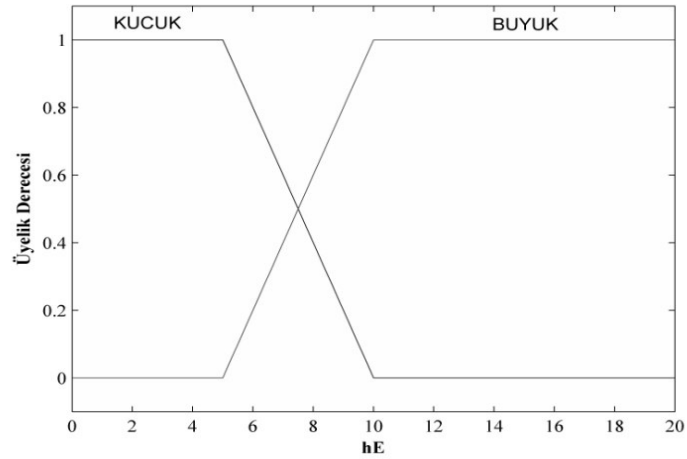
Buna göre;

$$h_{B_{BUYUK}} = f_{BUYUK}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 4,5 \\ \frac{(4,5 - x)}{(4,5 - 10)}, & x \rightarrow 4,5 < x < 10 \\ 1, & x \geq 10 \end{cases}$$

$$h_{B_{KUCUK}} = f_{KUCUK}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 4,5 \\ \frac{(10 - x)}{(10 - 4,5)}, & x \rightarrow 4,5 < x < 10 \\ 0, & x \geq 10 \end{cases}$$

Kusur En Bulanık Kümesi

Kusur eni de aynı kusur boyu gibi iki kümeye ayrılabilir. Kusur enine ait kümeler yine bir sınır değerleri ile belirlenir. Fakat bu sınır değerleri kesin bir ayırım değildir, bu sınırlar arasındaki değerler üyelik fonksiyonu ile belirlenir. Kusur boyundaki sınır değerlerinin aynıları kusur eni için de geçerlidir. Şekil 3.7'de kusur eni bulanık kümesi gösterilmektedir.



Şekil 3.7. En bulanık kümesi

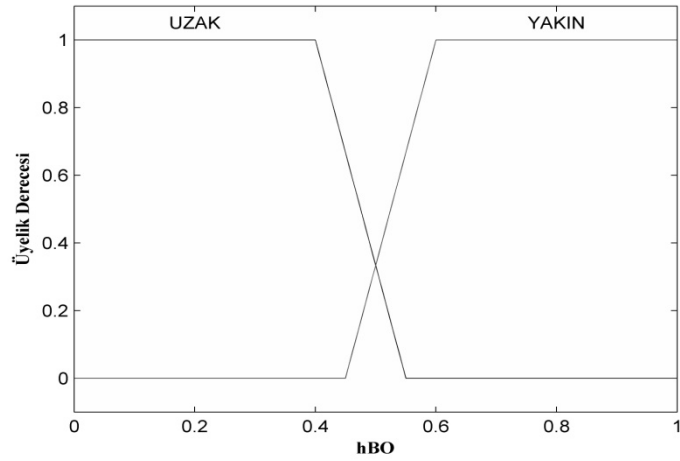
Buna göre;

$$hE_{BUYUK} = f_{BUYUK}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 4,5 \\ \frac{(4,5 - x)}{(4,5 - 10)}, & x \rightarrow 4,5 < x < 10 \\ 1, & x \geq 10 \end{cases}$$

$$hE_{KUCUK} = f_{KUCUK}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 4,5 \\ \frac{(10 - x)}{(10 - 4,5)}, & x \rightarrow 4,5 < x < 10 \\ 0, & x \geq 10 \end{cases}$$

Boyut Oranı Bulanık Kümesi

Boyut oranı 1 değerine yakınlığına - uzaklığına göre iki kümeye ayrılmaktadır. Bu iki küme arasındaki orta sınır 0,5 olarak belirlenebilir. Bu nedenle 0,45 oran değerinin yukarısı “YAKIN” ‘a giderken, 0,55 değerinin altındaki değerler de “UZAK”a doğru gitmektedir. Şekil 3.8’de boyut oranı bulanık kümesi gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Boyut oranı bulanık kümesi

Buna göre;

$$hBO_{YAKIN} = f_{YAKIN}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,45 \\ \frac{(0,45 - x)}{(0,45 - 0,6)}, & x \rightarrow 0,45 < x < 0,6 \\ 1, & x \geq 0,6 \end{cases}$$

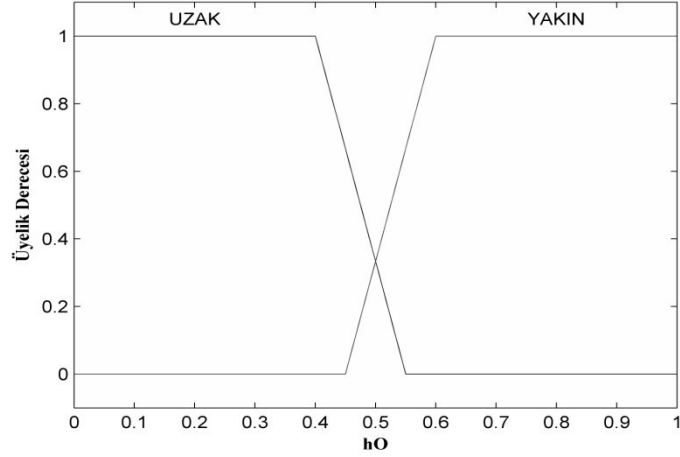
$$hBO_{UZAK} = f_{UZAK}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 0,4 \\ \frac{(0,55 - x)}{(0,55 - 0,4)}, & x \rightarrow 0,4 < x < 0,55 \\ 0, & x \geq 0,55 \end{cases}$$

Boyut oranının, 0–1 değerleri arasında olması işlemler açısından kolaylık sağlar, bunun için her zaman pay değerinin payda değerinden küçük olması gerekir. Aşağıdaki kural, küme oluşturulmadan önce uygulanarak boyut oranının 0-1 aralığında kalması sağlanır:

$$Eğer \ hBoy \leq \ hEn \ ise; \ hBoyOrani = \frac{hBoy}{hEn} \ değilse; \ \frac{hEn}{hBoy}$$

Kusur Oranı Bulanık Kümesi

Kusur oranının aldığı değerler de boyut oranının aldığı değerlere benzemektedir (0–1 değer aralığındadır). Şekil 3.9'da kusur oranı bulanık kümesi gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Kusur oranı bulanık kümesi

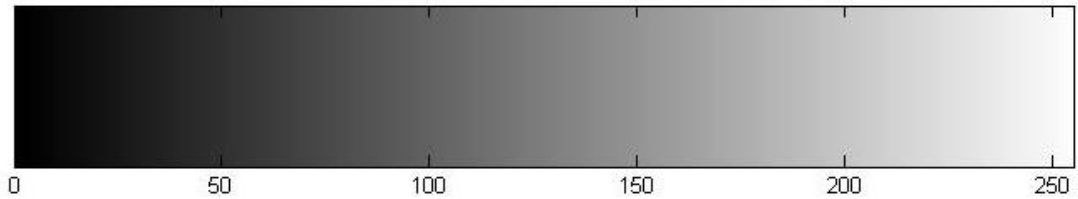
Buna göre;

$$hO_{YAKIN} = f_{YAKIN}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,45 \\ \frac{(0,45 - x)}{(0,45 - 0,6)}, & x \rightarrow 0,45 < x < 0,6 \\ 1, & x \geq 0,6 \end{cases}$$

$$hO_{UZAK} = f_{UZAK}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 0,4 \\ \frac{(0,55 - x)}{(0,55 - 0,4)}, & x \rightarrow 0,4 < x < 0,55 \\ 0, & x \geq 0,55 \end{cases}$$

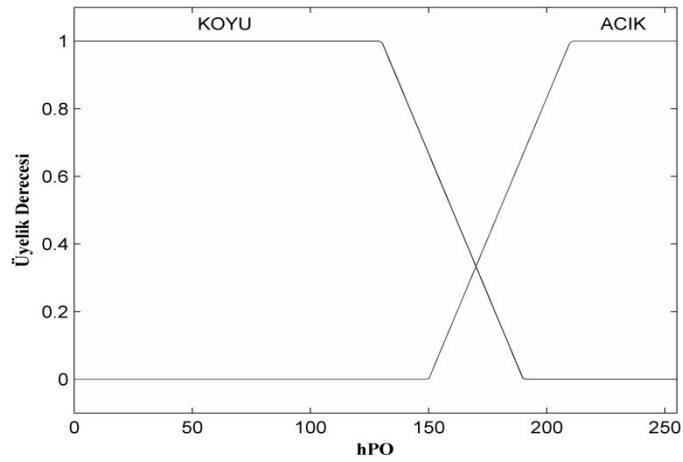
Kusur Parlaklık Ortalaması Özellik Kümesi (Grubu)

Parlaklık ortalaması grilik seviyesinde 0–255 arasında değerler almaktadır..



Şekil 3.10. Grilik seviyesinde yansıma değerleri

Grilik seviyesinde parlaklık değeri, kusur tipleri incelendiğinde koyu ve açık olmak üzere iki kümeye ayrılabilir. “KOYU” üyelik fonksiyonuna göre 130 grilik seviyesinin altındaki değerler kesin koyudur (1), 130 ile 190 arasındaki değerler de kademeli olarak koyuya gitmektedir. “ACIK” üyelik fonksiyonuna göre 210 grilik seviyesinin üstündeki değerler kesin açıktır (1), 150 ile 210 arasındaki değerler ise kademeli olarak açığa gitmektedir. Şekil 3.11’de parlaklık ortalaması bulanık kümesi gösterilmektedir.



Şekil 3.11. Parlaklık ortalaması bulanık kümesi

Buna göre;

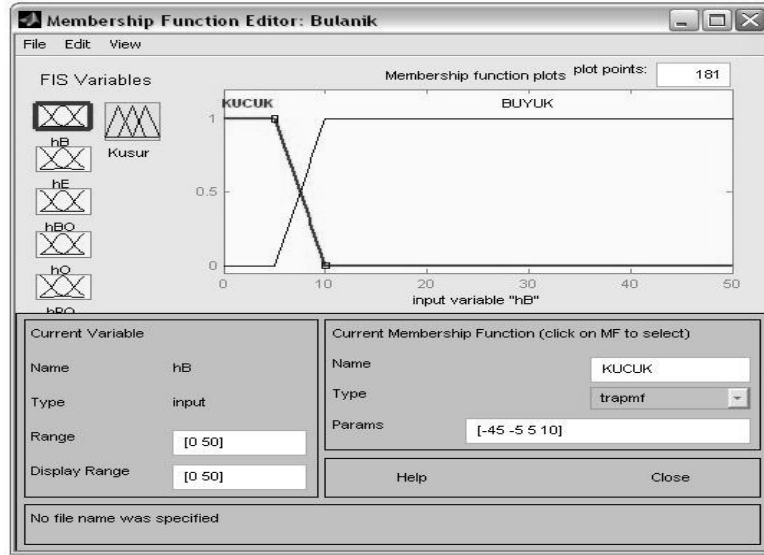
$$hPO_{ACIK} = f_{ACIK}(x) = \begin{cases} 0, x \leq 150 \\ \frac{(150 - x)}{(150 - 210)}, x \rightarrow 150 < x < 210 \\ 1, x \geq 210 \end{cases}$$

$$hPO_{KOYU} = f_{KOYU}(x) = \begin{cases} 1, x \leq 130 \\ \frac{(190 - x)}{(190 - 130)}, x \rightarrow 130 < x < 190 \\ 0, x \geq 190 \end{cases}$$

Grilik seviyesinde parlaklık ortalamasının koyu-açık bulanık kümeleri, Şekil 3.10’da gösterilen grilik seviyesindeki parlaklık değerleri incelenerek belirlenmiştir.

Tasarlanan bulanık kümeler, MATLAB 7.0'ın bulanık mantık araç kiti kullanılarak oluşturulmuştur. MATLAB'ın bu araç kiti bulanık kümelerin oluşturulması, bu bulanık kümeler yardımıyla bulanık kuralların oluşturulması ve test edilmesi işlevlerini gerçekleştirebilmektedir.

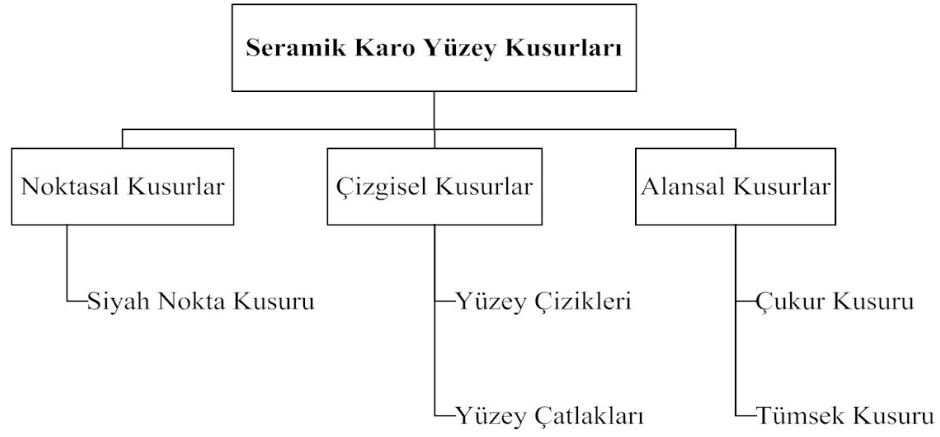
Şekil 3.12'de bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının oluşturulduğu arabirim verilmiştir. Bu arabirim sayesinde oluşturulan bulanık kümeler isimlendirilmiş ve üyelik fonksiyonlarına etiketler verilmiştir (örneğin; hB bulanık kümesinin etiketleri Şekil 3.12'de görüldüğü gibi "KUCUK" ve "BUYUK"tür). Ayrıca seramik karo yüzeyinde oluşabilecek kusurlar da bu arabirim de sisteme tanıtılmıştır.



Şekil 3.12. MATLAB 7.0 bulanık mantık araç kiti

3.2.1.4. Seramik Karo Yüzey Kusurları

Üretim aşamasında seramik yüzeylerinde çeşitli nedenlerden dolayı kusurlar oluşabilir. Bu kusurlar incelendiğinde 3 genel grupta toplanabilir. Belirlenen bu gruplar Şekil 3.13'de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.13. Seramik karo yüzey kusurları

Noktasal Kusurlar

Bu tip yüzey kusurları çok küçük boyutlara sahiptir (en ve boy değerleri küçüktür). Yüzeyde gözle zor seçilirler. Boyut oranı ve kusur oranı 1'e yakın değerler alır. Noktasal kusurlarda bir bakıma alansal kusurlardır fakat boyutları küçüktür. Parlaklık ortalamaları siyah parlaklık değerine yakındır yani koyu parlaklık değerine sahiptir. Örneğin; siyah nokta kusuru bu tip kusurlardandır.

Çizgisel Kusurlar

Seramik yüzeylerinde küçük ve büyük boyutlarda olabilirler ama sadece büyük olanlar göze çizgi olarak gözüktür. Çizgisel kusurların boyut oranları ve kusur oranları 1'den uzaktır (0'a yakındır). Parlaklık değerleri genelde yüzey çizikleri için koyu, yüzey çatlakları için de açık değerlerdir.

Alansal Kusurlar

Büyük boyutlu kusurlardır. Boyut oranları ve kusur oranları 1'e yakın değerler almaktadır. Boyut oranı ve kusur oranı 1'e yaklaştıkça kusur tipi, alansal kusur tipine doğru kayar. Aynı şekilde 1'den uzaklaştıkça kusur tipi, çizgisel kusur tipine doğru kaymaktadır. Parlaklık ortalaması değerleri eğer koyu değerler ise gölgelenmeden dolayı çukur kusuru, açık değerler ise tümsek kusuruna girmektedir.

3.2.1.5. Uzman Sistem Kusur Tespit Kuralları

Kusur tiplerinin tespit edilebilmesi için kusur özelliklerine ve tanımlanan özellik gruplarına göre kusur tespit kurallarının sisteme tanıtılması gerekmektedir. Bu kurallar, uzman sisteme verilen kusur özelliklerinin incelenip kusurun, seramik yüzey kusurlarından hangisi olduğunun tespit edilmesi için kullanılmaktadır. Bu kurallar “EĞER-VE-İSE” kural kalıbı ile oluşturulmuştur.

NOKTA KUSURU İÇİN KURALLAR;

EĞER	(hB=KÜÇÜK)	ve
	(hE=KÜÇÜK)	ve
	(hBO=YAKIN)	ve
	(hO=YAKIN)	ve
	(hPO=KOYU)	
İSE	Kusur=NOKTA	(1)

EĞER	(hB=KÜÇÜK)	ve
	(hE=KÜÇÜK)	ve
	(hBO=YAKIN)	ve
	(hO=YAKIN)	ve
	(hPO=AÇIK)	
İSE	Kusur=NOKTA	(2)

EĞER	(hB=KÜÇÜK)	ve
	(hE=KÜÇÜK)	ve
	(hBO=UZAK)	ve
	(hO=UZAK)	ve
	(hPO=AÇIK)	
İSE	Kusur=NOKTA	(3)

EĞER	(hB=KÜÇÜK)	ve
	(hE=KÜÇÜK)	ve
	(hBO=UZAK)	ve
	(hO=UZAK)	ve
	(hPO=KOYU)	
İSE	Kusur=NOKTA	(4)

EĞER (hB=KÜÇÜK) ve
(hE=KÜÇÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=YAKIN) ve
(hPO=AÇIK)
İSE Kusur=NOKTA (5)

EĞER (hB=KÜÇÜK) ve
(hE=KÜÇÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=YAKIN) ve
(hPO=KOYU)
İSE Kusur=NOKTA (6)

EĞER (hB=KÜÇÜK) ve
(hE=KÜÇÜK) ve
(hBO=YAKIN) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=AÇIK)
İSE Kusur=NOKTA (7)

EĞER (hB=KÜÇÜK) ve
(hE=KÜÇÜK) ve
(hBO=YAKIN) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=KOYU)
İSE Kusur=NOKTA (8)

ÇİZGİ KUSURU İÇİN KURALLAR;

EĞER (hB=BÜYÜK) ve
(hE=BÜYÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=KOYU)
İSE Kusur=ÇİZGİ (9)

EĞER (hB=BÜYÜK) ve
(hE=BÜYÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=YAKIN) ve
(hPO=KOYU)
İSE Kusur=ÇİZGİ (10)

EĞER (hB=BÜYÜK) ve
(hE=BÜYÜK) ve
(hBO=YAKIN) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=KOYU)
İSE Kusur=ÇİZGİ (11)

EĞER (hB=KÜÇÜK) ve
(hE=BÜYÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=KOYU)
İSE Kusur=ÇİZGİ (12)

EĞER (hB=KÜÇÜK) ve
(hE=BÜYÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=YAKIN) ve
(hPO=KOYU)
İSE Kusur=ÇİZGİ (13)

EĞER (hB=KÜÇÜK) ve
(hE=BÜYÜK) ve
(hBO=YAKIN) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=KOYU)
İSE Kusur=ÇİZGİ (14)

EĞER (hB=BÜYÜK) ve
(hE=KÜÇÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=KOYU)
İSE Kusur=ÇİZGİ (15)

EĞER (hB=BÜYÜK) ve
(hE=KÜÇÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=YAKIN) ve
(hPO=KOYU)
İSE Kusur=ÇİZGİ (16)

EĞER (hB=BÜYÜK) ve
(hE=BÜYÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=AÇIK)
İSE Kusur=ÇİZGİ (17)

EĞER (hB=BÜYÜK) ve
(hE=BÜYÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=YAKIN) ve
(hPO=AÇIK)
İSE Kusur=ÇİZGİ (18)

EĞER (hB=BÜYÜK) ve
(hE=KÜÇÜK) ve
(hBO=YAKIN) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=AÇIK)
İSE Kusur=ÇİZGİ (19)

EĞER (hB=KÜÇÜK) ve
(hE=BÜYÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=AÇIK)
İSE Kusur=ÇİZGİ (20)

EĞER (hB=KÜÇÜK) ve
(hE=BÜYÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=YAKIN) ve
(hPO=AÇIK)
İSE Kusur=ÇİZGİ (21)

EĞER (hB=KÜÇÜK) ve
(hE=BÜYÜK) ve
(hBO=YAKIN) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=AÇIK)
İSE Kusur=ÇİZGİ (22)

EĞER (hB=BÜYÜK) ve
(hE=KÜÇÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=UZAK) ve
(hPO=AÇIK)
İSE Kusur=ÇİZGİ (23)

EĞER (hB=BÜYÜK) ve
(hE=KÜÇÜK) ve
(hBO=UZAK) ve
(hO=YAKIN) ve
(hPO=AÇIK)
İSE Kusur=ÇİZGİ (24)

EĞER	(hB=BÜYÜK)	ve
	(hE=KÜÇÜK)	ve
	(hBO=YAKIN)	ve
	(hO=UZAK)	ve
	(hPO=KOYU)	
İSE	Kusur=ÇİZGİ	(25)

EĞER	(hB=BÜYÜK)	ve
	(hE=KÜÇÜK)	ve
	(hBO=YAKIN)	ve
	(hO=UZAK)	ve
	(hPO=AÇIK)	
İSE	Kusur=ÇİZGİ	(26)

ÇUKUR KUSURU İÇİN KURALLAR;

EĞER	(hB=BÜYÜK)	ve
	(hE=BÜYÜK)	ve
	(hBO=YAKIN)	ve
	(hO=YAKIN)	ve
	(hPO=KOYU)	
İSE	Kusur=ÇUKUR	(27)

EĞER	(hB=BÜYÜK)	ve
	(hE=KÜÇÜK)	ve
	(hBO=YAKIN)	ve
	(hO=YAKIN)	ve
	(hPO=KOYU)	
İSE	Kusur=ÇUKUR	(28)

EĞER	(hB=KÜÇÜK)	ve
	(hE=BÜYÜK)	ve
	(hBO=YAKIN)	ve
	(hO=YAKIN)	ve
	(hPO=KOYU)	
İSE	Kusur=ÇUKUR	(29)

TÜMSEK KUSURU İÇİN KURALLAR;

EĞER (hB=BÜYÜK) **ve**
(hE=BÜYÜK) **ve**
(hBO=YAKIN) **ve**
(hO=YAKIN) **ve**
(hPO=AÇIK)

İSE
Kusur=TÜMSEK **(30)**

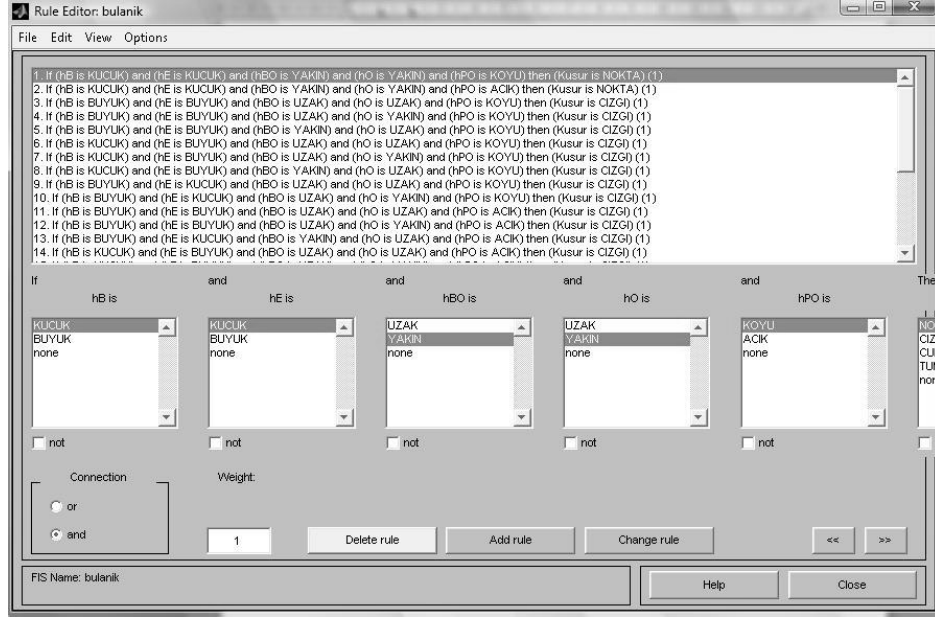
EĞER (hB=BÜYÜK) **ve**
(hE=KÜÇÜK) **ve**
(hBO=YAKIN) **ve**
(hO=YAKIN) **ve**
(hPO=AÇIK)

İSE
Kusur=TÜMSEK **(31)**

EĞER (hB=KÜÇÜK) **ve**
(hE=BÜYÜK) **ve**
(hBO=YAKIN) **ve**
(hO=YAKIN) **ve**
(hPO=AÇIK)

İSE
Kusur=TÜMSEK **(32)**

Kusur tiplerinin tespitinde; nokta için 8, çizgi için 18, çukur için 3 ve tümsek için 3 olmak üzere toplamda 32 tane kural kalıbı tasarlanmıştır. Tasarlanan bu kural kalıpları MATLAB 7.0 bulanık mantık araç kitinin kural düzenleyicisi kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. MATLAB 7.0 bulanık mantık araç kiti kural editörü

3.2.1.6. Seramik Karoların Sınıflandırılması

Seramik karoların sınıflandırılması, seramik karo yüzeyindeki kusurlara göre seramik karonun kalite sınıfının belirlenmesidir. Herhangi bir seramiğin kalite sınıfı, seramik yüzeyinde tespit edilen kusurlara, bu kusurların tiplerine ve kusurların çeşitli özelliklerine göre bulunur.

Seramik karoların sınıflandırılması için, fabrika ortamındaki verilere bakılarak üç seramik sınıfı oluşturulmuştur. Bu sınıflar aşağıdaki gibidir:

- Birinci Sınıf Seramik
- İkinci Sınıf Seramik
- Iskarta – Defolu Seramik

Birinci Sınıf Seramik: Kusurlardan arınmış veya çok az miktarda kusur bulunan seramiktir. Üretilen en üst kalitedeki ürün de diyebiliriz. Standartlara göre hiçbir kusur türünü bulundurmaması gerekir fakat fabrikanın isteği doğrultusunda bazı kusurlar göz ardı edilebilir.

İkinci Sınıf Seramik: Seramik yüzeyinde bazı kusurlar mevcuttur fakat bu kusurlar rahatsız edici düzeyde değildir.

İskarta–Defolu Seramik: Yüzeyindeki kusurlar ürünün satışa çıkarılmasına elverişsiz düzeyde ve rahatsız edici ise ıskarta olarak atanır. İskarta olarak belirlenen seramikler geri dönüşüme gönderilerek ham madde olarak yeniden üretime katılır (geri dönüşüm işlemi seramiklerin parçalanmasıdır).

Tablo 3.4’te Ercan Seramik’ten alınmış seramik duvar karolarının sınıf aralıkları belirtilmektedir. Çalışmada oluşturulan seramik kalite kontrol sisteminde seramik karoların sınıflandırılması için bu tablo kullanılmıştır.

Tablo 3.4. Duvar karoları yüzey kusurları tasnif çizelgesi (Çağlar, 1999)

		TS EN 159	TS 202	ISKARTA
		BİRİNCİ SINIF	İKİNCİ SINIF	(DEFOLU)
ÇİZGİ KUSURU	KÜTLE ÇATLAĞI	BULUNMAZ	BULUNMAZ	Max 5mm
	SIR ÇATLAĞI	BULUNMAZ	BULUNMAZ	Max 5mm
	KENARVE KÖŞELERDE KOPMUŞ KISIMLAR	BULUNMAZ	BULUNMAZ	Max 0,8cm ²
ÇUKUR KUSURU	SIRSIZ KALMIŞ KISIM	BULUNMAZ	Herbiri 0,02 cm ² 'yi geçmemek üzere toplamı yüzeyin	Max 1cm ²
TÜMSEK KUSURU	SIRA YAPIŞMIŞ TANE VE KABARCIKLAR	BULUNMAZ	%0,05'ini aşmamalıdır.	Max 0,5cm ²
NOKTA KUSURU	LEKELER	BULUNMAZ	Toplamı yüzeyin %0,05'ini aşmamalıdır.	Max 0,8cm ²
ÇUKUR KUSURU	ÇÖKME	BULUNMAZ	BULUNMAZ	Max 0,8cm ²
	DESEN HATASI	BULUNMAZ	BULUNMAZ	Max 2cm ²
	RENK TON FARKLILIĞI	BULUNMAZ	BULUNMAZ	BULUNMAZ

Tablo 3.4’teki değerleri sistemde tutabilmek için oluşturulan veritabanındaki tablolar Şekil 3.15 (a), (b), (c) ve (d)’ de gösterildiği gibidir;

Şekil 3.15 (a)’da **Nok_TASinir** değeri, seramik karonun 2. sınıf ve ıskarta sınıflarını belirlemek için kullanılmaktadır.

Şekil 3.15 (b)'de **Ciz_MUSinir** değeri, seramik karonun 2. sınıf ve ıskarta sınıflarını belirlemek için kullanılmaktadır. Tablo 3.4'e göre 2.sınıf karoda çizgi kusuru bulunmadığı için 0 değeri kullanılmıştır fakat, isteğe göre değiştirilebilir.

Şekil 3.15 (c)'de **Tum_MASinir** değeri, tümsek kusurunun 2.sınıf için maksimum alabileceği alan sinir değeridir. **Tum_TASinir** ise, kusurun alanının toplam alabileceği sınır değeridir.

Şekil 3.15 (d)'de **Cuk_MASinir** değeri, aynı tümsek kusurunda olduğu gibi çukur kusurunun 2.sınıf için maksimum alabileceği alan sinir değeridir. **Cuk_TASinir** ise, kusurun alanının toplam alabileceği sınır değeridir.



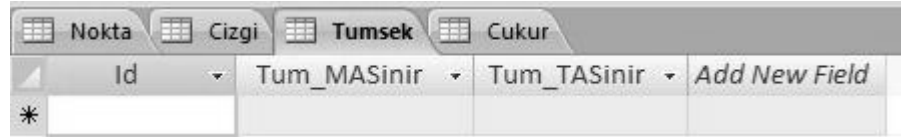
Id	Nok_TASinir	Add New Field
*		

Şekil 3.15 (a). Nokta tablosu



Id	Ciz_MUSinir	Add New Field
*		

Şekil 3.15 (b). Çizgi tablosu



Id	Tum_MASinir	Tum_TASinir	Add New Field
*			

Şekil 3.15 (c). Tümsek tablosu



Id	Cuk_MASinir	Cuk_TASinir	Add New Field
*			

Şekil 3.15 (d). Çukur tablosu

Çalışmada bu sınır değerleri Tablo 3.4'teki standartlara göre belirlenmiştir fakat, isteğe bağlı olarak değiştirilebilir. Veritabanı kullanılmasının amacı da budur.

Seramik Karoların Karar Ağacı Kullanılarak Sınıflandırılması

Seramik karoların sınıflandırılmasında karar ağacı yapısı kullanılabilir. Sınıflandırma işleminde karar ağacının seçilmesindeki neden, kural yapılarının oluşturulmasına izin vermesi ve az sayıda örnekle başarıya ulaşabilmesidir. Karar ağacının amacı, örneklere dayanarak kural yapısında kontrol edilecek değerlerin, özelliklerin önceliğini belirlemektir, yani daha iyi ve çabuk karara varmak için hangi özelliğin seçileceğini bulmaktır.

Seramik karoların sınıflandırılması için kesin sınırlar bellidir (Tablo 3.4). Karar ağaçları da kesin sınırlar ile ayrılabilen problemlerde kullanımı ve oluşturulması kolay bir yöntemdir. Bu nedenle, bulanık mantık ve yapay sinir ağları gibi daha karmaşık, oluşturulması zaman ve emek harcayan yöntemlerin kullanılmasına gerek yoktur.

Karar ağacı öğrenmeyi örneklere bakarak gerçekleştirir. Örnek değerler sadece 2.sınıf ve ıskarta olarak alınmıştır bunun nedeni; Tablo 3.4'e göre 1.sınıf seramik karoda hiçbir kusur bulunmamaktadır.

Seramik kalite kontrol sisteminde karar ağacını oluşturmak için excel ile hazırlanan örnekler kullanılmıştır. Bu örnekler Tablo 3.5'te gösterildiği gibidir.

Tablo 3.5. Karar ağacı örnek verileri

Sınıf	Nok_TA	Ciz_Uz	Tum_MA	Tum_TA	Cuk_MA	Cuk_TA
2	0	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	0	0
Iskarta	0	0	>0.02	0<..<=0.05	0	0
Iskarta	0	0	>0.02	>0.05	0	0
2	0	0	0	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05
2	0	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	0<..<=0.02	0<..<=0.05
Iskarta	0	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	>0.02	0<..<=0.05
Iskarta	0	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	0<..<=0.02	>0.05
Iskarta	0	>0	0	0	0	0
Iskarta	0	>0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	0<..<=0.02	0<..<=0.05
2	0<..<=0.05	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	0	0
2	0<..<=0.05	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	0<..<=0.02	0<..<=0.05
Iskarta	>0.05	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	0<..<=0.02	0<..<=0.05
2	0<..<=0.05	0	0	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05
Iskarta	0<..<=0.05	>0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	0	0
Iskarta	>0.05	0	0	0	0	0
Iskarta	>0.05	0	0	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05
2	0<..<=0.05	0	0	0	0	0
Iskarta	0<..<=0.05	0	>0.02	0<..<=0.05	0<..<=0.02	0<..<=0.05
Iskarta	0	0	0<..<=0.02	>0.05	0<..<=0.02	0<..<=0.05
Iskarta	0<..<=0.05	0	0	0	>0.02	0<..<=0.05
Iskarta	0<..<=0.05	0	0	0	0<..<=0.02	>0.05
Iskarta	0<..<=0.05	>0	0	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05
Iskarta	0<..<=0.05	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	0<..<=0.02	>0.05
Iskarta	0<..<=0.05	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	>0.02	0<..<=0.05
Iskarta	0<..<=0.05	0	0<..<=0.02	>0.05	0	0
Iskarta	0	0	>0.02	0<..<=0.05	0<..<=0.02	0<..<=0.05
Iskarta	0	>0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	0	0
Iskarta	0	0	0	0	0<..<=0.02	>0.05
Iskarta	0<..<=0.05	>0	0	0	0	0
Iskarta	>0.05	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05	0	0
Iskarta	0	0	0	0	>0.02	0<..<=0.05
Iskarta	0	>0	0	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05
Iskarta	0<..<=0.05	0	>0.02	0<..<=0.05	0	0
2	0<..<=0.05	0	0	0	0<..<=0.02	0<..<=0.05

Tablo 3.5'te seramik karo sınıflarının 2.sınıf ve ıskartaya göre alabilecekleri değer aralıkları verilmiştir. Bu değer aralıkları, seramik karo sınıflarını belirleyen standartlara göre kusur özelliklerinin alabilecekleri değerler göz önünde tutularak hazırlanmıştır. Örnekler belirlenirken, karar ağacının anlık durumu incelenmiş ve doğru sonuçlara ulaşılabilmek için gerekli yeni örnekler sisteme tanıtılmıştır. Ayrıca

karar ağaçları, örneklerin değerleri dışında alabilecekleri aralıkların sisteme verilmesine de imkân sağlamaktadır (Tablo 3.5).

Örnekler tablosunda;

Nok_TA: Seramik karo yüzeyindeki nokta kusurlarının toplam alanıdır.

Ciz_UZ: Seramik karo yüzeyinde tespit edilen çizgi kusurlarının maksimum uzunluğudur.

TUM_MA: Seramik karo yüzeyinde tespit edilen tümsek kusurlarının maksimum alan değeridir.

TUM_TA: Seramik karo yüzeyindeki tümsek kusurlarının toplam alanıdır.

Cuk_MA: Tespit edilen çukur kusurlarının maksimum alanıdır.

Cuk_TA: Çukur kusurlarının toplam alanıdır.

Tablo 3.5'teki belirlenen örnekler kullanılarak karar ağacı, karar ağacı algoritmasına göre aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır (Han ve Kamber, 2000);

► **Not:** İkinci sınıf seramikler pozitif örnekler, ıskarta seramikler negatif örnekler olarak düşünülmüştür.

Nokta Toplam Alanı (Nok_TA) için,

- Nok_TA="0" eşitliğini sağlayan;

Pozitif (2.Sınıf) = 3, Negatif (Iskarta) = 12 örnek mevcuttur.

$$I("2.Sınıf", "0") = -\frac{3}{15} \log_2 \frac{3}{15} - \frac{12}{15} \log_2 \frac{12}{15} = 0,7219 \text{ bulunur.}$$

- Nokta_TA= "0<...<0,05" eşitliğini sağlayan;

Positif (2.Sınıf) = 5; Negatif (Iskarta) = 10 örnek mevcuttur.

$$I("2.Sınıf", "0 <.. < 0,05") = 0,9183 \text{ bulunur.}$$

- Nokta_TA= ">0,05" eşitliğini sağlayan;

Pozitif (2.Sınıf) = 0; Negatif (Iskarta) = 4 örnek mevcuttur.

$$I("2.Sınıf", "> 0,05") = 0 \text{ bulunur.}$$

- Genel olarak baktığımızda;
Pozitif = 8; Negatif = 26 örnek mevcuttur.

$$I(Nok_{TA}) = 0,78713 \text{ bulunur.}$$

- **Buna göre Nok_TA'nın dağılım değeri;**

$$E(Nok_{TA})$$

$$= \frac{15}{34}I("2.Sınıf", '0') + \frac{15}{34}I("2.Sınıf", '0 <.. < 0.05') \\ + \frac{4}{34}I("2.Sınıf", '> 0,05') = 0,7236 \text{ bulunur.}$$

- **Nok_TA'nın Kazancı;**

$$G(Nok_{TA}) = I(Nok_{TA}) - E(Nok_{TA}) = \mathbf{0,063498} \text{ bulunur.}$$

Diğer özellik değerleri aynı yöntemle hesaplandığında aşağıdaki sonuçlar elde edilir;

$$G(Ciz_{UZ}) = \mathbf{0,0909}$$

$$G(Tum_{MA}) = \mathbf{0,0626}$$

$$G(Tum_{TA}) = \mathbf{0,0382}$$

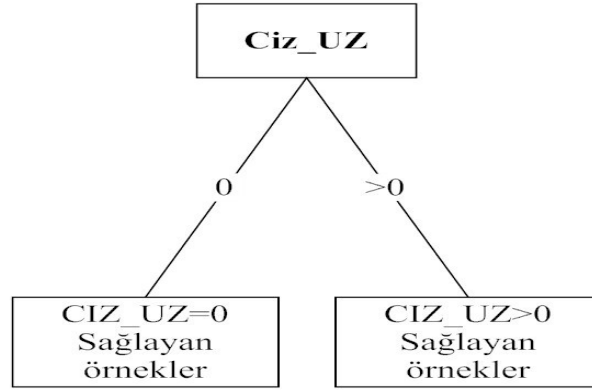
$$G(Cuk_{MA}) = \mathbf{0,0521}$$

$$G(Cuk_{TA}) = \mathbf{0,0521}$$

Kazanç değerleri hesaplandıktan sonra, kök düğümün belirlenmesi için hesaplanan kazanç değerleri arasından maksimum kazancı sağlayan özellik değeri bulunur.

Maksimum(G) = **0,0909** olduğundan dolayı kök düğüm Ciz_UZ olarak seçilir.

Kök seçildikten sonra kökü sağlayan değerler ağacın dallarını oluşturmaktadır. Örneğin; CIZ_UZ kök olarak seçildiğinde CIZ_UZ<0 olan değerler ağacın sol dalında, CIZ_UZ>0 olan değerler ise ağacın sağ tarafında bulunmaktadır (Şekil 3.16). Her bir dallanma için maksimum kazançlı özellik seçilerek düğüm olarak oluşturulmaktadır (Han ve Kamber, 2000).



Şekil 3.16. Ağacın kök ve köke bağlı dalları

Kazanç hesaplama işlemi ağacın sol ve sağ dallarını sağlayan değerler için tekrarlanır. Ağacın dalları, özelliğin alabileceği değerler ile, düğümler ise özelliklerin kendisiyle oluşturulur. Ağacın oluşturulması, ayrılacak sınıfların yaprak düğümü olması ve bütün değerlerin aynı sınıfta olması halinde durdurulur.

Seramik karo sınıflandırılmasında karar ağacının oluşturulması için, Mangrove Decision Tree v1,0,4 karar ağacı oluşturma programından yararlanılmıştır (Hajdukovic, 2004). Bu program girilen örnek verilere göre karar ağacını oluşturmaktadır. Örnek veriler belirlenirken her bir örnek veri girişinde oluşan ağaç yapısı göze alınmıştır ve duruma göre yeni örnekler eklenmiştir.

Mangrove Decision Tree yazılımı kullanılarak oluşturulan seramik sınıflandırma karar ağacı Şekil 3.17'deki gibidir.

Mangrove karar ağacı programı ile oluşturulan ağacın doğruluğunu kontrol etmek için MATLAB ortamında, dağıtım ve kazanç hesaplayacak fonksiyonlar yazılmıştır. Karar ağacı oluşturulduktan sonra, bu ağaç kullanılarak kural kalıpları oluşturulur. Bu kural kalıpları “EĞER-İSE” ve “EĞER-VE-İSE” kural yapıları ile oluşturulmaktadır (Han ve Kamber, 2000). Bu kural yapıları kökten başlayıp dallara doğru ilerlemektedir ve sonuçta yaprak düğümlere ulaşılmaktadır. Bu kural yapılarının oluşturulması sistemin eğitilmesinin bir parçasıdır.

Şekil 3.18’deki karar ağacına göre oluşturulan kurallar aşağıdaki gibidir;

EĞER Ciz_UZ=0 İSE

EĞER Tum_MA=0 İSE

EĞER Nok_TA=0 İSE

EĞER Cuk_MA>0 VE Cuk_MA<0,02 İSE

EĞER Cuk_TA>0 VE Cuk_TA<0,05 İSE

Sinif=2;

SON

EĞER Cuk_TA>0,05 İSE

Sinif=Iskarta;

SON

SON

EĞER Cuk_MA>0,02 İSE

Sinif=Iskarta;

SON

SON

EĞER Nok_TA>0 VE Nok_TA<0,05 İSE

EĞER Cuk_MA>0 VE Cuk_MA<0,02 İSE

EĞER Cuk_TA>0 VE Cuk_TA<0,05 İSE

Sinif=2;

SON

EĞER Cuk_TA>0,05 İSE

Sinif=Iskarta;

SON

SON

EĞER Cuk_MA=0 İSE

Sinif=2;

SON

EĞER Cuk_MA>0,02 İSE

Sinif=Iskarta;

SON

SON

EĞER Nok_TA>0,05 İSE

Sinif=Iskarta

SON

SON

EĞER Tum_MA>0 VE Tum_MA<0,02 İSE

EĞER Cuk_MA=0 İSE

EĞER Nok_TA>0 VE Nok_TA<0,05 İSE

EĞER Tum_TA>0 VE Tum_TA<0,05 İSE

Sinif=2;

SON

EĞER Tum_TA>0,05 İSE

Sinif=Iskarta;

SON

SON

EĞER Nok_TA=0 İSE

Sinif=2;

SON

EĞER Nok_TA>0,05 İSE

Sinif=Iskarta;

SON

SON

EĞER Cuk_MA>0 **VE** Cuk_MA<0,02 **İSE**
EĞER Cuk_TA>0 **VE** Cuk_TA<0,05 **İSE**
EĞER Nok_TA=0 **İSE**
EĞER Tum_TA>0 **VE** Tum_TA<0,05 **İSE**
Sinif=2;
SON
EĞER Tum_TA>0,05 **İSE**
Sinif=Iskarta;
SON
SON
EĞER Nok_TA>0 **VE** Nok_TA<0,05 **İSE**
Sinif=2;
SON
EĞER Nok_TA>0,05 **İSE**
Sinif=Iskarta;
SON
SON
EĞER Cuk_TA>0,05 **İSE**
Sinif=Iskarta;
SON
SON
EĞER Cuk_MA>0,02 **İSE**
Sinif=Iskarta;
SON
SON
EĞER Tum_MA>0,02 **İSE**
Sinif=Iskarta;
SON
SON
EĞER Ciz_UZ>0 **İSE**
Sinif=Iskarta;
SON

EGER Nok_TA=0 **VE** CIZ_UZ=0 **VE** Tum_MA=0 **VE** TUM_TA=0 **VE** CUK_TA=0 **VE** CUK_MA=0 **İSE** Sinif=1; %Karar ağacı dışında 1.sınıf kuralıdır.

Karar ağacından kural yapılarının oluşturulması ile uzman sistemin eğitilmesi tamamlanmış olmaktadır.

3.2.2. Gerçek Zamanlı Kontrol (Karar Verme)

Seramik kalite kontrol uzman sisteminin bu aşaması, eğitimin tamamlanıp gerçek zamanlı seramik kalite kontrolünün yapıldığı aşamadır. Sistemin denendiği veya fabrika ortamında çalışır halde kontrol yaptığı aşama da diyebiliriz. Kalite kontrolü yapılırken eğitim aşamasında oluşturulan bulanık küme üyelik fonksiyonları, bulanık kurallar ve karar ağacı ile oluşturulan sınıflandırma kurallarından yararlanır.

Sisteme verilen bir girdi sonucunda oluşan çıktının oluşma zamanının, çıktının kendisi kadar önemli olduğu sistemlere gerçek zamanlı sistemler adı verilmektedir (Kartal ve Schmidt, 2007). Seramik kalite kontrol uzman sisteminin, gerçek zamanlı kontrol aşamasında da kayan bant üzerinden gelen seramik karoların sınıflarının belirli bir zaman içerisinde belirlenmesi gerekmektedir. Zaman ve sonuç önemlidir.

Şekil 3.18'e bakıldığında kayan bandın durumuna göre bilgisayar sistemi, görüntüyü almaktadır (görüntünün alınması). Alınan görüntü, ön işleme ve görüntü işleme adımlarından geçirilerek seramik karo üzerindeki kusurlar ve bunların özellikleri çıkartılmaktadır. Bu özellikler uzman sistemin eğitim aşamasında da belirtildiği gibi kusur eni, kusur boyu, kusur oranı, kusur parlaklık ortalaması ve kusur alanlarıdır. Kusur boyut oranı ise kusur en ve kusur boy değerlerinden hesaplanmaktadır. Çıkarılan bu kusur özellikleri, bulanıklaştırma işleminden geçirilmektedir. Bulanıklaştırma; kesin olan özellik değerlerinin bulanık üyelik fonksiyonları yardımıyla bulanık biçimde ifade edilmesidir. Bulanıklaştırma sonucunda kusur özelliklerinin bulanık değerleri tespit edilmektedir. Bu bulanık değerler, uzman sistemin bilgi tabanındaki bulanık kurallar ile denetlenmektedir (bulanık kural kontrolü). Bu denetleme sonucunda bulanık bir sonuç ortaya çıkar. Bu

BÖLÜM 4

YAZILIM SİSTEMİ

Tasarlanan seramik kalite kontrol sistemini denemek için yazılım oluşturulmuştur. Bu yazılımın oluşturulması için gereksinimler, kullanılan araçlar ve yazılım sisteminin yapısı aşağıda verilmiştir;

4.1. Yazılım Gereksinimleri

- **İşletim Sistemi;** Windows Vista Home Premium
- **Yazılım Ortamı;** MATLAB 7.0 Yazılım Geliştirme Ortamı
- **Bulanık Mantık;** MATLAB 7.0 Bulanık Mantık Araç Kiti (Fuzzy Logic Toolbox)
- **Karar Ağacı;** Mangrove Karar Ağacı (Decision Tree) v1.0.4
- **Veritabanı;** MS Access 2003
- **Örnekler;** MS Excel 2003

Sistemin oluşturulması, modüller, fonksiyonlar arasındaki bağlantıların kurulması ve sistemin görsel ara yüzünün oluşturulması için, MATLAB 7.0 geliştirme ortamı kullanılmıştır. MATLAB kullanılmasının nedeni, bu yazılım geliştirme ortamının, yazılımın oluşturulması, mevcut yöntemlerin denenmesi ve sonuçların incelenmesi açısından bize kolaylık sağlamasıdır (örneğin; bulanık mantık araç kiti).

4.2. Yazılım Sisteminin Eğitilmesi

Yazılım sisteminin eğitilmesi için, MATLAB 7.0 bulanık mantık araç kiti ve Mangrove karar ağacı oluşturma yazılımı kullanılmıştır. Kusur tiplerinin tespit edilebilmesi için sistem bulanık mantık ile eğitilmiş, sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesi için karar ağacı kullanılmıştır.

Bulanık Mantık Sisteminin Oluşturulması

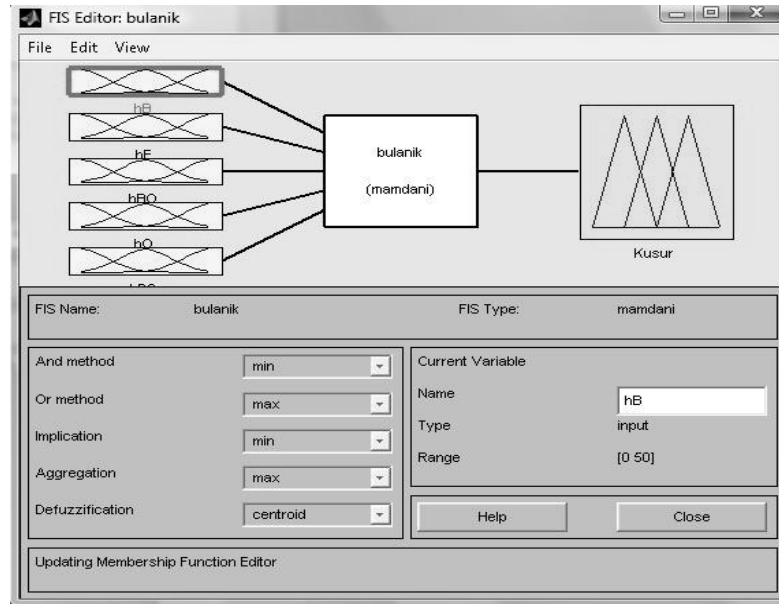
MATLAB'ın bulanık mantık araç kiti, bulanık kümelerin ve üyelik fonksiyonlarının oluşturulması, oluşturulan bu üyelik fonksiyonlarına göre bulanık

kuralların belirlenmesinde kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca, bu araç kiti ile eğitilen sistem üzerinde denemeler yapılabilmektedir. Bulanık mantık araç kiti, MATLAB'ın araç kiti (toolboxes) menüsü içerisinde yer almaktadır.

Bulanık mantık araç kiti 4 bölümden oluşmaktadır;

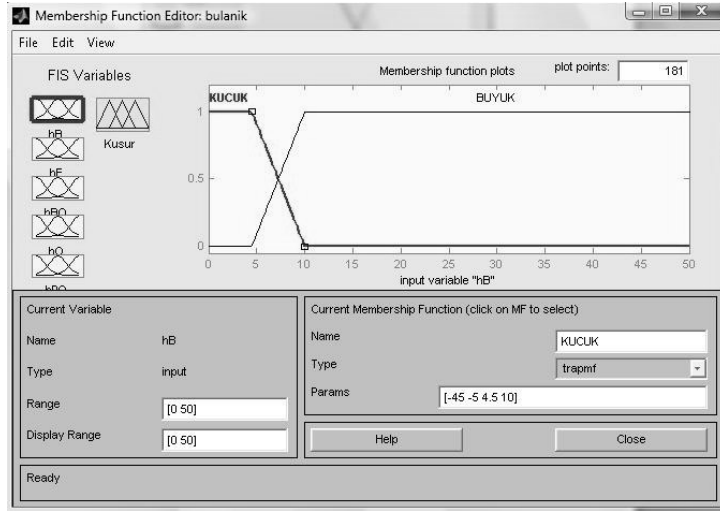
- Bulanık Çıkarım Sistemi Düzenleyicisi (Fuzzy Inference System –FIS Editor).
- Üyelik Fonksiyonu Düzenleyicisi (Membership Function Editor).
- Kural Düzenleyicisi (Rule Editor).
- Kural Göstericisi (Rule Viewer)

Bulanık çıkarım sistemi düzenleyicisi, bulanık mantık modelinin seçilerek, yeni bulanık mantık sisteminin oluşturulmasını, giriş – çıkışların sayılarının ve etiketlerinin belirlenmesini sağlamaktadır (Şekil 4.1). Araç kitinin bize sunduğu iki farklı bulanık mantık modeli vardır (mamdani, sugeno). Bu iki modelin farkı; sugeno modelinde çıkış değerlerinin sadece lineer veya sabit olmasıdır. Mamdani modelinde ise; çıkış değerleri üçgen, yamuk veya parabolik olabilir. Mamdani seçilmesinin nedeni, bu modelin insan davranış ve duygularına daha uygun olmasıdır. Sugeno ise; karmaşıktır ve daha çok matematik analizleri için uygundur.

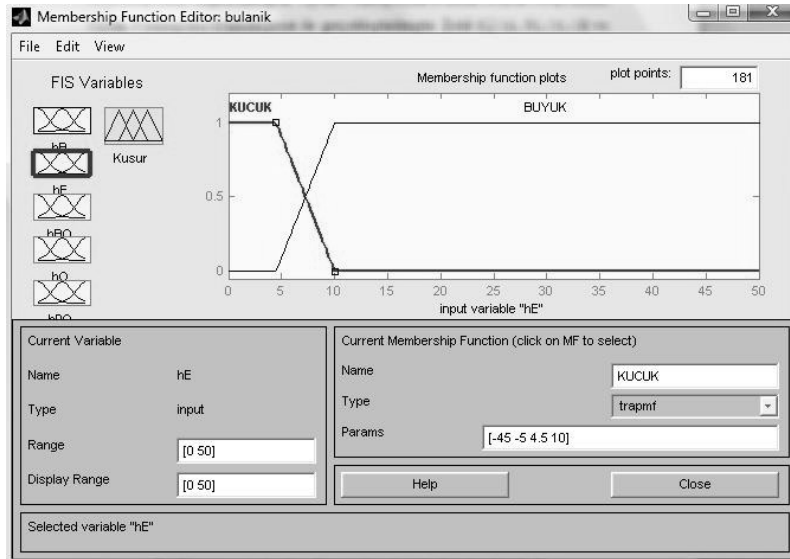


Şekil 4.1. Bulanık çıkarım sistemi düzenleyicisi

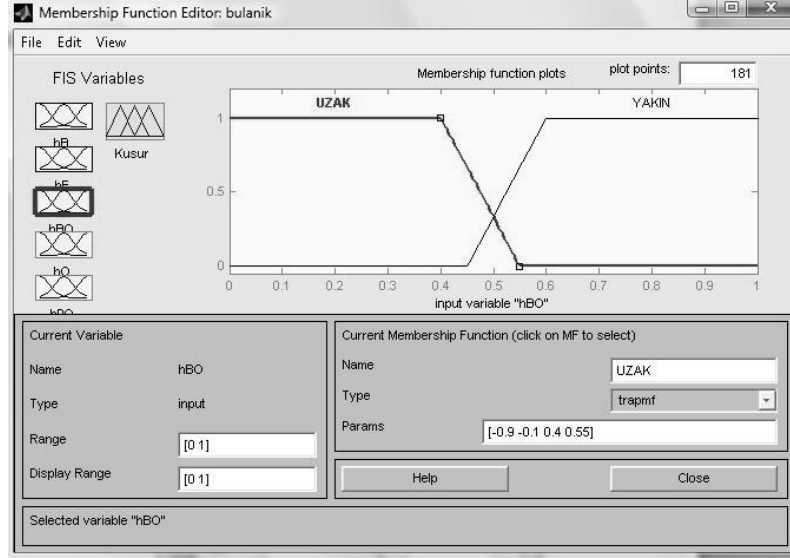
Model seçildikten sonra kusur tespiti için gerekli girişler sisteme tanıtılır. Bu işlem girişlerin eklenmesi, giriş etiketlerinin belirlenmesi ve üyelik fonksiyonların oluşturulması biçimindedir. Kusur tespiti için 5 kusur özelliğinin üyelik kümeleri ve fonksiyonları oluşturulmuştur. Üyelik fonksiyonları bulanık mantık araç kitinin üyelik fonksiyonu düzenleyicisi ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.2 (a), (b), (c), (d) ve (e) MATLAB bulanık mantık araç kiti ile oluşturulan üyelik fonksiyonlarını göstermektedir.



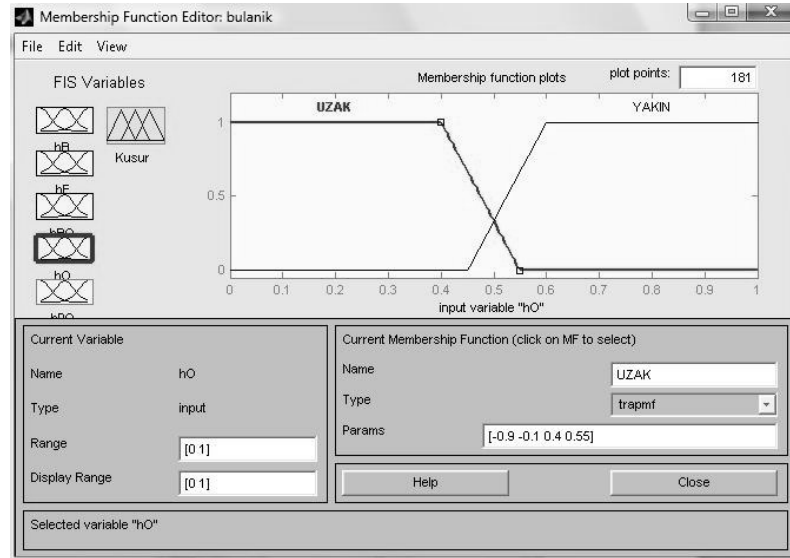
Şekil 4.2 (a). Kusur boyu üyelik fonksiyonu



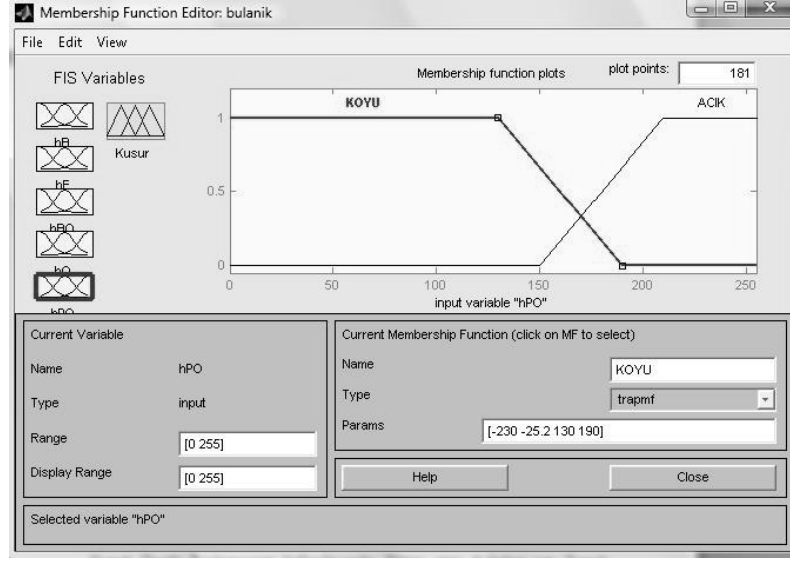
Şekil 4.2 (b). Kusur eni üyelik fonksiyonu



Şekil 4.2 (c). Boyut oranı üyelik fonksiyonu



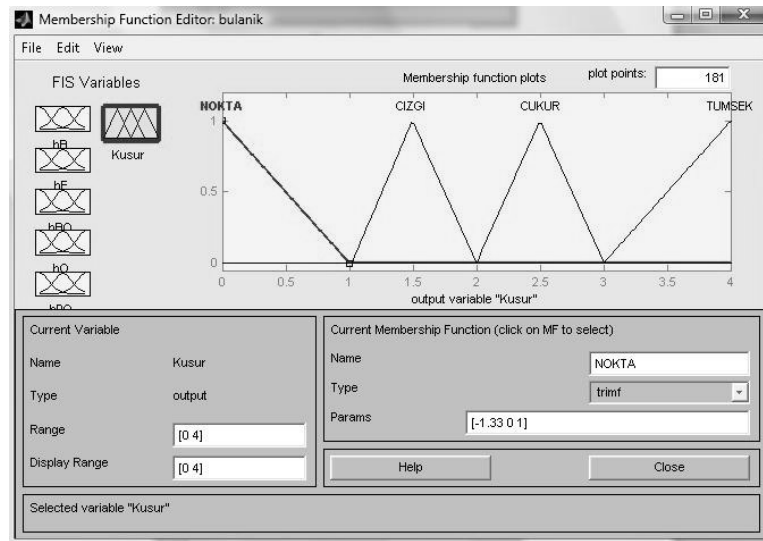
Şekil 4.2 (d). Kusur oranı üyelik fonksiyonu



Şekil 4.2 (e). Parlaklık ortalaması üyelik fonksiyonu

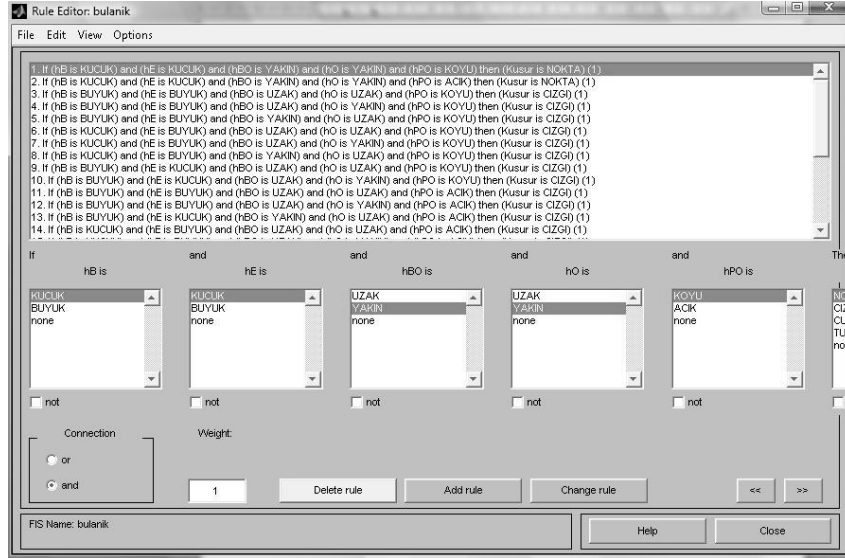
Bu üyelik fonksiyonları oluşturulurken, Şekil 4.2’de görüldüğü gibi üyelik fonksiyonu tipi (type) yerine “trapmf” seçilmiştir. Bunun seçilmesinin nedeni, yamuk üyelik fonksiyonunun kullanılmasıdır. Bütün giriş değerleri için yamuk üyelik fonksiyonu uygundur.

Giriş değerleri için bulanık kümeleri ve üyelik fonksiyonları oluşturulduktan sonra, kusur tipini temsil edecek çıkış değerleri için de bir bulanık küme ve üyelik fonksiyonu oluşturulur (Şekil 4.3).



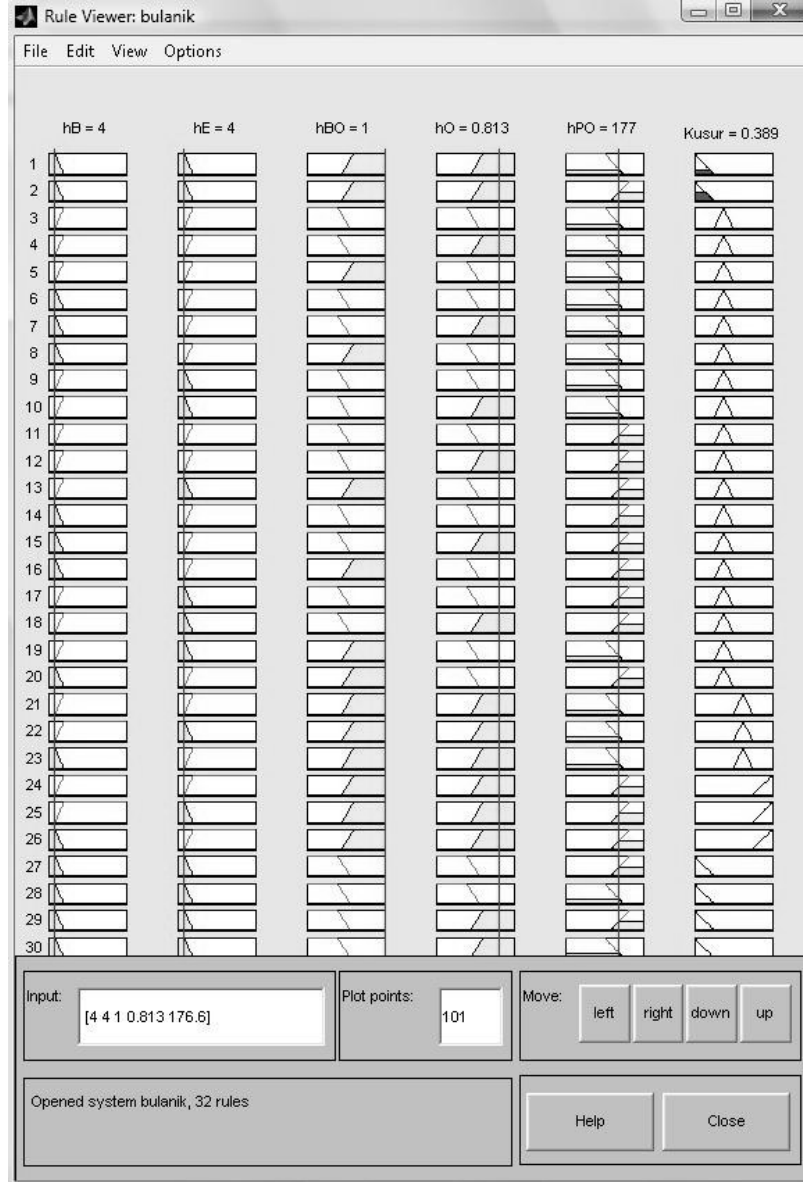
Şekil 4.3. Kusur çıkış değerleri

Bulanık sistemin karar verebilmesi için gerekli bulanık kurallar, bulanık mantık araç kitinin kural düzenleyicisi ile oluşturulmaktadır. Bölüm 3’te tasarımı gösterilen 32 kural, kural düzenleyicisi yardımıyla kolaylıkla oluşturulmuştur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Kural düzenleyicisi ile oluşturulan kurallar

Kurallar oluşturulduktan sonra, bulanık mantık araç kitinin kural göstericisi kullanılarak bulanık mantık sistemi denenmiştir (Şekil 4.5). Bu gösterici, oluşturulan bulanık sistemin doğru çalışıp çalışmadığının denenmesine imkan vermektedir. Giriş değişkenlerine çeşitli değerler verilerek çıkış değerleri gözlenmiştir. Örnek olarak; Şekil 3.5’te verilen kusurun özellikleri Şekil 4.5’te görüldüğü gibi denenmiş ve bu kusurun yaklaşık 0,3 çıkış değeri ile Şekil 4.3’te gösterildiği gibi nokta kusurunun bulanık kümesinin sınırları içine girdiği görülmüştür. Bunun gibi çeşitli denemeler sonucunda gerekli ise yeni kurallar eklenmiştir. Böylece bulanık çıkarım sisteminin oluşturulması tamamlanmış olmaktadır. Oluşturulan bu sistem “bulanik.fis” ismiyle kaydedilmiştir. Bu sayede seramik kalite kontrol sistemi içerisinde, kusur tiplerinin tespiti için oluşturulan bu bulanık çıkarım sistemi kullanılabilir duruma gelir.



Şekil 4.5. Kural göstericisi

Karar Ağacı Sisteminin Oluşturulması

Tespit edilen kusur tiplerinden, seramik sınıflandırılmasının yapılabilmesi için kural yapısı oluşturulmuştur. Bu kural yapısının oluşturulmasında karar ağacı yöntemi kullanılmıştır. Karar ağacının oluşturulması için, Mangrove karar ağacı yazılımından yararlanılmıştır. Bu yazılım dosya halinde verilen örnekleri inceleyerek ağaç yapısını otomatik olarak oluşturmaktadır.

Mangrove karar ağacı oluşturma yazılımı, örnek verilerini “.arff - attribute-relation file format” , “.csv – comma separated” veya “.tab – orange TAB separated values“ dosya biçiminde almaktadır. Bu dosya biçimleri arasından “csv”, excel kullanılarak kolaylıkla hazırlanabildiği için, örneklerin oluşturulmasında csv biçimi seçilmiştir (bu formatlardan herhangi birinin kullanılması yazılımın çalışmasını ve sonuçlarını değiştirmemektedir). Örnekler, excel kullanılarak oluşturulmuş, “Örnekler.csv” dosyasına kaydedilmiştir. Dosyanın içine bakıldığında, herbir verinin noktalı virgül ile ayrıldığı görülmektedir (Şekil 4.6). Bu, “csv” dosya formatının kullanıldığını göstermektedir çünkü, bu formatta veriler birbirinden noktalı virgül ile ayrılır.

```

Örnekler.csv - Notepad
File Edit Format View Help
Sırtıf; Nok_TA; Çiz_UZ; Tum_MA; Tum_TA; Cuk_MA; Cuk_TA
2;0;0;0;<=0.02;0;<=0.05;0;0
Iskarta;0;0;>0.02;0;<=0.05;0;0
Iskarta;0;0;>0.02;>0.05;0;0
2;0;0;0;0;<=0.02;0;<=0.05
2;0;0;<=0.02;0;<=0.05;0;<=0.02;0;<=0.05
Iskarta;0;0;0;<=0.02;0;<=0.05;>0.02;0;<=0.05
Iskarta;0;0;0;<=0.02;0;<=0.05;0;<=0.02;>0.05
Iskarta;0;>0;0;0;0;0
Iskarta;0;>0;0;<=0.02;0;<=0.05;0;<=0.02;0;<=0.05
2;0;<=0.05;0;0;<=0.02;0;<=0.05;0;0
2;0;<=0.05;0;0;<=0.02;0;<=0.05;0;<=0.02;0;<=0.05
Iskarta;>0.05;0;0;<=0.02;0;<=0.05;0;<=0.02;0;<=0.05
2;0;<=0.05;0;0;0;0;<=0.02;0;<=0.05
Iskarta;0;<=0.05;>0;0;<=0.02;0;<=0.05;0;0
Iskarta;>0.05;0;0;0;0;0
Iskarta;>0.05;0;0;0;0;<=0.02;0;<=0.05
2;0;<=0.05;0;0;0;0;0
Iskarta;0;<=0.05;0;>0.02;0;<=0.05;0;<=0.02;0;<=0.05
Iskarta;0;0;0;<=0.02;>0.05;0;<=0.02;0;<=0.05
Iskarta;0;<=0.05;0;0;0;>0.02;0;<=0.05
Iskarta;0;<=0.05;0;0;0;<=0.02;>0.05
Iskarta;0;<=0.05;>0;0;0;<=0.02;0;<=0.05
Iskarta;0;<=0.05;0;0;<=0.02;0;<=0.05;0;<=0.02;>0.05
Iskarta;0;<=0.05;0;0;<=0.02;0;<=0.05;>0.02;0;<=0.05
Iskarta;0;<=0.05;0;0;<=0.02;>0.05;0;0
Iskarta;0;0;>0.02;0;<=0.05;0;<=0.02;0;<=0.05
Iskarta;0;>0;0;<=0.02;0;<=0.05;0;0
Iskarta;0;0;0;0;0;<=0.02;>0.05
Iskarta;0;<=0.05;>0;0;0;0;0
Iskarta;>0.05;0;0;<=0.02;0;<=0.05;0;0
Iskarta;0;0;0;0;>0.02;0;<=0.05
Iskarta;0;>0;0;0;0;<=0.02;0;<=0.05
Iskarta;0;<=0.05;0;>0.02;0;<=0.05;0;0
2;0;<=0.05;0;0;0;0;<=0.02;0;<=0.05

```

Şekil 4.6. Örnekler dosyası

Mangrove karar ağacı yazılımında, “Örnekler.csv” dosyasını açtığımızda, karar ağacı otomatik olarak oluşturulmakta ve bize gösterilmektedir. Ayrıca, karar ağacı oluşturulurken kullanılacak algoritmalar da seçilebilmektedir. En yaygın karar ağacı algoritması bilgi kazanımı olduğu için, bu algoritma kullanılmış ve yazılımda algoritma olarak “Gain” seçilmiştir (Şekil 4.7).


```
46 - if Nok_TA==0 & Cis_Uz==0 & Tum_MA==0 & Tum_TA==0 & Cuk_MA==0 & Cuk_TA==0
47 -     Sınıf='1';
48 - else
49 -     if Cis_Uz==Ciz_TUSiniri
50 -         if Tum_MA==Tum_MASiniri
51 -             if Nok_TA<Nok_TASiniri
52 -                 if Cuk_MA>0 & Cuk_MA<Cuk_MASiniri
53 -                     if Cuk_TA>0 & Cuk_TA<Cuk_TASiniri
54 -                         Sınıf='2';
55 -                     end
56 -                 if Cuk_TA>Cuk_TASiniri
57 -                     Sınıf='Iskarta';
58 -                 end
59 -             end
60 -             if Cuk_MA>Cuk_MASiniri
61 -                 Sınıf='Iskarta';
62 -             end
63 -         end
64 -         if Nok_TA>0 & Nok_TA<Nok_TASiniri
65 -             if Cuk_MA>0 & Cuk_MA<Cuk_MASiniri
66 -                 if Cuk_TA>0 & Cuk_TA<Cuk_TASiniri
67 -                     Sınıf='2';
68 -                 end
69 -                 if Cuk_TA>Cuk_TASiniri
70 -                     Sınıf='Iskarta';
```

Şekil 4.8. MATLAB ile oluşturulan sınıflandırma kuralları

Sınıflandırma kuralları, kontrolleri veritabanından çektiği seramik sınır değerlerini kullanarak yapmaktadır. Bu sınır değerlerini depolayabilmek için, access ortamında “kalite_kontrol.mdb” veritabanı ve Bölüm 3, Şekil 3.15 (a), (b), (c), (d) ile belirtilen tablolar oluşturulmuştur. Bu veritabanına veriler, “Uzman Eğitim Modülü” ile kaydedilmektedir (Şekil 4.9). Bu modül bir uzman arayüzüdür ve “Uzman_Egitim.m” dosyasında tutulmaktadır. Bu modül yardımıyla birim çevirisi yapabilmek için gerekli görüntü bilgileri ve seramik sınıflandırılması için gerekli sınır bilgileri sisteme tanıtılır.

Birim çeviri işlemi yüzde, cm ve cm^2 gibi birimlerin piksel biçimine çevirilmesidir. Sınıflandırma standartları piksel tabanlı olarak verilmemektedir. Seramiğin boyuna ve kusurun alanına göre cm, cm^2 ve yüzde olarak belirlenmiştir. Fakat, bilgisayar ortamında görüntü üzerinde pikseller ile işlem yapıldığı için, bu birimlerin piksel biçiminde ifade edilmesi gerekmektedir. Piksele dönüşüm için; alınan görüntünün DPI'nın bilinmesi gerekmektedir. DPI (Dot Per Inch); 1 inçlik değeri temsil edecek nokta sayısıdır.

$$1\text{cm} = 0,393700787\text{ inch}$$

$$\text{Piksel Sayısı(cm)} = \text{inch} \times \text{DPI}$$

Örneğin; alınan 72 DPI'lık görüntü için;

$$0,393700787 \times 72 = 28 \text{ piksel}$$

Bunun anlamı; 1 cm görüntü üzerinde 28 piksel ile ifade edilmektedir. Bu hesaplamaların yapılabilmesi için; “Cm_Pix_Convert”, “Cm2_Pix_Convert”, “Pix_Cm_Convert”, “Pix_Cm2_Convert” ve “Yüzde_Bul” gibi fonksiyonlar yazılmıştır.

The screenshot shows a software window titled 'Uzman_Egitim' with a subtitle 'Uzman Sistem Eğitim Ekranı'. The window is divided into several sections:

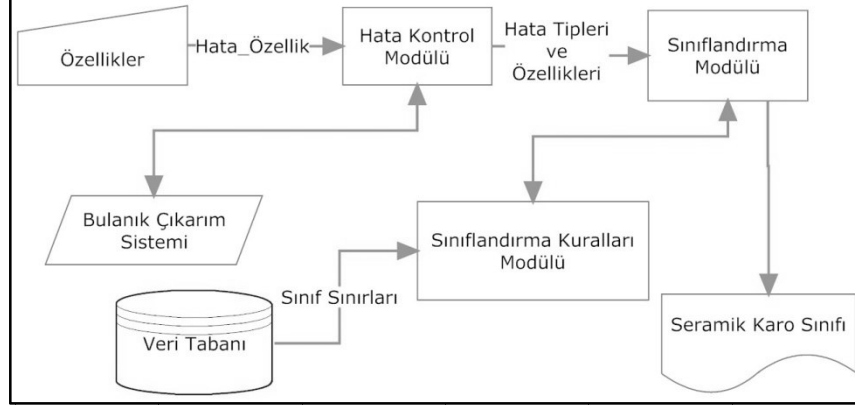
- Görüntü Bilgileri (Çözünürlük / Dpi):** This section contains three input fields: 'Boy (cm):', 'En (cm):', and 'Dpi (Dot Per Inc):'. To the right of these fields, the current values are displayed: 'Cm/Pixel 11.286(316)', '8.464(237)', and '72'. Below these fields are two buttons: 'Temizle' and 'Kaydet'.
- Sınıf Sınır Değerleri:** This section is further divided into four sub-sections:
 - Nokta:** Contains 'Toplam Alan (%)' with a value of '0.93(696)' and buttons 'Kaydet' and 'Temizle'.
 - Çizgi:** Contains 'Max Uzunluk (cm):' with a value of '0(0)' and buttons 'Kaydet' and 'Temizle'.
 - Tümsek:** Contains 'Max Alan (cm2):' with a value of '0.087(70)' and 'Toplam Alan (%)' with a value of '0.93(696)', each with 'Kaydet' and 'Temizle' buttons.
 - Çukur:** Contains 'Max Alan (cm2):' with a value of '0.087(70)' and 'Toplam Alan (%)' with a value of '0.93(696)', each with 'Kaydet' and 'Temizle' buttons.

Şekil 4.9. Uzman eğitim arayüzü

Böylece seramik karoların sınıflandırılması için gerekli eğitim tamamlanmıştır.

4.3. Yazılımın Yapısı

Yazılımın modülleri ve akış diagramı Şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.10. Yazılımın adımları ve modülleri

Özellikler; görüntü işleme sonucunda çıkan özellik yapısıdır (ozellikler struct). Bu yapı içerisinde kusurların her biri için kusurun eni, boyu, kusur oranı, parlaklık ortalaması ve kusurun alan bilgilerini taşımaktadır. Kusur özelliklerini taşıyan bu yapı “ozellikler” değişkeninde tutulmaktadır fakat, hata kontrol modülü içerisinde Hata_Ozellik değişkeni yardımıyla kullanılmaktadır. Bunun nedeni; hata kontrol modülünün aynı zamanda bir fonksiyon olmasıdır.

Hata Kontrol Modülü; bu modül seramik yüzeyinde tespit edilen tüm kusurların özelliklerini alarak her bir kusurun tipini ve tipe bağlı olarak özelliğini geri döndürmektedir. Bu modül, yazılım sisteminde “Hata_Kontrol.m” dosyasında fonksiyon biçimindedir. Fonksiyonun tanımlaması aşağıdaki gibidir;

```
function Hata_Tipleri=Hata_Kontrol(Hata_Ozellik)
```

Bu fonksiyon Hata_Ozellik değişkeninde tuttuğu kusurları ve kusur özelliklerini ilk olarak ayırmaktadır. Bu işlemi aşağıdaki gibi yapmaktadır;

```
hBoy=cell2mat(Hata_Ozellik.boy(:)); % Her bir kusurun boy özelliği boy değişkenine aktarılır.
```

hEn=cell2mat(Hata_Ozellik.en(:)); % Her bir kusurun en özelliği en değişkenine aktarılır.

Hata_Sayisi=size(hBoy,1); % Kusur sayısı bu değişkene aktarılır.

for (i=1:Hata_Sayisi) % Kusur boyut oranı hesaplanır

if hBoy(i)<hEn(i) % Boyut oranının 0-1 arasında olması sağlanır

hB_Orani(i,1)=hBoy(i)/hEn(i);

else

hB_Orani(i,1)=hEn(i)/hBoy(i);

end

end

h_Orani=cell2mat(Hata_Ozellik.oran(:)); % Kusur oranı

hP_Ortalamasi=cell2mat(Hata_Ozellik.ortalama(:)); % Parlaklık ortalaması

Bulanik=readfis('bulanik.fis'); % Oluşturulan bulanık çıkarım sistemi diskten okunmakta ve bulanık değişkenine atanmaktadır.

for (i=1:Hata_Sayisi) % Herbir kusur için aynı işlemler tekrarlanır

output=evalfis([hBoy(i) hEn(i) hB_Orani(i) h_Orani(i) hP_Ortalamasi(i)] , Bulanik); % Bulanık çıkarım sistemi kusur özellikleri ile sonuç üretmektedir.

if output<=1 % Çıkış değerine göre kusur tipi belirlenir (Şekil 4.3).

Hata_Tipleri(i,1)=cellstr('NOKTA');

Hata_Tipleri(i,2)=Hata_Ozellik.alan(i); % Noktanın alanı

end

if output>1 & output<=2

Hata_Tipleri(i,1)=cellstr('CIZGI');

hUzunluk=0;

hUzunluk=sqrt((hBoy(i)^2)+(hEn(i)^2)) % Çizgi uzunluğu Pisagor

ile hesaplanır.

```

        Hata_Tipleri(i,2)={hUzunluk}; % Çizginin uzunluğu
    end
    if output>2 & output<=3
        Hata_Tipleri(i,1)=cellstr('CUKUR');
        Hata_Tipleri(i,2)=Hata_Ozellik.alan(i); % Çukurun alanı
    end
    if output>3
        Hata_Tipleri(i,1)=cellstr('TUMSEK');
        Hata_Tipleri(i,2)=Hata_Ozellik.alan(i); % Tümsek alanı
    end
end
end

```

Hata_Tipleri(x,y); kusur tiplerinin ve o kusur tipine göre alan veya uzunluk özelliklerinin tutulduğu hücresel yapıdır (x: kusur tipi, y: özelliği).

Sınıflandırma Modülü; kusur kontrol modülünde belirlenen kusur tipleri ve özelliklerini kullanarak seramik karonun sınıflandırmasını gerçekleştirmektedir. Bu modül fonksiyon şeklinde “sinflandirma.m” dosyasında tutulmaktadır.

function Sinif=Sinflandirma(Hatalar) %Fonksiyon tanımlamasıdır. Hatalar değişkeni, kusur kontrol modülü sonucu oluşturulan Hata_Tipleri hücre yapısının bu fonksiyonda işlenmesini sağlayan değişkendir.

```

Hata_Sayisi=size(Hatalar,1); % Kusur sayısı
for i=1:Hata_Sayisi % Kusur sayısı kadar devam etmektedir.
    Hata_Ozellik=Hatalar{i,(2)}; % Kusurun özelliği
    Hata_Tipi=Hatalar{i,(1)}; % Kusurun tipi
    switch Hata_Tipi %Kusur Tipine göre özelliğin çıkarılması
        case 'NOKTA' %Nokta kusurlarının alanları
            Nokta_Alan(i)=Hata_Ozellik;
        case 'CIZGI' %Çizgi kusurlarının uzunlukları
            Cizgi_Uzunluk(i)=Hata_Ozellik;
    end
end

```

```
case 'TUMSEK' % Tümsek kusurlarının alanları
```

```
Tumsek_Alan(i)=Hata_Ozellik;
```

```
case 'CUKUR' % Çukur kusurlarının alanları
```

```
Cukur_Alan(i)=Hata_Ozellik;
```

```
end
```

```
end
```

```
Nokta_TAlan=sum(Nokta_Alan); % Toplam nokta kusuru alanı
```

```
Cizgi_MUzunluk=max(Cizgi_Uzunluk); % Maksimum çizgi uzunluğu
```

```
Tumsek_MAlan=max(Tumsek_Alan); % Maksimum tümsek alanı
```

```
Tumsek_TAlan=sum(Tumsek_Alan); % Toplam tümsek alanı
```

```
Cukur_MAlan=max(Cukur_Alan); % Maksimum çukur alanı
```

```
Cukur_TAlan=sum(Cukur_Alan); % Toplam çukur alanı
```

Sinif=Sinif_Kurallari(Nokta_TAlan, Cizgi_MUzunluk, Tumsek_MAlan, Tumsek_TAlan, Cukur_MAlan, Cukur_TAlan); % **Sınıf kuralları modülü çağırılarak seramik sınıfı tespit edilmektedir.**

Sınıf Kuralları Modülü; karar ağacı sonucunda oluşan ağaç kullanılarak yazılan kuralların tutulduğu fonksiyondur. Bu fonksiyon “Sinif_Kurallari.m” dosyasında depolanır.

```
function Sinif=Sinif_Kurallari(Nok_TA, Ciz_Uz, Tum_MA, Tum_TA, Cuk_MA,Cuk_TA) %Sınıf kuralları fonksiyonunun tanımlanmasıdır.
```

Bu modül veritabanına erişmektedir. Veritabanından sınır değerlerini çekmekte ve kurallar ile seramik sınıfını belirlemektedir.

```
file=fopen('Veri_Tabani/Veri_Tabani_Ismi.DAT','r'); % Veritabanının ismi dosyadan çekilmektedir. Bunun nedeni ismin değiştirilmesi durumunda oluşacak problemin önüne geçmektir.
```

```
Veri_Tabani_Ismi=fread(file,'*char');
```

```
fclose(file);
```

```
conn=database(Veri_Tabani_Ismi,""); %Veri tabanı bağlantısı
```

```
Data_Nok=fetch(exec(conn,'SELECT Nok_TASinir FROM Nokta WHERE  
Id=1')); %Veritabanından noktanın toplam alan sınırı çekilmektedir.
```

```
Data_Nok=Data_Nok.Data;
```

```
Data_Ciz=fetch(exec(conn,'SELECT Ciz_MUSinir FROM Cizgi WHERE  
Id=1')); %Veritabanından çizginin maksimum uzunluk sınırı çekilmektedir
```

```
Data_Ciz=Data_Ciz.Data;
```

```
Data_Tum=fetch(exec(conn,'SELECT Tum_MASinir,Tum_TASinir FROM  
Tumsek WHERE Id=1')); %Veritabanından tümseğin maksimum alan ve toplam  
alan sınırı çekilmektedir.
```

```
Data_Tum=Data_Tum.Data;
```

```
Data_Cuk=fetch(exec(conn,'SELECT Cuk_MASinir,Cuk_TASinir FROM  
Cukur WHERE Id=1')); %Veritabanından çukurun maksimum alan ve toplam  
alan sınırı çekilmektedir.
```

```
Data_Cuk=Data_Cuk.Data;
```

```
close(conn);
```

Bu sınırlara göre Şekil 4.8’de gösterilen kurallar, veritabanından çekilen sınır değerleri ve kusur tiplerine göre belirlenen özellikler kullanılarak kontrol edilir. Böylece seramik karonun sınıfı belirlenmiş olur.

BÖLÜM 5

SONUÇ

Seramik kalite kontrolünün otomatik olarak yapılabilmesi için bilgisayar ve otomasyon sistemleri birleştirilerek bir prototip kalite kontrol ortamı oluşturulmuştur. Kayan bant, mikro denetleyici, kamera ve bilgisayardan oluşan bu ortamda bahsedilen sistemin çalışması kontrol edilmiştir. İlk olarak access veritabanı kullanılarak gerekli tablolar oluşturulmuş ve MATLAB 7,0 ortamında hazırlanan arayüz yardımıyla seramik sınıflandırılması için gerekli olan sınırlar sisteme girilmiştir. MATLAB'ın bulanık mantık araç kiti yardımıyla seramik yüzey kusurlarının tiplerinin belirlenmesi için bir bulanık çıkarım sistemi tanımlanmıştır. Bulanık çıkarım sisteminin oluşturulması sırasında, kusurların sahip oldukları özelliklere göre bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Daha sonra, bu bulanık kümeler yardımıyla bulanık kurallar yazılmıştır. Ayrıca, Mangrove yazılımı aracılığıyla karar ağacı oluşturulmuş ve karar ağacı yardımıyla MATLAB üzerinde sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, seramik kalite kontrolünün gerçekleştirilebilmesi için oluşturulan bu bulanık uzman sistem üzerinde geliştirmeler ve düzenlemeler yapılarak, sistemin ideal sisteme yaklaşabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

About ISO, (September 29, 2006). *International Organization for Standardization*. Retrieved 12 Ocak 2008, from <http://www.iso.org/iso/about.htm>.

Adalı E., 1996. Üretimde Uzman Sistem Çözümü. *Proceedings of the First Turkish Symposium on Intelligent Manufacturing Systems*. 525–535.

Bahlmann C., Heidemann G. ve Ritter H., (1999). *Artificial Neural Networks for Automated Quality Control of Textile Seams*. Retrieved May 1, 2008, from <http://citeseer.ist.psu.edu/bahlmann99artificial.html>.

Bul E., Gelen G. ve Altun H., (28 Temmuz 2005). *Görüntü İşlemeye Dayalı Tarımsal Ürün Sınırlandırma*. 26 Mart 2008, <http://host.nigde.edu.tr/ggelen/enderbul.pdf>.

Çağlar C., (1999). Duvar Karoları Yüzey Kusurları Tasnif Çizelgesi. *Ercan Seramik*. 29 Mayıs 2007, www.bienseramik.com.tr.

Gonzalez J. M. V., Linuesa F. A. ve Garcia F. L., (2001). *A Ceramic Tile Inspection for Detecting Corner Defect*. Retrieved February, 19, 2008, from http://www.disca.upv.es/articulos/docs/congresos/A006_01.PDF.

Güler İ. ve Übeyli E. D., 2005. Çok Katmanlı Perseptron Sinir Ağları ile Diyabet Hastalığının Teşhisi. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Derg.* 21(2): 319–326.

Hajdukovic Z., 2004. *Mangrove Decision Tree v1,0,4*. Retrieved April 17, 2008, from <http://www.tetris1d.org/zipah/mangrove/>.

Han J. ve Kamber M., 2000. Chapter 7 Classification and Prediction. In: Kaufmann, M., *Data Mining, Concepts and Techniques*. 279–291.

- Hocenski Z. F. ve Nyarko E. K., 2002. Surface Quality Control of Ceramic Tiles Using Neural Networks Approach. *Industrial Electronics, 2002, Proc. 2002 IEEE International Symposium*, 2: 657–660.
- Hooks K., Rabelo L. ve Velasco T., 1993. Enhancing Computer Aided Inspection Through The Integration of Quality Control and Computer Aided Design. *Computer & Industrial Engineering*, 29 (1–4): 511–514.
- Iiavarien J. ve Visa A., 1998. An Adaptive Texture and Shape Based Defect Classification. *Pattern Recognition, proc. Fourteenth International Conference*, 1: 117–122.
- Juran J. M. ve Godfrey A. B., 1999. *Juran's Quality Handbook (5th ed.)*. 2.1-2.2.
- Karaboğa D. ve Baştürk B., 2005. Image Segmentation Using Differential Evolution Algorithm. *Signal Processing and Communications Applications Conference, Proc. IEEE 13th*. 33–36.
- Kartal Y. B. ve Schmidt E. G., 2007. *İlgiye Odaklı Programlamanın Gerçek Zamanlı Gömülü Sistemler Üzerinde Bir Değerlendirmesi*. 28 Mayıs 2008, <http://trese.cs.utwente.nl/TAOSD-2007/papers/Kartal-Schmidt.pdf>.
- Kauppinen H., Rautio H. ve Silvén O., 1999. Non-Segmenting Defect Detection and SOM Based Classification For Surface Inspection Using Color Vision. *Conference on Polarization and Color Techniques in Industrial Inspection, Proc. SPIE*, 3826: 270–280.
- Kaya İ. ve Engin O., 2003. Kalite İyileştirme Sürecinde Yapay Zeka Tekniklerinin Kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Müh. Mim. Dergisi*, 11(1): 103–114.

- Kaya İ., Oktay S. ve Engin O., 2005. Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (1-2): 92-107.
- Kıyak E. ve Kahvecioğlu A., 2003. Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1(2) :63-72.
- Kim T. H., Cho T. H., Moon Y. S. ve Park S. H., 1999. Visual Inspection System For The Classification Of Solder Joints. *Pattern Recognition*, 32(1999): 565-575.
- Kobu B., 1981. Endüstriyel Kalite Kontrol. Önsöz Basım ve Yayıncılık, Koll. Şti., İstanbul.
- Kök B. V. ve Kuloğlu N., 2005. Sollama Esnasında Taşıt ve Yol ile İlgili Faktörlerin Karar Ağacı Yöntemiyle İrdelenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1-2): 180-188.
- Nabiyev V. V., 2003. *Yapay Zekâ*. Seçkin Yayıncılık San. Ve Tic. A.Ş. 431- 436.
- Ng H. F., 2004. Automatic Thresholding For Defect Detection. *Image and Graphics, proc. IEEE 3th*. 532-535.
- Özkan M. T. ve Gülesin M., (1999). Uzman Sistem Yaklaşımı ile Cıvata ve Dişli Çark Seçimi. *Turk J Engin Environ. Sci.* 25(2001) :169-177. 19 Şubat 2008, <http://journal.tubitak.gov.tr/engineering/issues/muh-01-25-3/muh-25-3-5-99-07-6.pdf>.
- Parlaktuna O., Bakla B., Özkan M. ve Yazıcı A., 2005. Mobile Robot Navigation Using Fuzzy Logic Methods. *Signal Processing and Communications Applications Conference, proc. IEEE 13th*. 432-435.

- Rimac-Drlje S., Keller A. ve Nyarko K. E., (2005) *Self-Learning System For Surface Failure Detection*. Retrieved February 19, 2008, from <http://www.arehna.di.uoa.gr/Eusipco2005/defevent/papers/cr1396.pdf>.
- Sümer G., (15 Ocak 2006). *Seramik Sanayisinde Üretim Teknolojisi*. 22 Nisan 2008, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/09696910bdd874a_ek.pdf.
- Tolar K. ve Platt R., 1992. MAGEX: A Magnetic Fabrication Expert System Focusing Expert Systems Technology On Improving Quality Control. *Computers and Industrial Engineering Journal*, 23: 165–168.
- Uğur A. ve Kınacı A. C., (15 Ocak 2008). *Yapay Zekâ Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Web Sayfalarının Sınıflandırılması*. 22 Nisan 2008, <http://inet-tr.org.tr/inetconf11/bildiri/78.pdf>.
- Zheng H., Kong L. X. ve Nahavandi S., 2002. Automatic Inspection of Metallic Surface Defects Using Genetic Algorithms. *Journal of Materials Processing Technology*, 125–126 (2002): 427–433.

TABLULAR

	Sayfa
Tablo 2.1- Uzman ve uzman sistem karşılaştırması	12
Tablo 3.1 - Kusurun parlaklık matrisi	32
Tablo 3.2 - Kusurun şekil özellikleri için belirlenen etiketler	33
Tablo 3.3 - Kusurun doku özellikleri için belirlenen etiketler	33
Tablo 3.4 - Duvar karoları yüzey kusurları tasnif çizelgesi	50
Tablo 3.5 - Karar ağacı örnek verileri	53

ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 2.1 – Sınıflandırma için yapay sinir ağı yapısı	6
Şekil 2.2 - Bulanık mantık üyelik fonksiyonları	10
Şekil 2.3 - Uzman sistemler genel yapısı	13
Şekil 2.4 – Seramik karo sınıflandırma ağacının kesiti	16
Şekil 2.5 - Karar ağacı algoritması akış diagramı	19
Şekil 3.1 - Seramik kalite kontrol sisteminin genel yapısı	23
Şekil 3.2 - Seramik kalite kontrol uzman sistemi	24
Şekil 3.3 – Seramik karo kusur özellikleri	29
Şekil 3.4 - Grilik seviyesinde alınmış örnek seramik karo	31
Şekil 3.5 - Kusurun görüntüsü (grilik seviyesinde pikseller)	32
Şekil 3.6 – Boy bulanık kümesi	35
Şekil 3.7 – En bulanık kümesi	36
Şekil 3.8 – Boyut oranı bulanık kümesi	37
Şekil 3.9 – Kusur oranı bulanık kümesi	38
Şekil 3.10 – Grilik seviyesinde yansıma değerleri	38
Şekil 3.11 – Parlaklık ortalaması bulanık kümesi	39
Şekil 3.12 – MATLAB 7.0 bulanık mantık araç kiti	40
Şekil 3.13 – Seramik karo yüzey kusurları	41
Şekil 3.14 – MATLAB 7.0 bulanık mantık araç kiti kural editörü	49

Şekil 3.15 (a) - Nokta tablosu	51
Şekil 3.15 (b) – Çizgi tablosu	51
Şekil 3.15 (c) - Tümsek tablosu	51
Şekil 3.15 (d) – Çukur tablosu	51
Şekil 3.16 – Ağacın kök ve köke bağlı dalları	56
Şekil 3.17 - Seramik sınıflandırılmasında kullanılan karar ağacı	57
Şekil 3.18 - Gerçek zamanlı kontrol akış şeması	62
Şekil 4.1 – Bulanık çıkarım sistemi düzenleyicisi	64
Şekil 4.2 (a) – Kusur boyu üyelik fonksiyonu	65
Şekil 4.2 (b) – Kusur eni üyelik fonksiyonu	65
Şekil 4.2 (c) – Boyut oranı üyelik fonksiyonu	66
Şekil 4.2 (d) – Kusur oranı üyelik fonksiyonu	66
Şekil 4.2 (e) – Parlaklık ortalaması üyelik fonksiyonu	67
Şekil 4.3 – Kusur çıkış değerleri	67
Şekil 4.4 – Kural düzenleyicisi ile oluşturulan kurallar	68
Şekil 4.5 – Kural göstericisi	69
Şekil 4.6 – Örnekler dosyası	70
Şekil 4.7 – Mangrove karar ağacı yazılımı	71
Şekil 4.8 – MATLAB ile oluşturulan sınıflandırma kuralları	72
Şekil 4.9 – Uzman eğitim arayüzü	73
Şekil 4.10 – Yazılımın adımları ve modülleri	74

YAŞAM ÖYKÜSÜ



Soyadı Adı : **SOBUTAY Utku**
Akademik Unvanı : **Araş. Görevlisi**

Doğum Yeri / Doğum Tarihi : Bartın / 09.08.1982
Uyruğu : TC
Ana Dil (ler) : Türkçe
Cinsiyet : Bay
Tel 1 : (286)2180435
Tel İş 1 : (286)2180018-2190
E-posta 1 : usobutay@comu.edu.tr

Kadrosunun Bağlı Bulunduğu

Birim : Fen Bilimleri Enstitüsü
Bölüm : Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Öğrenim Durumu

LİSANS

Üniversite : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Akademik Birim : Mühendislik Mimarlık
Program/Bölüm/Diğer : Bilgisayar Mühendisliği
Ülke : Türkiye
Mezuniyet Yılı : 2005

Bildiği Diller

Dil Adı	Seviye
1 İngilizce	Gelişmiş
2 İspanyolca	Orta
3 Japonca	Başlangıç

Akademik Unvanları

Unvan	Kurum	Yıl
1 Araş. Görevlisi	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	2008
2 Araş. Görevlisi	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	2007

3	Araş. Görevlisi	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	2006
4	Araş. Görevlisi	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	2005

Görev Yaptığı Birimler

- 1 Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Uzmanlık Alanları

- 1 Java Programlama (J2SE)
- 2 Visual Basic Programlama
- 3 Yapay Zeka
- 4 Uzman Sistemler
- 5 SQL Programlama
- 6 Java Midlet Programlama (J2ME)
- 7 Delphi Programlama
- 8 Veritabanları

Koordinatörlük Görevleri

Açıklama	Tarih Aralığı
1 Mühendislik Mimarlık Basketbol Sorumlusu	12.2007<>05.2008
2 Mühendislik Mimarlık Basketbol Sorumlusu	01.2007<>06.2007
3 Bilgisayar Mühendisliği Laboratuvar Genel Sorumlusu	12.2006<>06.2007
4 Faaliyet Raporu Sorumlusu	01.2006<>06.2006

Bildiriler

	Yıl
Ulusal kongre, sempozyum, panel gibi bilimsel toplantılarda sunularak, programda yer alan özet metin olarak yayımlanan bildiri ya da poster veya gösteri	
1 Proje Park Organizasyonu 2008, 6-7 Mayıs 2008 Erciyes Üniversitesi, TÜBİTAK, Türk Telekom ve Kayseri Sanayi Odası (KAYSO), Kayseri - Türkiye. "Görüntü Tanıma Yöntemleri ile Seramik Ürünlerin Kalite Değerlendirmesi" - Poster. Poster No: PO22708.	2008
2 ÇOMÜ Proje Pazarı,9 Mart 2008. Kolin Otel-Çanakkale. Görüntü Tanıma Yöntemleri Kullanılarak Seramik Ürünlerinin Kalitelerinin Değerlendirilmesi Ve Sınıflara Ayrılması" isimli proje ile sergiye katılım.	2008

Toplumsal Etkinlikler

		Yıl
<u>Kamu Kurum ve Kuruluşlarında Alınan Görevler ya da Katkılar</u>		
1	Görme ve bedensel engellilere Avrupada geçerli ECDL sertifikalı 250 saatlik bilgisayar işletmenliği kursununun 90 saatinin verilmesinde eğitmen olarak görev alınması.(Görme Engellilerin Türkiyede ilk)	2007

Hobi ve İlgi Alanları

Başlık	Açıklama
1 Hobi	Basketbol
2 Hobi	Müzik (Gitar)

Diğer

Başlık	Açıklama	Tarih Aralığı
1 Yüksek Lisans	Eylül 2005'de Yüksek Lisansa başladım. Eylül 2006'dan itibaren yüksek lisans tez aşamasındayım	09.2005<>06.2007