



**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Emre EDİZER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE
TANE BOYUT DAĞILIMI ANALİZİ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2006

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE TANE BOYUT DAĞILIMI

Emre EDİZER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 18/12/2006 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

İmza:.....

İmza:.....

Doç.Dr.Suphi URAL
DANIŞMAN

Doç.Dr.Mehmet YILDIRIM
ÜYE

Yrd.Doç.Dr. A. Mahmut KILIÇ
ÜYE

İmza:.....

İmza:.....

Yrd. Doç. Dr. Ahmet DAĞ
ÜYE

Yard. Doç. Dr. Ulus ÇEVİK
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: MMF.2006.YL.30

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE
TANE BOYUT DAĞILIMI ANALİZİ**

Emre EDİZER

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç.Dr. Suphi URAL

Yıl : 2006, Sayfa : 235

Jüri : Doç.Dr. Suphi URAL

Doç.Dr. Mehmet YILDIRIM

Yrd. Doç. Dr. A. Mahmut KILIÇ

Yrd. Doç. Dr. Ahmet DAĞ

Yrd. Doç. Dr. Ulus ÇEVİK

Bu çalışmada sayısal tekniklerle elde edilmiş görüntülerin, açık kaynak kodlu IMAGEJ yazılımı kullanılarak analizleri yapılmış ve tanelerin parça boyutları, miktarları ve ölçüm değerleri elde edilmiştir. IMAGEJ yazılımının kullanılmasıdaki amaç, açık kaynak kodu sayesinde analizlerin madencilik alanındaki ihtiyaçlar doğrultusunda herhangi bir telif hakkı bedeli ödemediği geliştirilebilmesi ve ölçeklenebilmesidir.

Anahtar Kelimeler : Tane boyut dağılımı, IMAGEJ yazılımı

ABSTRACT

MSc. THESIS

**PARTICLE SIZE DISTRIBUTION AND ANALYSIS USING DIGITAL
IMAGE PROCESSING**

Emre EDİZER

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

UNIVERSITY OF CUKUROVA

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING

Supervisor : Assoc.Prof.Dr. Suphi URAL

Year : 2006, Page : 235

Jury : Assoc.Prof.Dr. Suphi URAL

Assoc.Prof.Dr. Mehmet YILDIRIM

Assist.Prof.Dr. A. Mahmut KILIÇ

Assist.Prof.Dr. Ahmet DAĞ

Assist.Prof.Dr. Ulus ÇEVİK

With this study, digital images from computer images have been analyzed using open source code IMAGEJ digital image software. Image measurements, quantities and particle sizes have been gathered. Reason for using open source code IMAGEJ software is to improve and scale the analysis for mining industry without any cost for copyright.

Key words : Particle size distribution, IMAGEJ software

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında, en başından beri hiçbir yardımı esirgemeyen ve kolaylığı gösteren Sayın Danışman Hocam Doç.Dr. Suphi URAL’a teşekkür ederim.

Lisans eğitimimin ardından başladığım yüksek lisans eğitimi boyunca beni olumlu yönde yönlendiren Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Mesut ANIL başta olmak üzere bütün öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Gerek lisans, gerekse yüksek lisans öğrenimim boyunca maddi ve manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmadan bana sürekli destek olan ve hep yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. Parça Boyut Dağılımı ve Analizi Yöntemleri	5
1.1.1. Parçacık Şekli	5
1.1.2. Parça Boyut Dağılımı ve Analizi	6
1.1.3. Grafikselsel Gösterim İçin Kullanılan Yöntemler	6
1.1.4. Ölçülen Değerler	9
1.1.5. Matematiksel Açıklama	9
1.2. Sayısal Görüntü İşleme	10
1.2.1. Sayısal Görüntü İşleme Tanımları	12
1.2.2. Sayısal Görüntünün Uzamsal Gösterimi (Piksel ve Voksel)	13
1.2.3. Görüntü	15
1.2.4. Sayısal Görüntü	16
1.2.5. Çözünürlük	17
1.2.6. Piksel Boyutları	17
1.2.7. Renk Kalitesi	19
1.2.8. Dosya Boyutu	20
1.2.9. Sıkıştırma	21
1.2.10. Sıkıştırma Teknikleri ve Dosya Biçimleri	22
1.2.11. Görüntü İşlemlerinin Karakteristikleri	23
1.2.12. Yakınlık İşlemleri	24
1.2.13. Ayrık Geometri	25
1.2.14. Eşik Değer Belirleme	26
1.2.15. Kenar Bulma	27
1.2.16. Bölümleme	28
1.2.17. Biçim Gösterimi ve Analizi	34
1.2.18. Biçim Parametreleri	36
1.2.19. Sınıflandırma	38
1.3. Görüntü İşleme Sistemleri	41
1.3.1. Çevrenin Aydınlatılması	42
1.3.2. Çevre Aydınlatma Yolları	45
1.3.3. Görüntüleme Yöntemleri ve Sensör Sistemleri	47
1.3.4. Dijital Görüntü İşleme Kullanım Alanları	57

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	63
3. MATERYAL VE METOD	66
3.1. Materyal	66
3.2. Metod	72
3.2.1. Literatür Taraması	72
3.2.2. Büro Çalışmaları	73
3.3. IMAGEJ Yazılımı Hakkında Bilgi	73
3.3.1. Basit Kavramlar	75
3.3.2. Dosya Menüsü (File Menu)	80
3.3.3. Düzen Menüsü (Edit Menu).....	89
3.3.4. Görüntü Menüsü (Image Menu)	97
3.3.5. İşlem Menüsü (Process Menu).....	109
3.3.6. Analiz Menüsü (Analyze Menu).....	122
3.3.7. Eklenti Menüsü (Plugins Menu)	133
3.3.8. Pencere Menüsü (Window Menu)	137
3.3.9. Yardım Menüsü (Help Menu).....	138
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	139
4.1. 5 cm x 5 cm Dörtgen Bir Cismin Alan ve Boyut Analizi	140
4.2. 5 cm Çapında Bir Dairenin Analizi.....	145
4.3. Değişik Ölçülerdeki Dörtgen ve Dairelerin Analizi.....	151
4.4. T Şeklindeki Bir Objenin Analizi	152
4.5. İçerisinde Dairesel Boşluk Bulunan Bir Karenin Analizi	154
4.6. 1 cm Çapındaki Dairelerin Analizi	157
4.7. Çapları 1 cm ile 1 mm Arasında Değişen Objelerin Analizi	159
4.8. Değişik Geometrik Şekillere Sahip ve Birbirleriyle İç İç Olan Objelerin Analizi	163
4.9. Boyutları Önceden Bilinmeyen Taş Parçalarının Tane Boyutlarının Gerçek Ölçüm ve Sayısal Tane Boyut Analizi ile Karşılaştırılması.....	166
4.10. Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006, Makalesinde Yer Alan Görüntülerinin Elek Analizi, ImageJ ve WipFrag Yazılımları Sayısal Boyut Analizlerinin Karşılaştırılması	174
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	180
KAYNAKLAR	186
ÖZGEÇMİŞ	188
EK – 1	189
EK – 2	192
EK – 3	203

EK – 4	221
--------------	-----

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Sıkıştırma Teknikleri ve Dosya Biçimleri	22
Çizelge 1.2. Görüntü işlemlerinin karakteristikleri (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002).....	23
Çizelge 1.3. Bir objenin zincir kodu ile alanının hesaplanması (Jahne, 2002)	37
Çizelge 1.4 Seçili alanların parametre ve sonuçları (Jahne, 2002)	40
Çizelge 1.5. NASA LANDSAT Uydu Thematic Kanalları Kullanım Yerleri (Gonzalez R., Woods R., 2002)	60
Çizelge 3.1. ImageJ yazılımı görüntü hesaplama işlemleri.....	121
Çizelge 4.1. Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin ImageJ yazılımından elde edilen ölçüm değerleri.....	168
Çizelge 4.2. Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin dijital kumpas ile elde edilen ölçüm değerleri.....	171
Çizelge 5.1 Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin ImageJ yazılımından elde edilen özet sonuçları.....	181
Çizelge 5.2 Sayısal görüntü analizi yapılan P41 numaralı görüntünün elek analizi, WipFrag ve ImageJ yazılımından elde edilen ölçüm değerleri karşılaştırılması	183
Çizelge 5.3 Sayısal görüntü analizi yapılan P44 numaralı görüntünün elek analizi, WipFrag ve ImageJ yazılımından elde edilen ölçüm değerleri karşılaştırılması	183

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Konveyör bant üzerinden alınan numune görüntüsü (Zadorozny, 2002)	3
Şekil 1.2. Kırma ve patlatma sonucu elde edilmiş görüntü örnekleri	4
Şekil 1.3. Stok sahası, konveyör bant üzerinden alınan görüntüler ve Rosin- Rammler elek analizi sonuçları (Maerz, 1996)	4
Şekil 1.4. Kaya ayrıştırması ve analizi (Maerz, 1996)	4
Şekil 1.5. Bir parçacıktan oluşan birçok farklı eşit küre	5
Şekil 1.6. Histogram	7
Şekil 1.7. Frekans Eğrisi	7
Şekil 1.8. Kümülatif Aritmetik Eğri	8
Şekil 1.9. Kümülatif Olasılık Eğrisi. Parça boyutları Y ekseninde, kümülatif yüzde ağırlık ise X eksenindedir	8
Şekil 1.10. Sayısal görüntü ve işlemleri akış şeması (Jahne, 2002)	11
Şekil 1.11. Bir sayısal görüntü gösterimine etkiyen fonksiyonlar (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002)	12
Şekil 1.12. Dijital imajların farklı noktalar dizisi şeklinde gösterimi : a 2-B görüntü, b 3-B görüntü (Jahne, 2002)	13
Şekil 1.13 . Kare ızgara üzerinde farklı piksel boyularında tanımlanan bir imaj : a 3x4, b 12x16, c 48x64, d 192x256 (Jahne, 2002)	14
Şekil 1.14. 2 Boyutta kullanılan 3 değişik ızgara : a üçgen ızgara, b kare ızgara, c altıgen ızgara (Jahne, 2002)	15
Şekil 1.15. Sayısal görüntü ve kayıt örneği	16
Şekil 1.16. Sayısal bir görüntüye değer atanması ve saklanması örneği	17
Şekil 1.17. Sayısal bir görüntünün çözünürlüğü örneği	17
Şekil 1.18. Sayısal bir görüntünün piksel boyutları örneği	18
Şekil 1.19. Sayısal fotoğraf makinesi örneği	18
Şekil 1.20. Siyah-beyaz, gri ton ve renkli görüntü örneği	20
Şekil 1.21. Sayısal görüntüde sıkıştırma miktarının artmasıyla görüntüdeki değişim	21

Şekil 1.22. Görüntü işlemlerinin karakteristikleri (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002).....	23
Şekil 1.23. Yakınlık işlemleri örnekleme yöntemleri (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002).....	24
Şekil 1.24 .Dikdörtgen ızgara içinde komşuluk ilişkileri : a 4-komşuluk, b 8-komşuluk, c 8-komşuluk içinde bir obje veya 4-komşuluk içinde iki obje. (Jahne, 2002)	24
Şekil 1.25. 3-B kübik ızgara üzerindeki komşuluk tipleri. a 6-komşuluk, b 18-komşuluk, c 26-komşuluk (Jahne, 2002)	25
Şekil 1.26. Eşik değer algoritması (açık obje)	26
Şekil 1.27. Eşik değer algoritması (koyu obje)	27
Şekil 1.28. Kenar bulma yöntemiyle görüntü analizi (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002).....	27
Şekil 1.29. Kenar bulma yöntemiyle görüntü analizi (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002).....	27
Şekil 1.30. Global bir eşik değeri ile bölümlleme : a orjinal görüntü, b histogram, c-e 110,147 ve 185 eşik değeri ile bölümlleme (Jahne, 2002).....	29
Şekil 1.31. Kademeli bir arkaplana sahip olan görüntünün bölümlenmesi: a orjinal görüntü, b işaretli sütunun profili, c-e 90,120 ve 150 eşik değeri ile bölümlleme (Jahne, 2002)	29
Şekil 1.32. Düzgün aydınlatılmaya sahip olmayan bir görüntünün bölümlenmesi : a Orjinal görüntü, b İşaretli satırın profili, c-d Görüntünün düzeltimededen önceki ve sonraki bölümlleme sonuçları (Jahne, 2002).....	30
Şekil 1.33. Piramid bağlantı algoritması : a Gaussian piramidi, b düğüm bağlantıları, c ortalama gri değerlerin hesaplanması,d birçok iterasyondan sonra elde edilen sonuç (Jahne, 2002)	31
Şekil 1.34. a ve c kan hücrelerine bölge bazlı bölümlleme uygulanması ile elde edilen sonuçlar (Jahne, 2002).....	32
Şekil 1.35. Model bazlı bölümllemeye etken görüntüler (Jahne, 2002)	32
Şekil 1.36. Düz çizgi için Hough dönüşümü : veri uzayı (a), model uzayına (b) adreslenmiştir. (Jahne, 2002)	33

Şekil 1.37. Yönelim-bazlı hızlı Hough dönüşümü (Jahne, 2002)	33
Şekil 1.38. Dizi uzunluğu kodlaması : a Gri değerler, b İkili değerler (Jahne, 2002)	34
Şekil 1.39. İkili imajın dörtlü ağaç yöntemiyle bölümlenmesi (Jahne, 2002)	35
Şekil 1.40. Dörtlü ağaç bölümlenmesi sonunda elde edilen değer (Jahne, 2002).....	35
Şekil 1.41. Zincir kodu kullanılarak sınırların belirlenmesi (Jahne, 2002).....	36
Şekil 1.42. Parça boyut dağılımı incelemek için gereken basamaklar : a orjinal görüntü, b ikili görüntü, c boyut dağılımı (Jahne, 2002)	38
Şekil 1.43. Kutu sınıflandırması örneği (Jahne, 2002).....	39
Şekil 1.44. En kısa mesafe sınıflandırması örneği (Jahne, 2002)	40
Şekil 1.45. Görüntü İşleme Sistemi Bileşenleri (Erhardt, 2000).....	41
Şekil 1.46. Aydınlatma amaçlı çeşitli fiberoptik araçlar (Erhardt, 2000)	44
Şekil 1.47. Çevre Aydınlatma Yolları (Erhardt, 2000)	46
Şekil 1.48. 3 Boyutlu ölçüm için aydınlatma yöntemi (Erhardt, 2000)	46
Şekil 1.49. Elektromanyetik spektrum (Erhardt, 2000)	48
Şekil 1.50. Video normları karşılaştırması (Erhardt, 2000)	49
Şekil 1.51. Interline Transfer Sensörü Kavramı (Erhardt, 2000).....	50
Şekil 1.52. Interline Transfer Sensörü Yük Transferi (Erhardt, 2000)	50
Şekil 1.53. Frame Transfer Sensörü Kavramı (Erhardt, 2000)	51
Şekil 1.54. Frame Transfer Sensörü Yük Transferi (Erhardt, 2000).....	51
Şekil 1.55. Full Frame Transfer Sensörü Kavramı (Erhardt, 2000).....	52
Şekil 1.56. Full Frame Transfer Sensörü Yük Transferi (Erhardt, 2000)	52
Şekil 1.57. Yonga biçimleri (Erhardt, 2000).....	53
Şekil 1.58. Çizgi kamera çıktı yükleri (Erhardt, 2000)	54
Şekil 1.59. Mozaik - Çizgi Filtre (Erhardt, 2000)	54
Şekil 1.60. 3 Yongalı kamera (Erhardt, 2000)	55
Şekil 1.61. CMOS Sensör Mimarisi (Erhardt, 2000)	56
Şekil 1.62. CMOS kamera ile alınan görüntü (Erhardt, 2000)	56
Şekil 1.63. Gamma Işınları ile Görüntüleme (Gonzalez R., Woods R., 2002)	58
Şekil 1.64. Tıbbi Teşhis ve Endüstriyel Görüntüleme (Gonzalez R., Woods R., 2002)	58

Şekil 1.65. Sağlıklı mısır (sağda) - Hastalıklı mısır (solda) Karşılaştırması (Gonzalez R., Woods R., 2002)	59
Şekil 1.66. Kolestrol (40X), Mikroişlemci (60X), CD Yüzeyi (1750X) (Gonzalez R., Woods R., 2002).....	59
Şekil 1.67. Madencilik alanında dijital görüntü işleme kullanımı (Motion Metrics, 2005)	60
Şekil 1.68. Madencilik alanında dijital görüntü işleme yardımıyla analiz (Motion Metrics, 2005)	61
Şekil 1.69. Madencilikte dijital görüntü işleme yardımıyla parça boyut dağılımı analizi (Wipfrag, 2005)	61
Şekil 1.70. Madencilikte dijital görüntü işleme yardımıyla parça boyut dağılımı analizi(Wipfrag,2005)	62
Şekil 3.1. 5 cm x 5 cm boyutlarında dörtgen obje	67
Şekil 3.2. 5 cm çaplı daire obje	67
Şekil 3.3. 5 cm, 4 cm, 3 cm, 2 cm, 1 cm ölçülerinde dörtgen ve daire objeler	68
Şekil 3.4. 2,5 cm ölçülen uzunluğa sahip T şekilli obje.....	68
Şekil 3.5. 4,8 cm ölçülen değere sahip dörtgen obje.....	69
Şekil 3.6. 1 cm çaplı daire objeler.....	69
Şekil 3.7. 1 cm - 1 mm çaplı daire objeler	70
Şekil 3.8. Karışık geometrili objeler	70
Şekil 3.9. Boyutları daha önceden bilinmeyen taş parçaları	71
Şekil 3.10. P41 numaralı elek analizi yapılmış sayısal görüntü (Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006).....	71
Şekil 3.11. P44 numaralı elek analizi yapılmış sayısal görüntü (Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006).....	72
Şekil 3.12. IMAGEJ yazılımı sınıf diyagramı (NIH Image, 2006).....	73
Şekil 3.13. ImageJ yazılımı genel görünümü ve pencereler	75
Şekil 3.14. ImageJ yazılımı araç çubuğu	76
Şekil 3.15. ImageJ yazılımı durum çubuğu.....	76
Şekil 3.16. ImageJ yazılımı ilerleme çubuğu	76
Şekil 3.17. ImageJ yazılımı görüntüler	77

Şekil 3.18. ImageJ yazılımı yığınlar	78
Şekil 3.19. ImageJ yazılımı seçimler	79
Şekil 3.20. ImageJ yazılımı arama tabloları.....	80
Şekil 3.21. ImageJ yazılımı yeni menüsü	80
Şekil 3.22. ImageJ yazılımı görüntü serisi	82
Şekil 3.23. ImageJ yazılımı ham menüsü	85
Şekil 3.24. ImageJ yazılımı sayfa düzeni.....	88
Şekil 3.25. ImageJ yazılımı yapıştır kontrol	90
Şekil 3.26. ImageJ yazılımı seçim	92
Şekil 3.27. ImageJ yazılımı çizgi kalınlığı.....	93
Şekil 3.28. ImageJ yazılımı yazı tipleri.....	93
Şekil 3.29. ImageJ yazılımı yazdırma profili seçenekleri	94
Şekil 3.30. ImageJ yazılımı nokta aracı	94
Şekil 3.31. ImageJ yazılımı çevirimler	95
Şekil 3.32. ImageJ yazılımı hafıza	95
Şekil 3.33. ImageJ yazılımı hafıza görünümü.....	96
Şekil 3.34. ImageJ yazılımı çeşitli	97
Şekil 3.35. ImageJ yazılımı görüntü tipi dönüşümü	98
Şekil 3.36. ImageJ yazılımı parlaklık ve kontrast.....	99
Şekil 3.37. ImageJ yazılımı görüntü ayarları	100
Şekil 3.38. ImageJ yazılımı eşik değeri belirleme	100
Şekil 3.39. ImageJ yazılımı boyut ayarı.....	101
Şekil 3.40. ImageJ yazılımı tuval boyutu.....	102
Şekil 3.41. ImageJ yazılımı bilgi göster	102
Şekil 3.42. ImageJ yazılımı renk haritası	103
Şekil 3.43. ImageJ yazılımı renk toplayıcı.....	104
Şekil 3.44. Tekrar Kesit	106
Şekil 3.45. ImageJ 3B sunum.....	106
Şekil 3.46. ImageJ yazılımı ölçek	108
Şekil 3.47. ImageJ yazılımı çevirme	109
Şekil 3.48. ImageJ yazılımı kontrastı artır	110

Şekil 3.49. ImageJ yazılımı gürültü	111
Şekil 3.50. ImageJ yazılımı gölge	112
Şekil 3.51. ImageJ yazılımı siyah ve beyaz	112
Şekil 3.52. ImageJ yazılımı siyah ve beyaz seçenekleri	114
Şekil 3.53. ImageJ yazılımı Watershed ayrımı	115
Şekil 3.54. ImageJ yazılımı FFT	118
Şekil 3.55. ImageJ yazılımı öteleme	119
Şekil 3.56. ImageJ yazılımı görüntü hesap makinesi	121
Şekil 3.57. ImageJ yazılımı görüntü hesaplama işlemleri	122
Şekil 3.58. ImageJ yazılımı arkaplan çıkarma	122
Şekil 3.59. ImageJ yazılımı ölçme	123
Şekil 3.60. ImageJ yazılımı parça analizi	124
Şekil 3.61. ImageJ yazılımı parça analizi	124
Şekil 3.62. ImageJ yazılımı parça analizi	125
Şekil 3.63. ImageJ yazılımı parça analizi	125
Şekil 3.64. ImageJ yazılımı ölçümleri ayarla	128
Şekil 3.65. ImageJ yazılımı ölçek belirleme	129
Şekil 3.66. ImageJ yazılımı kalibrasyon	129
Şekil 3.67. ImageJ yazılımı kalibrasyon fonksiyonu	129
Şekil 3.68. ImageJ yazılımı histogram	130
Şekil 3.69. ImageJ yazılımı histogram değer aralıkları	130
Şekil 3.70. ImageJ yazılımı yazdırma profili	131
Şekil 3.71. ImageJ yazılımı yüzey yazdırma	131
Şekil 3.72. ImageJ yazılımı ROI yöneticisi	132
Şekil 3.73. ImageJ yazılımı kalibrasyon çubuğu	133
Şekil 3.74. ImageJ yazılımı kısayol yarat	135
Şekil 3.75. ImageJ yazılımı eklenti yükle	135
Şekil 3.76. ImageJ yazılımı eklenti kaldır	136
Şekil 3.77. ImageJ yazılımı denetim masası	136
Şekil 3.78. ImageJ yazılımı hafıza izleme	137
Şekil 4.1. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen obje ile analiz	141

Şekil 4.2 . 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen obje görüntü tipinin değiştirilmesi.....	141
Şekil 4.3. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objeye eşik değeri uygulanması	142
Şekil 4.4. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin ölçeğinin belirlenmesi.....	142
Şekil 4.5. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin ölçeğinin belirlenmesi.....	143
Şekil 4.6. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin ölçülecek özelliklerinin belirlenmesi	143
Şekil 4.7. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin analizinin yapılması	144
Şekil 4.8. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin analizinin yapılması	144
Şekil 4.9. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	145
Şekil 4.10. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire obje ile analiz	146
Şekil 4.11. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire obje görüntü tipinin değiştirilmesi	147
Şekil 4.12. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objeye eşik değeri uygulanması	147
Şekil 4.13. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin ölçeğinin belirlenmesi	148
Şekil 4.14. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin ölçeğinin belirlenmesi	148
Şekil 4.15. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin ölçülecek özelliklerinin belirlenmesi	149
Şekil 4.16. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin analizinin yapılması	149
Şekil 4.17. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin analizinin yapılması	150
Şekil 4.18. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	150
Şekil 4.19. 5 cm, 4 cm, 3 cm, 2cm, 1cm ölçülerine sahip dörtgen ve daire objeler ile analiz	151
Şekil 4.20. 5 cm, 4 cm, 3 cm, 2 cm ölçülerine sahip dörtgen ve daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	152
Şekil 4.21. 2,5 cm ölçülen değere sahip T objenin analizi.....	153
Şekil 4.22. 2,5 cm ölçülen değere sahip T objenin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	153
Şekil 4.23. 4,8 cm ölçülen değere sahip içinde 1 cm çaplı delik bulunan dörtgen objenin analizi	154

Şekil 4.24 . 4,8 cm ölçülen değere sahip içinde 1 cm çaplı delik bulunan dörtgen objede, delik ölçümlerinin dörtgen objeden çıkarılarak analizi	155
Şekil 4.25. 4,8 cm ölçülen değere sahip içinde 1 cm çaplı delik bulunan dörtgen objede, delik ölçümlerinin dörtgen objeden çıkarılarak belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	155
Şekil 4.26 . 4,8 cm ölçülen değere sahip içinde 1 cm çaplı delik bulunan dörtgen objede, delik ölçümlerinin dörtgen objeden çıkarılmadan analizi	156
Şekil 4.27 . 4,8 cm ölçülen değere sahip içinde 1 cm çaplı delik bulunan dörtgen objede, delik ölçümlerinin dörtgen objeden çıkarılmadan belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	156
Şekil 4.28. 1 cm çaplı daire objelerin analizi	157
Şekil 4.29. 1 cm çaplı daire obejelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi	158
Şekil 4.30. 1 cm çaplı daire obejelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi	158
Şekil 4.31. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin analizi	159
Şekil 4.32. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	160
Şekil 4.33. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	160
Şekil 4.34. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	161
Şekil 4.35. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	161
Şekil 4.36. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	162
Şekil 4.37. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	162
Şekil 4.38. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi.....	163
Şekil 4.39. Karışık geometrik şekilli objelerin analizi.....	164

Şekil 4.40. Karışık geometrik şekilli objelerin watershed bölümlleme algoritması uygulanmadan belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi	165
Şekil 4.41. Karışık geometrik şekilli objelerin watershed bölümlleme algoritması uygulanarak belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi	165
Şekil 4.42. Boyutları daha önceden bilinmeyen taş parçaları sayısal görüntüsü	166
Şekil 4.43. Boyutları daha önceden bilinmeyen taş parçaları görüntüsü üzerine eşik değeri filtresi uygulanması	167
Şekil 4.44. Boyutları daha önceden bilinmeyen taş parçalarının miktarlarının ve tane boyutlarının belirlenmesi	167
Şekil 4.45. Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin ImageJ yazılımından elde edilen histogram dağılımı	170
Şekil 4.46. Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin dijital kumpas ile elde edilen histogram dağılımı	173
Şekil 4.47. P41 numaralı elek analizi yapılmış sayısal görüntü (Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006)	174
Şekil 4.48. P44 numaralı elek analizi yapılmış sayısal görüntü (Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006)	175
Şekil 4.49. P41 ve P44 numaralı görüntülerin elek analizi sonuçları (Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006)	175
Şekil 4.50. P41 numaralı görüntünün WipFrag yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi	176
Şekil 4.51. P41 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi	176
Şekil 4.52. P41 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi özeti	177
Şekil 4.53 Sayısal görüntü analizi yapılan P41 numaralı görüntünün ImageJ yazılımından elde edilen histogram dağılımı	177
Şekil 4.54 P44 numaralı görüntünün WipFrag yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi	178
Şekil 4.55. P44 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi	178

Şekil 4.56. P44 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi özeti	179
Şekil 4.57 Sayısal görüntü analizi yapılan P44 numaralı görüntünün ImageJ yazılımından elde edilen histogram dağılımı	179
Şekil 5.1 Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin ImageJ yazılımından ve elle ölçümlerinden elde edilen histogram dağılımı	181
Şekil 5.2. P41 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi özeti	182
Şekil 5.3. P44 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi özeti	183

1. GİRİŞ

Bu araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışma MMF2006-YL30 no'lu proje kapsamında tamamlanmıştır. Bu araştırma kapsamında sayısal görüntü işleme yöntemi ile tane boyut dağılımı analizi incelenmiştir. Bu çalışmada, sayısal yöntemlerle elde edilmiş görüntüler üzerinde açık kaynak kodlu olan IMAGEJ yazılımını kullanmak suretiyle görüntüler içerisindeki parçaların tespit edilerek, boyut analizlerinin yapılması ve sonuçların tablolara kaydedilerek dağılım grafiklerinin oluşturulması amaçlanmıştır. Yüksek maliyetli yazılımların kullanılması yerine, tamamen ücretsiz, her türlü bilgisayar sisteminde kullanılabilecek ve gerektiğinde yazılım bilgisi desteği ile ihtiyaca göre programlanabilecek bir yazılımın avantajları da burada kullanılmaya çalışılmıştır. Bu özellik sayesinde yazılımı geliştirmek ve ihtiyaca göre şekillendirmek, kullanıcının elinde olmakla birlikte herhangi bir telif ücreti, güncelleme ücreti vb. ek bedellerin ödenmeyeceği garantilenmiş durumdadır. Dolayısıyla düşük yatırım maliyetleri ile isteğe ve kullanıma göre şekillenmiş, bu açıdan da son derece verimli kullanılabilecek bir sistem kurulmuş olacaktır. Yatırım maliyetlerinin düşmesinin yanısıra ihtiyaca göre kurulacak görüntüleme sistemlerinin yazılım ile kullanılması sonucu madencilik alanında cevher yığınlarının tane boyut dağılımı önceden tespit edilebilirken, buna bağlı diğer işlemlerde zaman ve verim anlamında gelişmeler sağlanacaktır. Gelişmiş uygulamaların eklenmesi ile yükleme, boşaltma ve bant konveyör üzerinde de görüntüleme ve analizler yapılabilecektir. Dolayısıyla üretim basamakları, sayısal görüntü işleme yöntemleri kullanılması sonucu daha planlı bir bütün haline gelecektir.

Sayısal görüntü işleme yöntemleri iki ana kullanım alanı doğrultusunda önem kazanmaktadır :

1. Yorum yapabilmeyi geliştirmek için resimli bilgi sağlanması.
2. Görüntülerin saklama, iletişim, gösterme gibi faaliyetler ile otomatik algılama işlemleri vasıtasıyla işlem den geçirilmesi.

Sayısal görüntü işleme, sayısal görüntülerin bilgisayar aracılığı ile işlenmesi olarak bilinir. Görüntü işleme sistemlerinin dizayn ve analizinde işlem görecekt görüntü, uygun ve gerekli ölçüde matematiksel olarak karakterize edilirler. Bunun için 2 basit yöntem mevcuttur :

1. Belirleyici Yöntem : Matematiksel yöntem, görüntünün noktasal değerlerini tanımlamada kullanılır.
2. İstatistiksel Yöntem : Görüntü ortalama özellikleri ile belirtilir.

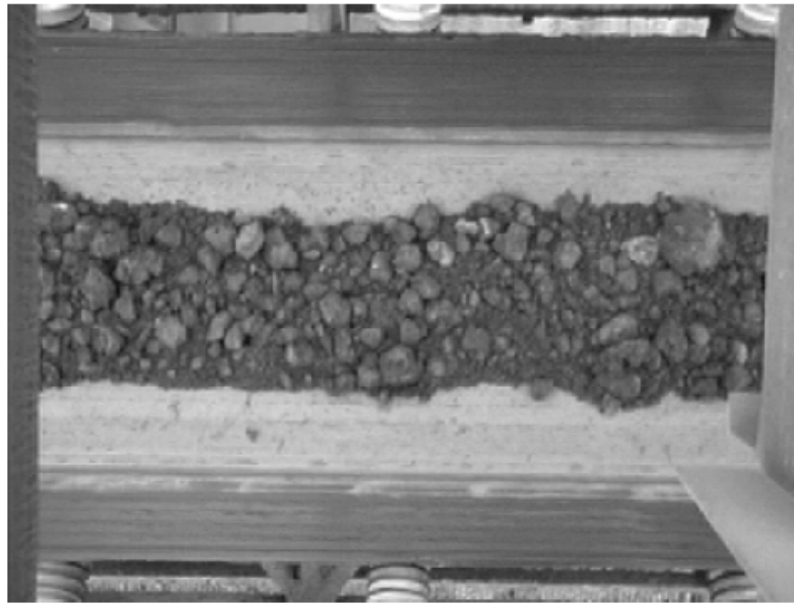
Görüntü, en geniş bağlamda, genellikle dikdörtgen sınırlar içinde tanımlanmış herhangi iki değişkenin fonksiyonu olarak tanımlanır. Bilgisayar görüşüne göre ise görüntü, video görüntüsü, sayısal görüntü veya resim gibi kaydedilmiş görüntülere denir.

Bu temel bilgiler ışığında elde edilen görüntüler üzerinde, kullanılan bilgisayar yazılımı ve sayısal görüntü işleme teknikleri ile analizler yapılmıştır. Görüntülerden alınan sonuçlar doğrultusunda sayısal görüntü işleme için gerekli olan parametrelerin ayarları ve sonuca olan etkileri irdelenmiştir. Şekil 1.1, Şekil 1.2, Şekil 1.3 ve Şekil 1.4’de genel olarak sayısal yöntemlerle elde edilmiş görüntüler ve analizler yer almaktadır.

Sayısal görüntü işleme yöntemi kullanılarak aşağıda bahsi geçen birçok başlık, direk ve/veya dolaylı yollarla kontrol edilebilir ve işletmelerde bu konular ile ilgili gelişmeler sağlanabilir :

- Kırılmış parça miktarının artırılması
- Kırıcıların veriminin artırılması
- Kazı veriminin artırılması
- Kârın artırılması
- Kepçe dolum faktörü ortalamasının artırılması
- Kazı makinelerinin kullanım ömürlerinin artırılması
- Patlatma sonrası havaya saçılan parçaların yarattığı tehlikenin azaltılması
- Delici aletlerin güvenliğinin artırılması
- Patlama ile oluşan hava basıncının azaltılması
- Patlatma ile oluşan titreşimlerin azaltılması

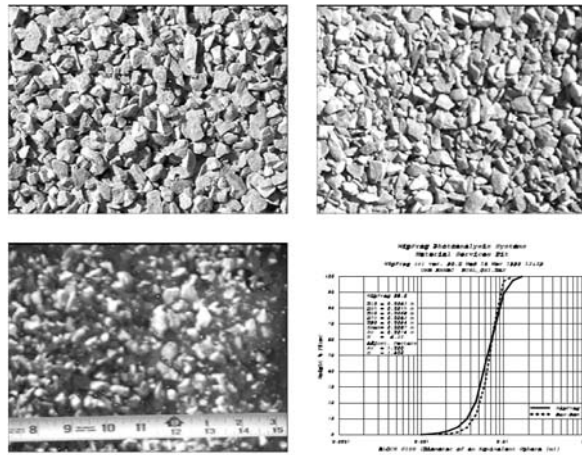
- Patlatma ile oluşan titreşimlerin kontrolü
- Patlatma operasyonları sonucu gelen şikayetlerin kontrolü
- Tutarlı patlatma sonuçları alınması
- Enerji kullanımının optimize edilmesi
- Patlayıcı madde giderlerinin azaltılması
- Delik delme giderlerinin azaltılması
- Delik delme maliyetlerinin azalmasıyla daha çok delik delinebilmesi
- Delik delme verimliliğinin artırılması
- Kazı giderlerinin azaltılması
- Yükleme zamanlarının azaltılması
- Yükleme şartlarının geliştirilmesi
- Profesyonel raporların oluşturulması



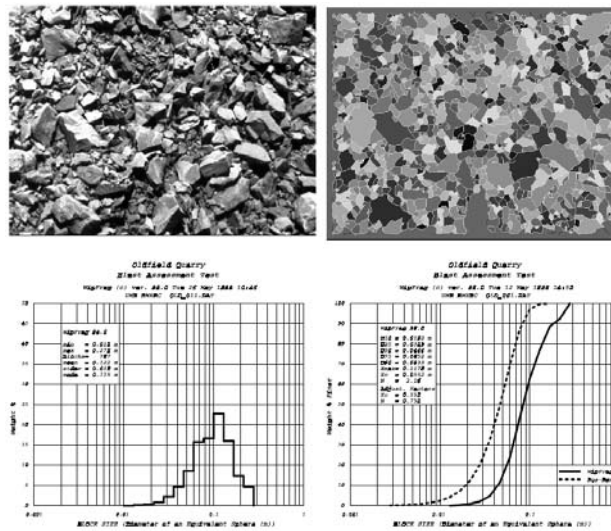
Şekil 1.1. Konveyör bant üzerinden alınan numune görüntüsü (Zadorozny, 2002)



Şekil 1.2. Kırma ve patlatma sonucu elde edilmiş görüntü örnekleri



Şekil 1.3. Stok sahası, konveyör bant üzerinden alınan görüntüler ve Rosin-Rammler elek analizi sonuçları (Maerz, 1996)



Şekil 1.4. Kaya ayrıştırması ve analizi (Maerz, 1996)

1.1. Parça Boyut Dağılımı ve Analizi Yöntemleri

1.1.1. Parçacık Şekli

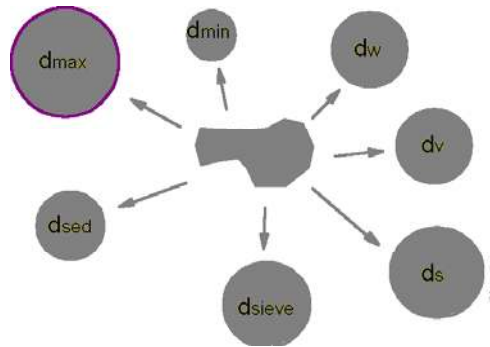
Çoğunlukla hesaplamalarda parçacıkların küresel biçimde oldukları kabul edilse de genelde bu doğru değildir. Bu kabul deneylerde ve analizlerde hata yapmaya sebep olur. Kullanılan parçacıkların kesin şekilleri (kömür, reçine, boya pigmenti, ilaç tozu ..vb.) ve bunların dağılımları birçok parça boyut analizini başarmayı zorlaştırır. Herhangi bir şekilde olan parçacığın, boyutlarının işlem esnasında arttığını veya azaldığını belirtirken eşit küre kavramının kullanılması, doğada tüm parçacıkların küre şekilli olması kabulünü doğurur.

Küre sadece çapı “D” ile tanımlanabilen bir şekildir. Eğer elimizde farklı bir şekle sahip bir parçacık mevcutsa, bu parçacığın hacmini ve ağırlığını kolaylıkla eşit küre hacmine ve ağırlığına çevirebiliriz :

$$\text{Hacim} = 4/3 \pi (D/2)^2 \quad (1.1)$$

$$\text{Ağırlık} = 4/3 \pi (D/2)^2 \rho \quad (1.2)$$

Burada D eşit kürenin çapını göstermektedir ve bu eşitlikler eşit küre teorisi olarak adlandırılır. Burada gerçek şekli ifade etmek ihtiyacı yoktur ve bu çok karışık olabilir. Eşit küre olan bütün parçacıklar birçok değişik şekile sahip olabilir (Şekil 1.5.) Burada önemli olan eşit küre hesabı yapılırken hangi ölçülerin kullanıldığının belirtilmesi gerekliliğidir (Anonymous, 2006).



Şekil 1.5. Bir parçacıktan oluşan birçok farklı eşit küre

1.1.2. Parça Boyut Dağılımı ve Analizi

Parçacıkların büyüklükleri, görsel tahminlerle veya bir takım eleklerle yapılabilir. Tek tek parça büyüklüğü, optik veya elektron mikroskobu analizi ile yapılabilir. Elek analizindeki basit ilkeler şöyle sıralanabilir. Ağırlığı bilinen örnek numuneler ölçüleri belli olan bir takım elekten geçirilir. Elekler aşağıya doğru azalan elek çaplarına göre dizilir. Belli bir zaman aralığı içinde mekanik olarak sallanır. Elekler üzerinde kalan parçacıklar ağırlıkça ölçülür ve toplam numune içindeki yüzdesi hesap edilir. Bu yöntem ile birçok uygulama için hem hızlı hem de doğru sonuç elde edilebilir. Aslında bu yöntem her parçacığın en büyük çapını ölçer.

Verinin sunulmasında kullanılan grafiksel ve istatistiksel yöntemler elek üzerinde bulunan verinin yorumlanması için yapılmaktadır. Her bir sınıfta bulunan numunelerin yüzdesi çubuk grafiklerde veya histogramda gösterilebilir. Grafik göstergelerde bir diğer yöntem ise kümülatif eğri veya kümülatif aritmetik eğri yöntemidir. Kümülatif eğriler, birçok numune eğrisinin aynı grafik üstünde gösterilmesinde ve sıralamadaki değişikliklerin anında göze çarpması yönünden çok kullanışlıdır. İri ve ince taneli parçacıkların önemli yüzdeleri eğrinin sonunda yatay kolda bulunurlar.

Sıralama çeşitli istatistiksel yöntemlerle ifade edilebilir. Bunlardan en basiti merkezi eğilimin ölçümünde kullanılan 3 ana parametredir: medyan, mod ve ortalama. Medyan, numunenin %50'sinin diğer numunelerden ayrılması anlamına gelir yani %50'liktir. Mod, en büyük sınıf aralığıdır. Ortalama ise çeşitli şekilde açıklanabilir ancak en genel formül %25'liklerin ve %75'liklerin ortalamasıdır. Elek analizinin ikinci yönü dağılımın derecesinin sıralanmasıdır. Sıralama bir sınıfa ait olan tüm parçacıkların boyutlarının eğilimidir. Birçok numune için parametre olan sıralama için birçok formül kullanılmıştır (Anonymous, 2006).

1.1.3. Grafiksel Gösterim İçin Kullanılan Yöntemler

4 çeşit grafiksel sunum yöntemi mevcuttur :

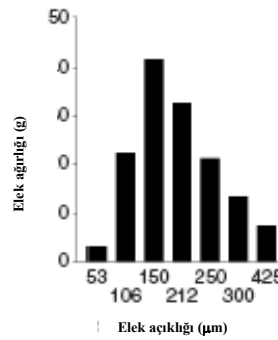
- Histogram
- Frekans Eğrisi

- Kümülatif Artimetik Eğrisi
- Kümülatif Olasılık Eğrisi

Tüm bu gösterimlerde parça boyutları yatay ölçekte, yüzdesel ifade düşey ölçekte gösterilir.

1.1.3.1. Histogram

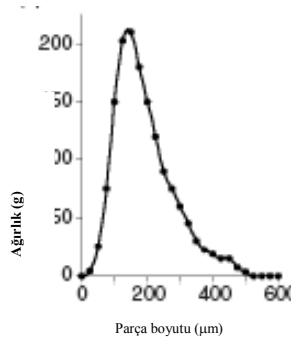
- İyi bir resimleme yöntemidir.
- Şekil tamamen elek aralığından etkilenir.
- Parça boyut parametreleri (sıralama, eğrilik) histogramdan hesaplanamaz.



Şekil 1.6. Histogram

1.1.3.2. Frekans Eğrisi

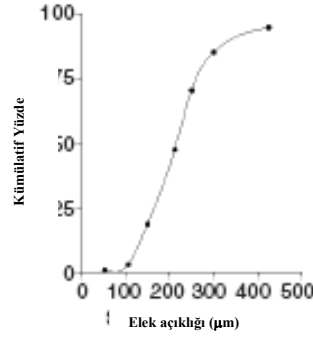
- İyi bir resimleme yöntemidir.
- Elek aralığından bağımsızdır.
- Parça boyut parametreleri eğriden hesaplanamaz.



Şekil 1.7. Frekans Eğrisi

1.1.3.3. Kümülatif Aritmetik Eğrisi

- İlk bakışta histogram veya frekans eğrisi şeklinde yorumlamak zordur.
- Elek aralığından bağımsızdır.
- Parça boyut parametreleri eğriden hesaplanabilir.



Şekil 1.8. Kümülatif Aritmetik Eğri

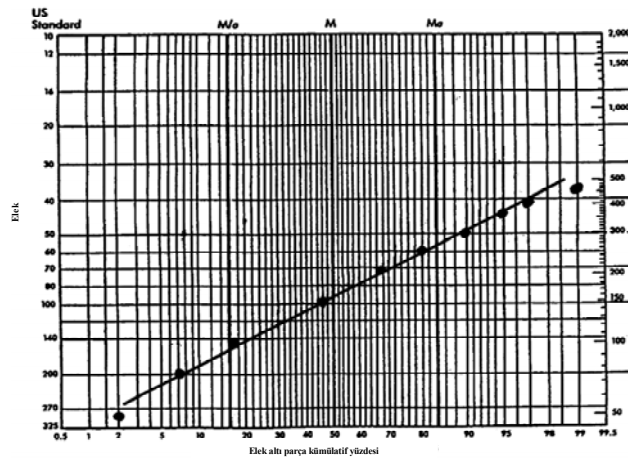
1.1.3.4. Kümülatif Olasılık Eğrisi

S şekilli kuyruğu olan kümülatif eğriyi düz bir çizgi halinde düzelterek ilk bakışta yorumlanmasını sağlar.

Elek aralığından bağımsızdır.

Çoğu tek modlu dağılımlar burada düz bir çizgi olarak gözükür.

Parça boyut parametreleri eğriden hesaplanabilir.



Şekil 1.9. Kümülatif Olasılık Eğrisi. Parça boyutları Y ekseninde, kümülatif yüzde ağırlık ise X eksenindedir.

1.1.4. Ölçülen Değerler

Mod

- Sık sık oluşan parça sınıfıdır.
- Frekans eğrisinin en üst noktasıdır.
- Kümülatif aritmetik eğrisinin maksimum diklik noktasıdır.
- Deneme ve hata ile belirlenir.
- Numune için ölçülebilen bir değerdir.

Medyan

- Parçacıkların %50'sinin çapının kaba, %50'sinin çapının düzgün olduğu durumdur.
- Kümülatif eğrinin %50 çizgisi ile kesişen çaptır.
- Numune için ölçümü çok gerekli değildir.

Ortalama

- Ortalama parçacık boyutudur.
- Numune için çok önemli bir ölçümdür.

Standart Sapma

- Sıralamanın derecesinin ölçümüdür.
- Numune için çok önemli bir ölçümdür.

Eğrilik

- Frekansın veya kümülatif eğrinin asimetri derecesidir.
- Numune için çok önemli bir ölçümdür.

Kurtosis

- Normal frekanstan veya kümülatif eğriden olan pik noktanın veya sapmanın derecesidir.

1.1.5. Matematiksel Açıklama

Parça boyut verileri bir matematiksel deyim ile açıklanırsa en faydalı bilgi ortaya çıkmış olacaktır. Bir matematiksel fonksiyon grafik gösterimlere hazırdır ve interpolasyon, ekstrapolasyon, sınıflar arası karşılaştırma gibi işlemlere ayrıcalık sağlar. Bunun yanı sıra daha önemli bir bilgi, fonksiyonun parametrelerinin

parçacıklar ile bağlantılı olması ile elde edilebilir. Bu bilgi bize işlemleri daha yakından izleme, ürün kontrolü, doğru ürün bilgileri ve kalite güvence konularında yardımcı olur.

Rosin-Rammler (Rosin and Rammler, 1933) ve Gates-Gaudin-Schumann (Gates, 1915; Schumann, 1940) tarafından çok iyi saptanmış normal ve log-normal dağılımlar ile birlikte çeşitli 2 parametrelili matematiksel model ve deyimler geliştirilmiştir. 3 ve 4 parametrelili modeller parça boyut dağılımını daha doğru açıklasa da matematiksel karmaşıklıkları bu uygulamaların yaygınlığının limiti olmuştur (Anonymous, 2006).

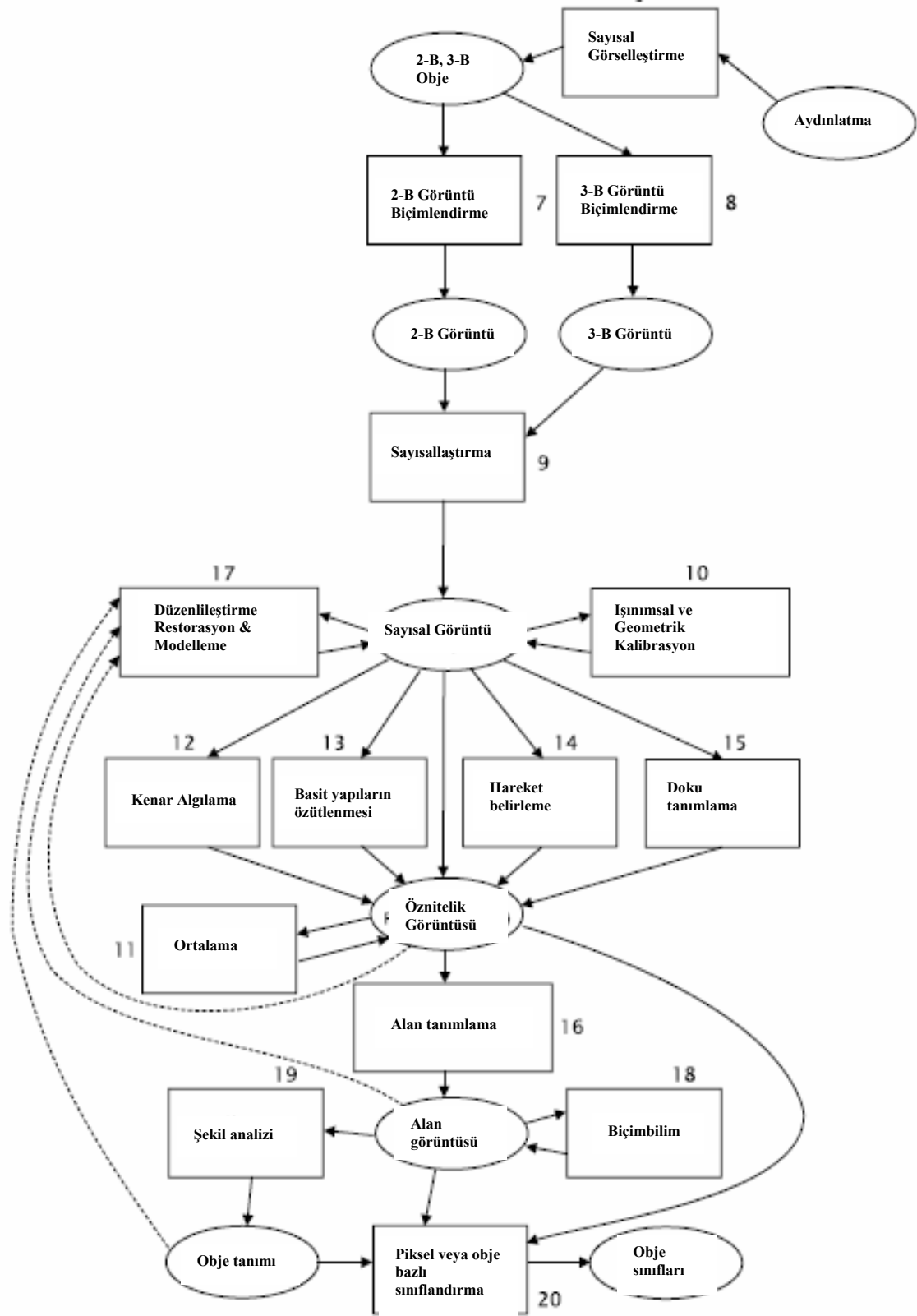
Djamarani and Clark (1997) tarafından açıklanan Rosin-Rammler dağılımı fonksiyonu üzerinde duracak olursak, bu fonksiyon uzun zamandır çeşitli tiplerde ve boyutlarda olan tozların parça boyut dağılımında kullanılmıştır. Ayrıca bu fonksiyon öğütme, değirmen ve kırma ürünleri için de oldukça uygundur. Rosin-Rammler fonksiyonu 2 parametre ile gösterilir : ortalama parça boyutu (D_m) ve n değeri (dağılım derinliği) ve uygunluk faktörünün iyiliği.

$$R = 100 \exp \left[- \frac{D}{D_m} \right]^n \quad (1.3)$$

R korunan ağırlık yüzdesi (%), D parça boyutu (μm), D_m ortalama parça boyutu (μm), ve n yayılan parça boyutunun ölçümüdür (Anonymous, 2006).

1.2. Sayısal Görüntü İşleme

Sayısal görüntü ve sayısal görüntü işleme ile açıklama ve tanımlara geçmeden önce, bu tanımları ve süreci modellemek amacıyla Şekil 1.10'nun incelenmesi ve irdelenmesi, konunun basamaklarının anlatımını ve anlaşılmasını daha kolaylaştıracaktır.



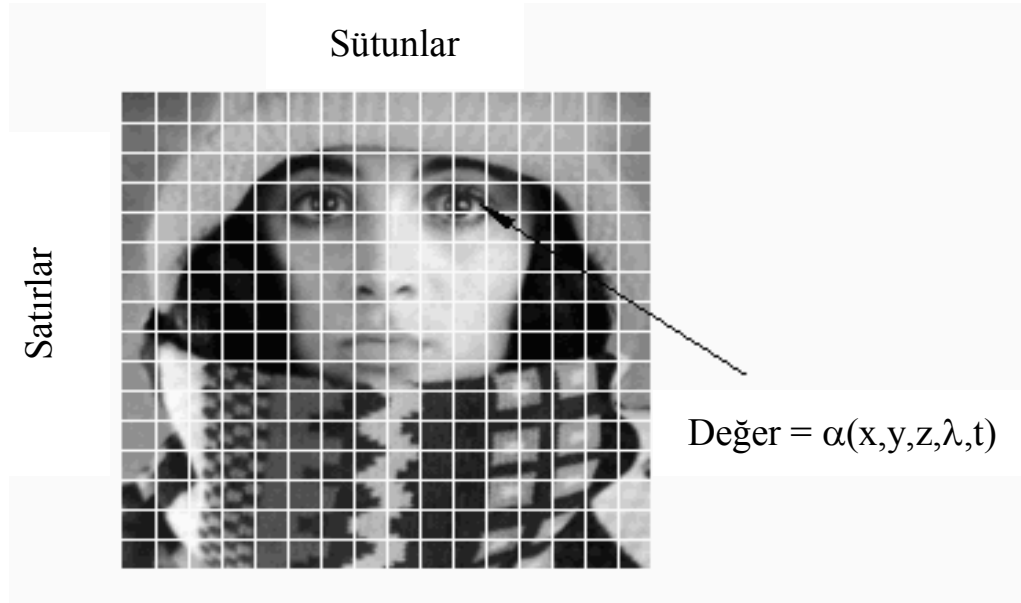
Şekil 1.10. Sayısal görüntü ve işlemleri akış şeması (Jahne, 2002)

1.2.1. Sayısal Görüntü İşleme Tanımları

Sayısal görüntü işleme (Digital Image Processing) sayısal imajların sayısal bilgisayarlar aracılığıyla işlenmesidir. Unutulmamalıdır ki sayısal imaj kendine özgü yer ve değerde olan sonlu sayıda elemanlardan oluşur. İmaj içinde varolan bilgi tamamen farklı yollarla gösterilir. En önemli gösterim biçimleri uzamsal gösterim ve dalga sayısı gösterimidir. Bu gösterim biçimleri mekansal veriye farklı görüş açılarıyla bakılmasından ibarettir. Çeşitli gösterimlerin eksiksiz ve eşit olmasından itibaren, gösterimler birbirine çevrilebilirler. Uzamsal ve dalga sayısı gösterimlerinin en bilinen çevrimi Fourier dönüşümleridir.

2 boyutlu sınırlı uzayda $a[m,n]$ şeklinde tanımlanan bir sayısal görüntü; 2 boyutlu sürekli uzayda $a(x,y)$ şeklinde tanımlanan bir analog görüntüden örnekleme işlemi yapılarak (dijitize) üretilmiştir.

2 boyutlu analog imaj $a(x,y)$; N satır ve M sütuna bölünür. Tamsayı olarak koordinatlara atanan değerler $a[m,n]$ olarak gösterilir. $a(x,y)$ gösterimi ise birçok değişkenin fonksiyonudur. Renk derinliği (z), renk (λ) ve zaman (t) ile gösterilir (Şekil 1.11) (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002).



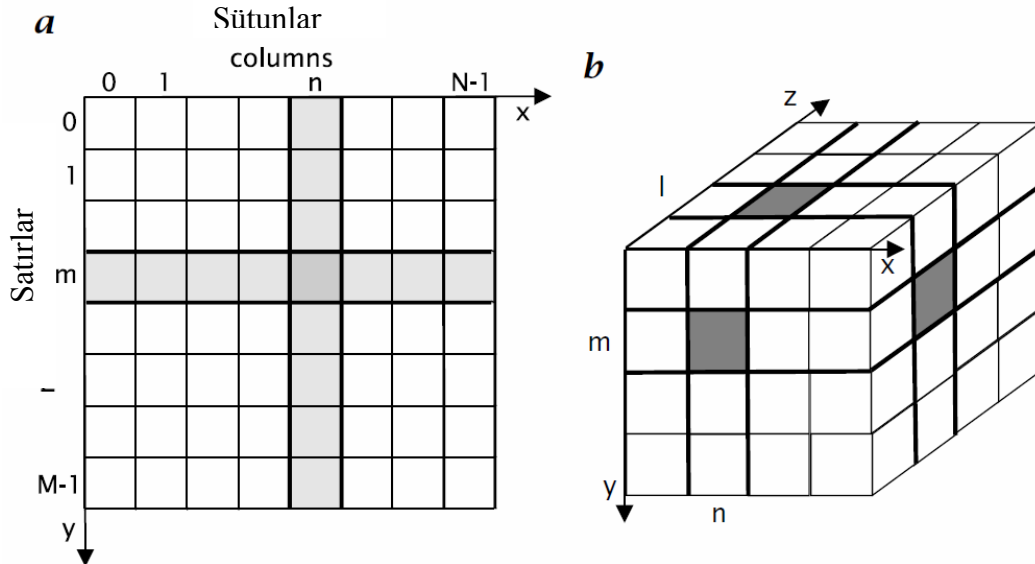
Şekil 1.11. Bir sayısal görüntü gösterimine etkiyen fonksiyonlar (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002)

1.2.2. Sayısal Görüntünün Uzamsal Gösterimi (Piksel ve Voksel)

Görüntüler bir düzlemde, uzamsal enerji aydınlatması dağılımı oluştururlar. Matematiksel olarak bu dağılım uzamsal iki değişkenin devamlı fonksiyonudur.

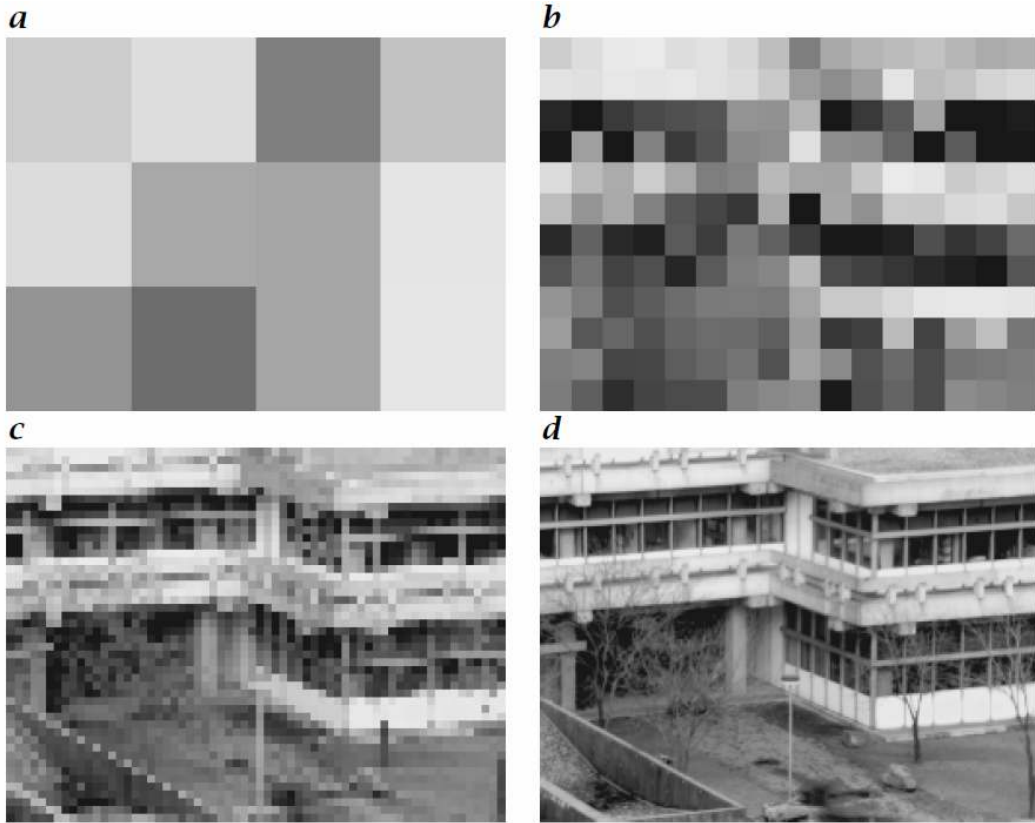
$$E(x_1, x_2) = E(\mathbf{x}) \quad (1.4)$$

Bilgisayarlar, sürekli görüntüleri ancak sayısal sayı dizileri şeklinde saklar. Bu yüzden görüntülerin gösterilmesi de 2 boyutlu nokta dizileri ile sağlanır. 2 boyutlu ızgara içindeki bir nokta PİKSEL veya RESİM ELEMANI olarak adlandırılır. Bir piksel, ilgili ızgara pozisyonunun enerji aydınlatmasını gösterir. En basit şekilde pikseller dikdörtgen ızgara üzerinde yerleşmiştir. Piksel pozisyonu için matrislerde genel olarak kullanılan notasyonlar kullanılır. İlk indeks, m, satır pozisyonunu; ikinci, n, sütun pozisyonunu belirtir. Eğer bir sayısal görüntü MxN pikselden oluşuyorsa; indeks n, 0'dan N-1'e kadar gider. M satır sayısı, N sütun sayısını verir. Matris notasyonu doğrultusunda, düşey eksen (y eksen) normal grafiklerin aksine yukarıdan aşağıya doğrudur. Yatay eksen (x eksen) alışılmış şekilde sağdan sola doğrudur (Şekil 1.12a) (Jahne, 2002).



Şekil 1.12. Dijital imajların farklı noktalar dizisi şeklinde gösterimi : a 2-B görüntü, b 3-B görüntü (Jahne, 2002)

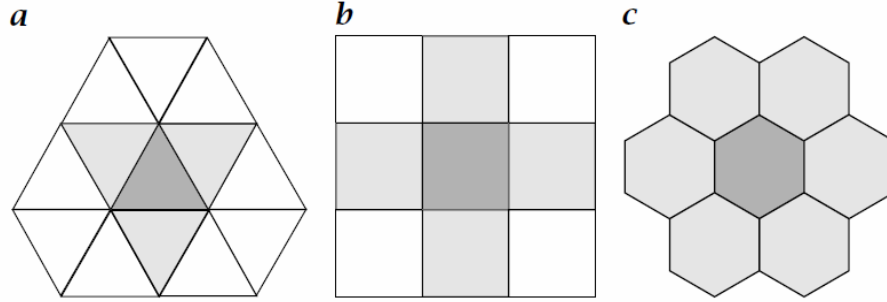
Her piksel, görüntü içinde sadece noktaları göstermeden ziyade dikdörtgen bölgeleri de (ızgara temel hücreleri) gösterir. Piksel ile ilişkili değer, hücreye karşılık gelen ortalama enerji aydınlatmasını uygun bir yolla göstermelidir. Şekil 1.13 'de tek ve aynı imaj farklı piksel miktarları ile gösterilmiştir. Büyük piksel boyutlarında, düzlemsel çözünürlüğünün düşüklüğünün yanısıra piksel kenarlarındaki gri ton süreksizlikleri de dikkat dağıtacak kadar rahatsızlık vermektedir. Pikseller küçüldükçe efekt, sürekli imaj izlenimi doğrultusunda belirgin bir şekilde azalmaktadır. Bu azalma piksellerin görsel sistemimizin çözünürlüğünden küçük olduğunda meydana gelir (Jahne, 2002).



Şekil 1.13 . Kare ızgara üzerinde farklı piksel boyularında tanımlanan bir imaj : a 3x4, b 12x16, c 48x64, d 192x256 (Jahne, 2002)

Dikdörtgen ızgara, bir sayısal görüntü gösterimi için en kolay geometridir. Piksellerin farklı geometrik dizilimleri ve hücre elemanlarının farklı geometrik formları bulunmaktadır. 3 boyuta nazaran 2 boyutta dijital ızgaraların sınıflanması

daha kolaydır. Sadece normal poligonlar düşünülürse 3 çeşit sınıflandırma mevcuttur: üçgen ızgara, kare ızgara ve altıgen ızgara (Şekil 1.14) (Jahne, 2002).



Şekil 1.14. 2 Boyutta kullanılan 3 değişik ızgara : a üçgen ızgara, b kare ızgara, c altıgen ızgara (Jahne, 2002)

3 boyutlu imajlarda ise pikseller voksel olarak tanımlanır. Dikdörtgen bir ızgarada her voksel bir kübün ortalama gri ton değerini gösterir. Bir vokselin pozisyonu 3 indisle belirtilir. Birincisi, k, derinliği; m, satırı; n ise sütunu belirtir (Şekil 1.12-b) (Jahne, 2002).

1.2.3. Görüntü

En geniş bağlamda, genellikle dikdörtgen sınırlar içinde tanımlanmış herhangi iki değişkenin fonksiyonu “görüntü” olarak tanımlanır. Bilgisayar görüşüne göre ise “görüntü” video görüntüsü, sayısal görüntü veya resim gibi kaydedilmiş görüntülere denir.

Sınırlar içerisindeki herhangi bir noktanın değerinin yorumu uygulamalara bağlıdır. Fonksiyon normal bir kameradan alınan resim karesi içerisindeki nesnelerin ışık değerlerini gösterebileceği gibi, vücut dokusunun X-ışını ile görüntüleme sayesinde soğurma karakteristiklerini veya kızılötesi görüntüleme sayesinde ısı profillerini gösterebilir (Anonymous, 2006).

1.2.4. Sayısal Görüntü

Sayısal görüntüler dökümanlardan taranmış, resimler, el yazmaları, basılı yazılar, sanat çalışmalarının elektronik enstantaneleridir. Bir görüntü iki boyutlu bir fonksiyondur $f(x,y)$. Burada x ve y uzamsal koordinatlardır ve herhangi bir çift koordinata (x,y) , f fonksiyonunun genişliği görüntünün, bu noktadaki yoğunluğunu ya da gri ton derecesini verir. x , y ve f fonksiyonunun değerleri sınırlı bir alanda ve farklı miktarlara sahipse bu görüntüye sayısal görüntü denir (Şekil 1.15) (Anonymous, 2006).



Şekil 1.15. Sayısal görüntü ve kayıt örneği

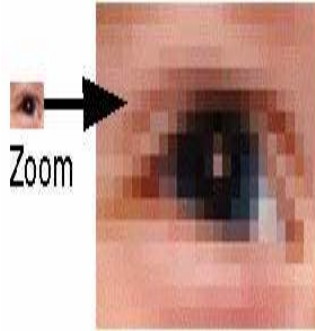
Sayısal görüntüler noktalar ızgarası veya resim öğelerinin örneklenmesi ve yerleştirilmesiyle oluşur. Her bir piksele ton değeri (siyah, beyaz, gri ve renkli tonları) atanır. Bu değerler ikili kodlar halinde gösterilir (0,1) (Şekil 1.16). Herbir piksel için ikili sayılar (bit) belli bir sıra dahilinde bir bilgisayar tarafından saklanır. Sonra analog bir gösteri veya yazma amaçlı olarak bilgisayar tarafından okunur ve yorumlanır (Anonymous, 2006).

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Şekil 1.16. Sayısal bir görüntüye değer atanması ve saklanması örneği

1.2.5. Çözünürlük

Çözünürlük en ince detayların ayırt edilebilmesidir. Sayısal görüntünün örneklenme frekansı miktarı, çözünürlük için iyi bir göstergedir. Sayısal görüntülerin çözünürlüğünü açıklamada inç başına düşen nokta miktarı (dpi) veya inç başına düşen piksel miktarı (ppi) terimleri kullanılır. Genelde örnekleme frekansının artırılması çözünürlüğün artırılmasına yardımcıdır (Şekil 1.17) (Anonymous, 2006).



Şekil 1.17. Sayısal bir görüntünün çözünürlüğü örneği

1.2.6. Piksel Boyutları

Piksel boyutları, piksel ile ifade edilmiş görüntünün yatay ve dikey ölçüleridir. Piksel boyutları, genişlik ve yüksekliğin her ikisinin de çözünürlük (dpi) ile çarpımıyla açıklanabilir (Şekil 1.18) (Anonymous, 2006).



Şekil 1.18. Sayısal bir görüntünün piksel boyutları örneği

Bir dijital kameranın çözünürlüğünün hesaplanması için yatay ve düşey piksel sayısının belirtilmesi gerekir (2048x3072) (Şekil 1.19).



Şekil 1.19. Sayısal fotoğraf makinesi örneği

1.2.7. Renk Kalitesi

Renk kalitesi her pikselde kullanılan “bit” miktarıyla ilgilidir. Yüksek miktar, renk kalitesinin artmasına sebep olacaktır. Sayısal görüntüler siyah-beyaz, gri ton ve renkli olabilir (Şekil 1.20) (Anonymous, 2006).

Siyah-beyaz görüntüler, piksel başına 1 bit taşır ve 2 renk tonu (0 değeri ile siyah, 1 değeri ile beyaz) üretilir.

Gri ton görüntüler, piksel başına 2 – 8 bit veya daha fazla bilgi taşır. Örnek olarak 2 bit imajda 4 kombinasyon oluşur.

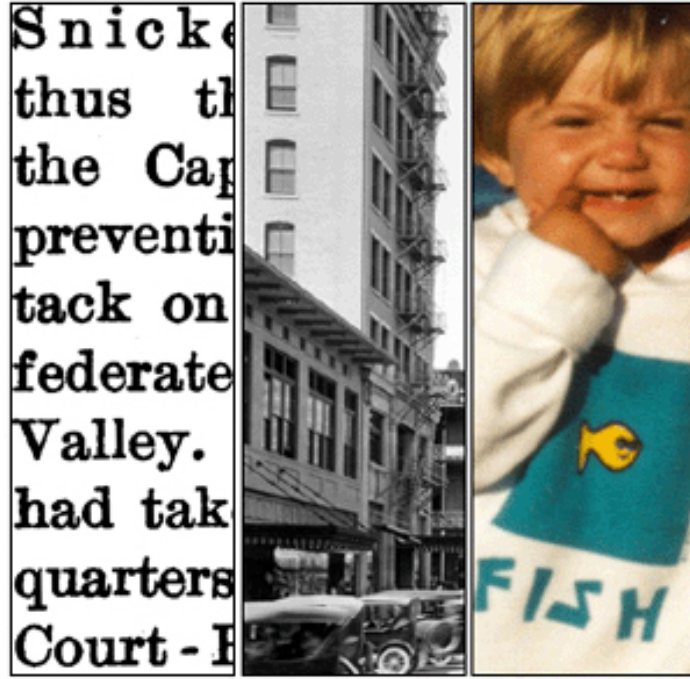
00	Siyah
11	Beyaz
01	Koyu Gri
10	Açık Gri

Renkli imajlar piksel başına 8 – 24 bit veya üzerinde bilgi taşır. 3 gruba ayrılır :

- 8 adet kırmızı
- 8 adet yeşil
- 8 adet mavi

Bunların kombinasyonu ile $2^{24} = 16.7$ milyon renk elde edilebilir.

1 bit (2^1)	2 ton
2 bit (2^2)	4 ton
3 bit (2^3)	8 ton
4 bit (2^4)	16 ton
8 bit (2^8)	256 ton
16 bit (2^{16})	65536 ton
24 bit (2^{24})	16.7 milyon ton



Şekil 1.20. Siyah-beyaz, gri ton ve renkli görüntü örneği

1.2.8. Dosya Boyutu

Dosya boyutu, taranacak olan doküman yüzey alanının (yükseklik x genişlik); renk kalitesi ve inç başına düşen nokta sayısının (dpi) karesi ile çarpımına eşittir (Anonymous, 2006).

Dosya boyutu hesaplamak için formüller :

$$\text{Dosya boyutu} = (\text{yükseklik} \times \text{genişlik} \times \text{renk derinliği} \times \text{dpi}^2) / 8 \quad (1.5)$$

$$\text{Dosya boyutu} = (\text{piksel boyutları} \times \text{renk derinliği}) / 8 \quad (1.6)$$

Örneğin :

Bir dijital kamera tarafından 24 bit renk derinliği, 2048 x 3072 piksel boyutlarında olan bir imajın boyutu $(2048 \times 3072 \times 24) / 8 = 18.874.368$ bayt olarak hesaplanır.

$$1 \text{ Kilobyte (KB)} = 1.024 \text{ byte} \quad (1.7)$$

$$1 \text{ Megabyte (MB)} = 1.024 \text{ KB} \quad (1.8)$$

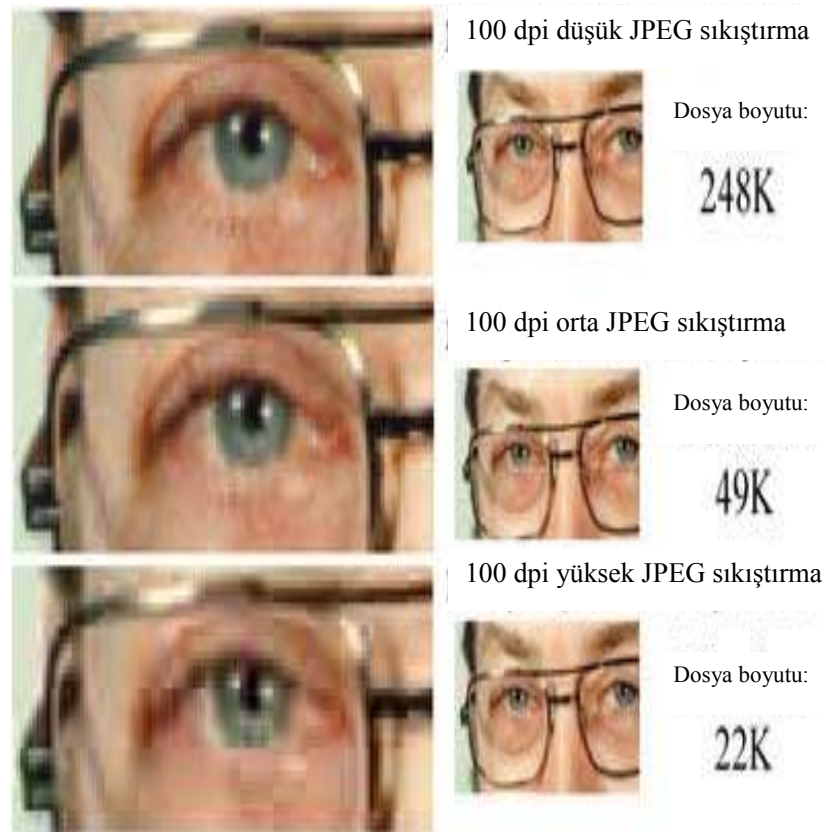
$$1 \text{ Gigabyte (GB)} = 1.024 \text{ MB} \quad (1.9)$$

$$1 \text{ Terabyte (TB)} = 1.024 \text{ GB} \quad (1.10)$$

1.2.9. Sıkıştırma

Sıkıştırma, dosya boyutunun saklama, işleme ve aktarma işlemleri için küçültülmesi işlemidir. Tüm sıkıştırma teknikleri sıkıştırılmamış imajın ikili kod dizisinin karmaşık algoritmalar kullanılarak matematiksel stenografi ile biçimlendirilerek kısaltılmasına dayanır (Anonymous, 2006).

Standart ve özel sıkıştırma teknikleri mevcuttur. Sıkıştırma teknikleri kayıpsız ve kayıplı olarak nitelendirilir. Sıkıştırma miktarına bağlı olarak görüntüde yaşanan değişimler Şekil 1.21’de gösterilmiştir.



Şekil 1.21. Sayısal görüntüde sıkıştırma miktarının artmasıyla görüntüdeki değişim

1.2.10. Sıkıştırma Teknikleri ve Dosya Biçimleri

Günümüzde kullanılan sıkıştırma teknikleri ve bunlarla ilgili dosya biçimleri uzantı biçimleri, destekledikleri renk derinlikleri, kullandıkları sıkıştırma algoritma ve standartları açısından Çizelge 1.1’de gösterilmiştir (Anonymous, 2006).

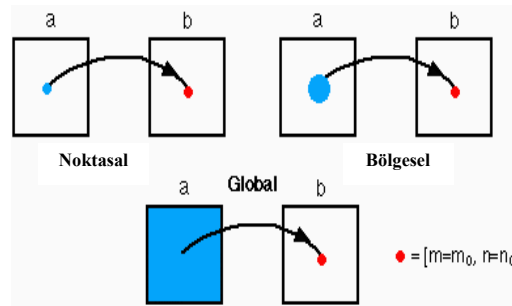
Çizelge 1.1. Sıkıştırma Teknikleri ve Dosya Biçimleri

İsim ve Mevcut Sürüm	TIFF 6.0 (Tagged Image File Format)	GIF 89a (Graphics Interchange Format)	JPEG (Joint Photographic Expert Group)/JFIF (JPEG File Interchange Format)	JP2-JPX/ JPEG 2000	Flashpix 1.0.2	ImagePac, Photo CD	PNG 1.2 (Portable Network Graphics)	PDF 1.4 (Portable Document Format)
Uzantı	.tif, .tiff	.gif	.jpeg, .jpg, .jif, .jfif	.jp2, .jpx, .j2k, .j2c	.fpx	.pcd	.png	.pdf
Renk Derinliği	1-bit tek ton; 4- or 8-bit gri veya renk paleti; 64-bit renge kadar	1-8 bit tek ton, gri, veya renkli	8-bit gri; 24-bit renkli	Herbiri 1-38 bit olan 214 kanal desteği, gri veya renkli	8-bit gri; 24 bit renkli	24-bit renkli	1-48-bit; 1/2/4/8-bit renk paleti veya gri, 16-bit gri, 24/48-bit gerçek renk	4-bit gri; 8- bit renkli; 64- bit renge kadar destek
Sıkıştırma	Sıkıştırmasız Kayıpsız: ITU- T.6, LZW, etc. Kayıplı: JPEG	Kayıplı: LZW	Kayıplı: JPEG Lossless:	Sıkıştırmasız Kayıpsız/Kayıplı: Wavelet	Sıkıştırmasız Kayıplı: JPEG	Kayıplı: “Visually lossless” Kodak biçimi	Kayıpsız: Deflate, an LZ77 derivative	Sıkıştırmasız Kayıpsız: ITU-T.6, LZW, JBIG Kayıplı: JPEG
Standard	De facto standard	De facto standard	JPEG: ISO 10918-1/2 JFIF: de facto standard	ISO/IEC 15444 parts 1-6, 8-11	Açık	Özel	ISO 15948	De facto standard
Renk Yönetimi	RGB, Palette, YCbCr, CMYK, CIE L*a*b*	Palette	YCbCr	Palette, YCbCr, RGB, sRGB, some ICC	PhotoYCC and NIF RGB, ICC	PhotoYCC	Palette, sRGB, ICC	RGB, YCbCr, CMYK

1.2.11. Görüntü İşlemlerinin Karakteristikleri

Görüntü işlemlerini sınıflandırma ve karakterize etmek için birçok değişik yol vardır. Bunun yapılmasının nedeni beklentilerimizin sonucunu görmek veya işlemin sistem kaynaklarını ne kadar zorladığını anlamaktır.

İşleme giren imajın $a[m,n]$, işlemden çıkan imaja $b[m,n]$ dönüşmesi amacıyla uygulanacak işlemler 3 kategoride toplanır. Görüntü işlemlerinin karakteristikleri grafiksel olarak Şekil 1.22’de ve açıklamaları Çizelge 1.2’de gösterilmiştir (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002).



Şekil 1.22. Görüntü işlemlerinin karakteristikleri (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002)

Çizelge 1.2. Görüntü işlemlerinin karakteristikleri (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002)

Operasyon	Karakterizasyon	Genel Karmaşıklık/Piksel
* Noktasal	- belli noktada elde edilen değer aynı koordinatta girilen değere bağlıdır.	<i>sabit</i>
* Bölgesel	- belli noktada elde edilen değer aynı koordinatta girilen değerlerin komşularına bağlıdır.	$P2$
* Global	- belli noktada elde edilen değer görüntü içindeki tüm değerlere bağlıdır.	$N2$

1.2.12. Yakınlık İşlemleri

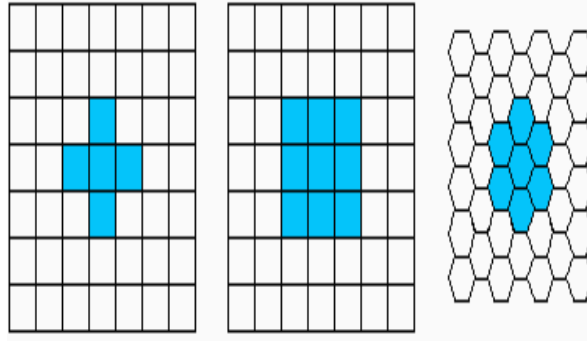
Yakınlık işlemleri modern sayısal görüntü işlemede önemli bir rol oynar ve görüntülerin sayısal obje olarak tanımlanmasını sağlar. Bu yüzden görüntülerin nasıl örneklendiği ve buna bağlı olarak değişik yakınlık işlemlerinin uygulandığını anlamamız gerekmektedir (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002).

- Dikdörtgensel Örnekleme

Çoğunlukla imajlar üzerlerine sanal bir kare ızgara koyularak örneklenirler (Şekil 1.23).

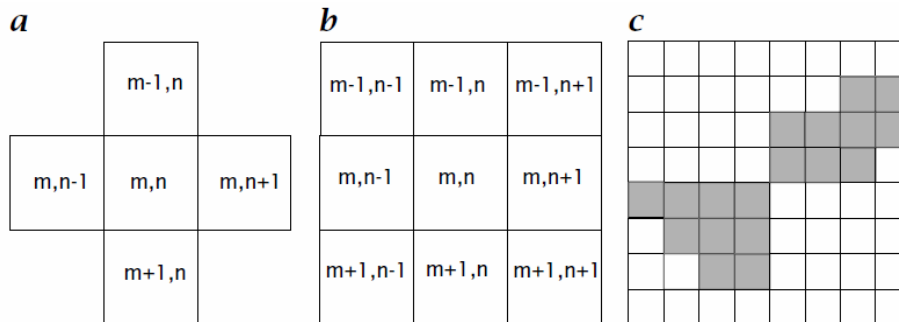
- Exagonal Örnekleme

Alternatif bir örnekleme şeklidir (Şekil 1.23).



Şekil 1.23. Yakınlık işlemleri örnekleme yöntemleri (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002)

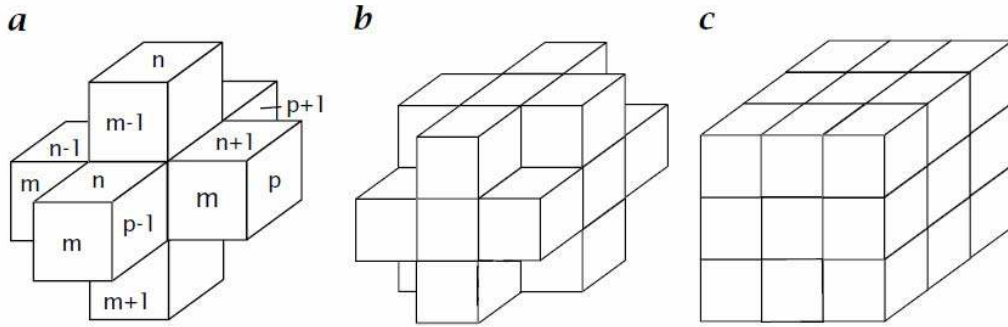
Örnekleme metodunun şekli donanım ve yazılım unsurlarına bağlı olarak seçilir.



Şekil 1.24 .Dikdörtgen ızgara içinde komşuluk ilişkileri : a 4-komşuluk, b 8-komşuluk, c 8-komşuluk içinde bir obje veya 4-komşuluk içinde iki obje. (Jahne, 2002)

Şekil 1.24 'de de görüldüğü gibi 2 boyutlu dikdörtgen ızgara 2 olası piksel komşuluğunu tanımlayabilir. Pikselleri komşu olarak tanımlamak için ya bir köşelerinin ya da bir kenarlarının ortak olması gerekir. Bu şekilde bir piksel 4 ya da 8 komşuya sahip olabilir. Üçgen ızgarada ise 3 ya da 12 komşu oluşturulabilir. Altıgen ızgarada sadece 6 komşu oluşturulabilir. Bu avantaja rağmen görüntü işlemede altıgen ızgara, görüntü sensörlerinin dikdörtgen ızgara üzerinde pikselleri üretmesi yüzünden kullanılmaz.

3 boyutta, komşuluk ilişkileri daha karışıktır. Komşuluk tanımı 3 şekilde yapılır: ortak yüz, kenar ve köşe. Bu tanımlarda 6 komşuluk, 18 komşuluk ve 26 komşuluk elde edilir (Şekil 1.25) (Jahne, 2002).



Şekil 1.25. 3-B kübik ızgara üzerindeki komşuluk tipleri. a 6-komşuluk, b 18-komşuluk, c 26-komşuluk (Jahne, 2002)

1.2.13. Ayrık Geometri

Sayısal görüntülerin ayrık doğası geometrik eleman özelliklerinin yeniden tanımlanmasına imkan vermektedir. Bu özellikler : mesafe, bir çizginin eğimi ve koordinat dönüşümleridir (dönüştürüm, rotasyon ve ölçek). Bu değerler sayısal görüntü içindeki objenin geometrik parametrelerinin açıklamaları ve ölçümleri için gereklidir (Jahne, 2002).

Ayrık geometri açıklanacak olursa, bir pikselin pozisyonunu belirten ızgara vektörünü tanımlamak gerekir. Izgara vektörü 2, 3 ve 4 boyut için aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\mathbf{r}_{m,n} = \begin{bmatrix} n\Delta x \\ m\Delta y \end{bmatrix}, \mathbf{r}_{l,m,n} = \begin{bmatrix} n\Delta x \\ m\Delta y \\ l\Delta z \end{bmatrix}, \mathbf{r}_{k,l,m,n} = \begin{bmatrix} n\Delta x \\ m\Delta y \\ l\Delta z \\ k\Delta t \end{bmatrix}. \quad (1.11)$$

Mesafe ölçümleri Euclidian mesafesinin aktarılmasıyla tanımlanabilir :

$$d_e(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = \|\mathbf{r} - \mathbf{r}'\| = \left[(n - n')^2 \Delta x^2 + (m - m')^2 \Delta y^2 \right]^{1/2}. \quad (1.12)$$

Ayrılan blok mesafesi, yatay ve dikey yönde gidilebilen bir yolun uzunluğunu verir :

$$d_b(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = |n - n'| + |m - m'| \quad (1.13)$$

Satranç tahtası mesafesi, yatay ve düşey mesafenin maksimumunu verir :

$$d_c(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = \max(|n - n'|, |m - m'|). \quad (1.14)$$

1.2.14. Eşik Değer Belirleme

Bu teknik basit bir görüşe dayalıdır. Bir parametre görüntü için seçilmiş ve uygulanmış parlaklık, eşik değeri çağırır. Eşik değer belirleme ile ilgili algoritmalar Şekil 1.26 ve Şekil 1.27’de; program kaynak kodu EK-1’de verilmiştir (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002).

$$\begin{array}{ll} \text{If } d[m,n] \geq \theta & d[m,n] = \text{object} = 1 \\ \text{Else} & d[m,n] = \text{background} = 0 \end{array}$$

Şekil 1.26. Eşik değer algoritması (açık obje)

Bu algoritma koyu arkaplandaki açık objeleri seçmeyi esas alır. Açık arkaplandaki koyu objeler için aşağıdaki algoritma kullanılır.

```

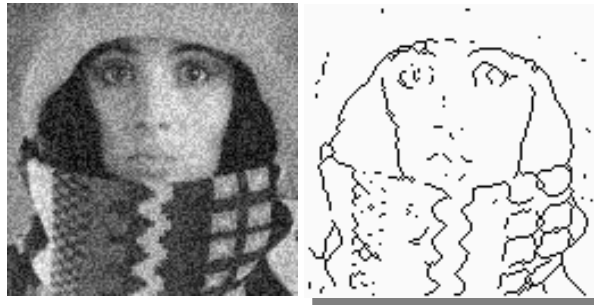
If  $d(m,n) < \theta$      $d(m,n) = object = 1$ 
Else                 $d(m,n) = background = 0$ 

```

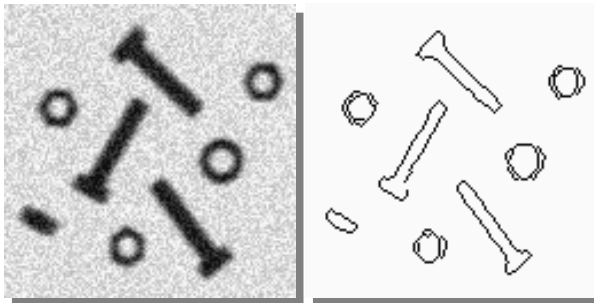
Şekil 1.27. Eşik değer algoritması (koyu obje)

1.2.15. Kenar Bulma

Eşik değer filtresi ayırım yapmak için objeye ait olan tüm pikselleri hesaba katar. Bu yöntem alternatif olarak objenin sınırlarına ait olan pikselleri bulmak için teknikler geliştirilmiştir. Bu tekniklere kenar bulma teknikleri denir (Şekil 1.28, Şekil 1.29). Kenar bulma ve parça analizi ile ilgili program kaynak kodu EK – 2’de verilmiştir (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002).



Şekil 1.28. Kenar bulma yöntemiyle görüntü analizi (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002)



Şekil 1.29. Kenar bulma yöntemiyle görüntü analizi (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002)

1.2.16. Bölümleme

Bütün görüntü analizi operasyonları objeleri daha iyi tanımlama ve bu objeleri diğer objelerden ve arkaplanlardan ayırmayı amaçlamaktadır. Bununla ilgili olarak, her pikselin objeye ait olup olmadığının kontrolü gerekmektedir. Bu işleme bölümleme denir ve bir ikili imaj üretilir. Eğer piksel objeye aitse “1” değerini, değilse “0” değerini alır. Bölümleme, düşük seviye görüntü işleme ile görüntü analizi arasındaki eşik işlemidir. Bölümleme sonunda hangi pikselin hangi objeye ait olduğu anlaşılır. İmaj alanlara ayrılır ve süreksizlikler alanlar arasındaki sınırları oluşturur. Ayrıca bölümleme sonucunda objelerin şekilleri de analiz edilebilir (I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002).

Bu bilgiler doğrultusunda şunu da unutmamak gerekir:

- Tüm imajlar üzerinde çalışabilecek, evrensel anlamda uygun ayrıştırma tekniği yoktur.
- Hiçbir ayrıştırma tekniği mükemmel değildir.

1.2.16.1. Piksel Bazlı Bölümleme

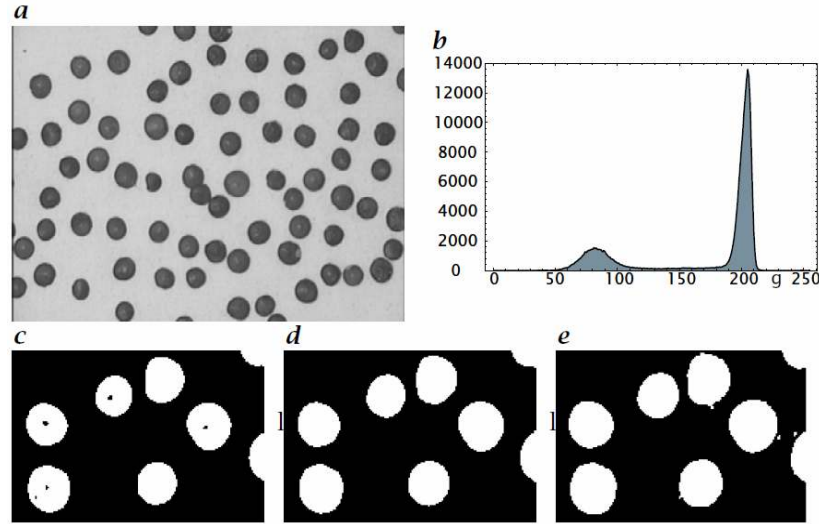
Nokta bazlı ya da piksel bazlı bölümleme, kavram olarak en basit yaklaşım içermektedir.

Eğer bir obje düzgün olmayan bir şekilde aydınlatılmışsa, ilk olarak ortam aydınlatmasının iyileştirilmesi gerekir. Bu mümkün değilse bir sonraki adımda bu uygunsuzluğu bertaraf edecek görüntü işleme tekniğinin kullanılıp, problemin düzeltilmesi gerekir.

Eğer objenin arkaplandan iyi bir şekilde ayrılması sağlanacak olursa, histogram iki doruklu dağılım sergiler. Gri değerlerin dağılımı içinde sıfır değer olması, köşelerde keskin geçişler olsa bile, beklenmez. Objeler küçüldükçe görüntü içinde orta değerlerin daha çok alanda bulunmasına ve histogramı doldurmasına neden olmaktadır.

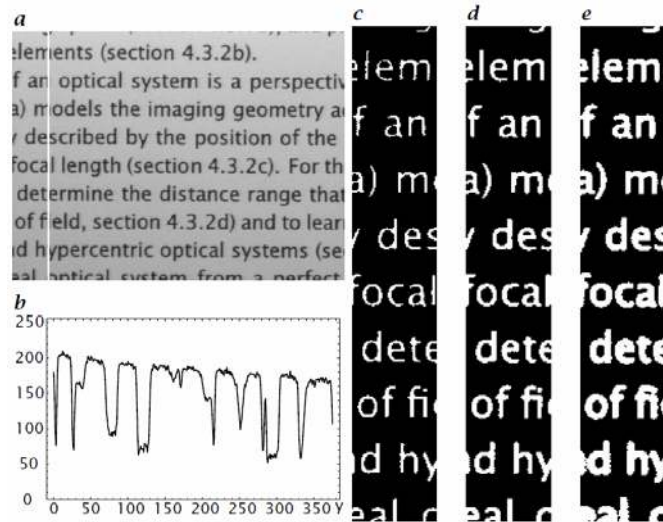
Uygun eşik değeri ile iyi bölümleme yapmak için birçok değer bulunabilir. Şekil 1.30-c’de 110 eşik değeri uygulandığında obje içinde delikler oluşmuş; Şekil 1.30-e’de 185 eşik değeri uygulandığında ise bazı arka plan pikselleri obje olarak

tanınmıştır. Bu uygulamalara dikkatle bakılacak olursa bölümlenen obje boyutları dikkate değer bir şekilde değişmiştir (Jahne, 2002).

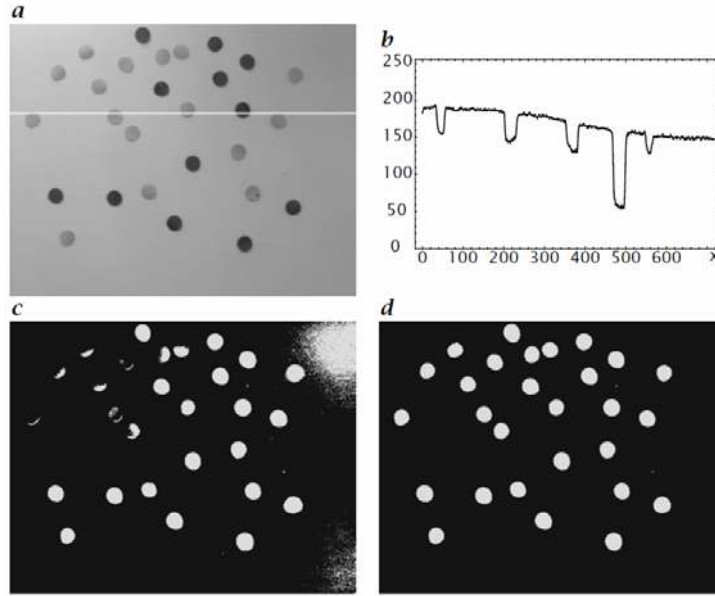


Şekil 1.30. Global bir eşik değeri ile bölümleme : a orjinal görüntü, b histogram, c-e 110,147 ve 185 eşik değeri ile bölümleme (Jahne, 2002)

Şekil 1.31 ve Şekil 1.32’de görüldüğü gibi eğer arkaplan düzgün değilse ya da değişik gri tonlar görüntü içinde mevcutsa bölümlemenin uygulanması daha da zorlaşmaktadır.



Şekil 1.31. Kademeli bir arkaplana sahip olan görüntünün bölümlenmesi: a orjinal görüntü, b işaretli sütunun profili, c-e 90,120 ve 150 eşik değeri ile bölümleme (Jahne, 2002)



Şekil 1.32. Düzgün aydınlatılmaya sahip olmayan bir görüntünün bölümlenmesi : a Orjinal görüntü, b İşaretli satırın profili, c-d Görüntünün düzeltimden önceki ve sonraki bölümlenme sonuçları (Jahne, 2002)

1.2.16.2. Kenar Bazlı Bölümlenme

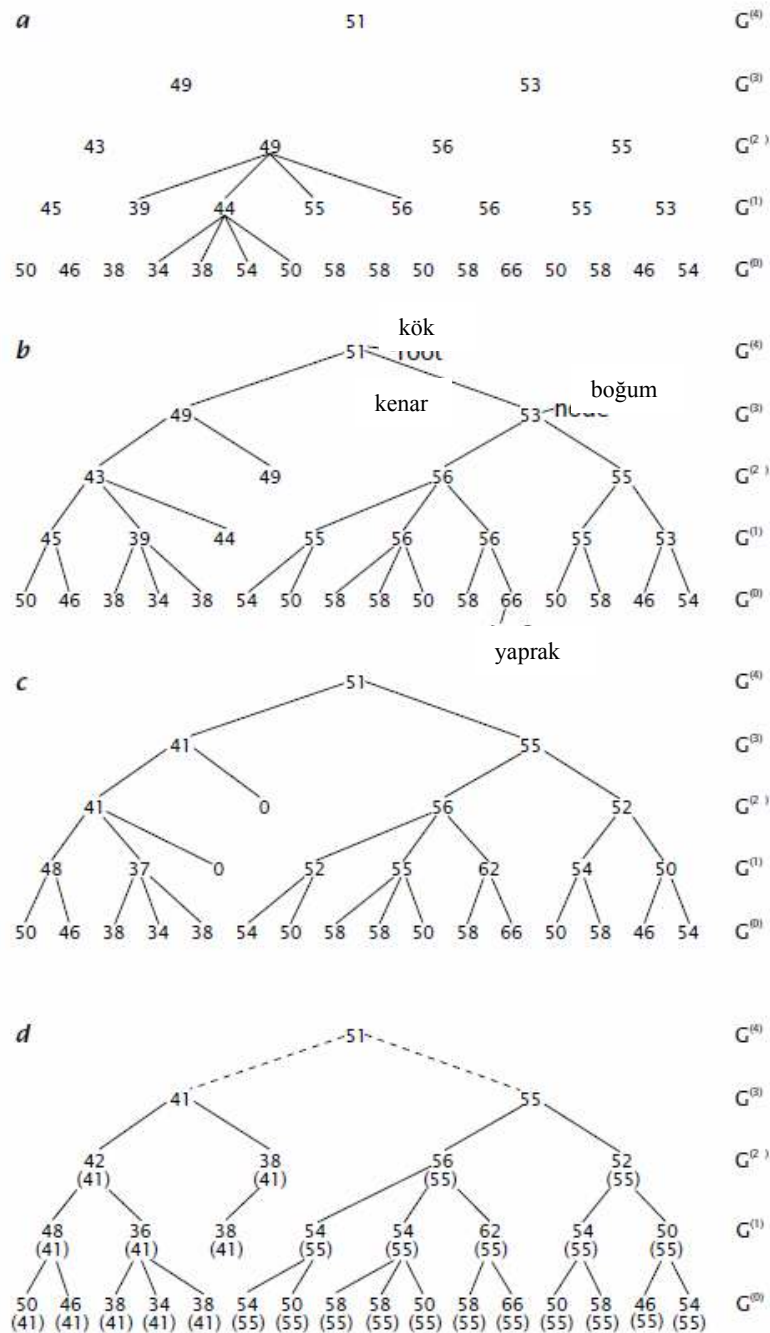
En iyi aydınlatma koşullarında bile piksel bazlı bölümlenmede sonuçlar objenin gri değerlerinin değişmesi eğilimine bağlıdır. Koyu objeler küçülürken, daha açık objeler daha büyür. Objenin kenarındaki gri değerler arkaplandan objeye doğru yalnızca derece derece değişir. Objenin ve arkaplanın gri değerlerinin ortalamasının eşik değeri olarak kullanılması sonucu ölçüde bir değişiklik olmaz.

Kenar bazlı bölümlenme, bölümlenen objenin kompleks bir eşik değeri kullanmadan ölçülerinin değişmesini engellemek için kullanılır (Jahne, 2002).

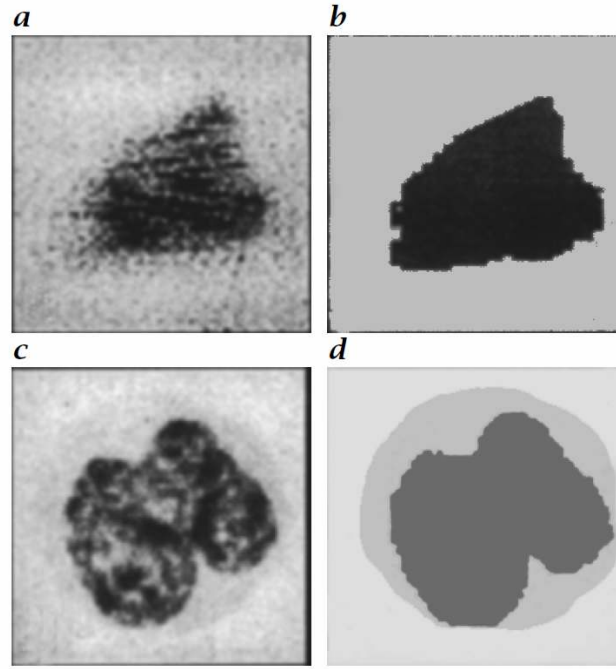
1.2.16.3. Bölge Bazlı Bölümlenme

Bölge bazlı bölümlenmede piramid bağlantı algoritması kullanılır. Piramid içinde yer alan bağlantılar yeni bir veri yapısı meydana getirir. Piramidin üstünden başlayarak bir piksel bir alt seviyedeki değişik piksellerle bağlanır. Bu yapıya “ağaç yapısı” denir. Aradaki bağlantılar “kenar” olarak adlandırılırken gri değerlerin veri noktaları ise “boğum noktası” olarak adlandırılır. En üst noktadaki boğum noktası

“kök”; bağlantısı olmayan bağlantılar ise “yaprak” olarak adlandırılır (Şekil 1.33). Şekil 1.34’de örnek olarak alınan kan hücreleri görüntülerinin gölge bazlı bölümleme sonucunda elde edilmiş görüntüleri gösterilmektedir (Jahne, 2002).



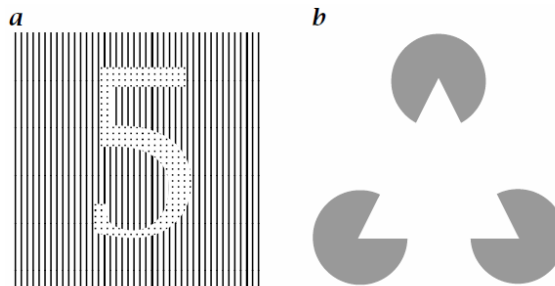
Şekil 1.33. Piramid bağlantı algoritması : a Gaussian piramidi, b düğüm bağlantıları, c ortalama gri değerlerin hesaplanması, d birçok iterasyondan sonra elde edilen sonuç (Jahne, 2002)



Şekil 1.34. a ve c kan hücrelerine bölge bazlı bölümlenme uygulanması ile elde edilen sonuçlar (Jahne, 2002)

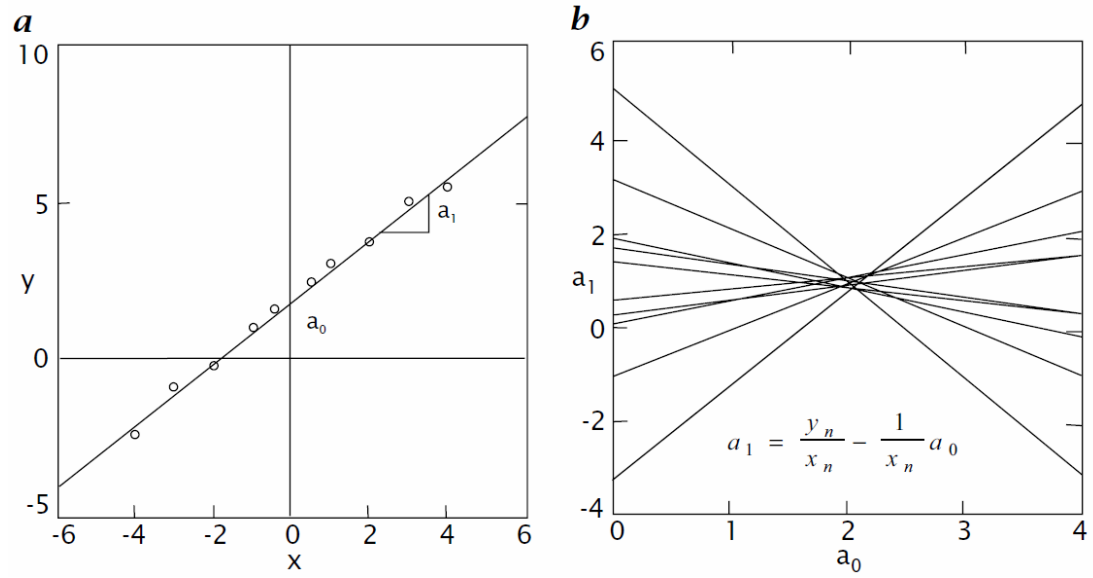
1.2.16.4. Model Bazlı Bölümlenme

Diğer bölümlenme teknikleri sınırlı bir bilgiyi içermektedir. Şekil 1.35’de görüldüğü gibi insanın görüş yeteneği, objeler tam olarak gösterilmezse de objeleri tanımlayabilir. Diğer tekniklerle kullanılan komşuluk ilişkileri bu uygulamayı gerçekleştirmede başarılı olamaz. Dolayısıyla elimizdeki bilgiyi karşılaştırmak için geometrik şekiller hakkında da bilgi sahibi olunması gereklidir. Bu yöntem bizi model bazlı bölümlenmeye götürür (Jahne, 2002).

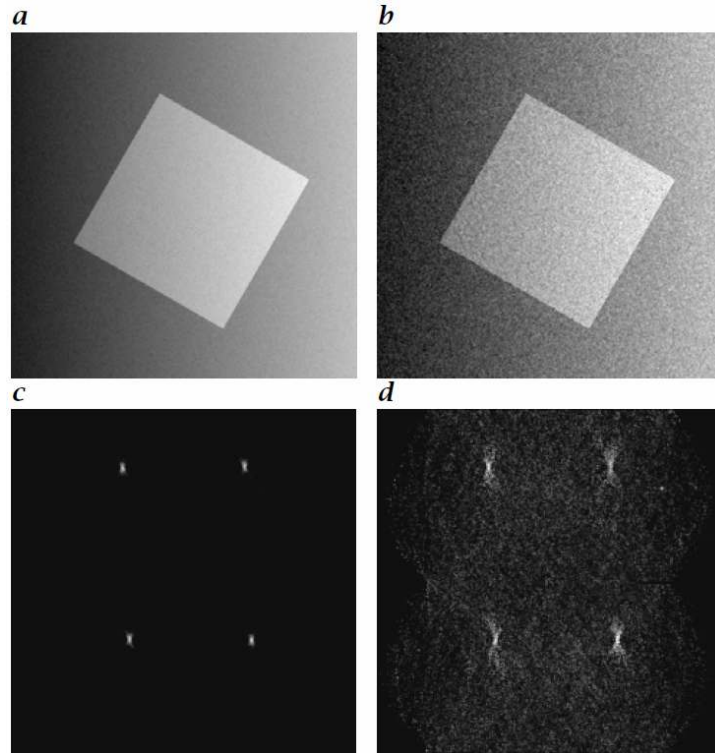


Şekil 1.35. Model bazlı bölümlenmeye etken görüntüler (Jahne, 2002)

Model bazlı bölümlerde Hough dönüşümü kullanılır (Şekil 1.36, Şekil 1.37).



Şekil 1.36. Düz çizgi için Hough dönüşümü : veri uzayı (a), model uzayına (b) adreslenmiştir. (Jahne, 2002)



Şekil 1.37. Yönelim-bazlı hızlı Hough dönüşümü (Jahne, 2002)

1.2.17. Biçim Gösterimi ve Analizi

Bölümlenmiş bir objenin gösterimi “dizi uzunluğu kodlaması”, “dörtlü ağaç” ve “zincir kodu” yöntemleriyle gerçekleştirilebilir.

Biçim parametreleri, objeleri tanımlamada, şablon obje biçimleriyle karşılaştırmada ve değişik şekil sınıflarına ayırıp bölümlenmede kullanılır (Jahne, 2002).

1.2.17.1. Dizi Uzunluğu Kodlaması

Basit, kısa ve görüntüleri göstermede sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Prosedür şu şekilde çalışır:

Bir imaj satır satır taranır. Eğer bir satırda p sayısı kadar piksel aynı değere eşitse, bu değer p kadar saklanmaz; ancak piksel değerinin p kadar tekrarlandığı gösterilir. Bu yöntemle büyük çizgi bölümlmeleri verimli bir şekilde saklanabilir (Şekil 1.38) (Jahne, 2002).

a) *Gray value image*

Original line (hex): 12 12 12 20 20 20 20 25 27 25 20 20 20 20 20 20

Code (hex): 82 12 83 20 2 25 27 25 85 20

b) *Binary image*

Original line (hex): 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1

Code (hex) 0 6 3 3 2 1 5 8

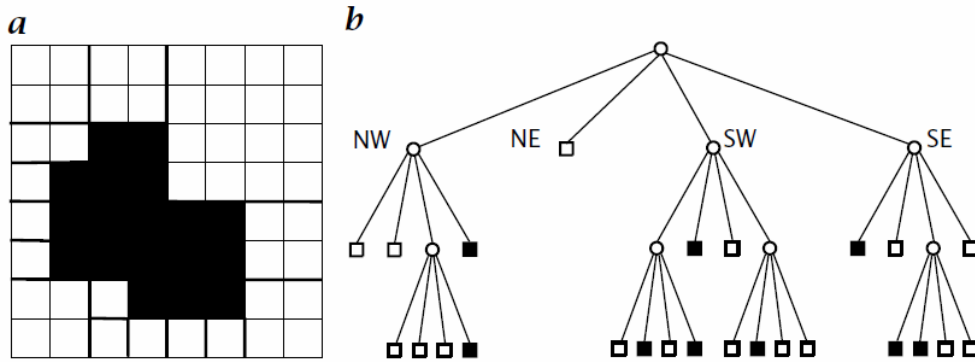
Şekil 1.38. Dizi uzunluğu kodlaması : a Gri değerler, b İkili değerler (Jahne, 2002)

Dizi uzunluğu kodlaması görüntülerin yoğun bir şekilde saklanması için uygun bir yöntemdir. TGA ve TIFF gibi dosya biçimlerinin bir parçası haline gelmiştir. Nesneye yönelik olmadığından görüntü analizi için fazla yararlı değildir.

1.2.17.2. Dörtlü Ağaç

Dizi uzunluğu kodlaması çizgi yönlü bir sunum sağlar. Böylece 2 boyutlu bir veri yerine 1 boyutlu bir veri kodlanır. Dörtlü ağaç ise yinelemeli ayrışım temeli üstüne kurulmuştur.

Tüm imaj 4 adet eşit ölçülü dörtlüye ayrılır. Eğer bir dörtlü herhangi bir düzgün alan içermiyorsa objenin veya arkaplanın içinde yer almıyordur ve tekrar 4 adet dörtlüye ayrılır. Ayrım, dörtlülerin birbirine rastlamasına veya herhangi bir dörtlüde tek piksel kalması sonucunda durur (Şekil 1.39) (Jahne, 2002).



Şekil 1.39. İkili imajın dörtlü ağaç yöntemiyle bölünmesi (Jahne, 2002)

Dörtlüler istenilen algoritmaya göre kodlanır ve b (siyah), w (beyaz) ve g (gri) değerlerini alır. Kodlama sonucunda örnek olarak Şekil 1.40'daki sonuç elde edilir.

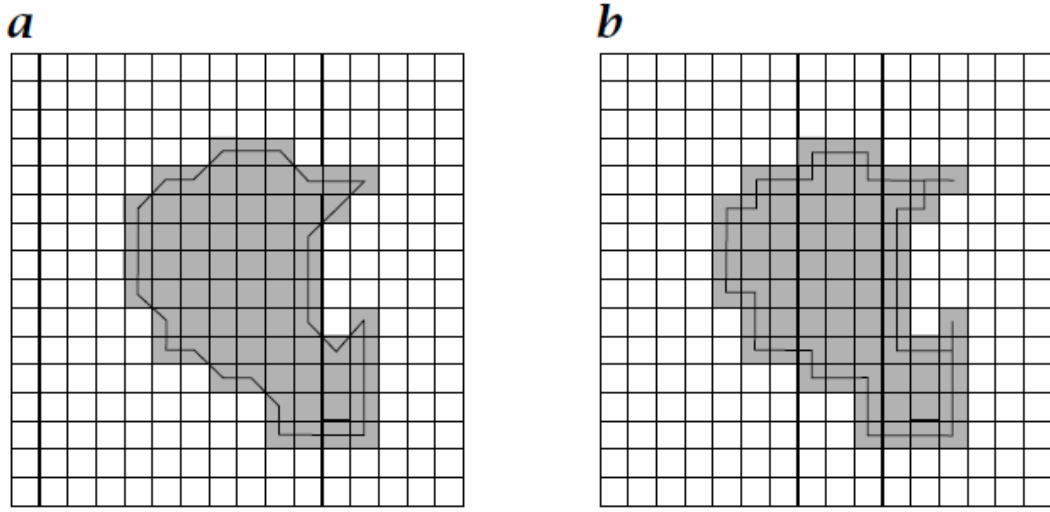
ggwwgwwwbbwggwbwbbwgwbwgbwgbww.

Şekil 1.40. Dörtlü ağaç bölümlemesi sonunda elde edilen değer (Jahne, 2002)

Dörtlü ağaç daha uygun bir kodlama yöntemidir ancak şekil analizi uygulama zorluğundan dolayı görüntü analizi için çok uygun değildir.

1.2.17.3. Zincir Kodu

Zincir kodu, objeyi tanımlamada ve sınırlarını belirlemede nesneye yönelik bir veri yapısı içerir. Sınır piksellerinin tamamının yerlerinin kaydedilmesi yerine başlangıç pikselinin seçilip, koordinatının tanımlanması yeterlidir. Uygulanacak bir algoritma sayesinde objenin sınırları belirlenebilir (Şekil 1.41) (Jahne, 2002).



Şekil 1.41. Zincir kodu kullanılarak sınırların belirlenmesi (Jahne, 2002)

Zincir kodu kullanılması sayesinde çevre ve alan gibi birçok parametre hesaplanabilir.

1.2.18. Biçim Parametreleri

1.2.18.1. Alan

En önemli biçim parametrelerinden birisi alandır. Dijital ikili imajlarda alan, imajın sahip olduğu piksel sayısı ile belirlenir. Objenin matris veya piksel listesi gösteriminde basitçe piksel sayısının sayılması alanın hesaplanmasını sağlar.

Ancak düşünülenin aksine zincir kodu kullanılarak yapılan alan hesaplaması piksellerin sayılarak alanın hesaplanmasından daha hızlı sonuç verir.

Algoritma nümerik integral ile aynı yolu izlemektedir. İmajın dikey pozisyonuna keyfi olarak çizilmiş yatay bir ana çizgi belirlenir. Objenin en üst

pikselinden başlamak suretiyle alanın integrasyonu başlatılır. Bu noktanın ana çizgiye uzaklığı “B” olarak adlandırılır. Obje sınırlarının takibi ve alandaki artış miktarı Çizelge 1.3’e göre yapılır (Jahne, 2002).

Çizelge 1.3. Bir objenin zincir kodu ile alanının hesaplanması (Jahne, 2002)

Kontur kodu	Alan artışı	B değerinin artışı
0	+B	0
1	+B	1
2	0	1
3	-B + 1	1
4	-B + 1	0
5	-B + 1	-1
6	0	-1
7	+B	-1

1.2.18.2. Çevre

Çevre, obje sınırlarının zincir kodu kullanılarak elde edilebilecek bir başka geometrik parametredir. Zincir kodunun uzunluğunun sayılması ve diagonal yönlerde $\sqrt{2}$ faktörünün kullanılması yeterlidir. Çevre “p” 8-komşuluklu zincir kodu $P = n_e + \sqrt{2} n_o$ şeklinde ifade edilir. Burada n_e ve n_o çift ve tek zincir kodu basamaklarını ifade eder (Jahne, 2002).

1.2.18.3. Dairesellik

Alan ve çevre bir objenin ölçülerini belirten iki parametredir. Farklı mesafelerden objeleri karşılaştırmak gerektiğinde, ölçüye bağlı olmayan bir parametrenin kullanılması gerekmektedir. Dairesellik “c” bu anlamda en basit parametredir.

$$c = \frac{p^2}{A} \quad (1.15)$$

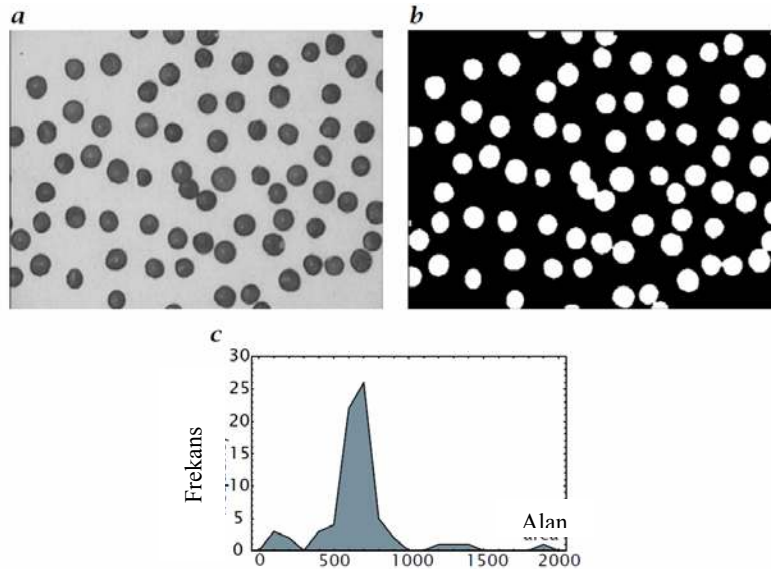
Dairesellik, daire için $4\pi \approx 12.57$, kare için 16 ve eşkenar üçgen için $12\sqrt{3} \approx 20.8$ değerine sahiptir (Jahne, 2002).

1.2.18.4. Kuşatan Kutu

Kabaca bir objenin ölçülerini belirtmede kullanılan basit ve kullanışlı bir parametredir. Tüm objenin piksellerini kapsayacak nitelikte bir dikdörtgen olarak tanımlanır. Bunun yanısıra objenin şekli ile ilgili kaba bir bilgi de verir. Kuşatan kutu nesneye yönelik piksel işlemleri için gerekli bir özelliktir (Jahne, 2002).

1.2.19. Sınıflandırma

Objeler uygun işlemlerle algılandığında ve şekilleri tanımlandığında görüntü işleme birçok uygulama için amacına ulaşmıştır. Birçok görüntü işleme uygulamasında boyut ve şekil incelenmelidir. Bu tip durumlarda ilgilenilen parametreler açıkça belirtilir ve direk ölçüm yapılabilir. Parametrelerin bilinmesiyle tüm sorular cevabını bulur ve toplanan veri ile örneğin parça alan histogramları oluşturulabilir (Şekil 1.42) (Jahne, 2002).



Şekil 1.42. Parça boyut dağılımı incelemek için gereken basamaklar : a orjinal görüntü, b ikili görüntü, c boyut dağılımı (Jahne, 2002)

1.2.19.1. Arama Sınıflandırması

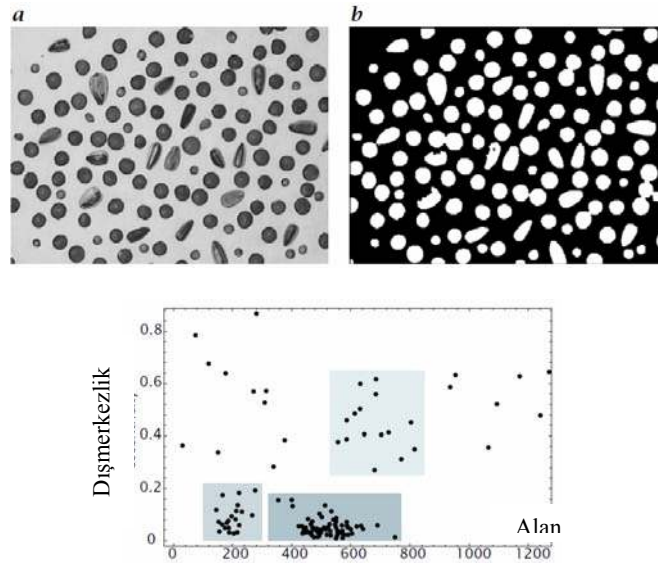
En basit sınıflandırma tekniğidir. Değişik obje sınıfları için herhangi bir küme modeli oluşturmaz. Öznitelik uzayı olduğu gibi alınır ve tüm hücreler hangi sınıfa aitse ona göre işaretlenir. Normalde önemli önemli miktarda hücre herhangi bir sınıfa ait olmaz ve sıfır değeri ile işaretlenir.

İki sınıfa ait hücrelerin üst üste geldiği durumda iki seçenek mevcuttur. Öncelikle hücrede yüksek ihtimal içeren yere konulması ya da hataya açık sınıflandırmanın mümkün olamayacağını kabulle hücrenin sıfır değeri ile işaretlenmesidir.

Arama sınıflandırması şüphesiz en az işlem sayısı kullanılarak yapılan en hızlı sınıflandırma tekniğidir (Jahne, 2002).

1.2.19.2. Kutu Sınıflandırması

Kutu sınıflandırıcısı öznitelik uzayındaki hücrelerin basit bir modellemesini yapar. Bir sınıfın hücresi, sıkıca alanı çevrelenerek modellenir. Kutu sınıflandırması genel anlamda kaba bir modelleme yöntemidir. Şekil 1.43’de örnek tanelerin kutu sınıflandırması yapılmış ve sonuçlar Çizelge 1.4’de gösterilmiştir (Jahne, 2002).



Şekil 1.43. Kutu sınıflandırması örneği (Jahne, 2002)

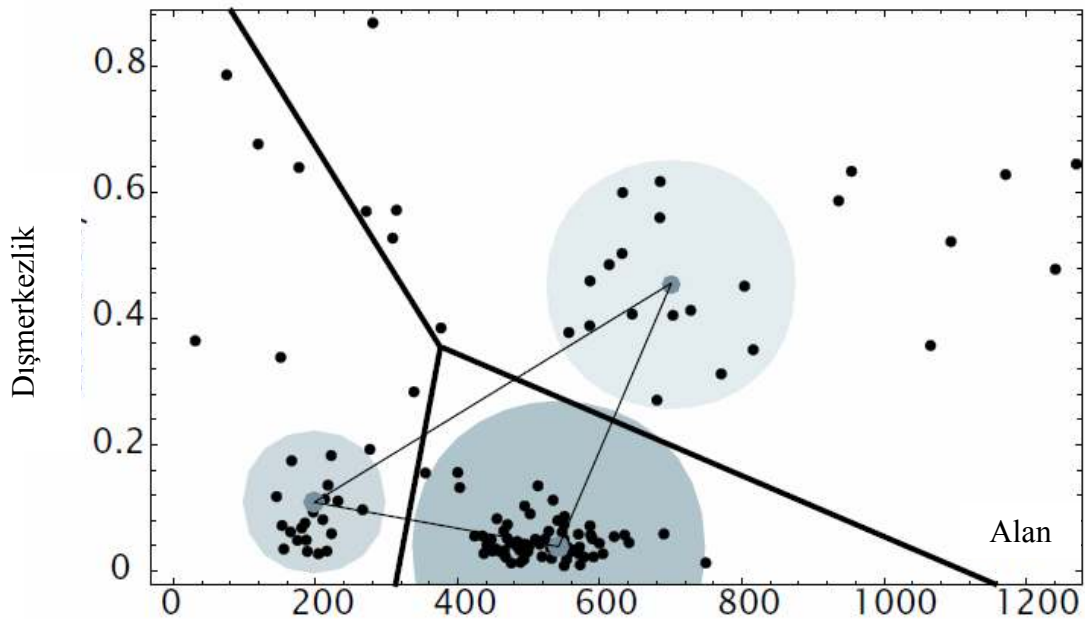
Çizelge 1.4 Seçili alanların parametre ve sonuçları (Jahne, 2002)

	Alan	Dışmerkezlik	Sayı
Toplam	-	-	122
Karabiber tanesi	100 – 300	0.0 – 0.22	21
Mercimek	320 – 770	0.0 – 0.18	67
Ayçiçeği tohumu	530 – 850	0.25 – 0.65	15
Red			19

1.2.19.3. En Kısa Mesafe Sınıflandırması

Hücreleri modellemede bir başka kolay yol ise en kısa mesafe sınıflandırmasıdır. Her hücre kendi kütle merkezi (m_q) ile gösterilir. Bu modelle, öznitelik uzayının basit bir bölümü her sınıfın öznitelik vektörünün en kısa mesafesinin aranmasıyla gösterilir (Şekil 1.44). Bu işlemi gerçekleştirmek için öznitelik vektörü (m) aşağıdaki şekilde hesaplanır :

$$d_q^2 = |\mathbf{m} - \mathbf{m}_q|^2 = \sum_{p=1}^P (m_p - m_{qp})^2. \quad (1.16)$$



Şekil 1.44. En kısa mesafe sınıflandırması örneği (Jahne, 2002)

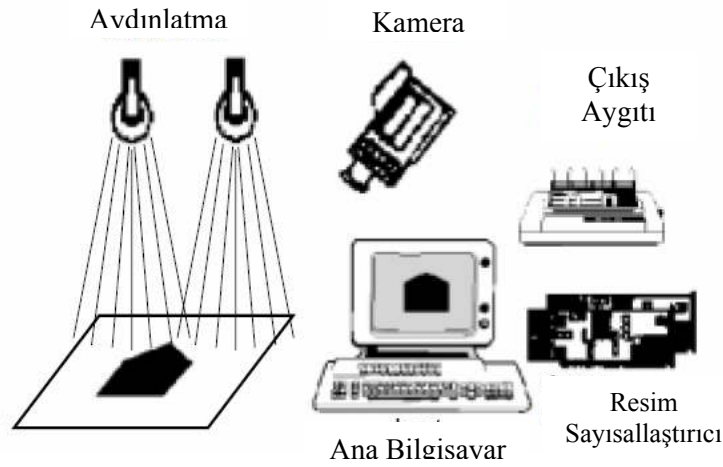
1.2.19.4. Maksimum Olasılık Sınıflandırması

Maksimum olasılık sınıflandırması, hücreleri istatistiksel olasılık yoğunluğu fonksiyonuna göre modeller. Her öznitelik vektörünün bir sınıfa ait olma olasılığı hesaplanır. En yüksek olasılıklı hücre ile vektör ilişkilendirilir (Jahne, 2002).

1.3. Görüntü İşleme Sistemleri

Bir görüntü işleme sistemi, çevrenin aydınlatılması için bir ışık kaynağı, bir sensör sistemi (CCD kamera) ve bilgisayar ile sensör sistemi arasında bir arabirimi içerir. Bunlara, aynı zamanda görüntünün de saklandığı resim sayısallaştırıcı (frame grabber) donanımı da eklenmiştir. Görüntü işleme yazılımlarının zamanı daha verimli kullanması açısından birçok özel sinyal işleme becerisine sahip olan resim sayısallaştırıcı (frame grabber) donanım mevcuttur. Genellikle resim sayısallaştırıcı paketler, kullanıcı yazılımına bağlanan rutin kütüphanelere sahiptir. Görüntü işleme sonuçları dış dünyaya monitör, yazıcı, disket gibi birden çok giriş çıkış (I/O) arayüzü ile transfer edilir (Şekil 1.45).

Klasik konfigürasyon görüntü işleme donanımları tek başına sistemler değildir ve mutlaka ana bilgisayar kontrolünde çalışırlar. Ancak yeni gelişmeler doğrultusunda komple bir görüntü işleme sistemi bir kameraya sığdırılabilmektedir (Erhardt, 2000).



Şekil 1.45. Görüntü İşleme Sistemi Bileşenleri (Erhardt, 2000)

1.3.1. Çevrenin Aydınlatılması

Görüntü işlemede önemli bir açı ışık kaynağının düzgün seçilmesidir. Işık kaynağı sistemin çalışma alanına uygun olmalıdır. Işıklandırmanın iyi seçilmiş olması, en iyi görünütünün elde edilmesini dolayısıyla imajın onarılması için gereken prosedürlerin azaltılmasını sağlar. Burada asıl hedef imajın dinamiklerini ve kontrastını optimize etmektir. Bunun anlamı obje maksimum yoğunluk basamağıyla fotoğraflanırken aynı zamanda mümkün olan en iyi kontrastın sağlanmasıdır.

Işık kaynağının seçiminde, objenin yüzey özelliklerine göre (yapı, renk, saydamlık vb.) radyasyon özellikleri (dalga boyu, osilasyon doğrultusu, düzlemsel yoğunluk dağılımı vb.) seçilebilir (Erhardt, 2000).

1.3.1.1. Gün Işığı

Gün ışığı, görüntü işlemede çevre aydınlatması için genellikle çok uygun değildir. Çünkü ışığın renk ve yoğunluğu günün saatine, yılın zamanına ve hava durumuna göre değişir. Kontrolsüz ışığın engellenemediği durumlarda görüntü işleme sistemleri olumsuz yönde etkilenmektedir (Erhardt, 2000).

1.3.1.2. Tungsten Işık Kaynakları

Tungsten ışık kaynakları ucuz olmalarının yanısıra görüntü işleme için özellikle kameranın imaj okuma frekansının net frekansla (50 Hz veya 60 Hz) uyumsuz olduğu durumlarda çok uygun değildir. Böyle bir durumda ışık frekansı ile kamera frekansının farklılığı istenmeyen kesişmelere neden olur ve ekranda açık ve koyu çizgilerin göeünmesi neticesinde imaj kalitesinin azalmasına sebebiyet verir (Erhardt, 2000).

1.3.1.3. Floresan Lamba

Floresan lambalar büyük bir homojen aydınlatma alanına sahiptir. Frekans doğrultucular kullanılarak ışık yoğunluğu değişimleri ve sonuç bileşenleri modülasyonu engellenebilir. Floresan lambaların ısınma problemi yoktur. Olası bir dezavantaj, floresan lambaların spektrum limitidir ancak uygulamaya bağlı olarak bu

limit istenilen bir özellik olabilir. Bu özellikleri düşünülerek floresan lambalar görüntü işleme esnasında çevre aydınlatmasında sıkça kullanılır (Erhardt, 2000).

1.3.1.4. Kuvars Tungsten Halojen Lamba

Kuvars tungsten halojen lambalar şebeke frekansları ile bir problem yaşamamaktadır. İçinde elektriğe bağlandığında kızaran, normal tungsten lambalarda bulunan tungsten filaman bulunur. Normal tungsten lambaların tersine yoğun olmayan bir gaz ve bir miktar halojen (iyodin veya bromin) ile doldurulurlar.

Normal tungsten lambalara nazaran filaman sıcaklığı daha yüksek olmasına rağmen ışık yoğunluğu çok fazla değişmez. Sonuçta halojen lambalar sabit ışık yoğunluğuna sahip ışık kaynaklarıdır. Çevre aydınlatmada direk kullanımından ziyade fiberoptik sistemlerin ışık kaynağı beslemesinde kullanılır.

Fiberoptik sistemelerin küçük objelerin aydınlatılmasında kullanılması ile ışık yoğunluğunun açısal dağılımı, uygulama ihtiyaçlarına göre ayarlanabilmektedir. Fiberoptik sistemlerin dezavantajı yaklaşık %40 oranındaki ışık yoğunluğunun saçılma ve geri yansıma etkileri ile kaybı ve lambaların yüksek fiyatlarıdır (Erhardt, 2000).

1.3.1.5. Deşarj Lamba

Deşarj lambalar, aydınlatıcı gaza bağlı olarak, yüksek radyasyon yoğunluğuna sahip, zamana göre sabit ışıldayan ve elektromanyetik spektrumu sürekli ve farklı çizgiler gösteren ışık kaynaklarıdır. Diğer ışık kaynaklarına nazaran daha pahalıdır (Erhardt, 2000).

1.3.1.6. Işık Yayan Diyot (Led)

Işık yayan diyotlar anında tepki verirler ve hiçbir duraksama olmadan büyük bir alandaki ışık yoğunluğu kontrol edilebilir. Bu amaçla stroboskopik uygulamalarda da kullanılırlar. Kamera objektiflerinde yaşanan renk kırılmalarına karşın doğası gereği tek renkli olması birçok işe uygun olmasına sağlar. Ayrıca fiyatlarının ve işletme maliyetlerinin düşük olması, hafif ve küçük olmaları ayrı

avantajlarıdır. Kullanım ömürlerinin 100.000 saat gibi uzun bir süre olması pratik olarak bakım gerektirmemelerini göstermektedir. LED'lerin kullanılması ile birlikte ısı, gürültü, vibrasyon ve yüksek voltaj etkilerinin bulunmayışı endüstriyel görüntü işlemede son yıllarda çok fazla uygulama alanında kullanılmasını sağlamıştır (Erhardt, 2000).

1.3.1.7. Lazer

Lazerler çok küçük alanlarda odaklanmış yüksek radyasyon gücüne sahiptirler ve yüksek renk doygunluğuna ve uyumuna sahiptirler. Günümüzde güvenlik sebebiyle büyük lazer üniteleri yerini lazer diyot modüllerine bırakmıştır. Bir lazer diyot modülü, lazer diyotu, elektronik ve optiğin aynı çatı altında toplanmasından elde edilmiştir. Bir lazer diyot modülü, LED'e benzeyen, parmak büyüklüğünde ve sınırlı alanlara rahatlıkla adapte edilebilecek bir sistemdir. Lazer diyot modülleri ile çizgi, nokta, daire gibi şekiller yansıtılabilir. Dolayısıyla imaj kaydedilmeden optik desteğiyle mekanik ayarlamalar yapılabilir. Halojen lambalar ve LED'ler gibi lazerler de fiber optik sistemlerin ışık kaynağı beslemesinde kullanılır (Erhardt, 2000).

1.3.1.8. Kızılötesi Işık

Kızılötesi ışık kaynakları daha çok gün ışığı etkilerinin ve diğer ışık kaynaklarından saçılan radyasyonun engellenemediği durumlarda tercih edilir. Gün ışığını bloke eden filtreye sahip bir kızılötesi kamera kullanılırsa havadaki belirsiz ışık etkisi tamamen giderilebilir (Şekil 1.46) (Erhardt, 2000).



Şekil 1.46. Aydınlatma amaçlı çeşitli fiberoptik araçlar (Erhardt, 2000)

1.3.2. Çevre Aydınlatma Yolları

Işık kaynağı ve kamera pozisyonlarına bağlı olarak 4 değişik çevre aydınlatma yolu vardır (Şekil 1.47, Şekil 1.48) (Erhardt, 2000).

1.3.2.1. Olaysal Işık Aydınlatması

Kamera ve ışık kaynağı obje ile aynı taraftadır. İmajda görünen obje tarafından yansıtılan ışık yoğunluğudur (Erhardt, 2000).

1.3.2.2. Verici Işık Aydınlatması

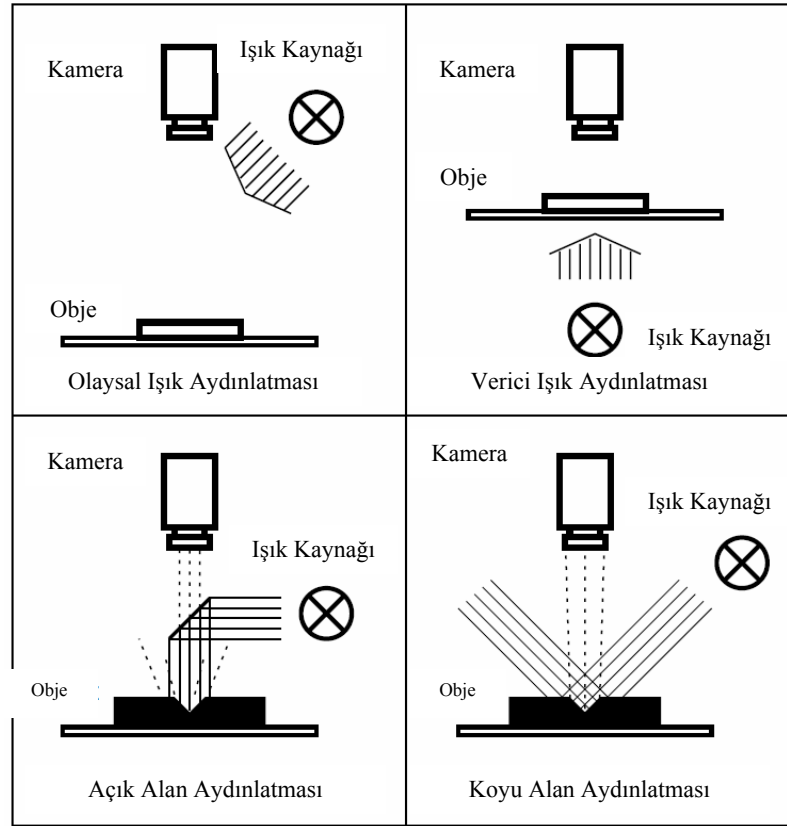
Kamera ve ışık kaynağı objenin ters tarafındadır. Ekranda açık arkaplan üzerinde objenin koyu biçimi görünür (Erhardt, 2000).

1.3.2.3. Açık-Alan Aydınlatması

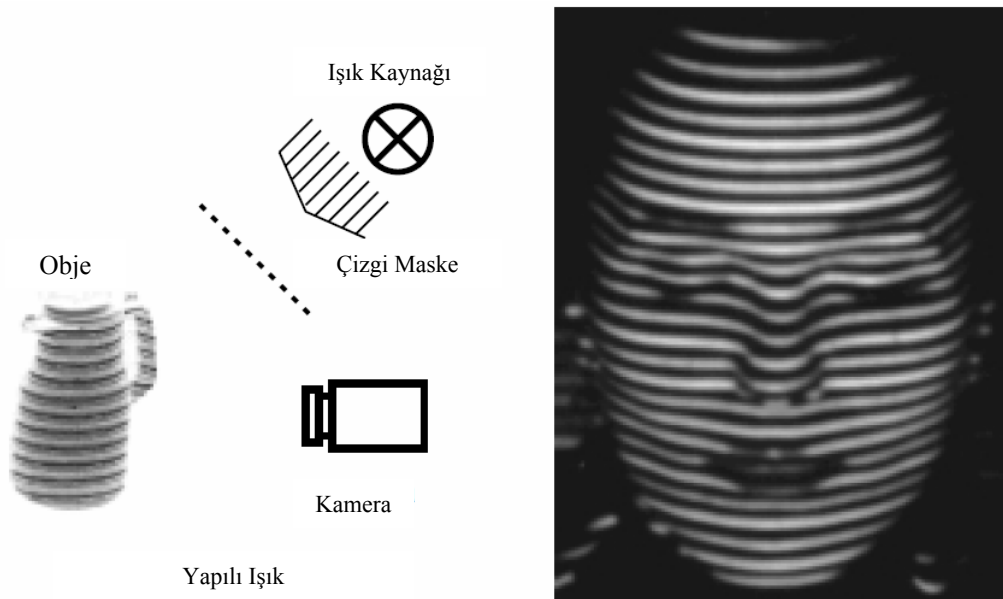
Olaysal ışık aydınlatması gibi kamera ve ışık kaynağı obje ile aynı taraftadır. Kameraya yansıtılan ışığın bir kısmı görüntü işleme için kullanılır. Açık arkaplan üzerinde koyu renkli objeleri göstermek için kullanılır (Erhardt, 2000).

1.3.2.4. Koyu-Alan Aydınlatması

Kamera ve ışık kaynağı obje ile aynı taraftadır ve sadece saçılan ışık kamera tarafından yakalanır. Koyu arkaplan üzerinde açık renkli objeleri göstermek için kullanılır (Erhardt, 2000).



Şekil 1.47. Çevre Aydınlatma Yolları (Erhardt, 2000)



Şekil 1.48. 3 Boyutlu ölçüm için aydınlatma yöntemi (Erhardt, 2000)

1.3.3. Görüntüleme Yöntemleri ve Sensör Sistemleri

Görüntü işleme terimi kamera tarafından alınan resimlerin işlenmesi olarak da açıklanabilir. Ancak genelde elektromanyetik radyasyon yoğunluğu dağılımı üreten her sensör, imaj yakalayıp hafızada saklamak için uygundur.

Uygulama alanına göre birçok görüntü yakalama sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemler aşağıdaki başlıklara göre ayrılır:

- Yakalama prensibi
- Yakalama hızı
- Uzamsal çözünürlük
- Sensör sistemi
- Spektrum aralığı
- Dinamik aralık

Tüketici elektroniğinden ayrı olarak birçok aparat çok pahalıdır. Doğru sonuca olan ihtiyacın artması, imaj yakalama sistemlerinde daha çok donanım ve yazılım kullanılması sonucunu doğurmaktadır. Aşağıda elektronik olarak imaj kaydetmek için sıkça kullanılan tertibatlar listelenmiştir:

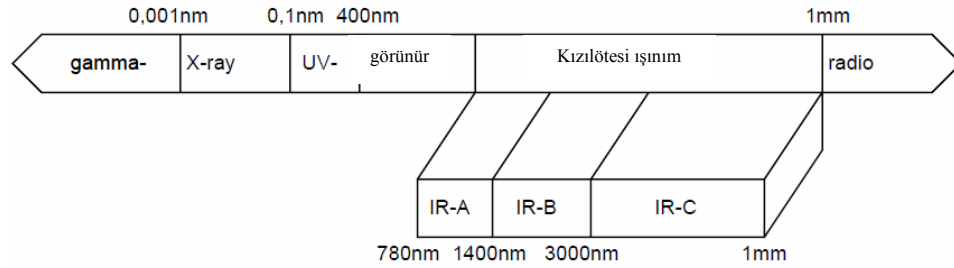
- Alan tarama kamerası
- Çizgi tarayıcılar
- Lazer tarayıcılar
- Bilgisayar ve Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) Tomografi
- Termografik sensör sistemleri (örn. Kızılötesi kamera)
- Ultrasonik cihazlar

CCD sensörleri görüntü işleme sistemlerinde merkezi bir rol oynarlar. Karışık sistemlerin bir parçası olarak problemlili bölgelerde yeterli kalitede ve doğrulukta imaj almayı sağlarlar.

Sensörler hassasiyet derecelerine göre aşağıdaki gibi sınıflara ayrılırlar. Sensörleri belirlemede önemli rol oynayan elektromanyetik spektrum Şekil 1.49'de gösterilmiştir (Erhardt, 2000).

- Gama radyasyon
- X-ışınları radyasyon

- Görünür spektrum
- Kızılötesi spektrum
- Radyo dalgası aralığı
- Ultrasonik sensörler
- Manyetik sensörler



Şekil 1.49. Elektromanyetik spektrum (Erhardt, 2000)

1.3.3.1. CCD (Yükten Bağlaşık Aygıt) Kameraları

Bir film kamerasında hassas fotoğraf filmi, lensin önüne konulur, ışıktaki pozlanır ve mekanik yöntemle taşınarak film şeridinde saklanır.

CCD kameralar mekanik parça içermezler. Işık piksel adı verilen çok sayıda ışığa duyarlı yarı-iletkenine sahip olan CCD sensörüne gelir. Pikseller çizgi halinde (çizgi tarayıcı) veya matris halinde (alan tarama kamerası) yerleştirilebilirler.

Görüntü sensörü dijital kameranın kalbidir. Yüksek çözünürlük ve doğru renk kadar sinyal – gürültü oranı CCD sensörünün kalitesiyle yakından ilgilidir. Bir CCD sensörü fiziği dahili fotoğraf efekti (inner photo effect) olarak açıklanabilir. Bunun anlamı kapasitör içinde fotodiyot şeklinde ayrılan yarı-iletken malzemede, gelen fotonların elektronları üretmesidir. Bu kapasitör ışık düğmesi gibi çalışan bir MOS transistörüne çevresel bir elektrik devresi ile bağlıdır. Düğme açıldığında yükler kapasitörde toplanır; kapatıldığında ise yük taşınır. Toplanan elektronlar sensörün ışığa duyarlı parçasına gelen ışıkla orantılıdır (Erhardt, 2000).

1.3.3.2. Video Normları

Gerçek zamanlı sistemler video normları üzerine kurulmuştur. Buna göre imajın elde edilmesi ve dijital verinin video sinyaline çevrilmesi uluslararası standartlara uygun olmalıdır. Avrupada CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications) tarafından belirlenen norm Amerikada EIA (Electronics Industries Association) tarafından RS-170 standardı olarak belirlenmiştir. Renk standartları CCIR'a göre PAL (Phase Alternation Line) ve SECAM (Sequential Couleur à Memoire) olarak tanımlanırken RS-170'e göre NTSC (National Television System Committee) olarak tanımlanmıştır (Şekil 1.50) (Erhardt, 2000).

	CCIR	RS-170
Çerçeve kurulumu	interlace	interlace
Renk sistemi	PAL/SECAM	NTSC
Alan/saniye	50	60
Zaman/Alan	20 ms	16.6 ms
Zaman/Çerçeve	40 ms	33.3 ms
Toplam satır sayısı	625	525
Zaman/satır	$40 \text{ ms}/625 = 64 \mu\text{s}$	$33.3 \text{ ms}/525 = 63.5 \mu\text{s}$
Çizgi frekansı	$1/64 \mu\text{s} = 15.625 \text{ kHz}$	$1/63.5 \mu\text{s} = 15.750 \text{ kHz}$
Bilgi/Çizgi	52 μs	52.7 μs
Çizgi senkronu	12 μs	10.8 μs
Alan senkronu	3.25 ms $\equiv$ 50 Zeilen	2.54 ms $\equiv$ 40 Zeilen
Görünür çizgi sayısı	575	485
Görüntü formatı	4:3	4:3
Piksel/çizgi	$575 \cdot 4/3 = 767$	$485 \cdot 4/3 = 647$
Piksel frekansı	$52 \mu\text{s}/767 = 67.8 \text{ ns}$	$52.7 \mu\text{s}/647 = 78.2 \text{ ns}$
Çizgi çifti sayısı	$1/67.8 \text{ ns} = 14.75 \text{ MHz}$	$1/78.2 \text{ ns} = 12.8 \text{ MHz}$
Yatay çözünürlük (maksimum video frekansı)	$767/2 = 383.5$	$647/2 = 323.5$
Kanal genişliği	$14.75 \text{ MHz}/2 = 7.375 \text{ MHz}$	$12.8 \text{ MHz}/2 = 6.15 \text{ MHz}$
	5 MHz	4.2 MHz

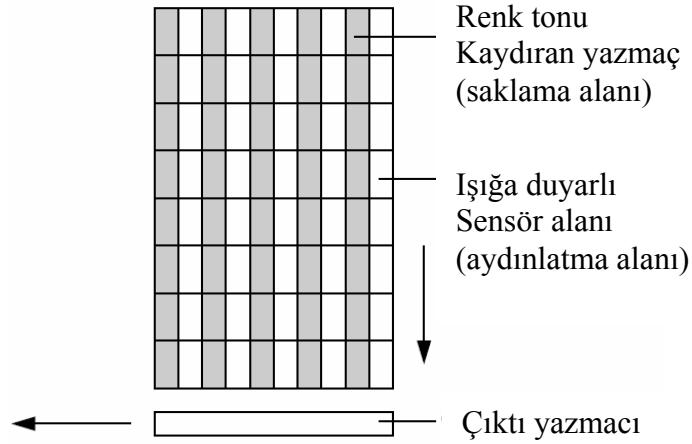
Şekil 1.50. Video normları karşılaştırması (Erhardt, 2000)

1.3.3.3. CCD Sensör Mimarileri

CCD alan tarama kameraları bir CCD sensör mimarisine sahiptir. Mimari terimi bağımsız piksellerin toplanıp seri veri akışına entegre edilmesinin yollarını anlatmaktadır (Erhardt, 2000).

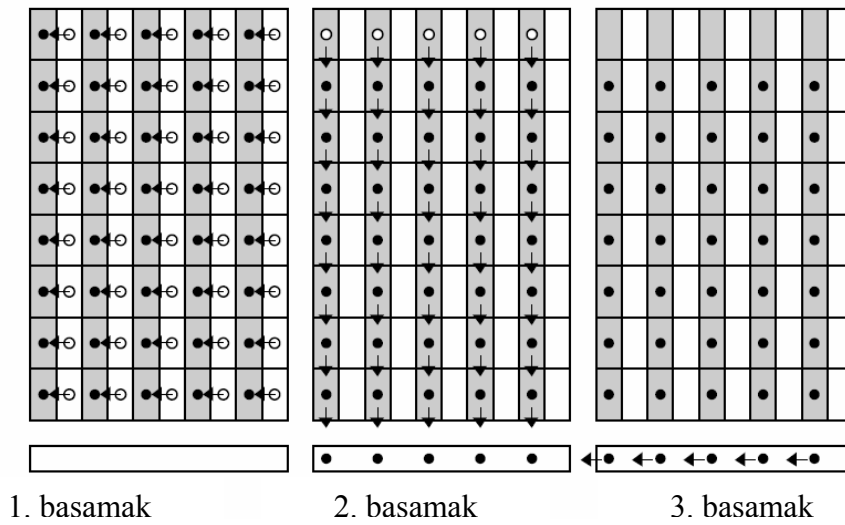
1.3.3.3.1. Interline Transfer Sensörü

Interline transfer sensörü ışığa duyarlı alan ve saklama alanı olarak bölümlenmiştir. Bu bölümler şeritler halinde sıralanmıştır (Şekil 1.51).



Şekil 1.51. Interline Transfer Sensörü Kavramı (Erhardt, 2000)

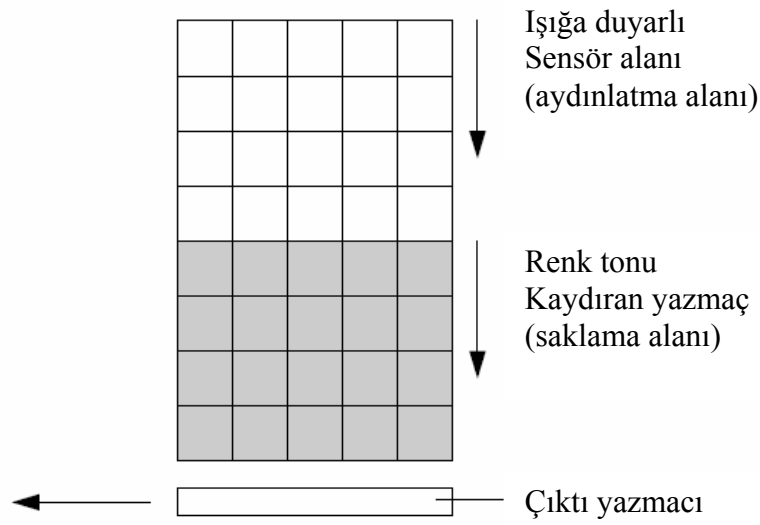
Işığa duyarlı hücrelere entegre yükler kısa bir zamanda ($2.5 \mu s$) dikey yazmaçlara aktarılırlar. Buradan bir zaman diliminde bir satır yatay okuma yazmacına aktarılır ve ardışık olarak video giriş ünitesi giriş alanına gönderilir (Şekil 1.52) (Erhardt, 2000).



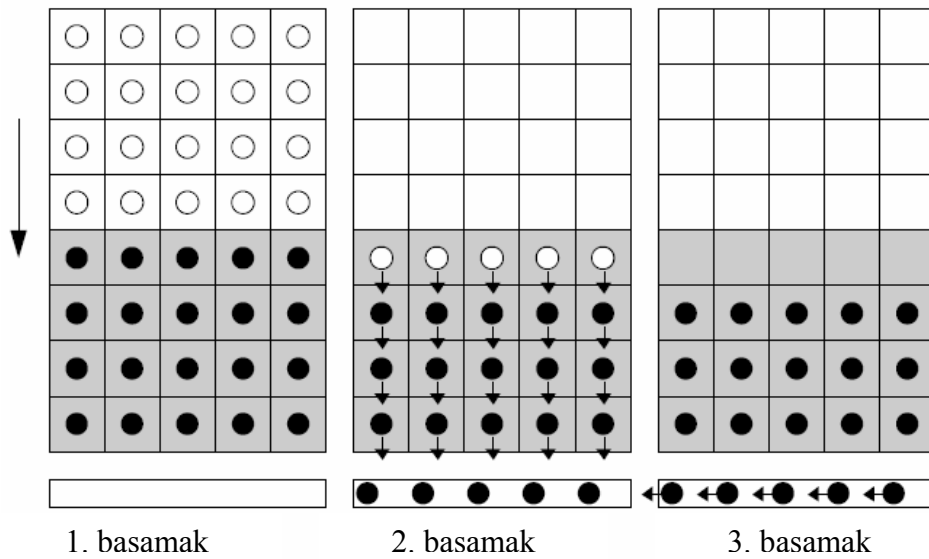
Şekil 1.52. Interline Transfer Sensörü Yük Transferi (Erhardt, 2000)

1.3.3.3.2. Frame Transfer Sensörü

Frame transfer sensöründe ışığa duyarlı alan ve saklama alanı iki değişik blok halinde yerleştirilmiştir. Toplam alan interline transfer sensörüne göre iki kat daha fazladır. Toplam yük, transport yazmacı sayesinde saklama alanına kaydırılır. Buradan yatay çıktı yazmacına transfer edilerek seri veri akışına eklenir (Şekil 1.53, Şekil 1.54) (Erhardt, 2000).



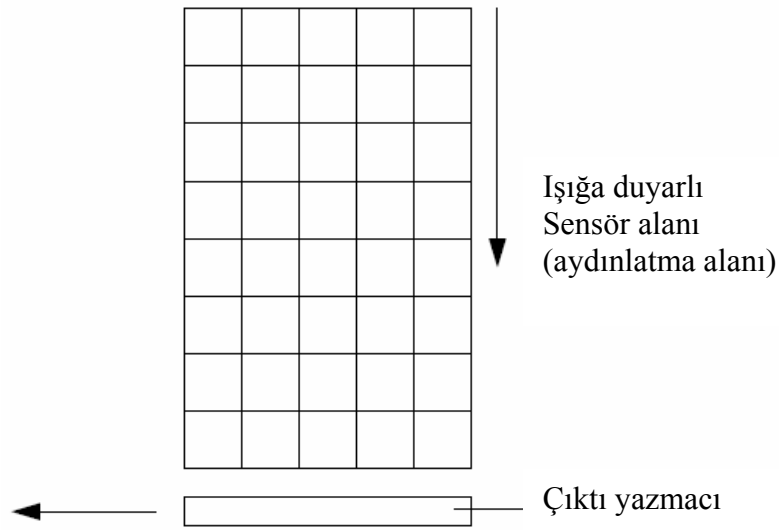
Şekil 1.53. Frame Transfer Sensörü Kavramı (Erhardt, 2000)



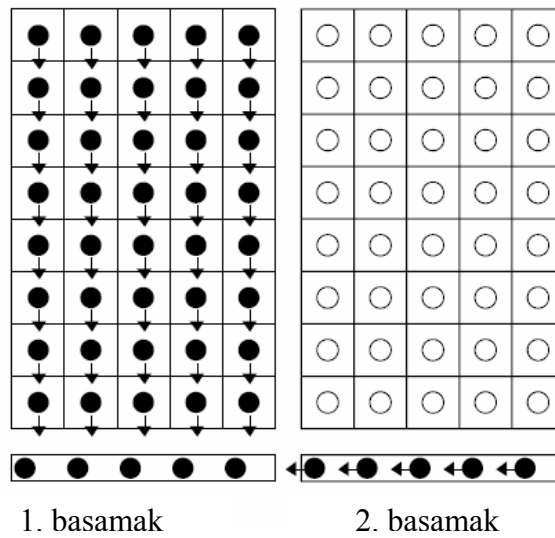
Şekil 1.54. Frame Transfer Sensörü Yük Transferi (Erhardt, 2000)

1.3.3.3. Full Frame Transfer Sensörü

Full frame transfer sensörü diğer sensörlerden farklı olarak herhangi bir saklama alanı içermezler. Tüm sensör alanı ışığa duyarlıdır. Çok hızlı veri aktarma mümkündür. Daha çok zamanın kritik olduğu uygulamalarda kullanılırlar. Yüksek çözünürlüklü kameralar (500x500...4000x4000 piksel) bu sensörleri kullanırlar (Şekil 1.55, Şekil 1.56) (Erhardt, 2000).



Şekil 1.55. Full Frame Transfer Sensörü Kavramı (Erhardt, 2000)

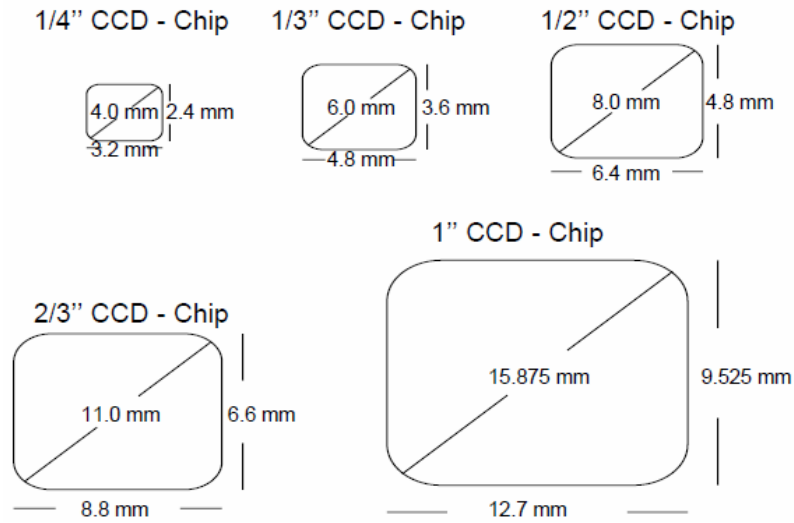


Şekil 1.56. Full Frame Transfer Sensörü Yük Transferi (Erhardt, 2000)

1.3.3.4. CCD Yonga Biçimleri

CCD yongaları birçok değişik biçimde bulunmaktadır.

1 inç yongalar günümüzde daha az kullanılırken; 1/3 ve 1/2 inç yongalar güvenlik kameraları, mini kameralar ve ev video kameraları alanlarında oldukça rağbet görmektedirler (Şekil 1.57) (Erhardt, 2000).



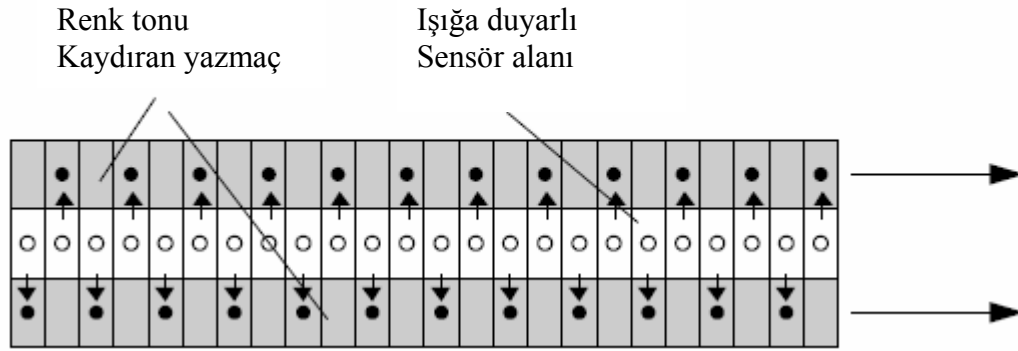
Şekil 1.57. Yonga biçimleri (Erhardt, 2000)

1.3.3.4.1. Kamera Konfigürasyonları

Uygulama alanına bağlı olarak kamera konfigürasyonları geniş bir alana sahiptir. Kamera tipleri piksellerin yerleşimi kadar spektral tepkileri ölçüsünde de değişiklik gösterirler (Erhardt, 2000).

1.3.3.4.2. Çizgi Kamera

Çizgi kameralar, tek bir sıra CCD sensörden meydana gelirler. Yüksek çözünürlüğün gerektiği ya da sadece tek bir obje boyutunun örneklediği alanlarda uygulanırlar. Günümüzde 8000 ve daha fazla piksele ve 30 MHz piksel frekansına sahiptirler. Yüklerin transferi esnasında kayıpları önlemek için iki taraflı okuma yapılır (Şekil 1.58) (Erhardt, 2000).



Şekil 1.58. Çizgi kamera çıktı yükleri (Erhardt, 2000)

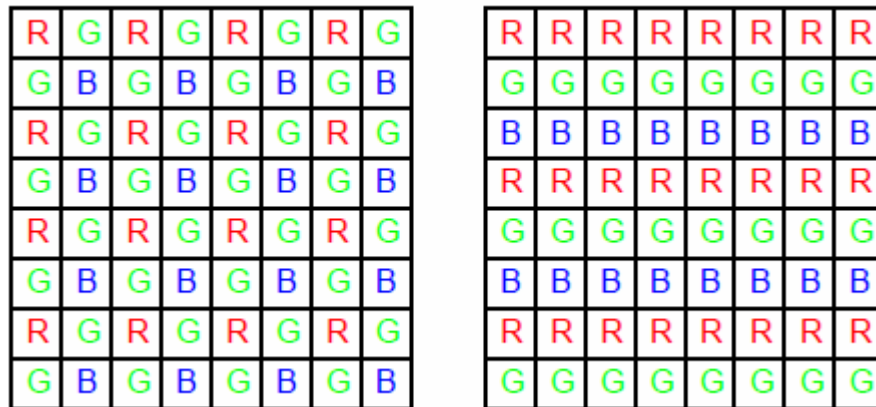
1.3.3.4.3. Tek Renkli Alan Tarama Kamerası

Matris halinde yerleştirilmiş CCD sensörleri içerir.

1.3.3.4.4. Renkli Kamera

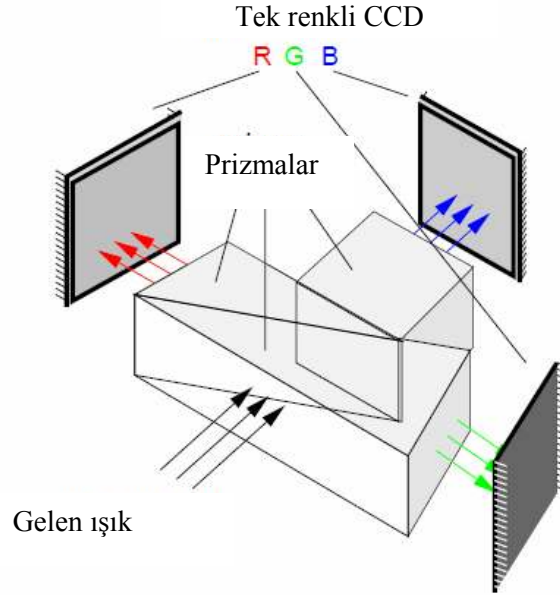
Renkli kameralar üç parçadan oluşan (kırmızı, yeşil ve mavi), renkli imaj üretirler. Ek olarak renk karışımları ve yoğunluk varyasyonları ile hemen her renk üretilebilir.

Basit tip kameralarda (tek yongalı) ışık, CCD sensör üzerine yerleştirilen çizgi veya mozaik biçimli filtreye toplanır ve elektronik düğmeler yardımıyla transfer edilir (Şekil 1.59) (Erhardt, 2000).



Şekil 1.59. Mozaik - Çizgi Filtre (Erhardt, 2000)

3 yongalı kameralarda her ana renk için bir CCD sensör bulunur. Optik yoldaki prizma her sensöre gelen ışığı ayırır. 3 sensörden alınana veri imaj hafızasına aktarılıp işlenir (Şekil 1.60) (Erhardt, 2000).



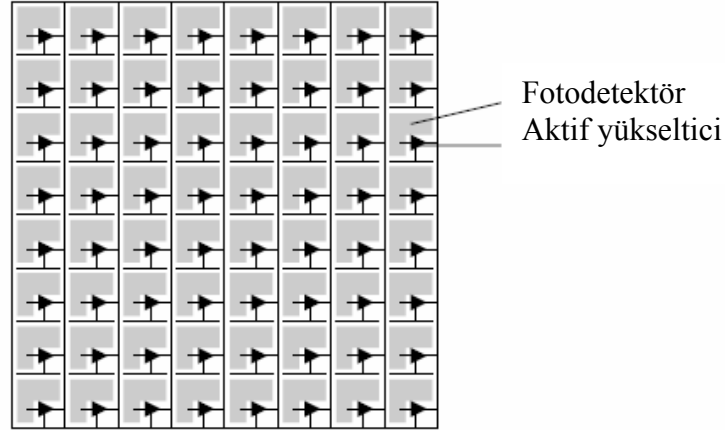
Şekil 1.60. 3 Yongalı kamera (Erhardt, 2000)

1.3.3.4.5. Kızılötesi Kamera

Kızılötesi kameralar sadece belirli frekans bantlarında hassastırlar. Mutlak sıfır sıcaklığından yüksek sıcaklığa sahip her fiziksel kütle radyasyon yayar. Kızılötesi kameralar ise bu radyasyonu yakalayıp elektronik sinyallere dönüştürme becerisine sahiptirler (termografi) (Erhardt, 2000).

1.3.3.5. CMOS Sensörleri

CMOS sensörleri üretim basamakları, diğer tüm mikroişlemci ve hafıza yongaları ile aynıdır. CMOS sensörleri prensipte hassas fotoğraf diyetleridir. CMOS kameralar gelen fotonlardan sürekli çevrim ile bir voltaj oluşturur (Şekil 1.61) (Erhardt, 2000).



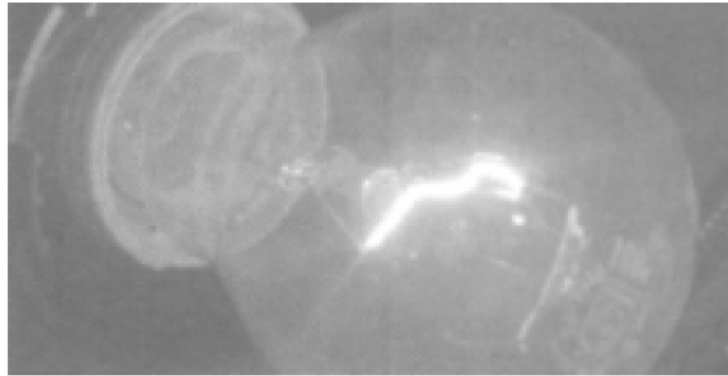
Şekil 1.61. CMOS Sensör Mimarisi (Erhardt, 2000)

CMOS yongalarının bazı özellikleri aşağıda verilmiştir:

CMOS kameralar herhangi bir piksele direk erişim imkanı verir ve satır veya sütun kodlaması ile adreslenmesini sağlar.

VLSI teknolojisi sayesinde gerekli olan tüm kamera fonksiyonları tek CMOS yongası üzerine eklenebilir. İmaj sıkıştırma, optimize etme, renk kodlaması, ayrıştırma gibi birçok işlemi akıllı sinyal işleme devreleri ile eklemek mümkündür. CMOS kameraları ile tüm görüntü işleme algoritmaları direk kamera yongasına uygulanabilir.

CCD kameralarda dinamik erim değeri 20 – 30 iken, CMOS kameralarda bu değer 60 ve üzerindedir. Rahatlıkla 100 watt gücünde bir lambanın filamnının fotoğrafı görüntülenebilir (Şekil 1.62) (Erhardt, 2000).



Şekil 1.62. CMOS kamera ile alınan görüntü (Erhardt, 2000)

CMOS kameralar CCD kameralara göre 100 kat daha az enerji harcarlar.

CMOS-wafer (ince artılmış kristal yarı-iletken tekeri) üretimi CCD kameralara göre hem daha basit hem de daha ucuzdur.

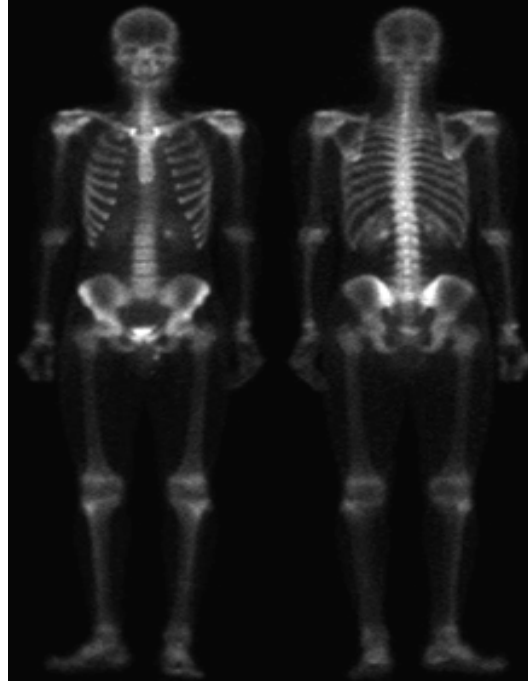
CMOS kameralarda bloom (benek parlaması) problemi yaşanmaz.

CMOS kameralar 1024x1024 piksel boyutunda 1000 imaj/saniye hızda görüntü aktarabilecek kadar hızlıdır (Erhardt, 2000).

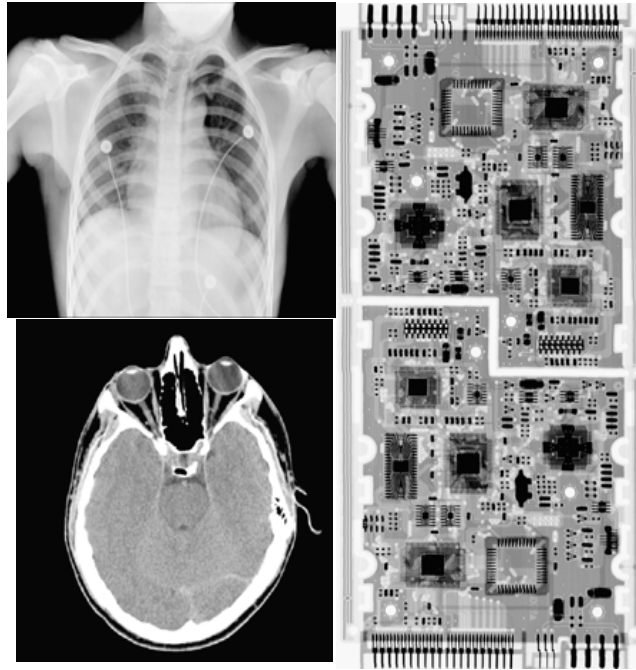
1.3.4. Dijital Görüntü İşleme Kullanım Alanları

Günümüzde dijital imaj işleme tekniklerinin kullanılmadığı alan sayısı çok azdır (Gonzalez R., Woods R., 2002).

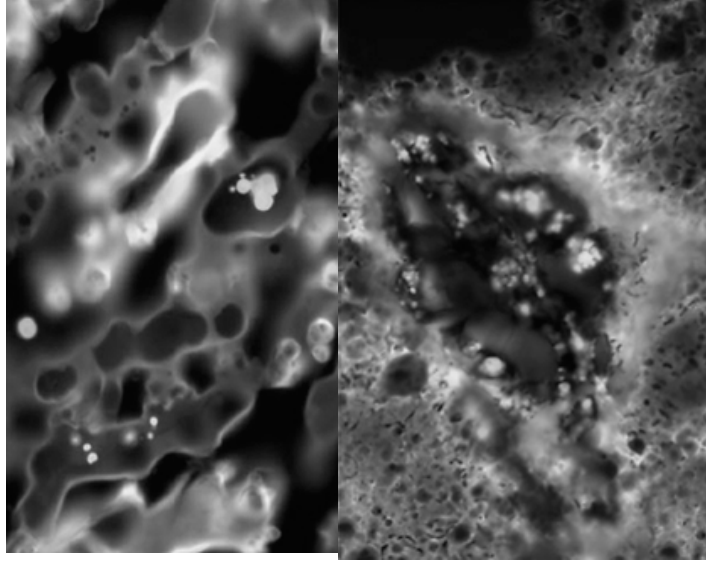
- Gamma ışınları ile görüntüleme (Şekil 1.63).
- Nükleer ilaç ve görüntüleme.
- X-ışınları ile görüntüleme (Tıbbi teşhis, Endüstri, Astronomi) (Şekil 1.64).
- Ultraviyole ışınlar ile görüntüleme (Litografi, endüstriyel kontrol, mikroskopi, lazerler, biyolojik görüntüleme, astronomik gözlem) (Şekil 1.65).
- Görünür ve Kızılötesi Dalgalar ile Görüntüleme (Mikroskopi, Uzaktan Algılama, Endüstri) (Şekil 1.66, Çizelge 1.5).
- Madencilik faaliyetleri (Şekil 1.67, Şekil 1.68, Şekil 1.69, Şekil 1.70)



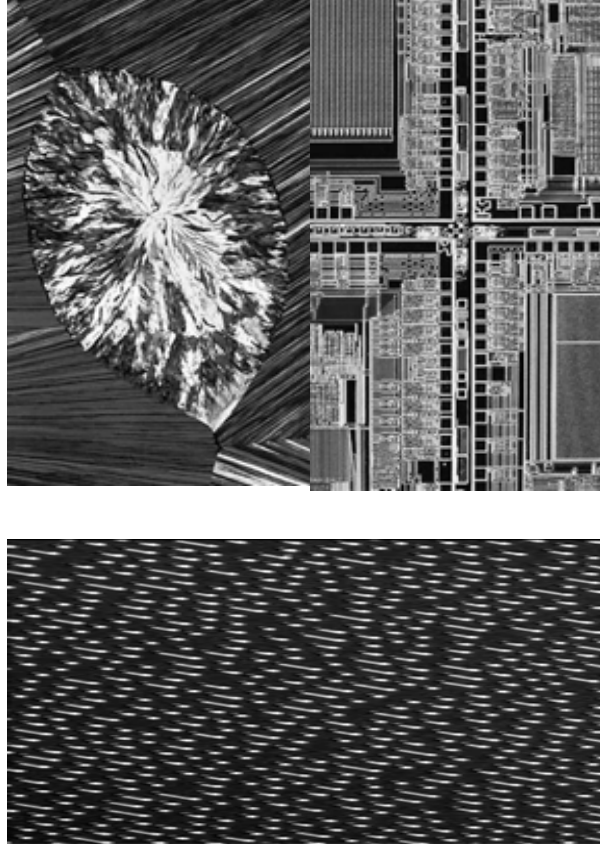
Şekil 1.63. Gamma Işınları ile Görüntüleme (Gonzalez R., Woods R., 2002)



Şekil 1.64. Tıbbi Teşhis ve Endüstriyel Görüntüleme (Gonzalez R., Woods R., 2002)

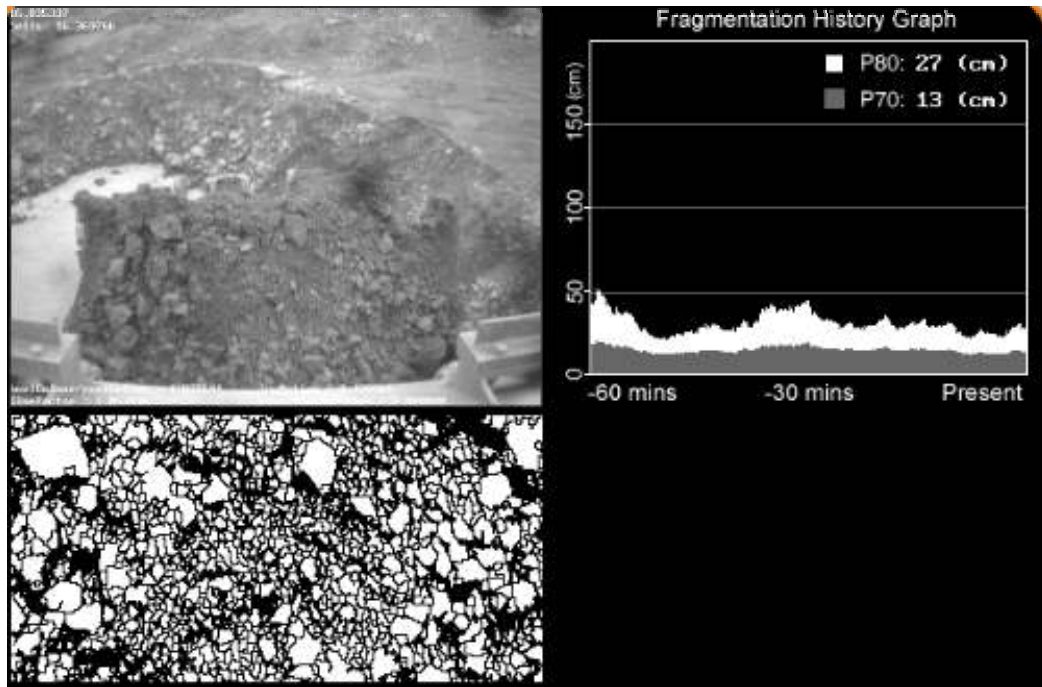


Şekil 1.65. Sağlıklı mısır (sağda) - Hastalıklı mısır (solda) Karşılaştırması (Gonzalez R., Woods R., 2002)

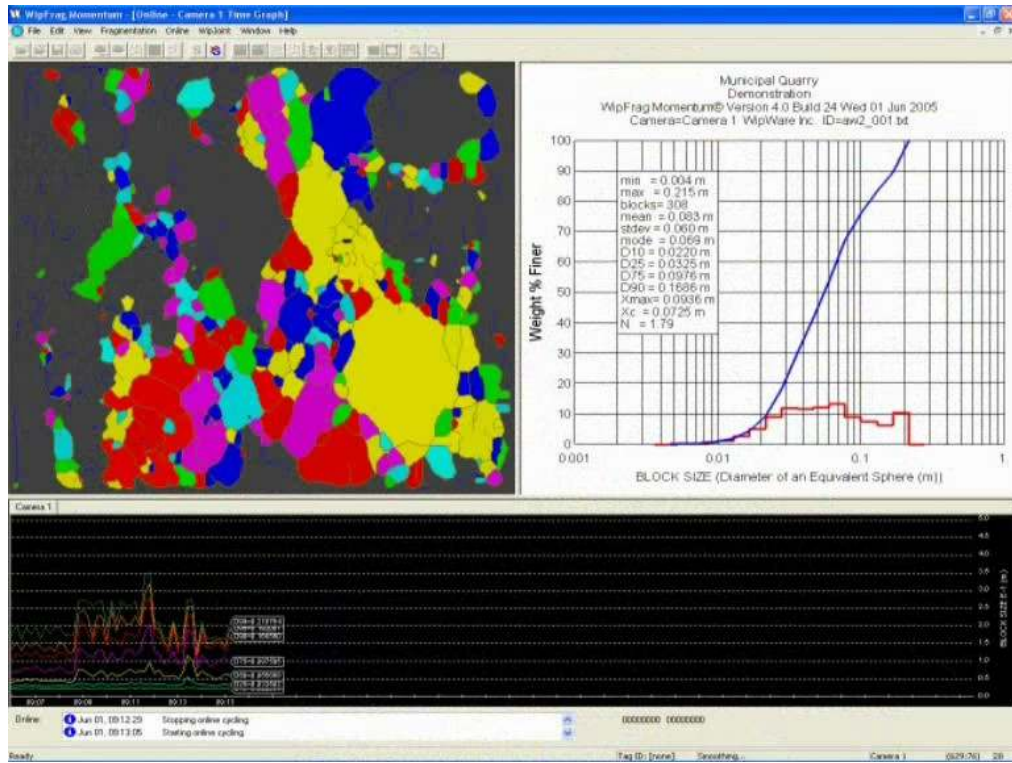


Şekil 1.66. Kolestrol (40X), Mikroişlemci (60X), CD Yüzeyi (1750X) (Gonzalez R., Woods R., 2002)

Çizelge 1.5. NASA LANDSAT Uydu Thematic Kanalları Kullanım Yerleri
(Gonzalez R., Woods R., 2002)



Şekil 1.68. Madencilik alanında dijital görüntü işleme yardımıyla analiz (Motion Metrics, 2005)



Şekil 1.69. Madencilikte dijital görüntü işleme yardımıyla parça boyut dağılımı analizi (Wipfrag, 2005)



Şekil 1.70. Madencilikte dijital görüntü işleme yardımıyla parça boyut dağılımı analizi(Wipfrag,2005)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde, bu konu çerçevesinde yapılmış çalışma sayısı kapsamlı ve oldukça fazladır. Sadece teorik çalışmalar dışında, profesyonel çalışmalar ve bilgisayar yazılımları da mevcuttur. Bu çalışmalar ve yazılımlarla ilgili bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

J. Serra (1982), Görüntü analizi ve matematiksel morfolojisi konusunda çalışma yapmıştır.

N.H. Maerz, J.A. Franklin, L. Rothenburg, D. Coursen (1987), Dijital fotoanaliz yöntemi ile kaya dağılımlarının tespiti konusunda çalışma yapmışlardır.

N.H. Maerz (1990), Kaya boyut dağılımlarında otomatik görüntü analizi için numune görüntüleri alma teknikleri konusunda çalışma yapmıştır.

J.M. Kemeny, A. Devgan, R.M. Hagaman, X. Wu (1993), Dijital görüntü işleme yöntemi kullanılarak kaya boyut dağılım analizi konusunda çalışma yapmışlardır.

N. Cheimanoff, R. Chavez, J. Schleifer (1993), Fragscan yazılımı kullanılarak patlatma sonrası boyut dağılımı analizi konusunda çalışma yapmışlardır.

W. Wang, F. Bergholm, O. Stephansson (1995), Dağılmış parçaların boyut ve şekillerinin dijital görüntü işleme yöntemiyle tespiti konusunda çalışma yapmışlardır.

J.A. Franklin, N.H. Maerz and J.C. Santamarina (1995), Patlatma işlemlerinde dijital görüntü işleme yöntemleri ile gelişim konusunda çalışma yapmışlardır.

J.A. Franklin, T. Katsabanis (1996), Patlatma dağılımının Fragblast yazılımı ile ölçümü konusunda çalışma yapmışlardır.

Maerz, N. H., Palangio, T. C., and Franklin, J. A. (1996), WipFrag yazılımı kullanılarak parça boyut dağılım analizi konusunda çalışma yapmışlardır.

Santamarina, J.C. and Fratta, D. (1996), Patlatma sonrası kırılan parçaların dijital görüntü işleme yöntemleriyle tespiti konusunda çalışma yapmıştır.

Maerz, N. H. (1998), Dijital görüntü işleme yöntemi uygulanarak agrega boyutlarının ve şekillerinin belirlenmesi konusunda çalışma yapmıştır.

Maerz, N. H., and Zhou, W. (1998), Optik dijital dağılım ölçüm yöntemlerinde gerçekleşen hatalar konusunda çalışma yapmışlardır.

J.M.R Fernlund (1998), Görüntü analizi kullanılarak parçacık formlarının elek analizine etkisi konusunda çalışma yapmıştır.

Carlos Farfán, Renato A. Salinas, Ph.D., Gerardo Cifuentes, Ph. D. (1999), Dijital görüntü işlemede watershed ayrıştırması kullanılarak kayaların ayrıştırılması ve ölçümü konusunda çalışma yapmışlardır.

Andrzej Zadoro`zny, Hong Zhang, and Martin J`agersand (2000), Dijital görüntü işlemede değişim tekniklerinin kullanılarak parça boyut dağılımı analizi yapılması konusunda çalışma yapmışlardır.

Maerz, N. H., and Palangio (2000), Dijital görüntü işleme yöntemiyle kırma ve öğütme kontrolü için gerçek zamanlı dağılım analizi konusunda çalışma yapmışlardır.

Q. Liu, H. Tran (2000), Fragscan ve Wipfrag görüntü işleme yazılımlarının karşılaştırılması konusunda çalışma yapmıştır.

J Kemeny, E Mofya, R Kaunda and P Lever (2001), Dijital görüntü işleme kullanımı ile patlatma işlemlerindeki gelişmeler konusunda çalışma yapmışlardır.

J. Kemeny, E. Mofya, R. Kaunda, P. Lever (2001), Dijital görüntü işleme yardımıyla patlatma işlemlerindeki gelişmeler konusunda çalışma yapmışlardır.

M.J. Thurley (2002), Üç boyutlu veri analizi yapılarak kaya parçalarının ayrılması ve ölçülmesi konusunda çalışma yapmıştır.

Yapılan bu çalışmalar dışında bu konuyla ilgili profesyonel yazılımlar da mevcuttur.

Bu çalışmalar doğrultusunda sayısal görüntü işleme teknikleri irdelenmiş ve sayısal görüntülere uygulanma basamakları daha detaylı olarak kavranmıştır. Önceki çalışmalar detaylı olarak incelenirken tekniklerin algoritmalarının anlaşılmasının yanısıra hangi karşılaşılan problemlere çözüm oluşturduğu ve bunun kendi çalışmamızda hangi sonuçları doğuracağı da anlaşılmaya çalışılmıştır.

Profesyonel yazılımlar ve cihazlar da bir başka araştırma konusu olmuştur. Bu gibi ürünlerin madencilik alanında hangi amaçlarla kullanıldığı, hangi aşamalardan geçerek bugünlere geldiği anlaşılmaya çalışılmıştır. Bu sayede ortam

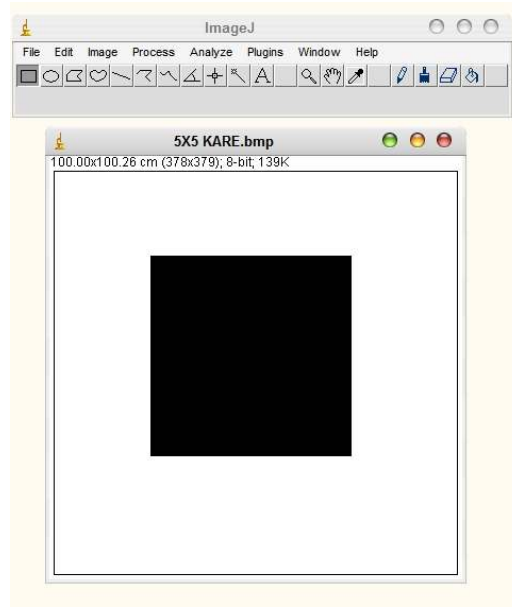
özelliklerine göre kullanılacak cihazların seçimine etki eden faktörler incelenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda ileride kurulum için gerekli olan maliyet boyutunun da önemli bir etken olduğu anlaşılmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

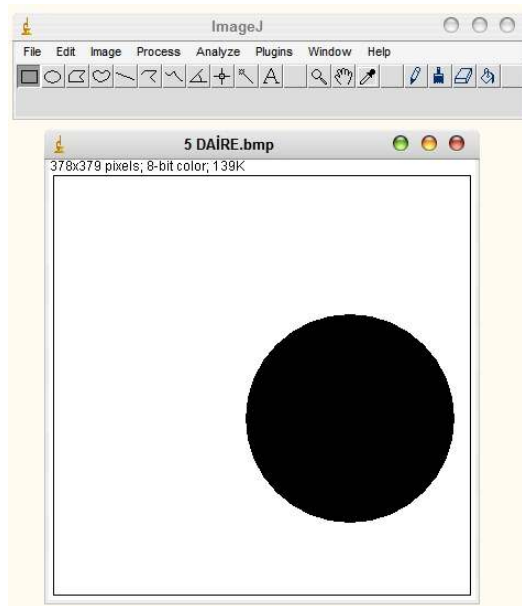
3.1. Materyal

Bu araştırma için sayısal tekniklerle elde edilmiş sayısal görüntüler kullanılmıştır. Bu görüntülerde şekli ve boyutları daha önceden bilinen objeler, boyutları daha önceden bilinmeyen rastgele seçilmiş taş parçaları, Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006, Prediction of fragmentation and yield curves with reference to armourstone production makalesinde yer alan ve elek analizi sonuçları alınmış sayısal görüntüler kullanılmıştır. Görüntüler içindeki objelerin sayısal görüntü analizleri yapılmaya çalışılmıştır. İlgili sayısal görüntüler Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11 başlıkları ile gösterilmiştir.

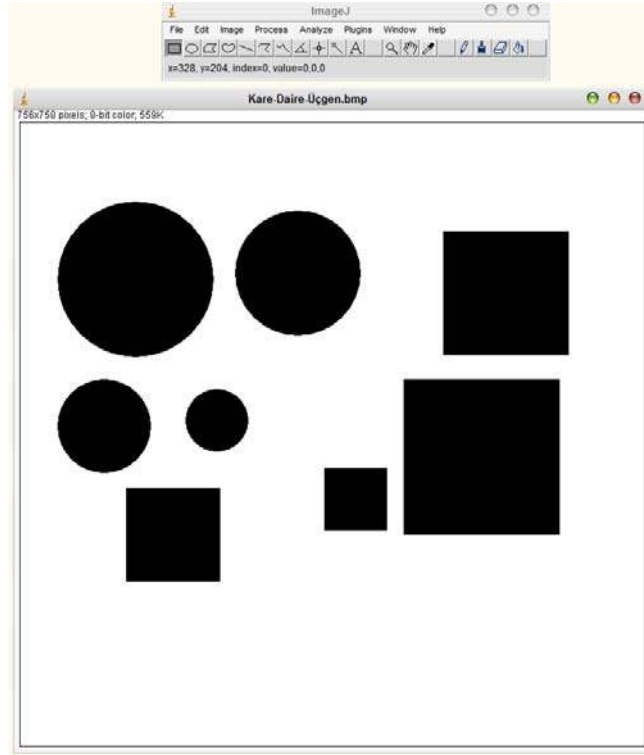
Analizler, internet üzerinden ücretsiz olarak elde edilebilen ve açık kaynak kodlu olan IMAGEJ bilgisayar yazılımı ve eklentileri kullanılmak suretiyle yapılmıştır. IMAGEJ yazılımı Java programlama dili ile yazılmış, herkesin erişebileceği ve programlama kodları üzerinde değişiklikler yapabileceği bir yazılımdır. Ücretsiz olarak sunulan yazılım özellikle mikro-biyoloji ve uzaktan görüntüleme sistemleri içinde kullanılmaktadır. <http://rsb.info.nih.gov/ij/> internet sitesi üzerinden yazılımın yeni sürümleri ve güncel bilgileri elde edilebilir.



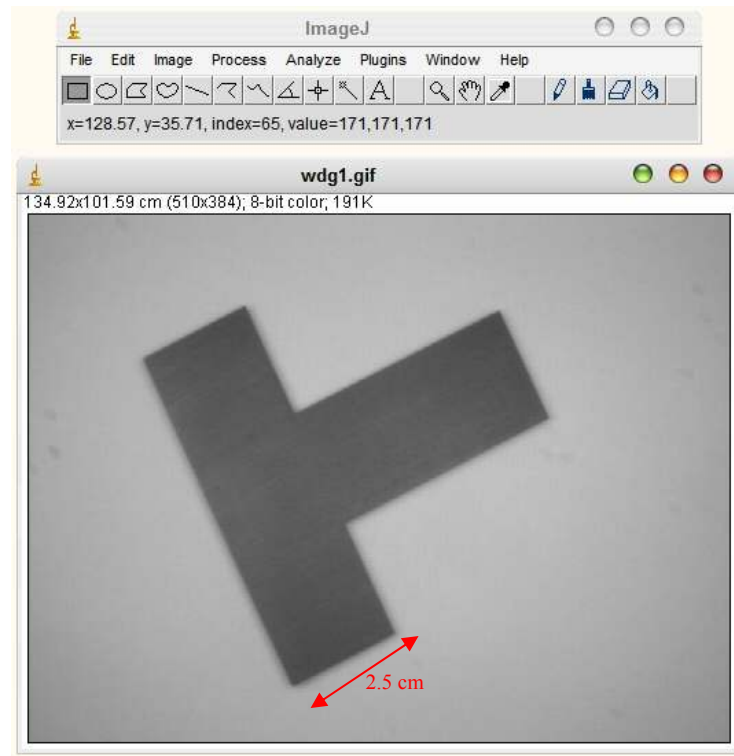
Şekil 3.1. 5 cm x 5 cm boyutlarında dörtgen obje



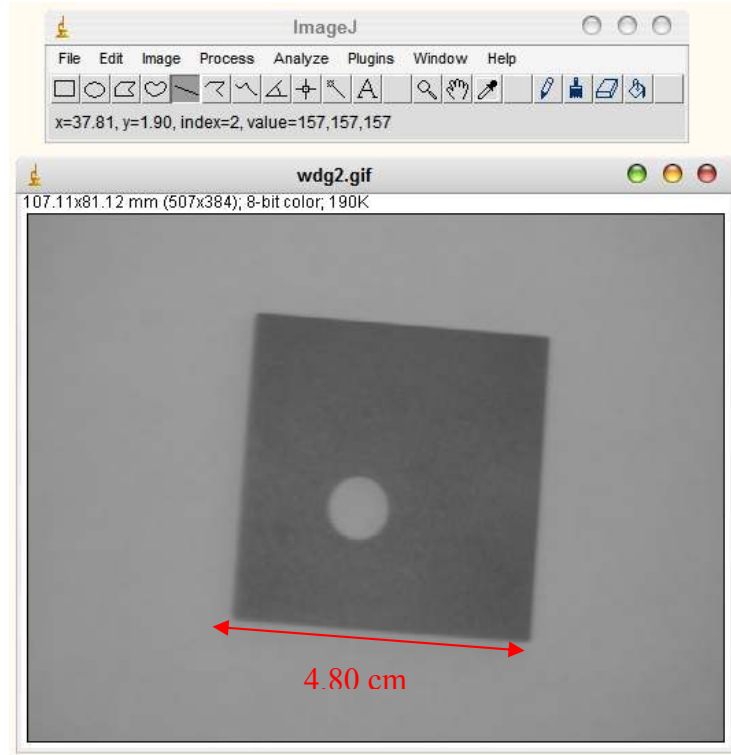
Şekil 3.2. 5 cm çaplı daire obje



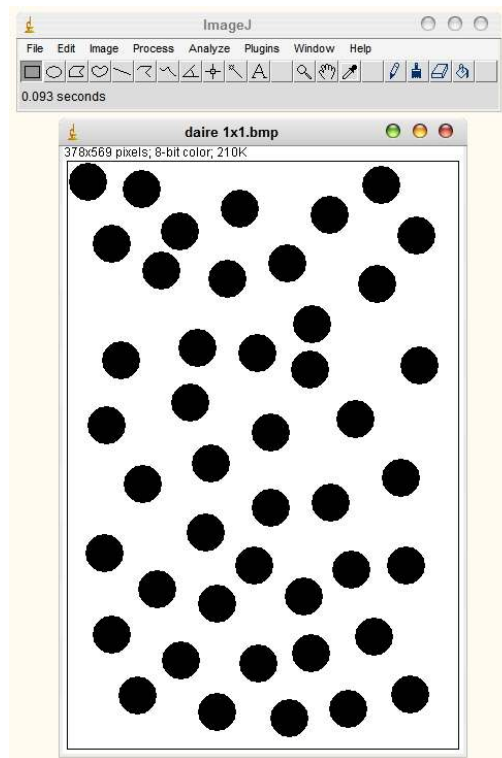
Şekil 3.3. 5 cm, 4 cm, 3 cm, 2 cm, 1 cm ölçülerinde dörtgen ve daire objeler



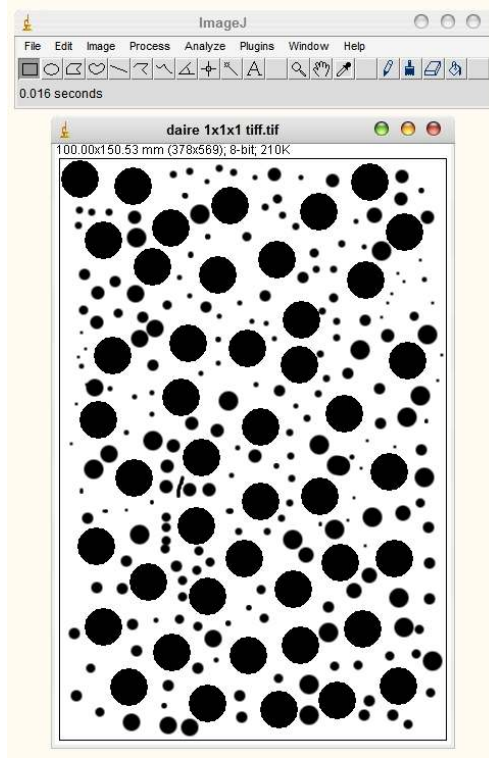
Şekil 3.4. 2,5 cm ölçülen uzunluğa sahip T şekilli obje



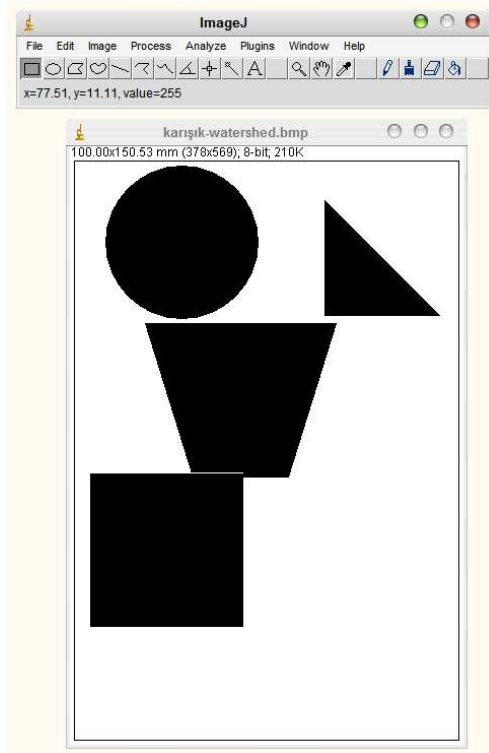
Şekil 3.5. 4,8 cm ölçülen değere sahip dörtgen obje



Şekil 3.6. 1 cm çaplı daire objeler



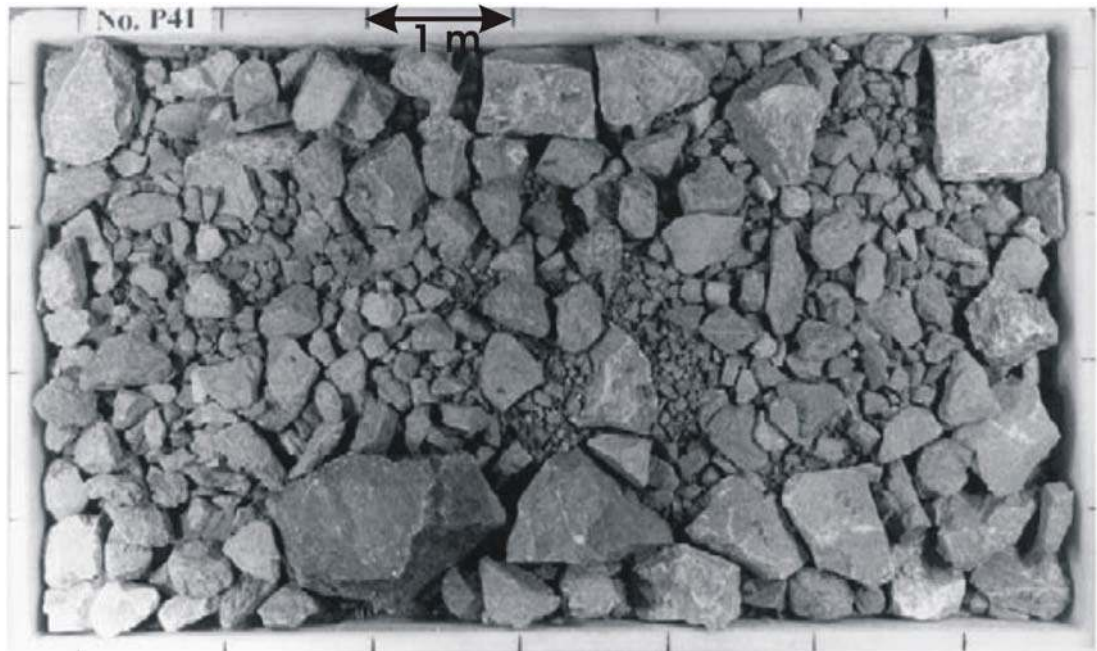
Şekil 3.7. 1 cm - 1 mm çaplı daire objeler



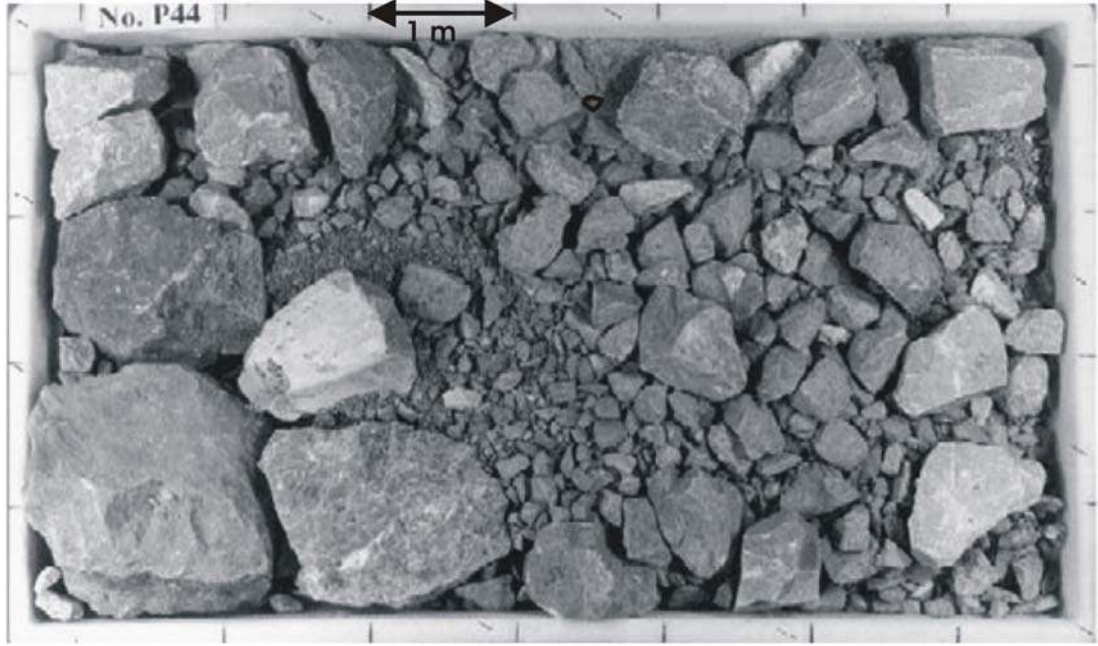
Şekil 3.8. Karışık geometrili objeler



Şekil 3.9. Boyutları daha önceden bilinmeyen taş parçaları



Şekil 3.10. P41 numaralı elek analizi yapılmış sayısal görüntü (Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006)



Şekil 3.11. P44 numaralı elek analizi yapılmış sayısal görüntü (Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006)

3.2. Metod

Çalışma genel olarak 2 aşamada tamamlanmıştır; literatür taraması ve büro çalışmaları.

3.2.1. Literatür Taraması

Çalışma için ön bilgi teşkil etmesi açısından önceki tarihlerde hazırlanan raporlar, çalışmalar, görüntüleme ve analiz yöntem ve teknikleri, kullanılabilecek donanım detayları, dünya çapında kullanılan görüntüleme ve analiz yazılımları, bu yazılımların kodlama dilleri hakkında detaylı araştırmalar yapılmaya çalışılmıştır.

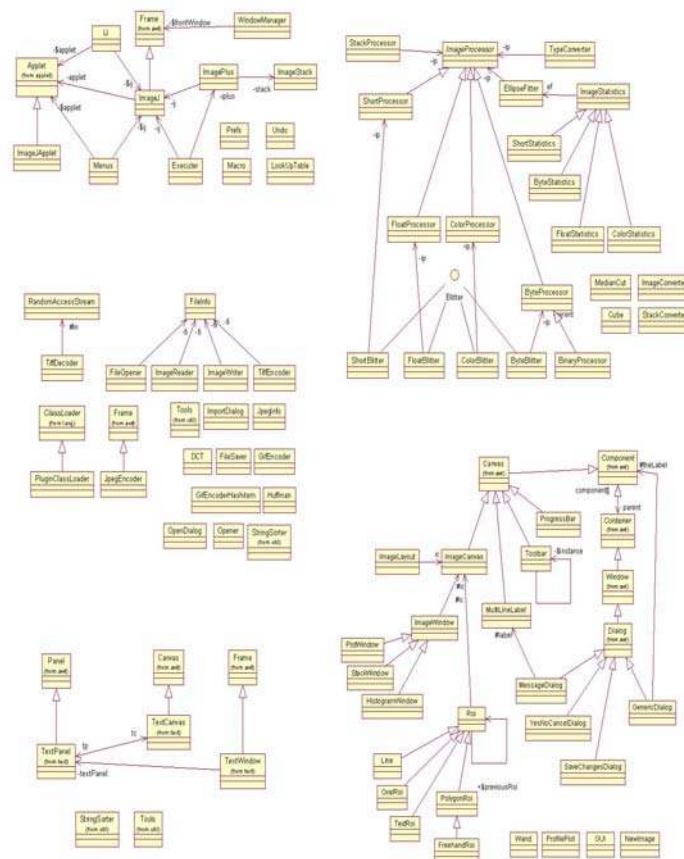
İlgili teknoloji yeni ve hızla gelişen bir süreç içinde olduğundan internet sitelerinin takipleri yapılarak metodlar, algoritmalar, beklentiler ve sonuçlar mercek altına alınmıştır. Araştırma ile ilgili bilimsel yayın ve basılı dökümanlar incelenirken, ülkemizdeki önemli kütüphanelerden faydalanılmış ve araştırmaya derlenen bilgiler doğrultusunda yön verilmiştir.

3.2.2. Büro Çalışmaları

Bu bölümde arazi ve laboratuvar verileri bilgisayarda IMAGEJ Versiyon 1.35k yazılımı bünyesinde ilgili yöntem ve hesaplarla değerlendirilmiş, literatür taramaları gerçekleştirilmiş ve alınan sonuçlar ve deneyimler doğrultusunda tez yazım aşamasına geçilmiştir.

3.3. IMAGEJ Yazılımı Hakkında Bilgi

ImageJ yazılımını detaylı olarak incelemeden önce, yazılımın nasıl oluşturulduğu, bileşenleri ve bunların birbirleri ile olan ilişkilerini göstermede kullanılan sınıf diyagramı Şekil 3.12’de görülmektedir.



Şekil 3.12. IMAGEJ yazılımı sınıf diyagramı (NIH Image, 2006)

ImageJ, Macintosh için NIH Image tarafından geliştirilmiş herkesin kullanımına açık Java tabanlı görüntü işleme yazılımıdır. Yazılım üzerinde Java 1.1 veya üzeri Java Sanal Makinesi bulunduran herhangi bir bilgisayarda bir applet veya bir uygulama olarak çalıştırılabilir. Uygulama dağıtımları Windows, Mac OS, Mac OS X ve Linux işletim sistemleri için mevcuttur.

Yazılım 8, 16 ve 32 bitlik imajları görüntüleme, düzenleme, analiz, işleme, kayıt etme ve yazdırma işlemlerini yapabilir. TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS ve ham resim formatlarını okuyabilir. Tek bir pencerede birçok görüntüyü barındıran yığın imajları destekler. Eş zamanlı çalışmayı destekler, bu sayede imaj okuma gibi yoğun zaman harcanan işlemler paralel olarak yürütülebilir.

Yazılım kullanıcı tanımlı, alan ve piksel değerleri istatistiklerini hesaplayabilir; uzaklıkları ve açılar ölçebilir. Yoğunluk histogramları ve çizgi profil planları yaratabilir. Günümüzde standart olarak kullanılan kontrast, keskinlik, yumuşatma, kenar belirleme ve medyan filtreleme fonksiyonlarını destekler.

Ölçeklendirme, döndürme gibi geometrik dönüşümleri yapabilir. İmajlar 32:1'e 1:32'e kadar yakınlaştırılabilir. Herhangi bir büyütme faktöründe tüm analiz ve işleme fonksiyonları kullanılabilir. Yazılım kullanılan hafıza ile limitli olarak sınırsız sayıda imajı eşzamanlı olarak destekler.

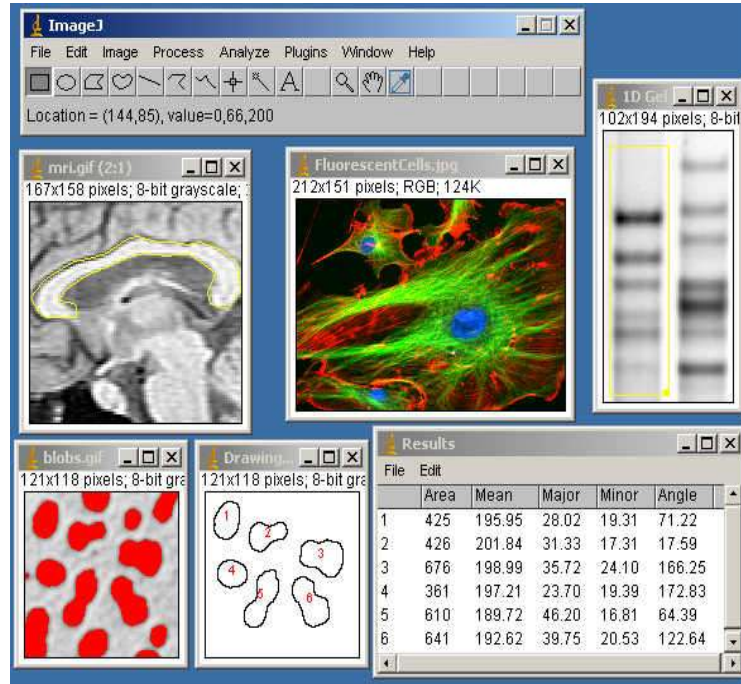
Gerçek dünya boyut ölçümleri yapabilmek için uzamsal kalibrasyon mevcuttur. Ayrıca yoğunluk ve gri derece kalibrasyonu da mevcuttur.

IMAGEJ Java eklentileri ile geliştirilmeye yönelik olarak açık mimari yapıda dizayn edilmiştir. IMAGEJ içinde bulunan editör ve Java derleyicisi kullanılarak kişisel edinti, analiz ve işleme eklentileri geliştirilebilir. Kullanıcı tarafından yazılan bu eklentiler görüntü işleme ve analiz problemlerini çözülebilir kılmaktadır.

IMAGEJ bir Mac OS X sistemi editörü ve Java derleyicisi ile BBEdit editörü ve Ant yapı aracı ile geliştirilmiştir. Kaynak kodu serbest bir şekilde elde edilebilir. Program Wayne Rasband (wayne@codon.nih.gov), Research Services Branch, National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland, USA tarafından yazılmıştır.

3.3.1. Basit Kavramlar

IMAGEJ yazılımı <http://rsb.info.nih.gov/ij/> internet adresinden alınan bilgiler doğrultusunda aşağıda detaylı olarak incelenecektir. Burada yazılımın menüleri ve bunların çalışma prensipleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. ImageJ yazılımı genel görünümü ve pencereler

3.3.1.1. Pencereler (Windows)

IMAGEJ penceresi menü çubuğu (menu bar), araç çubuğu (tool bar), durum çubuğu (status bar), ve ilerleme çubuğu (progress bar) bilgilerini içerir. İmajlar, histogramlar, çizgi profilleri vb. bilgiler ek pencerelerde gösterilir. Ölçüm sonuçları sonuçlar (results) penceresinde gösterilir. Pencereler ekran etrafında sürüklenebilir ve boyutları değiştirilebilir. Histogramlar ve çizimler kopyalanabilen, yazdırılabilen ve kaydedilebilen imajlardır.

3.3.1.2. Araç Çubuğu (Tool Bar)

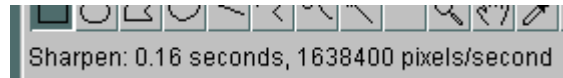
Araç çubuğu, seçim yapmak, zumlama, kaydırma ve renk değiştirme araçlarını barındırır. Buradaki bir araca tıklandığı zaman, aracın açıklaması durum çubuğunda gösterilir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. ImageJ yazılımı araç çubuğu

3.3.1.3. Durum Çubuğu (Status Bar)

Durum çubuğu, imleç bir imaj üzerindeyken piksel koordinatları ve değerlerini gösterir. Bir filtre çalıştırıldıktan sonra geçen zamanı ve işlem oranlarını piksel/saniye cinsinden gösterir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. ImageJ yazılımı durum çubuğu

3.3.1.4. İlerleme Çubuğu (Progress Bar)

İlerleme çubuğu, durum çubuğunun sağ tarafında yer alır, zaman alan uygulamaların ilerlemesini gösterir. Bir saniyenin altında olan operasyonlarda gösterilmez (Şekil 3.16).



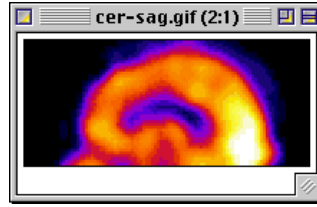
Şekil 3.16. ImageJ yazılımı ilerleme çubuğu

3.3.1.5. Görüntüler (Images)

IMAGEJ birçok imajın ekranda tek seferde gösterilmesine müsaade eder. Aktif pencerenin başlık çubuğu vurgulanmıştır. Tüm operasyonlar aktif imaj üzerinde gerçekleştirilir. IMAGEJ 8, 16 ve 32 bitlik gri imajlar ile 8,16 ve 32 bitlik renkli imajları desteklemektedir. 8 bitlik imajlar 0 – 255 arası işaretli tamsayılar ile

gösterilir. 16 bit imajlar 0 – 65,535 arası işaretli tamsayılar ile ve 32 bit gri imajlar kayar nokta sayılar ile gösterilmektedir.

16 bit ve 32 bit gri imajlar direk olarak bilgisayar monitörlerinde görüntülenemezler; tipik olarak 256 gri renk tonu gösterilebilir. Bu yüzden veriler pencereleme ile 8 bit adreslenmiştir. Pencere gri değerlerin dağılımını şu şekilde tanımlar : pencerenin altındaki değerler siyah, üstündeki değerler beyaz olarak gösterilir. Minimum ve maksimum değerler Image/Adjust/Brightness/Contrast menüsünden tanımlanabilir (Şekil 3.17).

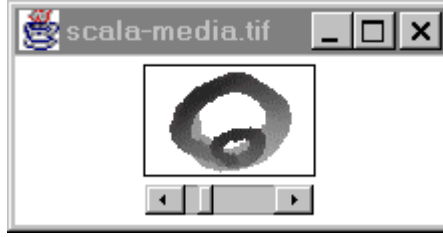


Şekil 3.17. ImageJ yazılımı görüntüler

3.3.1.6. Yığınlar (Stacks)

IMAGEJ uzamsal veya geçici olarak ilişkili birden çok imajı tek bir pencerede gösterebilir. Bu imaj kümesine yığın (stacks) denir. Yığını oluşturan imajlara kesit denir. Yığın içindeki kesitler aynı boyutta ve renk derinliğinde olmak zorundadır. Bir kaydırma çubuğu kesitler arasında hareket etmeyi sağlar. IMAGEJ filtreleri yığın içindeki tüm kesitleri işleyecektir.

IMAGEJ çoklu TIFF imaj dosyalarını yığın olarak açar ve çoklu imaj TIFF olarak kaydeder. File/Acquire/Raw komutu yardımıyla diğer sıkıştırılmamış çoklu imaj dosyaları açılır. File/Import/Image Sequence dizin içinde bulunan imajları yığın olarak açar. Yeni bir yığın yaratmak için File/New menüsünden Slices alanındaki değeri birden büyük seçmek yeterlidir. Image/Stacks alt menüsünde ortak yığın operasyonları için komutlar bulunur (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. ImageJ yazılımı yığınlar

3.3.1.7. Seçimler (Selections)

Seçimler kullanıcı tanımlı alanlar veya imaj ile birlikte çizgilerdir. Aynı zamanda tek bir seçim aktif olabilir. Alan seçimleri dikdörtgen, oval, poligonal ve serbest çizim aracı ile yapılabilir. Alan seçimleri ölçülebilir (Analyze/Measure), filtrelenebilir, doldurulabilir (Edit/Fill) veya çizilebilir (Edit/Draw). Çizgi seçimleri düz, parçalı ve serbest çizgi araçları ile yapılabilir. Edit/Draw menüsü ile mevcut renkte çizgi çizilebilir, Analyze/Measure menüsü ile çizgi uzunluğu ölçülebilir.

Seçimler tıklama ve sürüklenme ile taşınabilir. Durum çubuğu, seçimin taşınmasından sonra sol üst koordinatlarını gösterir. İmleç seçim esnasında ok şekline dönüşür. Dikdörtgenin kendisi yerine içeriğini taşımak için Edit/Copy, Edit/Paste menülerinin seçilmesi gerekmektedir. Ok tuşlarını kullanarak seçim istenilen yönde bir piksel hareket ettirilebilir.

Dikdörtgen seçimler, sağ alt köşede bulunan tutamaç (handle) ile tekrar ölçeklendirilebilir. Seçim uzatıldığında genişlik ve yükseklik durum çubuğunda gösterilir. Seçimde bir piksellik uzatma yapmak için ok tuşlarıyla birlikte Alt tuşunun da kullanılması gerekmektedir.

Bir seçimi silmek için, herhangi bir seçim aracını seçilip seçimin dışına tıklanır veya Edit/Select None menüsü kullanılır. Silinen seçimi geri getirmek için Edit/Restore Selection menüsü kullanılır.

Bir seçim bir pencereden diğer bir pencerenin aktive edilmesi suretiyle (Edit/ Restore Selection) aktarılabilir. Ard arda olan seri pencereler Tab tuşu ile aktive edilebilir.

Seçimler File/Save As/ROI menüsü kullanılarak kaydedilebilir; File/Open menüsü kullanılarak geri getirilebilir. Çoklu seçimler, boş pencereye aktarılacak,

Edit/Draw menüsü ile tek tek çizilmek ve sonuç imajının kaydedilmesi suretiyle kaydedilebilirler. Herhangi bir seçimin geri getirilmesi, imajın açılması, çizilmiş bir anahattın wand aracı ile tıklanması sayesinde yapılabilir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. ImageJ yazılımı seçimler

3.3.1.8. Dosya Biçimleri (File Formats)

File/Open menüsü ile sıkıştırılmamış TIFF, GIF, JPEG, DICOM, BMP ve FITS imajları açılabilir. File/Import menüsü alt menüsü sayesinde ham dosyaları, ASCII biçimindeki imajları, ağ üzerindeki imajları okuyacak eklentilere erişim mümkün olmaktadır. Ham bir dosya eklemek için yerleşimi, imaj büyüklüğü, imaj verisine olan uzaklığı gibi bilgilerin çok net bilinmesi gerekmektedir. Ek biçimleri desteklemek için indirme veya eklenti yazılabilir. Dosyalar TIFF, GIF, JPEG, tab-sınırlı metin ve ham biçimlerde kaydedilebilir.

3.3.1.9. Eklentiler (Plugins)

IMAGEJ işlevselliği Java ile yazılmış eklentilerin kullanımıyla genişletilebilir. Eklentiler yeni dosya biçimlerini destekleyebilir veya imajları filtreleme veya analiz işlemlerini yapabilirler. Plugin dizinine yerleştirilmiş olan eklentiler otomatik olarak Plugin menüsüne yüklenebileceği gibi Plugins/Hot Keys/Install Plugin menüsü ile de yüklenebilirler. Eklentiler Plugins/Edit menüsü ile yaratılabilir veya düzenlenebilir. IMAGEJ internet sitesinde 150'den fazla örnek eklenti indirilmeye hazır bulunmaktadır.

3.3.1.10. Arama Tabloları (Lookup Tables)

Gri imajlar, gösterilebilecek 256 muhtemel piksel değeri tanımlanmış renkli bir arama tablosu kullanılarak gösterilirler. Alternatif renk paletleri Image/Lookup Tables alt menüsü yardımıyla seçilebilir. Image/Adjust/Brightness/Contrast menüsü imajların, dinamik olarak arama tablolarının değiştirilmesi ile geliştirilmesine;

Analyze/Show LUT menüsü ise aktif imajın arama tablosunu göstermeye yarar (Şekil 3.20).



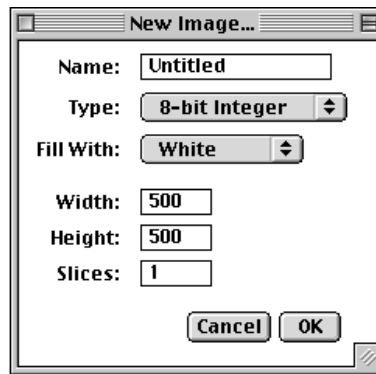
Şekil 3.20. ImageJ yazılımı arama tabloları

3.3.2. Dosya Menüsü (File Menu)

3.3.2.1. Yeni (New)

Yeni bir imaj veya yığın dosyası yaratır. Bir iletişim kutusu kullanıcının imaj başlığını, tipini, boyutlarını ve içeriğini belirlemesini sağlar.

İsim (name), pencere için kullanılacak başlığı belirlemek için kullanılır. Tip (type) imaj tipidir : 8 bit gri, 16 bit gri, 32 bit gri veya RGB renkli. Doldurma (Fill With), imajın nasıl ilk kullanıma hazırlanacağını belirtmede kullanılır. Genişlik (Width) ve yükseklik (Height) imajın piksel bazında ölçülerinin belirlenmesini sağlar. Eğer doldurma (Fill With) seçeneği içinde pano içeriği (Clipboard Contents) seçilmişse ölçüler seçilemez. Kesit (Slices) seçeneğinin belirli bir değere getirilmesi ile yığın yaratılmasına olanak tanınır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. ImageJ yazılımı yeni menüsü

3.3.2.2. Aç (Open)

Bir imajın yeni bir pencerede açılması için kullanılır. Dosyalar TIFF, GIF, JPEG, DICOM, BMP, PGM veya FITS dosya biçiminde olmalıdırlar. Ayrıca ImageJ ve NIH Image arama tabloları da (".lut" uzantılı) açılabilir. Ek dosya biçimleri eklentiler ile desteklenmektedir.

TIFF imajları 1 bit, 8 bit, 16 bit, 32 bit (gerçek renk) veya RGB renkli olabilir. Dosya sıkıştırılmamış olmalıdır. Jimi Reader eklentisi ile LZW sıkıştırılmış TIFF dosyaları da açılabilir. İçerisinde birçok aynı tip ve boyutta imaj bulunduran TIFF dosyaları da yığın olarak açılabilir. Edit/Options/Miscellaneous menüsü kullanılarak TIFF dokümanlarının etiketlerinin gösterilemesi de mümkündür.

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) medikal görüntüleme topluluğu içerisinde kullanılan popüler bir standarttır. ImageJ'nin sıkıştırılmamış DICOM dosyalarına olan desteği sınırlıdır. Birçok imaj bulunduran DICOM dosyaları yığın şeklinde açılabilir. DICOM dosyası başlık bilgilerini görüntülemek için Image/Show Info menüsü kullanılabilir. DICOM serisini eklemek için File/Import/Sequence menüsü kullanılabilir.

FITS (Flexible Image Transport System) gökbilim topluluğu tarafından değiştirmek ve arşivlemek amaçlı kullanılan bir dosya biçimidir.

PGM (Portable GrayMap), **PBM** (Portable BitMap) ve **PPM** (Portable PixMap) biçimleri ASCII başlığına sahip olan basit dosya biçimleridir.

3.3.2.3. Örnekleri Aç (Open Samples)

Bu altmenü ile ImageJ internet sitesinden indirilen imajlar açılabilir.

3.3.2.4. Ekle (Import)

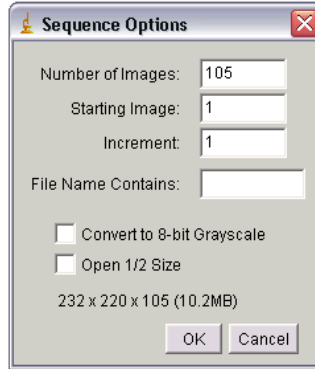
Bu altmenü yüklenmiş eklentileri listeler.

3.3.2.4.1. Görüntü Serisi (Image Sequence)

Bir dizinde yer alan bir dizi imajı yığın olarak açmaya yarar. İmajlar aynı boyutta ve tipte olmak zorundadır. Dosya tipleri TIFF, JPEG, DICOM, BMP, GIF,

FITS veya PGM şeklinde olabilir. İki tane iletişim kutusu mevcuttur : birincisi dizini seçmek için diğeri özellikleri belirlemek için kullanılır. İlk iletişim kutusunda herhangi bir imaj seçilir ve aç (open) tuşuna tıklanır. Aşağıda gösterilen ikinci iletişim kutusunda hangi imajların açılacağı ve/veya 8 bit'e dönüştürüleceği veya boyutunun küçültüleceği belirtilir.

Görüntü Sayısı (Number of Images) seçeneği ile kaç adet imajın açılacağı seçilir. Başlangıç İmajı (Starting Image) seçeneği ile hangi imajdan başlanacağı; Arttırım (increment) seçeneği ile kaçınıcı imajın açılacağı belirtilir. Dosya İsmi İçeriği (File Name Contains) seçeneği içine yazılan dizi sayesinde sadece ilgili diziyi içeren dosya isimleri açılacaktır. 8 Bit Gri Biçime Çevir (Convert to 8-bit Grayscale) seçeneğinin işaretlenmesi 16 bit imajlar için %50, 32 bit ve RGB imajları için %75 oranında bellek ihtiyacını azaltacaktır. Boyutu Yarı Oranda Aç (Open 1/2 Size) hafıza ihtiyaçlarını %75 oranında azaltacaktır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. ImageJ yazılımı görüntü serisi

3.3.2.4.2. Arama Tablosu (LUT...)

NIH Image arama tablosu veya ham arama tablosu açmak için kullanılır. Ham arama tablosu 768 bayt uzunluğunda ve 256 kırmızı, 256 mavi ve 256 yeşil renk bulundurmalıdır.

3.3.2.4.3. Metin Görüntüsü (Text Image...)

Tab-limitli metin dosyaları 32 bit gerçek imaj olarak açılır. İmajın genişlik ve yüksekliği dosyanın taranması ve kelimelerin ve satırların sayılması sonucu belirlenir. Image/Lookup Tables/Invert LUT menüsü kullanılarak metin dosyalarının düzgün bir biçimde görüntülenmesi sağlanır. Tamsayı değeri 255’den büyük olmayan metin dosyaları için Image/Type/8-bits menüsü ile 8 bit’e dönüştürme işlemi yapılır. Dönüştürme yapılmadan önce Edit/Options/Miscellaneous menüsünde Dönüştürme Esnasında Ölçekle (Scale When Converting) iptal edilmelidir.

3.3.2.4.4. Metin Dosyası (Text File...)

Metin dosyası açmak için kullanılır. Metin penceresi içinde sağ tuşa basarak farklı kaydet, kes, kopyala, yapıştır ve tamamını seç komutları çalıştırılabilir.

3.3.2.4.5. Evrensel Kaynak Bulucu (URL...)

URL tarafından belirlenen TIFF, GIF, JPEG, veya DICOM dosyalarını indirme ve görüntülemeyi sağlar. TIFF dosyaları “.tif”, ZIP dosyaları “.zip”, DICOM dosyaları “.dcm” uzantıları ile bitmek zorundadır.

3.3.2.4.6. Ham (Raw...)

Bu komut ImageJ tarafından direk desteklenmeyen dosya biçimlerini eklemekte kullanılır. İmaj dosyasının görünüşü, boyutları ve başlangıç karşılığı gibi bilgilerin kesin olarak bilinmesi gerekmektedir.

Açılır menü kullanılarak imaj tipi seçilebilir. 9 adet seçenek mevcuttur:

- 8 bit işaretli tamsayı
- 16 bit işaretli tamsayı (32,768 eklenerek işaretli hale dönüştürülür.)
- 16 bit işaretli tamsayı
- 32 bit işaretli tamsayı (kayar noktaya çevirilir)
- 32 bit kayar nokta
- 24 bit RGB renk (serpiştirilmiş)
- 24 bit RGB renk (düzlemsel)

- 32 bit ARGB renk
- 1 bit Bitmap (8 bit'e çevirilir)

Serpiştirilmiş RGB imajları tek bir imaj düzleminde devamlı saklanan piksellere (rgrbrgrb...) sahiptirler. Düzlemsel RGB imajları kırmızı, yeşil ve mavi verilerini ayrı 8 bit örnek düzlemlerde saklarlar. ImageJ RGB imajlarını serpiştirilmiş şekilde kaydeder.

Görüntü Genişliği (Image Width) herbir sıra içinde bulunan piksel sayısını, Görüntü Yüksekliği (Image Height) imajda bulunan sıra adedini belirtir. İlk Görüntü Uzaklığı (Offset to First Image) imaj verisindeki ilk bayttan önce gelen bayt sayısıdır.

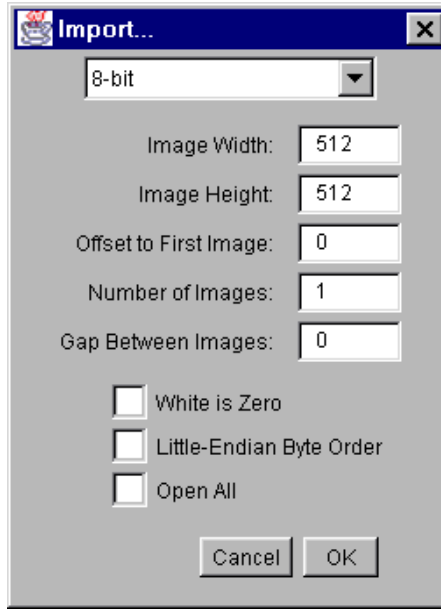
Görüntü Sayısı (Number of Images) dosyada saklanan görüntü sayısıdır. Eğer bu sayı gerçekte olan görüntü sayısından büyükse, yığın gerçek sayıya göre düzenlenir.

Görüntüler Arası Aralık (Gap Between Images) bir görüntünün sonundan diğer görüntünün başına olan bayt sayısıdır. Atlanacak n adet imaj sayısını ayarlamak için bu değeri, genişlik x yükseklik x piksel başına bayt x n hesaplamak gerekmektedir.

Beyaz Değeri Sıfır (White is Zero) beyaz piksellerin gösterilmesinin sayısının siyah piksellerden az olduğu durumlarda işaretlenir. Örnek : fotoğrafik negatifler.

Little Endian Bayt Sırası (Little Endian Byte Order) Intel tabanlı bilgisayarlardan 16 bit veya 32 bit gri imajların aktarılması durumunda kullanılması gereken bir seçenektir.

Tamamını Aç (Open All) ImageJ dizindeki tüm imajları yığın şeklinde ekler. İmajların hepsi aynı boyutta ve tipte olmalıdır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. ImageJ yazılımı ham menüsü

3.3.2.5. Kapat (Close)

Aktif imaj penceresini kapatır. Eğer imajda bir değişiklik meydana gelmişse kayıt için soru sorulur.

3.3.2.6. Kaydet (Save)

Aktif imajı veya yığını TIFF biçiminde kaydeder. Sadece seçilen alanı kaydetmek için dikdörtgen seçim yapılarak, Image/Duplicate menüsü kullanılır.

3.3.2.7. Farklı Kaydet (Save As)

Aktif imajı TIFF, GIF, JPEG veya ham biçimde kaydetmek için kullanılır. Ayrıca ölçüm sonuçları, arama tabloları, seçimler ve XY koordinat seçimleri de kaydedilebilir.

3.3.2.7.1. Tiff...

Aktif imaj veya yığını TIFF biçiminde kaydeder. TIFF biçimi ImageJ veri tiplerini destekleyen ve uzaysal ve yoğunluk kalibrasyonlarını kaydedebilen tek biçimdir.

3.3.2.7.2. Gif...

Aktif imajı GIF biçiminde kaydeder. İmaj 8 bit renk derinliğine sahip olmalıdır. Eğer değilse Image/Type/8-bit Color veya Image/Type/8-bit menüleri kullanılarak dönüştürülmesi gerekmektedir.

3.3.2.7.3. Jpeg...

Aktif imajı JPEG biçiminde kaydeder. JPEG sıkıştırma oranı (0-100) tayini için Edit/Options/JPEG Quality menüsünün kullanılması gerekir. Düşük değerler küçük ve kalitesiz dosyalar üretir. Büyük değerler büyük ve kaliteli dosyalar üretir. Uyarı : JPEG dosya biçim kayıplı sıkıştırma tekniği kullanır. Bu yüzden bu biçim ölçüm yapılmasında veya başka işlemlerde kullanılmamalıdır.

3.3.2.7.4. ZIP...

Aktif imajı veya yığını TIFF dosya biçiminde sıkıştırılmış ZIP arşivi içine kaydeder.

3.3.2.7.5. Ham Veri (Raw Data)

Aktif imajı veya yığını başlığı olmayan ham piksel verisi olarak kaydeder. 16 bit imajlar işaretli kısa biçiminde kaydedilir. 16 bit kayar nokta imajlar big-endian bayt sırasında kaydedilir.

3.3.2.7.6. Metin İmajı (Text Image...)

Aktif imajı elektronik çizelge uyumlu tab-sınırlı metin dosyası olarak kaydeder. Kalibre edilmiş imajlar ve kayar nokta imajlar için Analyze/Set Measurements menüsü içinde Ondalık Basamaklar (Decimal Places) alanı basamak sayısını belirtir. RGB imajları şu formül kullanılarak gri biçime dönüştürülür :

$$\text{Gri} = 0.299 * \text{kırmızı} + 0.587 * \text{yeşil} + 0.114 * \text{mavi} \text{ ya da}$$

$\text{Gri} = (\text{kırmızı} + \text{yeşil} + \text{mavi}) / 3$ (Edit/Options/Conversions menüsünden ağırlıksız RGB-gri dönüştürme seçeneği seçilmişse)

3.3.2.7.7. İmaj Sırası (Image Sequence...)

Yığın içindeki tüm kesitleri ayrı tiff, gif, jpeg veya ham dosyalar olarak kaydeder.

3.3.2.7.8. AVI...

Aktif yığını sıkıştırılmamış AVI dosyası olarak kaydeder.

3.3.2.7.9. LUT...

Aktif imajın arama tablosunu dosyaya kaydeder. Dosya 768 bayt, 256 kırmızı değer, 256 yeşil değer, 256 mavi değer içerir.

3.3.2.7.10. Ölçümler (Measurements...)

Sonuçlar (Results) penceresinde yer alan içeriği tab-sınırlı metin dosyasına aktarır.

3.3.2.7.11. Seçim (Selection...)

Geçerli alan seçimi sınırını dosyaya kaydeder. File/Open menüsü kullanılarak seçim geri alınabilir.

XY Koordinatları (XY Coordinates...)

Çizgi seçimlerin veya alan seçimlerinin XY koordinatlarını iki sütun, tab-sınırlı metin dosyası olarak kaydeder. Dikdörtgen, oval ve düz çizgi seçimlerinin kordinatları aktarılamamaktadır. Bunun için Path Writer Eklentisi kullanılarak bir piksel aralıklı koordinatlar kaydedilebilir.

3.3.2.8. Dönmek (Revert...)

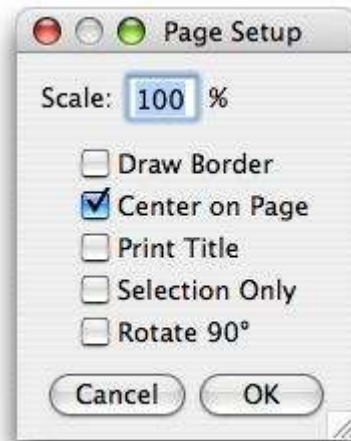
Aktif imajı en son kaydedilen hale döndürmeye yarar. Pencereyi kaydetmeden yeniden açma işlemine alternatif bir kısayoldur. Bu komut yığın dosyalarında çalışmamaktadır.

3.3.2.9. Sayfa Düzeni (Page Setup...)

Sayfa Düzeni iletişim kutusu yazdırılmış çıktının boyutlarını ve ek olarak yazdırma seçeneklerini kontrol etmeyi sağlar.

Ölçek (scale) değerlerinin %100'den küçük olması yazdırılacak imajların ölçülerinin küçültülmesi, %100'den büyük olması yazdırılacak imajların ölçülerinin büyütülmesi anlamındadır. %100 değeri yakınlaştırma yapılmamış ekranda 72 piksel/inç'e tekabül eder. Yazdırılacak imajın ölçüleri için ölçek değeri, piksel biriminde genişlik ve yükseklik değerleri belirlenmektedir. Uzaysal kalibrasyon ihmal edilir.

Kenar Çiz (Draw Border) imajın çevresinde bir piksel genişliğinde siyah kenar yazdırmak için kullanılır. Sayfayı Ortala (Center on Page) sayfanın sol üstünde yazdırılacak olan imajı sayfanın ortasında yazdırmak için gereklidir. Başlığı Yazdır (Print Title) seçeneği ile sayfa başına yazdırılan imajın başlığı eklenir. Sadece Seçim (Selection Only) tüm imaj yerine sadece seçim yapılan alanın yazdırılmasını sağlar. 90° Döndür (Rotate 90°) seçeneği ile yazdırma öncesinde 90° sola imajın döndürülmesi sağlanır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. ImageJ yazılımı sayfa düzeni

3.3.2.10. Yazdır (Print...)

Aktif imajı yazdırır. Yazdırılmış imajın ölçüleri ekrana göre çok az küçüktür. Page Setup menüsü kullanılarak ölçüler artırılıp azaltılabilir.

3.3.2.11. Çıkış (Quit..)

ImageJ programını kapatır. Herhangi bir imaj kaydedilmediyse gereğinin yapılması için uyarı yapılır.

3.3.3. Düzen Menüsü (Edit Menu)**3.3.3.1. Geri Al (Undo)**

Son yapılmış olan imaj düzenleme veya filtreleme operasyonunu geri döndürmek için kullanılır. Yığınlar üzerinde yapılan operasyonlar geri döndürülemez.

3.3.3.2. Kes (Cut)

Mevcut seçili imajın içeriğini dahili panoya kopyalar ve mevcut arkaplan rengi ile doldurur.

3.3.3.3. Kopyala (Copy)

Mevcut seçili imajın içeriğini dahili panoya kopyalar. Eğer bir seçim yapılmamışsa aktif imajın tamamını kopyalar. Durum çubuğunda kopyalanan veri miktarı gösterilir. Diğer uygulamalara aktarmak üzere kopyala, kes ve yapıştır fonksiyonları desteklenmemektedir. File/New/Fill With Clipboard menüsü kullanılarak dahili pano içeriğinden yeni bir pencere yaratılabilir.

3.3.3.4. Yapıştır (Paste)

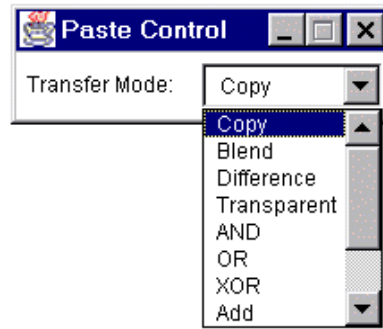
Dahili pano içeriğini aktif imaja yapıştırır. Yapıştırılmış imaj sürüklenbilmesi için otomatik olarak seçili halde bulunur. Yapıştırmayı bitirmek

için seçimin dışına tıklamak gereklidir. Edit/Undo menüsü kullanılarak yapıştırma işlemi iptal edilebilir.

3.3.3.4.1. Yapıştır Kontrol (Paste Control)

Yapıştırma işleminden sonra Yapıştır Kontrol (Paste Control) menüsü kullanılarak imajın nasıl transfer edildiği gösterilmektedir.

Karıştırma (Blend) ve Saydam (Transparent) dışında diğer transfer biçimlerinde Process/Image Calculator menüsünde listelenen açıklamalarla aynı içeriğe sahiptir. Karıştırma (Blend) biçimi “Image Calculator” içindeki “Average” biçimine denk düşmektedir. Saydam (Transparent) biçiminde beyaz pikseller saydam diğer pikseller değiştirilmeden kopyalanır. Saydam (Transparent) biçimi sadece 8 bit ve RGB imajlarla çalışır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. ImageJ yazılımı yapıştır kontrol

3.3.3.5. Temizle (Clear)

Mevcut arkaplan rengi kullanılarak (normalde beyaz) seçili alanın içeriği silinir. Backspace veya Del tuşu bu komut için bir kısayoldur. Image/Colors menüsünden arkaplan rengi değiştirilebilir.

3.3.3.6. Dışı Temizle (Clear Outside)

Mevcut arkaplan rengi kullanılarak seçili alanın dış tarafının içeriği silinir. Image/Colors menüsünden arkaplan rengi değiştirilebilir.

3.3.3.7. Doldur (Fill)

Mevcut önplan rengi kullanılarak seçili alan doldurulur. Önplan rengi damlalık aracı (dropper tool) ile imajdan yeni bir renk alınarak seçilebilir. Image/Colors menüsü kullanılarak da istenilen renkler elde edilebilir.

3.3.3.8. Çiz (Draw)

Mevcut seçimi mevcut önplan rengi ve çizgi kalınlığı kullanılarak çerçeveler. Image/Colors menüsü kullanılarak Renkler (Colors) penceresi açılır ve çizimde kullanılabilecek bir renk paleti elde edilir. Edit/Options/Line Width menüsü ile çizgi kalınlığı değiştirilebilir.

3.3.3.9. Tersine Çevir (Invert)

Fotoğrafik negatife benzer ters bir imaj yaratır.

3.3.3.10. Seçim (Selection)

Bu altmenü içinde bulunan komutlar ile yaratma, silme ve düzenleme yapılabilir.

3.3.3.10.1. Tümünü Seç (Select All)

İmajla aynı büyüklükte bir dikdörtgen seçim yaratır.

3.3.3.10.2. Hiçbirini Seç (Select None)

Aktif imaj üzerinde bulunan seçimi iptal eder.

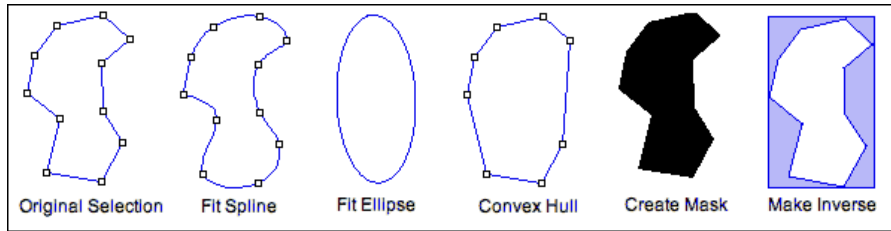
3.3.3.10.3. Seçimi Geri Getir (Restore Selection)

Önceki seçimi orjinal pozisyonuna geri getirir. Eğer aşağıdaki işlemler yapılırsa seçim kaydedilir:

Seçimin dışına tıklanarak silinmesi

Yeni seçim çizilmesi

İmajın seçimle birlikte iptal edilmesi
 İmajın seçimle birlikte kapatılması
 File/New menüsü kullanılarak yeni bir seçim açılması
 Seçimi silecek veya düzenleyecek bir komutun kullanılması
 Bir imajdaki bir seçim diğer imajın da aktif edilmesi ve shift+e tuş kombinasyonunun kullanılması ile transfer edilebilir (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. ImageJ yazılımı seçim

3.3.3.10.4. Eğriye Uydur (Fit Spline)

Kübik bir eğriyi poligon veya poligon seçime uydurur.

3.3.3.10.5. Elipse Uydur (Fit Ellipse)

Seçim alanını en uygun elips ile yer değiştirir. Orjinal seçime göre elips, aynı alan, yerleşim ve merkeze sahiptir. Aynı uydurma algoritması major ve minör eksen ölçülerinin ve açılarının ölçümleri için de kullanılmaktadır.

3.3.3.10.6. Dışbükey Çıkarma (Convex Hull)

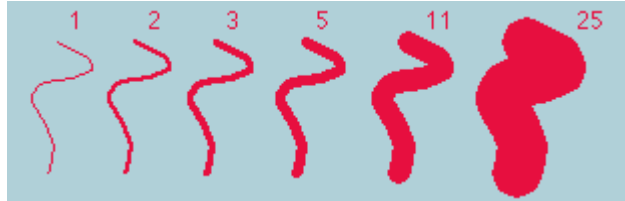
Bir serbest seçim poligonunu dışbükey çıkarma ile değiştirir.

3.3.3.11. Seçenekler (Options)

Bu menüdeki komutlar ile birçok ImageJ kullanıcı tanımlı ayarlar değiştirilebilir.

3.3.3.11.1. Çizgi Kalınlığı (Line Width...)

Çiz (Draw) komutu ile oluşturulan çizgilerin kalınlığını değiştirmek için kullanılır (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. ImageJ yazılımı çizgi kalınlığı

3.3.3.11.2. JPEG Kalitesi (JPEG Quality)

File/Save As/Jpeg menüsü kullanımı için gerekli olan sıkıştırma oranının belirlenmesinde kullanılır. Yüksek miktarda sıkıştırma kullanmak küçük dosyalar yaratmakla birlikte kalitesiz bir görüntü elde edilmesine sebep olur.

3.3.3.11.3. Yazıtipleri (Fonts)

Metin aracı tarafından kullanılmak üzere yazıtipi, büyüklüğü ve stil seçimine yarayan 3 adet menü bulundurur (Şekil 3.28).



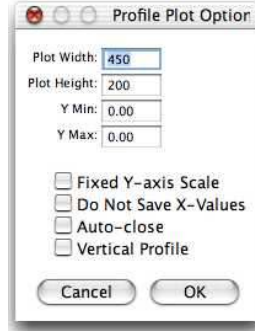
Şekil 3.28. ImageJ yazılımı yazıtipleri

3.3.3.11.4. Yazdırma Profili Seçenekleri (Profile Plot Options)

Analyze/Plot Profile menüsü tarafından gösterilen yazdırma seçeneklerini gösteren menüdür.

Baskı Genişliği (Plot Width) ve Baskı Yüksekliği (Plot Height) piksel ölçülerinde baskı boyutunu belirtir. Sabit Y-ekseni (Fixed Y-Axis Scale)

işaretlenmişse, y eksenini sabit kalır ve Y Min ve Y Max değerleri kullanılır yoksa yazdırma ölçeği minimum ve maksimum gri değerlere göre belirlenir (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. ImageJ yazılımı yazdırma profili seçenekleri

3.3.3.11.5. Nokta Aracı (Point Tool)

Nokta seçme aracını ayarlamak için kullanılır (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. ImageJ yazılımı nokta aracı

Eğer İşaret Genişliği (Mark Width) sıfırdan büyükse ve Otomatik Ölçme (Auto-Measure) açıksa, seçilen büyüklükte bir işaret tıklanan yere çizilecektir. Eğer Otomatik Ölçme açık değilse Ölçme (Measure) komutu kullanılarak çizim yapılabilir. Otomatik Ölçme açıksa ImageJ tıklanan yerleri kaydeder.

3.3.3.11.6. Çevirimler (Conversions)

Bir biçimden diğer biçime nasıl çevirileceğinin kontrolünü yapmak için kullanılır.

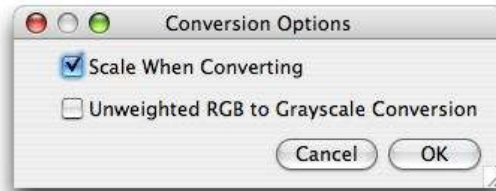
Çevirimde Ölçeklendir (Scale When Converting) seçeneği işaretlendiğinde 16 bitten veya 32 bitten 8 bite çevrimde min-max değerini 0-255 olarak belirler veya 32 bitten 16 bite çevrimde min-max değerini 0-65535 olarak belirler (Şekil 3.31).

Eğer Ağırlıksız RGB – Gri Çevrimi (Unweighted RGB to Grayscale Conversion) seçeneği işaretlenirse RGB imajların griye çevriminde aşağıdaki formül uygulanır:

$$\text{Gri} = (\text{kırmızı} + \text{yeşil} + \text{mavi}) / 3$$

Eğer bu seçenek işaretli değilse

$$\text{Gri} = 0.299 * \text{kırmızı} + 0.587 * \text{yeşil} + 0.114 * \text{mavi} \text{ formülü kullanılır.}$$



Şekil 3.31. ImageJ yazılımı çevirimler

3.3.3.11.7. Hafıza (Memory)

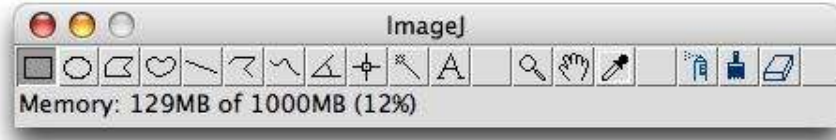
ImageJ programının kullanabileceği en yüksek hafıza miktarını belirlemek için kullanılır (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. ImageJ yazılımı hafıza

ImageJ gibi Java uygulamaları sadece kendileri için ayrılmış hafızayı kullanırlara ancak bu ayarla birlikte normalde 128 MB olarak ayrılmış olan hafızadan daha fazlası kullanılabilir. Bilinmelidir ki gerçek hafızanın %75'inin üstünde bir değer ayarlamak sanal hafızanın kullanılmasına dolayısıyla ImageJ programının yavaşlamasına ve dengesizleşmesine sebep olabilir.

Durum çubuğuna tıklayarak maksimum ayarlanmış hafızayı ve bunun ne kadarının kullanıldığını görebilirsiniz. Durum çubuğuna bu şekilde tıklayarak kullanılmayan hafızanın yeniden düzenlenmesini Java garbage collector sayesinde sağlamış olursunuz (Şekil 3.33).



Şekil 3.33. ImageJ yazılımı hafıza görünümü

3.3.3.11.8. Çeşitli (Misc)

Çeşitli seçeneklerin bulunduğu iletişim kutusunu gösterir.

Sıfıra Bölüm Değeri (Divide by Zero Value) Process/Image Calculator menüsünde 32 bit gerçek imajın değerine bölümünde kullanılır. Varsayılan değer sonsuzdur (infinity). Sayısal değerlerin yanısıra, infinity (sonsuz), max (en büyük pozitif sayı) ve NaN (sayı değil) değerleri de bu alana yazılabilir.

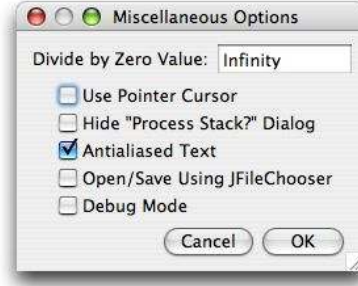
İşaret İmleci Kullan (Use Pointer Cursor) seçeneği ile normalde artı şeklinde olan ve bazen gri imajlarda tespit edilmesi zor olan imlaç yerine ok şeklindeki imleç kullanılır.

Process Stack İletişim Kutusunu Sakla (Hide “Process Stack?” Dialog) seçeneği “Process all xx slices?” (tüm kesitleri işleme alayım mı?) sorusunu iptal eder ve sadece mevcut kesit işlenir.

Antialiased Metin seçeneği ile metin aracı tarafından yaratılan yazıtiplerinin daha yumuşak görünmesi ve histogram pencerelerinde kullanılan metinlerin daha yumuşak görünmesi sağlanır.

JFileChooser Kullanarak Aç/Kaydet (Open/Save Using JFileChooser) seçeneği ile mevcut işletim sisteminde kullanılan dosya açma ve kaydetme menüleri yerine Java menüleri kullanılır. JFileChooser birden çok dosya seçme ve açma yeteneğine sahiptir. Diğer taraftan yavaş, çok hafıza kullanan ve diğer dosya açma ve kaydetme menülerine benzemeyen bir yapısı vardır.

Ayıklama Modu (Debug Mode) Log penceresinde ayıklama mesajlarının görüntülenmesini sağlar. Log penceresinin kapatılması ile gösterim iptal edilmiş olur (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. ImageJ yazılımı çeşitli

3.3.4. Görüntü Menüsü (Image Menu)

3.3.4.1. Tip (Type)

Bu menü kullanılarak aktif imajın tipinin belirlenmesi veya başka bir biçime çevirilmesi sağlanır.

3.3.4.1.1. 8 Bit

8 bit gri biçime çevirir. Aktif imaj 16 bit gri, 32 bit gri, 8 bit renkli ya da RGB renkli biçiminde olmak zorundadır.

3.3.4.1.2. 16 Bit

İşaretsiz 16 bit gri biçimine çevirir. Aktif imaj 8 bit gri ya da 32 bit gri biçiminde olmak zorundadır.

3.3.4.1.3. 32 Bit

İşaretili kayar nokta 32 bit biçimine çevirir. Aktif imaj 8 bit gri ya da 16 bit gri biçiminde olmak zorundadır.

3.3.4.1.4. 8 Bit Renkli (8-bit Color)

Heckbert median-cut color quantization algoritması kullanılarak 8 bit renkli biçime çevirir. Bir iletişim kutusu yardımıyla 2-256 arası renk seçilebilir. Aktif imaj RGB renkli biçimde olmak zorundadır.

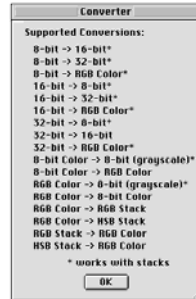
3.3.4.1.5. RGB Renkli (RGB Color)

32 bit RGB renkli biçime çevirir. Aktif imaj gri, 8 bit renkli veya RGB veya HSB yığını biçiminde olmak zorundadır.

3.3.4.1.6. RGB Yığını (RGB Stack)

3 kesitli (kırmızı, yeşil, mavi) yığın biçimine çevirir. Aktif imaj RGB renkli biçiminde olmak zorundadır.

Desteklenmeyen bir çevirim yapılmak istendiğinde mümkün olan çevirim listesini gösteren bit uyarı kutucuğu ekrana gelecektir (Şekil 3.35).



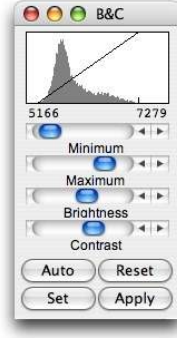
Şekil 3.35. ImageJ yazılımı görüntü tipi dönüşümü

3.3.4.2. Ayar (Adjust)

Parlaklık/kontrast, eşik seviyeleri ve imaj ölçülerinin ayarlanabileceği komutların bulunduğu menüdür.

Parlaklık/Kontrast (Brightness/Contrast) Aktif imajın etkileşimli olarak parlaklık ve kontrastını değiştirmek için kullanılır. 8 bit imajlarda parlaklık ve kontrast arama tablolarının değiştirilmesi ile elde edilir yani piksel değerleri değişmez. 16 bit ve 32 bit imajlarda görüntü 8 bit görüntü değerleri kullanılarak

adreslemenin güncellenmesi ile sağlanır, yine piksel değerlerinde bir değişim olmaz. RGB imajlarında parlaklık ve kontrast piksel değerlerinin değiştirilmesi ile elde edilir. Shift+C tuşu kullanılarak B&C penceresi açılabilir (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. ImageJ yazılımı parlaklık ve kontrast

Tepede bulunan ve imaj histogramı üzerine bindirilen çizgi grafiği, piksellerin nasıl 8 bit adreslendiğini (0-255) gösterir. Görüntünün altındaki iki sayı minimum ve maksimum gösterilen piksel değerlerini verir. Bu iki değer görüntüleme aralığını ya da pencereyi tanımlar. ImageJ imajları 0 – 255 değerleri arasında doğrusal bir adresleme ile gösterir. Değerleri daha düşük olan pikseller siyah olarak görüntülenirken maksimum değerden daha büyük değerler ise beyaz olarak görüntülenir.

4 adet kaydırma çubuğu mevcuttur. Minimum ve maksimum kontrolleri gösterim aralığının alt ve üst değerlerini kontrol eder. Parlaklık imaj parlaklığını gösterim aralığını taşıyarak artırıp azaltır. Kontrast imaj kontrastını gösterim aralığını değiştirerek kontrol eder. Gösterim aralığının kısıtlı olduğu noktada en yüksek kontrast sağlanır.

Otomatik (Auto) seçeneği ile ImageJ imaj histogramını baz alarak otomatik olarak parlaklığı ve kontrastı optimize eder. Bir seçim yapılarak geri kalan imaj seçimin baz olduğu analize göre optimize edilir. Az bir yüzde piksel doygunlaştırılarak optimizasyon tamamlanır. İlave yapılan her otomatik ayar doygun piksel sayısını arttırarak optimizasyon miktarını da arttırır (Şekil 3.37).

Başa Dön (Reset) seçeneği ile orjinal parlaklık ve kontrast ayarlarına geri dönülür. Görüntü aralığı, tüm piksel değeri aralığına ayarlanır. Komut kaydedici çalışıyorsa ResetMinAndMax() makrosu oluşturulur.

Ayarlama (Set) seçeneği seçilerek minimum ve maksimum değer aralığı seçilebilir. Komut kaydedici çalışıyorsa ResetMinAndMax() makrosu oluşturulur.

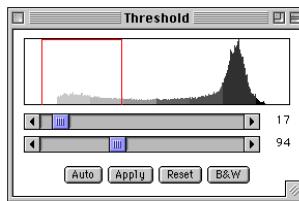


Şekil 3.37. ImageJ yazılımı görüntü ayarları

Uygula (Apply) seçeneği ile mevcut görüntü aralığı adresleme fonksiyonu piksel verisi için uygulanır. Eğer bir seçim yapılmışsa sadece bu seçim doğrultusunda düzenleme yapılır. Bu özellik sadece 8 bit imajlar ve yığınlar ve RGB yığınları ile çalışır. Sadece B&C seçeneği RGB imaj olmayan piksel verilerini değiştirebilir.

3.3.4.2.1. Eşik (Threshold)

Bu araç etkileşimli olarak alt ve üst eşik değerlerini ayarlamak, imajı ilgi ve arkaplan özelliklerine göre bölümlenme için kullanılır. Alt eşik değerinden büyük veya eşit değere sahip olan veya üst eşik değerinden küçük veya eşit olan parlak pikseller kırmızı renk ile gösterilir. Analyze/Measure menüsü kullanılarak seçili özellikler toplamı ölçülebilir. Analyze/Analyze Particles menüsü özellikleri ayrı ayrı ölçmeye yarar (Şekil 3.38).



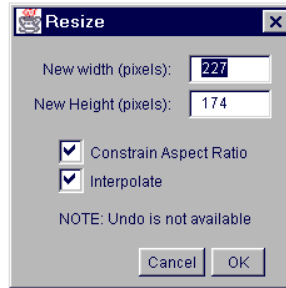
Şekil 3.38. ImageJ yazılımı eşik değer belirleme

Üstte bulunan kaydırma çubuğu sayesinde minimum eşik değeri ayarlanırken, altta bulunan kaydırma çubuğu sayesinde maksimum eşik değeri ayarlanır.

Otomatik (Auto) düğmesi sayesinde mevcut imaj analizinde elde edilen histograma göre eşik değerleri ayarlanır. Uygula (Apply) eşik değeri uygulanmış pikselleri siyah diğerlerini ise beyaz renge ayarlar. Başa Dön (Reset) eşik değerlerini iptal eder ve histogramı günceller. B&W tüm özelliklerin siyah renkte, arkaplanın ise beyaz renkte gösterildiği bir kipe geçirir.

3.3.4.2.2. Boyut (Size)

Aktif imajı veya seçimi belirlenen genişlik ve yükseklik doğrultusunda ölçeklendirir (Şekil 3.39).



Şekil 3.39. ImageJ yazılımı boyut ayarı

En – Boy Oranını Sabit Tut (Constrain Aspect Ratio) seçeneği belirlenen bir genişlik değeri için ImageJ programının yüksekliği orjinal en – boy oranına göre ayarlamasını sağlar. Interpolate seçeneği çift doğrusal interpolasyon yapmaya yarar. Genişlik değerinin sıfır yapılması neticesinde de verilen yükseklik değeri doğrultusunda sabit en – boy oranı kullanılarak yeni bir imaj yaratılır.

3.3.4.2.3. Tuval Boyutu (Canvas Size)

Bir imajın veya yığının ölçeğini değiştirmeden tuval boyutunun değiştirilmesi için kullanılır. Genişlik ve yükseklik büyütülüp daraltılabilir. Tuval boyutu arttırıldığında, kenarlar mevcut arkaplan rengi ile doldurulur. Eğer Boş

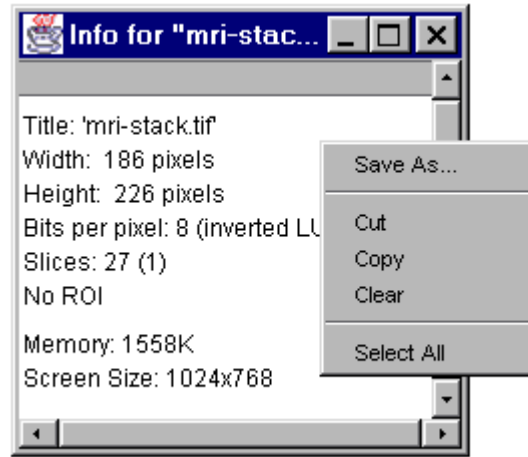
Doldur (Zero Fill) işaretli ise kenarlar sıfır değere sahip olan pikseller ile doldurulur. Image/Color/Color Picker aracı kullanılarak arkaplan rengi değiştirilebilir. Eski imajın yeni tuval içindeki pozisyonu da buradan ayarlanabilir (Şekil 3.40).



Şekil 3.40. ImageJ yazılımı tuval boyutu

3.3.4.3. Bilgi Göster (Show Info)

Aktif imaj hakkında bilgiler gösteren bir metin penceresi açılır. DICOM ve FITS imajları için ayrıca dosya başlıkları da gösterilir. Açılır menü kullanılarak mevcut bilgi kaydedilip sistem panosuna kopyalanabilir (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. ImageJ yazılımı bilgi göster

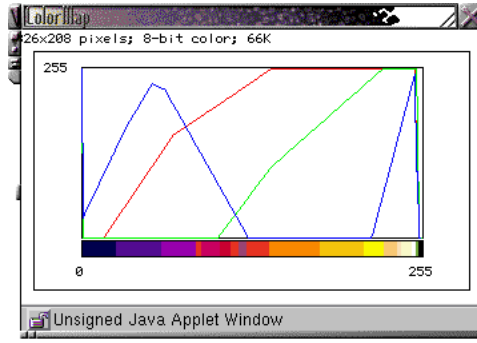
3.3.4.4. Renk (Color)

Yığılı RGB'ye Çevir (Convert Stack to RGB)

2 – 3 kesitten oluşmuş bir yığın dosyasını RGB imajına dönüştürür. Yığın 8 bit veya 16 bit gri biçimde olmalıdır.

3.3.4.4.1. Arama Tablosu Göster (Show LUT)

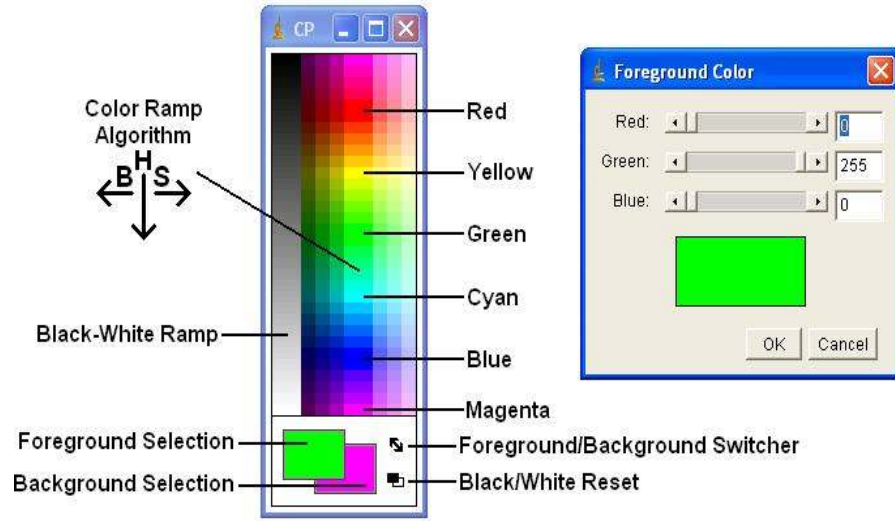
Aktif imajın arama tablosunu gösterir. Arama tablosu ya da renk tablosu her muhtemel 256 piksel değerinin rengini tanımlar. 16 ve 32 bit imajlar için gösterilen piksel değerleri aralığı 0 – 255 olarak adreslenmiştir. Görüntü altında bulunan çubuk piksel değerlerinin renkli gösterimidir. Unutmamalıdır ki RGB renkli imajlar arama tablosu kullanamamaktadır (Şekil 3.42).



Şekil 3.42. ImageJ yazılımı renk haritası

3.3.4.4.2. Renk Toplayıcı (Color Picker)

Renk toplama aracı arakaplan ve önplan renklerinin kullanıcı tarafından seçilmesini sağlar ve bu seçenek ile Edit/Fill, Edit/Draw ve diğer renk çizim komutları etkilenir. Pencerenin alt tarafında mevcut arkaplan ve önplan renkleri gösterilir (Şekil 3.43).



Şekil 3.43. ImageJ yazılımı renk toplayıcı

Renk paleti HSB (Hue (ton), Saturation (doygunluk) ve Brightness (parlaklık)) renk modeli esastır. Paletten aşığı doğru inildikçe Ton (Hue) artarken Saturation (doygunluk) ve Brightness (parlaklık) yatay biçimde ayrılır. Paletin sol yarısı sadece parlaklığı değıştirirken sağı yarısı sadece doygunluğu değıştirir. Ortadaki renk rampasında kırmızı, yeşil, mavi, camgöbeği, morumsu kırmızı ve sarı renkler çabuk seçim için mevcuttur. Renk paletinin solunda ise gri renk rampası (saf siyahtan saf beyaza doğru) bulunur.

Bir renge çift tıklama suretiyle sağı tarafta bulunan Renk Seçici (Color Selector) ekrana gelir. Kaydırma çubukları kullanılarak arkaplan ve önplan RGB renk değeri ayarlanabilir. Renk Seçici (Color Selector) penceresinin başlığında bulunan metin arkaplan veya önplan renk seçiminin yapıldığını gösterir.

3.3.4.5. Yığınlar (Stacks)

3.3.4.5.1. Kesit Ekle (Add Slice)

Mevcut görüntölenen kesit ardına boş bir kesit ekler.

3.3.4.5.2. Kesit Sil (Delete Slice)

Mevcut kesiti siler.

3.3.4.5.3. Sonraki Kesit (Next Slice)

Mevcut kesiti takip eden kesiti görüntüler

3.3.4.5.4. Önceki Kesit (Previous Slice)

Mevcut kesit öncesinde bulunan kesiti görüntüler.

3.3.4.5.5. Kesit Ayarla (Set Slice)

Seçilen kesiti gösterir. Kullanıcı birden büyük veya eşit veya toplam kesit sayısından küçük veya eşit bir değer girmelidir.

3.3.4.5.6. Görüntüleri Yığına Dönüştür (Convert Images to Stack)

Ayrı pencerelerde gösterilen mevcut imajlardan bir yığın dosyası oluşturur. İmajlar aynı tipte ve büyüklükte olmalıdır.

3.3.4.5.7. Yığını Görüntülere Dönüştür (Convert Stack to Images)

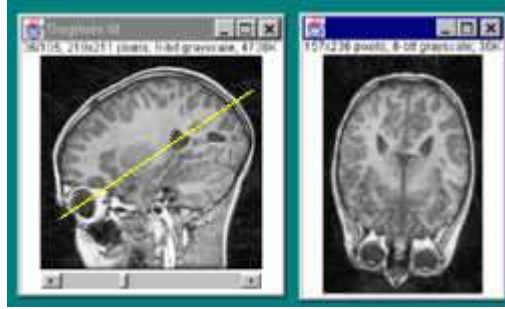
Mevcut yığında bulunan kesitleri ayrı imaj pencerelerine dönüştürür.

3.3.4.5.8. Montaj Yap (Make Montage)

Yığında grid biçiminde gösterilen imajları için tek imaj penceresi üretir. Bu özellik yığın içinde seri halde bulunan imajları karşılaştırma için faydalı bir yöntemdir. Bir iletişim kutusu sayesinde kopyalanan imajların büyütme seviyesi belirlenebilir ve sonuç gridinin görünümü ayarlanabilir.

3.3.4.5.9. Tekrar Kesit (Reslice)

Mevcut yığın içinde gösterilen imaj miktarı doğrultusunda bir veya daha fazla ortogonal kesitler yapılmasını sağlar (Şekil 3.44).



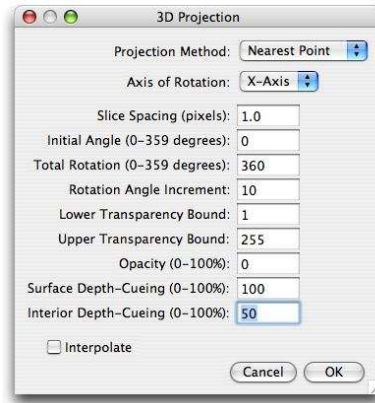
Şekil 3.44 Tekrar Kesit

3.3.4.5.10. ZProject

İmaj düzlemine dük ekseninde imaj yığını tasarlamak için kullanılır.

3.3.4.5.11. 3B Sunum (3D Project)

Dönen 3 boyutlu veri seti doğrultusunda sıralı bir animasyon meydana getirir. Animasyondaki her çerçeve farklı açıdan görüntüler sonucu elde edilir (Şekil 3.45).



Şekil 3.45. ImageJ 3B sunum

3.3.4.5.12. Z-ekseni Profilini Yazdır (Plot Z-axis Profile)

ROI seçiminin gri değerlerin kesit sayısı karşılaştırması doğrultusunda yazdırılmasını sağlar.

3.3.4.5.13. Animasyonu Başlat (Start Animation)

Aktif yığının kesitlerini sürekli bir biçimde canlandırma işlemini gerçekleştirir. Durdurmak için Animasyonu Durdur (Stop Animation) ya da fare tıklaması yapmak yeterlidir. Animasyon Özellikleri (Animation Options) kutusu sayesinde animasyon hızı belirlenebilir. Aynı anda birden çok yığın canlandırılabilir.

3.3.4.5.14. Animasyonu Durdur (Stop Animation)

Canlandırmayı durdurur.

3.3.4.5.15. Animasyon Seçenekleri (Animation Options)

Animasyon hızı gibi seçeneklerin değiştirilebileceği iletişim kutusu gösterilir.

3.3.4.6. Kırpma (Crop)

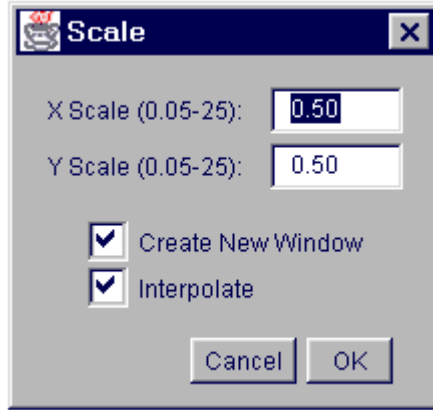
Dikdörtgen seçim doğrultusunda imajı veya yığını kırpma işlemi yapılır.

3.3.4.7. Kopyasını Çıkar (Duplicate)

Aktif imajın veya seçimin bir kopyasını yeni bir pencerede yaratır.

3.3.4.8. Ölçek (Scale)

Ölçek faktörleri kullanarak imajı veya seçimi yatay ve/veya dikey yönde yeniden ölçülendirir. Interpolate seçeneği kullanılarak doğrusal interpolasyon yardımıyla ölçülendirme yapılabilir. En iyi görüntüleri elde etmek için tamsayı ölçek faktörleri kullanmak gerekir (Şekil 3.46).



Şekil 3.46. ImageJ yazılımı ölçek

3.3.4.9. Çevir (Rotate)

3.3.4.9.1. Düşey Çevir (Flip Vertical)

İmajı veya seçimi yukarıdan aşağıya çevirir.

3.3.4.9.2. Yatay Çevir (Flip Horizontal)

İmajı veya seçimi orjinal görüntünün ayna yansımasıyla yer değiştirir.

3.3.4.9.3. 90° Sağa Çevir (Rotate 90 Degrees Right)

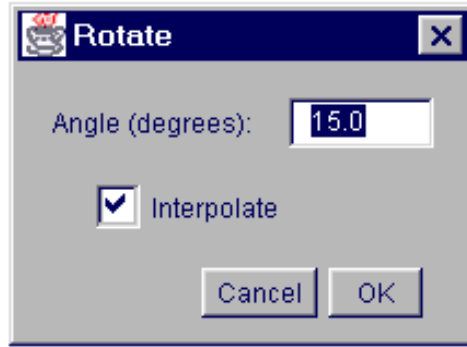
İmajı veya yığını saat yönünde 90° çevirir.

3.3.4.9.4. 90° Sola Çevir (Rotate 90 Degrees Left)

İmajı veya yığını saat yönünün tersinde 90° çevirir.

3.3.4.9.5. Karara Göre Çevir (Arbitrarily)

Aktif imajı veya seçimi saat yönünde istenilen açıda çevirir (Şekil 3.47).



Şekil 3.47. ImageJ yazılımı çevirme

3.3.4.10. Arama Tabloları (Lookup Tables)

Gri renk resimlere de uygulanabilecek renk arama tabloları seçimi bilgilerini içerir. Eğer bir imaj açılmamışsa 256x32 imaj oluşturularak renk tablosu görüntülenir.

3.3.4.10.1. Arama Tablosunu Tersine Çevir (Invert LUT)

Mevcut arama tablosunu tersine çevirir. 8 bit imajlar için “v” değeri 255-v şeklinde kullanılır. Tersine çevrilmiş tablolarda 0 değerleri beyaz 255 değerleri siyah olarak gösterilir. Edit/Invert menüsünden farklı olarak piksel değerleri değiştirilmez.

3.3.4.10.2. Arama Tablosunu Uygula (Apply LUT)

Mevcut arama tablosu fonksiyonunu imaj veya seçim içinde bulunan tüm piksellere uygular.

3.3.5. İşlem Menüsü (Process Menu)

3.3.5.1. Yumuşatma (Smooth)

Aktif imajı veya seçimi bulanıklaştırır. Bu filtre tüm pikselleri komşularının 3x3 değerlerinin ortalaması ile yer değiştirir.

3.3.5.2. Keskinleştir (Sharpen)

Kontrastı arttırarak imajdaki veya seçimdeki detayı vurgular. Bu filtre aşağıdaki ağırlıklı faktörleri kullanarak tüm pikselleri komşularının 3x3 değerlerinin ağırlıklı ortalaması ile yer değiştirir.

-1	-1	-1
-1	12	-1
-1	-1	-1

3.3.5.3. Kenarları Bul (Find Edges)

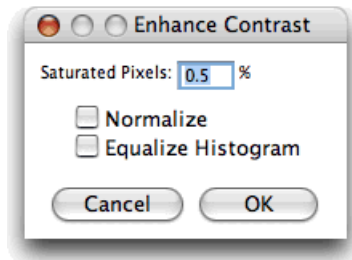
Sobel kenar tespiti ile yoğunluktaki keskin değişimleri işaretler. 2 adet 3x3 kırım esası kullanılarak yatay ve düşey türevler üretilir.

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

3.3.5.4. Kontrastı Arttır (Enhance Contrast)

Histogram uzatılması veya histogram eşitlemesi kullanarak imaj kontrastını arttırır (Şekil 3.48). Nomalize veya Equalize Histogram seçenekleri seçilmediği sürece piksel değerleri değiştirilmez.



Şekil 3.48. ImageJ yazılımı kontrastı arttır

Doygun Pikseller (Saturated Pixels) değeri imajdaki doymuş hale gelebilecek piksel sayısını verir. Bu değerin arttırılması kontrastın arttırılması

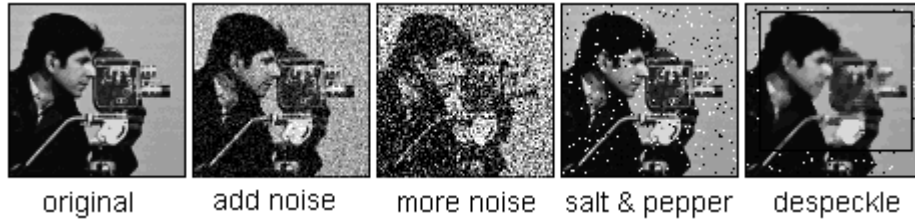
anlamına gelir. Histogram uzatılması işleminin istenildiği gibi çalışmamasını önlemek için bu değerin sıfırdan büyük bir değer seçilmesi gerekir.

Normalize seçeceğinin seçilmesi ile ImageJ piksel değerlerini uygun değer aralıklarını gözönüne alarak tekrar hesaplar. 8 bit imajlar için maksimum aralık 0 – 255 ve 16 bit imajlar için 0 – 65535'dir. RGB imajlar için normalizasyon desteklenmemektedir.

Histogramı Eşitle (Equalize Histogram) seçeneği imajı geliştirmeye yarar. Bir seçim yaratılarak eşitlemenin histogram baz alınarak yapılması sağlanır.

3.3.5.5. Gürültü (Noise)

İmaja bir gürültü efekti koymak veya kaldırmak için kullanılır (Şekil 3.49).



Şekil 3.49. ImageJ yazılımı gürültü

3.3.5.5.1. Gürültü Ekle (Add Noise)

İmaja veya seçime rasgele bir gürültü efekti ekler. Gürültü efekti Gaussian (normal) dağılımdır ve standart sapması 25'dir.

3.3.5.5.2. Daha Fazla Gürültü Ekle (Add More Noise)

Standart sapması 75 olan Gaussian gürültü efekti ekler.

3.3.5.5.3. Tuz ve Biber (Salt and Pepper)

Görüntü veya seçimdeki pikselleri rasgele %2.5 siyah, %2.5 beyaz renklerle değiştirir. Sadece 8 bit imajlarla çalışır.

3.3.5.5.4. Ufak Benek (Despeckle)

Bir medyan filtresidir. Her piksel 3x3 komşuluğundaki ortalama değer ile değiştirilir. Çok zaman harcanan bir operasyondur çünkü her pikselin etrafındaki 3x3 alandaki 9 adet piksel sıralanıp ortalama değeri medyan değeri ile değiştirilecektir. Tuz ve Biber (Salt and Pepper) filtresini kaldırmada kullanılan iyi bir filtredir.

3.3.5.6. Gölge (Shadows)

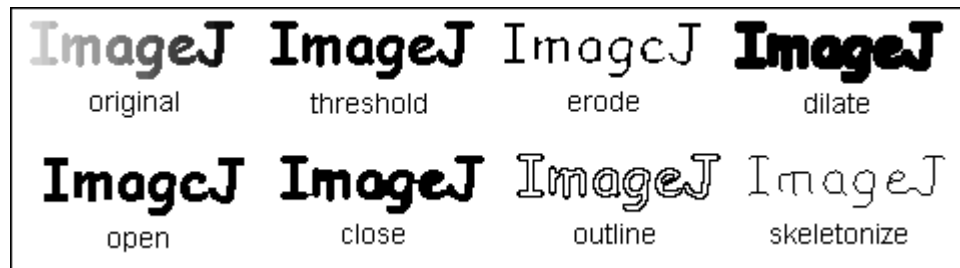
Gölge efekti üretmek için kullanılır. Komutlar ImageJ 3x3 convolution fonksiyonunu kullanır (Şekil 3.50).



Şekil 3.50. ImageJ yazılımı gölge

3.3.5.7. Siyah ve Beyaz (Binary)

Siyah beyaz imajları işlemek için komutlar kullanır. Komutlar objelerin siyah arkaplanın ise beyaz olduğunu varsayar (Şekil 3.51).



Şekil 3.51. ImageJ yazılımı siyah ve beyaz

3.3.5.7.1. Eşik Değeri (Threshold)

Gri imajları siyah ve beyaza, renkli imajları 8 ana renge dönüştürür. Eşik seviyesi imajın veya seçimin histogram analizi ile belirlenir.

3.3.5.7.2. Aşınma (Erode)

Her pikselin 3x3 komşularının minimum değeri ile yer değiştirilmesidir. Siyah beyaz imajlarda siyah objelerin kenarlarındaki pikseller kaldırılır. Gri ve renkli imajlarda arkaplandan daha koyu olan objelerin boyutları azaltılır.

3.3.5.7.3. Genişletme (Dilate)

Her pikselin 3x3 komşularının maksimum değeri ile yer değiştirilmesidir. Siyah beyaz imajlarda siyah objelerin kenarlarına pikseller eklenir. Gri ve renkli imajlarda arkaplandan daha koyu olan objelerin boyutları artırılır.

3.3.5.7.4. Aç (Open)

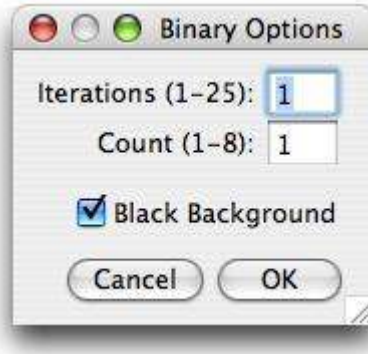
Aşınma (Erode) ardından Genişletme (Dilate) operasyonu gerçekleştirilir. Siyah beyaz imajlarda objeler yumuşar ve izole edilmiş pikseller taşınır.

3.3.5.7.5. Kapat (Close)

Genişletme (Dilation) ardından Aşınma (Erosion) operasyonu gerçekleştirilir. Siyah beyaz imajlarda objeler yumuşar ve küçük delikler dolar.

3.3.5.7.6. Seçenekler (Options)

Komutlar tarafından kullanılan birçok seçeneği gösterir (Şekil 3.52).



Şekil 3.52. ImageJ yazılımı siyah ve beyaz seçenekleri

Iterations seçeneği Aşınma (Erode), Genişletme (Dilate), Aç (Open), Kapat (Close) işlemlerinin gerçekleştirme sayısını belirtir. Count seçeneği Aşınma (Erode), Genişletme (Dilate) işlemleri için geçerli olan komşu piksel sayısını belirtir. Black Background seçeneği siyah arkaplan üzerinde beyaz objeler olduğu durumda kullanılır.

3.3.5.7.7. Kontur (Outline)

Siyah beyaz imajlarda siyah objelerin bir piksel kalınlığında kontur meydana getirilmesini sağlar.

3.3.5.7.8. İskelet (Skeletonize)

Objelerin kenarlarından tek bir piksel kalınlığında kalıncaya kadar pikselleri kaldırır. Burada objeler siyah arkaplan beyaz olarak varsayılır.

3.3.5.7.9. Uzaklık Haritası (Distance Map)

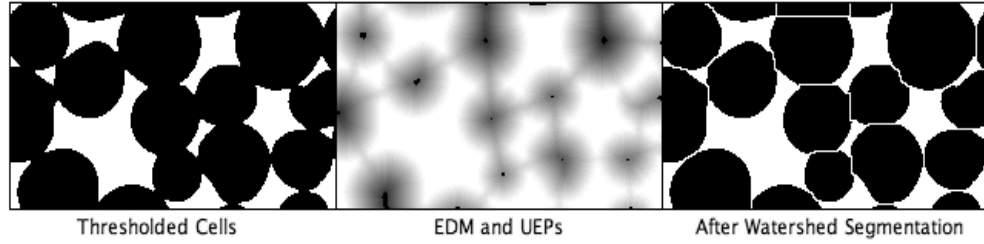
Euclidian uzaklık haritası meydana getirir. Siyah beyaz imajdaki her önplan (siyah) piksel, kendine en yakın arkaplan (beyaz) pikseline olan uzaklığına göre gri değerler alır.

3.3.5.7.10. Son Noktalar (Ultimate Points)

Euclidian uzaklık haritasının son noktalarını oluşturur.

3.3.5.7.11. Watershed

Watershed ayrıştırması otomatik bir ayırma ve kesme yöntemidir (Şekil 3.53).



Şekil 3.53. ImageJ yazılımı Watershed ayrımı

3.3.5.8. Matematik (Math)

3.3.5.8.1. Ekle (Add)

İmajı bir sabit ekler. 8 bit imajlarda 255'den büyük değerler 255 olarak gösterilir. 16 bit işaretli imajlarda 65.535'den büyük değerler 65.535 olarak gösterilir.

3.3.5.8.2. Çıkar (Subtract)

İmajdan bir sabit çıkarılır. 8 ve 16 bit imajlarda sıfırdan küçük değerler sıfıra eşitlenir.

3.3.5.8.3. Çarpma (Multiply)

İmajı bir sabit ile çarpar. 8 bit imajlarda 255'den büyük değerler 255 olarak gösterilir. 16 bit işaretli imajlarda 65.535'den büyük değerler 65.535 olarak gösterilir.

3.3.5.8.4. Bölme (Divide)

İmajı bir sabit ile böler. Sıfıra bölümler yoksayılır.

3.3.5.8.5. Ve (AND)

İmaja ve belirtilen ikili sabite Ve (AND) işlemi uygular.

3.3.5.8.6. Veya (OR)

İmaja ve belirtilen ikili sabite Veya (OR) işlemi uygular.

3.3.5.8.7. Veya (XOR)

İmaja ve belirtilen ikili sabite Veya (XOR) işlemi uygular.

3.3.5.8.8. Min (Min)

Belirtilen sabitten daha düşük değere sahip pikseller sabit ile değiştirilir.

3.3.5.8.9. Max (Max)

Belirtilen sabitten daha büyük değere sahip pikseller sabit ile değiştirilir.

3.3.5.8.10. Gama (Gamma)

$0.1 \leq \text{gamma} \leq 5.0$ olduğu durumda $f(p) = (p/255)^{\text{gamma}} * 255$ fonksiyonunun her piksele uygulanmasını sağlar. RGB imajları için tüm renk kanallarına uygulanır. 16 bit imajlarda 255 değeri yerine min ve max fonksiyonları kullanılır.

3.3.5.8.11. Log (Log)

8 bit imajlar için $f(p) = \log(p) * 255 / \log(255)$ fonksiyonu uygulanır. RGB imajları için tüm renk kanallarına uygulanır. 16 bit imajlarda 255 değeri yerine min ve max fonksiyonları kullanılır. Kayar nokta imajlar için herhangi bir ölçekleme yapılmaz. İmajın log10 hesabının yapılması için, sonuç 0.4343 ile çarpılır.

3.3.5.8.12. Karşılıklı (Reciprocal)

Aktif imajın veya seçimin karşılığını oluşturur. Sadece 32 bit kayar nokta imajlarda kullanılır.

3.3.5.8.13. Arkaplan Sayı Değil (NaN Background)

32 bit kayar nokta imajlarda eşik değeri verilmemiş pikselleri sayı olmayan bir değere dönüştürür.

3.3.5.8.14. Mutlak Değer (Abs)

Aktif imajın veya seçimin mutlak değerini oluşturur. Sadece 32 bit kayar nokta imajlarla çalışır.

3.3.5.9. FFT (Fast Fourier Transform)

Sıklık alan gösterimi, düzenleme ve işleme komutları bulunur. 2 boyutlu Fast Hartley Transform ile yürütülürler.

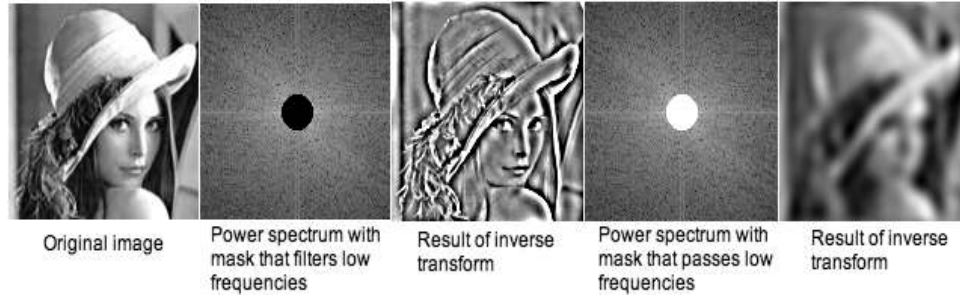
3.3.5.9.1. FFT (Fast Fourier Transform)

Fourier Dönüşümü hesaplar ve güç spektrumu gösterir. Sıklık alan gösterimi 32 bit kayar nokta FHT olarak, güç spektrumu 8 bit imaj olarak kaydedilir.

Eğer fare aktif bir sıklık dağılım penceresi üzerindeyse, konumu kutupsal koordinatlar ile gösterilir. Açı derece cinsinden gösterilirken yarıçap piksel/devir olarak gösterilir.

3.3.5.9.2. Ters FFT (Fast Fourier Transform)

Ters Fourier Dönüşümü hesaplar. Dönüştürülmüş imaj üzerindeki benekler filtrelenerek ya da maskelenerek dağılımların seçildiği ters dönüşüm uygulanırsa sadece seçilen dağılımların olduğu ya da seçilen dağılımların yok edildiği bir imaj üretilir (Şekil 3.54).



Şekil 3.54. ImageJ yazılımı FFT

3.3.5.9.3. Tekrar Gösterilen Güç Spektrumu (Redisplay Power Spectrum)

Sıklık dağılım imajı kullanılarak güç spektrumunun yeniden hesaplanması sağlanır. Bu komut 8 bit güç spektrumunu düzenlerken oluşan karışıklıklarda yeniden başlamayı sağlar.

3.3.5.9.4. Kanal Geçiş Filtresi (Bandpass Filter)

Hazır bit FFT filtre eklentisidir.

3.3.5.9.5. Kişisel Filtre (Custom Filter)

Kullanıcı tarafından sağlanmış imajların filtre olarak kullanılması doğrultusunda Fourier filtreleme yapılmasını sağlar.

3.3.5.9.6. FD Matematik (FD Math)

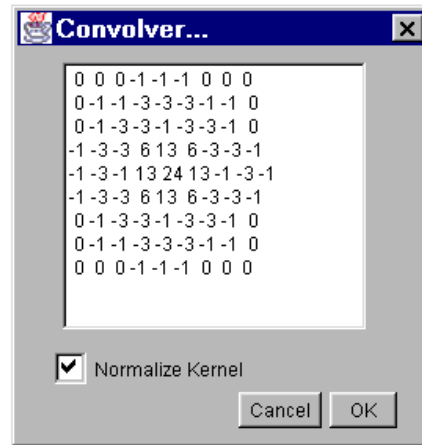
Bu komutla iki imajın korelasyonu, öteleme ve ters öteleme işlemleri yapılır. Bu işlem imajların sıklık dağılımlarının eşlenik çarpma, çarpma ve bölme ile çevrilmesi ile yapılır.

3.3.5.10. Filtreler (Filters)

Plugins/Utilities/Install Plugin menüsü ile yüklenen çeşitli filtreleri ve eklenti filtrelerini içerir.

3.3.5.10.1. Öteleme (Convolve)

Bir metin alanına girilen çekirdek bilgi kullanılarak uzaysal öteleme yapılır. Çekirdek bilgi kaynak pikselin merkezine ve diğer elemanların komşu piksellerine tekabül eden bir matristir. Hedef piksel her kaynak pikselin kendi çekirdek bilgi katsayısı ile çarpımından elde edilir (Şekil 3.55).



Şekil 3.55. ImageJ yazılımı öteleme

3.3.5.10.2. Guassian Bulanıklığı (Guassian Blur)

Guassian çekirdeği kullanılarak mevcut görüntü yumuşak hale getirilir. Çekirdeğin genişliği $2 \times \text{yarıçap} + 1$ formülüyle hesaplanır.

3.3.5.10.3. Medyan (Median)

Her pikselin komşu piksel değerlerinin medyanı alınarak aktif imajdaki kirlilik efekti azaltılır.

3.3.5.10.4. Orta (Mean)

Her pikselin komşu piksel değerlerinin ortası alınarak aktif imaj yumuşatılır.

3.3.5.10.5. Minimum (Minimum)

Piksel komşularının en küçük değerleri ile değiştirilerek gri aşındırma işlemi yapılır.

3.3.5.10.6. Maksimum (Maximum)

Piksel komşularının en büyük değerleri ile değiştirilerek gri genişletme işlemi yapılır.

3.3.5.10.7. Keskin Olmayan Maske (Unsharp Mask)

Orjinal imajdan bulanık hali çıkarılarak kenarlar keskin ve geliştirilmiş hale getirilir. Keskin olmayan maske Mask Weight parametresi ile Gaussian Bulanıklığının çarpımından elde edilir. Kontrastın artırılması için Gaussian Bulanıklığının, kenar değerlerinin artırılması için Mask Weight değerinin artırılması gerekmektedir.

3.3.5.10.8. Varyans (Variance)

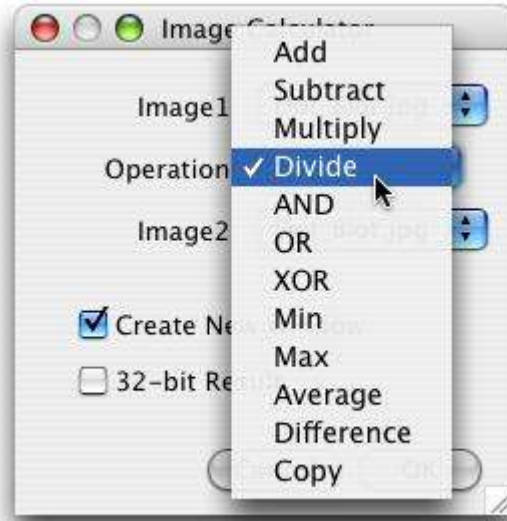
Komşu piksel varyansları ile değiştirilerek kenarların işaretlenmesi sağlanır.

3.3.5.10.9. Dairesel Maskeyi Göster (Show Circular Masks)

Medyan, Orta, Minimum, Maksimum ve Varyans filtrelerinin kullandığı örnek maskeler yığın içinde yaratılır.

3.3.5.11. Görüntü Hesap Makinesi (Image Calculator)

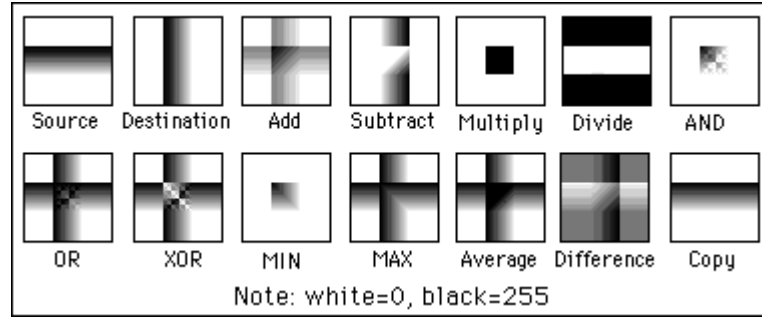
Menüden seçilen iki imaj arasında aritmetik ve mantıksal işlemler yapar (Şekil 3.56, Şekil 3.57, Çizelge 3.1).



Şekil 3.56. ImageJ yazılımı görüntü hesap makinesi

Çizelge 3.1. ImageJ yazılımı görüntü hesaplama işlemleri

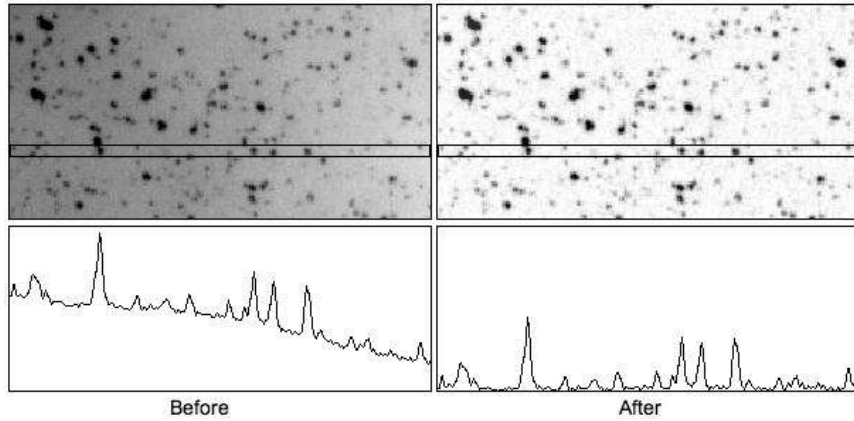
Add	$img1 = img1 + img2$
Subtract	$img1 = img1 - img2$
Multiply	$img1 = img1 * img2$
Divide	$img1 = img1 / img2$
AND	$img1 = img1 \text{ AND } img2$
OR	$img1 = img1 \text{ OR } img2$
XOR	$img1 = img1 \text{ XOR } img2$
Min	$img1 = \min(img1, img2)$
Max	$img1 = \max(img1, img2)$
Average	$img1 = (img1 + img2) / 2$
Difference	$img1 = img1 - img2 $
Copy	$img1 = img2$



Şekil 3.57. ImageJ yazılımı görüntü hesaplama işlemleri

3.3.5.12. Arkaplan Çıkarma (Subtract Background)

Yumuşak devamlı arkaplanları jellerden ve diğer imajlardan çıkarır (Şekil 3.58).



Şekil 3.58. ImageJ yazılımı arkaplan çıkarma

3.3.5.13. Tekrarla Komutu (Repeat Command)

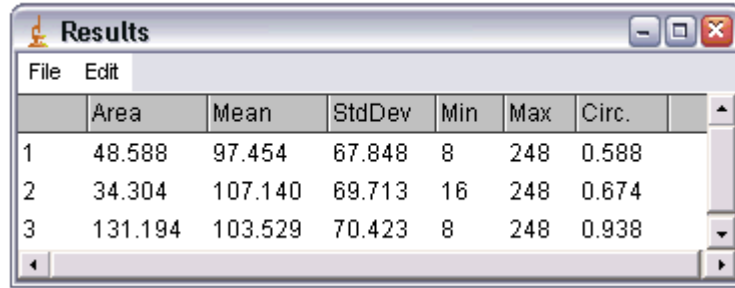
Bir önceki komutu tekrarlar.

3.3.6. Analiz Menüsü (Analyze Menu)

3.3.6.1. Ölçme (Measure)

Seçim tipine bağlı olarak alan istatistikleri, çizgi uzunlukları ve açıları veya nokta koordinatları hesaplanır. Eğer bir seçim yapılmadıysa veya alt bölge seçimi ilk

4 seçim aracı ile yapılmışsa alan istatistikleri hesaplanır. Çizgi uzunluğu ve açısı herhangi bir çizgi seçim aracı ile seçilmişse hesaplanır. Bir veya daha fazla nokta nokta seçme aracı ile seçilmişse koordinatlar kaydedilir. Analyze/Set Measurements menüsü kullanılarak hangi alan istatistiklerinin kaydedildiği belirlenebilir (Şekil 3.59).



	Area	Mean	StdDev	Min	Max	Circ.
1	48.588	97.454	67.848	8	248	0.588
2	34.304	107.140	69.713	16	248	0.674
3	131.194	103.529	70.423	8	248	0.938

Şekil 3.59. ImageJ yazılımı ölçme

Çizgi seçimleri kullanılarak aşağıdaki parametreler kaydedilebilir:

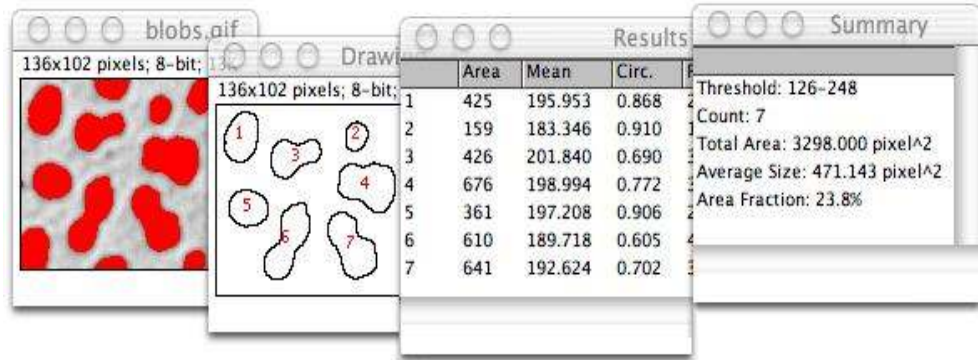
- Uzunluk
- Açı (düz çizgi için)
- Ortalama
- Standart Sapma
- Mod
- Minimum
- Maksimum
- Sınır dikdörtgen

Ölçümleri tab sınırlı metin dosyası olarak dışarıya aktarmak için File/Save As/Measurements ya da Sonuçlar (Results) penceresinden File/Save As menülerinin kullanılması gerekmektedir. Ölçümleri kopyalamak için Sonuçlar (Results) penceresinden Edit/Copy All menüsünün kullanılması gerekmektedir.

Sonuçlar (Results) penceresindeki sütun genişlikleri, sütunları ayıran çizgilerin sürüklenmesi yoluyla genişletilebilir.

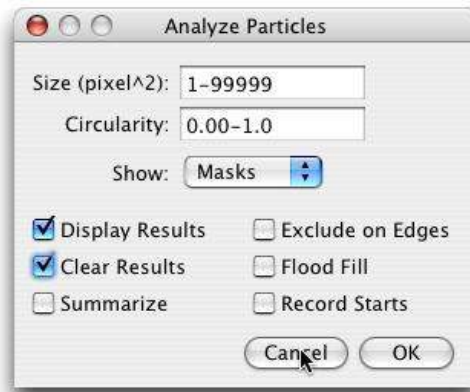
3.3.6.2. Parça Analizi (Analyze Particles)

Bu komut siyah beyaz ya da eşik değeri belirlenmiş imajlardaki objeleri sayma ve ölçme işlemlerini yapar. Objenin kenarı bulunana kadar imaj taranır. Objenin çevresi Wand aracı sayesinde oluşturulur ve Ölçme (Measure) komutuyla ölçülür, görünemez yapmak için doldurulur (Şekil 3.60).



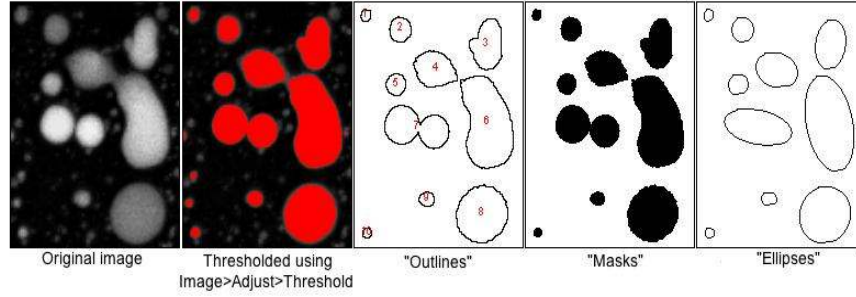
Şekil 3.60. ImageJ yazılımı parça analizi

Parça analizi düzeni için iletişim kutusu kullanılır (Şekil 3.61). Boyut (Size) bölümünde belirlenen aralık dışında kalan parçacıklar ihmal edilir. Bu bölüme tek bir değer girildiğinde analiz esnasında bu değerden küçük parçacıklar ihmal edilecektir. Aynı şekilde Dairesellik (Circularity) bölümünde belirlenen aralık dışında kalan değerler de ihmal edilecektir. Dairesellik için uygulanan formül : 4π (alan/çevre²). 1.0 değeri mükemmel daireyi gösterir.



Şekil 3.61. ImageJ yazılımı parça analizi

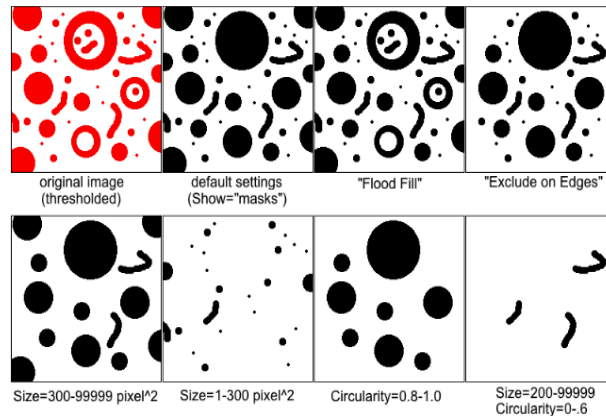
Göster (Show) menüsünden Kontur (Outlines) seçilerek ölçülmüş parçacıklar için numaralandırılmış konturların gösterilmesi sağlanır. Maske (Masks) seçilerek ölçülmüş parçacıklar doldurulmuş konturlar halinde veya Elips (Ellipses) seçilerek ölçülmüş parçacıklara en uygun elips gösterilir (Şekil 3.62).



Şekil 3.62. ImageJ yazılımı parça analizi

Sonuçları Göster (Display Results) işaretlenmesi ile Sonuçlar (Results) penceresinde her bir gösterilen parçacık ölçümleri görüntülenebilir. Sonuçları Temizle (Clear Results) seçili olduğunda önceki ölçüm sonuçları silinir. Özetle (Summarize) işaretlendiğinde ayrı bir pencerede parçacık sayısı, toplam parça alanı, ortalama parçacık sayısı ve alan dağılımı bilgileri gösterilir. Kenarları Dışarıda Bırak (Exclude on Edges) seçeneği ile kenare dokunan parçacıklar ihmal edilir.

Sel Doldurma (Flood Fill) işaretlendiğinde ImageJ bu yöntemi kullanarak her parçacığı doldurur. Bu yöntem dahili boşlukları dışarıda bırakmak ve diğer parçacıklarla birlikte olan parçacıkları ölçmek için kullanılır (Şekil 3.63).



Şekil 3.63. ImageJ yazılımı parça analizi

3.3.6.3. Özetle (Summarize)

Sonuç tablosundaki her sütun, ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerini hesaplar ve gösterir.

3.3.6.3.1. Sonuçları Temizle (Clear Results)

Sonuç tablosunu siler ve ölçüm sayacını yeniden başlatır.

3.3.6.4. Ölçümleri Ayarla (Set Measurements)

Analyze/Measure ve Analyze/Analyze Particles menüleri tarafından hangi ölçümlerin kaydedileceği belirtilir (Şekil 3.64).

Alan (Area) – Seçimin piksel² cinsinden alan ölçümüdür. Eğer Analyze/Set Scale menüsü kullanılarak imaj uzaysal kalibre edilmişse alan kalibrasyonlu birimler olabilir (mm²).

Ortalama Gri Değer (Mean Gray Value) – Seçimdeki gri değerlerin ortalamasını verir. Bu değer tüm piksellerin gri değerlerinin toplamının piksel sayısına bölünmesiyle bulunur.

Standart Sapma (Standard Deviation) – Ortalama Gri Değeri hesaplamak için gri değerlerin standart sapması hesaplanır.

Mod Gri Değer (Modal Gray Value) – Sürekli tekrarlayan gri değeri verir. Histogramda pik noktayı gösterir.

Min. & Mak. Gri Seviye (Min & Max Gray Level) – Seçimdeki minimum ve maksimum gri değerlerini gösterir.

Centroid – Seçimin merkez noktasını verir. Seçim içerisinde bulunan tüm piksellerin x ve y koordinatlarının ortalamasıdır.

Kütle Merkezi (Center of Mass) – Seçimin içerisinde bulunan tüm piksellerin parlaklık ağırlıklı x ve y koordinatları ortalamasını gösterir.

Çevre (Perimeter) – Seçimin dış sınırlarının uzunluğunu gösterir.

Sınır Dikdörtgen (Bounding Rectangle) – Seçimi kapsayan en küçük dikdörtgeni gösterir. BX, BY, Genişlik ve Yükseklik başlıklarını içerir. BX, BY dikdörtgenin üst sol köşesinin koordinatlarını gösterir.

Elipse Uydur (Fit Ellipse) – Seçimi kapsayan elipsi gösterir. Majör, Minör ve Açı başlıklarını içerir. Majör ve Minör elipsin birinci ve ikinci eksenlerini, Açı birinci eksen ile x eksenine paralel bir çizgi arasındaki açıyı ifade eder.

Dairesellik (Circularity) – 4π (alan/çevre²). 1.0 değeri mükemmel daireyi gösterirken 0.0 artarak uzayan bir poligonu gösterir. Değerler çok küçük parçalar için geçerli olmayabilir.

Feret Çapı (Feret's Diameter) – Seçim sınırları içinde iki nokta arasındaki en uzak mesafeyi gösterir. Ayrıca Kaliper Uzunluğu olarak da bilinir.

Tamamlanmış Yoğunluk (Integrated Density) – İmajda veya seçimde bulunan piksellerin değerlerinin toplamını gösterir.

Medyan (Median) – İmajda veya seçimde bulunan piksellerin ortanca değerini gösterir.

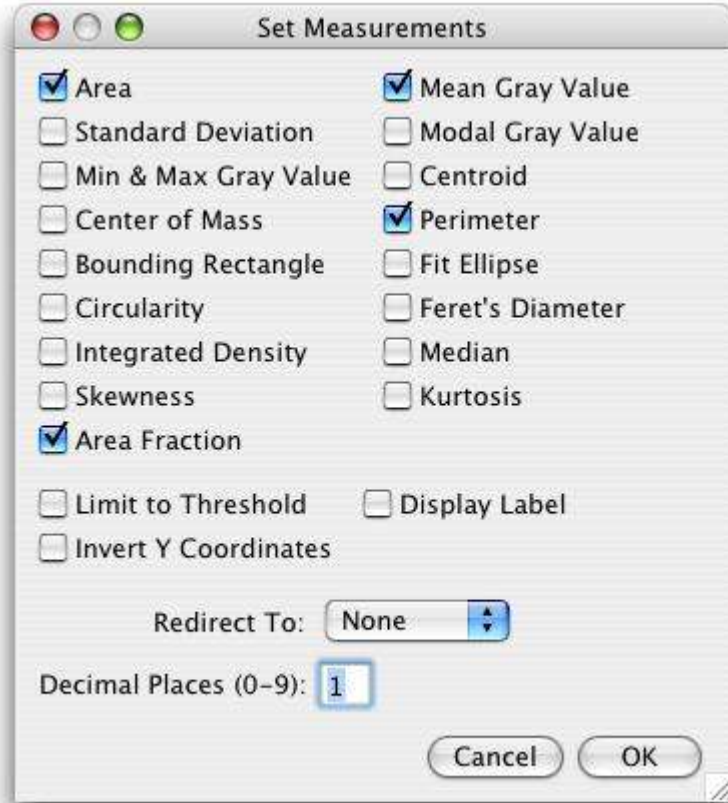
Alan Dağılımı (Area Fraction) – Image/Adjust/Threshold menüsü kullanılarak kırmızı olarak işaretlenmiş piksellerin yüzdesel oranlarını gösterir.

Başlığı Göster (Display Label) – İmaj adı ve kesit numarası sonuçları tablosunda gösterilir.

Y Koordinatını Çevir (Invert Y Coordinates) – Sol alt köşede kabul edilen XY merkez noktası sol üst köşeye taşınır.

Yönlendir (Redirect To) – Bir imajda yapılan seçimlerin sonuçlarının başka bir imajda değerlendirilmesi için kullanılır.

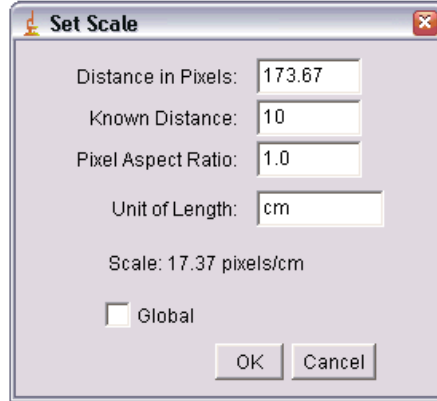
Ondalık Basamaklar (Decimal Places) – Tabloda ve histogramda gösterilen sayıların hassasiyetini belirlemede kullanılır.



Şekil 3.64. ImageJ yazılımı ölçümleri ayarla

3.3.6.5. Ölçek Belirle (Set Scale)

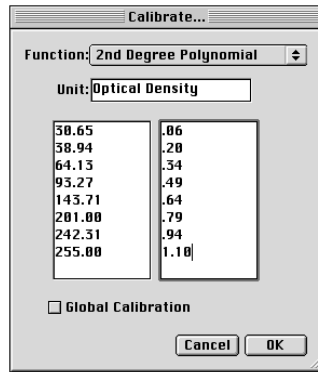
Aktif imaj için uzaysal ölçek belirlemede kullanılır, dolayısıyla sonuçlar milimetre gibi kalibre edilmiş birimler şeklinde gösterilebilir. Komutu kullanmadan önce uzunluğu bilinen bir çizgi çizilerek Bilinen Mesafe (Known Distance) değeri ve birim yazılır. ImageJ otomatik olarak Piksel Mesafesi (Distance in Pixels) alanını dolduracaktır (Şekil 3.65).



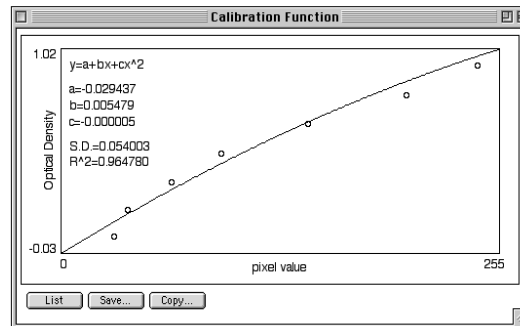
Şekil 3.65. ImageJ yazılımı ölçek belirleme

3.3.6.6. Kalibrasyon (Calibrate)

Radyoaktif izotop standartları veya optik yoğunluk aşama levhası gibi yoğunluk standartlarını kalibre etmede kullanılır (Şekil 3.66, Şekil 3.67).



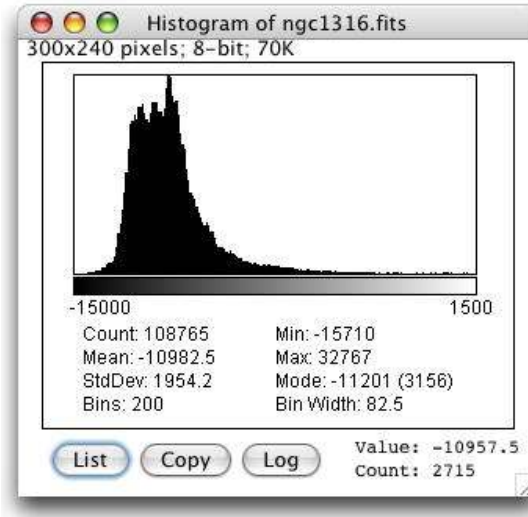
Şekil 3.66. ImageJ yazılımı kalibrasyon



Şekil 3.67. ImageJ yazılımı kalibrasyon fonksiyonu

3.3.6.7. Histogram

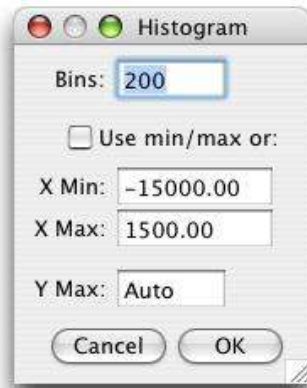
Aktif imaj veya seçimde bulunan gri değerlerin dağılımının hesaplanması ve gösterilmesi için kullanılır. X eksen muhtemel gri değerleri gösterirken Y eksen her bir gri değer için piksel miktarını göstermektedir (Şekil 3.68).



Şekil 3.68. ImageJ yazılımı histogram

Kaydet veya kopyala butonları kullanılarak histogram verisi saklanabilir. Log butonuna basıldığında logaritmik eksenli histogram görüntülenebilir.

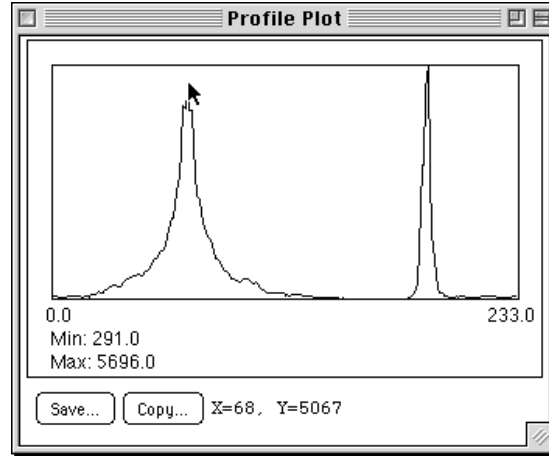
Eksen değerlerinin aralıklarının otomatik olarak ya da el ile belirlenmesi Şekil 3.69’da gösterilmiştir.



Şekil 3.69. ImageJ yazılımı histogram değer aralıkları

3.3.6.8. Yazdırma Profili (Plot Profile)

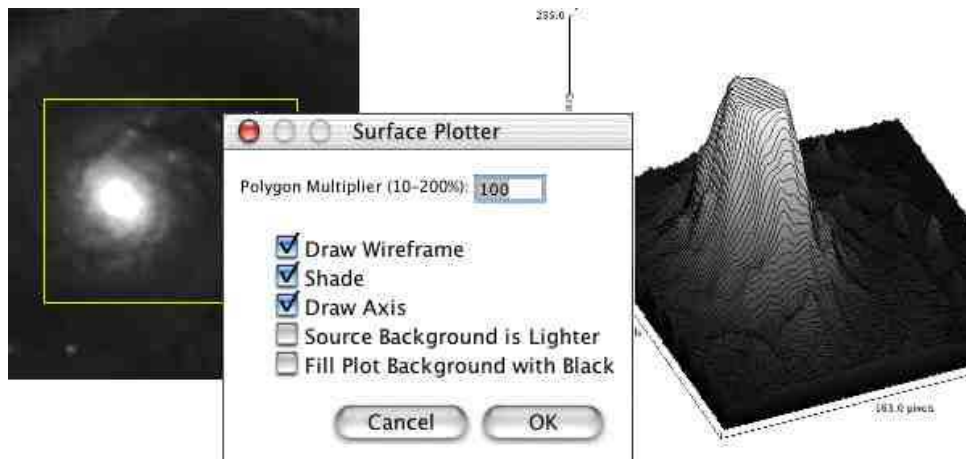
İmaj içerisinde bir çizgi boyunca piksellerin yoğunluğunun 2 boyurlu bir grafik eşliğinde gösterilmesidir. X eksenı çizgi boyunca uzunluğu belirtirken Y eksenı piksel yoğunluğunu gösterir (Şekil 3.70).



Şekil 3.70. ImageJ yazılımı yazdırma profili

3.3.6.9. Yüzey Yazdırma (Surface Plot)

Renkli veya gri imajın piksel yoğunluğunu 3 boyutlu bir grafik şeklinde gösterir (Şekil 3.71).



Şekil 3.71. ImageJ yazılımı yüzey yazdırma

3.3.6.10. Araçlar (Tools)

3.3.6.10.1. XY Koordinatlarını Kaydet (Save XY Coordinates)

Aktif imajda arkaplan olmayan piksellerin XY koordinatlarını ve piksel değerlerini metin dosyasına yazar. Gri imajlar için çizgi başına 3 değer (x, y, değer); renkli imajlar için 5 değer (x, y, kırmızı, yeşil, mavi) yazılır.

3.3.6.10.2. Kutu Say (Box Count)

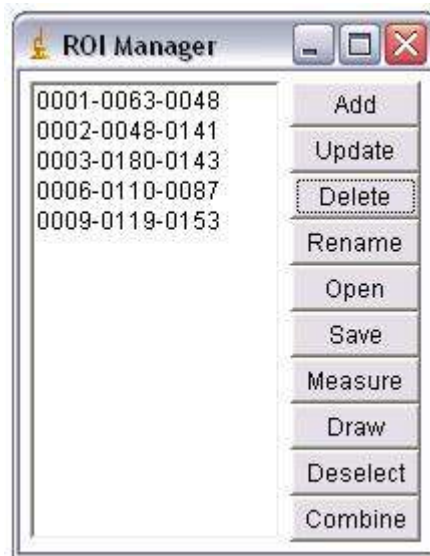
Bir piksellik siyah beyaz objenin çevresini kaplayan kutuların miktarını sayar.

3.3.6.10.3. Çizgi Grafiği Analizi (Analyze Line Graph)

Taranmış çizgi grafikleri ImageJ kullanılarak sayısal koordinatlara dönüştürülebilir.

3.3.6.10.4. ROI Yöneticisi (ROI Manager)

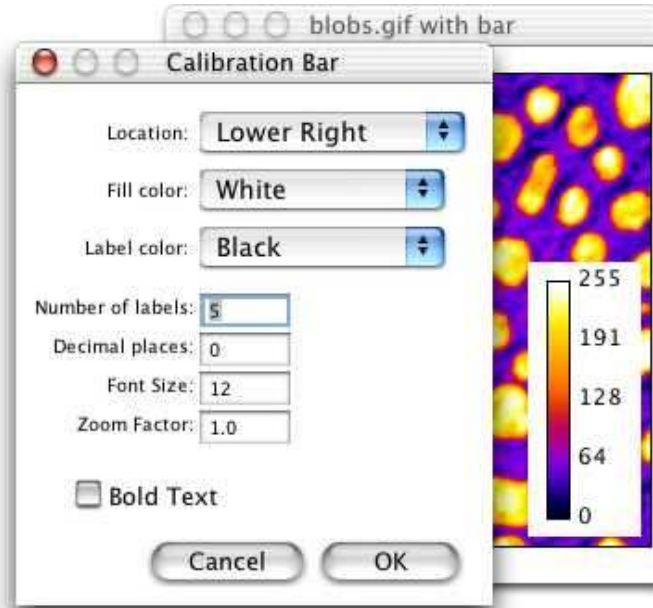
Farklı alanlardan yapılan seçimler üzerinde işlemler yapılabilmesini sağlayan bir araçtır (Şekil 3.72).



Şekil 3.72. ImageJ yazılımı ROI yöneticisi

3.3.6.11. Kalibrasyon Çubuğu (Calibration Bar)

Mevcut imajın RGB kopyasını oluşturarak kalibrasyon çubuğunu gösterir (Şekil 3.73).



Şekil 3.73. ImageJ yazılımı kalibrasyon çubuğu

3.3.7. Eklenti Menüsü (Plugins Menu)

Eklentiler ve makrolar ImageJ'nin yeteneklerini arttıracak yüklenebilir kod modüllerdur. Eklentiler Java programlama dilinde yazılırlar ve .class dosyası olarak derlenirler. Makrolar ImageJ'nin Java benzeri makro dilinde yazılır ve .txt dosyası olarak kaydedilirler. Eklentiler daha hızlı ve esnek çalışırlar ancak makroların yazımı ve derlenmesi daha basittir. Plugins dizininde yer alan eklenti ve makrolar altmenülerde görüntülenir. Shortcuts/Create Shortcut menüsü kullanılarak eklentiye veya makroya klavye kısayolu atanabilir.

Kaydet (Record) komutu kullanılarak bir seri komut kaydedilir ve makro haline dönüştürülebilir. Yeni (New) komutu kullanılarak yeni bir makro yaratılır ve Düzenle (Edit) ile üzerinde değışiklikler yapılabilir.

3.3.7.1. İç Eklentiler (Internal Plugins)

ImageJ içindeki birçok komut eklenti olarak uygulanmaktadır ancak bu eklentiler plugin dizini içinde değil ij.jar dosyasında yer almaktadır. Bir JAR (Java ARchive) dosyası bir ZIP dosyası gibidir ve herhangi bir ZIP uygulaması ile JAR dosyasının içeriğine bakılabilir.

3.3.7.2. Makrolar (Macros)

Yükleme, çalıştırma ve kayıt komutları bulunur.

3.3.7.2.1. Yükleme (Install)

Bir ya da daha çok makronun eklenmesini sağlar. Bir grup makroyu yüklemek ve aynı zamanda bunların kaynak kodunu görebilmek için File/Open menüsü ile makro açılır, Macros/Install/Macros menüsü ile yüklenir.

3.3.7.2.2. Çalıştır (Run)

ImageJ düzenleyicisi kullanmadan bir makroyu açar ve çalıştırır. Bir makroyu çalıştırmak aynı zamanda da kaynak kodunu görebilmek için makro File/Open menüsü ile açılır, File/Run Macro menüsü ile çalıştırılır.

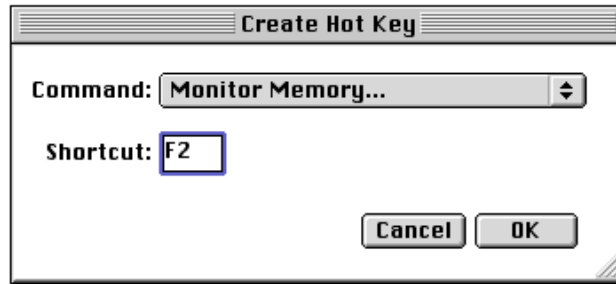
3.3.7.2.3. Kaydet (Record)

ImageJ kayıt komutunu çalıştırır. Makro yaratmak için kaydedici açılır, bir veya daha çok ImageJ komutu çalıştırılır ve Yarat (Create) tıklanır. Kaydedicinin açık olduğu zamanda kullanılan her komut bir makro run() fonksiyonu çağırır. Run() fonksiyonu bir ya da iki değişken barındırır. Birincisi komut ismi, ikincisi ise iletişim kutusu parametreleridir.

3.3.7.3. Kısayollar (Shortcuts)

3.3.7.3.1. Kısayol Yarat (Create Shortcut)

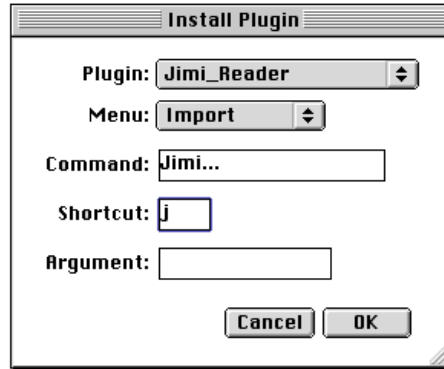
ImageJ menü komutuna bir klavye kısayolu atar ve Shortcuts altmenüsünde listeler (Şekil 3.74).



Şekil 3.74. ImageJ yazılımı kısayol yarat

3.3.7.3.2. Eklenti Yükle (Install Plugin)

Kullanıcının belirlediği bir altmenüye eklentileri yükler (Şekil 3.75).



Şekil 3.75. ImageJ yazılımı eklenti yükle

3.3.7.3.3. Kaldır (Remove)

Kısayol Yarat ve Eklenti Yükle komutları ile yüklenmiş kısayol ve eklentileri kaldırır (Şekil 3.76).

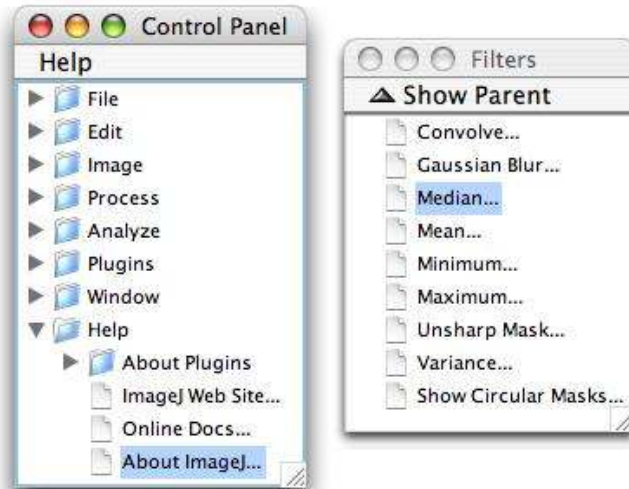


Şekil 3.76. ImageJ yazılımı eklenti kaldır

3.3.7.4. Yardımcı Programlar (Utilities)

3.3.7.4.1. Denetim Masası (Control Panel)

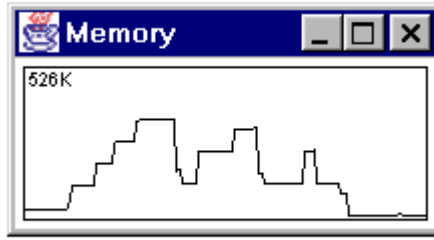
ImageJ komutlarının hiyerarşik düzende gösterilmesi için pencere açar (Şekil 3.77).



Şekil 3.77. ImageJ yazılımı denetim masası

3.3.7.4.2. Hafızayı İzle (Monitor Memory)

Hafıza taşmalarını takip etmek için sürekli güncellenen hafıza grafiği oluşturur (Şekil 3.78).



Şekil 3.78. ImageJ yazılımı hafıza izleme

3.3.7.4.3. Ekranı Yakala (Capture Screen)

Ekran görüntüsünü RGB imaj olarak kaydeder ve yeni bir pencerede gösterir.

3.3.7.5. Yeni (New)

Yeni bir metin penceresi açarak eklenti yazmak için prototip oluşturur.

3.3.7.6. Düzenle (Edit)

Eklentileri düzenlemek, derlemek ve çalıştırmak için bir metin penceresi açar.

3.3.7.7. Derle ve Çalıştır (Compile and Run)

Bir eklentiye derler ve çalıştırır. Javac derleyicisi bulunan Java Sanal Makinesinin yüklü olması gerekmektedir.

3.3.8. Pencere Menüsü (Window Menu)

Bu menü iki komutla birlikte açık ImageJ pencerelerinin listesini gösterir. Aktif imaj yanında bir işaret bulunur. Bir pencereye geçiş yapmak için pencereyi seçmek yeterlidir.

3.3.8.1. ImageJ [enter]

Enter tuşuna basılarak ImageJ penceresi öne getirilir.

3.3.8.2. Put Behind [tab]

Sonraki açık imajı görüntüler. Devamlı Tab tuşuna basılması ile tüm açık imajlar arasında gezmek mümkündür.

3.3.9. Yardım Menüsü (Help Menu)**3.3.9.1. About Plugins**

ImageJ için geliştirilmiş eklentiler hakkında bilgi verir.

3.3.9.2. ImageJ Web Site

ImageJ internet sitesine (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>) tarayıcı penceresi açarak bağlanır.

3.3.9.3. About ImageJ

ImageJ hakkında bilgi veren iletişim kutusu açar.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Sayısal görüntü işleme yöntemi kullanılarak parça boyut dağılımı analizi ImageJ yazılımının kullanılması sayesinde yapılmıştır. Yazılıma analizi yapılacak görüntüler olarak, çoğunlukla bilgisayar ortamında hazırlanan, ölçüleri belli olan sayısal görüntüler konulmuştur. ImageJ yazılımı kullanılarak bu görüntülere, gerekli renk derinliği, filtreleme ve ölçüm algoritmaları uygulanarak ölçüme hazır hale getirilmiştir. Sonraki aşamada ölçümler yapılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir.

ImageJ yazılımının güvenilirliğini ortaya koyabilmek için, boyutları bilinen aşağıdaki objelerin sayısal görüntüleri analiz edilerek alanları ve boyutları ölçülmüştür:

- 5 cm x 5 cm dörtgen bir cismin alan ve boyut analizi
- 5 cm çapında bir dairenin analizi
- Değişik ölçülerdeki dörtgen ve dairelerin analizi
- T şeklindeki bir objenin analizi
- İçerisinde dairesel boşluk bulunan bir karenin analizi
- 1 cm çapındaki dairelerin analizi
- Çapları 1 cm ile 1 mm arasında değişen objelerin analizi
- Değişik geometrik şekillere sahip ve birbirleriyle iç içe olan objelerin analizi

Ayrıca boyutları daha önceden bilinmeyen rastgele seçilmiş taş parçaları, ile Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006, Prediction of fragmentation and yield curves with reference to armourstone production makalesinde yer alan ve elek analizi sonuçları alınmış sayısal görüntüler de gerek ölçüm sonuçları gerekse elek analizi sonuçları karşılaştırılmak suretiyle kullanılmıştır.

Görüntülerin ölçüme uygun hale getirilmesi işlemleri esnasında, görüntülerin renk derinliği 8-bit gri ton şekline getirilmiştir. Bu işlem sayesinde renk ve ton farklılıkları ez aza indirgenmeye çalışılmaktadır.

Renk tipi ve derinliğinin değiştirilmesi aşamasından sonra, bu renk derinliğine uygun eşik değer belirleme algoritması kullanılarak önplanda yer alan

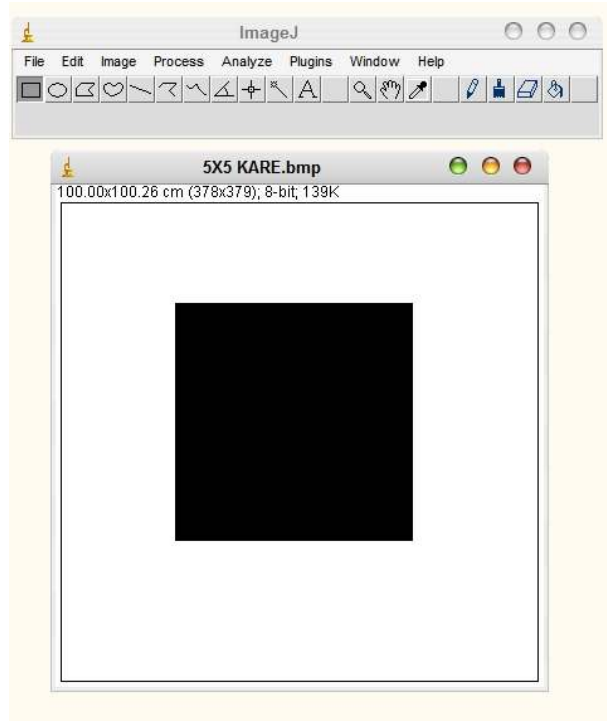
objelerin arkaplandan ayrılması, dolayısıyla objelerin belirgin hale gelmesi sağlanmıştır.

Kullanılan görüntülerde obje boyutlarının belirlenmesi amacıyla santimetre veya milimetre başına düşen piksel miktarının da yazılıma ölçek değeri olarak belirtilmesi gerekmektedir. Ölçek ile ilgili olarak görüntüde bulunan objenin ya boyutlarının kesin olarak bilinmesi ya da görüntünün alınması esnasında en basit şekliyle bir şerit metrenin kullanılması gerekmektedir. Bu sayede belirli bir uzunluk yazılım üzerinden işaretlenerek sayısal görüntünün ölçüleri ile bağ kurulabilir.

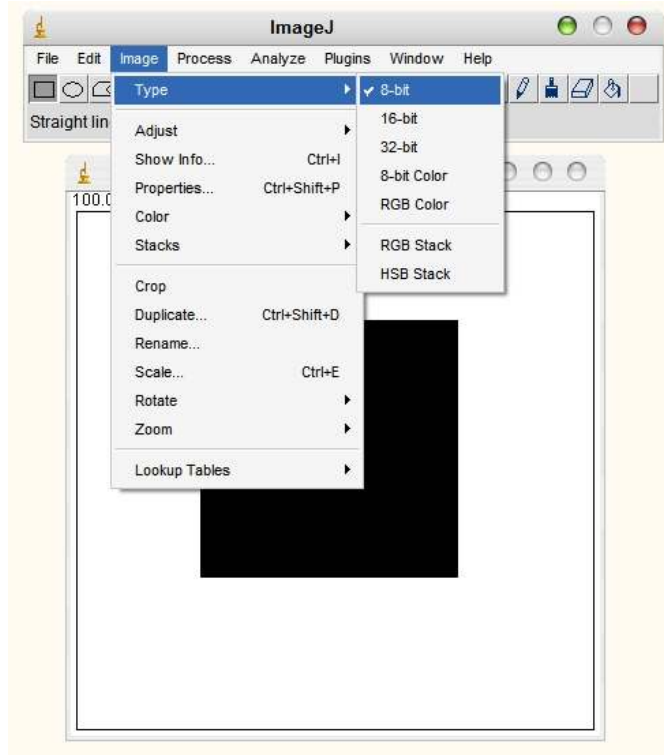
Parça analizi için hazır hale gelen görüntü içerisinde elde edilmesi istenilen sonuçlar belirtildiğinde, model bazlı bölümlleme ile objenin tanımlanması; zincir kodu ile gösterim ile objeye ait biçim parametreleri (alan, çevre, dairesellik, kuşatan kutu..vb.) hesaplanması ve sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiş olur.

4.1. 5 cm x 5 cm Dörtgen Bir Cismin Alan ve Boyut Analizi

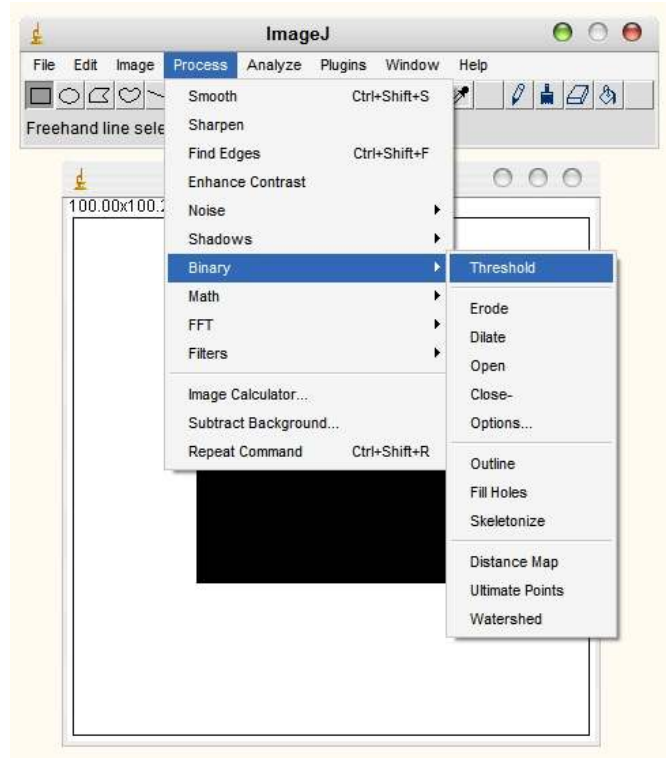
Şekil 4.1’de 5 cm x 5 cm ölçülerine sahip bir dörtgen cismin dosyası ImageJ yazılımı ile açılmıştır. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de görüntünün tipi değiştirilmiş ve görüntüye eşik değer uygulaması yapılmıştır. Şekil 4.4 ve Şekil 4.5 içerisinde görüntü ölçeğinin belirlenmesi aşaması tamamlanmıştır. Görüntü ölçeği her sayısal görüntüye göre değişim gösterebilir. Ölçeğin net olarak belirlenmesi görüntü analizi için en önemli ölçüm parametresidir. Görüntü üzerindeki piksel sayısı ile ölçüm yapıldığı tekrar hatırlanacak olursa, bu miktarın asıl görüntü ile olan ilişkisinin önemi daha iyi anlaşılacaktır. Şekil 4.6’da ölçümü yapılacak özelliklerin seçimi yapılmaktadır. Bu özellikler ve detaylı açıklamaları ImageJ yazılımı hakkında bilgi bölümünde açıklanmıştır (Şekil 3.64). Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de cismin analiz aşamaları gösterilmektedir. Analiz aşamasında hangi ölçü aralığındaki cisimlerin hesaplanacağı, özet ve sonuç bilgilerinin gösterimi seçenekleri seçilebilmektedir. Şekil 4.9’da tespit edilen cismin belirtilmesi, sayım numarası, özet ve sonuç bilgileri gösterilmiştir. Çalışmamız için önemli olan, alan bilgisinin hatasız ve doğru olarak hesaplandığının net bir şekilde görünmesidir.



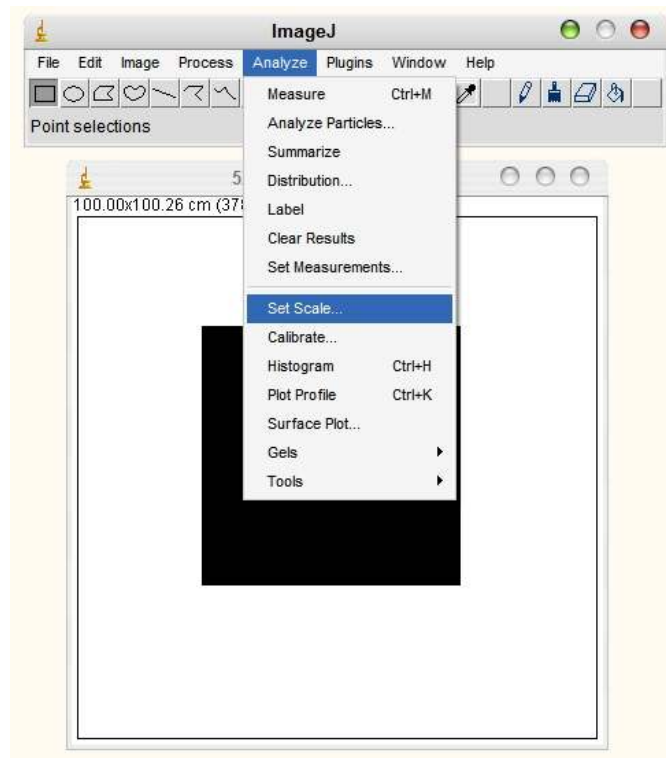
Şekil 4.1. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen obje ile analiz



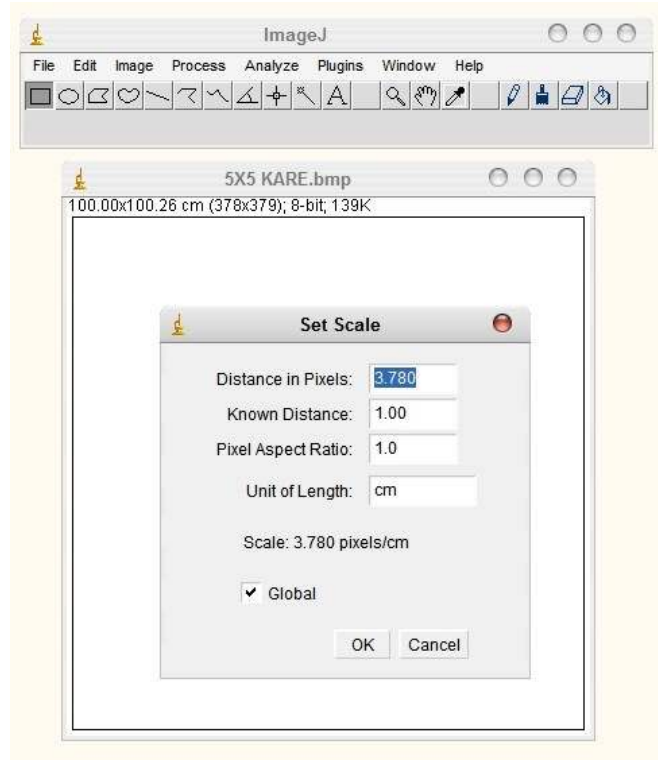
Şekil 4.2 . 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen obje görüntü tipinin değiştirilmesi



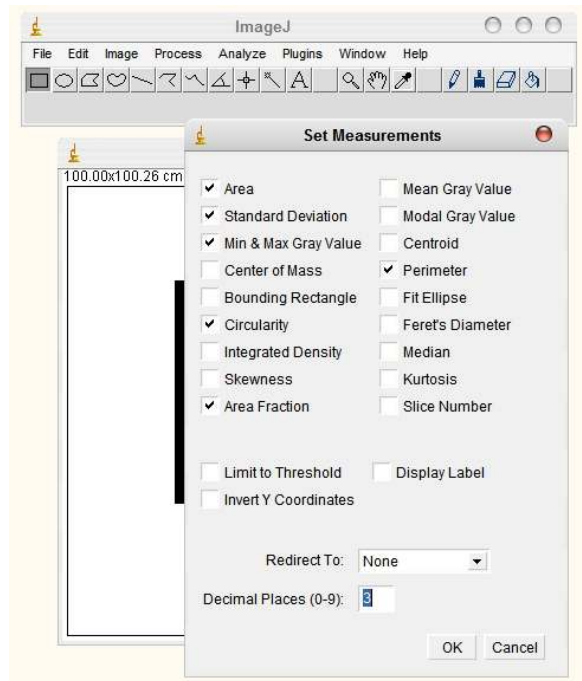
Şekil 4.3. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objeye eşik değeri uygulanması



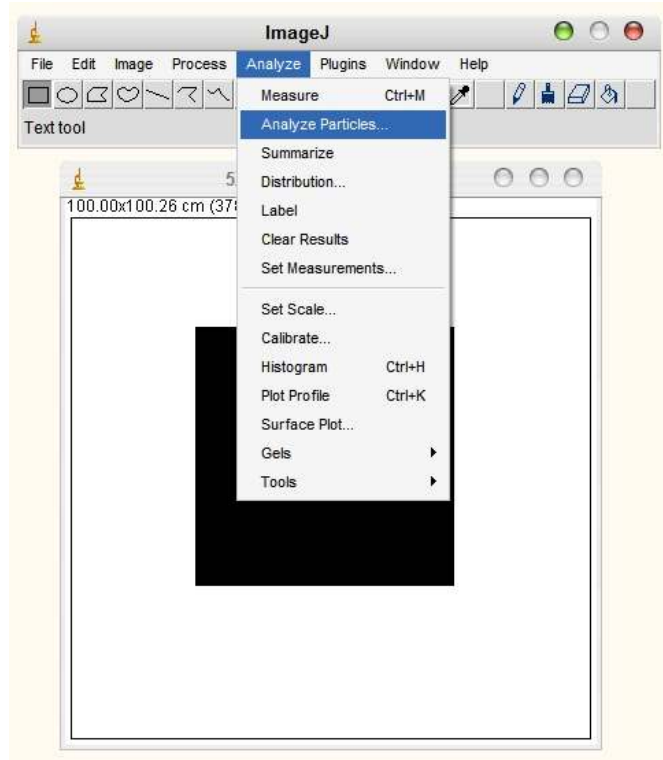
Şekil 4.4. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin ölçeğinin belirlenmesi



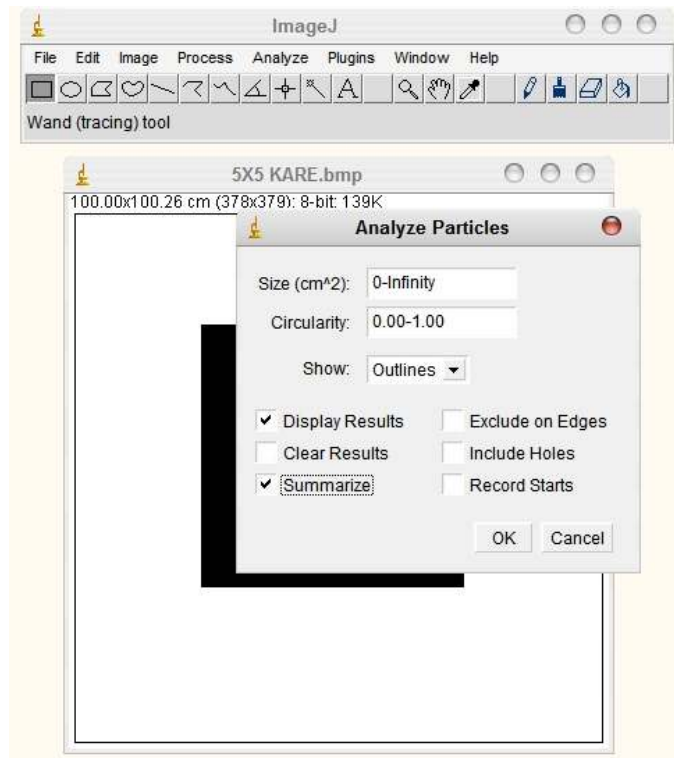
Şekil 4.5. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin ölçeğinin belirlenmesi



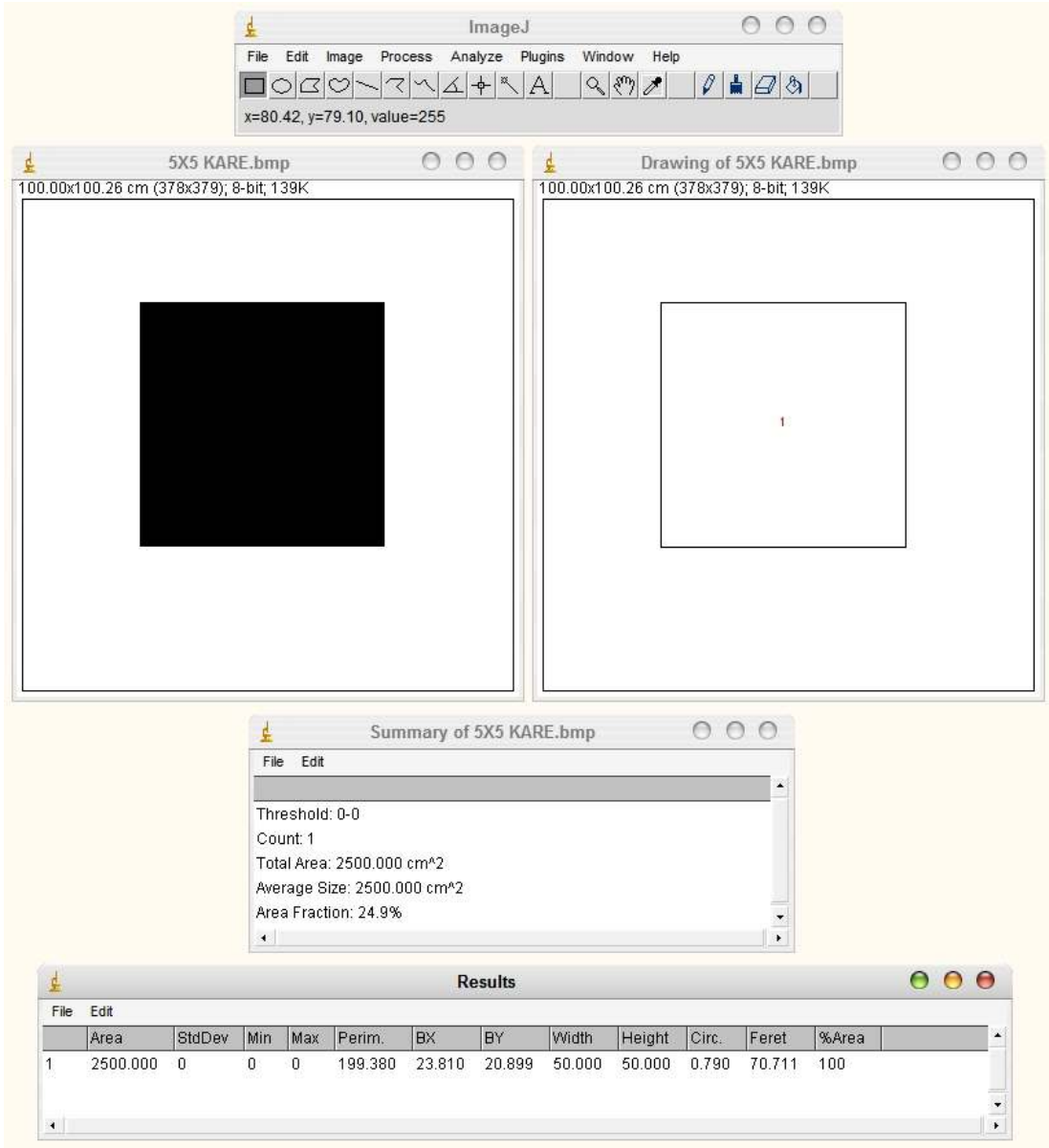
Şekil 4.6. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin ölçülecek özelliklerinin belirlenmesi



Şekil 4.7. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin analizinin yapılması



Şekil 4.8. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin analizinin yapılması

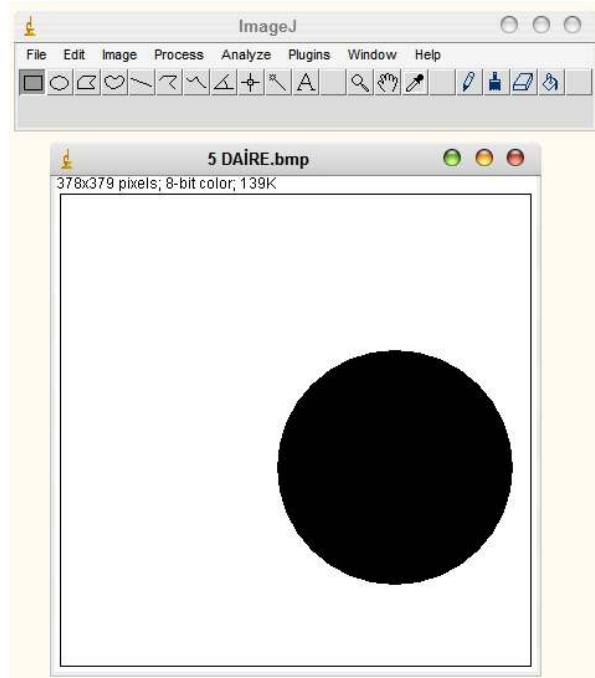


Şekil 4.9. 5 cm x 5 cm ölçülerinde dörtgen objenin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi

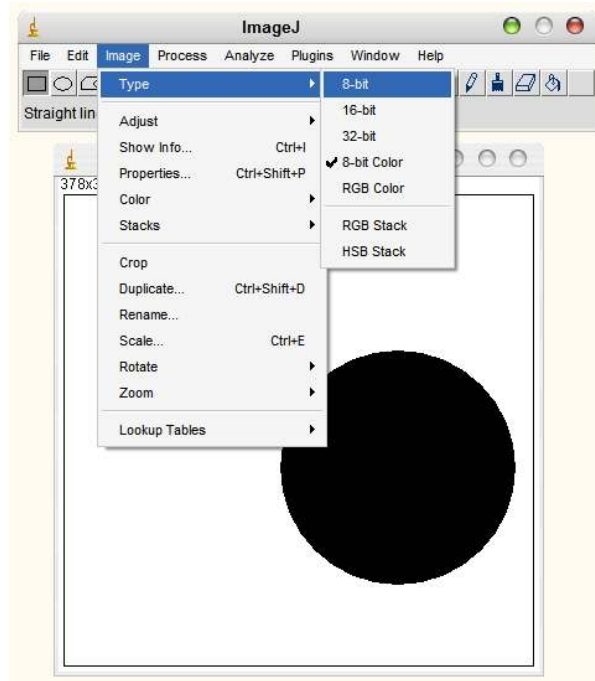
4.2. 5 cm Çapında Bir Dairenin Analizi

Şekil 4.10'da 5 cm x 5 cm ölçülerine sahip bir daire cismin dosyası ImageJ yazılımı ile açılmıştır. Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de görüntünün tipi değiştirilmiş ve görüntüye eşik değeri uygulanması yapılmıştır. Şekil 4.13 ve Şekil 4.14 içerisinde görüntü ölçeğinin belirlenmesi aşaması tamamlanmıştır. Şekil 4.15'da ölçümü yapılacak özelliklerin seçimi yapılmaktadır. Bu özellikler ve detaylı açıklamaları

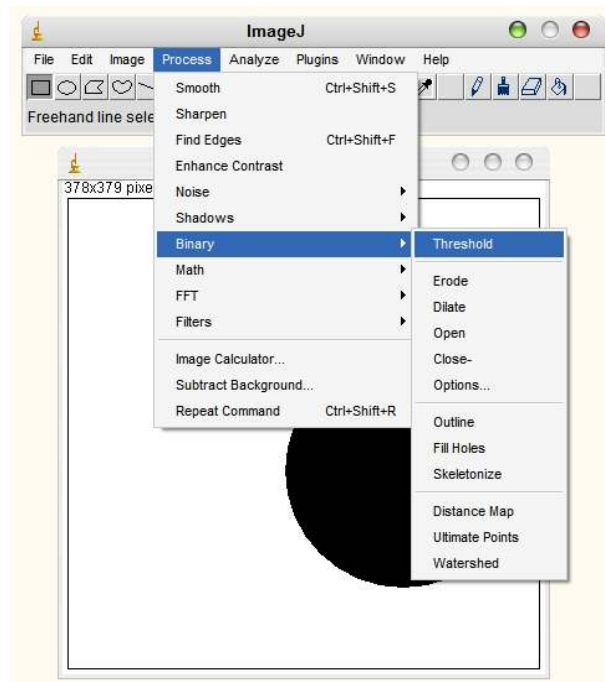
ImageJ yazılımı hakkında bilgi bölümünde açıklanmıştır (Şekil 3.64). Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de cismin analiz aşamaları gösterilmektedir. Analiz aşamasında hangi ölçü aralığındaki cisimlerin hesaplanacağı, özet ve sonuç bilgilerinin gösterimi seçenekleri seçilebilmektedir. Şekil 4.18’da tespit edilen cismin belirtilmesi, sayım numarası, özet ve sonuç bilgileri gösterilmiştir. Bu analize dikkat edilecek olursa genişlik değeri farklı ölçülmüştür; dolayısıyla alan değerinin hesaplanmasında belli bir miktar sapma yaşanmıştır. Bu sapmanın muhtemel nedenleri; düzgün tespit edilememiş ölçek veya düşük çözünürlükteki görüntü olabilir. Çözünürlüğün görüntüye ve obje kenarlarının gösterimine olan etkisi Şekil 1.13 ’de detaylı olarak gösterilmişti. Şekil 4.10’a dikkatli bakılacak olunursa dairenin kenarlarının, çözünürlüğünün düşük olmasından dolayı, düzgün olmadığı bellidir. Bu bilgiler ışığında daireselliğin arttığı görüntülerde çözünürlüğün yüksek olması gerekliliği, dolayısıyla detayın ayırt edilmesi gerekmektedir. Detay yoğunluğu, donanımın seçimine ve kurulacak otomasyon sistemin ihtiyaçlarına göre optimize edilmeli, buna göre maliyet analizleri yapılmalıdır.



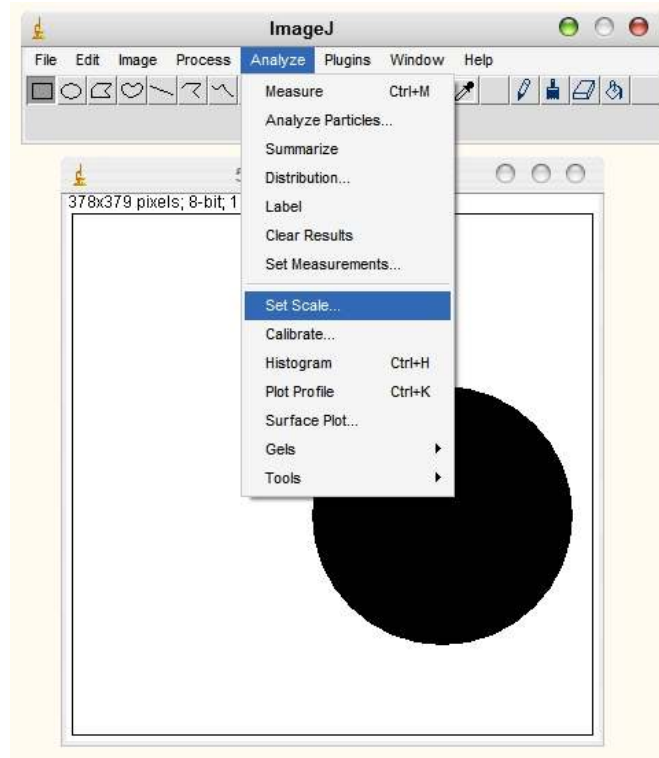
Şekil 4.10. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire obje ile analiz



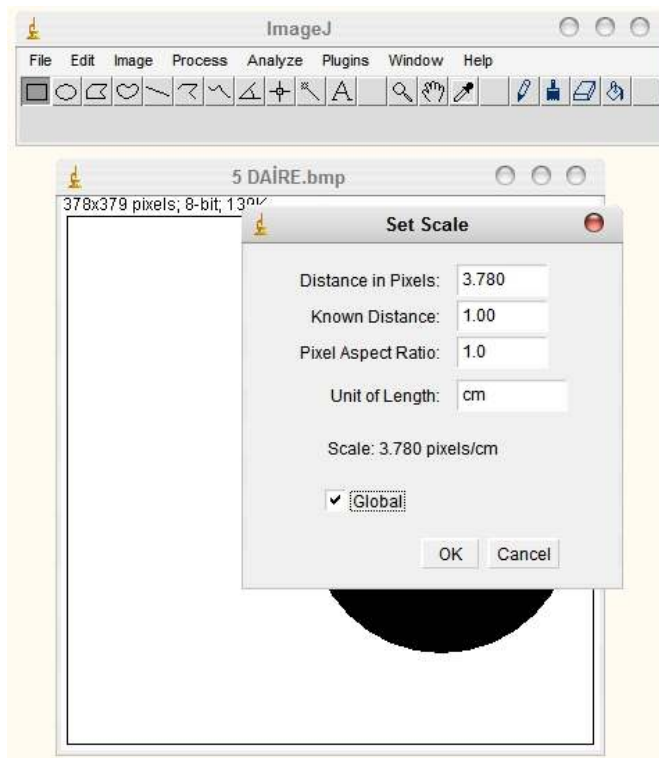
Şekil 4.11. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire obje görüntü tipinin değiştirilmesi



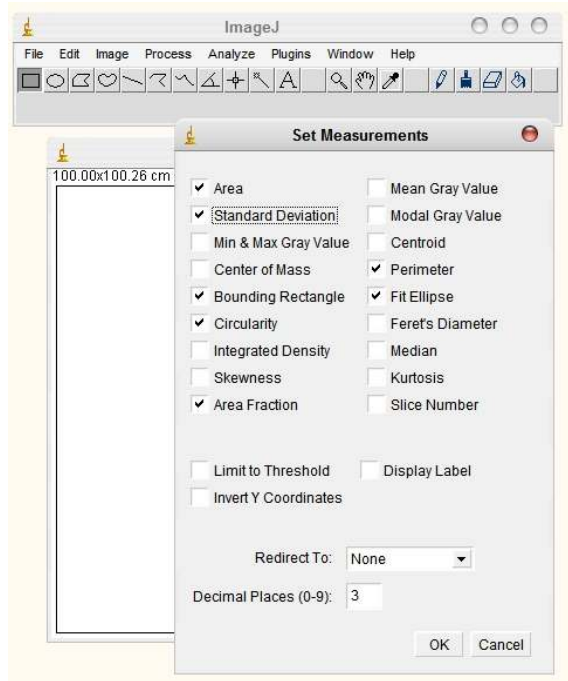
Şekil 4.12. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objeye eşik değeri uygulanması



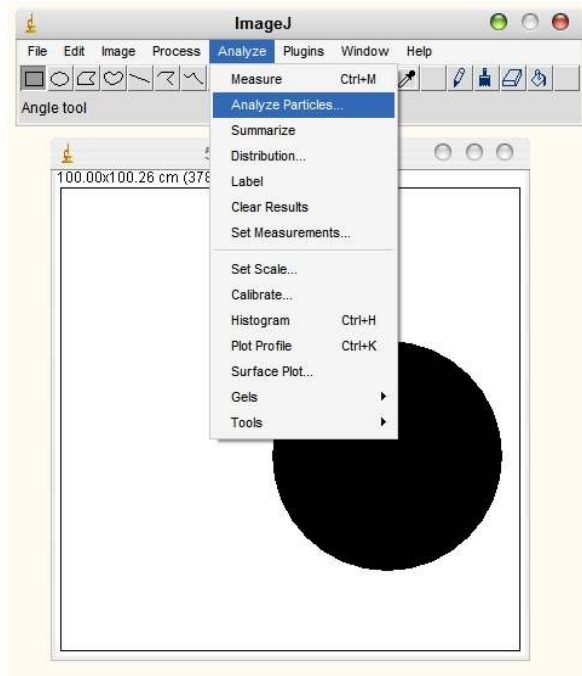
Şekil 4.13. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin ölçeğinin belirlenmesi



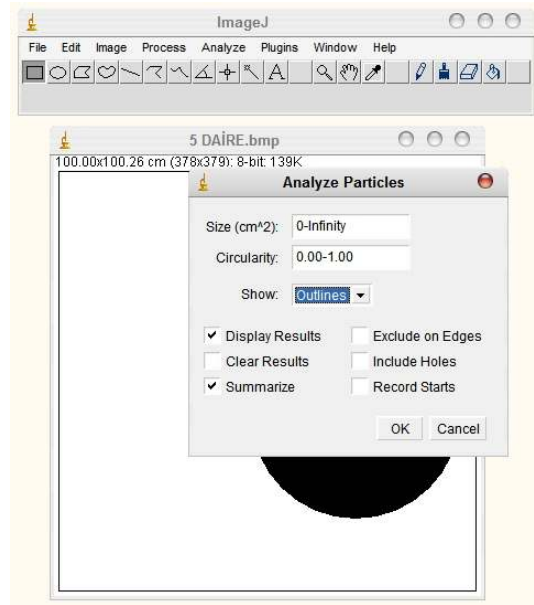
Şekil 4.14. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin ölçeğinin belirlenmesi



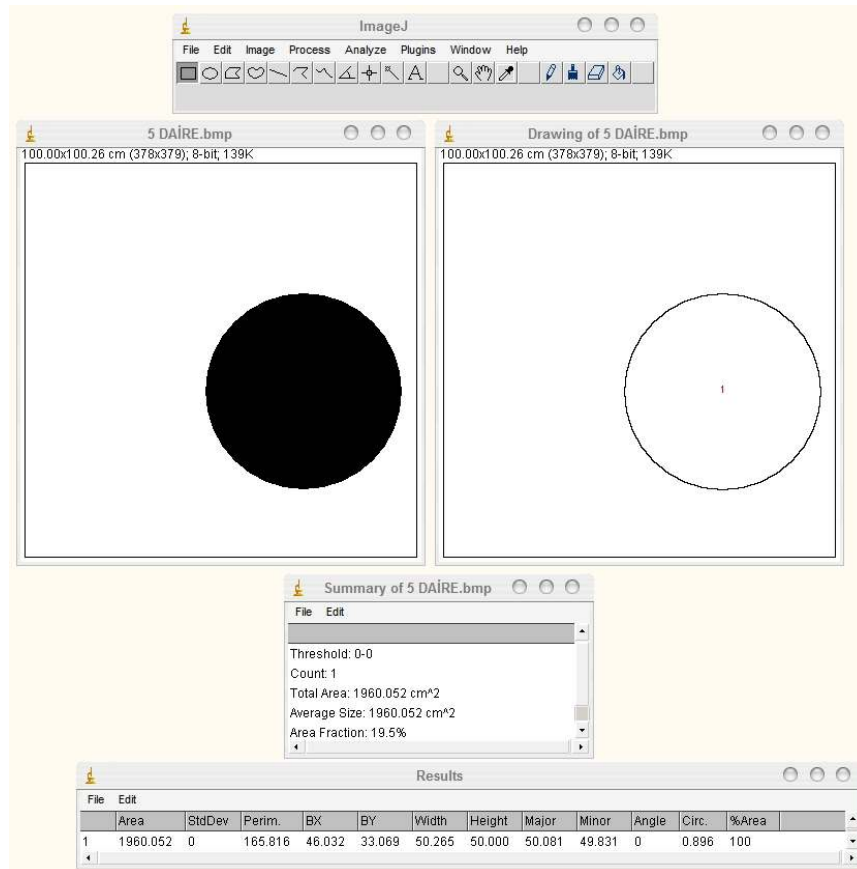
Şekil 4.15. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin ölçülecek özelliklerinin belirlenmesi



Şekil 4.16. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin analizinin yapılması



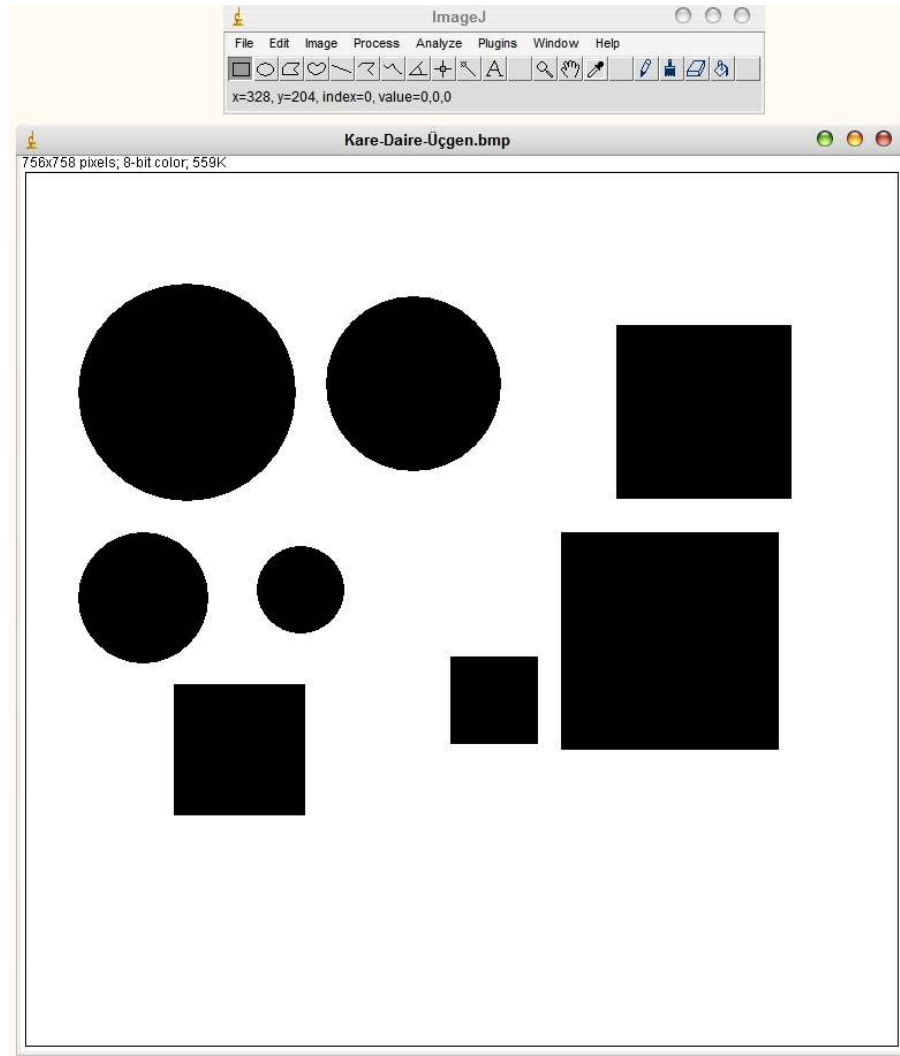
Şekil 4.17. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin analizinin yapılması



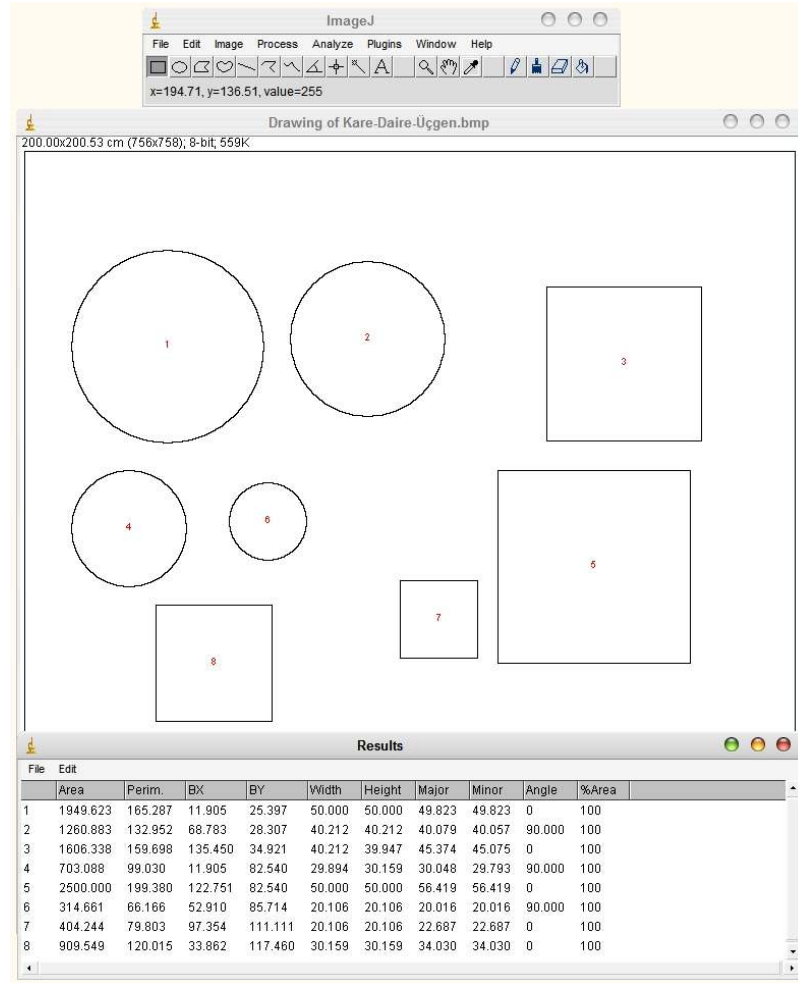
Şekil 4.18. 5 cm x 5 cm ölçülerinde daire objenin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi

4.3. Değişik Ölçülerdeki Dörtgen ve Dairelerin Analizi

Şekil 4.19’da değişik ölçülere sahip dörtgen ve daire analizleri yapılmaya çalışılmıştır. Buradaki asıl amaç görüntü ölçeği ve çözünürlük etkilerinin analize olan etkisi dışında objelerin sayısının artmasına karşılık yazılımın bunları uygun kenar belirleme ve model belirleme algoritmalarıyla tespitinde hata olup olmadığını anlamaktır. Daha önce kullanılan analiz yöntemleri aynı şekilde kullanılarak obje sayısı doğru miktarda saptanmış ve ilgili objelerin ölçümleri ölçek ve çözünürlük değerlerinin etkisi oranında hesaplanmıştır (Şekil 4.20).



Şekil 4.19. 5 cm, 4 cm, 3 cm, 2cm, 1cm ölçülerine sahip dörtgen ve daire objeler ile analiz

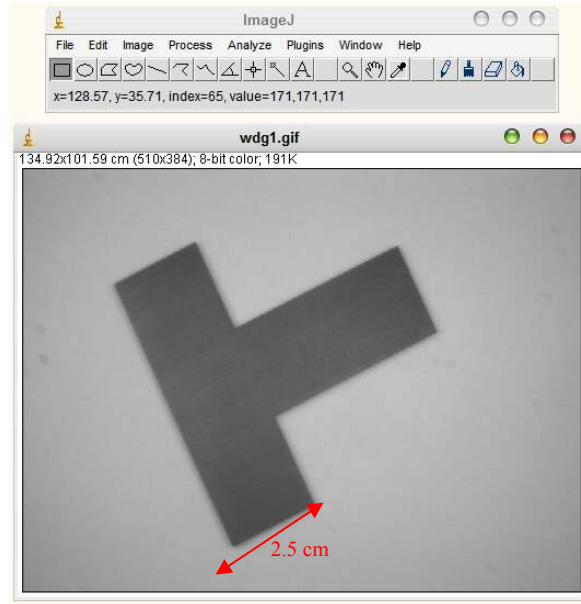


Şekil 4.20. 5 cm, 4 cm, 3 cm, 2 cm ölçülerine sahip dörtgen ve daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi

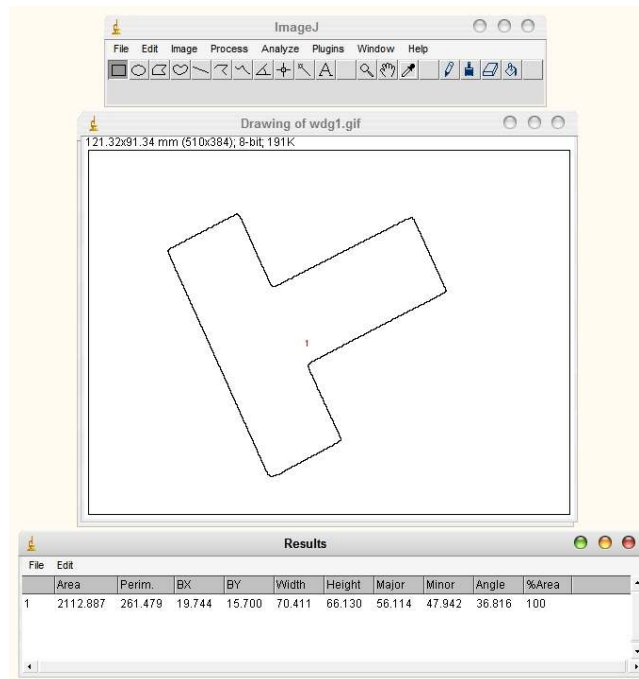
4.4. T Şeklindeki Bir Objenin Analizi

Şekil 4.21’da görüntü ölçeğinin belirlenebilmesi için yapılan bir ölçüm sonucu, işaretli kenarı 2,5 cm olan T şeklindeki bir objenin analizi bu kez arkaplan – önplan ayrımını zorlaştırmak amacıyla gri bir zemin kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sayısal görüntü analizinde bir başka etken de arkaplan renginin, objenin renk veya tonuna olan yakınlığıdır. Objenin belirlenmesinde zorluk yaratan ve ayrımı zorlaştıran bu analizin sonucu Şekil 4.22 gösterilmiştir. Yapılan analiz sonucunda objenin net olarak arkaplandan ayrıldığı ve kenarlarının belirlendiği görülmüştür.

Görüntü ölçeği, çözünürlük ve bölümlendirme işlemleri etkisiyle özet ve sonuçlar elde edilmiştir.



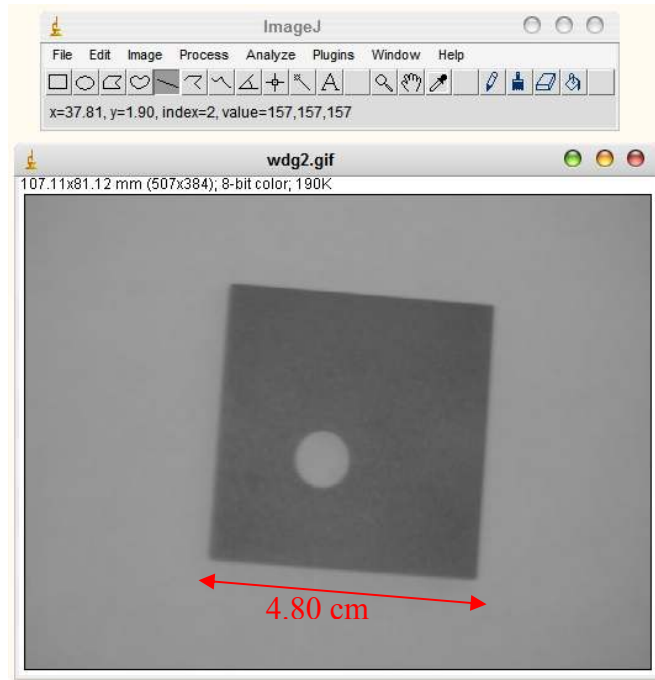
Şekil 4.21. 2,5 cm ölçülen değere sahip T objenin analizi



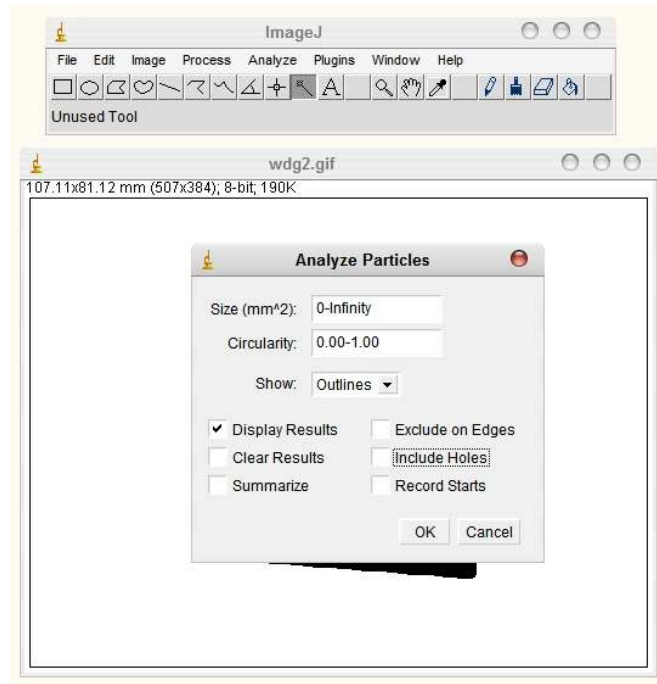
Şekil 4.22. 2,5 cm ölçülen değere sahip T objenin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi

4.5. İçerisinde Dairesel Boşluk Bulunan Bir Karenin Analizi

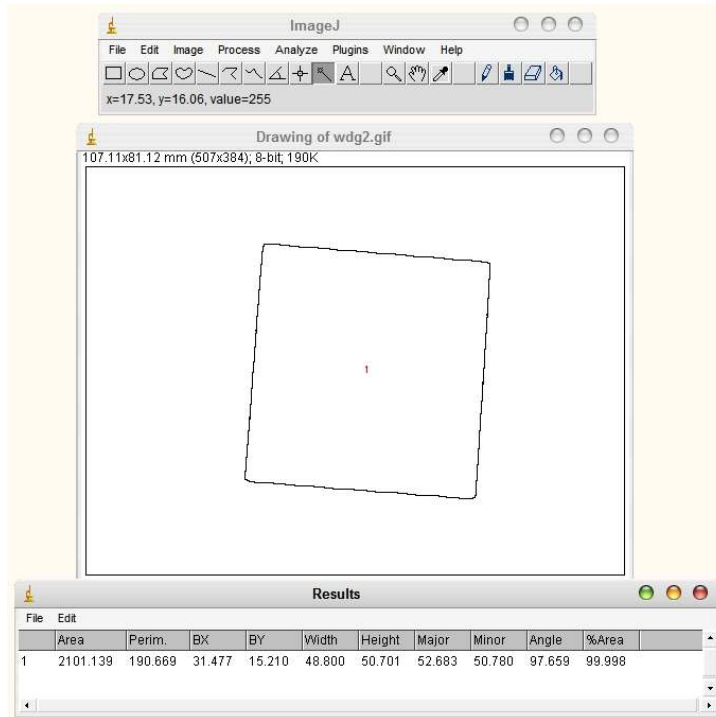
Şekil 4.23’da görüntü ölçeğinin belirlenebilmesi için yapılan bir ölçüm sonucu, işaretli kenarı 4,8 cm olan dörtgen şeklindeki bir obje içinde 1 cm çapında ölçülen bir dairesel boşluk analizini gri bir zemin kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizdeki temel amaç, bu örnekteki kadar net olmasa da alınan görüntüler içerisinde bulunan objelerde bulunabilecek boşlukların yazılımımız tarafından tespit edilip edilemeyeceğinin anlaşılabilmesidir. Bunun için yapılan görüntü analizleri iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada Şekil 4.24 ‘de analiz için herhangi bir ek özellik belirtilmemiş ve Şekil 4.25’de dörtgen içindeki boşluk çıkarılarak ölçümler yapılmıştır. İkinci aşamada Şekil 4.26 ‘da boşlukların da hesaba dahil edilme seçeneği seçilerek Şekil 4.27 ‘de tüm dörtgenin, görüntü ölçeği, çözünürlük ve bölümlendirme işlemleri etkisiyle, özet ve sonuçları elde edilmiştir.



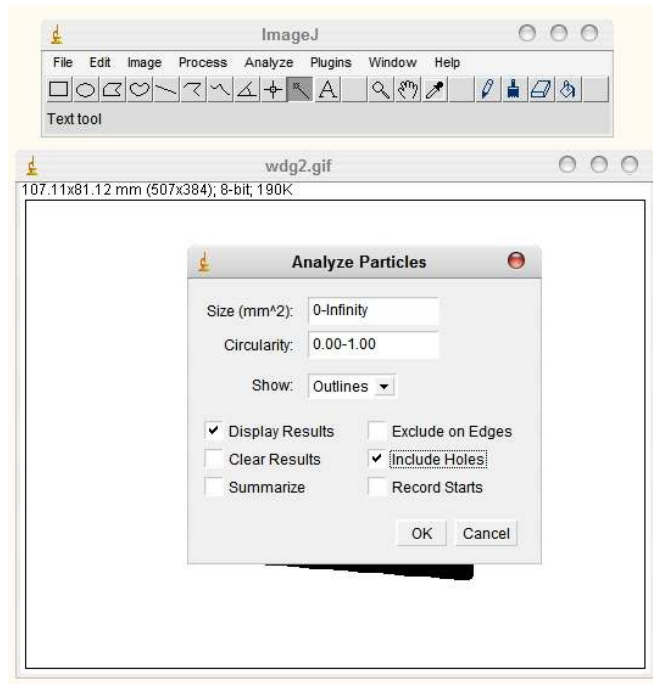
Şekil 4.23. 4,8 cm ölçülen değere sahip içinde 1 cm çaplı delik bulunan dörtgen objenin analizi



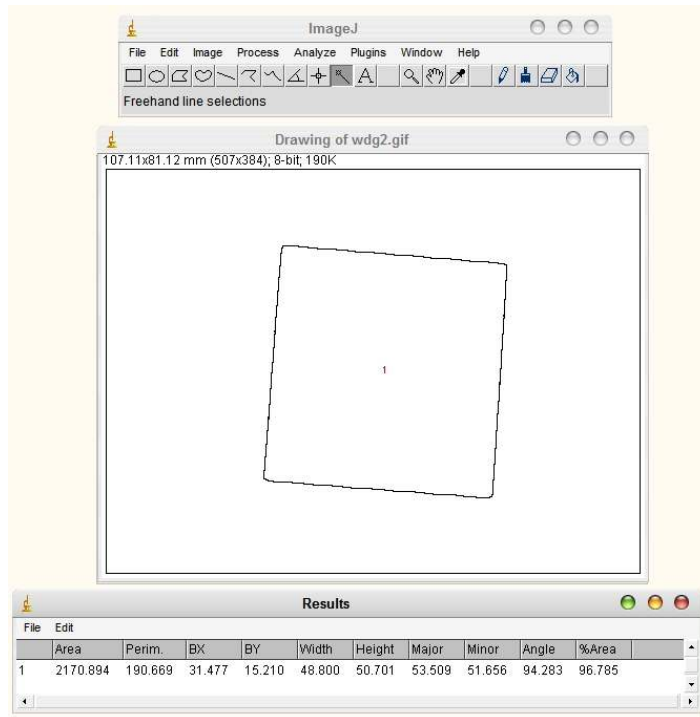
Şekil 4.24 . 4,8 cm ölçülen değere sahip içinde 1 cm çaplı delik bulunan dörtgen objede, delik ölçümlerinin dörtgen objeden çıkarılarak analizi



Şekil 4.25. 4,8 cm ölçülen değere sahip içinde 1 cm çaplı delik bulunan dörtgen objede, delik ölçümlerinin dörtgen objeden çıkarılarak belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi



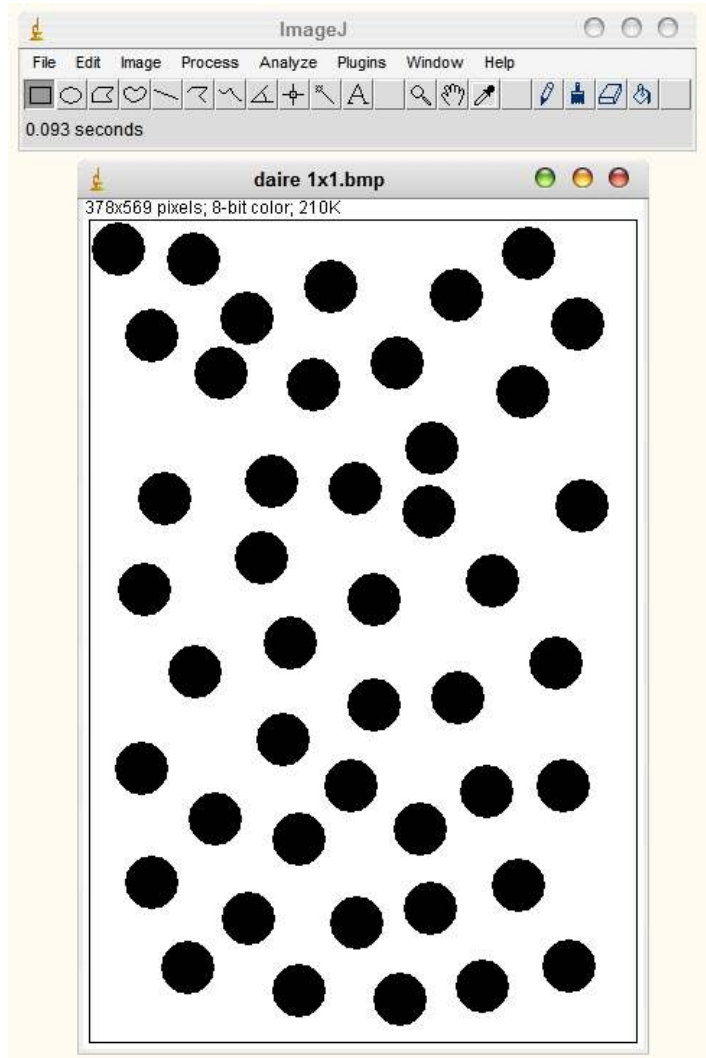
Şekil 4.26 . 4,8 cm ölçülen değere sahip içinde 1 cm çaplı delik bulunan dörtgen objede, delik ölçümlerinin dörtgen objeden çıkarılmadan analizi



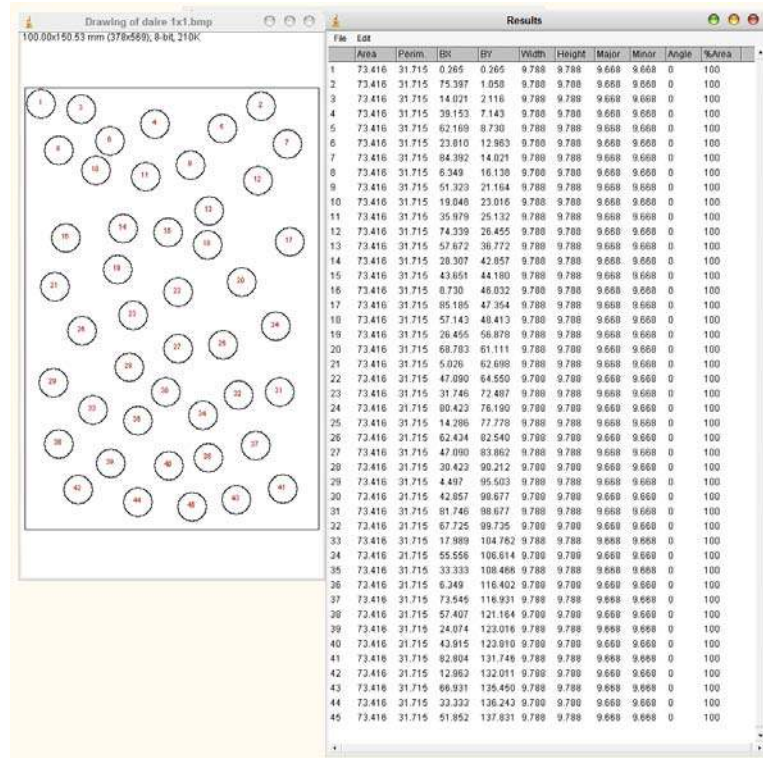
Şekil 4.27 . 4,8 cm ölçülen değere sahip içinde 1 cm çaplı delik bulunan dörtgen objede, delik ölçümlerinin dörtgen objeden çıkarılmadan belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi

4.6. 1 cm Çapındaki Dairelerin Analizi

Şekil 4.28’de 1 cm çaplı çok sayıda daire şeklindeki objelerin analizi yapılmıştır. Bu analizde yapılan ölçüm sonucunda ortalama tane boyutu ve histogram grafiği elde edilmeye çalışılmıştır. Tane boyutu aynı olduğu için histogram normal dağılım göstermeyecektir. Şekil 4.29 ‘de dairelerin miktarı ve ölçümleri gösterilmiştir. Bu ölçümler baz alınarak Şekil 4.30’da alan dağılımı histogramı ve özet ölçüm bilgileri (toplam alan, ortalama tane boyutu vb.) gösterilmiştir.



Şekil 4.28. 1 cm çaplı daire objelerin analizi



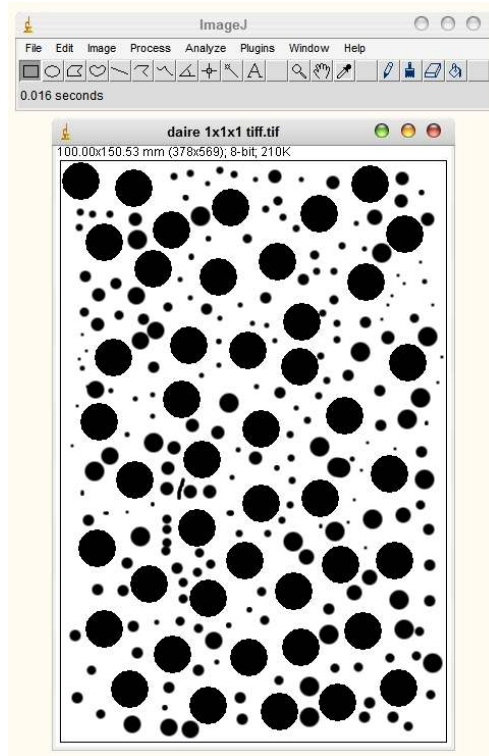
Şekil 4.29. 1 cm çaplı daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi



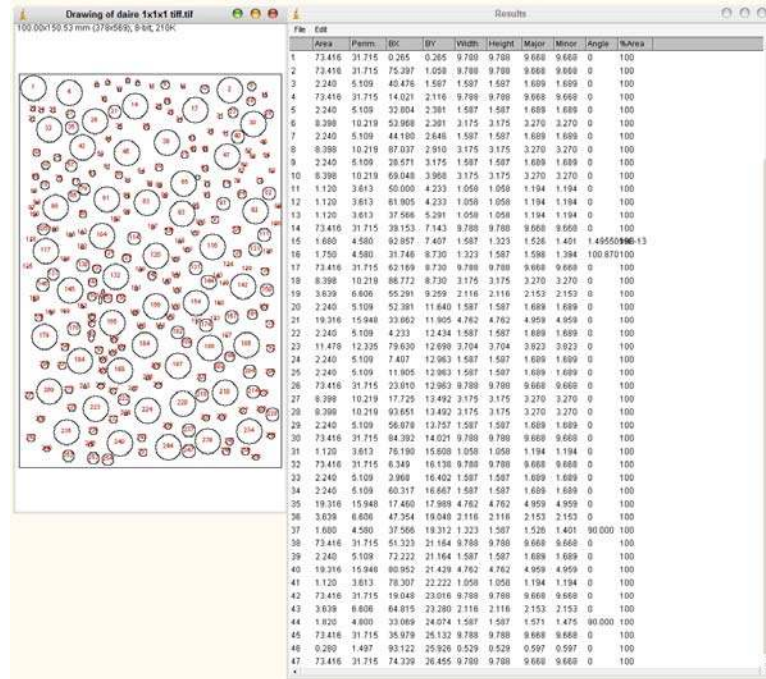
Şekil 4.30. 1 cm çaplı daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi

4.7. Çapları 1 cm ile 1 mm Arasında Değişen Objelerin Analizi

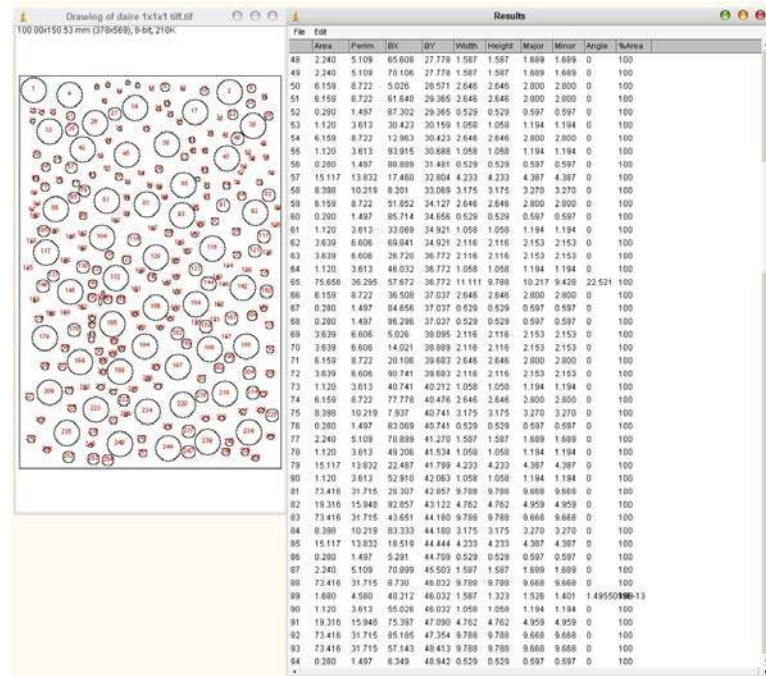
Şekil 4.31’de çapları 1 cm ile 1 mm arasında değişen çok sayıda daire şeklindeki objelerin analizi yapılmıştır. Bu analizde yapılan ölçüm sonucunda ortalama tane boyutu ve histogram grafiği elde edilmeye çalışılmıştır. Şekil 4.32, Şekil 4.33, Şekil 4.34, Şekil 4.35, Şekil 4.36, Şekil 4.37 ‘de dairelerin miktarı ve ölçümleri gösterilmiştir. Bu ölçümler baz alınarak Şekil 4.38’da alan dağılımı histogramı ve özet ölçüm bilgileri (toplam alan, ortalama tane boyutu vb.) gösterilmiştir. Değerler değiştikçe histogram gösteriminde değişimler saptanmış, ortalama tane boyutu yeniden hesaplanmıştır. Bu analiz sonucunda da kullandığımız yazılımın, analizi yapılan objelerin tane boyut dağılımını düzgün bir şekilde hesaplayarak grafik gösterimlerini otomatik olarak çizbildiği gösterilmiştir.



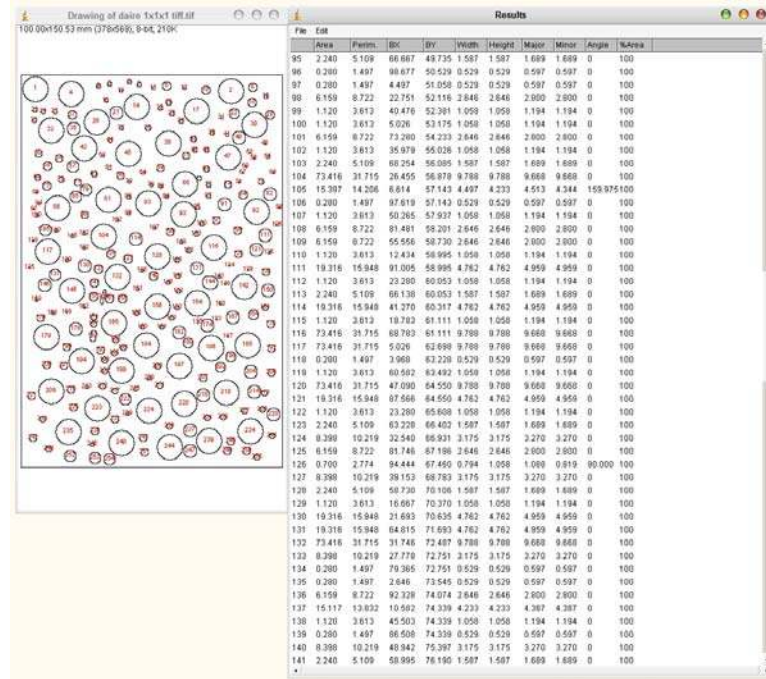
Şekil 4.31. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin analizi



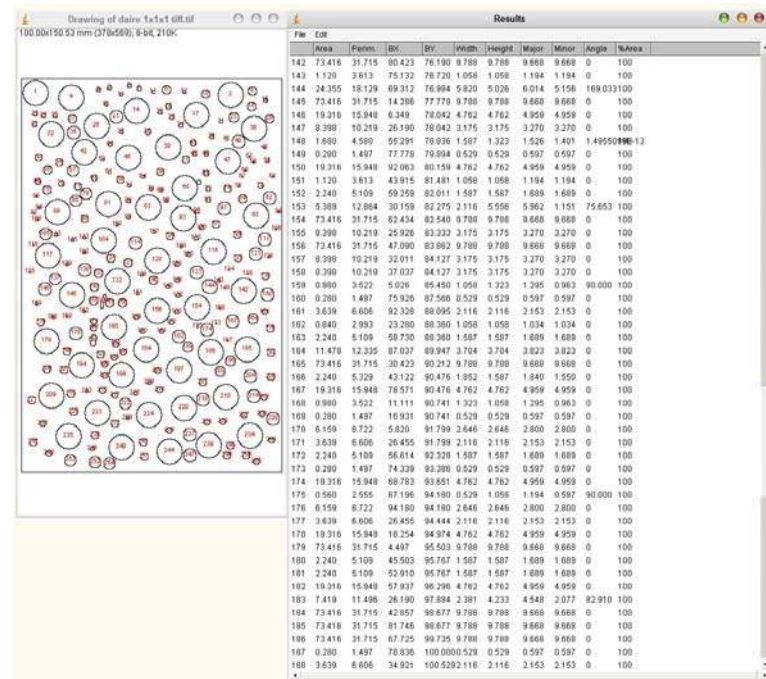
Şekil 4.32. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi



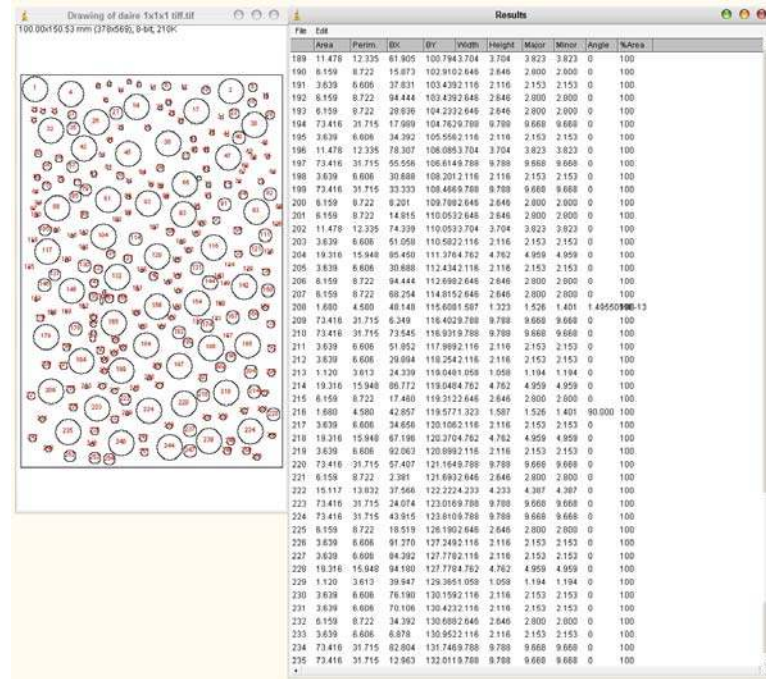
Şekil 4.33. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi



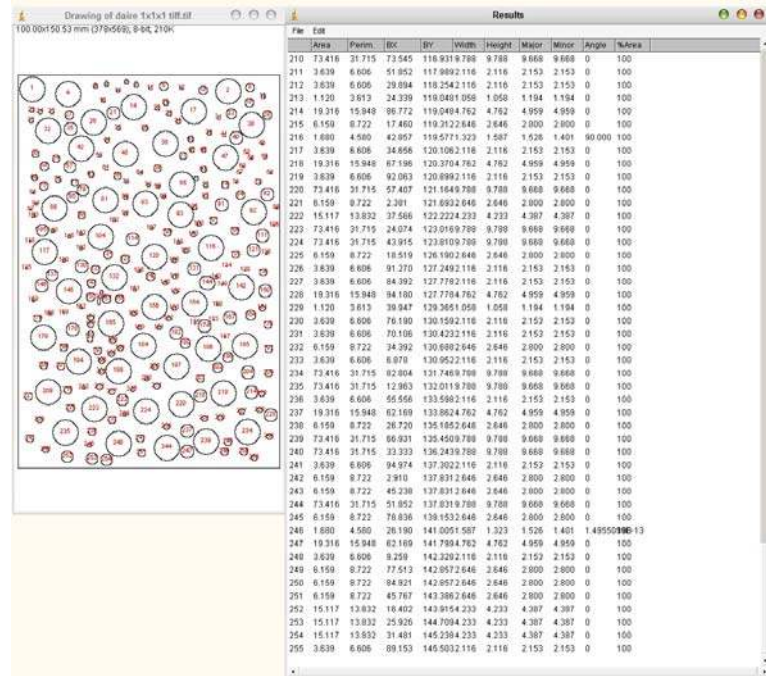
Şekil 4.34. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi



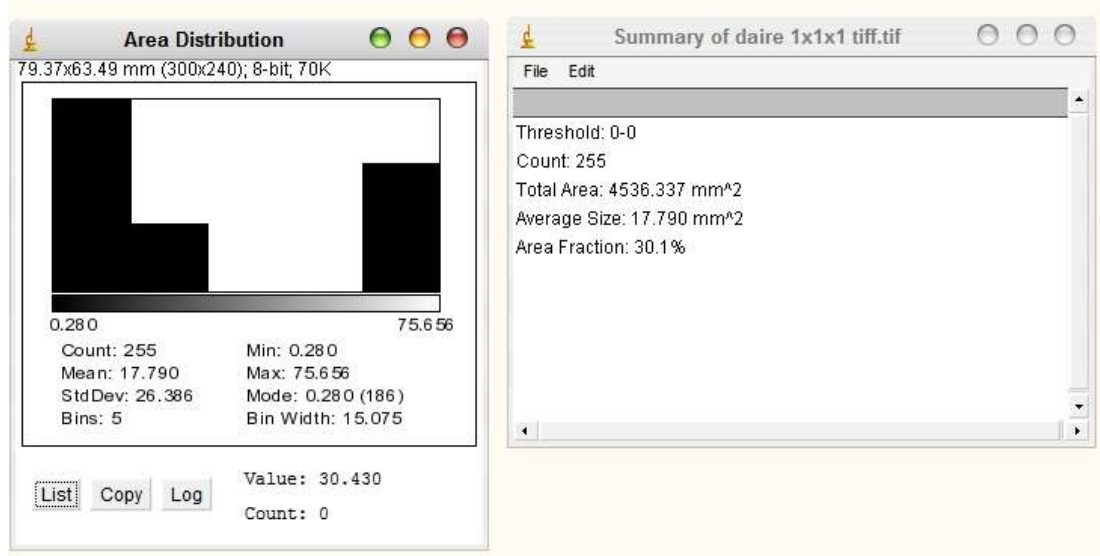
Şekil 4.35. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi



Şekil 4.36. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi



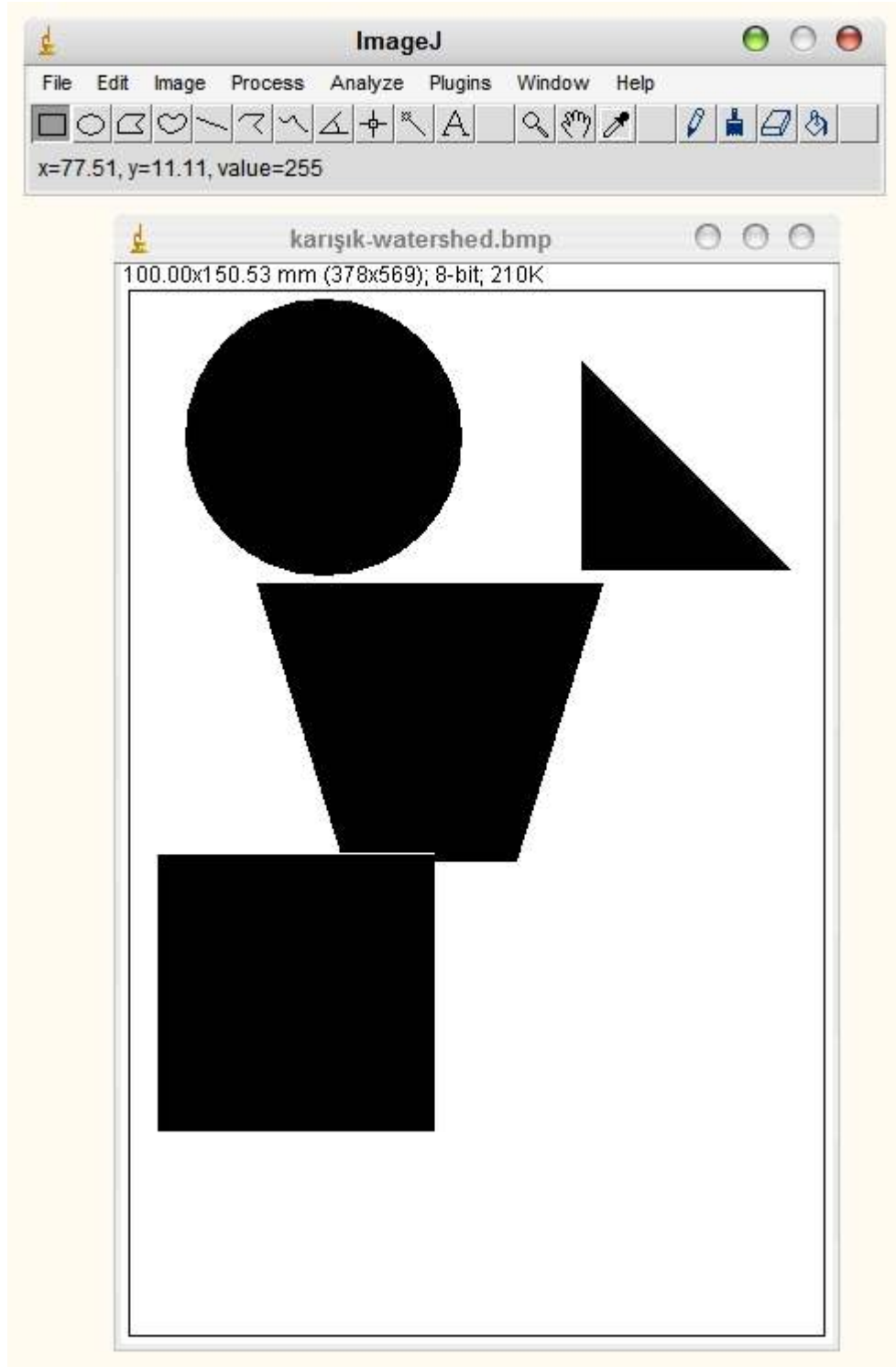
Şekil 4.37. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi



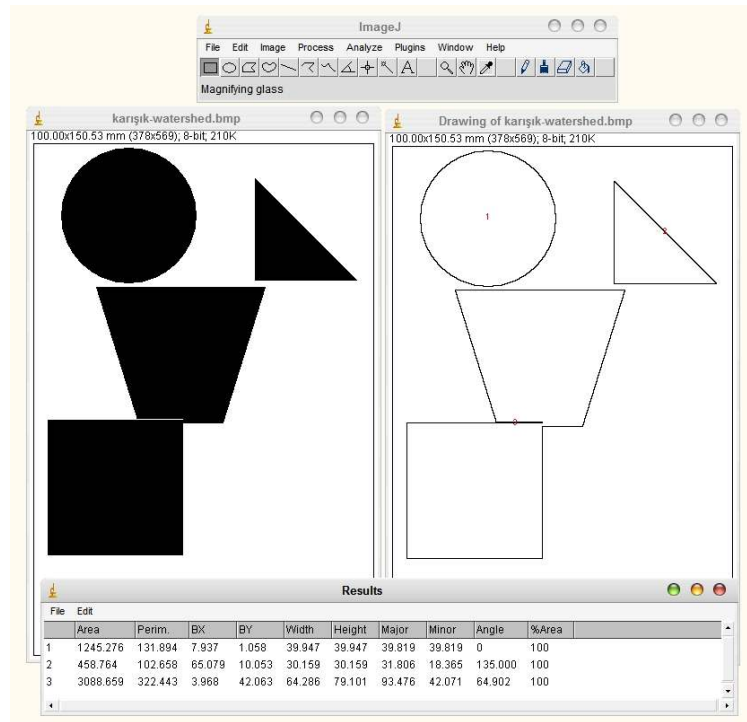
Şekil 4.38. 1 cm - 1 mm ölçülerinde daire objelerin belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi

4.8. Değişik Geometrik Şekillere Sahip ve Birbirleriyle İç İç Olan Objelerin Analizi

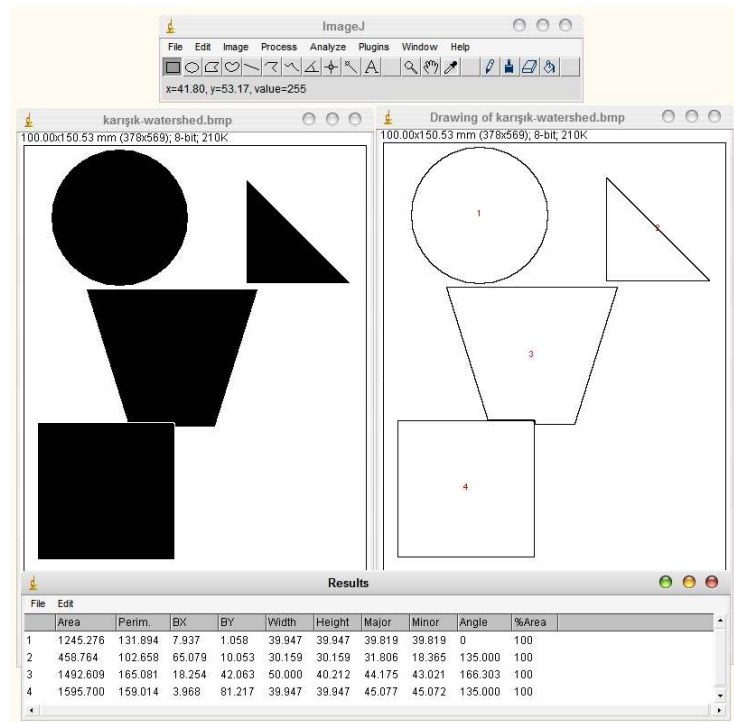
Şekil 4.39’da değişik geometrilere sahip kimi objelerin iç içe geçtiği bir durumda olan objelerin analizi yapılmıştır. Bu analizde temelde iç içe geçmiş objeler karşısında yazılımın vereceği sonucun tespiti ve buna göre uygulanacak ayrıştırma algoritmasının başarısı tespit edilmeye çalışılmıştır. Şekil 4.40’da herhangi bir ayrıştırma (watershed vb.) uygulanmadan 4 adet objenin analizi yapılmıştır. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere 4 adet obje iki objenin iç içe geçmesinden dolayı 3 adet olarak tespit edilmiş ve ölçümler buna göre yapılmıştır. Bu sonuç ortalama tane boyutunu olumsuz yönde etkilemesinden ötürü kabul edilemeyecek bir sonuçtur. Dolayısıyla bu olumsuzluğu bertaraf etmek üzere Şekil 4.41’de görüldüğü gibi aynı görüntüye ayrıştırma algoritması (watershed) uygulanmış ve objeler düzgün olarak tanımlanmıştır. Ölçüm sonuçlarına belirli bir ölçüde etkisi olan bu ayrıştırma sonucunda düzgün tane boyutu dağılımı elde edilmiştir.



Şekil 4.39. Karışık geometrik şekilli objelerin analizi



Şekil 4.40. Karışık geometrik şekilli objelerin watershed bölümlleme algoritması uygulanmadan belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi



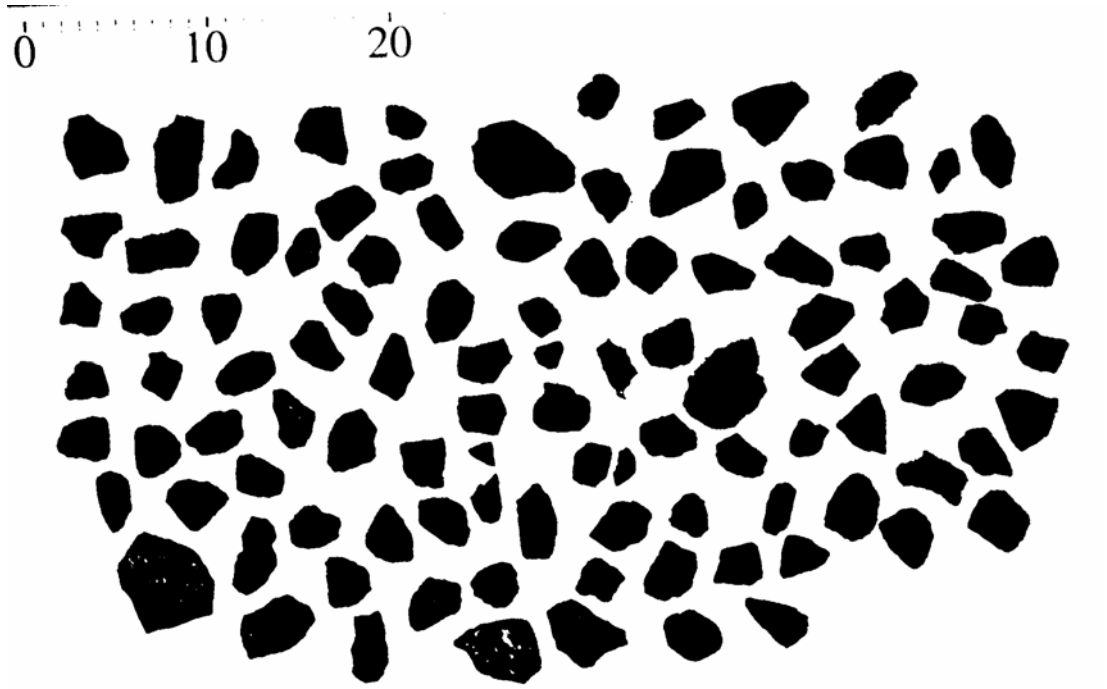
Şekil 4.41. Karışık geometrik şekilli objelerin watershed bölümlleme algoritması uygulanarak belirlenmesi, analiz özeti ve sonuçlarının kaydedilmesi

4.9. Boyutları Önceden Bilinmeyen Taş Parçalarının Tane Boyutlarının Gerçek Ölçüm ve Sayısal Tane Boyut Analizi ile Karşılaştırılması

Rastgele miktar ve boyutta toplanmış olan taş parçalarının kontrast yaratacak beyaz bir zemin üzerinde ve ölçek yaratacak bir cetvel yardımıyla tane boyut dağılımı analizi bu aşamada gerçekleştirilmiştir. Yazılımın ölçtüğü tane boyutları ile gerçek tane boyutlarının karşılaştırılması da ayrıca yapılmıştır. Gerçek tane boyut ölçümleri dijital kumpas kullanılması suretiyle gerçekleştirilmiştir. Buna göre Şekil 4.42’de elde edilmiş olan sayısal görüntü, sayısal analiz için Şekil 4.43’de gösterilen eşik değer filtresinden geçirilmiştir. Bu aşamadan sonra Şekil 4.44’de analizi yapılan görüntü içerisindeki objelerin miktar ve boyutları tespit edilmiştir. Çizelge 4.1 ve Şekil 4.45’de analizi ImageJ yazılımı ile yapılmış olan görüntünün tek tek tanelerin ölçüm sonuçları ve buna bağlı histogram gösterilmiştir. Bununla birlikte Çizelge 4.2 ve Şekil 4.46’da tanelerin ölçümleri dijital kumpas ile yapılmış ve değerler çizelgeye yazılmış ve buna bağlı histogram gösterilmiştir. El ile yapılan ölçümlerde alan, çevre ve dairesellik değerleri ölçülemediğinden bu değerler yazılım sonuçları ile karşılaştırılamamıştır.



Şekil 4.42. Boyutları daha önceden bilinmeyen taş parçaları sayısal görüntüsü



Şekil 4.43. Boyutları daha önceden bilinmeyen taş parçaları görüntüsü üzerine eşik değeri filtresi uygulanması



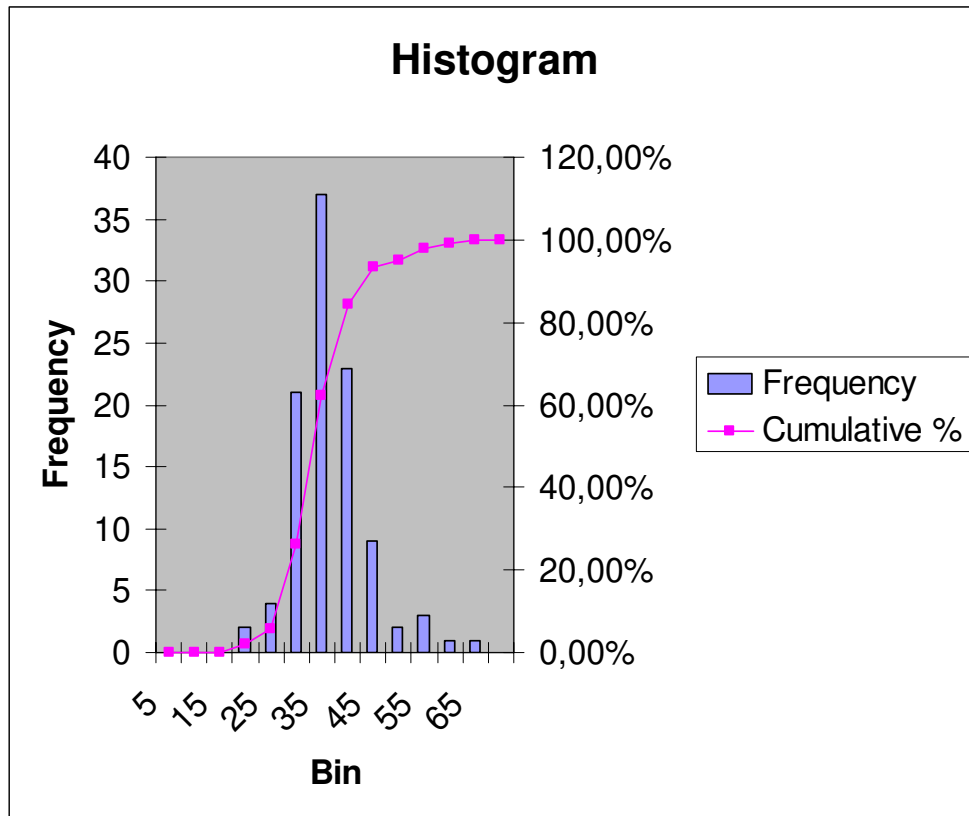
Şekil 4.44. Boyutları daha önceden bilinmeyen taş parçalarının miktarlarının ve tane boyutlarının belirlenmesi

Çizelge 4.1. Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin ImageJ yazılımından elde edilen ölçüm değerleri

Parça No	Yazılım ile Ölçülen Tane Boyutu (mm)	Alan (mm ²)	Çevre (mm)	Dairesellik
1	41,78	635,21	112,28	0,63
2	26,99	413,79	81,44	0,78
3	42,89	931,29	124,64	0,75
4	30,93	432,67	85,97	0,74
5	24,33	313,85	70,38	0,80
6	36,25	682,70	107,43	0,74
7	40,97	889,34	119,66	0,78
8	50,22	1.047,63	138,22	0,69
9	41,27	676,89	107,38	0,74
10	60,25	1.720,00	167,23	0,77
11	35,01	506,22	98,12	0,66
12	37,13	787,77	114,01	0,76
13	50,88	1.057,28	136,34	0,71
14	26,16	271,82	68,77	0,72
15	31,13	481,70	89,20	0,76
16	30,29	522,88	90,75	0,80
17	30,35	517,67	91,80	0,77
18	27,27	366,21	75,95	0,80
19	33,49	631,36	100,45	0,79
20	32,04	496,31	90,77	0,76
21	40,60	729,60	112,35	0,73
22	34,10	574,13	101,48	0,70
23	37,26	684,33	103,41	0,80
24	36,29	599,24	98,29	0,78
25	29,44	364,59	77,92	0,75
26	41,70	745,66	116,92	0,69
27	28,94	429,85	83,96	0,77
28	30,35	581,22	94,99	0,81
29	38,74	625,47	107,35	0,68
30	31,99	640,33	96,86	0,86
31	34,11	667,93	102,31	0,80
32	32,82	653,57	100,92	0,81
33	36,08	538,85	97,22	0,72
34	34,49	495,46	95,34	0,69
35	31,84	551,41	94,72	0,77
36	37,06	690,14	103,08	0,82
37	27,92	414,90	84,03	0,74
38	33,50	502,89	91,77	0,75
39	30,07	448,39	86,03	0,76
40	38,61	692,53	107,29	0,76
41	30,38	455,39	86,56	0,76

42	25,16	352,03	73,87	0,81
43	27,20	440,36	84,03	0,78
44	32,56	588,23	96,28	0,80
45	31,52	507,41	91,12	0,77
46	28,83	438,65	84,56	0,77
47	36,65	563,37	99,40	0,72
48	54,42	1.525,49	164,01	0,71
49	31,63	523,05	93,94	0,74
50	34,13	372,53	89,67	0,58
51	17,07	171,87	52,34	0,79
52	33,07	535,43	95,19	0,74
53	34,86	557,13	95,02	0,78
54	27,63	399,87	82,08	0,75
55	26,05	386,63	80,07	0,76
56	37,43	624,44	100,94	0,77
57	32,72	655,62	101,34	0,80
58	35,06	514,33	95,05	0,72
59	35,37	778,04	116,36	0,72
60	34,02	586,86	101,61	0,71
61	29,57	495,03	89,25	0,78
62	37,57	707,39	106,10	0,79
63	33,99	573,45	95,19	0,80
64	33,01	552,01	93,30	0,80
65	31,61	565,67	95,63	0,78
66	24,51	318,12	71,45	0,78
67	29,87	582,67	93,40	0,84
68	35,10	530,05	95,44	0,73
69	30,18	455,82	86,16	0,77
70	32,87	551,66	97,58	0,73
71	17,04	123,61	47,04	0,70
72	26,95	401,58	78,95	0,81
73	21,84	172,64	55,24	0,71
74	39,79	641,70	116,40	0,60
75	30,66	490,84	87,57	0,80
76	33,79	475,38	89,68	0,74
77	37,84	799,14	112,07	0,80
78	27,45	306,84	74,68	0,69
79	34,57	634,18	99,80	0,80
80	29,97	362,37	79,87	0,71
81	41,71	708,76	111,73	0,71
82	35,61	759,07	108,75	0,81
83	24,87	370,74	76,06	0,81
84	34,73	559,78	94,26	0,79
85	36,14	625,90	100,89	0,77
86	34,04	591,73	97,33	0,78
87	29,42	501,69	88,31	0,81
88	33,67	662,46	102,16	0,80
89	43,25	720,29	116,39	0,67

90	58,96	2.013,94	180,61	0,78
91	29,44	436,94	86,10	0,74
92	35,07	661,95	103,49	0,78
93	31,10	488,37	90,18	0,75
94	29,73	536,89	92,82	0,78
95	27,86	418,32	82,82	0,77
96	26,87	481,87	85,29	0,83
97	35,16	601,64	98,77	0,77
98	43,56	951,70	125,00	0,77
99	38,21	551,49	100,85	0,68
100	47,55	975,36	131,49	0,71
101	34,01	653,49	99,47	0,83
102	39,95	626,41	107,80	0,68
103	49,83	1.127,50	140,07	0,72
Mean	34,18	599,57	98,02	0,76
SD	7,32	269,99	20,49	0,05
Min	17,04	123,61	47,04	0,58
Max	60,25	2.013,94	180,61	0,86



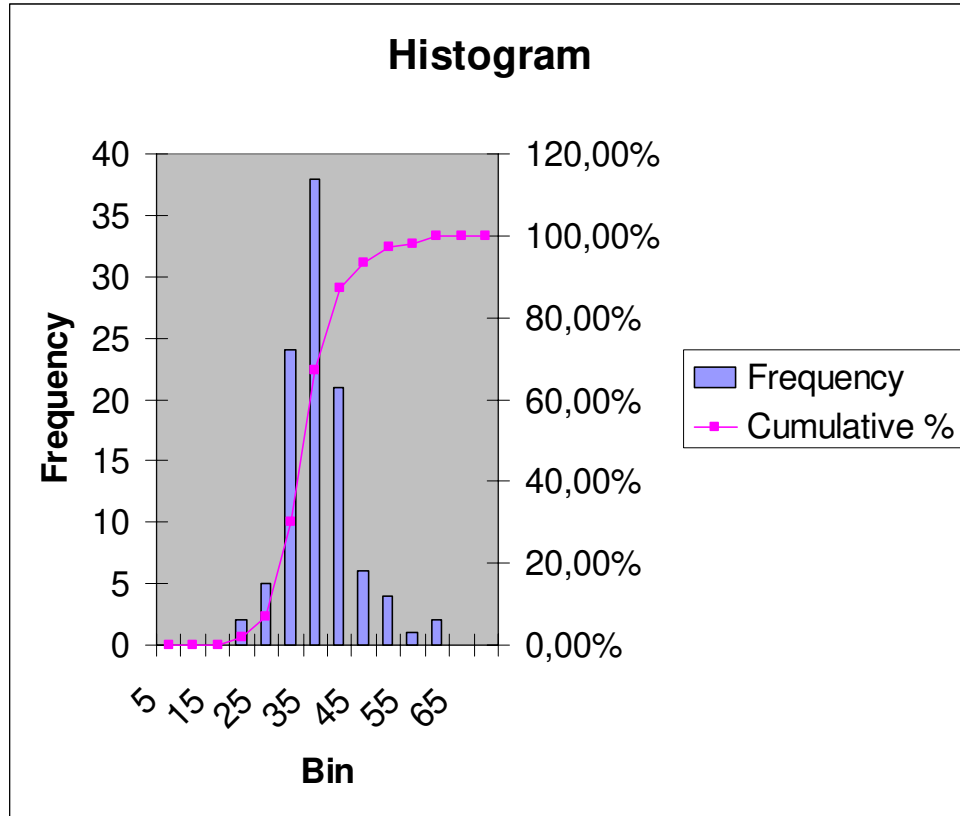
Şekil 4.45. Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin ImageJ yazılımından elde edilen histogram dağılımı

Çizelge 4.2. Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin dijital kumpas ile elde edilen ölçüm değerleri

Parça No	Kumpas ile Ölçülen Tane Boyutu (mm)	Alan (mm ²)	Çevre (mm)	Dairesellik
1	40,71	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
2	26,55	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
3	42,80	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
4	29,85	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
5	24,05	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
6	35,70	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
7	39,35	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
8	49,20	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
9	41,04	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
10	59,41	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
11	35,39	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
12	36,91	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
13	49,31	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
14	25,64	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
15	31,77	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
16	29,39	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
17	30,03	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
18	28,84	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
19	33,57	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
20	31,01	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
21	34,79	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
22	31,46	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
23	37,57	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
24	35,74	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
25	29,06	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
26	39,25	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
27	31,65	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
28	29,52	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
29	38,68	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
30	31,87	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
31	33,53	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
32	31,46	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
33	35,20	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
34	34,21	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
35	31,18	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
36	37,20	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
37	25,66	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
38	34,52	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
39	29,76	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
40	33,22	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
41	28,87	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi

42	24,99	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
43	28,66	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
44	32,18	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
45	30,31	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
46	34,02	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
47	36,93	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
48	54,08	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
49	31,20	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
50	33,59	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
51	16,69	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
52	33,35	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
53	34,24	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
54	26,77	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
55	26,90	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
56	38,23	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
57	32,77	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
58	34,51	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
59	35,57	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
60	33,76	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
61	29,32	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
62	37,25	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
63	34,02	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
64	32,97	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
65	28,15	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
66	24,40	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
67	28,66	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
68	34,26	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
69	29,83	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
70	32,79	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
71	16,91	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
72	26,54	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
73	22,26	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
74	39,36	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
75	30,28	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
76	34,57	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
77	37,69	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
78	27,43	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
79	33,97	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
80	32,86	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
81	41,36	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
82	35,20	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
83	24,53	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
84	34,84	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
85	36,41	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
86	34,54	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
87	28,77	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
88	33,26	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
89	43,58	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi

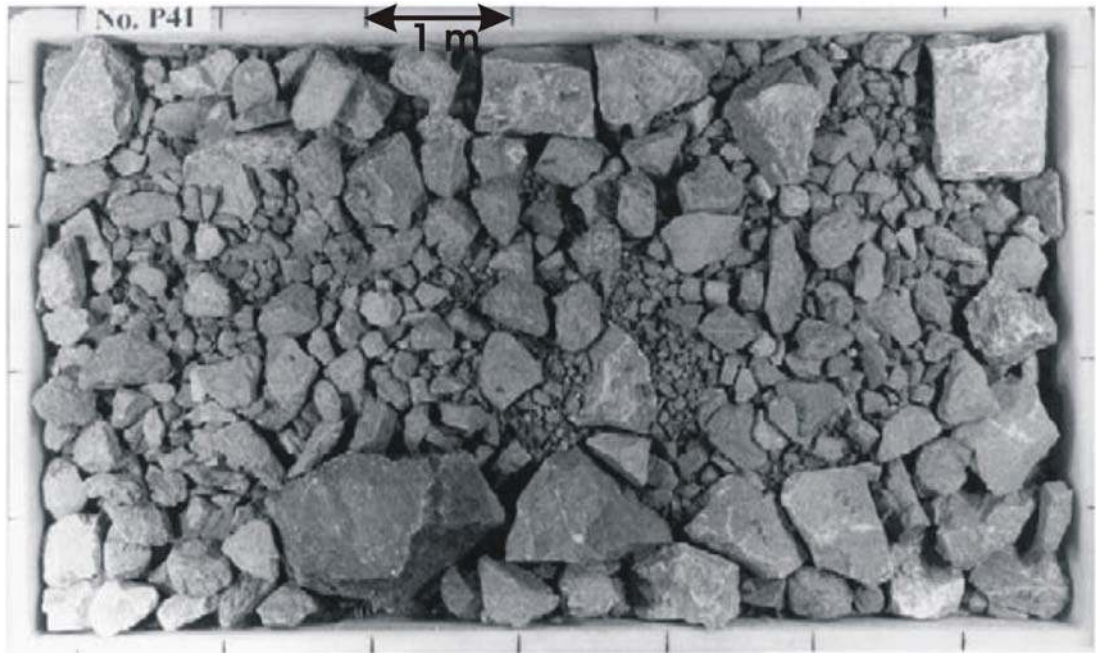
90	57,17	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
91	29,50	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
92	34,97	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
93	31,28	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
94	29,54	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
95	28,76	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
96	26,59	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
97	34,92	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
98	42,69	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
99	37,96	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
100	48,02	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
101	35,13	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
102	39,85	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
103	49,51	Ölçülemedi	Ölçülemedi	Ölçülemedi
Mean	33,84	0	0	0
SD	7,13	0	0	0
Min	16,69	0	0	0
Max	59,41	0	0	0



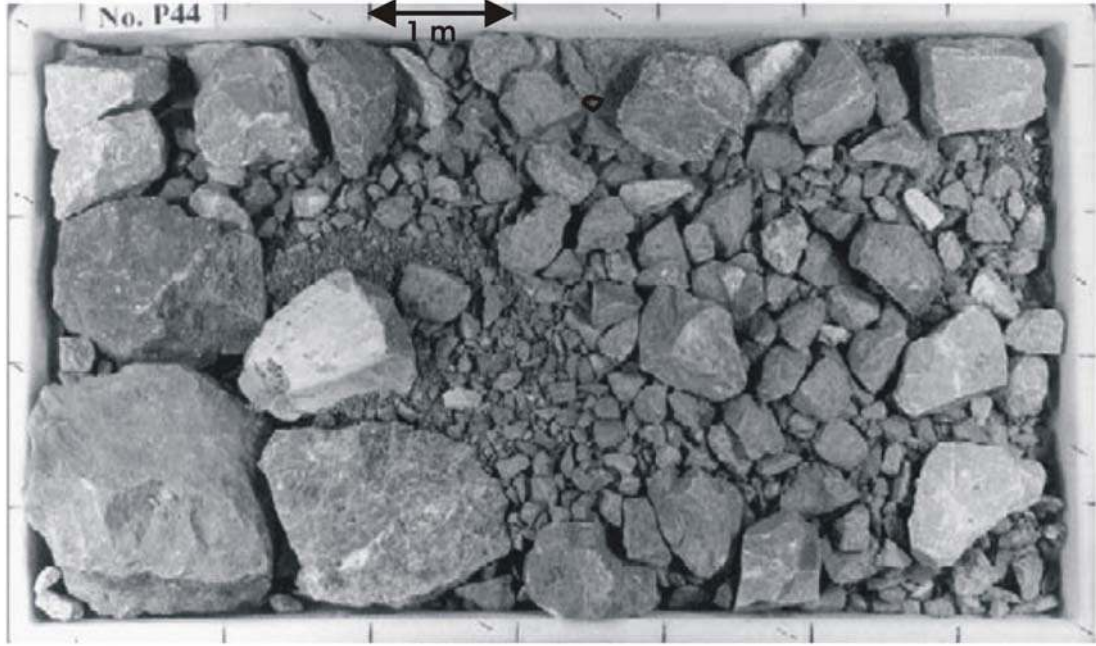
Şekil 4.46. Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin dijital kumpas ile elde edilen histogram dağılımı

4.10. Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006, Makalesinde Yer Alan Görüntülerinin Elek Analizi, ImageJ ve WipFrag Yazılımları Sayısal Boyut Analizlerinin Karşılaştırılması

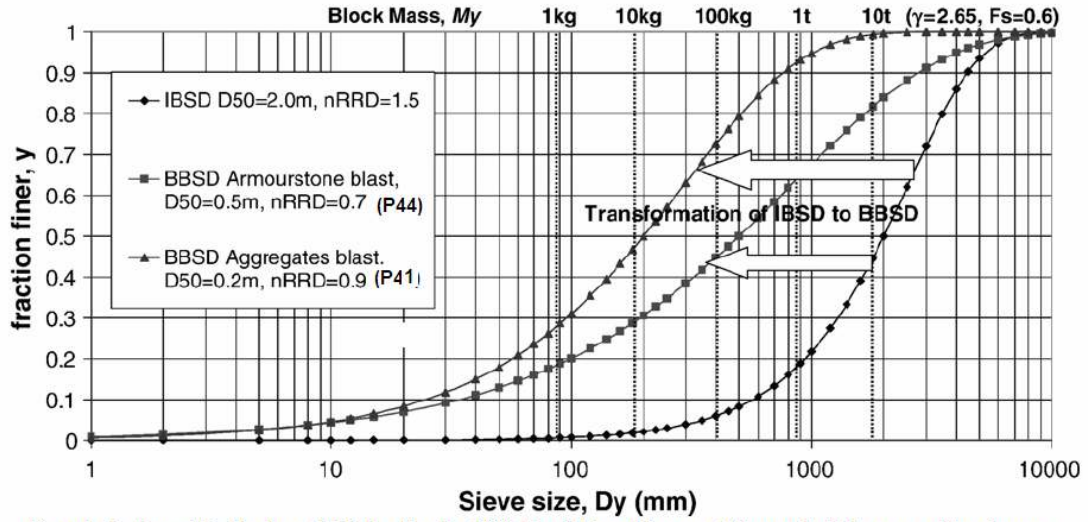
Bu aşamada daha önceden sayısal görüntü analizi amacıyla kullanılmak üzere hazırlanmış ve elek analizi yapılmış olan sayısal görüntüler kullanılmıştır. Şekil 4.47 ve Şekil 4.48’de P41 ve P44 numaralı sayısal görüntüler ile Şekil 4.49’da bu görüntülere ait elek analizi sonuçları gösterilmektedir. Bu görüntüler önce tane boyut analizinde kullanılan ve profesyonel bir yazılım olan WipFrag yazılımı ile analiz edilmiştir. WipFrag analiz sonuçları P41 görüntüsü için Şekil 4.50’de, P44 görüntüsü için Şekil 4.54’de gösterilmiştir. Daha sonra aynı görüntüler ImageJ yazılımı ile analiz edilmiştir. ImageJ analiz sonuçları ve özeti P41 görüntüsü için Şekil 4.51 ve Şekil 4.52’de ve yazılımdan alınan sonuçlar tablo halinde EK-3’de, P44 görüntüsü için Şekil 4.55 ve Şekil 4.56’de ve yazılımdan alınan sonuçlar tablo halinde EK-4’de gösterilmiştir. Sonuçlar hem kendi arasında hem de elek analizi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Her 3 analizde de ortalama tane boyutu değerleri birbirlerine yakın değerler vermiştir.



Şekil 4.47. P41 numaralı elek analizi yapılmış sayısal görüntü (Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006)

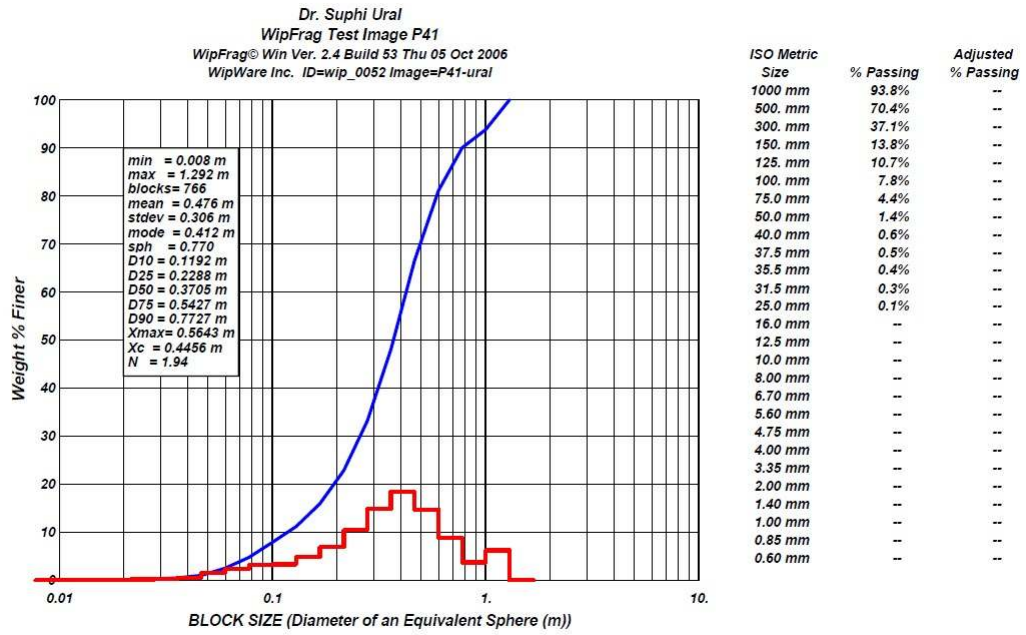


Şekil 4.48. P44 numaralı elek analizi yapılmış sayısal görüntü (Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006)

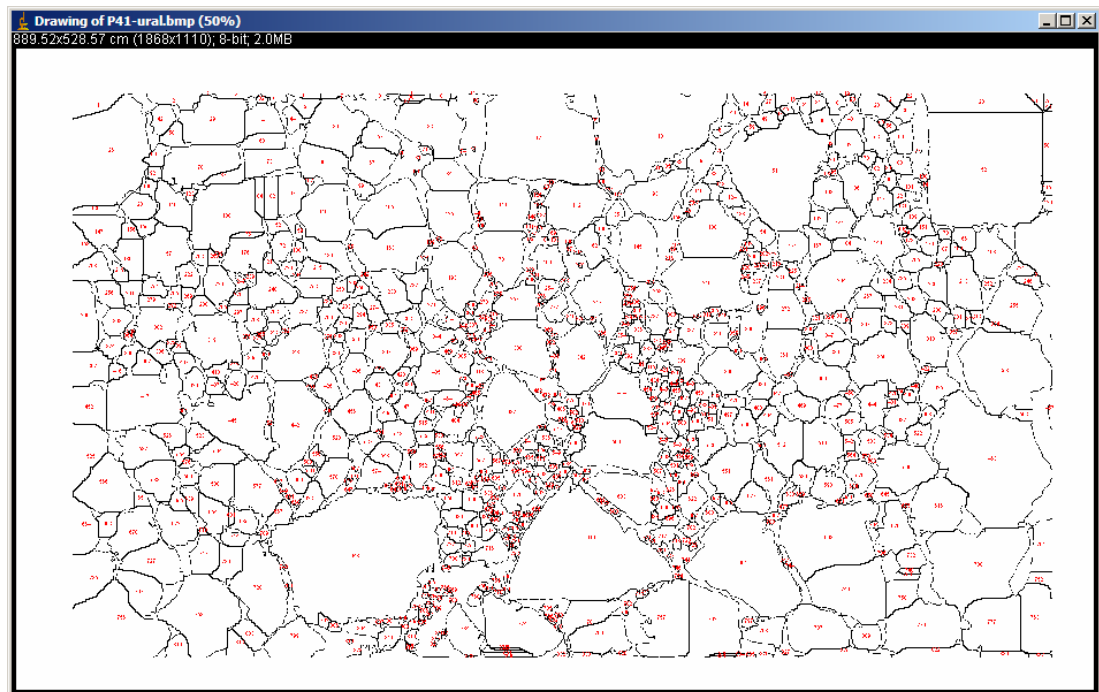


Kaynak: Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006, Prediction of fragmentation and yield curves with reference to armourstone production, Engineering Geology 87, 60-74.

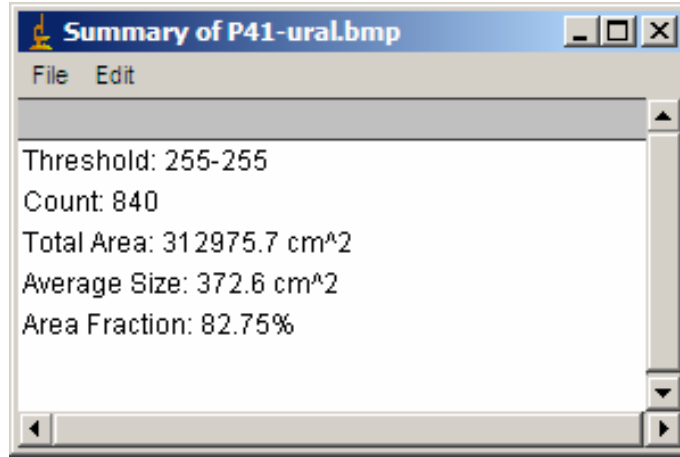
Şekil 4.49. P41 ve P44 numaralı görüntülerin elek analizi sonuçları (Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006)



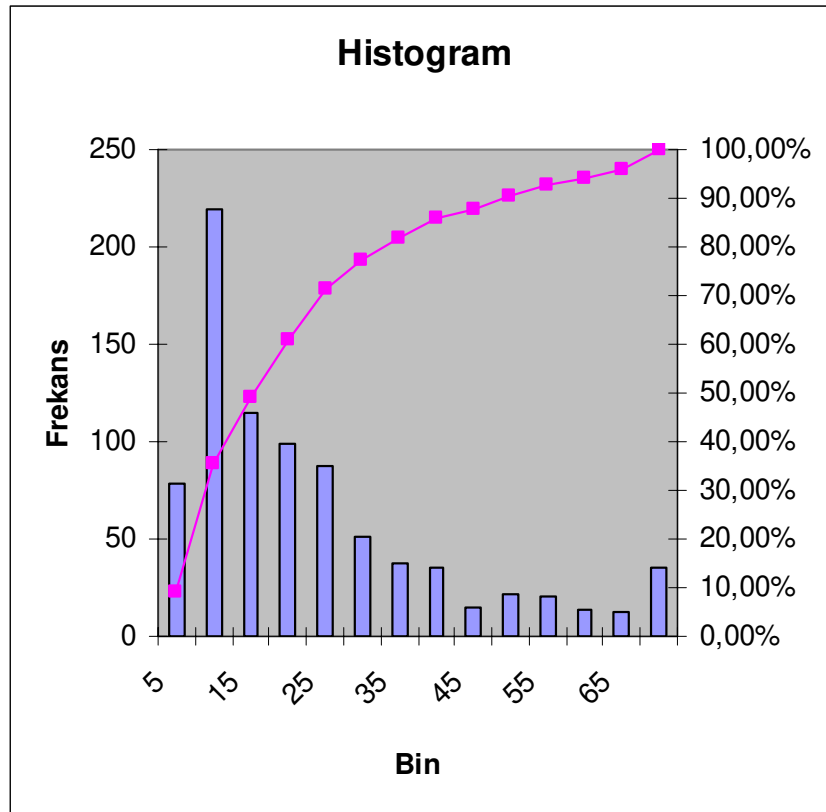
Şekil 4.50. P41 numaralı görüntünün WipFrag yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi



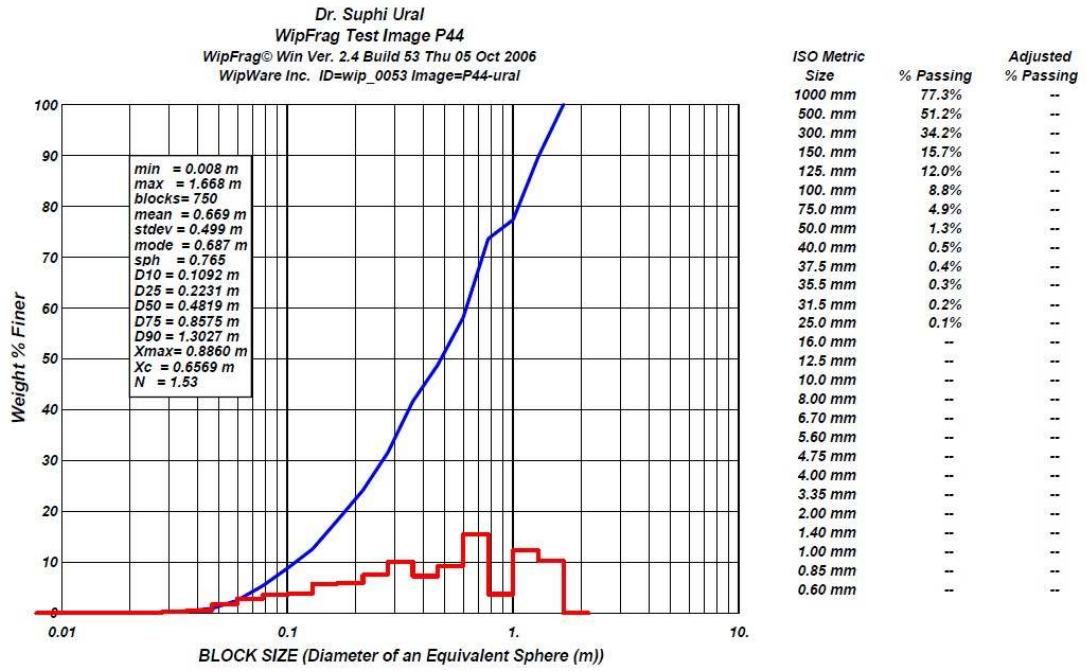
Şekil 4.51. P41 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi



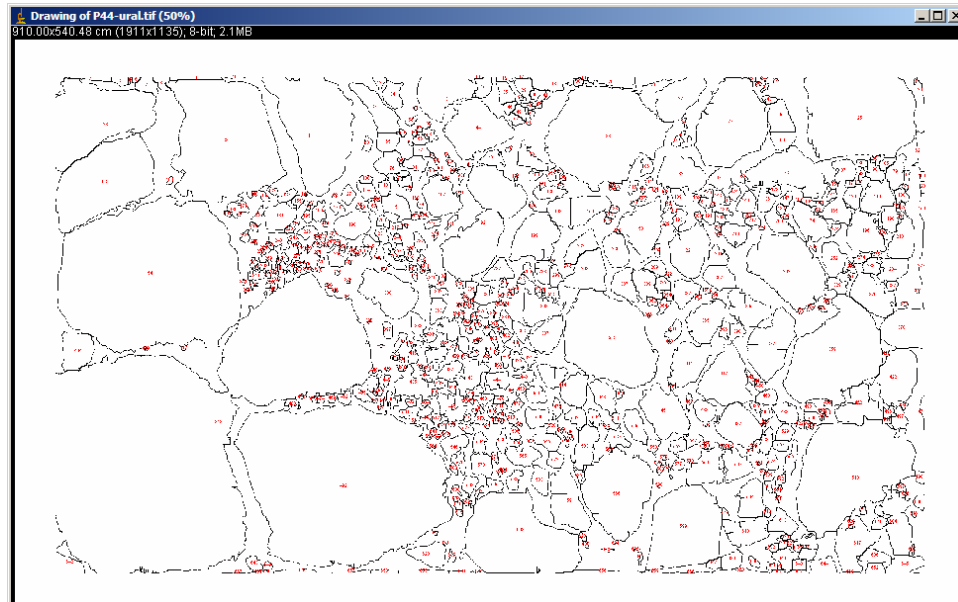
Şekil 4.52. P41 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi özeti



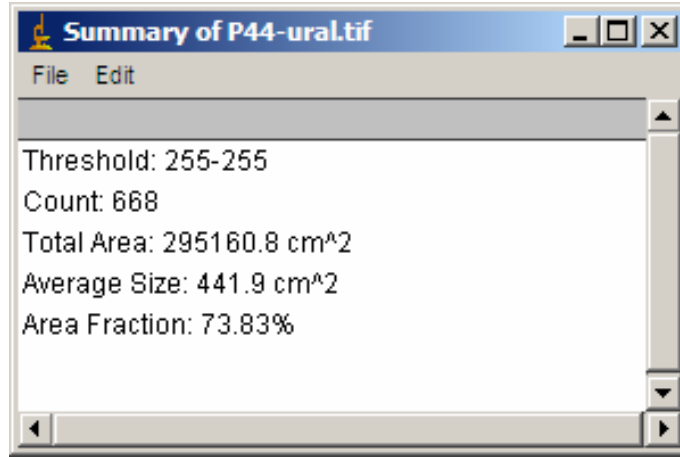
Şekil 4.53 Sayısal görüntü analizi yapılan P41 numaralı görüntünün ImageJ yazılımından elde edilen histogram dağılımı



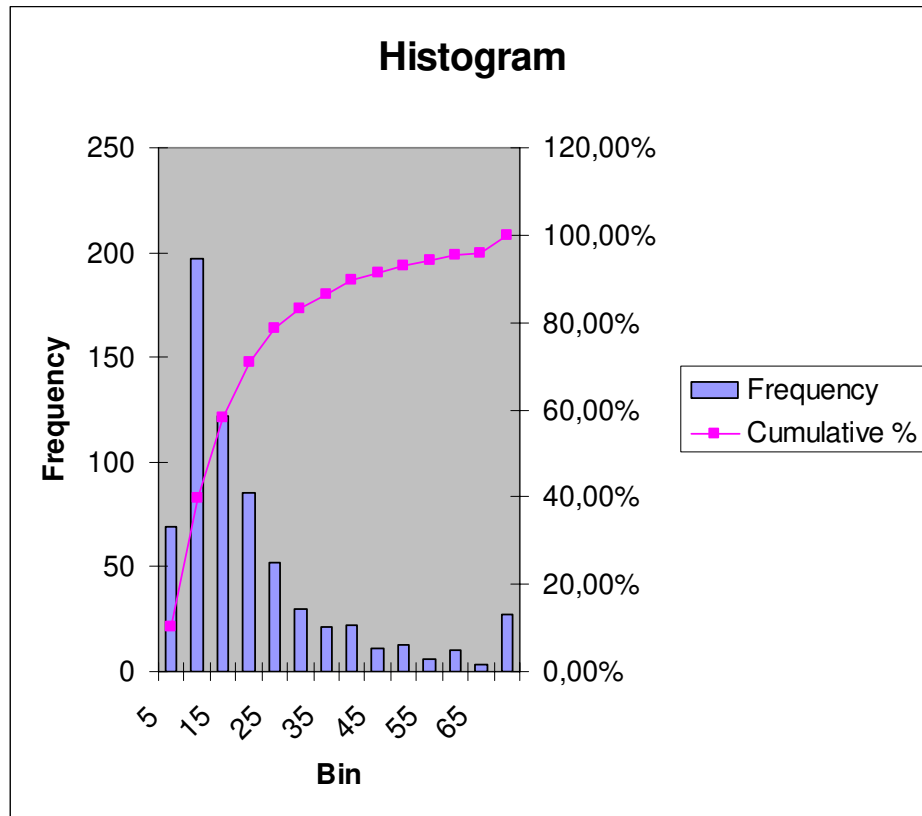
Şekil 4.54 P44 numaralı görüntünün WipFrag yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi



Şekil 4.55. P44 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi



Şekil 4.56. P44 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi özeti



Şekil 4.57 Sayısal görüntü analizi yapılan P44 numaralı görüntünün ImageJ yazılımından elde edilen histogram dağılımı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada sayısal görüntü işleme yöntemi ile tane boyut dağılımı analizi incelenmiştir. Sayısal ortamda oluşturulan değişik ölçü ve geometriye sahip şekiller üzerinde analizler yapılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir.

Bu analizler doğrultusunda sayısal görüntü işleme tekniklerinin, ortam değişkenlerinin tane boyut dağılımına etkileri belirtilmiştir.

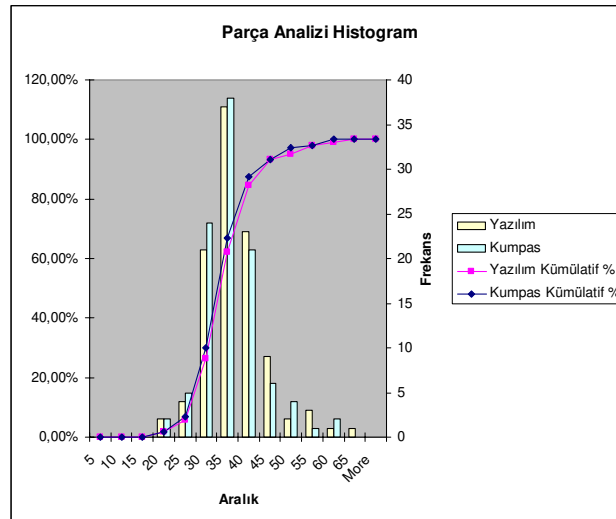
Boyutları ve miktarı daha önceden bilinmeyen taş parçalarının elle yapılan sayım ve dijital kumpas yardımıyla yapılan boyut ölçümleri; sayısal görüntü analizi sonucunda elde edilen miktar, tane boyutu değerleri tablolara aktarılmıştır. Elde edilen bu değerler kullanılarak elle yapılan ölçümler için tane miktarı, ortalama tane boyutu, en büyük ve en küçük tane boyutu değerleri elde edilmiş, ImageJ yazılımı kullanılarak elde edilen değerler kullanılarak tane miktarı, ortalama tane boyutu, ortalama ve toplam alan, ortalama ve toplam çevre değerleri elde edilmiştir. Aynı tablolar kullanılmak suretiyle parçaların tane boyut dağılımını görebilmek amacıyla tane boyut değerlerinin karşılaştırılmalı histogram grafiği Şekil 5.1’de çizilmiştir. Sonuç olarak el ile ölçüm ve sayısal görüntü analizi sonucu alınan ölçüm değerleri arasında büyük farklılıklar olmadığı, ortalama tane boyutu ve standart sapmanın birbirine yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.

ImageJ yazılımı ile elde edilen ve elle yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerlerin özeti Çizelge 5.1’de gösterilmiştir. Sonuç olarak el ile ölçüm ve sayısal görüntü analizi sonucu alınan ölçüm değerleri arasında büyük farklılıklar olmadığı, ortalama tane boyutu ve standart sapmanın birbirine yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Yazılım ile yapılan analizler ile birebir boyut ölçümünde meydana gelen farklılıkların nedenlerine bakılacak olunursa; sayısal görüntünün elde edilmesi için kullanılan görüntü biçimi (RAW, JPEG, BMP) görüntü kalitesini dolayısıyla tane sınırlarının tespitini etkilemektedir. Bu analizde 1024 x 768 çözünürlükte JPEG biçiminde kayıt yapabilen bir sayısal kamera kullanılmıştır. Görüntü sıkıştırma işlemine maruz kaldığı için kimi detayların kaybedildiği tespit edilmiştir. Bunun dışında kullanılan ışığın miktarı ve yönü de tane sınırlarını belirlemede bir etken olarak görülmektedir. Bu etkiyi en aza indirmek amacıyla

parçalar kontrast yaratmak amacıyla beyaz zemin üzerine konulmuştur. Ayrıca analizle ilgili en büyük etkinin tanenin 3 boyutlu uzaydaki duruş şekli olduğu tespit edilmiştir. Alınan görüntüler 90° dik açıyla çekilmiş ve taneler bu açı yüzünden 2 boyutlu ölçüleri ile analiz edilmiştir. 3. boyutun tespiti mümkün olmadığı için bu boyuttaki farklı ölçüler yazılım ile tespit edilememektedir. Elle yapılan bir analizde bu detayda ölçüm yapmak her ne kadar mümkünse de yazılım ile alınan görüntünün analizi çok hızlı bir şekilde ve yakın sonuçlarla yapılabilir. Ayrıca elle ölçülmesi mümkün ve/veya pratik olmayan birçok ölçüm (alan, çevre, dairesellik vb.) yazılım yardımıyla aynı analiz içinde elde edilebilmektedir.

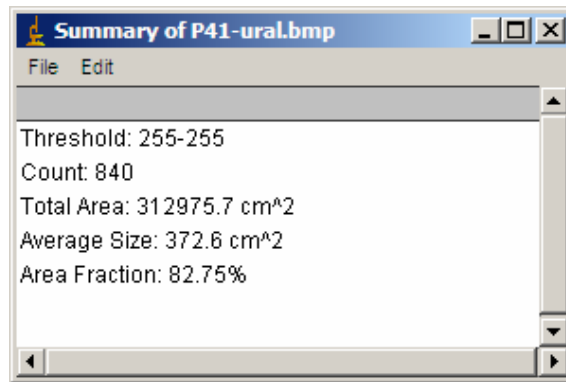
Çizelge 5.1 Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin ImageJ yazılımından elde edilen özet sonuçları

		Tane Boyutu	Alan	Çevre	Dairesellik
IMAGEJ	Ortalama (mm)	34,18	599,57	98,02	0,76
	Standart Sapma	7,32	269,99	20,49	0,05
	En Küçük (mm)	17,04	123,61	47,04	0,58
	En Büyük (mm)	60,25	2.013,94	180,61	0,86
KUMPAS	Ortalama (mm)	33,84	0	0	0
	Standart Sapma	7,13	0	0	0
	En Küçük (mm)	16,69	0	0	0
	En Büyük (mm)	59,41	0	0	0



Şekil 5.1 Sayısal görüntü analizi yapılan objelerin ImageJ yazılımından ve elle ölçümlerinden elde edilen histogram dağılımı

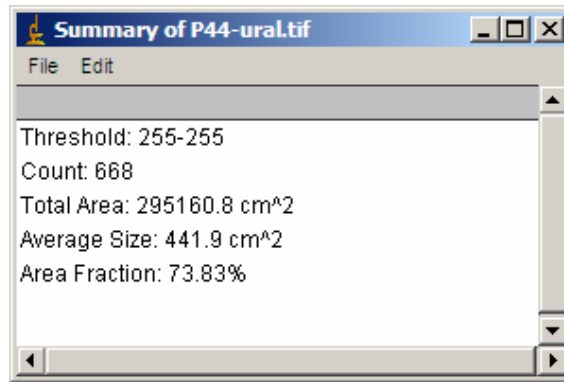
Latham, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006 makalesinde yer alan elek analizi yapılmış olan P41 ve P44 numaralı sayısal görüntüleri, elek analizi sonuçları ile karşılaştırılmak üzere madencilik alanında kullanılan profesyonel bir yazılım olan WipFrag ile sayısal görüntü analizi yazılım firmasına yaptırılmıştır. Ölçüm sonuçları firma tarafından uygun bir grafik halinde gönderilmiştir. Bununla birlikte ImageJ yazılımı ile aynı görüntülerin yine sayısal görüntü analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları özet olarak P41 görüntüsü için Şekil 5.2 ve P44 görüntüsü için Şekil 5.3’de gösterilmiştir. Alınan sonuçlar doğrultusunda P41 görüntüsü için elde edilen veriler Çizelge 5.2’de özetlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında P41 numaralı görüntü için WipFrag ve ImageJ yazılımları elek analizi sonuçlarından farklı ancak birbirleri arasındaki karşılaştırmada yakın ölçüm sonuçları elde etmişlerdir. Ayrıca P44 görüntüsü için elde edilen veriler Çizelge 5.3’de özetlenmiştir. Bu karşılaştırma incelendiğinde iki yazılımın da gerçeğe yakın ölçüm sonuçları elde ettiği görülmektedir. Yazılımlar arasındaki ölçüm farklılıklarının tespit edilen tane miktarıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. ImageJ yazılımında analiz esnasında tespit edilen her büyüklükteki tane analize dahil edilirken WipFrag yazılımında belirli bir tane boyut aralığı içinde analiz yapıldığı dolayısıyla sonuçlarda farklılıklar olduğu düşünülmektedir. Elek analizi ile yazılımlar arasındaki ölçüm değerleri farklılıkları yine önceden de bahsedildiği üzere görüntü kalitesi, ışık etkileri ve tanelerin 3 boyutlu uzaydaki duruş şekillerinin bir etkisi olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 5.2. P41 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi özeti

Çizelge 5.2 Sayısal görüntü analizi yapılan P41 numaralı görüntünün elek analizi, WipFrag ve ImageJ yazılımından elde edilen ölçüm değerleri karşılaştırılması

	Tane Miktarı	Ortalama	En Küçük	En Büyük	Dairesellik
Elek Analizi		20,00			
WipFrag	766	37,05	0,80	129,20	0,77
ImageJ	840	37,26	5,20	115,42	0,65



Şekil 5.3. P44 numaralı görüntünün ImageJ yazılımı ile yapılmış sayısal görüntü analizi özeti

Çizelge 5.3 Sayısal görüntü analizi yapılan P44 numaralı görüntünün elek analizi, WipFrag ve ImageJ yazılımından elde edilen ölçüm değerleri karşılaştırılması

	Tane Miktarı	Ortalama	En Küçük	En Büyük	Dairesellik
Elek Analizi		50,00			
WipFrag	750	48,19	0,80	166,80	0,76
ImageJ	668	44,19	3,20	372,80	0,63

Sonuç olarak tane boyut dağılımı analizi yapılacak alandan alınan görüntüler, mutlaka en iyi aydınlatma koşullarında elde edilmiş olmalıdır. En iyi aydınlatma, görüntü içerisindeki objelerin sınırlarının arkaplandan ayrılmasına yetecek düzeyde olması anlamına gelmektedir. Yeterli aydınlatmanın sağlanamaması durumunda buna uygun kamera ve görüntüleme sistemleri ile yine bu duruma uygun sayısal görüntü işleme yöntemleri tespit edilmelidir.

Elde edilen görüntülerde kalibrasyonun yapılabilmesi amacıyla zamana ve mekana bağlı olarak restorasyonlar yapılmalıdır. Restorasyonlar sonucu objelerin arkaplandan net bir şekilde ayrılabilmesi hedeflenmelidir. Restorasyon sayısal

görüntü işleme yöntemine ek yük getireceğinden bundan azami şekilde kaçınılması gerekmektedir. Yazılıma getirilecek yükün görüntüleme ile ilgili donanımlara yüklenmesi daha düzgün sonuçlar elde edilmesini sağlar. Burada donanımın geliştirilmesi ve yatırım yapılması doğal olarak maliyetlere doğru orantılı olarak eklenecektir.

Görüntü ölçeği mutlaka en hassas ayarlarla yapılmalıdır. Araştırma bulguları içerisinde elle yapmış olduğumuz ölçek ayarları hassas olmadığı için ölçüm sonuçlarını direk etkilemiştir. Bu etkiyi engellemek için ölçek, düzgün belirlenmeli mümkünse otomasyon sistemi ile desteklenmelidir.

Elde edilen görüntüler belirli aralıklarla veya gerçek zamanlı olmak üzere analize tabi tutulmalıdır. Analizi etkileyen ışık, kontrast, parça kenar belirginliği ve parça boyutları iyi tahlil edilmelidir. Araştırma bulguları analiz sonuçlarında da karşılaşılan bu etkenler analizi olumsuz yönde etkilemektedir. Tane şekillerinin daireselliğe doğru kaymasıyla, yüksek çözünürlüklü ve sıkıştırmasız görüntülere ihtiyaç daha da artmaktadır. Böyle bir talep donanım kaynaklarının aşırı şekilde kullanılmasına dolayısıyla daha güçlü ve daha hızlı donanımlara ihtiyaç duyulmasını sağlamaktadır. Gerçek zamanlı görüntü analizi basit görüntü aygıtları ile yapılmamalı, bunun yerine profesyonel görüntü yakalama aygıtları (frame grabber) kullanılmalıdır. Bu aygıtlar sayesinde yüksek çözünürlüklü ve kalite kayıpsız görüntüler, yüksek hızlarla aktarılabilir.

Görüntüler içerisinde üst üste binmiş objeler belirlenmelidir. Tane analizi içerisinde bu objeler bütün sayılacağından dağılımı olumsuz yönde etkileyebilir. Bunu engellemek amacıyla bölümlene ve ayrıştırma algoritmaları, tanelerin şekillerine ve cinslerine göre, uygun sıra ve miktarda analizler içinde kullanılmalıdır. Kullanılan bölümlene ve ayrıştırma algoritmaları analiz öncesi ve sonrasında gerçek tane boyutları ile kıyaslanmalı ve kayıpların dağılıma olan etkileri hesaplanmalıdır.

Yazılımların verimliliğinin artırılması için her parça boyutunun analizi yerine gerçekten dağılımı etkileyecek parça boyutlarının analizi minimum ve maksimum sınırlar içinde belirtilmelidir. Dolayısıyla işlem kapasitesi boş yere harcanmadan belirlenen sınırlar içinde analiz yapılması sağlanmış olur.

Tane şekillerinin ve boyutlarının nesneye yönelik yöntemlerle belirlenmesinde fayda vardır. Bu yöntemler sayesinde görüntü kayıpları, ışık hataları vb. etkenler yüzünden negatif yönde etkilenen görüntüler içindeki objeler tanımlanabilir ve yine analiz sonucunda dağılım elde edilebilir. Bu yöntemlerin dezavantajı çok işlem yükü getirmesi dolayısıyla güçlü ve hızlı donanımlara ihtiyaç duymasıdır.

Sayısal görüntü işleme yöntemi ile tane boyutu dağılımı konusunda yapılan çalışmalar ve profesyonel uygulamalar da göstermektedir ki; kaliteli ve kayıpsız görüntünün elde edilmesinde yüksek maliyetli donanımların kullanılması kaçınılmazdır. Elde edilen bu görüntüler her türlü sayısal görüntü işleme yazılımında rahatlıkla analiz edilip değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, Algorithms For Image Processing And Computer Vision.
- ANONYMOUS, Generalized Particle Size Distribution.
- ANONYMOUS, A Fragmentation Model to Estimate ROM Size Distribution of Soft Rock Types.
- ANONYMOUS, The Image Processing Handbook
- ANONYMOUS, <http://www.dca.fee.unicamp.br/dipcourse/>
- ANONYMOUS, <http://www.imageprocessingplace.com/>
- ANONYMOUS, <http://www.ph.tn.tudelft.nl/Courses/FIP/frames/fip.html>
- ANONYMOUS, http://www.prip.tuwien.ac.at/~hanbury/intro_ip/
- ANONYMOUS, <http://www.nist.gov/lispix/imlab/labs.html>
- ANONYMOUS, <http://www.wolfram.com/news/digitalimage11.html>
- ANONYMOUS, <http://www.wipware.com>
- ANONYMOUS, <http://www.motionmetrics.com>
- ANONYMOUS, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>
- BALLARD, D., C., Brown, 1982, Computer Vision, Prentice-Hall.
- ERHARDT A., 2000, Theory and Applications of Digital Image Processing, University of Applied Sciences, 54s.
- FARFAN, C., Salinas R. A., 2000, Rock Segmentation and Measure On Gray Level Images Using Watershed For Sizing Distribution In Particle Systems.
- GONZALEZ R., Woods R., 2002, Digital Image Processing Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, 793s.
- JÄHNE, B., 2002, Digital Image Processing Fifth Edition, Springer, Germany, 598s.
- LATHAM, J.P., Meulen, J.V, Sebastien, D., 2006, Prediction of Fragmentation and Yield Curves With Reference to Armourstone Production
- MAERZ, N. H., Palangio T. C., and Fanklin, J. A., 1996, Wipfrag Image Based Granulometry System.
- MAERZ, N. H., 1998, Aggregate Sizing And Shape Determination Using Digital Image Processing.

- MAERZ, N. H., 2000, Online Fragmentation Analysis For Grinding And Crushing Control.
- MAERZ, N. H., 1998, Optical Digital Fragmentation Measuring Systems – Inherent Sources of Error.
- PRATT, W.K., 2001, Digital Image Processing Third Edition, Prentice Hall, California, 738s.
- R., Bates, M., McDonnell, 1986, Image Restoration and Reconstruction, Oxford University Press.
- R., Blahut, 1985, Fast Algorithms for Digital Signal Processing, Addison-Wesley Publishing Company.
- I.T., Young, J.J., Gerbrands, L.J., van Vliet, 2002, Image Processing Fundamentals.
- ZADOROZNY, A., Zhang, H., Jagersand, M., 2002, Granulometry Using Image Transformation Techniques.

ÖZGEÇMİŞ

Eylül 1978 tarihinde Ankara’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara’da tamamladı.1998 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği bölümünü kazandı. 2002 yılında bu bölümden mezun oldu. 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitime başladı.Halen Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitime devam etmektedir.

EK – 1

Eşik Değer Belirleme Kaynak Kodu

```
package ij.plugin;
import ij.\*;
import ij.gui.\*;
import ij.process.\*;
import ij.measure.\*;
import ij.plugin.frame.Recorder;
import ij.plugin.filter.PlugInFilter;
import java.awt.*;

/** This plugin implements the Proxess/Binary/Threshold command. */
public class Thresholder implements PlugIn, Measurements {

    private int slice;
    private double minThreshold;
    private double maxThreshold;
    boolean autoThreshold;
    boolean skipDialog;
    ImageStack stack1;
    static boolean fill1 = true;
    static boolean fill2 = true;
    static boolean useBW = true;

    public void run(String arg) {
        skipDialog = arg.equals("skip");
        ImagePlus imp = WindowManager.getCurrentImage();
        if (imp==null)
            {IJ.noImage(); return;}
        if (imp.getStackSize()==1) {
            Undo.setup(Undo.COMPOUND_FILTER, imp);
            applyThreshold(imp);
            Undo.setup(Undo.COMPOUND_FILTER_DONE, imp);
        } else {
            Undo.reset();
            applyThreshold(imp);
        }
    }

    void applyThreshold(ImagePlus imp) {
        if (!imp.lock())
            return;
        imp.killRoi();
        ImageProcessor ip = imp.getProcessor();
        double saveMinThreshold = ip.getMinThreshold();
        double saveMaxThreshold = ip.getMaxThreshold();
        double saveMin = ip.getMin();
        double saveMax = ip.getMax();
        if (ip instanceof ByteProcessor)
            {saveMin = 0; saveMax = 255;}
        autoThreshold = saveMinThreshold==ImageProcessor.NO_THRESHOLD;

        boolean useBlackAndWhite = true;
        if (skipDialog)
            fill1 = fill2 = useBlackAndWhite = true;
        else if (!autoThreshold) {
            GenericDialog gd = new GenericDialog("Apply Lut");
            gd.addCheckbox("Thresholded pixels to foreground color", fill1);
            gd.addCheckbox("Remaining pixels to background color", fill2);
            gd.addMessage("");
            gd.addCheckbox("Black foreground, white background", useBW);
            gd.showDialog();
            if (gd.wasCanceled())
                {imp.unlock(); return;}
        }
    }
}
```

```

        fill11 = gd.getNextBoolean();
        fill12 = gd.getNextBoolean();
        useBW = useBlackAndWhite = gd.getNextBoolean();
    } else
        fill11 = fill12 = true;

    if (!(imp.getType()==ImagePlus.GRAY8))
        convertToByte(imp);
    ip = imp.getProcessor();
    if (autoThreshold)
        autoThreshold(imp);
    else {
        if (Recorder.record)
            Recorder.record("setThreshold", (int)saveMinThreshold,
(int)saveMaxThreshold);
        minThreshold = ((saveMinThreshold-saveMin)/(saveMax-saveMin))*255.0;
        maxThreshold = ((saveMaxThreshold-saveMin)/(saveMax-saveMin))*255.0;
    }

    int fcolor, bcolor;
    ip.resetThreshold();
    int savePixel = ip.getPixel(0,0);
    if (useBlackAndWhite)
        ip.setColor(Color.black);
    else
        ip.setColor(Toolbar.getForegroundColor());
    ip.drawPixel(0,0);
    fcolor = ip.getPixel(0,0);
    if (useBlackAndWhite)
        ip.setColor(Color.white);
    else
        ip.setColor(Toolbar.getBackgroundColor());
    ip.drawPixel(0,0);
    bcolor = ip.getPixel(0,0);
    ip.setColor(Toolbar.getForegroundColor());
    ip.putPixel(0,0,savePixel);

    int[] lut = new int[256];
    for (int i=0; i<256; i++) {
        if (i>=minThreshold && i<=maxThreshold)
            lut[i] = fill11?fcolor:(byte)i;
        else {
            lut[i] = fill12?bcolor:(byte)i;
        }
    }
    int result = IJ.setupDialog(imp, 0);
    if (result==PlugInFilter.DONE) {
        if (stack1!=null)
            imp.setStack(null, stack1);
        imp.unlock();
        return;
    }
    if (result==PlugInFilter.DOES_STACKS)
        new StackProcessor(imp.getStack(), ip).applyTable(lut);
    else
        ip.applyTable(lut);
    imp.updateAndDraw();
    imp.unlock();
}

void convertToByte(ImagePlus imp) {
    ImageProcessor ip = imp.getProcessor();
    double min = ip.getMin();
    double max = ip.getMax();
    int currentSlice = ip.getCurrentSlice();
    stack1 = imp.getStack();
    ImageStack stack2 = imp.createEmptyStack();
    int nSlices = imp.getStackSize();
    String label;
    for(int i=1; i<=nSlices; i++) {
        label = stack1.getSliceLabel(i);

```

```

        ip = stack1.getProcessor(i);
        ip.setMinAndMax(min, max);
        stack2.addSlice(label, ip.convertToByte(true));
    }
    imp.setStack(null, stack2);
    imp.setSlice(currentSlice);
    imp.setCalibration(imp.getCalibration()); //update calibration
}

void autoThreshold(ImagePlus imp) {
    ImageStatistics stats = imp.getStatistics(MIN_MAX+MODE);
    ImageProcessor ip = imp.getProcessor();
    int threshold = ((ByteProcessor) ip).getAutoThreshold();
    if ((stats.max-stats.mode)<(stats.mode-stats.min)) {
        minThreshold = stats.min;
        maxThreshold = threshold;
    } else {
        minThreshold = threshold;
        maxThreshold = stats.max;
    }
}
}

```

EK – 2

Kenar Bulma ve Parça Analizi Kaynak Kodu

```
package ij.plugin.filter;
import java.awt.*;
import java.awt.image.IndexColorModel;
import java.util.Properties;
import ij.;
import ij.gui.;
import ij.process.;
import ij.measure.;
import ij.text.;
import ij.plugin.filter.Analyzer;
import ij.plugin.frame.Recorder;

/** Implements ImageJ's Analyze Particles command.
  <p>
  <pre>
  for each line do
    for each pixel in this line do
      if the pixel value is "inside" the threshold range then
        trace the edge to mark the object
        do the measurement
        fill the object with a color outside the threshold range
      else
        continue the scan
  </pre>
  */
public class ParticleAnalyzer implements PlugInFilter, Measurements {

    /** Display results in the ImageJ console. */
    public static final int SHOW_RESULTS = 1;

    /** Obsolete */
    public static final int SHOW_SUMMARY = 2;

    /** Display image containing outlines of measured particles. */
    public static final int SHOW_OUTLINES = 4;

    /** Do not measure particles touching edge of image. */
    public static final int EXCLUDE_EDGE_PARTICLES = 8;

    /** Display a particle size distribution histogram. */
    public static final int SHOW_SIZE_DISTRIBUTION = 16;

    /** Display a progress bar. */
    public static final int SHOW_PROGRESS = 32;

    /** Clear ImageJ console before starting. */
    public static final int CLEAR_WORKSHEET = 64;

    /** Record starting coordinates so outline can be recreated later using
    doWand(x,y). */
    public static final int RECORD_STARTS = 128;

    /** Display a summary. */
    public static final int DISPLAY_SUMMARY = 256;

    /** Do not display particle outline image. */
    public static final int SHOW_NONE = 512;

    /** Flood fill to ignore interior holes. */
    public static final int FLOOD_FILL = 1024;

    static final String OPTIONS = "ap.options";
    static final String BINS = "ap.bins";
```

```

static final int BYTE=0, SHORT=1, FLOAT=2;

private static int staticMinSize = 1;
private static int staticMaxSize = 999999;
private static int staticOptions = Prefs.getInt(OPTIONS,CLEAR_WORKSHEET);
private static int staticBins = Prefs.getInt(BINS,20);
private static String[] showStrings = {"Nothing","Outlines","Masks","Ellipses"};

protected static final int NOTHING=0,OUTLINES=1,MASKS=2,ELLIPSES=3;
protected static int showChoice;
protected ImagePlus imp;
protected ResultsTable rt;
protected Analyzer analyzer;
protected int slice;
protected boolean processStack;
protected boolean showResults,excludeEdgeParticles,showSizeDistribution,
    resetCounter,showProgress, recordStarts, displaySummary, floodFill;

private double level1, level2;
private int minSize;
private int maxSize;
private int sizeBins;
private int options;
private int measurements;
private Calibration calibration;
private String arg;
private double fillColor;
private boolean thresholdingLUT;
private ImageProcessor drawIP;
private int width,height;
private boolean canceled;
private ImageStack outlines;
private IndexColorModel customLut;
private int particleCount;
private int totalCount;
private TextWindow tw;
private Wand wand;
private int imageType, imageType2;
private int xStartC, yStartC;
private boolean roiNeedsImage;
private int minX, maxX, minY, maxY;
private ImagePlus redirectImp;
private ImageProcessor redirectIP;
private PolygonFiller pf;
private Roi saveRoi;
private int beginningCount;
private Rectangle r;
private ImageProcessor mask;
private double totalArea;
private FloodFiller ff;
private Polygon polygon;

/** Construct a ParticleAnalyzer.
    @param options a flag word created by Oring SHOW_RESULTS,
    EXCLUDE_EDGE_PARTICLES, etc.
    @param measurements a flag word created by ORing constants defined in the
    Measurements interface
    @param rt a ResultsTable where the measurements will be stored
    @param minSize the smallest particle size in pixels
    @param maxSize the largest particle size in pixels
*/
public ParticleAnalyzer(int options, int measurements, ResultsTable rt, double
minSize, double maxSize) {
    this.options = options;
    this.measurements = measurements;
    this.rt = rt;
    if (this.rt==null)
        this.rt = new ResultsTable();
    this.minSize = (int)minSize;

```

```

        this.maxSize = (int)maxSize;
        sizeBins = staticBins;
        slice = 1;
    }

    /** Default constructor */
    public ParticleAnalyzer() {
        slice = 1;
    }

    public int setup(String arg, ImagePlus imp) {
        this.arg = arg;
        this.imp = imp;
        IJ.register(ParticleAnalyzer.class);
        if (imp==null)
            {IJ.noImage();return DONE;}
        if (!showDialog())
            return DONE;
        int baseFlags = DOES_8G+DOES_16+DOES_32+NO_CHANGES+NO_UNDO;
        int flags = Analyzer.isRedirectImage()?baseFlags:IJ.setupDialog(imp,
baseFlags);
        processStack = (flags&DOES_STACKS)!=0;
        slice = 0;
        saveRoi = imp.getRoi();
        if (saveRoi!=null && saveRoi.getType()!=Roi.RECTANGLE && saveRoi.isArea())
            polygon = saveRoi.getPolygon();
        imp.startTiming();
        return flags;
    }

    public void run(ImageProcessor ip) {
        if (canceled)
            return;
        slice++;
        if (imp.getStackSize()>1 && processStack)
            imp.setSlice(slice);
        if (!analyze(imp, ip))
            canceled = true;
        if (slice==imp.getStackSize()) {
            imp.updateAndDraw();
            if (saveRoi!=null) imp.setRoi(saveRoi);
        }
    }

    /** Displays a modal options dialog. */
    public boolean showDialog() {
        GenericDialog gd = new GenericDialog("Analyze Particles");
        minSize = staticMinSize;
        maxSize = staticMaxSize;
        sizeBins = staticBins;
        options = staticOptions;
        gd.addNumericField("Minimum Size (pixels):", minSize, 0);
        gd.addNumericField("Maximum Size (pixels):", maxSize, 0);
        gd.addNumericField("Bins (2-256):", sizeBins, 0);
        gd.addChoice("Show:", showStrings, showStrings[showChoice]);

        String[] labels = new String[7];
        boolean[] states = new boolean[14];
        labels[0]="Display Results"; states[0] = (options&SHOW_RESULTS)!=0;
        labels[1]="Exclude on Edges"; states[1]=(options&EXCLUDE_EDGE_PARTICLES)!=0;
        labels[2]="Clear Results"; states[2]=(options&CLEAR_WORKSHEET)!=0;
        labels[3]="Flood Fill"; states[3]=(options&FLOOD_FILL)!=0;
        labels[4]="Summarize"; states[4]=(options&DISPLAY_SUMMARY)!=0;
        labels[5]="Record Starts"; states[5]=(options&RECORD_STARTS)!=0;
        labels[6]="Size Distribution"; states[6]=(options&SHOW_SIZE_DISTRIBUTION)!=0;
        gd.addCheckboxGroup(4, 2, labels, states);

        gd.showDialog();
        if (gd.wasCanceled())
            return false;
        minSize = (int)gd.getNextNumber();
    }

```

```

        maxSize = (int)gd.getNextNumber();
        sizeBins = (int)gd.getNextNumber();
        if (gd.invalidNumber()) {
            IJ.error("Minimum Size, Maximum Size or Bins invalid.");
            canceled = true;
            return false;
        }
        staticMinSize = minSize;
        staticMaxSize = maxSize;
        staticBins = sizeBins;
        showChoice = gd.getNextChoiceIndex();
        if (gd.getNextBoolean())
            options |= SHOW_RESULTS; else options &= ~SHOW_RESULTS;
        if (gd.getNextBoolean())
            options |= EXCLUDE_EDGE_PARTICLES; else options &=
~EXCLUDE_EDGE_PARTICLES;
        if (gd.getNextBoolean())
            options |= CLEAR_WORKSHEET; else options &= ~CLEAR_WORKSHEET;
        if (gd.getNextBoolean())
            options |= FLOOD_FILL; else options &= ~FLOOD_FILL;
        if (gd.getNextBoolean())
            options |= DISPLAY_SUMMARY; else options &= ~DISPLAY_SUMMARY;
        if (gd.getNextBoolean())
            options |= RECORD_STARTS; else options &= ~RECORD_STARTS;
        if (gd.getNextBoolean())
            options |= SHOW_SIZE_DISTRIBUTION; else options &=
~SHOW_SIZE_DISTRIBUTION;
        staticOptions = options;
        options |= SHOW_PROGRESS;
        if ((options&DISPLAY_SUMMARY)!=0 || (options&SHOW_SIZE_DISTRIBUTION)!=0)
            Analyzer.setMeasurements(Analyzer.getMeasurements()|AREA);
        return true;
    }

    /** Performs particle analysis on the specified image. Returns
        false if there is an error. */
    public boolean analyze(ImagePlus imp) {
        return analyze(imp, imp.getProcessor());
    }

    /** Performs particle analysis on the specified ImagePlus and
        ImageProcessor. Returns false if there is an error. */
    public boolean analyze(ImagePlus imp, ImageProcessor ip) {
        showResults = (options&SHOW_RESULTS)!=0;
        excludeEdgeParticles = (options&EXCLUDE_EDGE_PARTICLES)!=0;
        showSizeDistribution = (options&SHOW_SIZE_DISTRIBUTION)!=0;
        resetCounter = (options&CLEAR_WORKSHEET)!=0;
        showProgress = (options&SHOW_PROGRESS)!=0;
        floodFill = (options&FLOOD_FILL)!=0;
        recordStarts = (options&RECORD_STARTS)!=0;
        displaySummary = (options&DISPLAY_SUMMARY)!=0;
        if ((options&SHOW_OUTLINES)!=0)
            showChoice = OUTLINES;
        if ((options&SHOW_NONE)!=0)
            showChoice = NOTHING;
        ip.snapshot();
        ip.setProgressBar(null);
        if (Analyzer.isRedirectImage()) {
            redirectImp = Analyzer.getRedirectImage(imp);
            if (redirectImp==null) return false;
            redirectIP = redirectImp.getProcessor();
        }
        if (!setThresholdLevels(imp, ip))
            return false;
        width = ip.getWidth();
        height = ip.getHeight();
        if (showChoice!=NOTHING) {
            if (slice==1)
                outlines = new ImageStack(width, height);
            drawIP = new ByteProcessor(width, height);
            if (showChoice==MASKS)

```

```

        drawIP.invertLut();
    else if (showChoice==OUTLINES) {
        if (customLut==null)
            makeCustomLut();
        drawIP.setColorModel(customLut);
        drawIP.setFont(new Font("SansSerif", Font.PLAIN, 9));
    }
    outlines.addSlice(null, drawIP);
    drawIP.setColor(Color.white);
    drawIP.fill();
    drawIP.setColor(Color.black);
}
calibration =
redirectImp!=null?redirectImp.getCalibration():imp.getCalibration();

if (rt==null) {
    rt = Analyzer.getResultsTable();
    analyzer = new Analyzer(imp);
} else
    analyzer = new Analyzer(imp, measurements, rt);
if (resetCounter && slice==1) {
    if (!Analyzer.resetCounter())
        return false;
}
beginningCount = Analyzer.getCounter();

byte[] pixels = null;
if (ip instanceof ByteProcessor)
    pixels = (byte[])ip.getPixels();
if (r==null) {
    r = ip.getRoi();
    mask = ip.getMask();
    if (displaySummary) {
        if (mask!=null)
            totalArea = ImageStatistics.getStatistics(ip, AREA,
calibration).area;
        else
            totalArea =
r.width*calibration.pixelWidth*r.height*calibration.pixelHeight;
    }
}
minX=r.x; maxX=r.x+r.width; minY=r.y; maxY=r.y+r.height;
if (r.width<width || r.height<height || mask!=null) {
    if (!eraseOutsideRoi(ip, r, mask)) return false;
}
int offset;
double value;
int inc = Math.max(r.height/25, 1);
int mi = 0;
if (recordStarts) {
    xStartC = getColumnID("XStart");
    yStartC = getColumnID("YStart");
}
ImageWindow win = imp.getWindow();
if (win!=null)
    win.running = true;
if (measurements==0)
    measurements = Analyzer.getMeasurements();
if (showChoice==ELLIPSES)
    measurements |= ELLIPSE;
roiNeedsImage = (measurements&PERIMETER)!=0 || (measurements&CIRCULARITY)!=0
|| (measurements&FERET)!=0;
particleCount = 0;
wand = new Wand(ip);
pf = new PolygonFiller();
if (floodFill) {
    ImageProcessor ipf = ip.duplicate();
    ipf.setValue(fillColor);
    ff = new FloodFiller(ipf);
}

```

```

for (int y=r.y; y<(r.y+r.height); y++) {
    offset = y*width;
    for (int x=r.x; x<(r.x+r.width); x++) {
        if (pixels!=null)
            value = pixels[offset+x]&255;
        else if (imageType==SHORT)
            value = ip.getPixel(x, y);
        else
            value = ip.getPixelValue(x, y);
        if (value>=level1 && value<=level2)
            analyzeParticle(x,y,imp,ip);
    }
    if (showProgress && ((y%inc)==0))
        IJ.showProgress((double) (y-r.y)/r.height);
    if (win!=null)
        canceled = !win.running;
    if (canceled) {
        Macro.abort();
        break;
    }
}
if (showProgress)
    IJ.showProgress(1.0);
imp.killRoi();
ip.resetRoi();
ip.reset();
if (displaySummary && processStack && IJ.getInstance()!=null)
    updateSliceSummary();
totalCount += particleCount;
if (!canceled)
    showResults();
return true;
}

void updateSliceSummary() {
    float[] areas = rt.getColumn(ResultsTable.AREA);
    String label = imp.getStack().getShortSliceLabel(slice);
    label = label!=null&&!label.equals("")?label:""+slice;
    String aLine;
    if (areas!=null) {
        double sum = 0.0;
        int start = areas.length-particleCount;
        if (start<0)
            return;
        for (int i=start; i<areas.length; i++)
            sum += areas[i];
        int places = Analyzer.getPrecision();
        Calibration cal = imp.getCalibration();
        String total = "\t"+IJ.d2s(sum,places);
        String average = "\t"+IJ.d2s(sum/particleCount,places);
        String fraction = "\t"+IJ.d2s(sum*100.0/totalArea,1);
        aLine = label+"\t"+particleCount+total+average+fraction;
    } else
        aLine = label+"\t"+particleCount;
    if (tw==null) {
        String title = "Summary of "+imp.getTitle();
        String headings = "Slice\tCount\tTotal Area\tAverage Size\tArea
Fraction";
        tw = new TextWindow(title, headings, aLine, 180, 360);
    } else
        tw.append(aLine);
}

boolean eraseOutsideRoi(ImageProcessor ip, Rectangle r, ImageProcessor mask) {
    int width = ip.getWidth();
    int height = ip.getHeight();
    ip.setRoi(r);
    if (excludeEdgeParticles && polygon!=null) {
        ImageStatistics stats = ImageStatistics.getStatistics(ip, MIN_MAX, null);
        if (fillColor>=stats.min && fillColor<=stats.max) {

```

```

        double replaceColor = level1-1.0;
        if (replaceColor<0.0 || replaceColor==fillColor) {
            replaceColor = level2+1.0;
            int maxColor = imageType==BYTE?255:65535;
            if (replaceColor>maxColor || replaceColor==fillColor) {
                IJ.error("Particle Analyzer", "Unable to remove edge
particles");
                return false;
            }
        }
        for (int y=minY; y<maxY; y++) {
            for (int x=minX; x<maxX; x++) {
                int v = ip.getPixel(x, y);
                if (v==fillColor) ip.putPixel(x, y, (int)replaceColor);
            }
        }
    }
    ip.setValue(fillColor);
    if (mask!=null) {
        mask = mask.duplicate();
        mask.invert();
        ip.fill(mask);
    }
    ip.setRoi(0, 0, r.x, height);
    ip.fill();
    ip.setRoi(r.x, 0, r.width, r.y);
    ip.fill();
    ip.setRoi(r.x, r.y+r.height, r.width, height-(r.y+r.height));
    ip.fill();
    ip.setRoi(r.x+r.width, 0, width-(r.x+r.width), height);
    ip.fill();
    ip.resetRoi();
    //IJ.log("erase: "+fillColor+" "+level1+" "+level2+"
"+excludeEdgeParticles);
    //(new ImagePlus("ip2", ip.duplicate())).show();
    return true;
}

boolean setThresholdLevels(ImagePlus imp, ImageProcessor ip) {
    double t1 = ip.getMinThreshold();
    double t2 = ip.getMaxThreshold();
    boolean invertedLut = imp.isInvertedLut();
    boolean byteImage = ip instanceof ByteProcessor;
    if (ip instanceof ShortProcessor)
        imageType = SHORT;
    else if (ip instanceof FloatProcessor)
        imageType = FLOAT;
    else
        imageType = BYTE;
    if (t1==ip.NO_THRESHOLD) {
        ImageStatistics stats = imp.getStatistics();
        if (imageType!=BYTE ||
(stats.histogram[0]+stats.histogram[255]!=stats.pixelCount)) {
            IJ.error("Particle Analyzer",
                "A thresholded image or an 8-bit binary image is\n"
                +"required. Refer to Image->Adjust->Threshold\n"
                +"or to Process->Binary->Threshold.");
            canceled = true;
            return false;
        }
    }
    if (invertedLut) {
        level1 = 255;
        level2 = 255;
        fillColor = 64;
    } else {
        level1 = 0;
        level2 = 0;
        fillColor = 192;
    }
} else {

```

```

        level1 = t1;
        level2 = t2;
        if (imageType==BYTE) {
            if (level1>0)
                fillColor = 0;
            else if (level2<255)
                fillColor = 255;
        } else if (imageType==SHORT) {
            if (level1>0)
                fillColor = 0;
            else if (level2<65535)
                fillColor = 65535;
        } else if (imageType==FLOAT)
            fillColor = -Float.MAX_VALUE;
        else
            return false;
    }
    imageType2 = imageType;
    if (redirectIP!=null) {
        if (redirectIP instanceof ShortProcessor)
            imageType2 = SHORT;
        else if (redirectIP instanceof FloatProcessor)
            imageType2 = FLOAT;
        else
            imageType2 = BYTE;
    }
    return true;
}

int counter = 0;

void analyzeParticle(int x, int y, ImagePlus imp, ImageProcessor ip) {
    //Wand wand = new Wand(ip);
    ImageProcessor ip2 = redirectIP!=null?redirectIP:ip;
    wand.autoOutline(x,y, level1, level2);
    if (wand.npoints==0)
        {IJ.log("wand error: "+x+" "+y); return;}
    Roi roi = new PolygonRoi(wand.xpoints, wand.ypoints, wand.npoints,
    Roi.TRACED_ROI);
    Rectangle r = roi.getBounds();
    if (r.width>1 && r.height>1) {
        PolygonRoi proi = (PolygonRoi)roi;
        pf.setPolygon(proi.getXCoordinates(), proi.getYCoordinates(),
        proi.getNCoordinates());
        ip2.setMask(pf.getMask(r.width, r.height));
        if (floodFill) ff.particleAnalyzerFill(x,y, level1, level2,
        ip2.getMask(), r);
    }
    ip2.setRoi(r);
    ip.setValue(fillColor);
    ImageStatistics stats = getStatistics(ip2, measurements, calibration);
    boolean include = true;
    if (excludeEdgeParticles) {
        if (r.x==minX| |r.y==minY| |r.x+r.width==maxX| |r.y+r.height==maxY)
            include = false;
        if (polygon!=null) {
            Rectangle bounds = roi.getBounds();
            int x1=bounds.x+wand.xpoints[wand.npoints-1];
            int y1=bounds.y+wand.ypoints[wand.npoints-1];
            int x2, y2;
            for (int i=0; i<wand.npoints; i++) {
                x2=bounds.x+wand.xpoints[i];
                y2=bounds.y+wand.ypoints[i];
                if (!polygon.contains(x2, y2))
                    {include = false; break;}
                if ((x1==x2 && ip.getPixel(x1,y1-1)==fillColor) || (y1==y2 &&
        ip.getPixel(x1-1,y1)==fillColor))
                    {include = false; break;}
                x1=x2; y1=y2;
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    ImageProcessor mask = ip2.getMask();
    if (stats.pixelCount>=minSize && stats.pixelCount<=maxSize && include) {
        particleCount++;
        if (roiNeedsImage)
            roi.setImage(imp);
        saveResults(stats, roi);
        if (showChoice!=NOTHING)
            drawParticle(drawIP, roi, stats, mask);
    }
    if (redirectIP!=null)
        ip.setRoi(r);
    ip.fill(mask);
}

ImageStatistics getStatistics(ImageProcessor ip, int mOptions, Calibration cal) {
    switch (imageType2) {
        case BYTE:
            return new ByteStatistics(ip, mOptions, cal);
        case SHORT:
            return new ShortStatistics(ip, mOptions, cal);
        case FLOAT:
            return new FloatStatistics(ip, mOptions, cal);
        default:
            return null;
    }
}

/** Saves statistics for one particle in a results table. This is
    a method subclasses may want to override. */
protected void saveResults(ImageStatistics stats, Roi roi) {
    analyzer.saveResults(stats, roi);
    if (recordStarts) {
        int coordinates = ((PolygonRoi)roi).getNCoordinates();
        Rectangle r = roi.getBounds();
        int x = r.x+((PolygonRoi)roi).getXCoordinates()[coordinates-1];
        int y = r.y+((PolygonRoi)roi).getYCoordinates()[coordinates-1];
        rt.addValue(xStartC, x);
        rt.addValue(yStartC, y);
    }
    if (showResults)
        analyzer.displayResults();
}

/** Draws a selected particle in a separate image. This is
    another method subclasses may want to override. */
protected void drawParticle(ImageProcessor drawIP, Roi roi,
    ImageStatistics stats, ImageProcessor mask) {
    switch (showChoice) {
        case MASKS: drawFilledParticle(drawIP, roi, mask); break;
        case OUTLINES: drawOutline(drawIP, roi, rt.getCounter()); break;
        case ELLIPSES: drawEllipse(drawIP, stats, rt.getCounter()); break;
        default:
    }
}

void drawFilledParticle(ImageProcessor ip, Roi roi, ImageProcessor mask) {
    //IJ.write(roi.getBounds()+" "+mask.length);
    ip.setRoi(roi.getBounds());
    ip.fill(mask);
}

void drawOutline(ImageProcessor ip, Roi roi, int count) {
    Rectangle r = roi.getBounds();
    int nPoints = ((PolygonRoi)roi).getNCoordinates();
    int[] xp = ((PolygonRoi)roi).getXCoordinates();
    int[] yp = ((PolygonRoi)roi).getYCoordinates();
    int x=r.x, y=r.y;
    ip.setValue(0.0);
    ip.moveTo(x+xp[0], y+yp[0]);
    for (int i=1; i<nPoints; i++)

```

```

        ip.lineTo(x+xp[i], y+yp[i]);
        ip.lineTo(x+xp[0], y+yp[0]);
        String s = IJ.d2s(count,0);
        ip.moveTo(r.x+r.width/2-ip.getStringWidth(s)/2, r.y+r.height/2+4);
        ip.setValue(1.0);
        ip.drawString(s);
    }

    void drawEllipse(ImageProcessor ip, ImageStatistics stats, int count) {
        stats.drawEllipse(ip);
    }

    void showResults() {
        int count = rt.getCounter();
        if (count==0)
            return;
        boolean lastSlice = !processStack||slice==imp.getStackSize();
        if (displaySummary && lastSlice && rt==Analyzer.getResultsTable() &&
imp!=null) {
            showSummary();
        }
        if (showSizeDistribution && lastSlice) {
            float[] areas = rt.getColumn(ResultsTable.AREA);
            if (areas!=null) {
                ImageProcessor ip = new FloatProcessor(count, 1, areas, null);
                new HistogramWindow("Particle Size Distribution", new
ImagePlus("",ip), sizeBins);
            }
        }
        if (outlines!=null && lastSlice) {
            String title = imp!=null?imp.getTitle():"Outlines";
            String prefix = showChoice==MASKS?"Mask of ":"Drawing of ";
            new ImagePlus(prefix+title, outlines).show();
        }
        if (showResults && !processStack) {
            Analyzer.firstParticle = beginningCount;
            Analyzer.lastParticle = Analyzer.getCounter()-1;
        } else
            Analyzer.firstParticle = Analyzer.lastParticle = 0;
    }

    void showSummary() {
        String s = "";
        s += "Threshold: ";
        if ((int)level1==level1 && (int)level2==level2)
            s += (int)level1+"-"+(int)level2+"\n";
        else
            s += IJ.d2s(level1,2)+"-"+IJ.d2s(level2,2)+"\n";
        s += "Count: " + totalCount+"\n";
        float[] areas = rt.getColumn(ResultsTable.AREA);
        String aLine;
        if (areas!=null) {
            double sum = 0.0;
            int start = areas.length-totalCount;
            if (start<0)
                return;
            for (int i=start; i<areas.length; i++)
                sum += areas[i];
            int places = Analyzer.getPrecision();
            Calibration cal = imp.getCalibration();
            String unit = cal.getUnit();
            String total = IJ.d2s(sum,places);
            s += "Total Area: "+total+" "+unit+"^2\n";
            String average = IJ.d2s(sum/totalCount,places);
            s += "Average Size: "+IJ.d2s(sum/totalCount,places)+" "+unit+"^2\n";
            if (processStack) totalArea *= imp.getStackSize();
            String fraction = IJ.d2s(sum*100.0/totalArea,1);
            s += "Area Fraction: "+fraction+"%";
            aLine = " "+"t"+totalCount+"t"+total+"t"+average+"t"+fraction;
        } else
            aLine = " "+"t"+totalCount;
    }

```

```

        if (tw!=null) {
            tw.append("");
            tw.append(aLine);
        } else
            new TextWindow("Summary of "+imp.getTitle(), s, 300, 200);
    }

    int getColumnID(String name) {
        int id = rt.getFreeColumn(name);
        if (id==ResultsTable.COLUMN_IN_USE)
            id = rt.getColumnIndex(name);
        return id;
    }

    void makeCustomLut() {
        IndexColorModel cm =
        (IndexColorModel)LookUpTable.createGrayscaleColorModel(false);
        byte[] reds = new byte[256];
        byte[] greens = new byte[256];
        byte[] blues = new byte[256];
        cm.getReds(reds);
        cm.getGreens(greens);
        cm.getBlues(blues);
        reds[1] = (byte) 255;
        greens[1] = (byte) 0;
        blues[1] = (byte) 0;
        customLut = new IndexColorModel(8, 256, reds, greens, blues);
    }

    /** Called once when ImageJ quits. */
    public static void savePreferences(Properties prefs) {
        prefs.put(OPTIONS, Integer.toString(staticOptions));
        prefs.put(BINS, Integer.toString(staticBins));
    }
}

```

EK – 3**P41 NUMARALI GÖRÜNTÜNÜN IMAGEJ YAZILIMI ANALİZ SONUÇLARI**

Parça No	Yazılım ile Ölçülen Tane Boyutu (mm)	Alan (mm²)	Çevre (mm)	Dairesellik
1	47,7	579,4	116,2	0,5
2	45,3	426,3	111,1	0,4
3	9,1	8,2	18,9	0,3
4	38,6	133,3	84,2	0,2
5	23	118,1	62,8	0,4
6	26,7	90,9	59,2	0,3
7	34,6	100,5	85,8	0,2
8	33	122	76,3	0,3
9	20	19	40,8	0,1
10	17,6	83,7	43,3	0,6
11	6,7	5,2	14,1	0,3
12	120,7	6238,1	381,7	0,5
13	117,4	5505,4	353,4	0,6
14	27,4	307	75,4	0,7
15	6,3	8,6	14	0,6
16	31,4	190,9	76,2	0,4
17	6,7	5,7	14,1	0,4
18	20,6	216,3	64,5	0,7
19	10,5	15,4	22,9	0,4
20	32,6	469,8	89,4	0,7
21	23,5	131,1	59,8	0,5
22	11,3	46,5	28,6	0,7
23	101,6	1366	220	0,4
24	20,2	111,1	49,3	0,6
25	16,2	77,1	38,7	0,6
26	106,7	4660,3	299,6	0,7
27	17,8	134,9	48	0,7
28	10,1	28,8	25,2	0,6
29	62,6	1857,8	189,5	0,7
30	21,5	93,4	48,2	0,5
31	16,2	129,3	47,3	0,7
32	10,2	44,9	26,7	0,8
33	64,8	2035,4	212,7	0,6
34	15,6	131,7	45,4	0,8
35	23,6	243,1	65,9	0,7
36	57,7	1634,9	191,5	0,6
37	22	53,1	50,7	0,3
38	6	16,8	16,1	0,8
39	21,2	220,6	60,7	0,8

40	21,9	237,6	68,2	0,6
41	37,7	685,7	114,5	0,7
42	27,9	388,7	90,4	0,6
43	7,8	15,6	18,6	0,6
44	24,4	251,2	71,7	0,6
45	12,7	59,9	31,1	0,8
46	26,2	359,6	85,1	0,6
47	10	39,9	27	0,7
48	22,9	261,2	66,1	0,8
49	24,9	239,9	67,3	0,7
50	58,2	440,8	130,1	0,3
51	99,8	5486,6	360,5	0,5
52	129,6	8740,6	391,2	0,7
53	37,7	500	109,1	0,5
54	5	5,2	10,8	0,6
55	7,4	22,9	21	0,7
56	11,7	77,6	35,1	0,8
57	36,7	559,9	106,7	0,6
58	24	282,5	72,9	0,7
59	13,4	76,4	38,6	0,6
60	27,9	367,1	81,6	0,7
61	17	92,5	43,4	0,6
62	29,7	499,1	100,1	0,6
63	40,2	417,2	95,3	0,6
64	7,8	5,9	16,7	0,3
65	37	475,1	98,4	0,6
66	51,5	1068,9	149,2	0,6
67	41,1	889,1	126,9	0,7
68	4,3	7	10	0,9
69	22,5	223,4	65	0,7
70	69,2	1712	207,7	0,5
71	13,5	64,4	33,7	0,7
72	4,9	8,2	11,1	0,8
73	47	828,6	128,8	0,6
74	6	19,3	16,4	0,9
75	5,6	9,1	12,4	0,7
76	7,5	13,6	16,5	0,6
77	5,8	12,2	13,4	0,9
78	16,2	142	50,2	0,7
79	14,7	98,2	41,8	0,7
80	24,7	268,5	69,4	0,7
81	3,9	5,7	10	0,7
82	20,5	144,4	53,9	0,6
83	12,4	69,8	34,7	0,7
84	46,6	904,8	124,4	0,7
85	12,7	61	34,5	0,6
86	46,7	901,1	137,1	0,6
87	37,7	303,6	90,1	0,5

88	20,9	180,5	59,9	0,6
89	7,7	26,5	22,1	0,7
90	8,7	15,2	20,7	0,4
91	8,6	29,5	21,9	0,8
92	15,1	112,7	44,1	0,7
93	58,8	1458,5	181,7	0,6
94	6,4	10	17,3	0,4
95	7,4	26,5	19,4	0,9
96	17	129,7	47,1	0,7
97	39,6	712,9	111,8	0,7
98	5,3	15	14,5	0,9
99	26,9	267,6	82,1	0,5
100	7,9	26,1	25,7	0,5
101	26,3	239,7	83,9	0,4
102	37,4	383,2	93,4	0,6
103	34,7	598,2	107,9	0,6
104	33,7	220,6	77,8	0,5
105	62	1784,6	191,5	0,6
106	17,3	142,2	51,9	0,7
107	8,1	32,7	22,5	0,8
108	77,1	2555,3	238,1	0,6
109	7,3	17,5	19,1	0,6
110	49,7	845,4	132,3	0,6
111	54,6	1615,4	165,5	0,7
112	57,4	1657,1	176,4	0,7
113	5,3	8,6	12,4	0,7
114	6,6	12,2	16,5	0,6
115	12,4	77,3	34,7	0,8
116	21,1	220,6	61,2	0,7
117	28,9	365,5	86,9	0,6
118	6,4	16,3	15,6	0,8
119	53	1642,4	163,7	0,8
120	4,1	6,3	10,1	0,8
121	8,4	12,7	18,9	0,4
122	16,9	127,4	48,1	0,7
123	13,2	88,2	40,2	0,7
124	22,8	240,6	64,8	0,7
125	50,2	1361,9	151,7	0,7
126	11,3	42,4	49,8	0,2
127	8,9	18,4	24,9	0,4
128	31,8	510,9	89	0,8
129	14,5	84,4	38,2	0,7
130	58,6	1970,5	185,9	0,7
131	13,9	95,2	38,2	0,8
132	3,7	5,2	8,5	0,9
133	3,4	6,1	8,9	1
134	5,6	6,1	12,8	0,5
135	21,6	215,6	62,9	0,7

136	39,2	253,5	87,8	0,4
137	18,3	98	48,6	0,5
138	16,4	152,2	49,3	0,8
139	21,3	204,8	60,3	0,7
140	7,5	14,7	27,6	0,2
141	31,2	521,8	92,7	0,8
142	19,4	193,9	55,8	0,8
143	106,4	1420,2	258,9	0,3
144	5,1	10,7	12,7	0,8
145	57,1	1485,5	159,5	0,7
146	53,7	1201,1	179,5	0,5
147	45,2	858	134,8	0,6
148	5,6	15,6	14,9	0,9
149	24,1	154	67,2	0,4
150	9,5	15,9	21,8	0,4
151	20,7	218,1	62,9	0,7
152	22,8	177,8	60	0,6
153	5,1	6,1	12,8	0,5
154	25,8	325,9	77,6	0,7
155	23,5	212	65,7	0,6
156	20,6	161,9	54,9	0,7
157	54,4	1482,5	178,3	0,6
158	36,2	381,4	97	0,5
159	13,4	59	32,9	0,7
160	4,1	9,3	11,6	0,9
161	6,1	21,1	17	0,9
162	37,3	556,2	125,4	0,4
163	67,3	1901,6	205,3	0,6
164	11,1	51,2	30,3	0,7
165	5,3	7	12,2	0,6
166	23,9	302,9	68,6	0,8
167	31,9	400	93,6	0,6
168	42,8	1013,8	142	0,6
169	9,8	49,4	29,5	0,7
170	11,9	81,9	35	0,8
171	32,6	583,9	98	0,8
172	27,7	361,9	78,5	0,7
173	53,8	1439,2	167,8	0,6
174	7,5	9,8	16,1	0,5
175	27,9	82,5	58,4	0,3
176	46,8	941,5	146,7	0,5
177	5	9,5	12,3	0,8
178	15,9	101,1	41,5	0,7
179	19,3	211,3	59	0,8
180	53,9	767,1	134,1	0,5
181	9,4	39,5	24,6	0,8
182	5,4	7,5	12	0,7
183	7,5	26,3	20,3	0,8

184	25,4	224,5	66,4	0,6
185	4,1	6,8	10,5	0,8
186	38,8	612,9	107,2	0,7
187	21,6	174,6	56,4	0,7
188	18,7	141	50,5	0,7
189	5,3	13,2	14,1	0,8
190	6,2	9,8	15,5	0,5
191	10,3	16,1	22,4	0,4
192	8,4	35,6	24,2	0,8
193	63	1793,7	200,5	0,6
194	15,9	100	42,3	0,7
195	7,3	9,8	15,7	0,5
196	35,3	618,6	110,3	0,6
197	8,4	13,8	20,9	0,4
198	3,2	5,2	8,6	0,9
199	5,8	15,9	15,4	0,8
200	16,2	101,1	42,6	0,7
201	3,8	7,9	10,1	1
202	11,5	58,3	30,7	0,8
203	17	155,1	48	0,8
204	65,3	2050,8	211,3	0,6
205	27,6	358,7	78,2	0,7
206	12,7	90,7	38,3	0,8
207	7,5	11,8	18,4	0,4
208	34,8	568,9	102,8	0,7
209	8,1	14,3	18,5	0,5
210	79,5	2788,2	251,5	0,6
211	18,6	141,3	51,7	0,7
212	4,8	7,3	10,8	0,8
213	50,6	1066,9	145,1	0,6
214	6,1	13,6	15,1	0,7
215	31,3	362,1	88,4	0,6
216	6,3	10,9	16,2	0,5
217	72,5	1726,8	226	0,4
218	10,6	51,5	30,2	0,7
219	21,8	157,6	55,3	0,6
220	16	153,5	50,9	0,7
221	24,1	205,9	64	0,6
222	23,1	289,8	67,4	0,8
223	9	30,8	24,5	0,6
224	5,3	10,7	12,8	0,8
225	17,3	107,5	47,6	0,6
226	5,3	12,2	13,8	0,8
227	5,8	8,4	17,3	0,4
228	10,2	46,5	28,8	0,7
229	33,6	620,4	97,8	0,8
230	35,7	551,2	98,9	0,7
231	23,9	302,7	70,7	0,8

232	29,9	394,1	90	0,6
233	4,8	8,8	13	0,7
234	24,6	227,4	64	0,7
235	19,8	205,4	58,1	0,8
236	9,6	20	29,4	0,3
237	21,9	202,9	59,6	0,7
238	45,6	775,5	126,3	0,6
239	11,8	61,7	32,7	0,7
240	41,4	838,3	132,3	0,6
241	7,9	12,7	18,3	0,5
242	6,1	10	13,5	0,7
243	16,3	37,6	40,7	0,3
244	4,5	7	11,1	0,7
245	5,3	7	11,8	0,6
246	25,5	173,2	62,6	0,6
247	13,5	72,1	36,8	0,7
248	15,5	98,2	42,3	0,7
249	9,2	44	25,5	0,9
250	22,9	209,8	66,4	0,6
251	23,9	250,6	66,4	0,7
252	13,1	90,2	38,2	0,8
253	33,6	440,4	91,1	0,7
254	18,6	217,2	57,9	0,8
255	51,2	1442,2	156,5	0,7
256	32,8	407	86,2	0,7
257	40,8	845,1	129,3	0,6
258	21,6	211,1	59	0,8
259	16,5	116,8	45,9	0,7
260	60,3	1107,7	151,2	0,6
261	25	300	77,7	0,6
262	6,8	20	18,7	0,7
263	4,3	5,2	9,5	0,7
264	6,4	6,1	14,2	0,4
265	16,2	124,9	46,4	0,7
266	11,9	40,6	29,5	0,6
267	26	344,2	74,6	0,8
268	27,7	316,6	75,9	0,7
269	18,9	155,6	54,5	0,7
270	21	157,6	54	0,7
271	29	335,6	90,2	0,5
272	44,3	898,4	124,6	0,7
273	27,4	203,6	71,6	0,5
274	29,8	328,3	83,4	0,6
275	5,4	6,1	12,7	0,5
276	10,8	18,6	26,5	0,3
277	26	334,7	87,2	0,6
278	5,8	19,5	16,7	0,9
279	23,1	185,7	58,4	0,7

280	25,1	283	69,7	0,7
281	29,2	358,3	80,2	0,7
282	38,5	563,5	111,5	0,6
283	18,4	162,1	53,7	0,7
284	9,6	38,1	26,1	0,7
285	6	9,1	14,2	0,6
286	9	42,4	26,4	0,8
287	35,8	398	98	0,5
288	21,6	225,4	65	0,7
289	6,1	17,9	15,9	0,9
290	8,3	37,9	22,9	0,9
291	6,7	11,1	18,6	0,4
292	9,2	31,5	23,3	0,7
293	19,6	193	56	0,8
294	21,5	224,7	64,5	0,7
295	9,1	41,7	24,8	0,9
296	7,9	37	24,1	0,8
297	20,3	198,4	59,4	0,7
298	23,9	282,8	71,2	0,7
299	22,7	238,1	63	0,8
300	15,6	107,7	42,2	0,8
301	20	168	55	0,7
302	45,3	971,7	144,8	0,6
303	23,1	278,7	69,5	0,7
304	9,9	48,5	26,6	0,9
305	11	54,9	30,3	0,7
306	38,8	651,5	117,9	0,6
307	34,7	592,5	99,4	0,8
308	28	434	81	0,8
309	10,9	39,7	27,5	0,7
310	12,1	74,4	35,6	0,7
311	13,2	97,7	40,4	0,8
312	15,8	71,2	41	0,5
313	14,8	102,5	41,5	0,7
314	21,5	182,5	72,5	0,4
315	8,1	33,3	21,8	0,9
316	12,1	65,5	31,8	0,8
317	9,2	35,8	24,6	0,7
318	49,3	1090,5	148,2	0,6
319	56,2	1604,3	195,7	0,5
320	9,6	33,6	23,7	0,7
321	14,4	73	35,8	0,7
322	6,5	20,2	17,2	0,9
323	6,4	21,5	18	0,8
324	5,8	14,3	14,6	0,8
325	8,6	34	24,4	0,7
326	4,9	11,1	13	0,8
327	5,2	7,3	11,5	0,7

328	18,1	126,1	46,1	0,7
329	16,6	129	47,7	0,7
330	6,9	24,3	18,2	0,9
331	6,1	14,7	16,1	0,7
332	27,6	356,7	84,5	0,6
333	5,6	15	14,2	0,9
334	25,1	140,6	60,8	0,5
335	16,2	141,7	47,3	0,8
336	20,6	217,7	65,5	0,6
337	12,5	78,9	36	0,8
338	60,7	1968,9	202,1	0,6
339	12,6	68	32,7	0,8
340	29,6	391,6	83,5	0,7
341	6,9	22,7	20,3	0,7
342	61,9	1840,8	188,4	0,7
343	20,9	172,6	57,4	0,7
344	30,1	437,9	90,1	0,7
345	7,7	22,4	19,1	0,8
346	3,6	5,7	9,9	0,7
347	27,6	387,8	84,2	0,7
348	57	1756	176,5	0,7
349	12,2	56,7	32,6	0,7
350	6,5	21,8	17,7	0,9
351	16	103,2	42,6	0,7
352	6,7	15,2	18,8	0,5
353	8,9	28,8	23,8	0,6
354	16,7	122,2	50	0,6
355	12,7	21,1	31	0,3
356	61,4	2022,2	217,8	0,5
357	15,1	87,8	43,5	0,6
358	82,5	3920	274,7	0,7
359	23,4	297,7	70,7	0,7
360	5,6	11,1	14,1	0,7
361	47,7	1025,9	150,6	0,6
362	4,5	6,3	10,9	0,7
363	4,9	11,1	13	0,8
364	10,4	46,3	28,4	0,7
365	6,8	21,5	19,6	0,7
366	5,3	8,4	12,2	0,7
367	38,6	900	122,1	0,8
368	10,3	62,1	29,3	0,9
369	29,1	280,5	84,6	0,5
370	8,5	27,9	23,2	0,7
371	6,8	15,4	20,4	0,5
372	9,4	34,7	23,8	0,8
373	13,7	88,9	40,1	0,7
374	24,3	285,9	72,6	0,7
375	3,7	6,8	9,5	1

376	5,4	8,2	13,1	0,6
377	8,3	21,1	20,3	0,6
378	11,5	50,3	30,1	0,7
379	4,1	8,6	10,7	0,9
380	24,8	219,3	70,8	0,5
381	5,8	15,4	14,7	0,9
382	6,9	7,9	16,1	0,4
383	18	87,3	44,1	0,6
384	31,8	454,9	90,6	0,7
385	29,4	290,7	85,7	0,5
386	21,7	227,2	64,3	0,7
387	15,6	124,7	45	0,8
388	5,1	5,4	11,5	0,5
389	37,3	631,3	135,8	0,4
390	25,2	254,6	71,8	0,6
391	15,5	98,9	43,1	0,7
392	25,5	260,5	83,4	0,5
393	6,5	15,6	15,8	0,8
394	14,3	92,3	50,7	0,5
395	25	271,2	68,9	0,7
396	3,4	6,1	9,2	0,9
397	40,1	784,1	123,6	0,6
398	12,2	34,7	33,5	0,4
399	53,9	1321,5	160,2	0,6
400	4,3	5,2	9,8	0,7
401	12	28,6	30,5	0,4
402	25,9	337,4	76,8	0,7
403	5,3	10,7	12,6	0,8
404	5,4	9,1	12,8	0,7
405	41,8	927,4	130,1	0,7
406	33,2	575,7	101,5	0,7
407	20	224,3	58,9	0,8
408	5,4	10,9	13,5	0,7
409	48,9	1132,7	144,6	0,7
410	5,8	12,7	13,8	0,8
411	13,8	48,3	33,5	0,5
412	10,3	50,6	28,2	0,8
413	21,7	195,7	67,1	0,5
414	62,6	1696,8	196,1	0,6
415	12,2	72,3	34,3	0,8
416	17,7	150,3	51,1	0,7
417	78,8	2615,2	249	0,5
418	19,7	221,3	60,9	0,7
419	12,4	35,4	37,9	0,3
420	16	101,4	46,6	0,6
421	9,2	37,4	24,5	0,8
422	11,1	44,2	28,7	0,7
423	18,5	133,6	49,5	0,7

424	32,6	385,7	85,6	0,7
425	37,8	727,2	128,6	0,6
426	32,7	462,1	89,6	0,7
427	4,5	8,2	11,1	0,8
428	24,7	295,2	68,4	0,8
429	19	157,6	51,1	0,8
430	24,7	329,7	74,9	0,7
431	25,1	401,1	79,9	0,8
432	68,3	2396,8	228,1	0,6
433	8,2	10,2	19,2	0,3
434	15,4	90,7	47	0,5
435	4,9	6,8	11,5	0,6
436	4,8	7,3	12,2	0,6
437	17,9	170,7	59,2	0,6
438	7,5	21,1	18,6	0,8
439	12,9	79,6	38,9	0,7
440	11,5	49,4	30,6	0,7
441	3,7	6,3	9,1	1
442	77,1	2425,4	231,6	0,6
443	17,6	103,9	46,4	0,6
444	43,8	730,6	131,6	0,5
445	74,6	2550,3	276,2	0,4
446	10,2	54,6	28,1	0,9
447	21,8	173,7	57,2	0,7
448	8,3	42,4	24,9	0,9
449	8,3	18,8	20	0,6
450	22,8	199,1	64,6	0,6
451	7,8	8,6	20,1	0,3
452	45,2	887,1	123,7	0,7
453	5,3	11,1	12,7	0,9
454	9,4	29	22,5	0,7
455	12,1	69,6	35,9	0,7
456	40,2	926,8	124,8	0,7
457	33,8	75,5	70,7	0,2
458	10,3	56,5	28,8	0,9
459	6,8	21,1	18,6	0,8
460	13,2	96,1	38,6	0,8
461	14,9	83,7	37,9	0,7
462	4,4	9,1	11,1	0,9
463	123,9	7069,8	381,2	0,6
464	30,3	299,3	80,2	0,6
465	9,6	35,8	24,3	0,8
466	11,2	38,5	30,3	0,5
467	15,1	104,1	45	0,6
468	11,5	53,1	29,5	0,8
469	33,9	530,6	96,3	0,7
470	9,9	45,6	26,5	0,8
471	27,3	434,9	87	0,7

472	6	10,4	14,5	0,6
473	6,4	22,9	18,4	0,9
474	18,7	151,2	52,5	0,7
475	13,5	101,8	41,8	0,7
476	19,6	160,1	53,7	0,7
477	25,2	316,6	71	0,8
478	3,8	7,3	10	0,9
479	14,3	93	44,1	0,6
480	19	175,1	55,1	0,7
481	11,8	54	30,8	0,7
482	4,8	5,9	11,5	0,6
483	11	62,6	31,1	0,8
484	38,6	638,3	147,3	0,4
485	6,2	17,7	16,7	0,8
486	15,8	114,5	44,6	0,7
487	35,6	589,8	108,8	0,6
488	5,3	5,7	12,4	0,5
489	11	57,8	32,4	0,7
490	3,7	7	9,9	0,9
491	12,8	81	40,2	0,6
492	6,4	19	16,8	0,9
493	10,6	62,6	32,2	0,8
494	21,3	231,5	61,4	0,8
495	18,2	175,1	52,8	0,8
496	12,5	86,8	37,7	0,8
497	19,3	187,1	56,7	0,7
498	17,9	137,9	48,8	0,7
499	8,6	11,1	21,5	0,3
500	32,6	452,6	96	0,6
501	6,2	18,1	16,9	0,8
502	8,8	41	25,6	0,8
503	17,2	127,9	44,8	0,8
504	26	241	72,8	0,6
505	22,6	279,4	66,4	0,8
506	78,5	2461	241,1	0,5
507	6,6	16,3	16,9	0,7
508	19,7	132,7	52	0,6
509	17,7	133,8	50,8	0,7
510	4,5	5,4	10	0,7
511	13	79,1	34,5	0,8
512	53,5	1162,1	168	0,5
513	9,8	48,3	29	0,7
514	47,2	1147,4	156,4	0,6
515	16,9	146,5	48	0,8
516	11	42,4	27,8	0,7
517	22,4	207,9	67,5	0,6
518	33,2	493,7	95,6	0,7
519	3,4	5,7	8,4	-1

520	35,4	605,9	108,2	0,7
521	4,8	6,3	10,5	0,7
522	24,1	299,1	72,4	0,7
523	24,3	329	75,5	0,7
524	12,8	69,4	34,6	0,7
525	58	1098	151,7	0,6
526	32,2	429,9	89	0,7
527	8,5	32	21,9	0,8
528	22,6	147,4	69,3	0,4
529	4,1	5,9	9,5	0,8
530	36,1	524	103	0,6
531	8	10,9	18,3	0,4
532	49,4	983,7	144,1	0,6
533	24	329,7	74,6	0,7
534	16,2	74,1	40,7	0,6
535	18	154,6	50,9	0,8
536	21,3	165,1	54,6	0,7
537	20,8	238,8	63,3	0,7
538	11	57,4	30,1	0,8
539	15,2	92,3	40,6	0,7
540	21,1	173,9	57,8	0,7
541	15,5	114,3	47,9	0,6
542	16,6	115,4	43,9	0,8
543	18,4	156,9	56,3	0,6
544	48,1	649,4	123	0,5
545	6,5	22,2	18	0,9
546	55,9	1595,5	180,5	0,6
547	32	448,1	93,2	0,6
548	29,1	423,6	87,1	0,7
549	20,3	170,3	71,2	0,4
550	19,7	139,7	53,7	0,6
551	50,7	1341,3	162	0,6
552	39,3	576,4	102,3	0,7
553	4,9	5,7	11,8	0,5
554	18,5	155,6	52,1	0,7
555	11,3	49,2	28,7	0,8
556	5,4	10,4	12,7	0,8
557	28,1	312,9	78,2	0,6
558	7,1	13,8	16,9	0,6
559	6,7	7,5	14,9	0,4
560	4,9	10,2	12,7	0,8
561	53,5	671	137,4	0,4
562	9,4	23,8	26,5	0,4
563	11,9	75,5	36,8	0,7
564	13,4	80,3	38,6	0,7
565	12,9	74,6	43,5	0,5
566	51,9	1603,9	165,8	0,7
567	17,6	121,3	48,9	0,6

568	8,5	34,2	23,3	0,8
569	10,8	44,2	29,8	0,6
570	6,6	15,4	16,7	0,7
571	11,4	44,9	30,8	0,6
572	13,4	35,4	33,5	0,4
573	4,8	9,3	11,5	0,9
574	37,2	559,4	111,3	0,6
575	11,2	45,8	33,8	0,5
576	12,7	66,4	33,8	0,7
577	52,1	1351,5	164,1	0,6
578	39,2	617,5	107,9	0,7
579	29,6	452,2	90,6	0,7
580	11,1	48,3	28,6	0,7
581	14,8	105,2	52,6	0,5
582	5,1	13,8	14,1	0,9
583	39,1	869,8	126,3	0,7
584	9,8	27,7	25,1	0,6
585	9,6	44,9	27,2	0,8
586	28,7	350,1	87,9	0,6
587	16,8	99,1	43,4	0,7
588	38,4	784,4	115,5	0,7
589	8,9	39,5	24,5	0,8
590	21,4	181	57,1	0,7
591	10,9	58,7	31,5	0,7
592	7,1	14,1	22,3	0,4
593	18,8	141,5	56,9	0,5
594	9,8	36,5	26,1	0,7
595	8,9	25,2	21,6	0,7
596	11,8	65,3	33,6	0,7
597	14,8	78	43,6	0,5
598	32,4	579,6	113,8	0,6
599	19	196,4	56,6	0,8
600	22,9	282,8	68,6	0,8
601	5,3	11,6	13,4	0,8
602	6,9	21,5	18,1	0,8
603	62,6	1481,9	180	0,6
604	6,9	12,7	16,7	0,6
605	14,3	96,6	41,3	0,7
606	7,8	27,9	22,2	0,7
607	8,6	28,6	21,4	0,8
608	6,2	9,1	15,1	0,5
609	6,5	11,3	15,2	0,6
610	3,7	5,2	8,5	0,9
611	5,8	15,6	16,1	0,8
612	13,6	88,7	40,3	0,7
613	9,4	25,6	22,4	0,6
614	137,3	8369,4	437,6	0,5
615	4,3	5,4	10,5	0,6

616	55,5	1694,8	186,9	0,6
617	8,7	9,1	19,1	0,3
618	8,5	17,5	23,8	0,4
619	5,2	8,4	12,2	0,7
620	29,7	466,9	102,6	0,6
621	3,8	7	9,5	1
622	33,9	471,7	97,3	0,6
623	37,5	408,8	103,5	0,5
624	5,1	11,8	13,3	0,8
625	14,9	24	35,7	0,2
626	19	123,4	52,2	0,6
627	30,7	536,5	95,5	0,7
628	6,6	17	16,4	0,8
629	8,3	23,6	20,1	0,7
630	4,1	7,7	10,1	0,9
631	5,6	13,4	15,9	0,7
632	8,3	12,9	19	0,5
633	4,8	8,8	11,8	0,8
634	4,5	10	11,5	0,9
635	6,8	8,6	17,3	0,4
636	16,6	136,1	46,4	0,8
637	4,5	11,6	12,8	0,9
638	18,9	144	55,6	0,6
639	26,4	230,8	70,4	0,6
640	6,1	16,3	15,8	0,8
641	5,6	10,7	13,1	0,8
642	12,1	63,7	37,3	0,6
643	6	12	14,2	0,8
644	5,2	6,6	11,2	0,7
645	22	193,7	59,8	0,7
646	24,3	259	66,9	0,7
647	4,1	7,3	10,7	0,8
648	150,6	11541,7	547,2	0,5
649	4,8	9,3	11,5	0,9
650	23,4	229,3	72,5	0,5
651	17,2	138,5	49,1	0,7
652	3,7	5,4	8,8	0,9
653	6,4	8,8	14,9	0,5
654	38,6	584,4	109	0,6
655	19,9	173,7	54,3	0,7
656	10,8	45,8	29,5	0,7
657	10,9	54,6	30,2	0,8
658	5,8	12,2	14,1	0,8
659	3,4	5,2	8,5	0,9
660	8,5	32,4	23,6	0,7
661	4,4	5,4	10,1	0,7
662	5,4	14,1	15,3	0,8
663	88,9	3936,1	306,9	0,5

664	48,8	796,8	124,8	0,6
665	16,9	96,6	42,1	0,7
666	18,9	180,3	58,3	0,7
667	27,1	287,3	75,6	0,6
668	10	20,2	29,7	0,3
669	3,7	7,5	9,9	1
670	46,9	943,5	148,2	0,5
671	4,1	8,4	10,7	0,9
672	42,8	877,8	125,4	0,7
673	4,1	5,4	9,2	0,8
674	4,9	10,7	13,2	0,8
675	7	10	18,5	0,4
676	9,9	18,1	23,8	0,4
677	6,8	23,1	18,3	0,9
678	53,2	1164,2	170,4	0,5
679	8,4	25,6	22,8	0,6
680	14,8	121,5	44,2	0,8
681	16,4	60,5	36,8	0,6
682	5,2	9,3	12,1	0,8
683	12,5	23,4	31,7	0,3
684	30,7	320,2	82,9	0,6
685	28,7	345,4	83,4	0,6
686	11,5	24	29,2	0,4
687	12,6	68,3	35,4	0,7
688	11,8	51	30,5	0,7
689	4,8	9,3	12,4	0,8
690	9,2	22	22,8	0,5
691	101,7	5060,1	358,2	0,5
692	12,6	58,7	33,6	0,7
693	26,3	291,2	70,8	0,7
694	4,3	5,9	10,1	0,7
695	4,8	8,6	11,5	0,8
696	16,8	109,3	44,4	0,7
697	4,5	7,5	10,4	0,9
698	10	36,5	29,1	0,5
699	17,5	163,9	52,3	0,8
700	7	24,3	19,3	0,8
701	47,4	685,9	120	0,6
702	22,2	146,3	59,9	0,5
703	5,3	12,9	13,9	0,8
704	9	41,7	26,5	0,7
705	16,9	62,4	47,3	0,3
706	7,1	15,2	16,7	0,7
707	16,7	121,3	45,6	0,7
708	97,5	4244,2	299,3	0,6
709	16,2	96,4	51,9	0,4
710	20,9	131,3	57	0,5
711	12,4	47,8	40	0,4

712	22,3	234,7	78,8	0,5
713	9	31,3	23,8	0,7
714	24,8	243,1	68,3	0,7
715	9,6	30,8	23,7	0,7
716	33,4	495,2	111,5	0,5
717	35,6	637,4	100,8	0,8
718	13,6	63,3	34,9	0,7
719	4,8	10,9	12,8	0,8
720	7,1	17,5	18,7	0,6
721	4,1	8,2	10,8	0,9
722	16,9	151,7	51,1	0,7
723	9,2	42,2	25,5	0,8
724	9,4	23,4	24,4	0,5
725	14,3	100,5	46	0,6
726	4,3	8,2	10,5	0,9
727	54,2	1170,1	156	0,6
728	79,7	2320,6	229	0,6
729	10,3	34,2	26,4	0,6
730	36,1	530,8	107,1	0,6
731	6,4	11,1	15,3	0,6
732	26,2	354,6	77,2	0,7
733	12,4	31,7	32,4	0,4
734	4,5	6,6	11,1	0,7
735	57	1181,6	159,7	0,6
736	5,4	12,9	15,4	0,7
737	8,9	16,6	26,6	0,3
738	17,3	138,5	52,7	0,6
739	9,8	45,6	28,4	0,7
740	73,3	2588,4	220,9	0,7
741	6,5	8,4	15,5	0,4
742	4,1	7,3	10,5	0,8
743	5,8	7,5	12,8	0,6
744	4,1	9,3	11,1	0,9
745	8,3	30,8	22,1	0,8
746	5,6	8,2	12,7	0,6
747	47,7	910,2	131,7	0,7
748	18,3	68,7	41,1	0,5
749	12,7	27,7	31,2	0,4
750	20,4	82,8	48,5	0,4
751	17,3	78,9	51,4	0,4
752	23,3	199,1	64,2	0,6
753	70,4	2975,1	237,6	0,7
754	6,2	11,1	16,5	0,5
755	8,6	26,5	21,7	0,7
756	84,4	3530,6	255,3	0,7
757	74,1	2291,2	262,3	0,4
758	40,9	599,1	106,4	0,7
759	9,6	40,4	29,6	0,6

760	6,5	6,1	14,7	0,4
761	9,2	32,7	23,9	0,7
762	70,5	2171,2	201,1	0,7
763	60,8	1431,5	160,1	0,7
764	8,2	15,6	19,2	0,5
765	3,5	5,7	8,9	0,9
766	4,9	10,9	12,4	0,9
767	4,8	12,5	12,7	1
768	16,9	129	50	0,6
769	4,5	7,7	11,1	0,8
770	9,6	20,2	24,7	0,4
771	4,9	13,2	13,8	0,9
772	9,6	26,3	23,9	0,6
773	7,1	27	19,9	0,9
774	75	2169,6	223,7	0,5
775	6,5	20,9	17,6	0,8
776	5,2	13,6	13,4	1
777	62,1	1963,7	195,2	0,6
778	5,9	15,6	15,8	0,8
779	71,4	2117,7	205,9	0,6
780	5,6	16,3	14,7	0,9
781	59,4	863,9	159,6	0,4
782	7,3	18,8	17,8	0,7
783	6,5	11,1	17,8	0,4
784	47,3	862,8	140,4	0,6
785	16,3	85	54,4	0,4
786	13,7	76,6	42,5	0,5
787	56,9	1616,8	166,2	0,7
788	5,2	12,2	14,1	0,8
789	4,7	8,8	11,5	0,8
790	5,8	14,7	15,1	0,8
791	6,6	13,6	16,5	0,6
792	15,5	79,1	39,3	0,6
793	3,6	5,4	8,5	0,9
794	54,3	1152,4	160,9	0,6
795	12,2	62,4	34	0,7
796	4,1	6,1	9,5	0,9
797	12,7	82,3	37,6	0,7
798	39,6	612,7	127,2	0,5
799	51,7	1138,8	141,7	0,7
800	5,3	11,8	13,9	0,8
801	13,8	68,5	35,9	0,7
802	5,8	9,8	15,3	0,5
803	31,2	412,7	88,5	0,7
804	33	312,2	87,6	0,5
805	6,9	16,8	16,8	0,7
806	12	67,6	33,9	0,7
807	6,2	10,4	14,7	0,6

808	10,1	38,1	26,8	0,7
809	27,1	443,3	85,5	0,8
810	5	5,9	12,3	0,5
811	25,9	263	71,7	0,6
812	8,8	18,6	22,9	0,4
813	31	344,2	81,3	0,7
814	14,8	109,1	46,8	0,6
815	3,6	6,3	8,9	-1
816	23,9	297,3	72,1	0,7
817	4,4	8,4	11,2	0,8
818	64,3	297,7	162,7	0,1
819	4,5	11,6	12,6	0,9
820	11,2	31,7	27,2	0,5
821	4,1	8,2	10,9	0,9
822	72,5	540,1	156,9	0,3
823	21,1	92,3	60,8	0,3
824	36,7	66,7	78,2	0,1
825	76,7	439,2	163,7	0,2
826	25,3	31,5	51,7	0,1
827	20,6	66	52,1	0,3
828	34,8	82,3	75	0,2
829	14,5	51,2	34,2	0,6
830	40,3	184,8	87,3	0,3
831	41,1	128,6	85,5	0,2
832	14,2	40,6	32,1	0,5
833	24,8	83,2	54,1	0,4
834	9,5	26,1	22,3	0,7
835	7,7	21,1	19	0,7
836	21,5	27,7	44	0,2
837	18,8	52,6	41,5	0,4
838	7,6	5,4	16	0,3
839	21,9	19,7	44,6	0,1
840	41	19,5	82,3	0
Mean	21,89	372,59	62,81	0,65
SD	20,51	901,89	63,89	0,18
Min	3,20	5,20	8,40	-1,00
Max	150,60	11.541,70	547,20	1,00

EK – 4**P44 NUMARALI GÖRÜNTÜNÜN IMAGEJ YAZILIMI ANALİZ SONUÇLARI**

Parça No	Yazılım ile Ölçülen Tane Boyutu (cm)	Alan (cm ²)	Çevre (cm)	Dairesellik
1	20,2	92,3	50,9	0,4
2	41,2	107,7	88,6	0,2
3	16,8	107,3	43,8	0,7
4	7,3	10	15,7	0,5
5	6,4	8,4	13,8	0,6
6	9,2	32,2	23	0,8
7	24,3	262,8	68,4	0,7
8	18,9	127,7	57,2	0,5
9	50,5	106,6	105,1	0,1
10	19,1	17,2	39,3	0,1
11	127,8	6167,6	374,8	0,6
12	14,8	97,7	44	0,6
13	57,3	1576,2	177,8	0,6
14	8,2	10,2	17,7	0,4
15	24,4	259,4	71,1	0,6
16	17,1	57,1	40,3	0,4
17	12,9	11,6	26,5	0,2
18	48,1	448,8	128,5	0,3
19	7,9	17,5	19,8	0,6
20	45,1	345,4	110	0,4
21	38,1	236,5	99,3	0,3
22	57,7	1388	159,3	0,7
23	8,3	23,1	20,5	0,7
24	7,2	16,1	18,7	0,6
25	120,8	7500,7	392,6	0,6
26	26,8	65,8	61,9	0,2
27	94,2	4418,8	305,3	0,6
28	119,1	5266,9	348,3	0,5
29	26,8	279,8	87,5	0,5
30	10,7	51,9	30,3	0,7
31	6,7	8,8	14,6	0,5
32	5,4	15,9	15	0,9
33	145,7	10014,7	510,6	0,5
34	29,2	372,3	91	0,6
35	25,9	274,8	71,8	0,7
36	6,2	18,8	16,8	0,8
37	67	990,5	165,9	0,5
38	126,4	8083,7	433	0,5

39	11,5	30,2	29,1	0,4
40	11,8	77,3	35,6	0,8
41	12	34,9	31,9	0,4
42	5,6	15	15,1	0,8
43	15,4	82,3	44	0,5
44	68,6	2436,5	233,3	0,6
45	35,4	582,3	104,3	0,7
46	16,3	106,6	44	0,7
47	9,5	24,5	26,2	0,4
48	11,1	46	33,7	0,5
49	19,2	117,9	50,5	0,6
50	4,1	8,6	10,5	1
51	11	44	27,9	0,7
52	16,9	113,2	46,8	0,6
53	14,3	56,7	37,3	0,5
54	10,5	30,8	30,3	0,4
55	5,8	11,1	14,1	0,7
56	4,4	9,3	11,6	0,9
57	6,8	26,3	19,3	0,9
58	18,3	107	56,4	0,4
59	8,7	31,7	22,4	0,8
60	6,6	20	17,2	0,9
61	8,9	29	23,6	0,7
62	39,5	256,5	102,2	0,3
63	122,1	5680	345,7	0,6
64	26	344,9	76,1	0,7
65	26,6	349,4	75,1	0,8
66	16,4	110,7	44,6	0,7
67	12,3	58,7	34,8	0,6
68	15,9	92,7	43,5	0,6
69	13,8	66,7	41,6	0,5
70	37,2	394,3	115,5	0,4
71	5,8	12,9	14,9	0,7
72	19,8	155,3	52	0,7
73	80,8	2267,6	314,6	0,3
74	8,2	25,6	20,4	0,8
75	27,7	259,2	88,7	0,4
76	43,6	609,1	168,2	0,3
77	6,8	18,8	17,3	0,8
78	5,4	11,3	13,1	0,8
79	37	422	98,4	0,5
80	10,4	43,3	31	0,6
81	26	275,7	85,3	0,5
82	48,1	1217,5	159	0,6
83	12,6	51	32,2	0,6
84	7,4	20,6	20,1	0,6
85	17,9	120,2	46,4	0,7
86	19,6	160,1	55,2	0,7

87	27,6	390,7	92,2	0,6
88	4,7	10,4	12,3	0,9
89	12,4	72,1	34,6	0,8
90	24,5	230,2	77,3	0,5
91	5,6	15,6	15	0,9
92	116,6	4513,4	421,2	0,3
93	18,5	86,6	52,7	0,4
94	4,8	9,5	11,8	0,9
95	14,8	92,1	44,5	0,6
96	11,1	58,7	32	0,7
97	28,3	374,8	79,1	0,8
98	12,8	51,7	32,1	0,6
99	6,2	10,7	14,6	0,6
100	15,1	89,3	41,5	0,7
101	11,1	46,9	29,7	0,7
102	4,1	5,9	9,9	0,8
103	13,6	34,2	31,4	0,4
104	9,4	34,7	24	0,8
105	7,5	14,1	17,6	0,6
106	9,1	34,9	28,4	0,5
107	43,7	1051,9	148	0,6
108	13,5	82,3	35,8	0,8
109	9,5	32,7	23,9	0,7
110	19,4	156,9	56,1	0,6
111	11,7	62,4	33,1	0,7
112	4,7	9,8	11,8	0,9
113	4,1	6,6	9,5	0,9
114	23,2	231,1	66,3	0,7
115	16,9	97,3	44,3	0,6
116	9,9	50,8	31,2	0,7
117	11,4	58,3	30,4	0,8
118	5,6	14,3	14,6	0,8
119	38,7	757,6	125,9	0,6
120	11,6	42,4	28,5	0,7
121	4,9	9,3	11,9	0,8
122	7,8	23,4	19,6	0,8
123	4,5	10	11,4	1
124	17,3	120,4	47,1	0,7
125	9,8	36,5	27,6	0,6
126	7,7	28,8	21,5	0,8
127	20,5	182,3	54,9	0,8
128	13,6	91,4	40,5	0,7
129	25,4	294,1	73,1	0,7
130	33,5	299,8	89,9	0,5
131	7,9	20,9	20,5	0,6
132	10,9	54,9	30,8	0,7
133	6,5	15,6	15,4	0,8
134	5,6	10,7	13,2	0,8

135	5,4	15	14,4	0,9
136	24,3	298	76,4	0,6
137	21,3	139,5	55,1	0,6
138	17	142,9	52,4	0,7
139	22,3	192,3	56	0,8
140	10,2	61,9	30,2	0,9
141	13,9	74,1	36,2	0,7
142	5,1	11,1	12,8	0,8
143	15,8	117,5	46	0,7
144	23,8	293	70	0,8
145	13,1	62,8	33	0,7
146	4,9	10,2	12,2	0,9
147	16,2	117	44,9	0,7
148	4,8	10,2	12,1	0,9
149	4,1	5,9	9,5	0,8
150	30,7	107,5	66,3	0,3
151	36	509,8	103,5	0,6
152	5,1	11,1	12,8	0,8
153	9,9	46,5	27,1	0,8
154	187,4	21036,3	710,6	0,5
155	13,4	94,1	41,8	0,7
156	47,6	809,3	129,6	0,6
157	8,9	32	22,6	0,8
158	66,3	1531,7	201,8	0,5
159	16,7	61,2	41,5	0,4
160	4,5	5,9	11,1	0,6
161	11,8	60,5	32,5	0,7
162	9,2	34,7	24,3	0,7
163	31,3	506,6	91,5	0,8
164	16,4	85,3	40,8	0,6
165	32,9	501,4	103,6	0,6
166	6	10,9	13,7	0,7
167	3,7	6,1	9,5	0,9
168	14,5	77,6	38,1	0,7
169	22,3	193,9	69,1	0,5
170	8,6	25,9	21,4	0,7
171	15,2	65,8	39,5	0,5
172	5,2	12,2	13,5	0,8
173	10,6	36,7	26,4	0,7
174	48,5	844,2	145,1	0,5
175	14,3	47,6	34,8	0,5
176	16,2	116,1	44,6	0,7
177	8,5	20,9	20,8	0,6
178	7,5	30,4	21,1	0,9
179	4,1	7,7	10,3	0,9
180	16,9	133,3	51	0,6
181	35	628,8	103,3	0,7
182	6,1	15,6	15,3	0,8

183	11,3	67,6	32,3	0,8
184	20,2	115,9	51,1	0,6
185	4,7	8,6	11,7	0,8
186	20,6	113,4	52,9	0,5
187	5,4	12,5	14,4	0,8
188	9,9	52,6	28,8	0,8
189	3,2	5,7	8,2	-1
190	26,7	331,3	80,6	0,6
191	17,5	133,8	53,1	0,6
192	5,3	13,6	14,5	0,8
193	23,8	181,4	69,8	0,5
194	5,8	11,1	13,4	0,8
195	13,2	91,6	38	0,8
196	48,7	1117,2	166,3	0,5
197	8,9	26,3	21	0,8
198	38,1	738,1	111,1	0,8
199	58,9	1581,4	198,5	0,5
200	11,4	52,6	30,4	0,7
201	5,3	8,2	13	0,6
202	11,4	47,6	29,7	0,7
203	15,1	92,7	41	0,7
204	33,2	362,1	85,2	0,6
205	9,5	33,6	30,4	0,5
206	10,2	36,3	28,4	0,6
207	12,1	40,6	29,8	0,6
208	6,1	16,3	15,7	0,8
209	14,8	108,6	47,7	0,6
210	22,7	69,2	52,8	0,3
211	5,2	13,6	13,4	1
212	16,1	117,7	44,7	0,7
213	43,9	758	120,8	0,7
214	7,9	34,7	22,3	0,9
215	18,1	96,8	47,1	0,5
216	7,3	21,8	19,1	0,8
217	15,9	116,3	49,6	0,6
218	11,9	53,3	30,1	0,7
219	30,9	441	104,2	0,5
220	4,1	8,2	10,1	1
221	56,1	1470,7	183,3	0,6
222	4,3	7	10,3	0,8
223	4,9	8,8	11,8	0,8
224	14,7	77,8	38,3	0,7
225	8,3	31,1	23	0,7
226	21,6	170,3	56,9	0,7
227	79,5	200	164,3	0,1
228	11,1	52,8	30,6	0,7
229	5,6	13,8	14,5	0,8
230	14,7	53,5	35,7	0,5

231	16,5	123,1	46	0,7
232	42,6	545,6	114,5	0,5
233	6,4	12	14,9	0,7
234	13,3	71,2	37,9	0,6
235	11,8	28,6	26,5	0,5
236	5,6	9,8	12,7	0,8
237	21,3	165,3	57,5	0,6
238	12,1	48,3	30,2	0,7
239	35,4	651,5	102,9	0,8
240	25	241,3	75,6	0,5
241	4,4	7,7	10,7	0,9
242	88,3	3718,4	311,2	0,5
243	11,3	67,6	32,6	0,8
244	11	58,3	31,1	0,8
245	25,3	180	74,6	0,4
246	5,1	14,3	13,7	1
247	11,9	44,4	29,3	0,6
248	5,9	13,4	16,2	0,6
249	7,1	25,4	18,8	0,9
250	9,8	26,8	24,6	0,6
251	9,4	32	25,7	0,6
252	35,9	583,9	114,4	0,6
253	28,9	278,2	102,1	0,3
254	12,8	55,8	38,7	0,5
255	33,1	251,7	119,8	0,2
256	4,3	7,5	10,1	0,9
257	16,3	102	50	0,5
258	13,6	60,8	34	0,7
259	4,1	8,4	10,1	-1
260	6,6	18,4	17,3	0,8
261	23,3	273,9	81,5	0,5
262	8,3	20	19	0,7
263	8,6	14,5	18,8	0,5
264	3,4	6,1	8,8	1
265	8,6	12,5	22	0,3
266	12,4	62,8	38,2	0,5
267	3,8	6,8	9,8	0,9
268	51,5	1131,7	154,4	0,6
269	19,8	173,7	70,1	0,4
270	4,4	5,9	10,1	0,7
271	6,6	16,1	16,9	0,7
272	10,5	34,5	27,8	0,6
273	12,7	46,5	31,6	0,6
274	20	123,1	51,2	0,6
275	10,5	41,7	27,5	0,7
276	4,1	6,3	9,8	0,8
277	7,3	23,1	21,5	0,6
278	12,9	57,1	36,9	0,5

279	11,3	57,8	32	0,7
280	4,9	7,5	11,8	0,7
281	11,3	45,4	32,4	0,5
282	32,2	404,8	94	0,6
283	18,9	215,9	63,5	0,7
284	34,6	507,5	103,8	0,6
285	5,8	17,2	15,7	0,9
286	15	56,2	44,9	0,4
287	7,5	17,9	17,4	0,7
288	25	268,3	76,7	0,6
289	23,4	220	62,4	0,7
290	11,3	31,7	31,3	0,4
291	4,3	7,9	10,5	0,9
292	14,1	55,6	41,1	0,4
293	11,5	57,6	36,7	0,5
294	21,7	129	56,5	0,5
295	5,4	12,7	14,4	0,8
296	9,5	33,3	30,6	0,4
297	11,1	43,8	33,3	0,5
298	7,3	23,1	18,2	0,9
299	22,3	192,7	60,5	0,7
300	7,3	16,8	18,3	0,6
301	5,2	11,8	13,1	0,9
302	34,3	565,1	97,1	0,8
303	6,4	19,3	16,9	0,8
304	5,3	6,3	11,9	0,6
305	5,8	15,4	15,6	0,8
306	5,1	12,9	13,3	0,9
307	35,7	562,4	108,6	0,6
308	60,4	1718,6	201,7	0,5
309	40,5	559,6	126,1	0,4
310	4,5	6,8	10,8	0,7
311	18,8	130,8	73,6	0,3
312	10,7	27	27,3	0,5
313	5,8	11,3	13,8	0,7
314	4,5	9,3	11,5	0,9
315	5,2	15	14,6	0,9
316	16,1	122	47,8	0,7
317	6,6	18,8	16,7	0,9
318	372,8	46437,6	1629,9	0,2
319	9,2	28,8	23,3	0,7
320	51,7	1167,8	168,9	0,5
321	8,1	9,1	17,1	0,4
322	5,2	10,9	12,7	0,8
323	10,2	50,1	29,4	0,7
324	6	8,6	13,5	0,6
325	17,9	163	50,3	0,8
326	11,9	52,6	33,9	0,6

327	4,5	5,4	10,8	0,6
328	6,2	12,2	17	0,5
329	22,3	222	68,2	0,6
330	10,1	38,3	31,9	0,5
331	5,9	12,9	14,5	0,8
332	31	492,7	96,7	0,7
333	9,9	35,6	25,2	0,7
334	9,4	25,6	28,7	0,4
335	17,7	165,3	58,9	0,6
336	4,1	7	10,1	0,9
337	12,8	86,2	37,6	0,8
338	8,1	18,6	21,3	0,5
339	27,5	334,9	95,5	0,5
340	8,9	21,3	20,9	0,6
341	10,5	36,5	26,5	0,7
342	19,8	141,7	57,4	0,5
343	18	127,7	62,2	0,4
344	9,2	37,9	26,1	0,7
345	47,3	953,5	176,7	0,4
346	5,7	9,5	13,2	0,7
347	3,7	6,1	8,8	1
348	44,3	804,3	166,8	0,4
349	5,2	11,6	13,3	0,8
350	5,4	8,6	15,1	0,5
351	7,3	22,4	20	0,7
352	5,6	11,3	13,1	0,8
353	112,2	6203,9	349,4	0,6
354	12,1	68,7	33,7	0,8
355	6,9	21,3	17,3	0,9
356	7,5	24,3	19	0,8
357	8,3	15,4	19,3	0,5
358	10,5	22,7	24,1	0,5
359	114,1	6357,8	381,8	0,5
360	7,4	23,4	20,4	0,7
361	3,8	6,3	9,2	0,9
362	12,5	69,8	34,7	0,7
363	28,1	283,7	74,5	0,6
364	18,5	109,5	50,4	0,5
365	47,7	1066,7	158,4	0,5
366	4,7	10,4	12,1	0,9
367	5,8	11,8	13,7	0,8
368	9,6	32,2	27,1	0,6
369	6,5	16,8	17,4	0,7
370	7,5	20,9	18,6	0,8
371	3,7	6,1	9,2	0,9
372	4,1	8,2	10,4	0,9
373	6,1	15	16,7	0,7
374	10,1	34	26,4	0,6

375	13,9	108,4	44,7	0,7
376	10	31,1	30,3	0,4
377	74,3	2009,1	243,6	0,4
378	51,7	1412,5	150,3	0,8
379	5,6	16,1	15,1	0,9
380	9,2	32,4	26,2	0,6
381	18,5	129,3	47,9	0,7
382	8,2	10	18,3	0,4
383	31,3	278,9	85,8	0,5
384	7,8	20,4	19,7	0,7
385	9,9	34,7	29,4	0,5
386	4,5	7,9	10,9	0,8
387	44	794,6	126,3	0,6
388	53,8	853,3	317,9	0,1
389	9,6	36,7	29,7	0,5
390	5,8	7,9	13	0,6
391	21,8	200,7	69,3	0,5
392	10	40,4	28,5	0,6
393	24,7	225,6	68,7	0,6
394	14,6	40,6	35,6	0,4
395	10	36,7	25,6	0,7
396	19,2	127	53,5	0,6
397	17,5	129	45,8	0,8
398	20,7	194,8	62,7	0,6
399	9,8	41,7	25,1	0,8
400	7,5	24,9	20,7	0,7
401	14,4	91,8	42,6	0,6
402	15,1	102,7	47,7	0,6
403	20,2	81,4	46,3	0,5
404	42,7	935,4	126,2	0,7
405	20	111,3	51,9	0,5
406	4,1	7,5	9,9	1
407	5,8	15,6	16,5	0,7
408	7,9	26,5	19,9	0,8
409	7,9	24,3	19,8	0,8
410	3,8	7,5	9,9	1
411	55,9	1229,7	168	0,5
412	61,8	1966,9	206	0,6
413	8,8	21,8	21,4	0,6
414	4,5	8,2	10,8	0,9
415	20,1	122,4	53,2	0,5
416	22,5	135,1	58,6	0,5
417	5,2	12,9	13,3	0,9
418	11,1	47,8	33,7	0,5
419	3,6	7	10	0,9
420	4,5	7,3	10,8	0,8
421	22,1	180	65,7	0,5
422	59	1647,6	191	0,6

423	5,6	15,9	14,9	0,9
424	10,4	51,5	37,7	0,5
425	19,7	142,2	60,6	0,5
426	11,8	56,2	34,8	0,6
427	4,1	7,5	10,1	0,9
428	7,7	29	21,3	0,8
429	6,2	19,5	16,9	0,9
430	7,1	24,7	19	0,9
431	39,5	621,5	170,2	0,3
432	27,5	290,7	72,8	0,7
433	7,5	16,8	18,4	0,6
434	59	1126,5	223,4	0,3
435	40,7	689,8	173,3	0,3
436	9,6	39	28,7	0,6
437	4	8,6	10,4	1
438	6,8	22	19,7	0,7
439	4,1	6,8	9,9	0,9
440	5	9,5	12,8	0,7
441	16,5	68,3	39,8	0,5
442	17	61	39	0,5
443	23,5	154,6	63,5	0,5
444	28,8	334,2	99,3	0,4
445	13,1	60,5	34,9	0,6
446	6,3	10	15	0,6
447	12,2	64,2	33,7	0,7
448	38,8	540,4	108,1	0,6
449	15,8	83	40,9	0,6
450	11,4	81	35,7	0,8
451	60,6	1608,4	193,2	0,5
452	47,4	1036,1	189,6	0,4
453	13	66,2	35	0,7
454	7,7	21,8	21,8	0,6
455	23,9	154	62,6	0,5
456	22,6	268,3	71,2	0,7
457	10	34,5	25,2	0,7
458	7,7	20,6	19,9	0,7
459	10,6	53,3	35,8	0,5
460	21,9	252,2	65,5	0,7
461	4,4	9,5	11,6	0,9
462	15,4	127,2	48,7	0,7
463	5,8	15	15	0,8
464	18,5	109,3	65,1	0,3
465	35,2	459,9	135,3	0,3
466	3,5	6,3	8,9	-1
467	18,1	64,9	43,2	0,4
468	21,6	142,9	56,4	0,6
469	10,4	59,9	31,4	0,8
470	15,3	90,7	43,6	0,6

471	32,9	76,4	70,1	0,2
472	4,7	8,8	11,8	0,8
473	7,5	25,6	22,1	0,7
474	9,5	46	25,8	0,9
475	9,5	19	23,7	0,4
476	21,1	124,7	51,7	0,6
477	14,6	98,6	41,1	0,7
478	5,4	13,8	15	0,8
479	6,5	13,4	15,8	0,7
480	16	86,4	56,8	0,3
481	6	15,4	15,1	0,8
482	12,4	62,4	32,5	0,7
483	24,2	351	74,3	0,8
484	8,9	37,6	26,6	0,7
485	13,6	74,6	37,5	0,7
486	9	35,8	22,6	0,9
487	48,5	1309,5	163,8	0,6
488	28,8	378,7	85,8	0,6
489	8,3	33,6	24,3	0,7
490	16,7	96,6	44,3	0,6
491	16	65,8	38,9	0,5
492	222,4	24677,6	833	0,4
493	9,4	33,8	24,6	0,7
494	15,4	120,6	45	0,7
495	11,6	60,3	32,6	0,7
496	15,7	90,2	45,4	0,6
497	23	231,1	69,2	0,6
498	3,6	6,6	9,6	0,9
499	24,5	207,9	91,9	0,3
500	28,5	399,3	92,6	0,6
501	16,1	105,7	46	0,6
502	23	275,1	71,9	0,7
503	6,1	17	17	0,7
504	20,2	163,7	62,4	0,5
505	39	483,9	101,1	0,6
506	8	32,4	22,2	0,8
507	5,3	12,2	13,8	0,8
508	7,3	22,9	20,6	0,7
509	19,3	147,2	50,5	0,7
510	15,7	87,8	40,1	0,7
511	13,4	70,1	35,5	0,7
512	12,4	80,7	36,4	0,8
513	19,7	105,4	56	0,4
514	7,5	14,1	17,5	0,6
515	9,2	41,5	25	0,8
516	7,3	26,8	20,2	0,8
517	9,1	33,1	25,3	0,6
518	136,4	8573,9	456,6	0,5

519	5,6	14,3	14	0,9
520	17,1	106,6	46,7	0,6
521	5,2	9,3	11,5	0,9
522	10,6	52,8	29,4	0,8
523	9,5	32,9	25,1	0,7
524	11,9	59,4	33	0,7
525	4,1	7,3	9,9	0,9
526	5,2	13,6	13,8	0,9
527	16,9	98,6	44,2	0,6
528	4,4	7,5	10,8	0,8
529	21,6	227,7	62,4	0,7
530	6,4	15	15,4	0,8
531	4,7	9,1	11,1	0,9
532	7,5	22,4	18,9	0,8
533	45,5	726,1	142,4	0,5
534	4,9	8,4	11,5	0,8
535	5,6	10,7	13,5	0,7
536	15,6	109,3	43,6	0,7
537	26,9	292,5	89	0,5
538	28,3	244,7	79,6	0,5
539	25,9	162,1	62,5	0,5
540	6,8	14,1	18,2	0,5
541	9	41,3	25,3	0,8
542	8,5	34,2	23,8	0,8
543	4,1	9,3	11,1	0,9
544	22	213,8	68,4	0,6
545	28,2	329,5	76,5	0,7
546	31,2	384,8	97,8	0,5
547	20,2	169,8	60,4	0,6
548	5,6	10	13,8	0,7
549	6,2	15,2	15,8	0,8
550	5,1	9,8	12,6	0,8
551	12,4	25,6	27,9	0,4
552	21	189,6	67,7	0,5
553	19	137,4	54,7	0,6
554	4,7	7	10,8	0,8
555	35,9	263	91,4	0,4
556	9,2	42	24,9	0,9
557	16,6	143,8	46,5	0,8
558	6,2	15,9	16,7	0,7
559	50,1	949,9	170,4	0,4
560	4,9	11,1	12,6	0,9
561	4,8	12,7	13	0,9
562	5,7	12,9	15,1	0,7
563	3,6	7	9,6	1
564	3,7	5,7	9,3	0,8
565	35,8	460,1	101,8	0,6
566	90,9	4230,8	306,6	0,6

567	35,7	638,5	134,9	0,4
568	8,2	30,2	22,1	0,8
569	4,5	10,4	11,9	0,9
570	22,6	127	57,3	0,5
571	12,6	56,2	32,6	0,7
572	19,4	208,2	58,3	0,8
573	29,3	397,3	84,9	0,7
574	18,2	146	50,8	0,7
575	5,6	15	14,6	0,9
576	21	37,9	48,2	0,2
577	15	106,8	40,1	0,8
578	4,5	7,5	10,9	0,8
579	8,1	20,6	19,7	0,7
580	13,9	57,4	33,4	0,6
581	3,7	7,3	9,8	1
582	10,9	37,9	29,4	0,5
583	32,6	367,6	84,8	0,6
584	6,5	15,4	17,3	0,6
585	16,7	73,5	42,7	0,5
586	7,8	17,2	17,9	0,7
587	7	25,6	19,2	0,9
588	22,6	201,8	64,7	0,6
589	12,9	85,3	35,2	0,9
590	15,5	95	41,2	0,7
591	65,8	1502,5	208,9	0,4
592	13,5	71,9	36	0,7
593	20,7	198,9	61	0,7
594	42	777,1	133,8	0,5
595	19,2	161,9	52,2	0,7
596	13,7	60,3	34,5	0,6
597	11,4	57,1	31,9	0,7
598	5,4	12,5	13,4	0,9
599	98	4685,5	297,4	0,7
600	12,9	59	36,4	0,6
601	10,6	38,8	28,3	0,6
602	14,1	49,9	34,8	0,5
603	118,3	6475,7	401,3	0,5
604	65,5	1300	248,2	0,3
605	3,5	5,7	8,9	0,9
606	15,8	122	45,1	0,8
607	7,7	17,7	19	0,6
608	7	23,8	19	0,8
609	12,6	52,4	43	0,4
610	10,2	49,4	31,7	0,6
611	9,4	37,2	25,1	0,7
612	10,3	38,8	25,6	0,7
613	30,4	455,6	94,2	0,6
614	13,2	63,7	33,4	0,7

615	8,8	36,3	23	0,9
616	6,6	17,2	16,4	0,8
617	55,8	1333,3	203	0,4
618	48,1	897,1	169,2	0,4
619	18,2	135,6	46,9	0,8
620	6,1	14,3	15	0,8
621	5,2	10,4	12,7	0,8
622	6,2	15,2	15	0,8
623	10,3	38,3	26	0,7
624	27,1	346	136,4	0,2
625	10,1	38,1	26	0,7
626	13,5	73,7	37	0,7
627	9,8	43,1	30,6	0,6
628	39	610,2	112	0,6
629	4,1	6,8	10,3	0,8
630	7,8	22,9	19,2	0,8
631	4,3	5,2	10,1	0,6
632	13,2	67,6	34,8	0,7
633	11	21,3	24,2	0,5
634	8,9	42,6	25,3	0,8
635	5,7	7,5	12,6	0,6
636	31,2	299,1	79,3	0,6
637	13,6	51	36,7	0,5
638	12,4	29	28,5	0,4
639	25,1	294,3	71,4	0,7
640	25,3	287,3	72,9	0,7
641	15,7	41,5	39,3	0,3
642	35	413,6	90	0,6
643	19	167,6	54,7	0,7
644	30,9	335,4	86,7	0,6
645	39,2	494,6	117,6	0,4
646	14,7	76,4	36,5	0,7
647	17,1	113,4	45,5	0,7
648	16,1	128,8	44,6	0,8
649	10,1	55,3	29,4	0,8
650	13,1	68	35	0,7
651	7,8	19	19,4	0,6
652	19,8	161,7	53,1	0,7
653	55,3	150,8	118,2	0,1
654	56,2	153,5	116,9	0,1
655	48,2	151,7	101,3	0,2
656	75,3	185,5	154,7	0,1
657	36,8	63,5	77,6	0,1
658	26,4	77,8	58,4	0,3
659	25,3	32,7	55,1	0,1
660	11,6	25,4	26,3	0,5
661	24,9	52,8	53,5	0,2
662	16,2	37,9	34,7	0,4

663	21	50,3	44,6	0,3
664	7,2	10	16,3	0,5
665	5	8,6	11,7	0,8
666	39,5	38,8	82,2	0,1
667	31,9	20,6	66,1	0,1
668	19,5	26,1	40,2	0,2
Mean	20,18	441,86	60,37	0,63
SD	26,49	2.378,06	98,59	0,21
Min	3,20	5,20	8,20	-1,00
Max	372,80	46.437,60	1.629,90	1,00