

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İDRAR MİKROSKOBİSİNDE KARŞILAŞILAN CİSİMLERİN OTOMATİK
SINIFLANDIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisi Salih Gökhan Çağrı ÇELİK

**AĞUSTOS 2006
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İDRAR MİKROSKOBİSİNDE KARŞILAŞILAN CİSİMLERİN OTOMATİK
SINIFLANDIRILMASI**

Bilgisayar Mühendisi Salih Gökhan Çağrı ÇELİK

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Bilgisayar Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14.08.2006
Tezin Savunma Tarihi : 31.08.2006**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Murat EKİNCİ
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Pehlivan
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ali Gangal**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Trabzon 2006

ÖNSÖZ

Bilim ve Teknoloji, insanoğlunun daha rahat ve aynı zamanda daha yüksek standartlarda yaşama çabasının bir tezahürü olarak sürekli kendini yenilemekte ve daha verimli hale gelmektedir. Aynı zamanda elde edilen bilgilerin toplumsal hayatta kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Bilgisayar ve elektronik teknolojileri halen gözde teknolojiler arasındadır ve her meslek grubundan insan bu teknolojilerin kendi alanında getireceği yenilikler yakından takip etme zorunluluğunu hissetmektedir. Eskiden köklü bir geçmişe sahip yöntemler tercih edilirken artık hep daha yeni ve daha hızlı, daha “otomatik” yöntemler peşinde koşulmakta ve bu da bir gelişmişlik emaresi olarak görülmektedir.

Kanımızca insanoğlunun nihai hedefi, insanın her gün gerçekleştirdiği eylemleri aynı sıradanlık ve kolaylıkla yapabilen makineler icat etmek ve bu şekilde “kendisine daha çok vakit ayırmak”, insan olmanın ayırt edici özelliği olan hata yapma lüksünü minimuma indirmek ve yine bir insani özellik olan farklılıkları, bir standarda bağlamak olarak özetlenebilir.

Konumuz olan Bilgisayarla Görüntü Analizi ise yukarıda bahsedilen amaca en çok hizmet etmesi düşünülen alanlar arasındadır. İnsanların “gördükleri” üzerine inşa edilmiş *karar verme mekanizmaları* kısa zamanda yorgunluk, farklılık, tecrübe gibi birçok insani etkenden etkilenmekte, standartlar koymayı ve bunları sistemli bir şekilde kontrol etmeyi, varsa sapmaları tespit ederek kalibrasyonlar yapmayı olanaksız kılmaktadır. Oysa bunlar günümüzde yaygınlaşan standardizasyon çalışmalarının temelini teşkil etmektedir.

Daha birkaç yıl önceki bilgisayarların gerek işlem kapasiteleri ve hızları, gerekse depolama alanları bu konuda çok yetersiz veya çok pahalı iken, teknolojinin bu hızlı gelişimi neticesinde bilgisayar donanım kapasitelerinin artması ve ucuzlaması neticesinde artık bu tarz uygulamaların tekrar gözden geçirilmesi, yıllardır teorisi bilinen Görüntü İşleme ve Sınıflandırma yöntemlerinin pratik uygulamalarda daha çok yer alması gerektiğine inanıyoruz. Özellikle medikal alanda dışa bağımlı olan ülkemizde bu tür çalışmaların yapılmaması ve neticelerinin dünya pazarına sunulmaması için bir engel göremiyoruz.

Tez ile ilgili çalışmalarımızda kapısı bize günün her saatinde açık olan hocamız Sn. Yrd. Doç. Dr. Murat Ekinci Bey’e teşekkürü bir borç biliriz.

S.G. Çağrı ÇELİK

Trabzon – 2006

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Mikroskobi	1
1.2. Temel Görüntü İşleme Teknikleri	4
1.2.1. Gürültü Giderme.....	4
1.2.1.1. Komşuların Ortalaması (Neighborhood Averaging).....	5
1.2.1.2. Komşuların Sıralaması (Neighborhood ranking)	8
1.3. Şekilsel Özelliklerin Üretilmesi.....	11
1.3.1. Nesne Büyüklüğü (Alan).....	11
1.3.2. Denk Çap.....	13
1.3.3. Çevre.....	14
1.4. Şekil Tanımlama.....	14
1.5. Sınıflandırma (Classification) ve Tanımlama (Recognition).....	16
1.5.1. Şablon Eşleştirme (Template Matching).....	16
1.5.2. Parametrik Tanımlama (Parametric Description).....	17
1.5.3. Karar Noktaları	19
1.5.4. Çok Boyutlu Sınıflandırma.....	20
1.6. Öğrenme Sistemleri	22
1.6.1. k-Enyakın Komşu (k-nearest Neighbor) ve Küme (Cluster) Analizi.....	22
1.6.2. Uzman Sistemler.....	24
1.6.3. Sinir Ağları (Neural Nets)	24
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	26
2.1. Konu ile İlgili Ön Bilgi Toplanması ve Problemlerin Tespiti	26
2.1.1. Laboratuar Teknisyenleri ile Görüşme	26
2.1.1.1. İdrarın Kimyasal Tetkiki	26

2.1.1.2.	İdrar Mikroskopisi	29
2.1.2.	Klinisyenlerle Görüşme	30
2.1.3.	Otomatik İdrar Mikroskopisi Yapan Cihazlar	31
2.1.3.1.	Sysmex -UF 100	31
2.1.3.2.	IRIS – IQ200	34
2.1.4.	İdrarda Görülebilecek Şekilli Elemanların Özelliklerine Göre Listelenmesi.....	37
2.2.	Çalışmanın Temelleri	41
2.2.1.	Amacımız	41
2.2.2.	Üzerinde Çalışılacak Görüntülerin Özellikleri	41
2.2.3.	Varsayımlar	42
2.2.4.	Veri Tabanı	43
2.2.5.	Kullanılacak Yazılım Teknikleri ve Yazım Dili.....	44
2.2.6.	Nesne Tabanlı Yaklaşım.....	46
2.3.	Görüntünün Cisim Bulunmasına Hazırlanması.....	46
2.3.1.	Cismin Arka Plandan Ayırt Edilmesi	47
2.3.1.1.	Kenar Algoritması	47
2.3.1.2.	Eşik Değer	49
2.4.	Kullanılan Şekil Özellikleri ve Ele Alma Şekli.....	55
2.5.	Ayırt Edici Şekilsel Özellikler ve Tanımlamaları	58
2.6.	Yazılan Uygulama	59
3.	Yapılan Uygulama.....	63
3.1.	Öğrenme Aşaması.....	63
3.2.	Test Aşaması	66
4.	BULGULAR ve TARTIŞMA	72
5.	SONUÇLAR.....	74
6.	ÖNERİLER	76
7.	KAYNAKLAR.....	77

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Bu çalışmada amaçlanan, teorik görüntü işleme ve sınıflandırma tekniklerinin günlük hayatta ihtiyaç duyulan bir alana nasıl uygulanabileceğinin araştırılmasıdır. Bu amaçla idrar mikroskobisinde karşılaşılan cisimlerin sınıflandırılması konusunda bir ön çalışma yapılmıştır.

Çalışmayı günlük hayattan elde edilen bilgilerle beslemek amacıyla öncelikle konunun önemi, mevcut yöntemlerle nasıl yapıldığı, ne gibi zorlukları içerdiği ve karşılaşılan problemleri tespit etmek amacıyla hastanelerde çalışan laboratuvar teknisyenleri ve idrar mikroskobisi sonuçlarını değerlendiren klinisyenler ziyaret ederek konunun analizi yapılmıştır.

Daha sonra mevcut teknolojiler araştırılmış ve bunların kullandıkları yöntemler gözden geçirilmiştir.

Sonuçta yedi farklı cisimcik için bulunabilen örnek resimler öğrenme ve test grubu olarak ikiye ayrılmıştır. Belirli görüntü işleme teknikleri birer yöntem olarak belirlenerek öğrenme grubuna uygulanmış, çıkan değerlerin oluşturduğu aralık cismin tanınmasında bir kriter olarak kabul edilmiştir. Aynı yöntem test grubuna da uygulandığında çıkan sonuçlara göre hangi cins cisim için hangi yöntemin daha ayırt edici olduğu, yöntemler arasındaki farklılıkların cisim sınıflandırmasını nasıl etkilediği üzerinde durulmuştur.

Başta da belirtildiği gibi bir ön çalışma mahiyetinde olan tezde ileri çalışmalar için gerekli rutinler hazırlanmış, belirlenen bir yöntemi tüm öğrenme ve test grubuna otomatik uygulayan ve çıkan sonuçları raporlayabilen bir yazılım geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Görüntü İşleme, Sınıflandırma, Tresholding, Kenar Tanımlama, İdrar Mikroskobisi, Şekilli Elemanlar, Görüntü Analizi

SUMMARY

Classification of Microscopic Images of Urine Sediments

The aim of this study was to investigate how to apply the theory of image processing and classification techniques on an all-day area where it is needed. For this purpose a pre-study on the classification of sediments seen in urine microscopy has been made.

To feed the study with all-day data, the analysis of the theme has been made by visiting the laboratory workers doing the job and the doctors using the results of urine microscopy and the importance, how it is done with current methods, what the difficulties are and what kind of problems occur has been identified.

After that, existing technology and the methods they use has been studied.

At last, the pictures that could be found for seven different sediment has been divided into two group one of which was the learning group and the other one the testing group. Certain image analysis methods are bound together as applications and are applied to the learning group, the range that the results form has been accepted as a criterion on determining the sediment. By using the result of applying the same applications to the test group, it has been discussed which applications are more deterministic for which kind of sediments and how the differences between applications affect the classification of the sediments.

As told before, since this is kind of a pre-study, the processes for further studies has been prepared and a software where a defined application can be applied on the learning and testing group and the results reported has been developed.

Key Words : Image Processing , Classification, Tresholding, Edge Detection, Urine Microscopy, Sediment Analysis, Image Analysis,

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. İdrar damlasının mikroskopik görüntüleri.....	1
Şekil 2. Normal ve amorf hücre görüntüleri.....	2
Şekil 3. Orijinal görüntü (Granüler Silindir).....	5
Şekil 4. 3x3 lük kare alanda ortalama.....	5
Şekil 5. 5x5 lik kare alanda ortalama	5
Şekil 6. 3x3 çekirdek örneği.....	6
Şekil 7. Ağırlıkları 1 den farklı 3x3 çekirdek örneği.....	7
Şekil 8. Orijinal resim.....	7
Şekil 9. 3x3 lük çekirdek ile ortalama	7
Şekil 10. 5x5 lik çekirdek ile ortalama	7
Şekil 11. Orijinal resim.....	9
Şekil 12. Orta Değer (3x3)	9
Şekil 13. Orta Değer (5x5)	9
Şekil 14. Ortalama (5x5) + Orta Değer (5x5).....	9
Şekil 15. Orta Değer (5x5) + Ortalama (5x5).....	10
Şekil 16. Geliştirilmiş Orta Değer (5x5)	11
Şekil 17. Farklı alan değerlendirmeleri	12
Şekil 18. Çevre hesaplama yöntemleri	14
Şekil 19. Parametrik tanımlamaya göre meyvelerin sınıflandırması.....	17
Şekil 20. Karar eşiği ve hata payları.....	19
Şekil 21. Çok boyutlu sınıflandırmada ilave eksen kullanımı.....	20
Şekil 22. Dağılımların ayrıştırılması için kullanılabilecek eksenler	21
Şekil 23. k-YK ve küme analizi yöntemlerinin ele alabildikleri sınıf dağılımları	23

Şekil 24. Eşik değer mantık birimi	25
Şekil 25. İdrar stripleri.....	27
Şekil 26. Manuel strip okuyucu.....	27
Şekil 27. Yarı otomatik strip okuyucu.....	28
Şekil 28. Tam otomatik idrar kimyasal analizörü.....	28
Şekil 29. Sysmex –UF100 cihazı.....	31
Şekil 30. Kan sayım cihazı ekran görüntüsü	32
Şekil 31. UF100 Cihazının sınıflandırma kriterleri -1.....	33
Şekil 32. UF100 Cihazının sınıflandırma kriterleri -2.....	33
Şekil 33. UF100 cihazında kullanılan Flow Cytometrie yöntemi	33
Şekil 34. IQ200 Cihazı	35
Şekil 35. IQ 200 Cihazı çalışma sistemi.....	35
Şekil 36. IQ200 Cihazı ekran görüntüsü	36
Şekil 37. IQ200 sınıflandırma kriterleri	37
Şekil 38. Teze konu cisimlerin sınıflandırma ağacı	38
Şekil 39. Eritrosit kümesi	42
Şekil 40. Ürik Asit Kristali Kümesi	42
Şekil 41. Üst üste gelmiş hücreler	43
Şekil 42. Kenar algoritması uygulama örnekleri.....	47
Şekil 43. Değişik kenar filtrelerinin etkileri	48
Şekil 44. Kenar maskesi uygulanmış görüntüde eşik değer 250 alınarak elde edilen görüntüler	49
Şekil 45. Eşik değeri belirlenebilen görüntü	50
Şekil 46. Eşik değeri belirlenemeyen görüntü.....	50
Şekil 47. Ele alınan görüntüler (Cisimler köşelere temas etmiyor).....	50
Şekil 48. Dört köşe noktadan oluşan eşik değerinin uygulanması	51

Şekil 49. Dört köşe noktanın ortalaması +/- %5.....	52
Şekil 50. Dört köşe noktanın belirlediği aralık +/- %5.....	53
Şekil 51. Yöntemlerin karşılaştırılması	55
Şekil 52. Cisim bulma örnekleri	57
Şekil 53. Yazılan uygulamanın menüleri	60
Şekil 54. Görüntü İşleme Tekniklerinin kullanıldığı uygulama ekranı	61
Şekil 55. Sıralı işlemlerin uygulanarak sonuçların değerlendirildiği ekran görüntüsü	61
Şekil 56. Verilerin otomatik işlendiği ve değerlendirildiği ekran görüntüsü	62
Şekil 57. Öğrenme grubundaki her bir resim için bulunan değerler	64
Şekil 58. Parametrik dağılım grafiği.....	65
Şekil 59. Öğrenme grubu dağılım grafiği - Yuvarlaklık/Sağlamlık	66
Şekil 60. Kullanılan uzaklık ve sapma kriterlerinin gösterimi	67
Şekil 61. Benzerlik kriteri grafiği	67
Şekil 62. Test grubuna ait örnek bir resim (Cins numarası7).....	68

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Şekil kriterleri	15
Tablo 2. İdrarda görülebilecek teze konu cisimler ve özellikleri.....	38
Tablo 3. Teze konu cisimlerin patolojik önemi	39
Tablo 4. Kullanılan resimlerin cinslere göre dağılımı	63
Tablo 5. Şekil kriterlerine göre bir resmin benzediği cins sıralaması	68
Tablo 6. Yöntemlerin tahmin değerleri.....	69
Tablo 7. Yöntemlerin Başarım Yüzdeleri.....	70

1. GENEL BİLGİLER

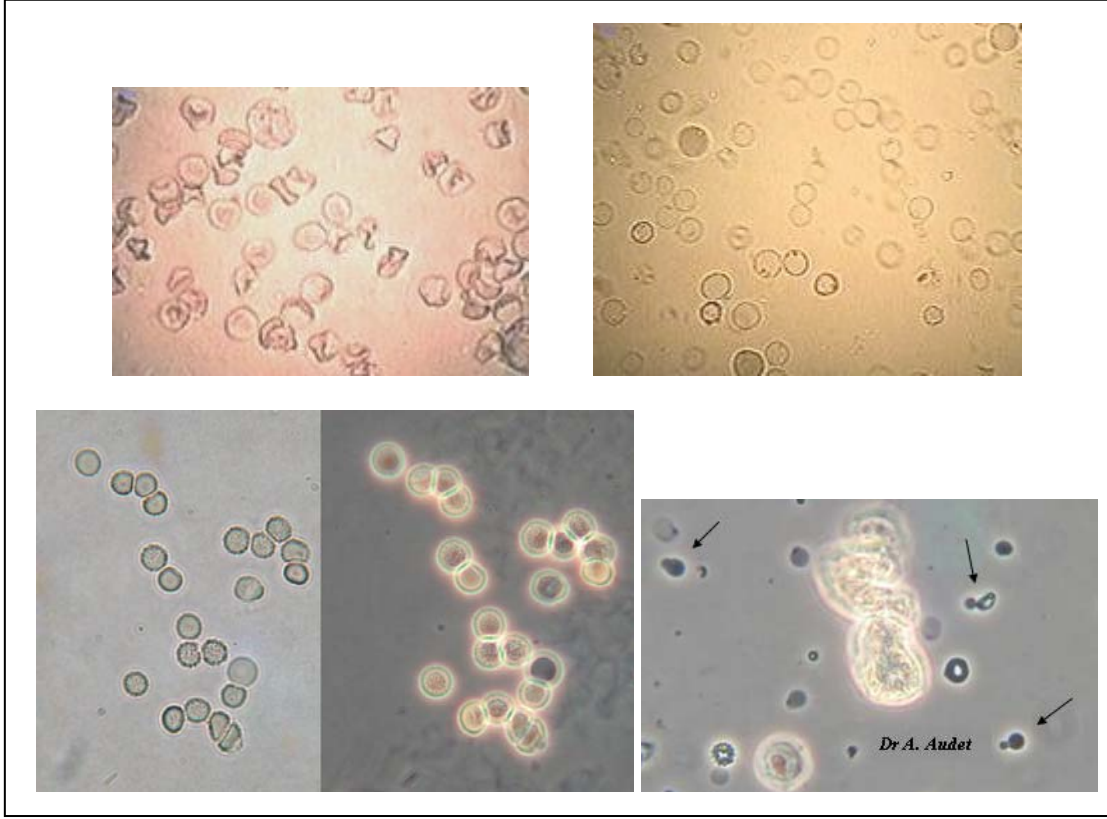
1.1. Mikroskopi

Mikroskop, keşfedildiği günden beri tıbbi tanı alanında vazgeçilmez bir yere sahip olmuştur. Normal ve sağlıklı bedenlerde bulunmayan mikroorganizmaların hasta bünyelerde tespit edilmesi bu mikroorganizmaların ortadan kalkması ile hastalığın belirtilerin de giderilmesi bilinen bir tedavi yöntemidir. Bunun dışında vücutta (özellikle kanda) bulunması gereken hücrelerin gerektiği sayıda bulunmaması gibi durumlar da hastalıkların teşhis ve tedavisinde rol almaktadır. Ayrıca şekli ve özellikleri bilinen hücrelerin şekillerinin bozulması (Amorf Hücre) de hastalıklar için önemli bir belirtidir. Buradan anlaşılacağı gibi mikroskopinin iki temel kullanım alanı vardır[6]:

- 1) Sayım
- 2) Amorf (Şekli Bozulmuş) Hücrelerin Tespiti



Şekil 1. İdrar damlasının mikroskobik görüntüleri.



Şekil 2. Normal ve amorf hücre görüntüleri

Ancak anlaşılacağı üzere sayım yapabilmek için bir sıvının içerisindeki yüzlerce, belki binlerce parçacığı önce bulmak ve ardından sınıflandırmak gerekmektedir[6]. Burada karşımıza şu temel problemler çıkmaktadır:

Normal bir mikroskopta incelenen alan, alınan sıvı miktarıyla karşılaştırılmayacak kadar küçükken, bu alan içerisinde aranan mikroorganizma gözle tespiti çok güç bir küçüklükte olabilir. Üstelik her ne kadar sıvının homojen olduğu varsayılsa da o anda incelenen sıvı damlacığının içerisinde bulunmayabilecek kadar ender de görülebilir. Dolayısıyla kullanıcı:

- a) Alanın tamamını, sırayla taramalı.
- b) Birden çok preparat hazırlayarak aynı hasta için bu işlemi birden fazla yapmalıdır.
- c) Genellikle aranan, belirli bir cisim değildir. Daha çok mikroskobik inceleme sonucu “bulunan-görülen” parçacıklar üzerinden teşhis yapılır. Bu da odaklanmayı etkilemektedir.

- d) Sadece bulmak yeterli olmamakta, bir de bulunan parçacıkların sayımının yapılması gerekmektedir. Yukarıda sözü geçen az bulunan partiküllerin yanında, bir alanda çok sayıda (onlarca hatta yüzlerce) bulunması normal olan parçacıklardan da söz edilebilir. Burada tam ve doğru sayım önemlidir.
- e) Mikroskopik inceleme sonuçları yapan kişiyle çok yakından ilgilidir. Kişinin yorgun olması, moralsiz ve isteksiz olması gibi psikolojik etkenlerden daha da önemlisi tecrübesidir. Tecrübeli Laborantlar bir görüntüyü, diğer meslektaşlarına göre daha farklı sınıflara koyabilmektedirler.
- f) Yukarıda belirtilen zorlukların yanında bir de günlük belirli bir mesai zarfında yapılması gereken mikroskopik incelemenin sayısının da belli olması, mikroskopik incelemeler yapılırken gereken ihtimamın gösterilememesi sonucunu doğurmaktadır.
- g) Bu tezde mikroskopik incelemenin rutinde en çok kullanılan örneklerinden olan “İdrar Mikroskopisi” üzerinde duruldu. Alınan mikroskopik görüntülerin analiz edilerek bulunan hücrelerin sınıflandırılması konusuna değinildi.

Yukarıda değinilen problemlerin bu alandaki karşılığı ise şu şekildedir:

- a) Kristaller veya silendirler idrarda çok nadir bulunması bile patolojik neticeleri olan cisimlerdir. Bunun için her bir hasta idrarından en az 3-5 alan ve bu alanların da tamamı taranmalıdır.
- b) Kullanıcı aynı görüntü üzerinde 20-30 farklı cisim görebilmekte ve bunların bir kısmı diğerlerine çok benzemektedir. Doktorun ilgilendiği ise hangi nesneden kaç adet bulunduğudır. Dolayısıyla her bir nesne sınıfı kendi içinde sayılmalı ve sayısal bir değer üretilmelidir.
- c) Bazı parçacıklar nadiren görüldüğünden, bazıları ise çok değişik şekillerde görülebildiğinden ancak tecrübeli gözler bunları ayırt edebilmektedir.
- d) Bir ilçe hastanesinde dahi günde 50-100 arası idrar mikroskopisi yapılmalıdır (ancak yapılamamaktadır). Prepatlarının hazırlanması, yerleştirilmesi ve taranması, sayımlarının yapılması ve not edilmesini içeren standart bir mikroskopik inceleme en hızlı Laborantlar tarafından bile ancak 5 dakikada yapılabilmektedir. Bu da günlük 6-12 saat gibi bir çalışmaya

karşılık gelir ki özellikle ilçe hastanelerinde bu işi bir tek kişinin yaptığı ve normalde mikroskoba dinlenmeden en fazla 30 dakika bakılabildiği dikkate alınırsa bunun sebebi de anlaşılabilir.

1.2. Temel Görüntü İşleme Teknikleri

Bu bölümde özellikle tez konusu olan mikroskobik incelemeler esnasında elde edilen görüntülerin işlenmesi ve karar verici mekanizmalarda kullanılacak yöntemlerin en iyi performansı verecek şekilde çalışabilmesi için hazır hale getirilmesinde kullanılabilecek yöntemler üzerinde durulacaktır.

Mikroskobik inceleme esnasında alınan görüntüler her zaman standart ve kaliteli olamamaktadır. Bunun başlıca nedenleri:

- a) Kısa bir sürede büyük bir alanın resminin digitalize edilmesi gerekmektedir.
- b) Kullanılan mikroskoplar genellikle eski ve yıpranmıştır.
- c) Mikroskoplarda kullanılan mercekler eski ve yıpranmıştır.
- d) Kullanılan kameralar (varsa) düşük kapasitelidir.

Her ne kadar, elde edilen kalitesiz görüntü üzerinde çalışmaktansa daha kaliteli görüntü elde etmeye çalışmak daha mantıklı gözükse de aslında çok da verimli olamayabilmektedir. Üzerinde çalışılacak resimle ilgili düşük standartlar tanımlamak:

- a) Mevcut donanımın kullanılmasına olanak sağlayacaktır.
- b) Yapılacak uygulamanın kullanım alanını genişletecektir.

Bu bağlamda aşağıdaki yöntemleri tanıtmaya gerekliliği ortaya çıkmıştır.

1.2.1. Gürültü Giderme

Gürültü pek çok farklı şekilde oluşabilecek bir unsurdur. Gürültülü resimler üzerinde yapılacak işlemler sonucu elde edilen değerler ciddi bir biçimde değişmektedir.

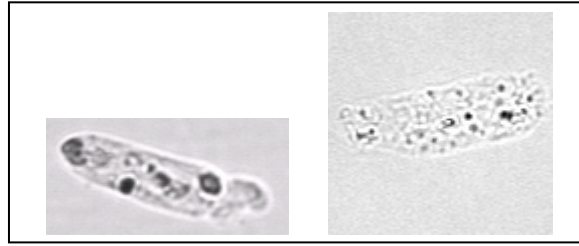
Gürültü azaltma yöntemlerinin tamamı şu iki varsayımdan yola çıkmaktadır[1]:

- 1) Resimdeki pikseller önemli olan tüm detaylardan daha küçüktürler
- 2) Mevcut birçok pikselin komşuları, kendisiyle aynı yapıyı gösterir.

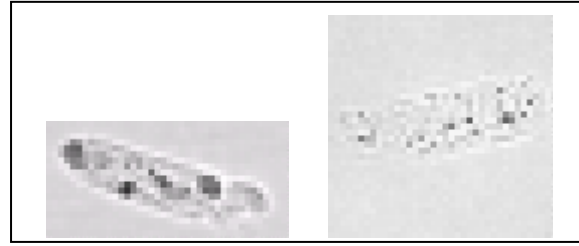
Bu varsayımlara dayanarak birçok farklı ortalama (averaging) ve karşılaştırma (comparison) yöntemleri uygulanabilir.

1.2.1.1. Komşuların Ortalaması (Neighborhood Averaging)

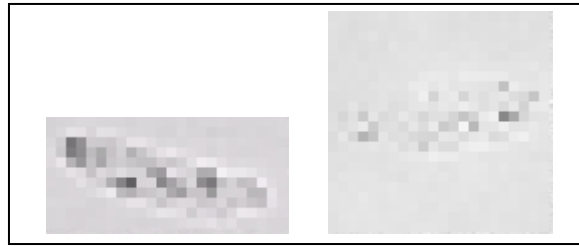
Kısmi (spatial) ortalamanın en basit uygulama şekli, belirli bir alandaki tüm piksellerin değerlerinin ortalamasını alarak bu değerlerden yeni bir resim oluşturmaktır. Bu yöntemde Ortalama Değer (Mean) ismi verilir.[8]



Şekil 3. Orijinal görüntü (Granüler Silindir)



Şekil 4. 3x3 lük kare alanda ortalama



Şekil 5. 5x5 lik kare alanda ortalama

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi bu aslında daha az piksel içeren yeni bir resim oluşturur. Bu ise yine yukarıda görüldüğü gibi resmin kalitesini ciddi bir şekilde düşürmekte ve bir kısım ayrıntılar artık ayırt edilemeyecek hale gelmektedir.

Daha çok uygulanan bir yöntem ise, her bir pikselin yerine, kendisiyle birlikte çevresindeki piksellerin değerlerinin ortalamasını koyarak yeni bir resim oluşturmaktır. Bu işleme ise “çekirdek(kernel)” işlemi adı verilmektedir. Zira işlem, belirli bir alandaki piksel değerlerinin bir dizi tamsayı ile çarpılması olarak genellenebilir. Bu işleme aynı zamanda Fourier uzayında bir işleme karşılık geldiği için “bükülme-katlanma (convolution)” işlemi olarak da adlandırılır. [10]

Burada kullanılan çekirdekler sadece $n*n$ boyutunda olabilir ve çekirdeğin merkezi, ilgilendiğimiz pikselin üzerine geldiği düşünülerek, çekirdeğin üzerindeki her bir ağırlık katsayısı o alandaki piksel değeriyle çarpılması ile oluşan değerlerin toplamalarının toplam ağırlığa bölünmesi ile çıkan değer kullanılır.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Şekil 6. 3x3 çekirdek örneği

Burada karar gerektiren bir konu ise çekirdeklerin oturtulamayacağı kenar ve köşe pikselleridir. Resmin yansımasını almak gibi bazı yöntemler kullanılsa da tezde çekirdekler sadece uygulanabilecek piksellerde kullanılmış, diğerlerine hiçbir işlem yapılmamıştır.

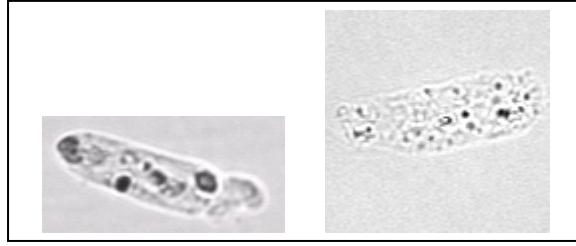
Kullanılan çekirdeğin boyutları büyüdükçe gürültü giderme çok daha başarılı olmaktadır. Ancak bulanıklık arttığından nesnelerin kenar bilgileri de o derece zayıflamaktadır.

Bulanıklaşma oranını azaltırken bir taraftan da gürültü filtrelemesini yapabilmek için uygun bir yol, ağırlıkları 1 den farklı olan çekirdekler kullanmak olabilir.

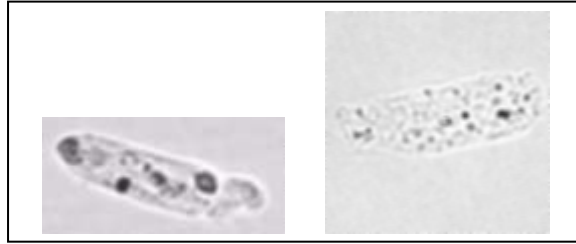
$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Şekil 7. Ağırlıkları 1 den farklı 3x3 çekirdek örneği

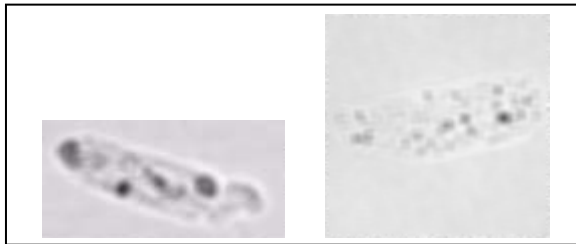
Örneğin yukarıdaki çekirdek birçok karakteristik özellik göstermektedir. Öncelikle merkez ağırlığın 4 olması işlem gören pikselin ortalamaya katkısını arttırmaktadır. Ayrıca çapraz komşuların ağırlıklarının düz komşulara göre daha az olması, bunların gerçekte de $\sqrt{2}$ daha uzak olmasıyla örtüşmektedir. Son olarak da ağırlıkların toplamı $16 (2^4)$ dir ki bu da bir bilgisayar uygulamasında daha çok tercih edilecek bir bölendir.



Şekil 8. Orijinal resim



Şekil 9. 3x3 lük çekirdek ile ortalama



Şekil 10. 5x5 lik çekirdek ile ortalama

1.2.1.2. Komşuların Sıralaması (Neighborhood ranking)

Yukarıda bahsedilen yöntemlerin tamamı komşu piksellerin aynı cisme ait oldukları için benzer özellikler gösterdikleri varsayımından hareket ederler. Ancak bu nesnelere kenarlarına ait değerler için kesinlikle yanıştır. Bu yüzden ortalamaya dayalı yöntemler, - çekirdeklerin ağırlıkları değiştirilerek kısmen azaltılabilirse de- resmin üzerinde, kenarların bulanıklaşması etkisini oluşturmaktadır ki bu da istenilen bir şey değildir.

Ağırlık çekirdeklerinin kullanılması, frekans uzayında doğrudan bir karşılığı olan lineer bir yöntemdir ve tüm pikseller kullanıldığı için orijinal resimden veri kaybına sebep olmaz. Ancak gürültü filtrelemede orijinal resimdeki tüm veriyi kullanmayan ve lineer olmayan yöntemler de uygulanabilir. [13]

Bunlardan birisi de komşu piksel değerlerini sıraladıktan sonra bunlardan birisini (örneğin ortadaki değeri) merkez piksel değeri olarak kullanmaktır. Burada tamamen yeni bir resim oluşturulurken sadece orijinal resim değerleri kullanılır. Bu yöntem ise Orta Komşu Değeri (Median) ismi verilir.

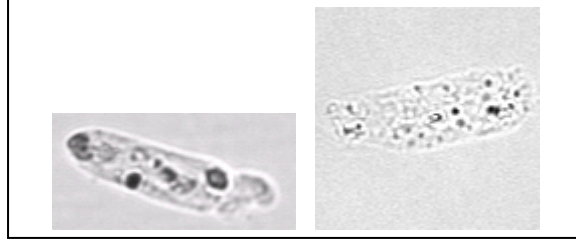
Bu yöntem özellikle belirli tip gürültülerin ayıklanması için idealdir. Mesela belirli piksellerin çekim esnasında kaydedilemediği veya kameralardaki sensor bozuklukları yüzünden çok yüksek değerlere atandıkları durumlarda, komşu değerler arasından daha “mantıklı” bir değer bulunarak bunun yerini alması çok kullanışlıdır. Bu tip hatalar “ölü” reseptörlü CMOS kameralarında ve interferans mikroskoplarında, belirli bir noktada yüksek bir eğime sahip bir yüzeydeki hiç ışık geçirmeyen noktalarda oluşabilir.

Orta Komşu Değeri yönteminin Ortalama Değer yöntemine üstünlüğü şunlardır:

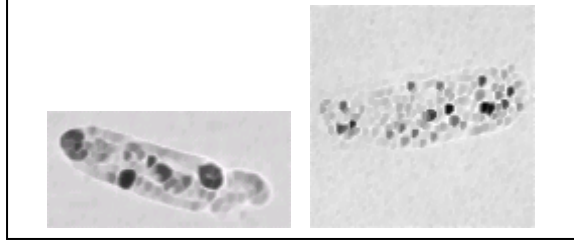
- a) Bu yöntem yeni ve ortalama bir değer değil de, zaten mevcut bir komşu değerini kullandığı için geçişler arasındaki değer aralıklarını küçültmez.
- b) Bu yöntem, diğerinde komşu değerlerin birbirlerine karşı büyüklüklerine bağlı olarak ortaya çıkabildiği gibi, kenarları ötelemez.

Bu sebeplerden dolayı da diğer yöntemlere göre görsel incelemelerde ve imgelerin ölçeklenmesinde tercih edilen bir yöntemdir [13]

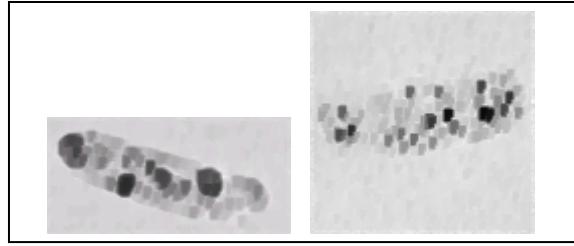
Aşağıda aynı mikroskopik görüntüye uygulanmış değişik filtreleme yöntemlerinin birbiriyle karşılaştırılması görülebilir.



Şekil 11. Orijinal resim

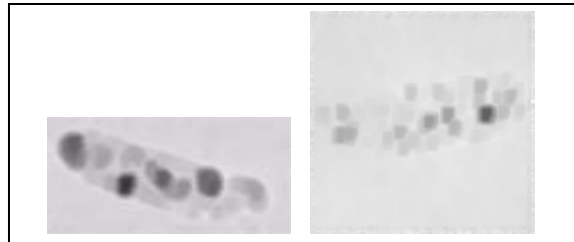


Şekil 12. Orta Değer (3x3)



Şekil 13. Orta Değer (5x5)

Dikkate değer bir husus, sıralamanın önemli olmasıdır. İşlemleri yapış sırasına göre sonuç değişebilmektedir.



Şekil 14. Ortalama (5x5) + Orta Değer (5x5)



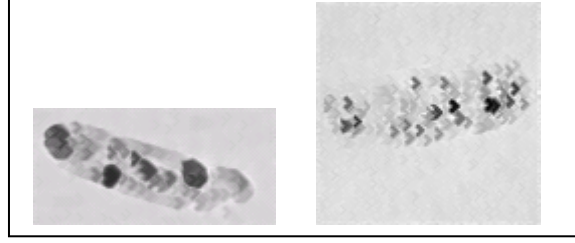
Şekil 15. Orta Değer (5x5) + Ortalama (5x5)

Kenarların daha belirginleştirilmesi için Orta Komşu Değeri yöntemini geliştirmek gerekebilir. Bu amaçla yapılabilecekler arasında, bir mod filtresinin [10] uygulanması olabilir. Ancak küçük komşuluk alanlarında bir mod belirlemek çok güçtür. Buna yakın bir sonuç ise komşu değerleri sıralarken ortalama değerden en uzak olan değerlerden bazılarını (örneğin 2 değeri) sıralamaya katmamak ve kalanları sıraladıktan sonra yine ortadaki değeri almakla sağlanabilir. Sıralamayı yaptıktan sonra ortalama değere en yakın değer seçilmesi de bir alternatif olabilir.

Komşuluk değerlerin yarısından daha ince kenarların silinmesine engel olmak için Orta Değer filtresinde yapılan bir diğer geliştirme ise *Hibrid veya Köşeleri Koruyan Orta Değer* adı verilen yöntemdir. Bu yöntem aslında üç basamaklı bir sıralama yöntemidir. 5x5lik bir komşulukta komşular , X şeklini oluşturan çapraz komşular ve + şeklini oluşturan düz komşular olarak gruplandırılabilir. Daha sonra çapraz komşuların orta değeri, düz komşuların orta değeri ve orta piksel değeri sıralanarak bunların orta değeri yeni değer olarak alınır.

Bu yöntem kullanıldığında[1]:

- a) Kenar ve köşe detayları korunur
- b) Alanların şekilleri yumuşamaz
- c) Basamaklar arasındaki değerler keskinleştirilir.



Şekil 16. Geliştirilmiş Orta Değer (5x5)

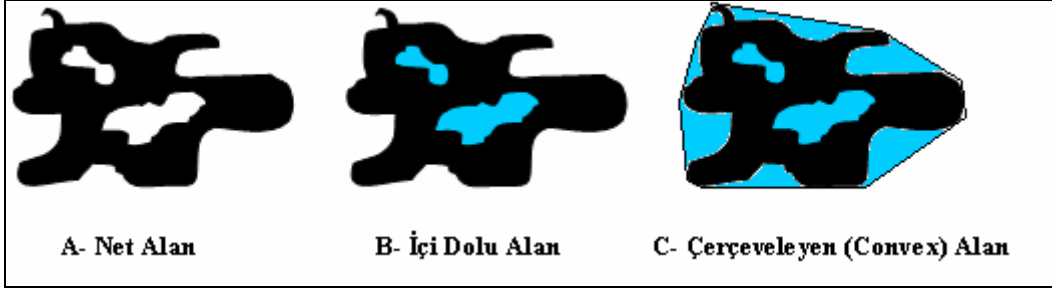
1.3. Şekilsel Özelliklerin Üretilmesi

Bu bölümde temel görüntü işleme tekniklerinden bahsedilecek. Bu tekniklerin tamamı tezde kullanılmamış olsa da, konu bütünlüğünün sağlanması için teze dâhil edildi. Her ne kadar ön varsayım olarak doğru bir segmentasyonun yapılmış olduğundan yola çıkılmış olsa da segmentasyonda kullanılan birtakım teknikler sınıflandırmada da kullanıldığından bunların tamamına yakınına burada değinilmeye çalışıldı.

1.3.1. Nesne Büyüklüğü (Alan)

Nesnelerin büyüklüğü denince akla önce nesnenin alanı gelir. Piksel tabanlı bir görüntüleme sisteminde ise bu doğrudan cisme dâhil olan piksellerin sayılması ile elde edilir. Doğal olarak nesnelerin 2 boyutlu görüntülerinin gerçek görüntüleri ile eşleştirilmesi yapılırken mikroskopik incelemede cismin ancak dış çeperinin görünebildiği ve 3 boyutlu cisimlerin farklı yönlerden görülebileceği hesaba katılmalıdır. Ancak Lam-Lamel arası uzaklık belirli bir derinlik oluştursa da bunun minimum olduğu ve nesnelerin çoğunun yatay düzlemde görüldüğü varsayılmıştır. Yine de bilinen nesnelere için birden fazla örnek görüntü temin edilmeye çalışılmış ve bunlar üzerinde çalışılmıştır.

Nesnelerin alanlarını, piksellerin adedi ile belirlemek gibi basit bir yaklaşımda bile bazı kararların verilmesi gerekmektedir. Örneğin nesne içindeki boşluklar alana dâhil edilecek midir? Ayrıca cismin çevresinde girinti ve çıkıntılar olabileceği düşünülürse bunların cismin alanına dâhil edilip edilmeyeceği de karar gerektiren bir konudur. Aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi bu durumda bir nesne için üç farklı alan bilgisi elde etmek mümkündür[16]:



Şekil 17. Farklı alan değerlendirmeleri

Tezimizin konusu olan nesnelere için alan bilgisi olarak Çerçeve (Convex) Alan'ı kullanmanın daha uygun olacağı görüşündeyiz. Böylece:

- İlgilenilen nesnelere büyük girinti ve çıkıntılar göstermemektedirler.
- Gürültüden doğan alan büyümesi ortadan kalkacaktır.
- Nesnelerin dış yüzeylerinde meydana gelen çok küçük girinti ve çıkıntılar alan bilgisini fazla etkilemeyecektir.
- İlgilenilen nesnelere alan bilgisi asıl olarak nesnelere şekillerinin tespit edilmesinde kullanıldığından meydana gelecek değişiklik nesnenin temel şeklini değiştirmeyecektir.

İlk iki alan bilgisi doğrudan piksel sayımıyla elde edilebilecek basit uygulamalardır. (Biri birine dokunan pikseller işaretlenerek cismi ve boşlukları oluşturanlar tespit edilerek bunların ayrı ayrı sayımı istendiği gibi kullanılabilir.)

Çerçeve (Convex) Alanın hesaplanması ise daha karmaşık bir algoritmayı beraberinde getirir. Bazı durumlarda belirli genişletme(dilation) ve erozyon kombinasyonları kullanılarak nesnenin çevresinde bir kabuk oluşturulduktan ve düzensizlikler ortadan kaldırıldıktan sonra piksel sayımı yapılarak bir alan bilgisi elde edilebilir.

Cismin etrafında n -kenarlı bir çokgen oluşturmada kullanılan diğer bir yaklaşım ise nesnenin taut-string veya rubber-band çevresi olarak anılır. Zira bu yöntemle nesneyi çevreleyebilecek en küçük alana sahip çokgen elde edilir.

Koordinat sisteminin eksenlerini döndürerek her yöndeki en düşük ve en yüksek piksel değerlerini elde etmek mümkündür. Koordinat sistemini çevirme, cismin çevre pikselleri için yeni x' , y' değerlerini hesaplama ve en düşük ile en yüksek değerleri tespit

etmek basit ve uygulaması kolay bir işlemdir. Herhangi bir α döndürme açısı için sinüs ve kosinüs değerlerine ihtiyaç duyulur. Genellikle bu değerler belirlenen açılar için bir tabloda tutulur.

Yeni koordinatlar:

$$x' = x * \cos\alpha + y * \sin\alpha \quad (1)$$

$$y' = y * \sin\alpha - x * \cos\alpha \quad (2)$$

olarak hesaplanabilir. Bu işlem bir dizi açı için gerçekleştirildiğinde oluşan her koordinat sistemindeki en uzak iki nokta yukarıda bahsedilen çokgenin köşegenlerini oluşturacaktır. Örneğin 18 basamaklı bir uygulamada (Resim 10'ar derecelik açılarla çevrilir) 36 köşegen ve kenarlı bir çokgen oluşur. Ancak çok uzun ve ince nesnelere çevreleyen çokgenin kenarlarla örtüşebilmesi için adım sayısı arttırılmalıdır.

Teze konu nesnelere görüntülerinde arka plan nesnelere net ayrıştırılmadığı için, alan belirlerken genişleme (Dilation) ve erozyon teknikleri uygulansa dahi nesnelere kenar bilgilerinde eksiklikler oluşabilir[12]. Bu yüzden bu teknik kullanılarak cismin kenarları yaklaşık olarak belirlenebilir ve aşağıdaki hesaplamalara temel teşkil edebilir.

1.3.2. Denk Çap

Alanı karşılık gelen çap cinsinden ifade etmek genellikle çok kullanışlıdır. Bu ise kolayca:

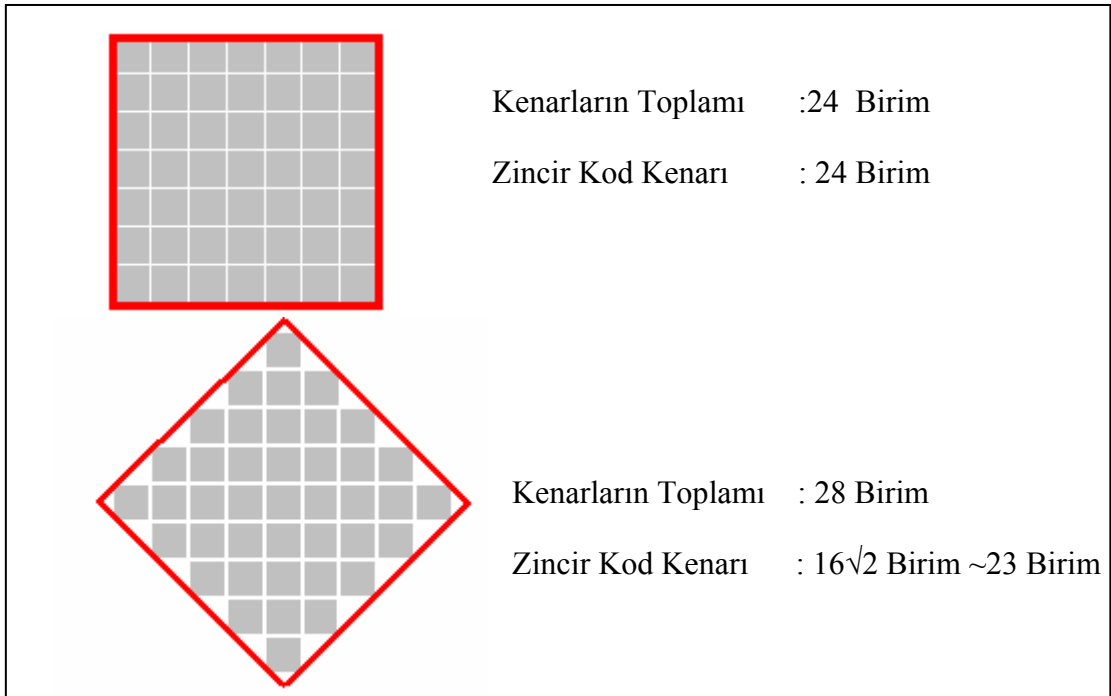
$$\text{Denk Çap} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \text{ Alan}}$$

Olarak hesaplanabilir. Değişik şekillere sahip nesnelere insan gözünü yanıltarak gerçek boyutla ilgili karar vermeyi zorlaştırabilir. Denk Çap ise büyüklüklerin karşılaştırmasında basit ve kullanışlı bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır[14].

Bunun yanında Denk Çap bir yuvarlaklık ölçütü olarak da kullanılabilir. Yuvarlak bir nesnenin alanına karşılık gelecek Denk Çap'ın çevreleyen çokgenin en uzun köşegenine oranı 1 e yakın bir değer vermelidir. Oysa ince ve uzun nesnelere bu oran daha düşük değerler verir. Kareye yaklaşan cisimler ise ara değerler verirler.

1.3.3. Çevre

Bir cismin çevresi tanımı sağlam ve aşına bir geometrik parametre gibi görünür. Ancak gerçekten de nesneyi tanımlayan bir sayısal değer elde etmek düşünüldüğü kadar kolay olmamaktadır. Bir yöntem, nesnenin arka plana dokunan piksellerinin sayılması olarak tanımlanabilir. Ancak bu yaklaşım gerçek çevreyi vermez. Zira köşelerden dokunan pikseller arası mesafe, kenarlardan dokunanlara göre daha fazladır. Daha kötüsü bu hatanın konumuyla ilgili olmasıdır. Dolayısıyla bir karenin çevresi duruş şekline göre değişmektedir. Aşağıdaki şekilde bu durum örneklenerek daha kesin bir yöntem olan zincir kod kenarıyla karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 18. Çevre hesaplama yöntemleri

Teze konu olan çalışmada çevreleyen çokgenin çevresi, nesnenin çevresi olarak düşünüldüğünde, çokgeni oluşturan noktalar arası basit pisagor uzaklıklarının toplamı nesnenin çevresi olarak tanımlanabilir[15].

1.4. Şekil Tanımlama

Şekilleri sözlü olarak tanımlamak zordur. Şekilleri kabaca da olsa tarif etmeye yarayan çok az sıfat vardır. Dolayısıyla nesnelere genellikle bir prototipe benzetme

yapılarak tanımlanmaya çalışılır. Örneğin bir nesne için yuvarlak denilebilir. Bu, o nesnenin dairesel özelliğinin ağır bastığını gösterir. Ancak bunu sayısal değerlerle ifade etmek gerçekten zordur.

En eski şekil tanımlayıcılar genellikle büyüklük parametrelerinin boyutu devre dışı bırakacak şekilde bir araya gelmesiyle oluşturulmuştur. Örneğin Orantı, en boy oranını verir ve büyüklüğün değişmesi bu oranı değiştirmez.

Onlarca büyüklük parametresi vardır ve bunlar boyutu devre dışı bırakıp bir şekli tanımlayabilecek yüzlerce şekilde bir araya getirilebilir. Ancak uygulamada sadece birkaç kombinasyon mevcuttur ve bunlar dahi güvenilir değildir. Aşağıda , büyüklük parametreleri kullanılarak oluşturulmuş en yaygın şekil parametrelerini gösterir.

Tezin konusu olan nesnelere için de belirli şekil parametreleri tanımlandı ve bu nesnelere parametrelerle ne kadar uyduğu gözlemlendi. Buna göre de nesnelere birbirinden ayırt etmeye olanak verecek parametre aralıkları tespit edilmeye çalışıldı.

Tablo 1 . Şekil kriterleri

Formfaktör =	$\frac{4\pi * \text{Alan}}{\text{Çevre}^2}$
Yuvarlaklık =	$\frac{4 * \text{Alan}}{\pi * \text{En Büyük Köşegen}^2}$
En Boy Oranı =	$\frac{\text{En Uzun Köşegen}}{\text{En Kısa Köşegen}}$
Çokkenlik =	$\frac{\text{Çokken Çevresi}}{\text{Çevre}}$
Sağlamlık (Solidity)	$= \frac{\text{Alan}}{\text{Çokken Alanı}}$
Sıklık (Compactness)	$= \frac{\sqrt{\frac{4}{\pi} \text{Alan}}}{\text{En Uzun Köşegen}}$

1.5. Sınıflandırma (Classification) ve Tanımlama (Recognition)

Tanımlama ve Sınıflandırma görüntü analizinin tepesinde yer alan ve birbirini tamamlayan fonksiyonlardır[9]. Sınıflandırma temelde bir görüntüde karşımıza çıkabilecek farklı popülasyonların birbirlerinden ayırt edilebilmelerine olanak sağlayacak kriterlerin tespitiyle ilgilidir. Bu kriterler, her bir sınıfı temsil eden örnek şekillerden, nümerik parametrelere ve oradan da anahtar şekillerin sözdizimsel tanımlamalarına kadar formları ve karmaşıklıkları (sophistication) açısından birbirlerinden oldukça farklı olabilirler. Tanımlama ise bu kriterlerin daha sonra kullanılarak bir görüntünün içinde belirli bir şeklin bulunması işlemidir.[20]

Genellikle bilgisayarların, kritik olmayan parametrelerdeki rastgele değişimlerden etkilenmemeleri ve istatistikler yöntemler geliştirebildikleri için sınıflandırmada daha iyi olduğu düşünülür. Diğer yandan insanoğlu genellikle tanımlama aşamasında daha iyi (en azından daha hızlı) oldukları söylenebilir. Zira insanoğlu bilinen şekiller arasında ayrımı sağlayan az sayıda kritik öneme sahip ayrıntıyı tespit etmekte çok daha başarılıdır. Hatta bilinmeyen şekillerin veya bilinen şekillerin farklı bakış açılarından görüntülerini tanımlamada da durum aynıdır.

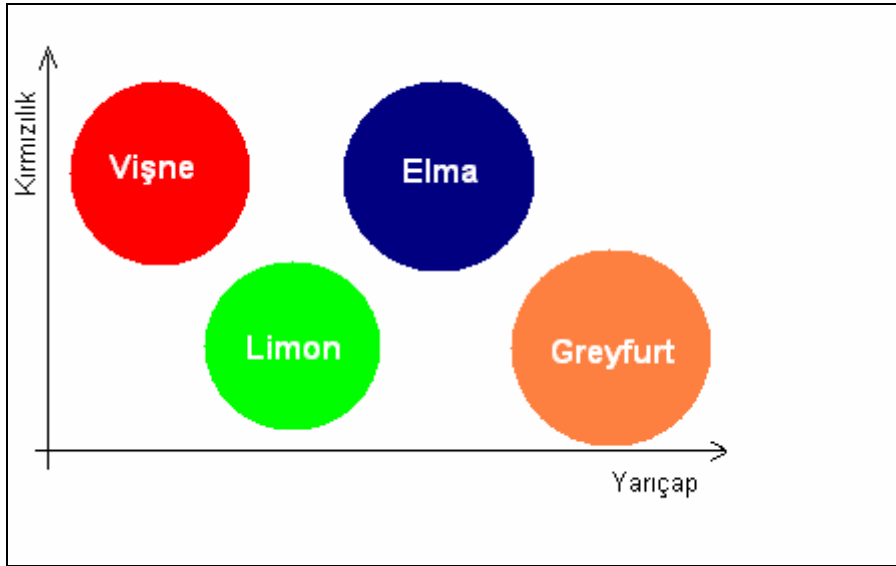
1.5.1. Şablon Eşleştirme (Template Matching)

Muhtemelen konunun uygulandığı en alt seviye, statik iki boyutlu barkodların tanımlanmasından sonra, OCR (Optik Karakter Tanımlama) uygulamalarıdır. Burada Şablon Eşleştirme (Template Matching) denilen bir yöntem kullanılarak bir görüntüdeki karakterler hızlı ve çok az hesaplama gerektirecek bir yöntemle tanınmaya çalışılır. Bu yöntemde her bir şekil için bir şablon belirlenmiş ve görüntüdeki her bir bağımsız şeklin üzerine tüm şablonlar uygulanarak hangi şablonun(ların) şekle ne kadar oturdukları tespit edilmektedir. Genellikle harflerin belirli bir boyda, stilde ve yönde olması (Banka çeklerinde olduğu gibi) durumu için üretilen bu yöntem daha sonra değişik fontları da içerecek şekilde geliştirilmiş ve ayrıca en muhtemel şeklin tespit edilmesi haline dönüşmüştür. Bu yöntem şekillerin çok az özelliğini dikkate aldığı için katıdır ve görüntünün kirlilik gibi nedenlerle bozulması durumunda dahi oldukça başarılı olmakla birlikte şeklin boyu ve yönünün değişmesi durumunu pek az tolere eder.[7]

1.5.2. Parametrik Tanımlama (Parametric Description)

Tanımlama konusu yukarıda bahsedilen karakter tanımlamadan, gerçek üç boyutlu bir görüntüde yine üç boyutlu bir cismin tanınmasına kadar çok geniş bir alanı kapsamaktadır. Bizim burada üzerinde duracağımız konu ise iki boyutlu bir düzlemde yine iki boyutlu cisimlerin tanınmasıdır.[9] Her ne kadar mikroskobik görüntülerde belirli bir kalınlıktan (Üçüncü Boyut) bahsetmek mümkünse de biz bunu aranan cisimlerin farklı bir iki boyutlu ortaya çıkma şekli olarak değerlendireceğiz.[5]

En temel fakat ihtiyaçları büyük oranda karşılayan durum 1.3.4. de belirtilen parametreleri kullanır. Bir şeklin karakteristiğini bu şekilde belirtmek, parametrik tanımlama olarak isimlendirilir.



Şekil 19. Parametrik tanımlamaya göre meyvelerin sınıflandırılması

Bu yöntemde amaç, değişik grupları birbirinden ayırt etmeye yarayacak parametrelerin tespit edilmesidir. Genellikle bunu bir parametre ile yapmak pek olası değildir. Parametrelerin seçiminde dikkat edilen hususlar şu şekilde sınıflandırılabilir [9] :

- Belirli grupları tam veya çok az hata payıyla birbirinden ayırt edebilme yeteneği
- Öğrenme sürecini ve tanımlama süresini kısaltması açısından mümkün olan en az sayıda pratik parametreyi içermesi.

- c) Birbirlerinden mümkün olduğu kadar bağımsız olması ve böylece her birinin diğerine göre şekillerin çok daha farklı yönlerini değerlendirmeleri.
- d) Güvenilir olmaları. Böylece parametre değerlerinin zamanla veya kontrol edilemeyen unsurlardan dolayı değişmemesi ve sistem donanımı değişse dahi aynı şekilde ölçülebilmeleri.

Bazen yukarıdaki öncelikler birbirleriyle çelişirler. Örneğin daha fazla parametre eklemek kesişim kümelerini küçültür ancak diğer taraftan öğrenme sürecini güçleştirir. Birbirinden bağımsız parametrik tanımlamalar bulmak ise, bu tanımlamalar temelde en, boy, yarıçap gibi değerleri kullandıkları için zor olabilir.

Güvenilirlik ise zor belirlenebilir bir özelliktir. Zira ölçümlere etki edebilecek öngörülemeyen değişiklikler, temelde ön görülemez. Örneğin rengin önemli olduğu bir uygulamada rengi üreten fabrikanın rengi üreten pigmentleri değiştirmesi durumunda renklerin ölçülen değerleri tutmaması gibi.

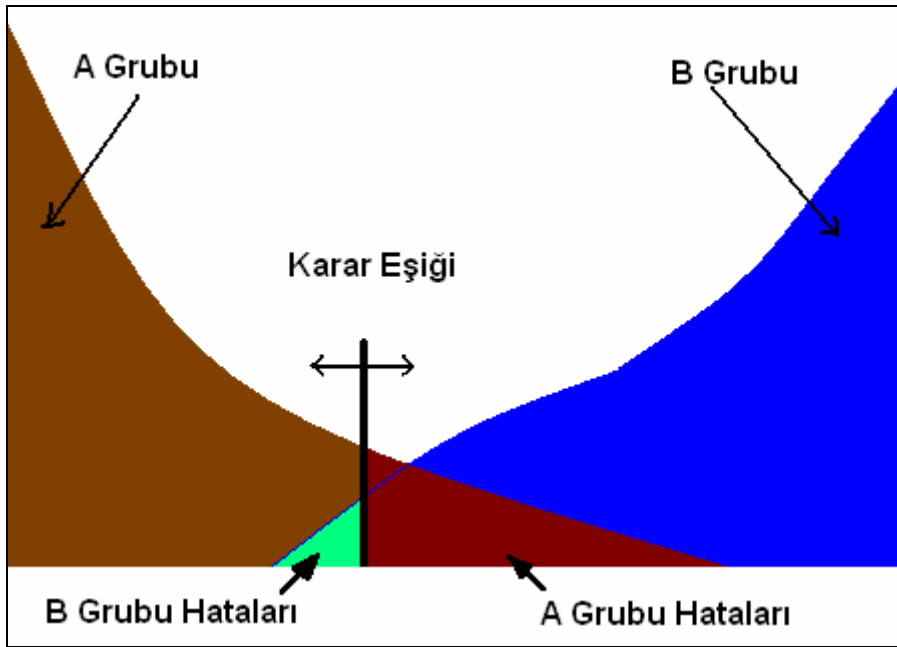
Genel sınıflandırmada üç durumla karşılaşılır [20]:

- 1) Empoze edilmiş kriter (Imposed Criteria) : Klasik Uzman Sistemdir. Bir uzman kuralları koyar. Bilgisayar bu kuralları belirli bir mantık örgüsü ile ve sırayla uygulayarak sonuca ulaşmaya çalışır, kural türetmez.
- 2) Danışmanlı (Supervised) Sınıflandırma : Bu yöntemde sisteme tanıtılmak istenen sınıfları ve sınıflar içerisindeki değişimleri temsil eden örnek öğrenme kümeleri oluşturulur ve bunlar kullanılarak sınıflandırmayı gerçekleştirmek için bir strateji geliştirilir. Sınıf sayısı ve her bir sınıf için örnek küme insanoğlu tarafından belirlenir.
- 3) Danışmansız (Unsupervised) Sınıflandırma : Sisteme bir örnek küme verilir fakat küme elemanlarının hangi sınıfa ait oldukları, hatta sınıf sayısı dahi belirtilmez. Sistem her bir kümenin içindeki nesnelere benzerliklerini arttırmak ve kümeler arası farklılıkları belirginleştirmek için sınıf sınırlarını belirlemekle meşgul olur.

Ayrıca sınıflandırmada belirli parametrik şekil özelliklerinin ölçümlerini değil de tüm görüntüyü ele alan yöntemler de vardır. Ancak bu yöntemler şu anda konumuzun dışında kalmaktadır.

1.5.3. Karar Noktaları

Uygulamada genellikle kümeler birbirinden ayrılması için ortaya konabilecek parametreler Şekil 19 daki gibi net ve kesin sonuçlar verememektedir. Genellikle sınıfları tanımlarken parametrik tanımlamalarının gösterdiği kümeler veya bunların histogram dağılımları kesişmektedir. Bu durum genellikle ayrımı daha net sağlayacak yeni tanımlamalar yapmayı gerektirir. Ancak neticede her tanımlama bir miktar kesişimi de içinde barındıracaktır. Dolayısıyla işlemin hassasiyetine göre karar noktalarının belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 20. Karar eşiği ve hata payları

A ve B kümeleri için ortaya çıkan hata alanları dikkate alındığında şuna da dikkat etmek gerekir ki uygulamanın doğasına göre A kümesinin hatalı sonuçları B kümesinin hatalı sonuçlarına yakınsa toplamları sifıra yakın olacağından genel değerlendirmede hiç hata yapılmamış bile sayılabilir.

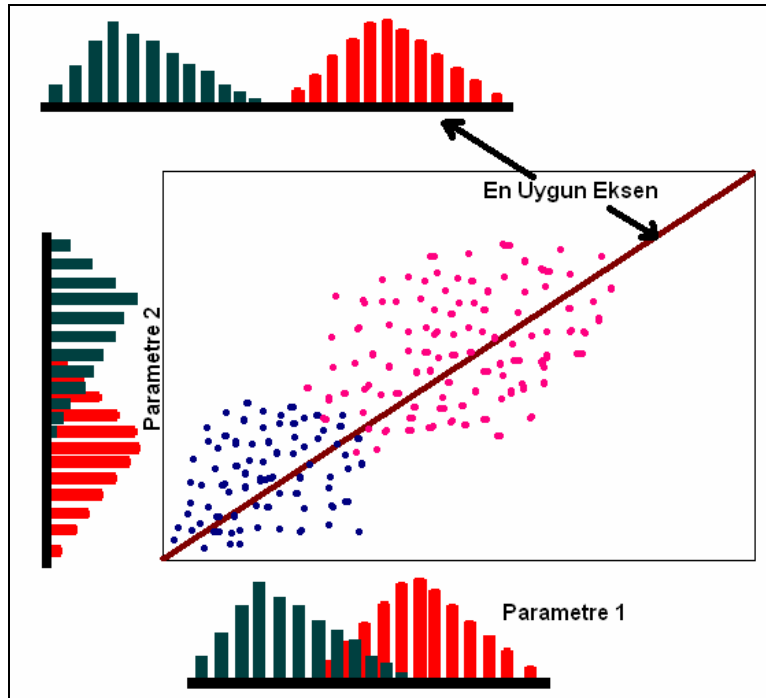
$$\text{Hata}_A = \text{Hata}_B \Rightarrow \text{Hata}_{\text{Toplam}} = 0$$

Ancak bu durum karar eşiklerinin belirlenmesini daha da güçleştirmektedir. Örneğin Traktör veya helikopterde kullanılan aynı benzer şekilsel özellikler gösteren parçaların

birbiriyle karıştırılması hata toplamını sıfırlasa bile, üstün özelliklere sahip parçanın traktörde kullanılması sadece maddi kayba sebep olacakken düşük özelliklere sahip bir parçanın helikopterde kullanılması ise çok ciddi sonuçlar doğurabilmektedir. Dolayısıyla birincisinde karar eşiğini 1/100 hata olarak seçebilirken diğerinde ise 1/100.000 veya hatta 1/1.000.000 olarak dahi belirlemek mantıklı olabilir. Biyomedikal alanında (örneğin kanserli hücrelerin tespiti) yapılan çalışmalarda ise karar eşiğini çok fazla yalancı pozitifliğe izin verecek şekilde tespit edilmesi daha çok tercih edilmiştir. Zira yanlış kararların uzmanlar tarafından kontrol edilerek düzeltilebileceği, ancak bir tane dahi gerçekten hastalıklı hücrenin kaçırılması durumunun telafisinin olamayacağı göz önünde bulundurulmuştur.

1.5.4. Çok Boyutlu Sınıflandırma

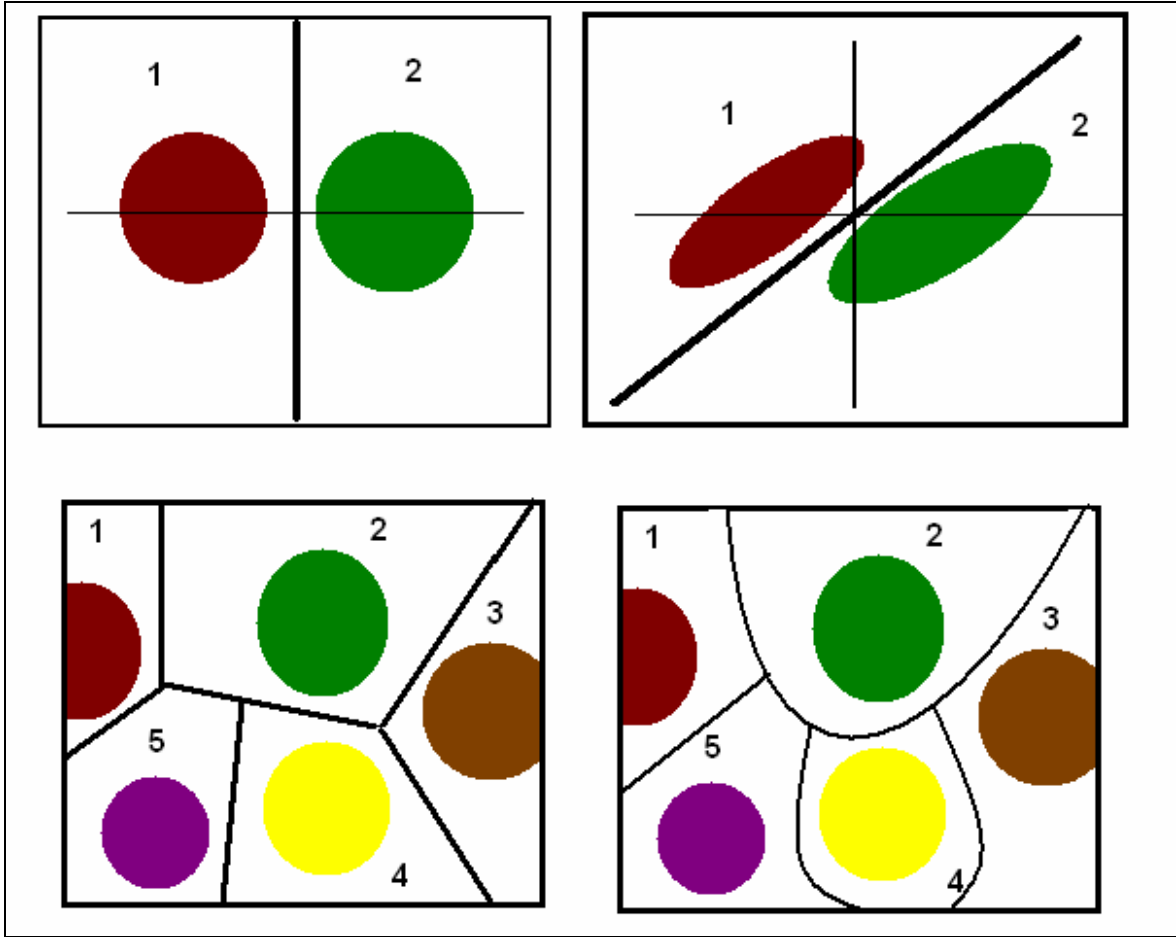
Tek bir parametrik tanımlamanın ele alınması durumunda histogram dağılımının Şekil 20'deki gibi çıkması olasıdır[17]. Ancak Şekil 19 daki gibi birde fazla parametrik tanımlamanın ele alınması durumunda histogram dağılımlarının tek bir türetilmiş parametreyi ifade edecek şekilde yeni bir eksen çizilerek ele alınmaları sınıflandırmayı kolaylaştıracaktır.[20]



Şekil 21. Çok boyutlu sınıflandırmada ilave eksen kullanımı

Teorikte daha karmaşık durumlarda kıvrımlı eksenler de kullanılabilir. Ancak bunun yerine doğrusallığı sağlayabilecek ilave parametrelerin tanımlanması her zaman daha pratik görülmektedir.

Yeni bir eksen oluşturarak buna göre histogram dağılımını yapmak ve bir karar eşiği belirlemek, popülasyonları birbirlerinden ayıran bir karar çizgisi (veya alanı) oluşturur. Bu, popülasyonların sıkı ve belirli şekillerde olmaları durumunda işe yarar. Ancak Şekil 22 de görüldüğü gibi değişik şekle sahip dağılımlarda farklı yöntemler uygulanmalıdır.



Şekil 22. Dağılımların ayrıştırılması için kullanılacak eksenler

Genellikle parametrik tanımlamalar yapılırken n boyut kullanıldığı düşünülürse bunların grafik gösterimi zor da olsa n -boyutlu parametre uzayında düzgün kare veya küresel şekiller oluşturmasını beklemek yersiz ve gereksiz olur.

Sınıf sınırlarının belirlenmesinde kullanılacak bir yöntem de sınıfların en uç örneklerinin öğrenme gruplarına dahil edilmesidir. Bu şekilde sınıf sınırlarını belirten küpler oluşturulabilir. Bir diğer yöntem ise her bir grup için bir ortalama değer tespit ettikten sonra parametre eksenlerinin her birinin standart sapmasını o eksene ait yarıçap olarak kullanarak elipsoitler oluşturmaktır.

Her iki durumda da bundan sonra her bir parametre için sınıflandırılmak istenen şeklin bu değerlere ne kadar yaklaştığı tespit edilebilir. Bu ise basit öklid uzaklık ölçümüyle gerçekleştirilebilir. Böylece bir şeklin bir sınıfa ait olup olmadığı değil, istenirse fuzzy mantık çerçevesinde hangi parametreye göre hangi sınıfa ne yakınlıkta olduğu dahi tespit edilebilir.[20]

1.6. Öğrenme Sistemleri

Belirli bir sınıfın uç noktalarını temsil eden ve fazlaca düzenlenmeye gerek duyulmadan yeni örneklerde ve durumlarda kullanılacak örneklerin bulunması çok nadir olduklarından oldukça güçtür. Bunun da ötesinde ortalama ve standart sapma kullanılması ölçümü kolaylaştırarak birçok görüntü analizinde Gaussian Dağılım oluşturmamaktadır.

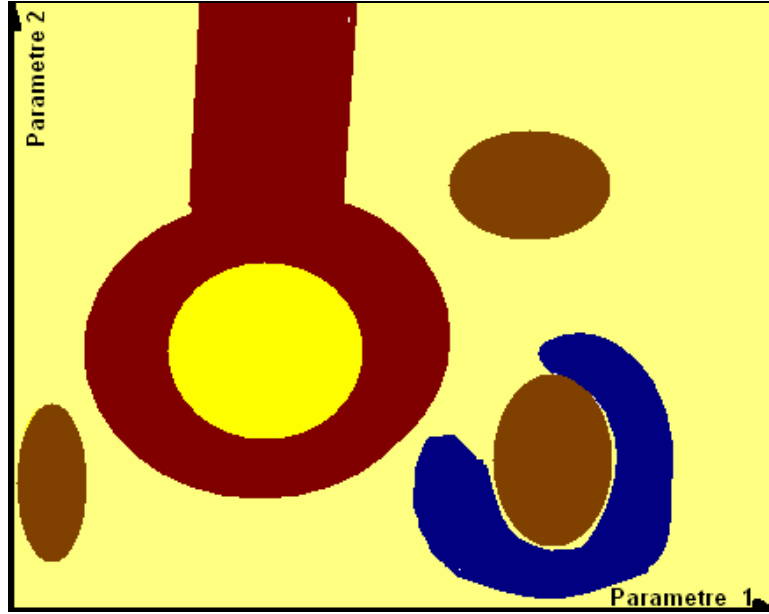
Oluşan gerçek histogramın kullanılması ele alınan şeklin ya bir sınıf veya diğeri olarak tanımlandığı katı sınıflandırmayı, olasılıkların değerlendirildiği fuzzy mantık seviyesine genişletmektedir. Fuzzy mantık klasik mantığa yapılmış önemli bir eklentidir ve bu mantığa göre karar mekanizmaları olasılıkları içerir.

Fuzzy mantık hem uzman sistemlere hem de sinir ağlarına uygulanmış ve doğal olarak hesaplama sürelerinin uzamasına sebep olmuştur. Zira artık sadece bir tek doğru yol araştırılmamakta, muhtemel tüm yollar bulunmaya çalışılmaktadır.

1.6.1. k-Enyakın Komşu (k-nearest Neighbor) ve Küme (Cluster) Analizi

Parametre uzayında sınıfların sınırlarını belirlemek için kullanılan yöntemlerden ikisi de k-EnYakın Komşu ve Küme Analizi yöntemleridir. Bu yöntemlerin her ikisinde de daha yukarıda bahsedilen histogram ve lineer diskriminant yöntemlerinin zıddına öğrenme grubundaki her bir örneğin değeri saklanmak zorundadır. Dolayısıyla öğrenme devam ettikçe yüksek depolama ihtiyaçları ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda tanımlama süresi de kayıtlı değerlerin sayısının artmasıyla gittikçe uzamaktadır. Diğer taraftan bu yöntemler

sınıf alanları için kare, elipsoid gibi belirli şekiller varsaymamaktadırlar. Dolayısıyla Şekil 23 ‘deki gibi sınıf alanları dahi değerlendirilebilirler.



Şekil 23. k-YK ve küme analizi yöntemlerinin ele alabildikleri sınıf dağılımları

k-EnYakın Komşu yöntemi basitçe yeni bulunan değere en yakın kayıtlı değeri bulmaya çalışır. Eğer yeni bulunan değer kayıtlı bir değerle eşleşiyorsa yeni değer bu kümeye ait olur. Cisim teorikte k – en yakın değerleri en fazla hangi sınıfa ait çıkarsa o sınıftan sayılır veya fuzzy mantık uygulanarak kümeye dahil olma olasılığı, k-en yakın değerlerin orantılanması ile bulunur. k'nın 1 olması durumunda sınıflar arası sınırlar çok net olmakla beraber gürültü gibi etkilerden çok fazla etkilenmektedirler. k'nın 3, 5, 9 gibi değerler seçilmesi ise her ne kadar sınıfların sınırlarını yumuşatmakta ise de diğer taraftan daha fazla elemanı bulunan kümenin şansını arttırmaktadır.

Şu ana kadar bahsedilen yöntemlerin tamamında hangi gruba ait oldukları bilinen ve sistemin bu bilgilerle birlikte belirli ölçüm değerlerini kullandığı öğrenme şekilleri üzerinde duruldu. Yukarıda da değinildiği gibi buna “Danışmanlı Öğrenme (Supervised Training)” adı verilmektedir. Ancak bazı durumlarda öğrenme kümesinin elemanlarının önceden hangi sınıfa ait olduklarının bilinmediği de olabilir. Bu durumda yine de birbirine

yakın değerlerin oluşturduğu kümelerin araştırılarak bulunması gerekebilir. Bu tarz bir çalışmaya ise Küme (Cluster) Analizi ismi verilir ve başlı başına bir alan teşkil etmektedir.

Örneğin Küme analizinde kullanılan bir yöntem, değerler arasındaki uzaklıkları ele alarak işe başlar. Birbirine en yakın iki değeri alır ve daha sonra bunlara belirli bir ölçüde yakın değerleri bu kümeye dahil eder. Bağ koptuğunda ise kalan değerler için işlemi tekrarlar.

Kümeler hangi yöntemle bulunursa bulunsun neticede sınıfların sınırları yukarıda belirtilen şekillerden biri ile çizilmeli ve tanıma işlemine geçilmelidir.

1.6.2. Uzman Sistemler

Sınıf sınırları belirlendikten sonra karar vermede kullanılacak en basit yöntemlerden birisi uzman sistemlerdir. Burada örneklere ait değerler basit karar verme ağaçları olarak kurgulanırlar. Bunun bir avantajı da özellikle katı sınıflandırmada her sınıf için ağacın tüm dallarını dolaşmak zorunda kalınmamasıdır. Örneğin sadece bir cismin ortasında boşluk varsa bunun diğer parametrelerine (çap, alan v.s.) bakmadan diğer sınıflardan ayrılması mümkündür.

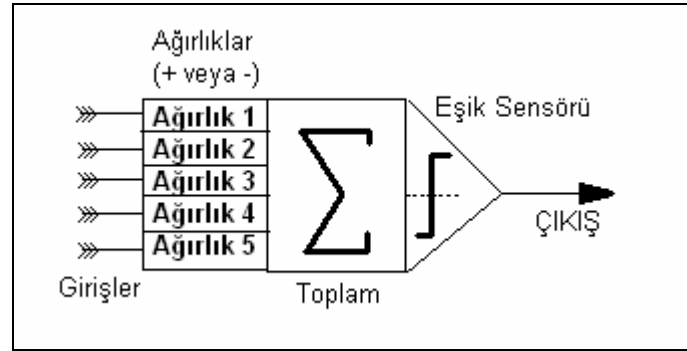
Ancak karar ağaçlarına yeni dallar eklemek düşünüldüğü kadar basit değildir ve bazen tüm ağacın tekrar yapılandırılmasını dahi gerektirebilir. Bununla birlikte en optimum yol, en az dalı dolaşarak neticeye varmak olarak da değerlendirilemez. Her bir dal için geçerli değerlerin edilebilir maliyetinin de hesaplamalara dahil edilmesi farklı sonuçlar doğurabilecektir.

Çoğu uzman sistemlerin çok sayıda kuralı vardır ve bu kuralların hangi sırayla uygulanması gerektiği de genellikle tam belli değildir. Bu durumda uzman sistemler gözlemler (observation) arasından neticeye ulaştıran bir yol bulmak için çaba sarf ederler. Kuralların artmasıyla birlikte bu yolu bulmak da gittikçe zorlaşmaktadır. Buna ilave olarak bir de fuzzy mantık kullanılarak herhangi bir veya en kısa yol değil de bulunabilecek yolların olasılıkları da söz konusu olduğunda oldukça yüksek hesaplama maliyetleri ortaya çıkabilmektedir.

1.6.3. Sinir Ağları (Neural Nets)

Bir uzman sistemde muhtemel yolları araştırmak doğası itibariyle bir paralel uygulamadır ve yapay sinir ağları ile çözülebilecek bir uygulamadır. Yapay sinir ağları,

biyolojik olanları taklit ederek her bir hücrenin bir eşik değere sahip ve birden çok girdiyi belirli ağırlıklarla çarpıp çıkan değerlerin toplamının bu eşik değere karşılaştırılması ve eşik değeri aşırsa sinirin ateşlediği bir sistemdir. Biyolojik ağlarda diğer sinirlere bir dalga gönderilirken yapaylarında ise bir başka mantıksal birime hesaplanmış bir değer göndermektedirler[11].



Şekil 24. Eşik değeri mantık birimi

Düşük seviyeli karar verme birimlerinin üst seviye karar verme birimlerine çıktı gönderdikleri katmanlı yapılar, çok değişik girdileri değerlendirerek sonuç üretebilen sistemlerin kurulmasına olanak sağlayabilir. Karmaşık yapıları ve bilgi akışının takip edilememesi sebebiyle birçok sistem tanımlamayı yaparken sistemin neresinde bulunan hangi veriye dayanarak bu tanımlamayı yaptığı sorusuna cevap veremez ve sadece bu bilginin sistemde mevcut olduğu (beynimizdeki gibi) anlaşılır.

Öğrenme sürecinin önemi ise aynen diğer yöntemlerdeki gibi devam etmektedir. Denilebilir ki, öğrenmenin kalitesi, çözümün nasıl oluşturulduğundan genellikle çok daha önemlidir. Aradaki tek gerçek fark, parametre uzayının karmaşıklığının ele alınma şeklidir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Konu ile İlgili Ön Bilgi Toplanması ve Problemlerin Tespiti

Öncelikle tez konusu ile ilgili olarak yapıla gelen manüel mikroskobik incelemede dikkat edilen mevzular ile ilgili olarak laboratuvar teknisyenleri ile görüşüldü.

- 1) Konunun önemi ve uygulamadaki zorluklar tespit edilmeye çalışıldı.
- 2) İdrar Tetkiklerini hastalık teşhisinde kullanan Klinisyenlerle görüşülüp ne sıklıkla kullanıldığı ve güvenilir olup olmadığı araştırıldı.
- 3) Yapılan incelemenin hazırlık aşamasında nelere dikkat edildiği ve bunların sebepleri araştırılarak incelenecek nesnelerin farkları üzerinde bilgi edinmeye çalışıldı.
- 4) Bununla birlikte bu konuda mevcut teknolojiler incelenerek Dünyada ve Ülkemizde kullanılan cihaz ve yazılımlar araştırıldı. Bunların çalışma prensiplerine değinildi.

2.1.1. Laboratuvar Teknisyenleri ile Görüşme

Öncelikle idrar tetkikinin iki kısma ayrıldığı görüldü:

- 1) İdrarın Kimyasal Tetkiki
- 2) İdrarın Mikroskobik İncelenmesi

2.1.1.1. İdrarın Kimyasal Tetkiki

İdrarın Kimyasal Tetkiki, genellikle ucuz bir yöntem olan (Test başına 0,20-0,50 YTL) strip ile yapılmakta, bu stripler manuel olarak kullanılabilmekte veya yarı otomatik ve tam otomatik cihazlarla okunabilmektedir. Striplerin çalışma şekli, üzerlerindeki kimyasal maddelerle kaplanmış alanların her birinin idrarda bulunabilecek belirli bir kimyasal maddeye karşı duyarlı olması ve idrar ile temasında renginin değişmesidir. Bir nevi 10 (bazılarında 11) parçalı turnusol kağıdı gibi düşünülebilecek bu striplerin sonuçları cihazsız çalışmada, idrar uygulanmış striplerin kutularının kenarındaki renk kartelası ile karşılaştırılarak renk değişimine göre değerlendirilmekte, yarı otomatik veya tam otomatik cihazlarda ise cihazlar bu renk değişimlerini fotometrik yöntemler kullanarak değerlendirmektedir.

Burada otomatiklik, striplerin değerlerinin okunmasıyla ilgili değil, cihaza verilif şekli ile ilgilidir. Çalışma şekilleri şu şekilde sınıflandırılabilir :

Manuel Çalışma : Cihazsız çalışma veya striplerin tek tek idrara batırılıp cihaza konulması ve aynı anda sadece bir tek sribin cihazda değerlendirilmesidir.



Şekil 25. İdrar stripleri



Şekil 26. Manuel strip okuyucu

Yarı Otomatik Çalışma : İdrara batırılan striplerin arka arkaya ve bir öncekinin sonucunun değerlendirilmesi beklenmeden cihaza verilmesidir.



Şekil 27. Yarı otomatik strip okuyucu

Tam Otomatik Çalışma : Cihazın stipleri de kendisi alması ve idrar numunesini striplerin üzerine kendisi pipetledikten sonra sonucunu değerlendirmesidir.



Şekil 28. Tam otomatik idrar kimyasal analizörü

Dikkat edilmesi gereken husus, en kaliteli striplerin dahi güvenilirliğinin çok düşük olması ve %20-30 lara varan bir yalancı pozitifliğin (değerlerin gerçekte düşük olmasına rağmen yüksek çıkması) tespit edilmesidir. Kimyasal değerlendirme sonuçları daima mikroskopik tetkik ile doğrulanması gerekmektedir.

2.1.1.2. İdrar Mikroskobisi

Kurum Laboratuvarlarını ziyaret edildiğinde tecrübeli personelin Biyokimya, Hormon ve Mikrobiyoloji Laboratuvarlarında istihdam edildiği, idrar tetkikini yapan personelin ise genelde deneyimli olmadığı tespit edildi. Bu durumu araştırıldığında aşağıdaki etkenler ortaya çıktı:

- 1) İdrar mikroskobisi laborantlar tarafından tiksiniyecek bir iş olarak algılanıyor.
- 2) Cihaz başında olmanın ve hatta daha yeni ve teknolojisi üstün cihazda çalışmanın sosyal statü göstergesi olduğu laboratuvarlarda, birçok diğer tetkik için özel cihazlar mevcutken idrar mikroskobisi genellikle manuel veya yarı otomatik gerçekleştiriliyor.
- 3) Yorucu bir işlem olduğundan pek tercih edilmiyor. (Bir mikroskopi 3-5 dakika alıyor ve günde 50-100 arası mikroskopi yapılabilir.)
- 4) Yeni personel “*işi öğrenmesi için*” öncelikle bu alanda değerlendiriliyor.
- 5) Diğer cihazlarda sonuçlar cihaza bağımlıyken burada tamamen kişiye bağımlı olduğundan yanlış sonuçlar risk teşkil ediyor.

İdrar mikroskobisi yapan laborantlarla görüşüldüğünde ise, birim tetkik başına düşen sürenin çok kısa olduğundan, dolayısıyla detaylı inceleme yapılamadığının, gereken dikkatin gösterilemediğinin altı çizildi. Özellikle şekilli elemanların sayımı konusunda kantitatif değerler yerine “*az*”, “*çok*”, “*10-15 adet*” veya “*20 den fazla*” gibi sonuçların verildiği tespit edildi. Ayrıca genellikle sonuçların strip sonuçlarıyla *uyumlu* olmasına dikkat edildiği gözlemlendi ki bu da mikroskopi yapılmasının gerekçelerinden birini tamamen geçersiz kılmaktadır.

İdrarın mikroskobik analizinde tecrübenin önemine değinen laborantlar, birçok cismin genç ve deneyimsiz laborantlar tarafından birbiriyle karıştırıldığını vurgulayarak bunların tedavi için verilecek kararları da etkilediğini belirttiler.

Tetkiklerin daha sağlıklı yapılabilmesi için hazırlanan preparatın boyanması gerektiği, boyanan cisimlerin arka plandan, birbirlerinden ve önemsiz cisimlerden daha kolay ayırt edilebildiği vurgulandı. Ancak incelenen 10 adet hastaneden sadece birinde bu boyama işleminin yapıldığı, diğerlerinde boyama- kurutma süresi çok uzun ve işlem zahmetli olduğu için bunun yapılmadığı tespit edildi.

2.1.2. Klinisyenlerle Görüşme

Klinisyenlerle yapılan görüşme, idrar mikroskobisinin klinik tanıdaki önemini vurgulamak açısından çok önemlidir. İdrar tetkiklerinin sadece Üroloji değil, Kadın Doğum, Çocuk ve Dahiliye gibi birçok alanda çok önemli ve rutin tetkiklerden olduğu görüldü. Örneğin rutin idrar tetkikinde çocuklarda rastlanabilecek Kalsiyum Okzalat Kristali, diğer etkenlerle birlikte böbrek yetmezliğinin bir belirtisi olabilir. Bunun çocuk yaşta tespiti ile ise hastalığın önüne geçilmesi mümkündür.

Ancak birçok Klinisyenin kurumlarında yapılan idrar tetkiklerine güvenmediği ortaya çıktı. Bir hastanede yapılan araştırmada 20 klinisyenden 2 si sonuçlara güvendiğini açıklarken 3 ü bir değerlendirme yapmadı. 15 klinisyen ise ancak kendi teşhislerini destekler mahiyetteki sonuçları dikkate aldıklarını ifade ettiler.

Klinisyenlerin sonuçlara güvenmemesinin altında yatan sebepler:

- 1) Striplerde tecrübe edilmiş yüksek oranda yalancı pozitiflik.
- 2) Mikroskobinin çok zaman alması ve dolayısıyla bihakkın yapılamadığının düşünülmesi.
- 3) Şekli elemanların bazıları çok nadir görülmesine rağmen patolojik öneme sahiptir. Klinisyenler ise bunların sadece bir saha (o da üstünkörü) taranarak tespit edilemeyeceğini düşünüyorlar.
- 4) Sonuçların kontrolü mümkün değil. Bir mikroskopi yapıldıktan sonra Klinisyenin görüldüğü söylenen şekilli elemanı kendisinin de görmek istemesi durumunda bu mümkün olmuyor. Zira idrar numunesi alındıktan sonra 15 dakika içinde incelenmesi gerekiyor. Dolayısıyla görüntü konusunda klinisyen yukarıda belirtilen tecrübesiz personelin bilgisine güvenmek durumunda kalıyor.
- 5) Sonuçların kantitatif olmaması. Bu durum hem güven vermiyor, hem de tedavi takibini olanaksız hale getiriyor. “20 den çok” sonucu 30 u da, 100 ü de içerdiğinden hastanın tedaviye cevap verip vermediği tespit edilemiyor.

Bununla birlikte otomatik mikroskopi yapan cihazların kullanıldığı hastanelerde bu güvenin sağlandığı ve klinisyenlerin idrar tetkiklerine daha çok başvurduğu gözlemlendi. Yukarıda sayıları verilen hastanede aynı klinisyenlerle, otomatik idrar mikroskobisi yapan

cihazın kullanıma girmesinden 3 ay sonra yapılan bir çalışmada 20 klinisyenden 14 ü sonuçları çok güvenilir bulunduğunu, 3 ü böyle bir cihazdan haberinin olmadığını söylerken 3 ü ise otomatik idrar mikroskobisinin yapılamayacağını, cihaza güvenmediklerini ifade ettiler.

2.1.3. Otomatik İdrar Mikroskobisi Yapan Cihazlar

Dünyada idrarın şekilli elemanlarının tespitini otomatik yapan cihazları üreten iki firma vardır. Bunlar Sysmex ve IRIS firmalarıdır. Sysmex firması yıllardan beri piyasaya tek bir model ve cihazla arzda bulunmaktadır. IRIS firması ise yaklaşık 25 yıldır piyasada bulunmakta ve en son üçüncü ve son model cihazını 2004 yılında piyasaya sürmüştür. Cihazlar çalışma prensipleri açısından tamamen farklıdır ve bu yüzden aynı işlem için kullanılmalarına rağmen denk görülmemektedirler.

2.1.3.1. Sysmex -UF 100

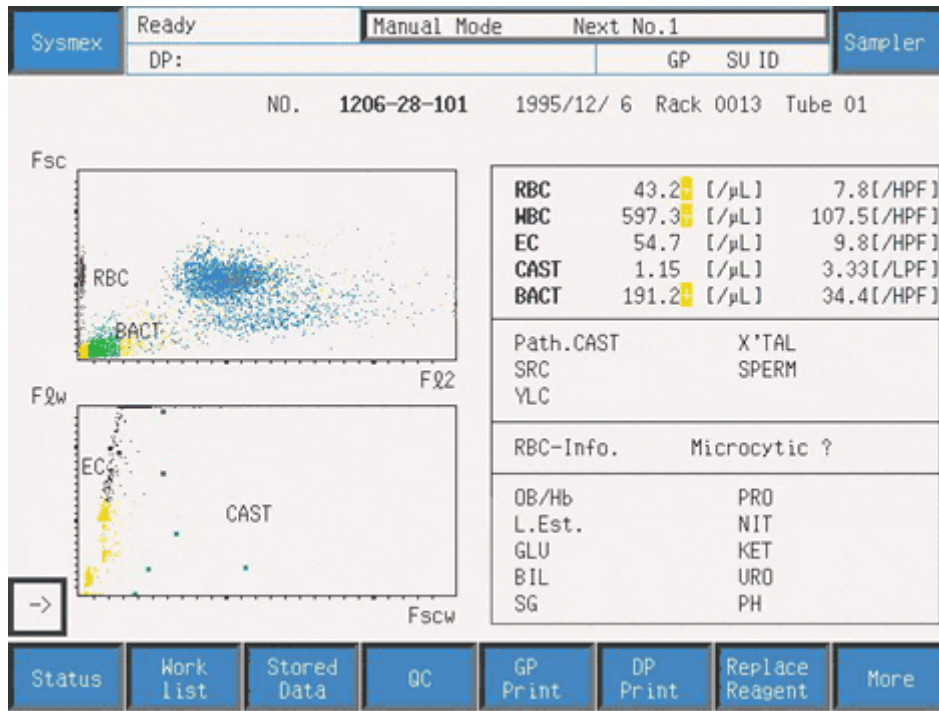


Şekil 29. Sysmex –UF100 cihazı

Sysmex firması daha çok kan sayım cihazları ile ünlenmiş ve bu alanda cihaz üreten bir firmadır. Kan sayımı, tam kan örneğinde bulunan Alyuvar, Akyuvar ve Eritrositlerin sayımı ile çıkan değerlerin belirli formüllerde yerine konması ile elde edilen sonuçlardan oluşmaktadır. Bu işlem tüm kan sayım cihazlarında kanın bir kısmının ince bir tüpten geçirilirken üzerine ışın uygulanması ve karşı tarafa geçen, yansıtılan ve kırılan ışınların

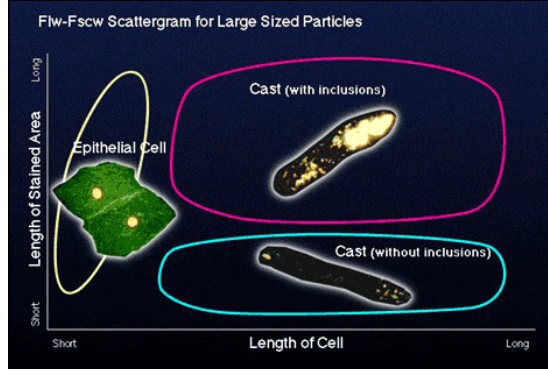
oranlarının ve değerlerinin karşılaştırılması ile yapılır. Sayılmak istenen hücrelerin çeşitliliği az ve birbirlerinden aşağıdaki kriterlere göre farklıdır :

- 1) Büyüklük
- 2) Geçirgenlik
- 3) Uzunluk
- 4) Lekelilik

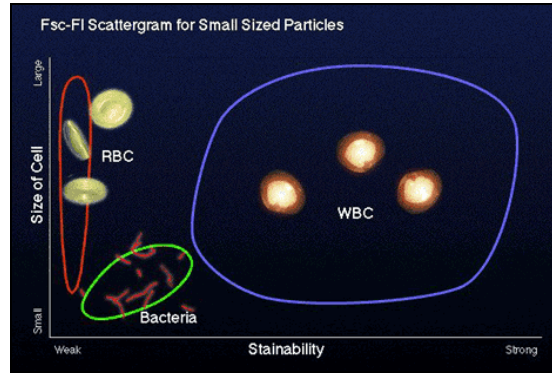


Şekil 30 : Kan sayım cihazı ekran görüntüsü

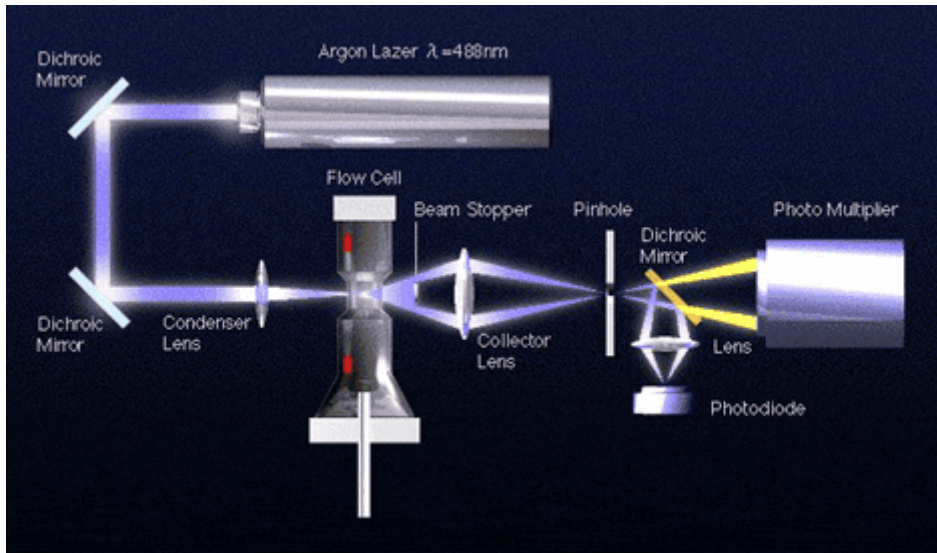
Cisimlerin özelliklerinin farklı olması, bunların tespitini kolay olmaktadır. Sysmex firması aynı yöntemin idrar analizinde de uygulanabileceğinden yola çıkarak "Flow Cytometri" ismini verdikleri bir teknik ile idrar numunesini, bir tüpçükten geçerken farklı dalga boylarında ışınlar tabii tutmakta ve ışınların yansıma, kırılma ile karşıya geçme değerlerini dikkate alarak patolojik olarak önemli addedilen cisimlerin tespitini yapabilmektedir.[21]



Şekil 31. UF100 Cihazının sınıflandırma kriterleri -1



Şekil 32. UF100 Cihazının sınıflandırma kriterleri -2



Şekil 33. UF100 cihazında kullanılan Flow Cytometrie yöntemi

Ancak bu yöntemle cisimlerin alt sınıflara ayrılması mümkün olmamakta ve kristaller, Slendirler gibi önemli cisimler ise hiç tespit edilememektedir. Bundan dolayı dünyadaki kullanım alanı, gelen her idrara mikroskobik inceleme yapmamak için öncelikle idrarların bu sistem ile taranması, taramada patolojik çıkan idrarların ise mikroskobisinin yapılması ile sınırlı kalmıştır.

Bu cihazda mikroskobik görüntü hiç oluşmadığı için tezin alanının dışında kalmaktadır. Ancak diğer taraftan cihaz çalışma prensipleri açısından “görme”nin sınırlarını genişlettiği ve Görüntü İşleme Tekniklerinde de zaten alınan görüntünün farklı uzaylara aktarılması söz konusu olduğundan, bu yöntemin detaylarının da ayrı bir araştırma konusu olabileceği düşünülmektedir.

2.1.3.2. IRIS – IQ200

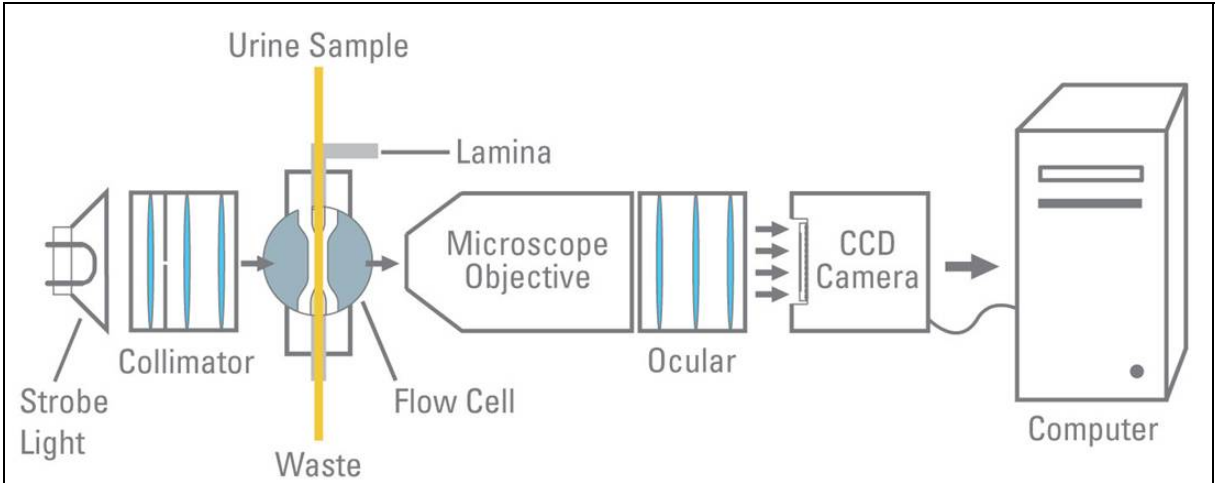
IRIS firması yaklaşık 30 yıldır Otomatik İdrar Mikroskobisi ile ilgilenmekte ve bu alanda otorite olarak anılmaktadır. Eski model cihazlar olan IRIS 500 ve IRIS 900 lerde özellikle paralel işlemciler dikkati çekmektedir. Genellikle 16 ve 32 işlemcili sistemler, sadece görüntü işlemeye ayrılmış, cihazın diğer aksamaları ayrı bir işlemci ile kontrol edilmiştir. Sistemler oldukça hantal ve büyüktür. Görüntü kalitesi ise düşüktür.

Ancak özette de belirtildiği gibi teknolojinin gelişmesi sonucu firma sistemini yenilemiş ve masaüstü bir model olan IQ200 ü piyasaya sürmüştür. Piyasaya çıkmasının üzerinden sadece 15 ay geçmesine ve yüksek test birim fiyatlarına (4,5-5 YTL) rağmen sadece Türkiye’de 70 den fazla IQ200 cihazı kurulmuştur. Yeni sistemlerde sıradan Pentium IV işlemcili bilgisayarların kullanıldığı gözlemlenmektedir.



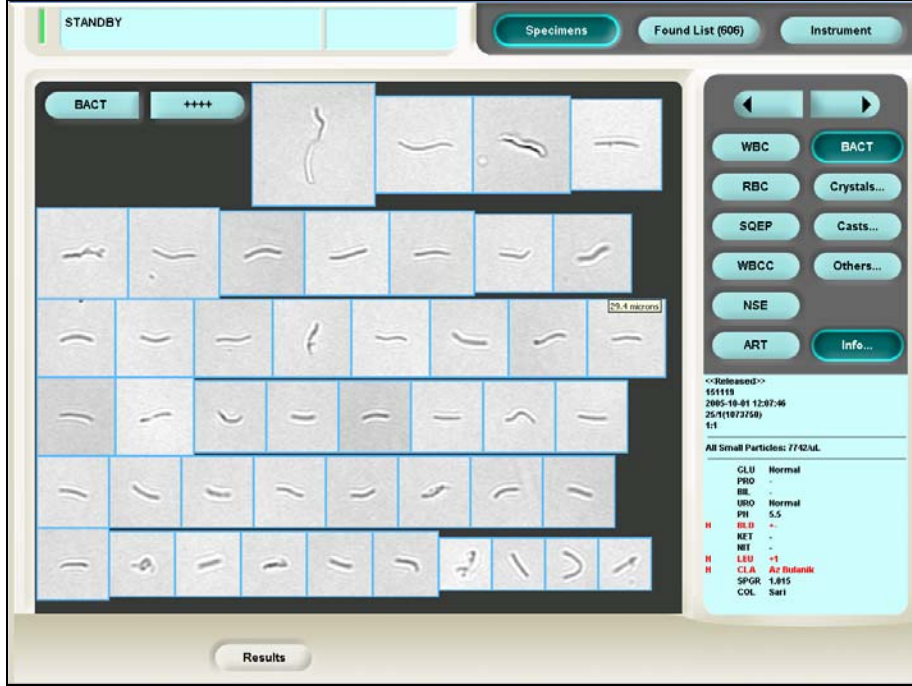
Şekil 34 : IQ200 Cihazı

IQ200 cihazının içinde gerçek bir mikroskop bulunmaktadır ve çalışma şekli, bir idrar numunesinden 20 adet saha resmi çekilerek bunların incelenmesi, bulunan şekilli elemanların sınıflandırılması ve ekranda gösterilmesi şeklindedir. Farklı ayarlar yapılabilmekte ve istenirse hiçbir kontrol yapılmadan dahi çıkan sonuçlar hastaya verilebilmektedir.



Şekil 35. IQ 200 Cihazı çalışma sistemi

Çok yüksek güvenilirlikte sonuç verdiği iddia edilen sistem, görüşülen kurumlardan da olumlu not almıştır.

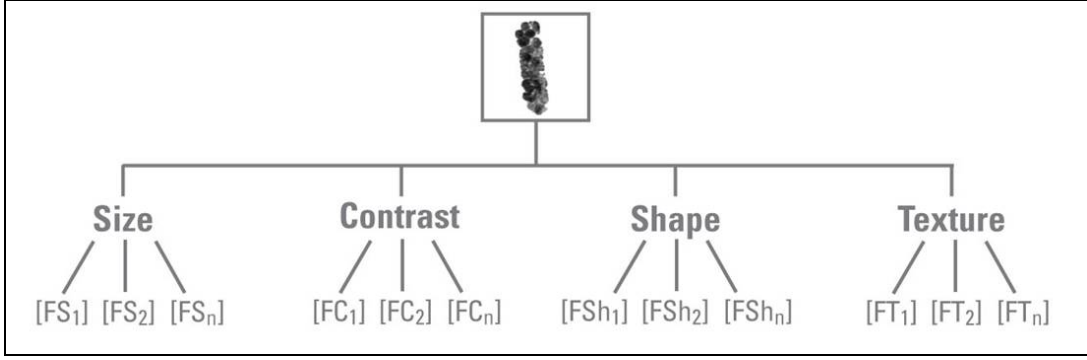


Şekil 36. IQ200 Cihazı ekran görüntüsü

Sistem elde edilen görüntüleri aşağıdaki kriterlere göre sınıflandırmaktadır:

- 1) Büyüklük
- 2) Kontrast
- 3) Şekil
- 4) Doku

Özellikle şekil ve doku kriterlerinin boyutlandırılmasıyla görüntülerin sınıflandırılması hatta çok benzer sınıfların dahi alt gruplara ayrıştırılması mümkün olmaktadır. [22]



Şekil 37. IQ200 sınıflandırma kriterleri

Tezin konusu olan görüntüler de IQ200 cihazının ekran görüntülerinden elde edilmiştir. Tez konusu sadece sınıflandırma olduğundan özellikle şekil ve doku üzerinde durulmuştur.

2.1.4. İdrarda Görülebilecek Şekilli Elemanların Özelliklerine Göre Listelenmesi



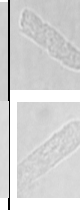
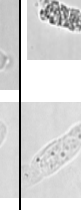

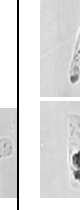
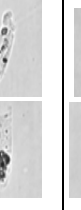
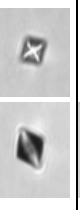
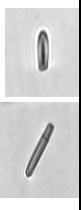
İdrarda görülebilecek şekilli elemanlar tespit edilirken özellikle tecrübeli laborantların kullandıkları deyimler dikkate alınmaya çalışıldı. Bunlar, kitaplardaki tanımlarla birleştirildikten sonra bilgisayar için anlamlı kıstaslar ortaya çıkarılmaya çalışıldı.

Sınıflandırmada kullanılacak kriterler olarak


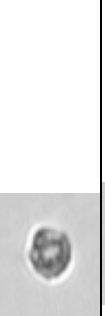

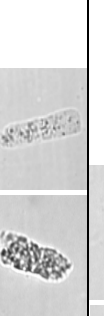

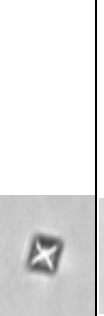

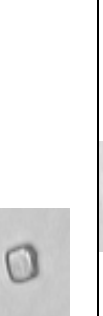

- 1) Yuvarlaklık
- 2) Boşluk
- 3) Doku

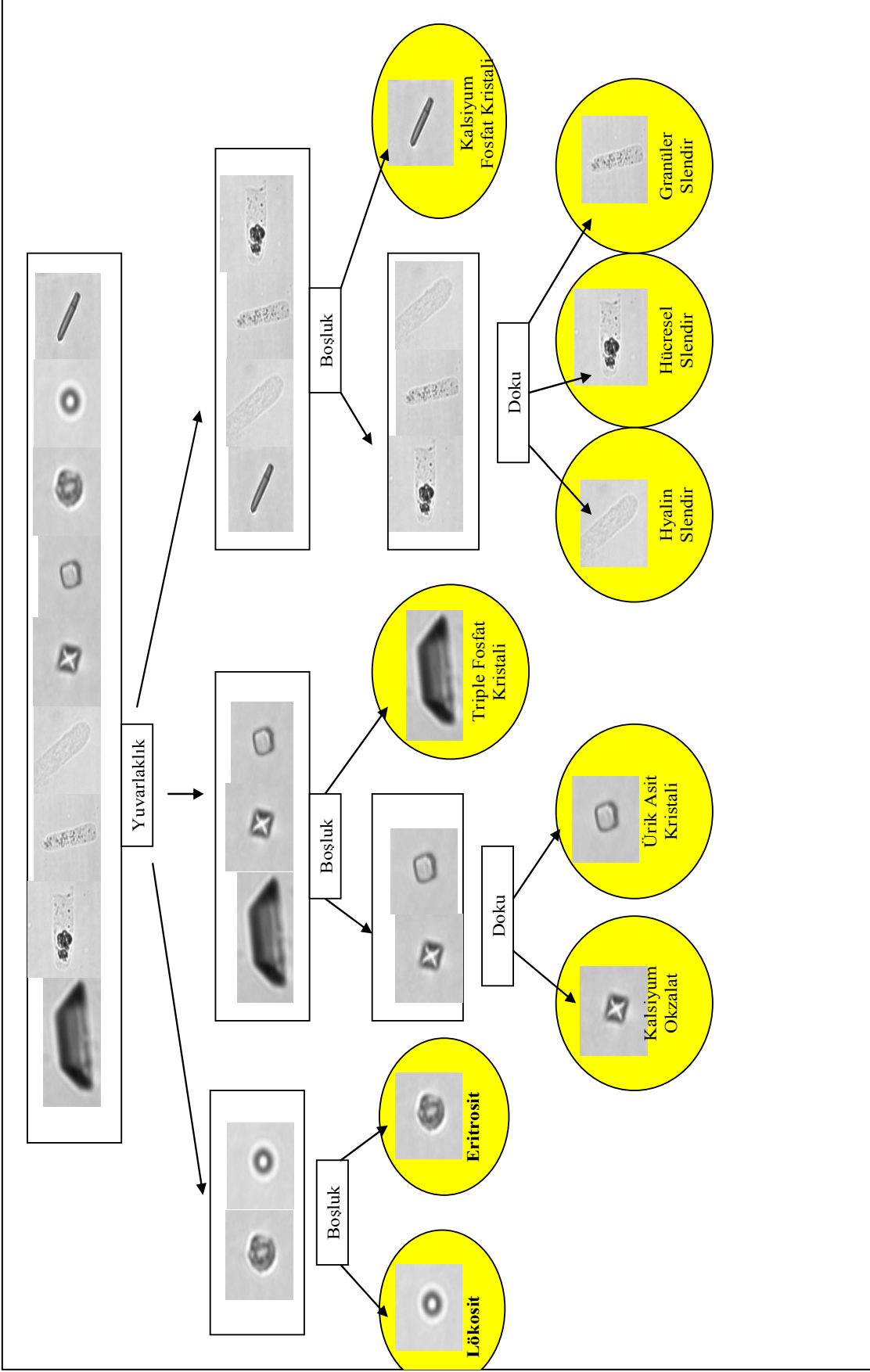
Kriterlerinin tespit edilen dokuz farklı cismi birbirinden ayırt edebileceği varsayımıyla yola çıkıldı. Şekil 38 bu ayrımı göstermektedir.

Tablo 2. İdrarda görülebilecek teze konu cisimler ve özellikleri

Örnek Görüntü	Adı	Tanımı	Çekirdek	Köşeli	Yuvarlak	İçi Dolu	Tek Parçalı Yapı	Çok Parçalı Yapı	Şeffaf Görünüm
	Eritrosit	Çekirdeği yoktur. İçi boş yuvarlak yapıdadır. Lökositlere nazaran daha küçüktür	Yok	-	+	-	+	-	-
	Lökosit	Çekirdeklidir. Yuvarlak içeri partiküllü gözünür. Enfeksiyon esnasında bol miktarda görülür.	Var	-	+	+	+	-	-
	Hyalin Slendir	Homojen, renksiz, yarı saydam görünümündedir.	Yok	-	-	-	+	-	+
	Granüler Slendir	Diğer slendirler ile aynı özellik ve ebatlardadır. Farkı üstünde nokta şeklinde granül bulundurmasıdır. Sellüler slendirin nefronlarda uzun süre beklemesi ile oluşmaktadır.	Yok	-	-	+	-	+	+
	Hücreli Slendir	Tipik slendir görüntüsü vardır. (Renksiz, şeffaf vs.) Granüler slendir ile benzerler. Farkları hücreli slendirin üzerindeki noktalar daha büyük ve daha azdır.	Çoklu	-	-	-	-	+	-
	Kalsiyum Ogzalat	İçi parlak zarf şeklindedir. Sağlıklı kişilerden alınan asidik veya nötr idrarlarda görülür. Patolojik olarak kronik böbrek yetmezliklerinde idrara atılır.	Yok	+	-	+,-	+	-	-
	Kalsiyum Fosfat	Fark edilmeleri zor ve ebatları küçüktür. Kalın çubuk görünümü ve parlaktır.	Yok	-	-	+	+	-	-
	Ürik Asit	Keskin kenarlı elmas şeklindedir. İki patolojik durumda idrarda görülür. a) Gut hastalığı b) Sitotoksik ilaç metabolizması	Yok	+	-	-	+	-	+
	Triple Fosfat	Yaygın olarak 3-6 kenarlı prizma şeklindedir. Böbrek taşlarında sıklıkla idrara atılırlar. Diğer kristallerden büyüktür	Yok	+	-	+	+	-	+

Tablo 3 . Teze konu cisimlerin patalojik önemi

Örnek Görüntü	Adı	Laborantlarca Yapılan Tanımı	Patalojik Önemi
	Eritrosit	Çekirdeği yoktur. İçi boş yuvarlak yapıdadır. Lökositlere nazaran daha küçüktür	
	Lökosit	Çekirdeklidir. Yuvarlak içleri partiküllü götünür.	Enfeksiyon esnasında bol miktarda götülür.
	Hyalin Slendir	Homojen, renksiz, yarı saydam götünümdeyir.	Patolojik olarak değersizdir.
	Granüler Slendir	Dğer slendirler ile aynı özellik ve ebatlardadır. Farkı üstünde nokta şeklinde granül bulundurmasıdır.	Hüresel slendirin nefronlarda uzun süre beklemesi ile oluşmaktadır.
	Hüresel Slendir	Tipik slendir götüntüsü vardır. (Renksiz, şeffaf vs.) Granüler slendir ile benzeşirler. Farkları, üzerindeki noktaların daha büyük ve sayıca daha az olmasıdır.	
	Kalsiyum Ogzalat Kristali	İçi parlak zarf şeklindedir. Sağlıklı kişilerden alınan asidik veya nötr idrarlarda götülür	Kronik böbrek yetmezliklerinde idrara atılır.
	Kalsiyum Fosfat Kristali	Fark edilmeleri zor ve ebatları küçüktür. Kalın çubuk götüntümlü ve parlaktır.	
	Ürik Asit Kristali	Keskin kenarlı elmas şeklindedir.	İki patolojik durumda idrarda götülür. a) Gut hastalığı b) Sitotoksik ilaç metabolizması
	Triple Fosfat Kristali	Yaygın olarak 3-6 kenarlı prizma şeklindedir. Diğer kristallerden büyüktür	Böbrek taşı oluşumlarında sıklıkla idrara atılır. ^Λ



Şekil 38 :Teze konu cisimlerin sınıflandırma ağacı

2.2. Çalışmanın Temelleri

2.2.1. Amacımız

Tezin konusu idrarda bulunabilecek şekilli elemanlardan dokuz farklı sınıf için ayırt edici kriterler tespit ederek bunların otomatik sınıflandırılmasının sağlanmasıdır.

Tezde genel alan görüntüsüyle ilgilenilmemiş, bu alanda bulunmuş ve mümkün olan en küçük dikdörtgen içine alınmış görüntüler üzerinde durularak, şekilli elemanların sınıflandırılmasına odaklanılmıştır.

Çalışma planı yapılırken şu hususlar belirlenmiştir:

- 1) Eldeki görüntüler öğrenme grubu ve test grubu olarak iki gruba ayrılacaktır.
- 2) Sınıflar için manuel olarak kıstaslar belirlenmeyecektir. Öğrenme gruplarına, tespit edilen kıstaslar uygulanarak sonuçlar gözlenecektir.
- 3) Kıstaslar ebattan bağımsız olacaktır.
- 4) Veritabanı kullanılacaktır.
- 5) Çalışma sonucunda her bir sınıfın belirli bir kıstas için değer aralığı tespit edilecektir.
- 6) Belirlenen aralıkların nesnelere birbirinden ayırmak için kullanışlı olup olmadığı, deneme grubundaki görüntülerle test edilecektir.
- 7) Test aşamasında, görüntü sınıflandırması 1., 2. ve 3. en yakın tahmin olarak sınıflandırılacaktır.
- 8) Doğruluk yüzdeleri belirlenecektir.
- 9) Çalışmanın devamında kıstaslar tekrar ele alınacak, gerekirse yenileri ilave edilecek ve sonuçları ayrıca kaydedilecektir.

2.2.2. Üzerinde Çalışılacak Görüntülerin Özellikleri

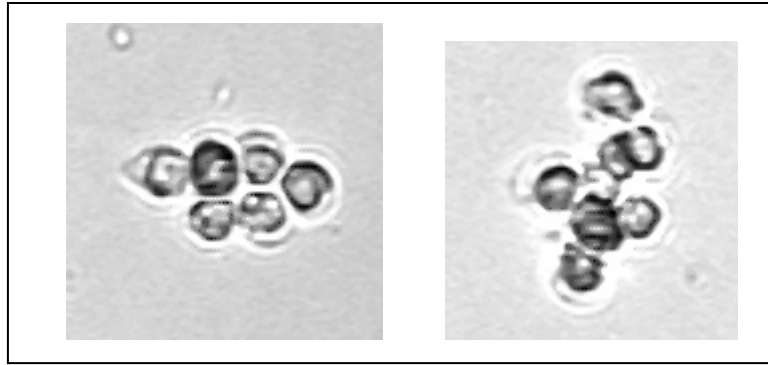
Tüm görüntüler IQ 200 cihazının ekran görüntülerinden temin edildi. Dolayısıyla kalitesi düşük ve siyah beyaz görüntüler üzerinde işlem yapıldı. Bu yüzden renk ve ebat gibi kıstaslar değerlendirilmeye alınamadı.

2.2.3. Varsayımlar

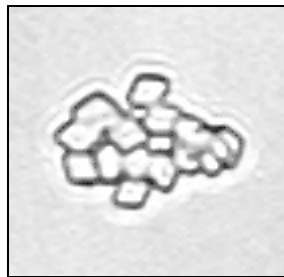
Mikroskopik görüntüler ve Hücre sınıflandırmasıyla ilgili bilgiler alanımıza girmediğinden bu konuda farklı kaynaklardan istifade edilmelidir. Gellikle mikroskobiyi yapan kişilerin bakış açısı değerlendirilmeye çalışılmalı ve bu kişilerin ihtiyaçları dikkate alınmalıdır. Doğal olarak ilk ve en önemli varsayım, bu *kişilerden alınan bilgilerin güvenilir olduğudur*.

1- Kullanılan resimlerde sadece bir cisim vardır:

Tezde sadece IQ200 cihazının sınıflandırdığı görüntüler kullanıldığından, aynı görüntüde birden fazla cismin olmaması varsayımıyla hareket edilmiştir. Hatta Lökosit kümesi ,mantarlar veya ürikasit kristali kümeleri bile patolojik değerlerine rağmen değerlendirmeye alınmamış, bunların sınıflandırılması sonraya bırakılmıştır.



Şekil 39. Eritrosit kümesi



Şekil 40. Ürik Asit Kristali kümesi

2- Cisimler üst üste gelmemiştir.

Gerçek hayatta, mikroskopik görüntülerde cisimlerin üst üste gelmesi çok olasıdır. Her ne kadar hazırlanan preparatta lam ve lamel arası uzaklık çok küçük gibi görünse de mikroskopik partiküller için yine de oldukça büyük bir derinlik söz konusudur.



Şekil 41 : Üst üste gelmiş hücreler

3- Her bir resim tanımlandığı cismi temsil eder. İstisnalar yoktur.

Her ne kadar gerçek mikroskobide dahi belirli bir hata yüzdesi normal olarak algılansa da, Öğrenme ve deneme gruplarındaki görüntüler, sınıflarını en bariz temsil eden örnekler olmalıdırlar. Bunların içinde olabilecek muhtemel hatalar, istatistiki değerleri tamamen etkileyebileceğinden bunlar yok varsayılmıştır.

4- Tanımlanamayan her cisim Artefact grubuna aittir.

2.2.4. Veri Tabanı

Sonuçların bir veri tabanında saklanması ile işlemlerin optimizasyonu mümkün olacaktır. Böylece izlenen yol ve uygulanan yöntemler birbirleriyle karşılaştırılabilir, çıkan sonuçlar ise bir sonraki adımı atmada yönlendirici olacaktır.

Veri tabanı kullanımı, bu konuda ileride yapılacak çalışmaların sonuçlarının da birbirleriyle kaynaştırılması imkanının doğuracak, yeni öğrenme ve test gruplarının, eskiden yapılan çalışmalar tekrarlanmadan kullanılabilmesine olanak sağlayacaktır.

Ayrıca kıstasların belirlenmesi, cisimlerin tespit edilen özelliklerinin belirli formüllerde kullanılması olarak düşünülürse, bu matematiksel işlemlerin veri tabanı tarafından yapılması ve böylece görüntü işleme mekanizmasının karar verme mekanizmasından ayrılması da değerlendirilmesi gereken bir husustur. Özellikle yoğun resim işleme sırasında veritabanına gömülü çalışacak birtakım işlemlerin hız kazandırabileceği düşünülebilir.

Tezde kullanımı kolay ve yaygın olan MS Access Veri tabanı kullanılmıştır. Ancak uygulamanın veri tabanından bağımsız hale getirilmesi önemlidir.

2.2.5. Kullanılacak Yazılım Teknikleri ve Yazım Dili

Literatürde resimlere genel yaklaşım her bir resmin matrisle gösterilmesi şeklinde olmuştur. Matrisler 2 boyutlu olup (en ve boy) tuttukları değerler resmin o noktasına denk gelen Kırmızı, Yeşil, Mavi (RGB) değerini ve/veya Parlaklık değerini ifade etmektedir. Bu yaklaşımın faydaları :

- 1) Resimlerde yapılacak belirli işlemler, temelleri bilinen ve uzun zamandan beri yapıla gelen matris işlemleri şeklinde yapılabilmekte, dolayısıyla kolay ve hızlı olmaktadır. Örneğin bu durumda iki resmin birleştirilmesi basit bir matris toplama işlemi olmaktadır.
- 2) Matris işlemleri için hazır prosedürler mevcuttur. Dolayısıyla uygulamada kolaylık sağlamaktadır.
- 3) Resim işlemleri üzerinde teorik çalışma imkanı sağlamaktadır. Elde edilecek neticeler önceden tahmin edilebilmektedir.
- 4) Çalışmalarda yapılan işlemlerin yazılı olarak ifade edilmesine olanak sağlamasıdır. Sonuçta yapılan tüm işlemler matematiksel işlemlerdir.

Ancak pratik çalışmada bunun neticesi, yapılan her bir işlemin ayrı bir matris (veya matrisler grubu) ile temsil edilmesi anlamına gelmektedir. Örneğin basit bir maskeleyme işleminin neticesi dahi ayrı bir resim olarak saklanır ki bu da özellikle büyük uygulamalarda aşağıdaki dezavantajları beraberinde getirmektedir:

- 5) Karışıklık : Bir resim üzerinde yapılan işlemlerin her biri için ayrı ayrı matrisler tutulması gerekmektedir. Zamanla bu değişkenler arasında kaybolmak çok olasıdır. Hele uygulamalarda matris işlemleri fonksiyonlara gönderilerek dönen değerler üzerinde ayrı işlemler yapılacaksa, bu karışıklık artmakta, uzun işlemlerde bir yerden sonra takip oldukça zorlaşmaktadır.
- 6) Kaynak israfı : Yukarıda da belirtildiği gibi her bir işlem için ayrı ve belki de gereksiz bilgiler tutulmaktadır. Örneğin bir resimde sadece çok küçük bir alan değişse bile o resim için tutulan tüm değişkenler tekrarlanmaktadır. Hatta bunların önüne geçmek için sıkıştırma tekniklerinin geliştirilmesi bile ayrı bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.
- 7) Düşük Tekrar Kullanılabilirlik : Resimler üzerinde yapılacak işlemler, ara matrisler üzerinde gerçekleştirildiği için ve takibi güç olduğundan bir uygulamada kullanılan prosedür, aynen bir diğer uygulamada kullanılamamakta, yapılan bir değişikliğin öncesi ve sonrası görülememekte, ufak bir değişiklik bile yapılırsa tüm prosedürlere ayrı ayrı uygulanması gerekmektedir. Üstelik işlemde yapılan değişikliğin diğer işlemleri nasıl etkilediğini de takip etmek güçleşmektedir.
- 8) For..next Kısıtlaması : Matrisler bir açıdan lineer sistemlerdir. Özellikle belirli bir nokta ile ilgileniliyorsa, tüm matrisin taranması gerekmektedir. Bu ise n^2 . dereceden programlama anlamına gelmektedir.

Tezde bu çalışmalara alternatif olarak yeni geçmiş bilgi birikiminin kullanılması ve geliştirilmesi hedef alınmıştır. Bunun için Nesne Tabanlı bir yaklaşım tercih edilmiştir. Bu sağlamak amacıyla Microsoft'un .Net ortamı tercih edilebilir. Dil olarak ise C# seçilebilir.

Tercihin sebepleri :

- 1) Çalışma sonuçlarının ileride başkaları tarafından da kullanılabilmesi.
- 2) Farklı dillerde yazılmış çalışmaların bir arada derlenebilmesine olanak sağlaması.
- 3) Nesne tabanlı yaklaşımın son dönem temsilcilerinden olması.
- 4) Temel görüntü yakalama, işleme nesnelere içerme.

2.2.6. Nesne Tabanlı Yaklaşım

Yukarıda da değinildiği gibi yazılımın nesne tabanlı yazılması planlanmıştır. Bunun uygulamadaki faydaları ise şu şekilde özetlenebilir :

- 1) Daha Az Karışıklık : Yapılacak tüm işlemler sınıfların davranışları (metotları) şeklinde tanımlanarak paketleme sağlanacaktır. Ayrıca bir durum için birden fazla davranış tanımlanabileceğinden (overloading) işlemler üzerinde yapılan değişikliklerin etkileri ayrı ayrı takip edilebilecektir. Nesnelere birbirleriyle ilişkilendirilebilecek, “Resim”, “Cisim”, “Cisim Alanı” gibi deyimler bir anlam ifade eder hale gelecek, günlük hayatta karşılaşılan durumların uygulaması kolaylaşacaktır.
- 2) Kaynakların Optimum Kullanımı : Bir kez bir nesne tanımlandıktan sonra artık tüm uygulamalar bu nesne üzerinden yapılacağından, ara aşamalarda kaynak israfı yapılmasının önüne geçilecektir.
- 3) Yapılacak uygulamaların nesnelere metotları tarafından gerçekleştirilmesi, Tüm matrisin tekrar ve tekrar hafızada tutulmasının önüne geçecek, yapılan değişikliklerin her bir nesnenin kendi değişkenlerinde tutulmasını sağlayacak, dolayısıyla lokal değişiklikler yapılabilir.
- 4) Yüksek Tekrarlanabilirlik : Sınıflara yazılan davranışlar ileride yapılacak diğer uygulamalarda da sürekli kullanılabilir. Yeni durumların ortaya çıkması halinde aşırı yükleme tekniği kullanılabilir, yapılan değişiklikler öncesi ve sonrasıyla takip edilebilir.
- 5) Yeni Döngü Olanakları : Bu ise döngü sayısını n^2 derecesinden n . dereceye düşürmektedir.

2.3. Görüntünün Cisim Bulunmasına Hazırlanması

2.1.2 de belirtildiği gibi üzerinde çalışılan görüntüler bilgisayar ekranından yakalanmış görüntülerdir. Dolayısıyla işlem yapılmadan önce işleme hazırlanması gerekmektedir. İleride kıstaslara veri olacak cisim özelliklerinin doğru belirlenebilmesi için cisim ve arka plan birbirinden net olarak ayrılmalıdır.

2.3.1. Cismin Arka Plandan Ayırt Edilmesi

Aslında literatürde bu konuda kullanılabilecek birçok yöntemden bahsedilmektedir. Tezin “Genel Bilgiler” konusunda tanımlanan bu yöntemler ele alınan görüntülere ayrı ayrı uygulanmış ve en optimum yöntem tespit edilmeye çalışılmıştır. Her bir yöntemin sonunda diğerlerine göre avantaj ve dezavantajları listelenmiştir.

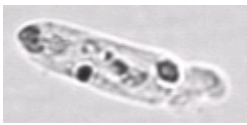



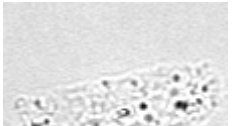
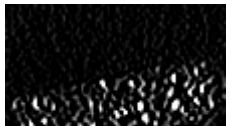
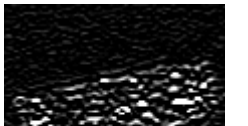





2.3.1.1. Kenar Algoritması

Hipotez :

Ele aldığımız görüntülerde cisimlerin arka plandan ayrılmasını sağlayan kenarlarıdır. Dolayısıyla kenar algoritmaları uygulanarak kenarlılık değeri yüksek olan noktaların cisme ait olduklarının varsayılması ayırım yapmayı sağlayacaktır.








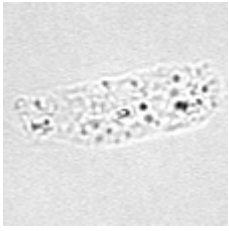
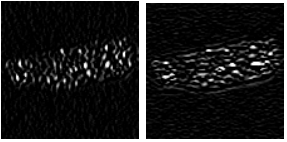
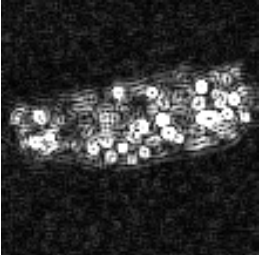
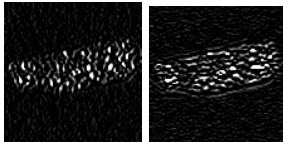
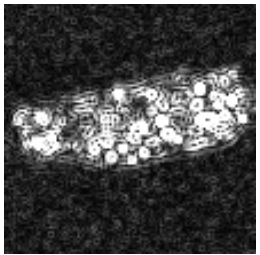
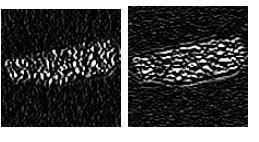
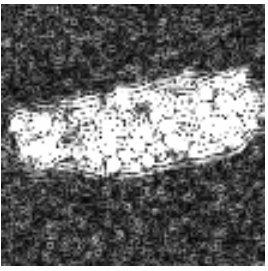

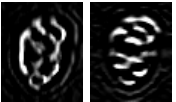

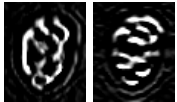



Değerlendirme :

Çekirdek maske dolaştırılmasıyla elde edilecek kenar bilgileri, iki alanın birbirinden farkını ele almaktadır. Maske dolaştırma işlemi yatay ve dikeyde ayrı ayrı yapılarak sonuçta her iki sonucun toplamı değerlendirilecektir[4].

İlk Görüntü	$\begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{matrix}$ Çekirdeğinin uygulanması	$\begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix}$ Çekirdeğinin uygulanması	İki Görüntünün Toplamı
			
			
			

Şekil 42. Kenar algoritması uygulama örnekleri

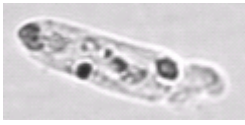



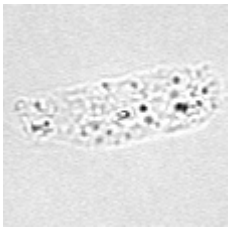


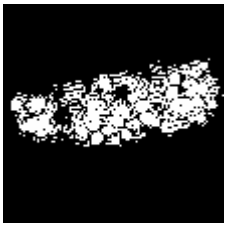




Ayrıca daha önce de gördüğümüz gibi kenar uygulaması için değişik maskeler kullanılabilir. Bu maskelerin uygulanması ve arasındaki farklar şu şekilde ortaya çıkmaktadır:

Ham Görüntü	$\begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 2 & 0 & -2 \\ 4 & 0 & -4 \\ 2 & 0 & -2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 2 & 4 & 2 \\ 0 & 0 & 0 \\ -2 & -4 & -2 \end{matrix}$
	 	 	 			
	 	 	 			
	 	 	 			

Şekil 43. Değişik kenar filtrelerinin etkileri

Yukarıdaki uygulamaların tamamında, değeri çok yükseldiği için RGB uzayının 255 sınırını aşan noktaların değerleri 255 olarak değerlendirilmiştir.

Bu filtreler uygulandıktan sonra çıkan görüntülerde eşik değeri 250 alınır :

Ham Görüntü	1 0 -1 1 1 1 1 0 -1 0 0 0 1 0 -1 -1 -1 -1	1 0 -1 1 2 1 2 0 -1 0 0 0 1 0 -1 -1 -2 -1	2 0 -2 2 4 2 4 0 -4 0 0 0 2 0 -2 -2 -4 -2
			
			
			

Şekil 44. Kenar maskesi uygulanmış görüntüde eşik değeri 250 alınarak elde edilen görüntüler

Kenar Yaklaşımının Zayıf Noktası :

Ele alınan görüntülerde arka plan dalgali bir yapıya sahip olduğundan belirli noktalarda kenar bilgileriyle çakışabileceği için, özellikle arka plana yakın renkteki cisimler için kenar bilgilerinin yok olması söz konusu olabilir. Ayrıca az da olsa belirli noktalarda arka plan kenar bilgileri 250 değerinin üzerine çıkabilmekte (kullanılan maskeye göre) ve cismin şekline dahil olabilmektedir.

Yukarıdaki örneklerde de görülebildiği gibi kullanılan maskenin görüntünün cinsine göre avantaj veya dezavantajları olabilmektedir.

2.3.1.2. Eşik Değeri

Her ne kadar ele alınan görüntülerin bazılarında noktaların dağılımı net bir eşik değerini belirlememize olanak sağlasa da bu birçok görüntü için mümkün değildir. Bunun sebebi mikroskobik görüntülerin genelinde cisimlerin kısmen de olsa şeffaf olmaları ve arka plandan net olarak ayırt edilememeleridir.



Şekil 45. Eşik değeri belirlenebilen görüntü



Şekil 46. Eşik değeri belirlenemeyen görüntü

Hipotez :

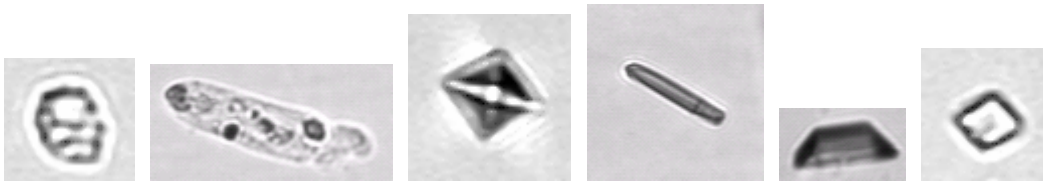
Arka planın neresi olduğu manuel olarak tespit edilebilir. Bu durumda kullanıcıdan arka plana ait olduğunu düşündüğü birkaç noktayı işaretlemesi istenir ve bu noktaların değerlerinin ortalaması arka plan eşik değeri olarak kullanılabilir.

Değerlendirme :

Bu yaklaşım tezin konusu olan “otomatik “ sınıflandırmaya uygun bulunmadığından arka plan piksellerinin tespiti için farklı bir yöntem geliştirilmelidir.

Hipotez :







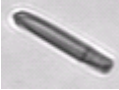



Ele alınan görüntülerden yola çıkarak, cisimlerin genellikle görüntünün köşe noktalarına genellikle temas etmediği görülmüştür. Öyleyse bu noktalar arka plan olarak değerlendirilebilir.



Şekil 47. Ele alınan görüntüler (Cisimler köşelere temas etmiyor)

Değerlendirme :

Buna göre dört köşe noktanın ortalaması alınarak belirlenecek bir eşik değerinin görüntüler üzerindeki uygulaması şu şekilde olmuştur :

Ham Görüntü	Eşik Değer : Dört Köşe Noktanın Ortalaması
	
	
	
	
	











Şekil 48. Dört köşe noktadan oluşan eşik değerinin uygulanması

Zayıf Noktası :

Eşik Değeri olarak tek değer vermek, arka planın sadece tek tondan oluşması durumunda işe yaramaktadır. Oysa ele alınan görüntülerde arka plan tek ton değildir.

Geliştirme :

Tek eşik değeri yerine bulunan değeri genişletilerek belirli bir aralığa dönüştürülebilir. Bunun için bulunan değerin ortalama değeri olduğu varsayılırsa bunun %5 fazlası ve eksisi bir aralık olarak alınabilir ve bu aralık içerisindeki tüm noktalar arka plan kabul edilebilir.

Ham Görüntü	Eşik Değer : Dört Köşe Noktanın Ortalaması +/- %5
	
	
	
	
	

Şekil 49. Dört köşe noktanın ortalaması +/- %5

Zayıf Noktası :

Noktaların ortalamasının ne kadar genişletilebileceğine manüel karar verilmiştir. Gerçekten arka plan olan noktaların bu aralıkta olup olmadığı belirlenemez. Örneğin :











250 ve 200 değerlerinin ortalaması 225 dir. Aynı şekilde 220 ve 230 değerlerinin ortalaması da 225 vermektedir.

225 değerine uygulanacak +/- %5 değeri bize 236-214 aralığını vermektedir. Bu aralık ise ilk durumda ortalamaya giren noktaları dahi arka plan olarak kabul etmemektedir.

Geliştirme :

Dört noktanın ortalamasını almak yerine, bu noktalar arasında en düşük ve en yüksek değerlerin tespit edilerek bir aralık belirlenebilir. Yine bu aralığın belirli bir miktar

genişletilmesi uygun olabilir ve artık ortalamaya giren tüm noktaları kapsayacağı garanti edilebilir.

Ham Görüntü	Eşik Değer : Dört Köşe Noktanın Belirlediği Aralık +/- %0,5
	
	
	
	
	

şekil 50. Dört köşe noktanın belirlediği aralık +/- %5

Zayıf Noktası-1:

Bu yaklaşımın zayıf noktası, yola çıkılan varsayımdan kaynaklanmaktadır. Cismin bir şekilde köşelere denk gelmesi durumunda ortaya çıkan aralık neredeyse görüntüdeki tüm noktaları içerebilecek hale gelecektir.

Geliştirme :

Bu durumun kontrolü için alınan noktaların ortalaması bulunabilir ve bu ortalamaya uzaklıklar tespit edilebilir. Ortalamadan çok uzağa düşen değerler ise aralığın belirlenmesinde kullanılmaz.

Tezde ele alınan görüntülerde bu durum olmadığından bu geliştirme hiç uygulanmamıştır.

Zayıf Noktası -2 :














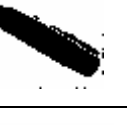
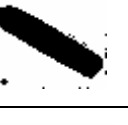





Bu yaklaşımda arka planın homojen olduğu varsayılmıştır. Ancak her zaman böyle olmayabilir. Ele alınan noktalar tam da o alandaki en düşük veya en yüksek değerlere sahip noktalar olabilir. Bu durumda ortaya çıkan aralık, istenenden çok küçük olabilir.

Geliştirme -2 :

Görüntünün arka planı daha homojen hale getirilebilir. Bunun için gürültü giderme tekniklerinden “Komşuların Ortalaması” ve “Sıralı Komşuların Orta Değeri” yöntemleri kullanılabilir.

“Komşuların Ortalaması“ alındıkça köşelerde oluşan noktalar tek nokta yerine birçok noktanın ortalama değeri haline gelir. Bu durumda dört adet köşe değerleri kullanıldığında dahi, $n \times n$ boyutlu komşu değerler değerlendiriliyorsa, $(n^2-1) \times 4$ değer kullanıldığı ortaya çıkar. Bu ise aralığın daha doğru belirlenmesini sağlayacaktır. Ayrıca eğer cisim köşelere denk gelmiş olsa bile bunun ortalamaya etkisi oldukça az olacaktır.

“Sıralı Komşuların Orta Değeri” uygulandıkça ise, köşe noktalara denk gelmesi durumunda cisme ait noktaların değerlerinin ortalamaya etkisi iyice azaltılmış olacaktır.[17]

Ham Görüntü	Median + Mean +Dört Köşe Eşik Değeri	Mean + Median +Dört Köşe Eşik Değeri	2xMedian + Mean(3) + Mean(5) + Dört Köşe Eşik Değeri
			
			
			
			
			

Şekil 51. Yöntemlerin karşılaştırılması

2.4. Kullanılan Şekil Özellikleri ve Ele Alma Şekli

Öncelikle bir “Şekil”den bahsedilebilmesi için resmin üzerindeki belirli bir alanın cisimi temsil ettiği tespit edilmelidir. Bu ise sadece siyah ve beyazdan oluşan resimde siyah noktaların cisimi temsil etmeleri, cisme ait olmayan hiçbir siyah piksel kalmaması, bunların arasında boşluk olmamasını gerektirmektedir. Ancak bundan sonra alan, çevre, en veya boy gibi şekilleri birbirinden ayırt eden özelliklerin formülize edilebilmesi mümkün olacaktır.









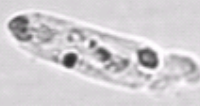



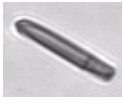

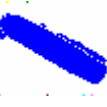





Bunun için Literatürde kullanılan tarama tekniklerinin yerine OOP nin yapısına daha uygun ve ileride dağıtık sistemler ile de çalışabilecek bir yöntem kullanmak gerekmektedir. Bu yöntemde sırasıyla tarama yapılmayacak, ilk bulunan siyah pikselin etrafı taranarak cisimler tespit edilmeye çalışılacaktır. Tezimizin başında her resimde sadece bir tek cisim

olacağı varsayımından hareket ettiğimiz için yeterli büyüklükte bir cisim bulmamız bizi sonuca götürecektir.

Bu noktada şu ana kadar kullandığımız model yeterli olmamakta piksel ve cisim nesnelere ile bunların birbirleri ile bağlantılarını oluşturan bir yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Her bir Resimin Pikselleri olduğu ve cismin belirli piksellerin kümesi olarak algılandığı bu modelde recursive algoritmalar kullanılarak gerçekleştirilebilecek bu yöntem ile kendisine ait piksellere doğrudan ulaşılabilen ve kendi özelliklerini içerdiği fonksiyonlarla hesaplayabilen bir “Cisim” nesnesi üretilebilir. Bundan sonra yapılacak işlemler de resmin tamamı yerine doğrudan bu nesne üzerinde gerçekleştirilebilir. Bu bize hem zaman kazandıracak, hem de şekillere sürekli yeni ve ayırt edici özellikler ilave etme noktasında kolay bir yapı sunacaktır. Her bir cisim ve pikselleri arasında çift yönlü bir bağ kurulması da (Cisim tüm piksellerine anında ulaşabiliyor ve her Piksel hangi cisme ait olduğunu biliyor) işlemlerde kolaylık sağlayacaktır.

Tezimizde bu yapı yukarıda belirttiğimiz şekilde hazırlandı ve tekrar kullanılabilir Cisim, Resim ve Piksel nesnelere oluşturuldu.

Ancak ilk denemelerde de görüleceği gibi resmin ilk ele alma biçimine göre birden fazla şekil ortaya çıktı. Özellikle Resimler üzerinde yapılan işlemler arka plan eşik değerini belirlerken cismin şeklinin bozulmamasını hedeflediğinde onlarca küçük cisimciğin ortaya çıktığı görüldü. Ancak resimde sadece bir cisim olduğunu varsaydığımız için resmin genel boyutunun %0,5 inden küçük cisimleri gürültü varsayıp sildik. Kalan cisimlerin ise aynı cismin birbirinden uzak parçaları oldukları varsayımıyla birleştirdik.

Ham Görüntü	* Mean uygula * Median uygula * Dört Köşe Nokta Aralıklı Eşik Değer uygula	* Cisimleri bul (Recursive Algoritma)	* Cisimleri bul, * Küçükleri Sil
		 (4 Cisim)	 (1 Cisim)
		 (37 Cisim)	 (2 Cisim)
		 (2 Cisim)	 (1 Cisim)
		 (11 Cisim)	 (1 Cisim)
		 (4 Cisim)	 (1 Cisim)

Şekil 52. Cisim bulma örnekleri

Tezimizde cisimleri birbirinden ayırt etmek için şekil kriterleri kullanılacak. Ancak şekillerin de birbirinden ayrılabilmesi, belirli boyutların formüllerde kullanılması sonucu çıkan değerlerin karşılaştırılması ile olmaktadır. Zira boyutlar cismin elde edilme şekline bağlı olarak aynı cisim için dahi farklı değerlerde olabilmektedirler. Örneğin mikroskobik görüntüde x20 büyütme objektif ile alınan görüntü, x100 lük ile alınana göre 5 kez daha küçük değerler üretecektir. Üretilen formüller ise birime bağlı kalmaksızın şekilsel özelliklere dair kriterler ortaya koyabilmektedir.

Formüllerde başarının sağlanabilmesi için bu boyutları nasıl elde edeceğimizi belirlememiz gerekmektedir. En çok kullanılan boyutlar : Alan, Çevre, En, Boy ve Doluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlar tezde aşağıdaki değerler olarak tespit edilmiştir :

Alan = Çevreleyen Çokgenin içinde kalan piksellerin adedi.

Çevre = Çevreleyen Çokgenin çevresi.

En = Çevreleyen Çokgenin en kısa köşegeni .

Boy = Çevreleyen Çokgenin en uzun köşegeni .

Doluluk = Çevreleyen Çokgenin alanının bu alan içerisinde kalan siyah piksellere oranı.

2.5. Ayırt Edici Şekilsel Özellikler ve Tanımlamaları

Ayırt edici şekilsel özellik olarak yukarıdaki boyut bilgilerinin belli denklemler içerisinde kullanılması sonucunda tezde deneme amaçlı olarak 5 kriter kullanılmıştır. Bu kriterler ve denklemleri aşağıdaki gibidir :

Form Faktör : $4\pi * \text{Alan} / \text{Çevre}^2$

En Boy Oranı: En / Boy

Yuvarlaklık : $4 * \text{Alan} / \pi * \text{En Uzun Köşegen}$

Sağlamlık : Alan / Çokgen Alanı

Sıklık : $\sqrt{4 * \text{Alan} / \pi} / \text{En Uzun Köşegen}$

Daha önce de belirtildiği gibi şekilsel özelliklerin doğru tespit edilebilmesi, cismin en az gürültü ile tespit edilebilmesine bağlıdır. Bunun için tezin 2.2. “Görüntünün Cisim Bulunmasına Hazırlanması” bölümünde belirtilen yöntemler arasında seçim yapılması veya yeni yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Tezde karşılaştırma amacıyla üç farklı yöntem ele alınmış ve birbirlerinden çok az farkları olan bu yöntemlerin sonuçları nasıl etkilediği gösterilmeye çalışılmıştır. Ele alınan yöntemler :

Yöntem 1 :

Eşik Değer - 4 Köşe Noktanın oluşturduğu aralık değerinin %5 genişletilmiş hali

Küçüklük Oranı – Cismin Büyüklüğü / Resmin Büyüklüğü oranı 0,005 den küçük olanlar

Döndürme Açısı – 0,05

Yöntem 2 :

Eşik Değer – Median ve Mean filtrelerinin ardından oluşan görüntüde 4 köşe noktanın oluşturduğu aralık değerinin %5 genişletilmiş hali.

Küçüklük Oranı – Cismin Büyüklüğü / Resmin Büyüklüğü oranı 0,005 den küçük olanlar.

Döndürme Açısı – 0,05

Yöntem 3 :

Eşik Değer - 4 Köşe Noktanın oluşturduğu aralık değerinin %5 genişletilmiş hali

Küçüklük Oranı – Cismin Büyüklüğü / Resmin Büyüklüğü oranı 0,001 den küçük olanlar

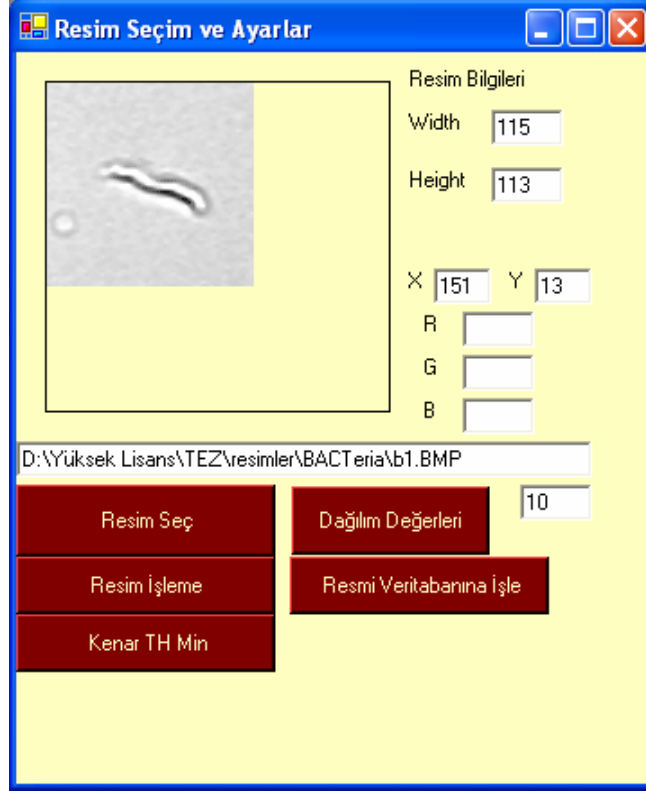
Döndürme Açısı – 0,1

Yöntemler seçilirken özellikle birbirine çok benzeyen yöntemler alınmıştır. Böylece çok küçük değişikliklerin bile öğrenme ve tanımlama süreçlerine nasıl etki edeceğinin gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Başta belirtildiği gibi resimlerin ilk ele alınmasında kullanılan yöntemler, şekil özelliklerini resimler teker teker ele alındığında oldukça fazla etkilemekteydi.

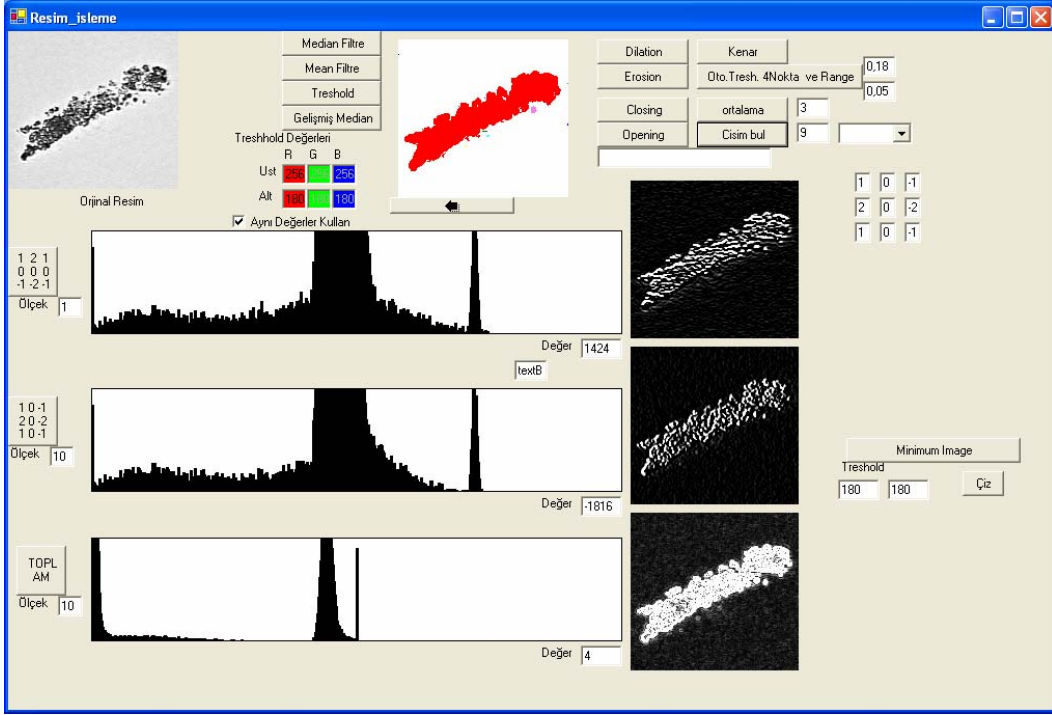
2.6. Yazılan Uygulama

Tezde, bu konunun araştırılması için bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılımın geliştirme sürecinde adım adım ilerlenmiş, öncelikle resimleri ele alan, istenen prosedürleri bu resimlere uygulayarak sonucu görmemizi sağlayan, karar verme sürecinde ihtiyaç duyduğumuz görsel ve rakamsal veriyi bize gösteren bölümler oluşturulmuştur. Daha sonra

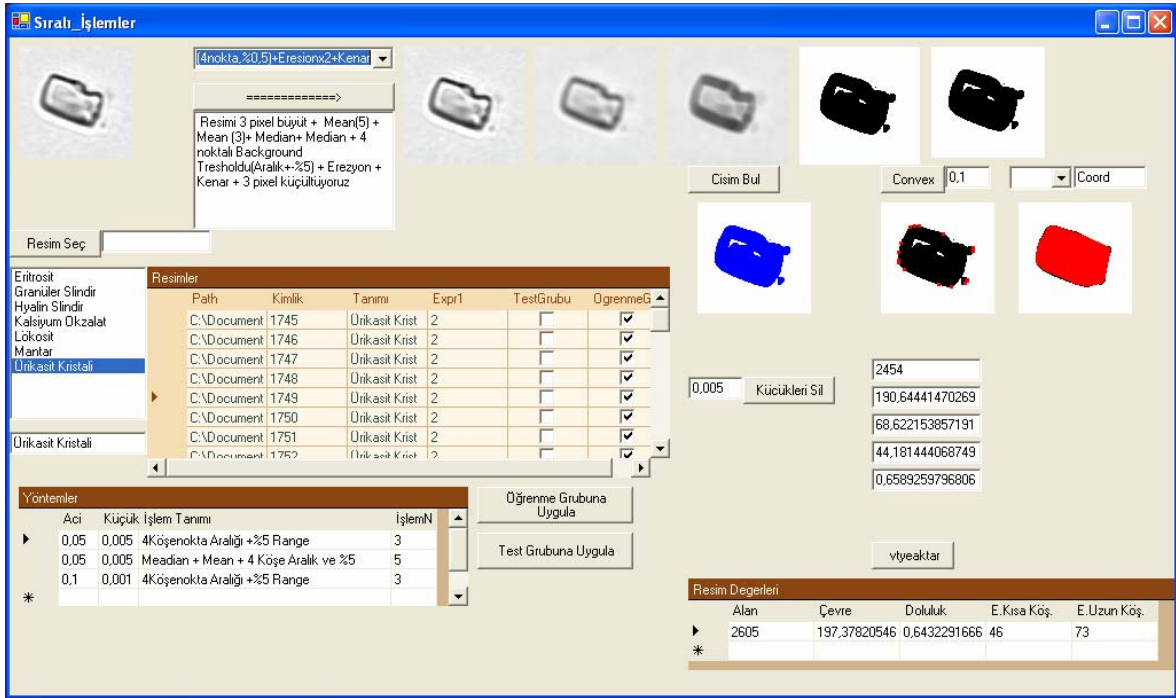
burada oluşturulan sınıflar, sıralı işlemlerin (bir nevi makro) uygulanması için diğer uygulamalarda kullanılmıştır.



Şekil 53. Yazılan uygulamanın menüleri



Şekil 54. Görüntü İşleme Tekniklerinin kullanıldığı uygulama ekranı



Şekil 55. Sıralı işlemlerin uygulanarak sonuçların değerlendirildiği ekran görüntüsü

Değerlendirme

Hücre Cinsi	Yöntem	En/Boy	Form Faktör	Sağlanlık	Sıklık	Yuvarlaklık
Entrosit	4Köşenokta	1,466666666	0,751059681	0,591911764	0,797884560	0,636619772
Entrosit	4Köşenokta	1,2	0,836239619	0,715340909	0,902225703	0,814011219
Entrosit	4Köşenokta	1,128205128	0,857215320	0,681547619	0,945044519	0,893109143
Entrosit	4Köşenokta	1,073170731	0,926633810	0,618070953	0,976194992	0,952956663
Entrosit	4Köşenokta	1,2	0,900166278	0,719318181	0,896387981	0,803511414
Entrosit	4Köşenokta	1,210526315	0,858143442	0,615131578	0,861348230	0,741920774
Entrosit	4Köşenokta	1,25	0,817148640	0,642814549	0,887247348	0,787207856

Sekizli Değerler Hesapla

Dokuzlu ve Onaltılı Hesapla

Test Grubunu Değerlendir

YöntemID	Tanımı	FFDit	SaDit	SıkDit
*				

CinsID	EBOMax	EBOMin	EBOOrt	FFMax	FFMin	FFDit	Kimlik	SaMax	SaMin	SaOrt
5	1,6	1,044444444	1,194734091	0,965351540	0,597004390	0,855809655	55	0,719318181	0,218439716	0,5830
7	3,911764705	1,235294117	2,039171612	0,871761888	0,294846575	0,651170523	56	0,571491228	0,079179487	0,3601
1	3,918181818	1,126984126	1,964708842	0,859342463	0,372992608	0,660564051	57	0,879120879	0,124783790	0,3361
3	2,583333333	1,042553191	1,304014466	0,924636247	0,542928149	0,800287548	58	0,767378215	0,256181318	0,5406
4	1,777777777	1,0625	1,215326064	0,960772261	0,562892071	0,812015292	59	0,821266968	0,391003460	0,5776
6	2,263157894	1,111111111	1,557819683	0,932008590	0,508490231	0,758456526	60	0,649522799	0,283063511	0,5333
2	1,645833333	1,078431372	1,258155887	0,960316293	0,546185697	0,831424340	61	0,709273182	0,397058823	0,5845

Şekil 56. Verilerin otomatik işlendiği ve değerlendirildiği ekran görüntüsü

3. YAPILAN UYGULAMA

Uygulamamızda 1.3.5.2 Parametrik Tanımlama bölümünde anlatılan Denetlenmiş sınıflandırma yöntemi uygulanmaya çalışılmıştır. Bunun için aşağıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere her bir cins cisim için belirli bir miktarda resim toplanmıştır. Bu resimler laborantlar ve doktorlar tarafından onaylandıktan sonra veri tabanına gerçek cinsleri de bilinecek şekilde kaydedilmiştir. Daha sonra resimler Öğrenme Grubu ve Test Grubu olarak iki gruba ayrılmıştır. Bu kümeler tamamen ayrık kümeler olup hiç kesişim noktaları bulunmamaktadır.

Tablo 4. Kullanılan resimlerin cinslere göre dağılımı

Cismin Tanımı	Toplam Resim Sayısı	Öğrenme Grubu Sayısı	Test Grubu Sayısı
Hyalin Slendir	92	78	13
Ürik Asit Kristali	46	37	9
Kalsiyum Okzalat	301	261	40
Lökosit	269	229	40
Eritrosit	205	175	30
Mantar	58	48	10
Granüler Slendir	43	35	8

3.1. Öğrenme Aşaması

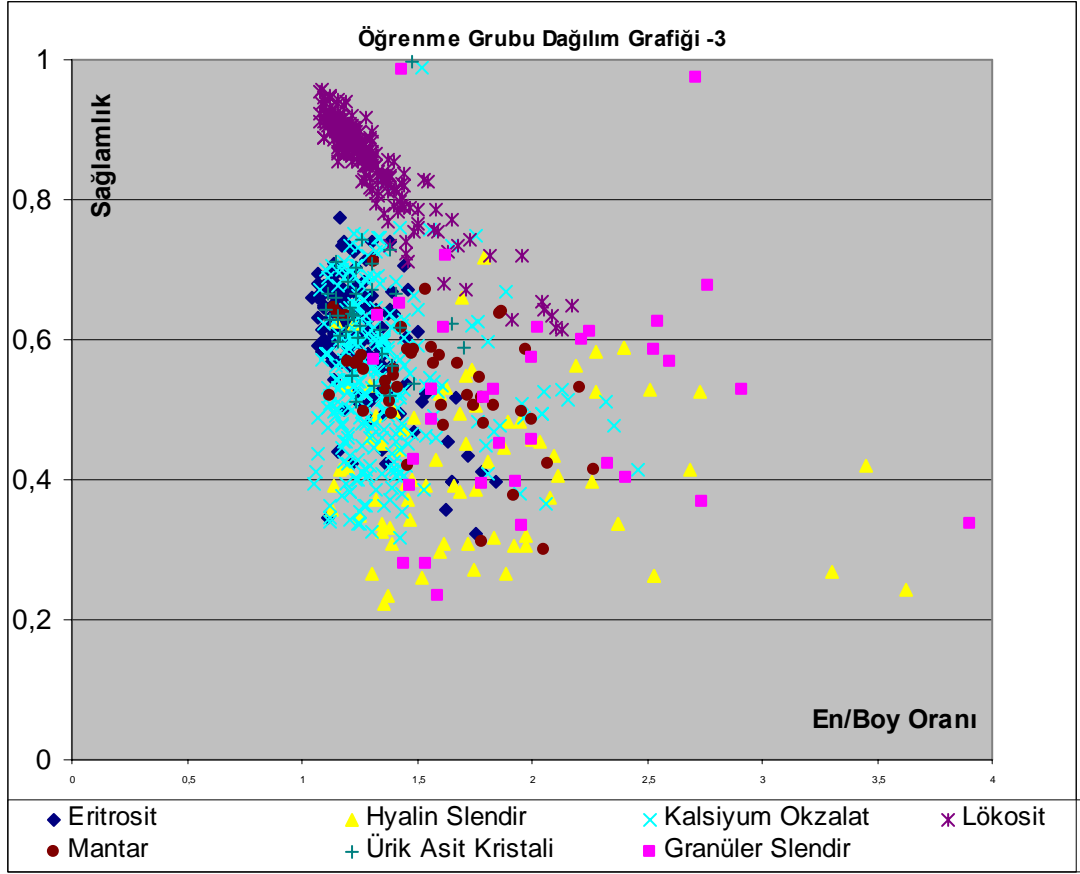
2.5. de tanımlanan üç yöntem tüm öğrenme grubuna sırasıyla uygulanmış ve her bir örnek için *alan*, *çevre*, *en*, *boy*, *doluluk oranı* değerleri bulunmuştur. Bu değerler Tablo 1. de belirtilen formüllerde yerine konularak *Form Faktor*, *En/Boy Oranı*, *Sıklık*, *Yuvarlaklık*, *Sağlamlık* kriterleri için değerler hesaplanmıştır.

Kimlik	ResimID	YöntemID	Alan	Cevre	EUKosegen	EKKosegen	Doluluk	FormFaktor	Yuvarlaklık	EBOranı	Sağlamlık	Sıklık
592	1653	1	4170	252,398	100	68	0,242983	0,822572425	0,53094089	1,4705882	0,24298338	0,7286569
1455	1653	2	6909	338,8518	142	72	0,321348	0,756145615	0,43626324	1,9722222	0,32134831	0,6605023
2318	1653	3	5479	293,8376	116	73	0,181777	0,797436946	0,51843635	1,5890411	0,18177671	0,7200252
593	1654	1	1400	172,1974	75	26	0,190106	0,593314376	0,31689618	2,8846154	0,19010641	0,5629344
1456	1654	2	2388	206,1006	83	44	0,265023	0,706456645	0,44135521	1,8863636	0,26502311	0,6643457
2319	1654	3	2327	192,23	75	54	0,189938	0,791341632	0,52672505	1,3888889	0,18993782	0,7257583
594	1655	1	918	138,9882	54	33	0,201389	0,597168241	0,40083467	1,6363636	0,20138889	0,6331151
1457	1655	2	4430	253,4001	94	71	0,370811	0,866962253	0,63834893	1,3239437	0,37081081	0,7989674
2320	1655	3	2447	199,7101	75	57	0,123390	0,770980883	0,5538875	1,3157895	0,12339024	0,7442362
595	1656	1	1200	148,3192	63	25	0,424731	0,685482648	0,38495527	2,52	0,42473118	0,6204476
1458	1656	2	1868	185,1890	75	40	0,444771	0,684472906	0,42282871	1,875	0,44477124	0,6602528
2321	1656	3	1639	181,0826	75	34	0,271429	0,628109846	0,37099371	2,2058824	0,27142857	0,6090925
596	1657	1	1816	169,5945	66	38	0,461982	0,793418522	0,53080877	1,7368421	0,46198157	0,7285662
1459	1657	2	2463	202,3341	72	52	0,330655	0,762163608	0,60984834	1,3846154	0,33065476	0,7809279
2322	1657	3	3409	226,4527	81	72	0,270217	0,835376015	0,66155672	1,125	0,27021653	0,8133614
597	1658	1	638	121,4238	52	22	0,260621	0,543780032	0,30041673	2,3636364	0,26062092	0,5481028
1460	1658	2	1065	139,6411	58	33	0,386807	0,686330006	0,40309159	1,7575758	0,3868066	0,6348949
2323	1658	3	946	133,945	57	26	0,218623	0,662594962	0,37072472	2,1923077	0,21862348	0,6088717
598	1659	1	915	130,1472	49	25	0,320048	0,678830295	0,48522040	1,96	0,32004831	0,6965776
1461	1659	2	1299	159,3871	61	27	0,39693	0,642568551	0,44448755	2,2592593	0,39692982	0,6866699
2324	1659	3	1504	162,4027	63	42	0,232528	0,716590682	0,48247727	1,5	0,23252804	0,6946058
599	1660	1	1122	147,7291	56	30	0,373571	0,646056280	0,45554042	1,8666667	0,37357143	0,6749373
1462	1660	2	4105	245,5057	84	70	0,418109	0,855854229	0,74073814	1,2	0,41810865	0,8606615
2325	1660	3	2117	199,2613	80	49	0,160417	0,670015486	0,42116377	1,6326531	0,16041667	0,6489713
3009	1661	1	710	118,5081	47	23	0,526364	0,635290031	0,40923498	2,0434783	0,52636448	0,6397148
3158	1661	2	2351	209,7613	74	57	0,260365	0,671447149	0,54663736	1,2982456	0,26036484	0,7393493
3307	1661	3	3613	237,1072	88	66	0,117563	0,807585290	0,59403596	1,3333333	0,11756287	0,7707373
600	1662	1	2065	205,6647	71	63	0,124784	0,613494407	0,52157105	1,1269841	0,12478379	0,7221988
1463	1662	2	5400	297,4142	104	72	1,002593	0,767149814	0,63567803	1,4444444	1,00259259	0,7972942
2326	1662	3	3905	260,2241	97	71	0,097048	0,724662612	0,52843027	1,3661972	0,09704804	0,7269321
601	1663	1	1695	183,4998	73	43	0,342466	0,632569458	0,40498049	1,6976744	0,34246575	0,6363808
1464	1663	2	4479	257,9630	97	66	0,342461	0,845816077	0,60610478	1,469697	0,34246075	0,7785273

Şekil 57. Öğrenme grubundaki her bir resim için bulunan değerler

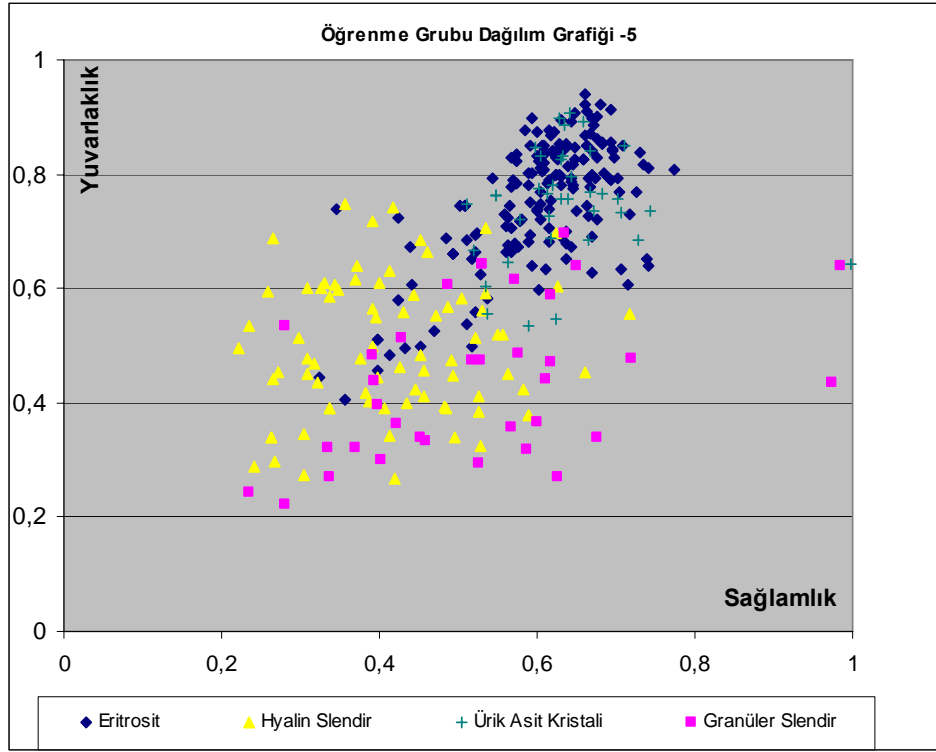
Yukarıdaki resimde de görüldüğü gibi her bir resim ve yöntem için çıkan değerler ayrı ayrı kayıtlarda tutulmuş, böylece değerlendirmenin ölçümden bağımsız ele alınması hedeflenmiştir. Bundan sonra değişik parametrelerin çok boyutlu bir uzayda ele alınması ve bu uzayda yer alan kümelerin sınırlarının tayin edilmesi gerekmektedir.

Parametrelerin bazılarının ikiyeşerli ele alınması durumunda bazılarının belirli kümeleri net bir şekilde diğerlerinden ayırdığı görüldü. Örneğim En/Boy Oranı ve Sağlamlık grafiği ele alınacak olursa Lökositlerin net bir şekilde diğerlerinden ayrıldığı gözlemlenebilir.



Şekil 58. Parametrik dağılım grafiği

Diğer yandan Formfactor/Yuvarlaklık grafiği bize Eritrosit ve Ürik Asit Kristallerinin Slendirlerden (Hyalin veya Granüler) ayrıştığını gösteriyor. Ara bölgelerin oluşması ve diğer kümelerin içerisine düşen elemanların olması ise bize şekil ölçümlerini yapmadan önce kullandığımız yöntemlerin ayarlarının tekrar yapılması gerektiğini gösteriyor.



Şekil 59. Öğrenme grubu dağılım grafiği - Yuvarlaklık/Sağlamlık

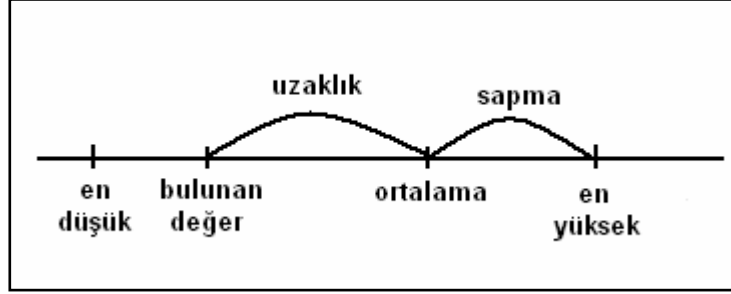
Elde edilen parametrik değerler, resimlerin bilinen gerçek cinslerine göre sınıflandırılıp ortalamaları, en küçük ve en büyük değerleri alınarak EK-1 deki tablo oluşturulmuştur. Bu tablo bize her bir cins için kübik yapıda parametrik tanımlama uzayını vermektedir. Ancak tezin değerlendirilmesi aşamasında görüldüğü gibi sadece 4 adet şekilsel kriter ortaya koymak yeterli olmamakla birlikte en azından şekilsel kriterler kullanılarak cinslerin belirlenmesinin mümkün olduğu da gözlenmiştir.

3.2. Test Aşaması

Test aşamasında test grubuna aynı yöntemler sırasıyla uygulanarak alan, çevre, en, boy, doluluk değerleri bulunmuş ve bunların formüllerde kullanılması ile de Form Faktör, Sıklık, Sağlamlık, En/Boy Oranı, Yuvarlaklık değerleri hesaplanmıştır.

Test grubunun hangi gruba *ne kadar* benzediğini yüzde olarak tespit etmek amacıyla bir *benzerlik kriteri* ortaya konulmuştur. Bu kriterin denkleminde kullanılan uzaklık ve sapma değerleri her bir şekil kriteri için ayrı ayrı belirlenmiştir. Sapmanın değeri, ortalamaya yakın olan en küçük veya en büyük değer ile ortalamanın farkının mutlak

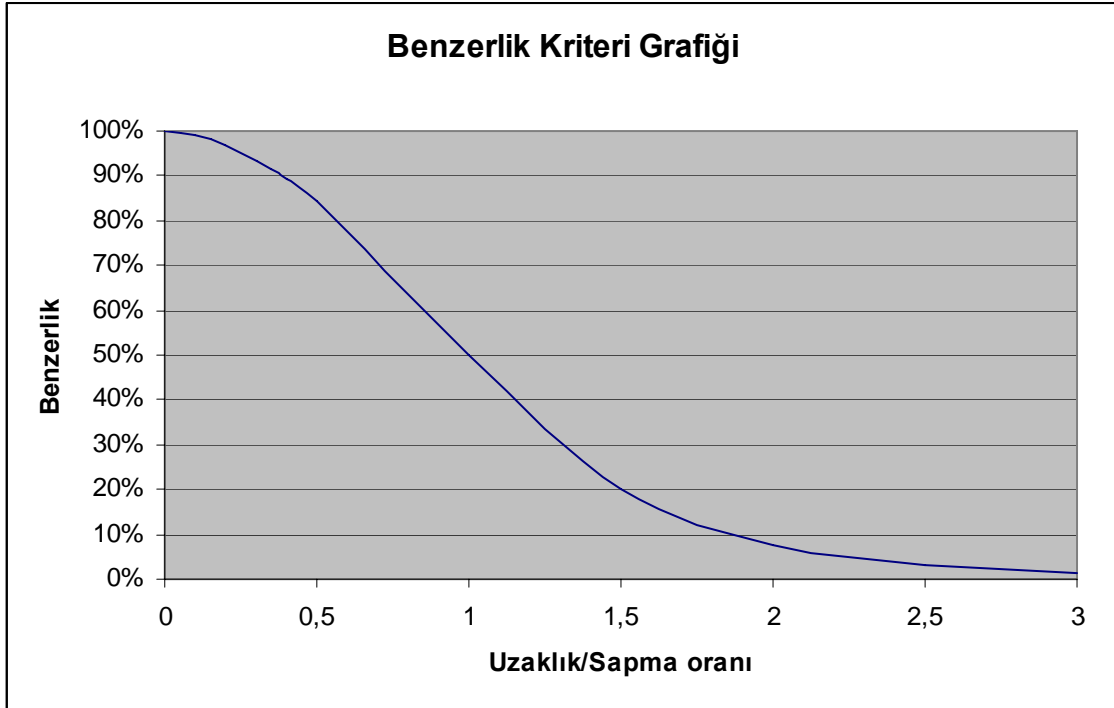
değeridir. Uzaklık ise değerlendirilecek resim için çıkan değer ile ortalamasının farkının mutlak değeridir.



Şekil 60 : Kullanılan uzaklık ve sapma kriterlerinin gösterimi

Benzerlik Kriteri = $x^4 - x^3 + x^2 + 1$ olarak belirlenmiştir. Burada x, uzaklık /sapma dır.

Buna göre benzerlik kriteri grafiği aşağıdaki gibi olmaktadır:



Şekil 61. Benzerlik kriteri grafiği

Formüle göre uzaklık sıfır olduğunda benzerlik sapma ne olursa olsun bir (%100) olacaktır. Uzaklık sapmaya eşit olduğunda ise %50. Uzaklık/Sapma büyüdükçe benzerlik yüzdesindeki azalma büyüyecektir.

Dikkat edilmesi gereken bir husus da benzerlik kriteri uygulanırken resimlerin her bir şekilsel kritere göre hangi temel cinse ne kadar benzediklerinin değerlendirilmesi olmuştur. Buna göre örnek olarak aşağıdaki resmin değerleri şu şekildedir.



Şekil 62. Test grubuna ait örnek bir resim (Cins numarası7)

Tablo 5 . Şekil kriterlerine göre bir resmin benzediği cins sıralaması

Yöntem	Cins	Benzerlik Yüzdesi					
		Ortalama	Form Faktör	Sıklık	Sağlamlık	En/Boy Oranı	Yuvarlaklık
1	6	74,52%	89,10%	74,31%	60,94%	74,06%	74,22%
1	1	72,91%	62,53%	81,46%	63,25%	76,99%	80,32%
1	7	70,84%	63,19%	75,12%	68,17%	71,22%	76,51%
1	3	60,34%	85,79%	50,20%	73,48%	38,92%	53,32%
1	4	47,56%	82,15%	33,91%	61,10%	23,45%	37,21%
1	2	42,81%	71,36%	31,35%	49,65%	28,27%	33,42%
1	5	40,42%	59,00%	32,63%	52,31%	22,44%	35,74%
2	7	89,33%	87,79%	92,44%	90,59%	87,59%	88,25%
2	1	74,86%	85,58%	73,18%	75,05%	68,05%	72,45%
2	6	62,84%	69,76%	58,33%	79,19%	46,25%	60,66%
2	3	51,90%	60,48%	42,51%	82,16%	28,19%	46,18%
2	4	44,46%	61,63%	31,52%	73,44%	20,77%	34,95%
2	5	40,40%	46,11%	30,88%	70,80%	19,77%	34,45%
2	2	33,64%	43,90%	28,43%	46,83%	17,25%	31,80%
3	6	81,54%	98,69%	88,02%	54,17%	80,43%	86,37%
3	1	69,16%	67,64%	78,15%	53,53%	65,49%	81,02%
3	3	69,07%	73,13%	61,49%	74,66%	72,48%	63,61%
3	7	65,22%	65,06%	65,67%	72,33%	59,57%	63,49%
3	5	49,60%	43,24%	45,03%	59,19%	53,19%	47,37%
3	4	47,71%	44,06%	39,07%	62,68%	51,14%	41,57%
3	2	47,67%	41,92%	40,96%	56,37%	56,39%	42,74%

Yukarıdaki tablo ortalama benzerlik kriterine göre sıralanmıştır. Buna göre Yöntem-1 de resim en çok 6 numaralı cinse benzerken Yöntem-2 de kendi cinsi olan 7 numaralı cinse benzemiştir. Yöntem-2 nin Granüler Slindir (Cins 7) için daha belirgin bir ayırt edici yöntem olup olmadığını ve dolayısıyla hangi yöntemlerin resmin gerçek cinsini bulmada ne kadar başarılı olduklarının anlaşılabilmesi için ise yukarıdaki tablolar kullanılarak yöntemlere göre kaçınıcı tahminde doğru cinsi bulduklarına dair bir tablo hazırlanmıştır. Örneğin yukarıdaki verilere göre Yöntem-1 in 3. tahminde, Yöntem 2 nin 1. tahminde, Yöntem-3 ün ise 4. tahminde bulma sayacılarına birer puan eklenmiştir. Tüm test grubundaki resimlere bu işlem uygulandığında karşımıza aşağıdaki veriler çıkmaktadır:

Tablo 6. Yöntemlerin tahmin değerleri

Yöntem	Tanımı	1	2	3	4	5	6	7	Genel Toplam
1	Eritrosit	15	5	3	4	2	0	1	30
	Granüler Slindir	5	1	1	1	0	0	0	8
	Hyalin Slindir	1	12	0	0	0	0	0	13
	Kalsiyum								
	Okzalit	20	9	1	9	0	0	0	39
	Lökosit	19	10	4	6	0	1	0	40
	Mantar	2	2	4	0	2	0	0	10
	Ürikasit Kristali	1	2	2	4	0	0	0	9
TOPLAM		63	41	15	24	4	1	1	149
2	Eritrosit	20	4	1	3	0	2	0	30
	Granüler Slindir	4	0	2	0	1	0	1	8
	Hyalin Slindir	4	8	0	0	0	1	0	13
	Kalsiyum								
	Okzalit	13	7	7	12	0	0	0	39
	Lökosit	13	13	9	1	4	0	0	40
	Mantar	1	1	4	1	3	0	0	10
	Ürikasit Kristali	0	2	5	2	0	0	0	9
TOPLAM		55	35	28	19	8	3	1	149
3	Eritrosit	2	24	1	2	1	0	0	30
	Granüler Slindir	6	1	0	1	0	0	0	8
	Hyalin Slindir	4	9	0	0	0	0	0	13
	Kalsiyum								
	Okzalit	22	8	3	6	0	0	0	39
	Lökosit	27	3	3	3	2	0	2	40
	Mantar	2	4	2	0	2	0	0	10
	Ürikasit Kristali	0	2	0	5	2	0	0	9
TOPLAM		63	51	9	17	7	0	2	149
GENEL TOPLAM		181	127	52	60	19	4	4	447

Bu veriyi ise test edilen resimlerin adedine göre orantılandığında ise aşağıdaki değerler oluşmuştur:

Tablo 7 : Yöntemlerin başarımları yüzdeleri

Yöntem1	Rank						
	1	2	3	4	5	6	7
Eritrosit	50,00%	16,67%	10,00%	13,33%	6,67%	0,00%	3,33%
Granüler Slindir	62,50%	12,50%	12,50%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%
Hyalin Slindir	7,69%	92,31%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Kalsiyum Okzalıt	51,28%	23,08%	2,56%	23,08%	0,00%	0,00%	0,00%
Lökosit	47,50%	25,00%	10,00%	15,00%	0,00%	2,50%	0,00%
Mantar	20,00%	20,00%	40,00%	0,00%	20,00%	0,00%	0,00%
Ürikasit Kristali	11,11%	22,22%	22,22%	44,44%	0,00%	0,00%	0,00%
Genel Toplam	42,28%	27,52%	10,07%	16,11%	2,68%	0,67%	0,67%

Yöntem 2	Rank						
	1	2	3	4	5	6	7
Eritrosit	66,67%	13,33%	3,33%	10,00%	0,00%	6,67%	0,00%
Granüler Slindir	50,00%	0,00%	25,00%	0,00%	12,50%	0,00%	12,50%
Hyalin Slindir	30,77%	61,54%	0,00%	0,00%	0,00%	7,69%	0,00%
Kalsiyum Okzalıt	33,33%	17,95%	17,95%	30,77%	0,00%	0,00%	0,00%
Lökosit	32,50%	32,50%	22,50%	2,50%	10,00%	0,00%	0,00%
Mantar	10,00%	10,00%	40,00%	10,00%	30,00%	0,00%	0,00%
Ürikasit Kristali	0,00%	22,22%	55,56%	22,22%	0,00%	0,00%	0,00%
Genel Toplam	36,91%	23,49%	18,79%	12,75%	5,37%	2,01%	0,67%

Yöntem 3	Rank						
	1	2	3	4	5	6	7
Eritrosit	6,67%	80,00%	3,33%	6,67%	3,33%	0,00%	0,00%
Granüler Slindir	75,00%	12,50%	0,00%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%
Hyalin Slindir	30,77%	69,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Kalsiyum Okzalıt	56,41%	20,51%	7,69%	15,38%	0,00%	0,00%	0,00%
Lökosit	67,50%	7,50%	7,50%	7,50%	5,00%	0,00%	5,00%
Mantar	20,00%	40,00%	20,00%	0,00%	20,00%	0,00%	0,00%
Ürikasit Kristali	0,00%	22,22%	0,00%	55,56%	22,22%	0,00%	0,00%
Genel Toplam	37,58%	34,90%	10,07%	11,41%	4,70%	0,67%	0,67%

Yukarıdaki veriler değerlendirildiğinde yöntemlerin Rank-1 ve 2 lerinin toplamlarının bazı cisimler için %90 sınırının aştığı görülmektedir. Ayrıca bazı yöntemlerin belirli cinsler için diğerlerine göre daha ayırt edici olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin Yöntem 1 Hyalin Slindirleri Rank 2 de %92 tespit etmiştir. Bu ise yeterli

sayılabilecek bir başarı oranıdır. Ancak detaylı bir inceleme sonucunda elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi ve yeni şekilsel kriterlerin ve yöntemlerin belirlenmesi ile daha yüksek başarı oranlarının yakalanması mümkün gözükmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Cisimlerin tanımlanmasına şekil tabanlı yaklaşım gün geçtikçe demode olmaya başlayan bir yöntem olarak göze çarpmaktadır. Ancak gerek uygulamaların yazılması ve denenmesinde, hatalarının görsel olarak tespit edilip gerekli ince ayarların yapılmasında görülen kolaylık, gerekse uygulamaların çalıştırılması esnasında kaynak kullanımının birçok diğer yönteme göre düşük olması sebebiyle halen tercih edilir bir yöntem olabilmektedir. Özellikle şekilsel özellikleri belli ve belirgin cisimlerin tanınmasında yeterli olmaktadır.

Bir diğer avantajı ise teorikte büyük bir öğrenme grubuna ihtiyaç duymamasıdır. Şekilsel özellikler matematiksel olarak ifade edildiğinden belirli bir değere yakınlık, tanınmak istenen nesnenin o şekle ne kadar yakın olduğunu ifade etmektedir.

Ancak ikiden fazla boyuta sahip dünyamızda tanımlanacak cisimlerin görüntüleri için de bakış açısı söz konusu olduğundan şekil tabanlı yaklaşım birdenbire cazibesini kaybetmektedir. Zira bu yaklaşımda her bir bakış açısına göre tanımla yapılması zorluğunun yanında bir de bu kadar çok açıdan bakılınca tüm cisimlerin birbiriyle aynı özellikleri göstermesi durumu söz konusu olabilmektedir.

Çalışmanın temel amacı şekil kriterlerine dayalı olarak idrar mikroskopisinde karşılaşılabilecek cisimlerin tespit edilmesi ve tanınması idi. Ancak çalışma esnasında bu yöntemin kullanımının zorlukları göze çarpmıştır. Bunlar konunun doğasının yanında incelenen uzayın da çok fazla değişkene sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu zorluklar :

- 1) Tanınmaya çalışılan cisimler birbirlerine çok fazla benzer şekilsel özellikler gösterebilmektedirler. Hatta farklı teknisyenler aynı cismi farklı katagorize edebilmektedirler. Dolayısıyla öğrenme grubunun kesinliğinden söz edilememektedir. Ayrıca başarılı tanımanın %100 olamayacağı kesinken ne kadarlık bir başarının hedeflenmesi gerekeceği konusu da tartışmalıdır.
- 2) Örnek uzayında bulunabilecek cisimlere ait örnek resimlerin elde edilmesi son derece güçtür. Bazı cisimler hemen her idrarda karşılaşılabildiğinden öğrenme ve test için anlamlı sayılarda resim bulunabilmiştir. Ancak bazı

cisimler için on adet dahi örnek resim bulunamamıştır. Bu da öğrenme sürecinde oluşturulan kriterlerin doğruluğunu etkilemektedir.

- 3) Mikroskobik görüntü kalınlığı az da olsa neticede belirli bir kalınlığa sahip bir alanın kuş bakışı elde edilen görüntüsü olduğundan tanımlanmak istenen cisimler bu alan içerisinde farklı yönlerden görülebilmektedirler. Dolayısıyla zaten zor olan örnek resim elde etme meselesi bir de her bir cismin farklı yönlerden görünüşlerini içeren gruplar oluşturma zorunluluğu ile iyice çıkmaza girmektedir.
- 4) Resimlerin ilk işleniş şekli sonuçlar üzerinde çok değişik etkiler oluşturmaktadır. Bir cinsin ayırt edici özelliklerini vurgulayan bir yöntem, diğerininkini ise diğer cinslere yaklaştırabilmektedir.
- 5) Üzerinde çalışılan görüntüler bir cihazın çıktısı olan ve ekrandan yakalanan görüntüler olduğundan görüntü kalitesi çok düşük ve gürültü çok fazladır. Yöntemler Arka planı doğru ayırtıramadıkları için özellikler de doğru çıkmamaktadır.

5. SONUÇLAR

Yukarıda tartışılan tüm dezavantajlara ve olumsuzluklara rağmen belirli bir başarının yakalanması, yöntemler üzerinde durularak en optimum yöntemin geliştirilmesinin yanında doğruluğu tartışılmayacak, yeterli sayıda elemana sahip öğrenme grupları oluşturulabilirse sonuç alınabileceği kanaatini oluşturmuştur.

Şekil Tabanlı Tanıma yöntemlerin aşağıdaki özelliklere sahip uygulamalarda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır :

- a) Tanımadaki düşük başarı yüzdelerinin de yeterli olduğu uygulamalar
- b) Sonuçların kritik veya hayati öneme sahip karar verme mekanizmalarında kullanılmayacağı uygulamalar.
- c) Sonuçların yönlendirmede kullanılacağı uygulamalar.
- d) Tarama amaçlı uygulamalar.
- e) Tanımlanacak cisimlerin belirli bir alandaki toplam sayısının sonuç olarak kabul edildiği uygulamalar.
- f) Tanımlanacak cisimlerin iki boyutlu olduğu uygulamalar.
- g) Tanımlanacak cisimlerin şekillerinin belirli ve birbirinden farklı olduğu uygulamalar.
- h) Az kaynak harcaması gereken uygulamalar.

Konumuz olan idrar mikroskobisi birçok yönden yukarıdaki özelliklere sahiptir. İdrar mikroskobisinde :

- a) Düşük başarı oranları da yeterlidir. Teknisyenler arasında bile başarımlar noktasında farklılıklar vardır. Özellikle tecrübesiz laborantların başarımlar oranları da zaten çok düşüktür.
- b) Sonuçlar kritik öneme sahip değildir. İdrar mikroskobisi rutin bir tetkiktir. Kritik hastalıkların tespiti için tek başına kullanılmaz. Çıkan sonuçlarda gözlemlenecek bir anormallik mutlaka başka yöntem ve tetkiklerle doğrulanacaktır.

- c) Sonuçlar y6nlendirme amaçlıdır. Klinisyenler çıkan sonuçların klinik tanularına uygun olması durumunda tedaviye başlarlar. Bunun dışında tetkikin tekrar yapılmasını isterler veya manuel olarak kendileri yaparlar.
- d) Hastanelere g6nde y6zlerce idrar tetkiki gelmekle birlikte bunların sadece bir kısmı patolojik olmaktadır. Patolojik olanların tespit edilmesi bir taramadır ve bu noktada y6ntem son derece yeterlidir. Ayrıca her bir idrar numunesinden birden fazla preparat hazırlanmalı ve bu preparatların da t6m alanı taranmalıdır. Bunun için ise yeterli işg6c6 ve zaman olmadığından bu y6ntem bu alanda kullanılabilir.
- e) Manuel mikroskobide sonuçlar “1-2 tane”, “15-20 tane”, “ok”, “bol”, “ok az” gibi ifade edilmektedir. Ayrıca belirli bir g6r6nt6de bazı cinslerden onlarca olabilmektedir. Toplam sayı 6nemli olduğundan sonuçlar başarımdan çok etkilenmeyeceklerdir.
- f) İdrar mikroskobisi 2 boyutluya yakın bir uzay olmasına rağmen tartişma kısmında da belirtildiği gibi tam iki boyutlu değildir. Ancak değişik y6ntemlerle 6c6nc6 boyutun kalınlığı ihmal edilecek bir seviyeye getirilebilir.
- g) İdrar mikroskobisinde cinslerin şekilsel 6zellikleri birbirinden farklıdır.
- h) İdrar mikroskobisi çok yaygın olduğundan basit bilgisayarlarla bile hızlı yapılabilmesi gereken bir iştir.

Neticede şekil tabanlı tanımanın idrar mikroskobisinde kullanımının uygun olduğu g6r6ř6nde yiz.

6. ÖNERİLER

Tezimizde kullanılan yöntemler görüntü işleme yöntemlerinin sadece bir kısmıdır. Denenmemiş çok sayıda yöntemin ve bunların kombinasyonlarının öğrenme ve dolayısıyla tanıma başarısı üzerindeki etkileri araştırılmalıdır.

Bununla ilgili olarak Kenar Algoritmaları ile Eşik Değer Algoritmalarının bir kombinasyonu ile cismin boyutsal özellikleri bulunurken Çevreleyen Çokgenden daha az faydalanılarak daha doğru değerler elde edilebilir.

Ayrıca cisim bulma konusunda küçük cisimlerin tespiti ve silinmesinde cisimlerin birbirlerinden uzaklığının yanı sıra cismin büyüklüğüne oranları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Şu anda gündemde olan yeni tanımlama yöntemleri değerlendirilerek, aynı öğrenme gruplarına şekle dayalı yaklaşım ve bunlar ayrı ayrı uygulanıp yine belirli bir test grubuna göre alınacak sonuçlar karşılaştırılmalıdır.

Çalışmaya konu olacak bol sayıda ve gerçek, öğrenme ve test grubunda görüntü temin edilmeli ve bu görüntülerin belirli bir kaliteye sahip olması sağlanmalıdır.

Elimizdeki materyalin yapısından dolayı büyüklük ve renk bizim için kriter olamamıştır. Halbuki bunlar tanımlamada ciddi öneme sahiptir. Özellikle bu kriterlerin tanımlama kriterleri arasına ilavesi sağlanmalıdır.

7. KAYNAKLAR

1. Arce G. R. ve Paredes J. L. ve Mullan J., Nonlinear filtering for image analysis and enhancement, in Handbook of Image and Video Processing (A. Bovik, Ed.). Academic Press, San Diego, 2000
2. Ballard D. H. ve Brown C. M. Computer Vision. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. Ballard D. H., 1982
3. Bertrand G. ve Everat J-C. ve Couprie M., Image segmentation through operators based on topology, Electron. Imaging 6,4,395-405, 1997
4. Berzins V. Accuracy of Laplacian edge detectors. Comput. Vis. Graph. Image Proc. 27,1955-2010, 1984
5. Boddeke F. Quantitative Fluorescence Microscopy. ASGI Dissertation Series. Delft Univ. Press, Delft, Netherlands, 1998
6. Bradbury S. ve Bracegirdle B., Introduction to Light Microscopy. Bios Scientific Publishers, Oxford, U.K , 1998
7. Brown C. M. ve Feldman J. A., An approach to knowledge-directed image analysis, in Computer Vision Systems (Hanson A. R. ve Riseman E. M., Eds.) Academic Press, New York, NY, 271-282, 1984
8. Buzuloiu V. ve Ciuc M. ve Rangayyan R. M ., Adaptive-neighborhood histogram equalization of color images. J. Electron. Imaging 10,2,445-459, 2001
9. Costa L. F. ve Cesar R. M., Shape Analysis and Classification. CRC Press, Boca Raton, FL, 2001
10. Davies E. R., On the noise suppression and image enhancement characteristics of the median, truncated median and mode filters, Patt. Recog. Lett. 7,87-97, 1988
11. Grossberg S. (Ed.), Neural Computers and Natural Intelligence. MIT Press, Cambridge, MA. ,1988
12. Mastin G. A., Adaptive Filters for digital image noise smoothing: an evaluation. Comput. Vis. Graph. Image Proc. 31:102-121, 1985
13. Huang T. S., A fast two-dimensional median filtering algorithm. IEEE Trans. ASSP 27;13-18,1979.
14. Heijmans H. ,Morphological Image Operators. Academic Press, New York, 1994
15. Jahne B., Practical Handbook on Image Processing for Scientific Applications. CRC Press, Boca Raton, FL. ,1997
16. Jain A. K., Fundamentals of Digital Image Processing. Prentice Hall, London, 1989

17. Kittler J. ve Illingworth J. ve Foglein J., Threshold selection based on a simple image statistic. *Comput. Vision, Graph. Image Process.* 30,125-147, 1985
18. Kober V. ve Mozerov M. ve Alvarez-Borrego J., Nonlinear filters with spatially connected neighborhood. *Opt. Eng.* 40,6;971-983, 2001
19. Marr D. ve Hildreth E., Theory of edge detection. *Proc. R. Soc. Lond.* B207,187-217, 1980
20. <http://www.sysmex.com.sg/default.asp?pageid=132> , 25 Aġustos 2006
21. <http://www.irisdiagnostics.com/products/ua/iq.shtml> , 25 Aġustos 2006

ÖZGEÇMİŞ

23.11.1974 tarihinde Mersin(İçel) ili Mut ilçesinde doğdu. İlkokul 2. sınıfa kadar Trabzon'da okuduktan sonra Almanya'da ilkokulu bitirip 2 sene de Gymnasium'da okudu. Daha Sonra Ankara Kemal Yurtbilir Anadolu Lisesine devam etti. Trabzon Fen Lisesini bitirdikten sonra 1992 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1997 yılında buradan Bilgisayar Mühendisi olarak mezun oldu. Bu tarihten itibaren değişik işyerlerinde Ar-Ge Mühendisi, Yazılım Mühendisi, Bilgi İşlem Sorumlusu unvanlarıyla çalıştı. 1999-2002 yılları arasında kendi şirketini kurarak Bilgisayar sektörüne girdi. 2002 yılında sektör değiştirerek medikal alanda faaliyet gösteren Roche-Diagnostics firmasının Ege Bölge Bayisinde Bölge Müdürü olarak işe başladı. 2003 yılında firma değiştirerek bir başka medikal firması olan Gür-Med Medikal Ltd. Şti. Doğu Karadeniz Bölge Müdürü oldu. Bu görevi esnasında AB Hibe fonlarından yararlanmak üzere MFİB'ye 124.000 € çapında bir yazılım geliştirme projesi sunmuş ve bu proje ile AB'den destek almaya hak kazanmıştır. Şu anda Bölge Müdürlüğü görevine devam ederken diğer yandan da Proje Koordinatörü olarak bu projeyi yürütmektedir. Çok iyi derecede İngilizce ve Almanca bilmektedir. Kitap okumayı, spor yapmayı ve bilgisayar oyunları oynamayı sever. Lisanslı Karate sporcusu olup bu alanda 1. Dan sahibidir.