

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UYDU GÖRÜNTÜLERİ VE TIBBİ GÖRÜNTÜLERDEN BENZER GÖRÜNTÜ  
İŞLEME TEKNİKLERİYLE BİLGİ ÇIKARIMI**

**UĞUR ACAR**

**DOKTORA TEZİ  
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALı  
UZAKTAN ALGILAMA VE CBS PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
DOÇ. DR. BÜLENT BAYRAM**

**İSTANBUL, 2011**

## ÖNSÖZ

---

Çalışmamın danışmanlığını üstlenen ve akademik hayatımda örnek aldığım değerli hocam Doç. Dr. Bülent BAYRAM'a sunulan tez çalışmamın her aşamasında desteklerinden dolayı, teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sırasındaki katkıları ve yol gösterişleri nedeniyle değerli hocalarım Prof. Dr. Levent ÇELİK ve Prof. Dr. Sıtkı KÜLÜR'e teşekkürlerimi sunarım.

Tıp alanındaki çalışmada verilerin sağlanması, değerlendirilmesi konusunda yoğun iş temposuna rağmen her zaman güler yüzü ile çalışmama katkıda bulunan Yrd. Doç.Dr Rahmi ÇUBUK'a, binlerce km uzaktan çalışmama yaptıkları katkıdan ve çalışmam için sunduğu verilerden dolayı Stradina Üniversitesi Dekanı Sayın Ardis PLATKAJIS ve Uzman DR. Daina GRAISKALNA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sırasında, algoritmaların yaratılmasında ve kodlanmasında dehası ile katkıda bulunan canım dostum Dr. Müh. Cüneyd HELVACI'ya sonsuz teşekkürler.

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, verdiğim her kararda bana yol gösteren ve beni destekleyen sevgili ailem, Mehmet Ali ACAR, İlknur ACAR ve İlker ACAR'a minnetlerimi sunarım.

Eylül, 2011

Uğur ACAR

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

|                                                                            |      |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| KISALTMA LİSTESİ .....                                                     | viii |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                         | ix   |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                                      | xiii |
| ÖZET .....                                                                 | xiv  |
| ABSTRACT .....                                                             | xvi  |
| BÖLÜM 1.....                                                               | 1    |
| GİRİŞ.....                                                                 | 1    |
| 1.1    Literatür Özeti .....                                               | 1    |
| 1.1.1    Mamografi görüntülerinden MK (Mikro Kalsifikasyon) Çıkarımı.....  | 1    |
| 1.1.2    Uydu Görüntülerinden Binaların Otomatik Olarak Yakalanması .....  | 4    |
| 1.2    Tezin Amacı .....                                                   | 6    |
| 1.2.1    Meme görüntülerinden MK Çıkarılması .....                         | 6    |
| 1.2.2    Uydu Görüntülerinden Binaların Otomatik Olarak Yakalanması .....  | 7    |
| 1.3    Orijinal Katkı.....                                                 | 8    |
| 1.3.1    Meme görüntülerinden MK Çıkarılması .....                         | 8    |
| 1.3.2    Uydu Görüntülerinden Binaların Otomatik Olarak Yakalanması .....  | 9    |
| BÖLÜM 2.....                                                               | 10   |
| YÖNTEM ve MATERYAL.....                                                    | 10   |
| 2.1    Mamografi Görüntülerinden MK (Micro Kalsifikasyon) Çıkarılması..... | 10   |
| 2.2    Uydu Görüntülerinden Bina Yakalama .....                            | 11   |
| BÖLÜM 3.....                                                               | 13   |
| MAMORAFİ GÖRÜNTÜLERİNDEN MK (Mikro Kalsifikasyon) ÇIKARILMASI .....        | 13   |
| 3.1    Lokal Eşik Değer Belirleme .....                                    | 14   |
| 3.1.1    Klasik Eşik Değer Belirleme .....                                 | 14   |
| 3.1.1.1    Lokal Eşik Değer Belirleme .....                                | 17   |

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.1.1.1 Bensen Eşik Değer Belirleme Yöntemi .....                        | 19 |
| 3.1.1.1.2 Mean (Ortalama) Eşik Değer Belirleme Yöntemi .....               | 19 |
| 3.1.1.1.3 Median (Toplam Orta Değer) Eşik Değer Belirleme Yöntemi .....    | 20 |
| 3.1.1.1.4 MidGrey (Orta Değer) Eşik Değer Belirleme Yöntemi.....           | 20 |
| 3.1.1.1.5 Niblack Eşik Değer Belirleme Yöntemi .....                       | 21 |
| 3.1.1.1.6 Sauvola Eşik Değer Belirleme Yöntemi .....                       | 21 |
| 3.1.1.2 Sunulan Tezde Geliştirilen Lokal Eşik Değer Belirleme Yöntemi..    | 23 |
| 3.1.1.2.1 Pencere Büyüklüğü .....                                          | 23 |
| 3.1.1.2.2 Histogramdaki İlk Yükselme Değeri .....                          | 24 |
| 3.1.1.2.3 Histogramdaki İlk Yükselme Değerinin Yanılma Oranı.....          | 26 |
| 3.2 Sunulan Tezde Yapılan Morfolojik Uygulamalar .....                     | 27 |
| 3.2.1 Matematiksel Morfoloji.....                                          | 27 |
| 3.2.1.1 Yapıtaşı Elemanı .....                                             | 28 |
| 3.2.1.2 İkili Kodlanmış Görüntülerde Matematiksel Morfoloji Operatörleri   | 29 |
| 3.2.1.2.1 Aşınma (Erode) ve Genişleme (Dilate) Matematiksel Morfoloji      | 29 |
| Operatörleri .....                                                         | 29 |
| 3.2.1.2.2 Açılış (Open) ve Kapanış (Close) Matematiksel Morfoloji          | 31 |
| Operatörleri .....                                                         | 31 |
| 3.2.1.2.3 Diğer Matematiksel Morfoloji Operatörleri.....                   | 33 |
| 3.2.1.3 Gri düzeyli görüntülerde Matematiksel Morfoloji.....               | 34 |
| 3.3 Yapılan Çalışmada Matematiksel Morfolojinin Kullanılması .....         | 34 |
| 3.4 Yapılan Çalışmada Görüntü İşleme Operatörlerinin Kullanılması .....    | 36 |
| 3.4.1 Görüntülerin Birleştirilmesi .....                                   | 36 |
| 3.4.2 Görüntüde Meydana Gelen Gürültülerin Temizlenmesi: İşlenmiş          | 37 |
| görüntü üzerinde .....                                                     | 37 |
| 3.4.3 Görüntüde Meydana Gelen Gürültülerin Temizlenmesi: Orijinal          | 38 |
| Görüntü Yardımı İle.....                                                   | 38 |
| 3.4.4 Morfolojik Genişleme Operatörü ile MK'ların Büyütülmesi.....         | 40 |
| 3.4.5 Kenar Yakalama Operatörü İle MK Grup Sınırlarının Belirlenmesi....   | 43 |
| 3.4.6 MK'ların Türü İle İlgili Yapılan Analiz .....                        | 45 |
| 3.4.6.1 Grupların Belirlenmesi .....                                       | 48 |
| 3.4.6.2 Grupların Sınırlarının Belirlenmesi .....                          | 52 |
| 3.4.6.3 Grup İçinde Lokal Eşik Değer Belirleme Yönteminin Uygulanması      | 53 |
| 3.4.6.4 Grup İçinde MK'ların Belirlenmesi .....                            | 53 |
| 3.4.6.5 Grup İçerisindeki MK'ların Numaralandırılması.....                 | 55 |
| 3.4.6.6 MK'ların Büyüklüklerinin Hesaplanması .....                        | 59 |
| 3.4.6.7 MK'ların Türüne Karar Verme .....                                  | 59 |
| BÖLÜM 4.....                                                               | 61 |
| UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN BİNA YAKALAMA .....                                   | 61 |
| 4.1 Sunulan Tez Çalışmasında Bina Yakalamada Karşılaşılan Başlıca Sorunlar | 64 |
| 4.1.1 Sunulan Tez Çalışmasında Geliştirilen Görüntü İşleme Operatörleri    | 65 |

|                    |                                                                                                   |     |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.2              | Bina Ayırt Etme Sonuçlarını Geliştirmek İçin Kullanılan Morfolojik Uygulamalar .....              | 66  |
| 4.1.1              | Binaların Birbirinden Ayırt Edilmesi İçin Binalara Numara Verilmesi                               | 71  |
| 4.1.2              | Bina Köşelerinin Belirlenmesi, Sıralanması ve Çıkarımı.....                                       | 71  |
| 4.1.2.1            | Binaya Ait İlk Dört Köşenin Tespit Edilmesi .....                                                 | 72  |
| 4.1.3              | Binalardaki Toplam Köşe Sayısının Kontrol Edilmesi .....                                          | 80  |
| 4.1.3.1            | Dörtten Fazla Köşesi Olan veya Köşesi Olmayan Binaların Tespit Edilmesi                           | 80  |
| 4.1.3.2            | Dörtten Fazla Köşesi Olan Binaların Diğer Köşelerinin Tespit Edilmesi                             | 83  |
| 4.1.3.3            | İlk Dört Köşe Dışındaki Köşelerin Numaralandırılması.....                                         | 87  |
| 4.1.3.4            | Bina Kenarlarının Çizilmesi .....                                                                 | 90  |
| 4.1.3.4.1          | Dört Köşeli Binaların Kenarlarının Çizilmesi .....                                                | 90  |
| 4.1.3.4.2          | Dörtten Fazla Köşesi Bulunan Binaların Kenarlarının Çizilmesi ...                                 | 91  |
| 4.1.3.4.3          | Özel Durumlarda Köşelerin Numaralandırılması ve Çizilmesi.....                                    | 92  |
| 4.1.3.4.4          | Köşeli Olmayan Binaların Kenarlarının Çizilmesi.....                                              | 94  |
| 4.2                | Gölgeleri Kullanarak Binaların Belirlenmesi.....                                                  | 95  |
| 4.2.1              | Görüntüden Gölgelerin Ayıklanması .....                                                           | 97  |
| 4.2.2              | Bina Gölgelerinin Median Filtresi Kullanılarak Düzeltilmesi.....                                  | 98  |
| 4.2.3              | Bina Gölgelerinin Numaralandırılması.....                                                         | 99  |
| 4.2.4              | Bina Gölgelerini Çevreleyen Sanal Dikdörtgenlerin Belirlenmesi ...                                | 100 |
| 4.2.5              | Bina Gölgelerine Temas Eden Piksellerin Birleştirilmesi .....                                     | 100 |
| 4.2.6              | Boyutu Büyük Olan Grupların Silinmesi.....                                                        | 102 |
| 4.2.7              | Sanal Dikdörtgen Kenarlarına Temas Eden Komşu Piksellerin Belirlenmesi ve Silinmesi .....         | 103 |
| 4.2.8              | Sanal Dikdörtgen Kenarlarına Temas Eden Komşu Olmayan Piksellerin Belirlenmesi ve Silinmesi ..... | 104 |
| 4.2.9              | Sanal Dikdörtgen Kenarlarına Üç Noktadan Fazla Temas Eden Bina Gölgelerinin Silinmesi .....       | 104 |
| 4.2.10             | Gölgeden Yararlanılarak Binanın Üç Köşenin Tespit Edilmesi .....                                  | 105 |
| 4.2.11             | Bina Gölgesinden Binanın Tamamının Oluşturulması.....                                             | 106 |
| 4.2.12             | Bina Gölgesinden Binanın Tamamının Oluşturulması.....                                             | 109 |
| BÖLÜM 5            | .....                                                                                             | 111 |
| YAPAY SİNİR AĞLARI | .....                                                                                             | 111 |
| 5.1                | Yapay Sinir Ağları .....                                                                          | 111 |
| 5.1.1              | Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri.....                                                      | 111 |
| 5.1.2              | Yapay Sinir Ağlarının Avantajları.....                                                            | 112 |
| 5.1.3              | İnsan Sinirlerinden Yapay Sinir Ağlarına Geçiş .....                                              | 114 |
| 5.1.4              | Yapay Sinir Hücresinin Yapısı .....                                                               | 115 |
| 5.1.4.1            | Girdiler .....                                                                                    | 116 |
| 5.1.4.2            | Ağırlıklar .....                                                                                  | 116 |
| 5.1.4.3            | Birleştirme Fonksiyonu .....                                                                      | 117 |
| 5.1.4.4            | Aktivasyon Fonksiyonu.....                                                                        | 117 |
| 5.1.4.4.1          | Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu .....                                                              | 117 |
| 5.1.4.4.2          | Adım Aktivasyon Fonksiyonu .....                                                                  | 118 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.4.4.3 Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu .....                              | 118 |
| 5.1.4.4.4 Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu .....                   | 119 |
| 5.1.4.5 Çıktılar .....                                                     | 119 |
| 5.1.5 Yapay Sinir Ağları Mimarisi .....                                    | 119 |
| 5.1.5.1 İleri Beslemeli (Feed Forward) Ağlar .....                         | 120 |
| 5.1.5.1.1 Tek Katmanlı İleri Beslemeli Ağlar .....                         | 120 |
| 5.1.5.1.2 Çok Katmanlı İleri Beslemeli Ağlar .....                         | 120 |
| 5.1.5.2 Geri beslemeli (back propagation) ağlar .....                      | 121 |
| 5.1.6 Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi .....                               | 122 |
| 5.1.6.1 Yapay Sinir Ağlarının Öğrenme Stratejileri .....                   | 122 |
| 5.1.6.1.1 Danışmanlı Öğrenme .....                                         | 122 |
| 5.1.6.1.2 Danışmansız Öğrenme .....                                        | 123 |
| 5.1.6.1.3 Takviyeli Öğrenme .....                                          | 124 |
| 5.1.6.1.4 Karma Öğrenme .....                                              | 124 |
| 5.2 Yapay Sinir Ağlarının Bina Yakalamada Kullanılması .....               | 124 |
| 5.3 Uygulama Sonucu .....                                                  | 127 |
| BÖLÜM 6 .....                                                              | 130 |
| SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                    | 130 |
| 6.1 BULGULAR .....                                                         | 131 |
| 6.1.1 Mamografi görüntülerinden MK (Mikro Kalsifikasyon) Çıkarılması ..... | 131 |
| 6.1.1.1 İşlem Süresi Tablosu .....                                         | 135 |
| 6.1.2 Uydu Görüntülerinden Binaların Otomatik Olarak Yakalanması ....      | 136 |
| 6.1.2.1 İşlem Süresi Tablosu .....                                         | 140 |
| 6.1.2.2 Boyutu Büyük Binaların Belirlenmesi (Formül Doğruluk Analizi)      | 140 |
| KAYNAKLAR .....                                                            | 142 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                             | 148 |

## KISALTMA LİSTESİ

---

|       |                                                |
|-------|------------------------------------------------|
| CADe  | Computer Aided Detection                       |
| CADx  | Computer Aided Diagnosis                       |
| MK    | Mikro kalsifikasyon                            |
| SVM   | Support Vector Machine                         |
| DICOM | Digital Imaging and Communications in Medicine |
| BMP   | Bitmap                                         |
| PNG   | Portable Network Graphics                      |
| JPEG  | Joint Photographic Experts Group               |
| GE    | General Electric                               |
| RGB   | Red, Green, Blue                               |
| YSA   | Yapay Sinir Ağları                             |

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3. 1  | Mamografi görüntülerinden MK (Micro kalsifikasyon) çıkarılması akış diyagramı.....                                                                                                                                                                                     | 14 |
| Şekil 3. 2  | Orijinal görüntü [54] .....                                                                                                                                                                                                                                            | 15 |
| Şekil 3. 3  | Orijinal görüntü .....                                                                                                                                                                                                                                                 | 15 |
| Şekil 3. 4  | Mamografi Görüntüsünde Klasik Eşik Değer Belirleme Uygulaması .....                                                                                                                                                                                                    | 17 |
| Şekil 3. 5  | Lokal Eşik Değer Belirlemede İşlem Sırası.....                                                                                                                                                                                                                         | 18 |
| Şekil 3. 6  | Bensen Eşik Değer Belirleme Yöntemi .....                                                                                                                                                                                                                              | 19 |
| Şekil 3. 7  | Mean Eşik Değer Belirleme Yöntemi .....                                                                                                                                                                                                                                | 20 |
| Şekil 3. 8  | Median Eşik Değer Belirleme Yöntemi .....                                                                                                                                                                                                                              | 20 |
| Şekil 3. 9  | Midgray Eşik Değer Belirleme Yöntemi .....                                                                                                                                                                                                                             | 21 |
| Şekil 3. 10 | Niblack Eşik Değer Belirleme Yöntemi .....                                                                                                                                                                                                                             | 21 |
| Şekil 3. 11 | Sauvola Eşik Değer Belirleme Yöntemi .....                                                                                                                                                                                                                             | 22 |
| Şekil 3. 12 | Tüm Eşik Değer Belirleme Yöntemleri Karşılaştırılması .....                                                                                                                                                                                                            | 22 |
| Şekil 3. 13 | (a)Orijinal görüntü, (b) 8x8 Lokal Eşik Değer Belirleme Uygulaması, (c) 16x16 Lokal Eşik Değer Belirleme Uygulaması, (d) 32x32 Lokal Eşik Değer Belirleme Uygulaması, (e) 64x64 Lokal Eşik Değer Belirleme Uygulaması, (f) Lokal Eşik Değer Belirleme Uygulaması ..... | 24 |
| Şekil 3. 14 | Örnek görüntü, görüntünün 6. parçasına ait sonuç ve histogram .....                                                                                                                                                                                                    | 25 |
| Şekil 3. 15 | Histogramdan eşik değer belirlenmesi .....                                                                                                                                                                                                                             | 26 |
| Şekil 3. 16 | Morfolojik yapıtaşı elemanı örnekleri.....                                                                                                                                                                                                                             | 28 |
| Şekil 3. 17 | Yapıtışı elemanının matematiksel morfolojiye etkisi.....                                                                                                                                                                                                               | 29 |
| Şekil 3. 18 | Örneklerde Kullanılan Morfolojik yapıtaşı elemanı .....                                                                                                                                                                                                                | 30 |
| Şekil 3. 19 | Aşınma operatörünün kullanıldığı görüntü, yapıtaşı elemanının çalışması ve sonuç görüntü .....                                                                                                                                                                         | 30 |
| Şekil 3. 20 | Genişleme operatörünün kullanıldığı görüntü, yapıtaşı elemanının çalışması ve sonuç görüntü .....                                                                                                                                                                      | 31 |
| Şekil 3. 21 | Açılış operatörünün kullanıldığı görüntü ve sonuç görüntü .....                                                                                                                                                                                                        | 32 |
| Şekil 3. 22 | Kapanış operatörünün kullanıldığı görüntü ve sonuç görüntü .....                                                                                                                                                                                                       | 33 |
| Şekil 3. 23 | Diğer Matematiksel morfoloji operatörleri [59] .....                                                                                                                                                                                                                   | 34 |
| Şekil 3. 24 | Gri değerli yapıtaşı elemanı Örneği .....                                                                                                                                                                                                                              | 34 |
| Şekil 3. 25 | Kullanılan ikili kodlanmış yapıtaşı elemanı .....                                                                                                                                                                                                                      | 35 |
| Şekil 3. 26 | Orijinal görüntü Genişleme morfolojik operatörü kullanılmış görüntü.....                                                                                                                                                                                               | 35 |
| Şekil 3. 27 | 32x32 Piksellik lokal eşik değer belirleme sonucu .....                                                                                                                                                                                                                | 36 |

|              |                                                                                                                                                                                                                           |    |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3. 28  | Elde edilen görüntülerin toplanması .....                                                                                                                                                                                 | 37 |
| Şekil 3. 29  | a: orijinal görüntü, b: tek piksellik gürültülerin giderildiği görüntü, c: “+” şeklindeki gürültülerin giderildiği görüntü, d: diğer gürültülerin giderildiği görüntü. e: Sonuç görüntü .....                             | 38 |
| Şekil 3. 30  | a: orijinal görüntü, b: morfolojik operatör uygulanmış görüntü, c: lokal eşik değeri belirleme uygulanmış görüntü, d: görüntü işleme ile temizlenmiş görüntü.....                                                         | 38 |
| Şekil 3. 31  | Meme kenarı .....                                                                                                                                                                                                         | 39 |
| Şekil 3. 32: | a: Orijinal görüntü b: Lokal eşik değeri belirleme uygulanmış (64 piksel) görüntü c: Lokal eşik değeri belirleme uygulanmış (32 piksel) görüntü d: Birleştirilmiş görüntü e: Görüntü işleme ile temizlenmiş görüntü ..... | 40 |
| Şekil 3. 33  | Kullanılan ikili kodlanmış yapıtaşı elemanı .....                                                                                                                                                                         | 42 |
| Şekil 3. 34  | a: Orijinal görüntü, b: Lokal eşik değeri belirleme uygulanmış görüntü, c: Morfolojik operatör uygulanmış görüntü (64 piksel) .....                                                                                       | 43 |
| Şekil 3. 35  | a: Piksel dizilimi, b: Sobel X yönündeki filtreleme, c: Sobel X yönündeki filtreleme.....                                                                                                                                 | 44 |
| Şekil 3. 36  | a: Orijinal görüntü, b: Tüm görüntü işleme operatörlerinin uygulandığı görüntü, c: Sobel kenar yakalama operatörü uygulanmış görüntü, d: Birleştirilmiş görüntü .....                                                     | 45 |
| Şekil 3. 37  | Analiz genel akış diyagramı .....                                                                                                                                                                                         | 48 |
| Şekil 3. 38  | Grup numaralarının saklanması için kullanılan RGB kodlaması.....                                                                                                                                                          | 49 |
| Şekil 3. 39  | GrupNO’larının belirlenmesi (ilk numaranın verilmesi) .....                                                                                                                                                               | 50 |
| Şekil 3. 40  | Aynı GrupNO’nun belirlenmesi .....                                                                                                                                                                                        | 51 |
| Şekil 3. 41  | Sıradaki GrupNO’nun belirlenmesi .....                                                                                                                                                                                    | 51 |
| Şekil 3. 42  | GrupNO’larının belirlenmesi sonucu .....                                                                                                                                                                                  | 52 |
| Şekil 3. 43  | Grup Sınırlarının kayıt edilmesi .....                                                                                                                                                                                    | 52 |
| Şekil 3. 44  | Grup içerisinde lokal eşik değeri belirleme işlemi .....                                                                                                                                                                  | 53 |
| Şekil 3. 45  | Alt grupların belirlenmesi .....                                                                                                                                                                                          | 54 |
| Şekil 3. 46  | Alt grupların belirlenmesi (Bulunan MK) .....                                                                                                                                                                             | 55 |
| Şekil 3. 47  | Grup numaralarının saklanması için kullanılan RGB kodlaması.....                                                                                                                                                          | 56 |
| Şekil 3. 48  | MkNO’nun belirlenmesi (Bulunan MK).....                                                                                                                                                                                   | 57 |
| Şekil 3. 49  | MkNO’nun belirlenmesi (Bulunan MK).....                                                                                                                                                                                   | 58 |
| Şekil 3. 50  | Tipine karar verilmiş MK. ....                                                                                                                                                                                            | 60 |
| Şekil 4. 1   | Genel Akış Diyagramı (Algoritma 1) .....                                                                                                                                                                                  | 62 |
| Şekil 4. 2   | Genel Akış Diyagramı (Algoritma 2) .....                                                                                                                                                                                  | 63 |
| Şekil 4. 3   | Genel Akış Diyagramı (Algoritma 1 ve Algoritma 2 Kararı) .....                                                                                                                                                            | 64 |
| Şekil 4. 4   | Uydu görüntülerinden bina yakalamada karşılaşılan sorunlar .....                                                                                                                                                          | 65 |
| Şekil 4. 5   | a: Orijinal uydu görüntüsü, b: Görüntü işleme koşulları uygulanmış sonuç görüntü.....                                                                                                                                     | 66 |
| Şekil 4. 6   | a: Görüntü işleme koşulları uygulanmış sonuç görüntü, b: ve c: Karşılaşılan gürültüler. ....                                                                                                                              | 67 |
| Şekil 4. 7   | Bina kenarlarında oluşan gürültülerin giderilmesi için kullanılan yapıtaşı elemanı.....                                                                                                                                   | 68 |
| Şekil 4. 8   | Bina kenarlarında oluşan gürültülerin giderilmesi.....                                                                                                                                                                    | 68 |
| Şekil 4. 9   | Yapıtaşı elemanının büyüklüğünün yanlış seçilmesi durumunda oluşabilecek sorunlar .....                                                                                                                                   | 69 |

|             |                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4. 10 | Binaların içlerinde yer alan gürültülerin giderilmesi için kullanılan yapıtaş elemanı.....                                                                                                | 70 |
| Şekil 4. 11 | Binaların içlerinde yer alan gürültülerin giderilmesi.....                                                                                                                                | 70 |
| Şekil 4. 12 | Yapıtaş elemanının büyüklüğünün yanlış seçilmesi durumunda oluşabilecek sorunlar .....                                                                                                    | 71 |
| Şekil 4. 13 | 1. Bina köşesinin numaralandırılmasının akış diyagramı .....                                                                                                                              | 73 |
| Şekil 4. 14 | Bina köşelerinin bulunması, a: Dönmüş Bina (Bina kenarları görüntü koordinatları ile paralel olmayan bina), b: Düz Bina (Bina kenarları görüntü koordinatları ile paralel olan bina)..... | 74 |
| Şekil 4. 15 | 3. Bina köşesinin numaralandırılmasının akış diyagramı .....                                                                                                                              | 75 |
| Şekil 4. 16 | Bina köşelerinin bulunması, a: Dönmüş Bina, b: Düz Bina .....                                                                                                                             | 76 |
| Şekil 4. 17 | 2. Bina köşesinin numaralandırılmasının akış diyagramı .....                                                                                                                              | 77 |
| Şekil 4. 18 | Bina köşelerinin bulunması, a: Dönmüş Bina, b: Düz Bina .....                                                                                                                             | 78 |
| Şekil 4. 19 | 4. Bina köşesinin numaralandırılmasının akış diyagramı .....                                                                                                                              | 79 |
| Şekil 4. 20 | Bina köşelerinin bulunması, a: Dönmüş Bina, b: Düz Bina .....                                                                                                                             | 80 |
| Şekil 4. 21 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: İlk dört köşenin tespiti                                                                                                               | 81 |
| Şekil 4. 22 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Bina türüne karar verilmesi .....                                                                                                      | 82 |
| Şekil 4. 23 | Köşesi olmayan binaların belirlenmesi: Bina türüne karar verilmesi .....                                                                                                                  | 82 |
| Şekil 4. 24 | Binanın köşe sayısına karar verme algoritması akış diyagramı.....                                                                                                                         | 83 |
| Şekil 4. 25 | Oluşan üçgenler .....                                                                                                                                                                     | 84 |
| Şekil 4. 26 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: İç köşelerin bulunması                                                                                                                 | 85 |
| Şekil 4. 27 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: İç köşelerin bulunması                                                                                                                 | 86 |
| Şekil 4. 28 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Dış köşelerin bulunması .....                                                                                                          | 87 |
| Şekil 4. 29 | Köşe numaralarının saklanması için kullanılan RGB kodlaması .....                                                                                                                         | 87 |
| Şekil 4. 30 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların köşelerinin numaralandırılması .....                                                                                                                 | 88 |
| Şekil 4. 31 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: köşelerin numaralandırması .....                                                                                                       | 89 |
| Şekil 4. 32 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Köşelerin numaralandırması .....                                                                                                       | 90 |
| Şekil 4. 33 | Bina köşelerinin birleştirilme sırası .....                                                                                                                                               | 91 |
| Şekil 4. 34 | Bina köşelerinin bulunması ve kenarların çizilmesi .....                                                                                                                                  | 91 |
| Şekil 4. 35 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Köşelerin sıralanması ..                                                                                                               | 91 |
| Şekil 4. 36 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Sonuç görüntü .....                                                                                                                    | 92 |
| Şekil 4. 37 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Ana köşe ve ara köşe ilişkisi .....                                                                                                    | 93 |
| Şekil 4. 38 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Sonuç görüntü .....                                                                                                                    | 93 |
| Şekil 4. 39 | Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Sonuç görüntü .....                                                                                                                    | 94 |
| Şekil 4. 40 | Yumuşak çizgilere sahip binaların belirlenmesi .....                                                                                                                                      | 94 |
| Şekil 4. 41 | Bina yakalamada gölgenin kullanımı akış diyagramı.....                                                                                                                                    | 96 |
| Şekil 4. 42 | Bina gölgesi belirlemede eşik değerin yanlış belirlenmesi .....                                                                                                                           | 97 |
| Şekil 4. 43 | Bina gölgelerinin eşik değeri belirleme ile ayırt edilmesi, a: Orijinal görüntü, b: Esik değeri kullanılarak elde edilen bina gölgeleri.....                                              | 98 |
| Şekil 4. 44 | a: Orijinal Görüntü, b: 1x1 Median filtresi geçirilmiş görüntü, c: 6x6 Median filtresi geçirilmiş görüntü .....                                                                           | 99 |

|             |                                                                                                             |     |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4. 45 | a: Eşik değeri belirleme ile ayırt edilmiş bina gölgeleri b: median filtresi geçirilmiş görüntü .....       | 99  |
| Şekil 4. 46 | Bina gölgesini çevreleyen sanal dörtgen.....                                                                | 100 |
| Şekil 4. 47 | Farklı numara almış aynı iki binanın tek bina haline getirilmesi.....                                       | 101 |
| Şekil 4. 48 | Görüntü üzerinde boyutu büyük olan objelerin silinmesi .....                                                | 102 |
| Şekil 4. 49 | Sanal dikdörtgenin aynı kenarına temas eden birden fazla piksel .....                                       | 103 |
| Şekil 4. 50 | Sanal dikdörtgen kenarlarına temas eden ve birbirine yakın olan piksellerin belirlenmesi ve silinmesi ..... | 104 |
| Şekil 4. 51 | Gölge olmayan obje .....                                                                                    | 105 |
| Şekil 4. 52 | Sanal Dörtgenler .....                                                                                      | 105 |
| Şekil 4. 53 | Binanın üç köşesi.....                                                                                      | 106 |
| Şekil 4. 54 | Binanın dördüncü köşesinin belirlenmesi akış diyagramı.....                                                 | 107 |
| Şekil 4. 55 | Bina gölgesinden binanın tamamının oluşturulması .....                                                      | 109 |
| Şekil 4. 56 | Bulunan binaların birleştirilmesi .....                                                                     | 110 |
| Şekil 5. 1  | Biyolojik bir beyin sinir hücresi ve bileşenleri [71] .....                                                 | 115 |
| Şekil 5. 2  | Beyin sinir hücresi modeli .....                                                                            | 115 |
| Şekil 5. 3  | YSA Sinir hücresi modeli.....                                                                               | 116 |
| Şekil 5. 4  | Doğrusal aktivasyon fonksiyonu .....                                                                        | 118 |
| Şekil 5. 5  | Adım aktivasyon fonksiyonu .....                                                                            | 118 |
| Şekil 5. 6  | Sigmoid aktivasyon fonksiyonu.....                                                                          | 119 |
| Şekil 5. 7  | Tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu .....                                                              | 119 |
| Şekil 5. 8  | Tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı .....                                                          | 120 |
| Şekil 5. 9  | Çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı .....                                                          | 121 |
| Şekil 5. 10 | Geri beslemeli yapay sinir ağı .....                                                                        | 122 |
| Şekil 5. 11 | Danışmanlı öğrenme .....                                                                                    | 123 |
| Şekil 5. 12 | Takviyeli öğrenme .....                                                                                     | 124 |
| Şekil 5. 13 | Giriş katmanı için kullanılan veriler.....                                                                  | 125 |
| Şekil 5. 14 | Giriş katmanı için kullanılan veriler.....                                                                  | 126 |
| Şekil 5. 15 | Bina gölgesi .....                                                                                          | 128 |
| Şekil 5. 16 | Yapay sinir ağlarının bina yakalamaya etkisi.....                                                           | 129 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

---

|                                                                                                               | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2. 1 Kullanılan görüntülerin çözünürlük bilgileri .....                                               | 12    |
| Çizelge 6. 1 Görüntü türüne göre MK tipi çıkarım istatistiği (algoritma koşullarına uyan) .....               | 134   |
| Çizelge 6. 2 Mamografi çözünürlüğü ve mamografide bulunan MK sayısına göre MK çıkarım süresi istatistiği..... | 136   |
| Çizelge 6. 3 Görüntü türüne bina yakalanma oranları .....                                                     | 138   |
| Çizelge 6. 4 Binalar için ortalama piksel hatası (kayıp/kenar uzunluğu) .....                                 | 138   |
| Çizelge 6. 5 Görüntü türüne göre işlem süreleri.....                                                          | 140   |
| Çizelge 6. 6 Boyutu büyük binaların silinmesi formül istatistikleri .....                                     | 141   |

## UYDU GÖRÜNTÜLERİ VE TIBBİ GÖRÜNTÜLERDEN BENZER GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİYLE BİLGİ ÇIKARIMI

Uğur ACAR

Harita Mühendisliği Anabilim dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Bülent BAYRAM

Sunulan tez çalışması, çalışma alanı olarak birbirinden tamamen farklı olan “Mamografi görüntülerinden MK (Mikro Kalsifikasyon) Çıkarımı” ve “Uydu görüntülerinden binaların otomatik olarak yakalanması” konularında ortak algoritmaların ne denli başarılı olabileceğini araştırmıştır. Yapılan çalışmada, bu iki farklı disiplinde bile sorunların görüntü işleme ortak konu başlığı altında, benzer algoritmalar ile çözülebileceği tespit edilmiştir.

Mamografi görüntülerinden MK (Mikro Kalsifikasyon) Çıkarımı çalışması ile dünya sağlık örgütünün verilerine göre dünyada bir milyondan fazla olan meme kanseri hastalarının erken teshinde radyoloji uzmanlarına yardım öngörülmüştür. Sunulan tez çalışmasında, amaç CAD sistemlerinin mamografi görüntüsü üzerindeki temel çalışma konusu olan mikro kalsifikasyonların tam otomatik olarak özgün algoritmalar ile belirlenmesi ve türünün iyi huylu ve kötü huylu olarak ayırt edilmesidir. Bu sayede radyoloji uzmanlarının doğru teşhis yapmalarına katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Uydu görüntülerinden binaların otomatik olarak yakalanması çalışmasının amacı, tam otomatik bir süreç ile hızlı olarak doğru sonuçlar üretebilen bir algoritma ve yazılım üretmektir. Böylelikle, çok hızlı müdahale gerektiren afet durumlarında müdahalenin daha hızlı ve doğru yapılabilmesi amacıyla veri üretilmesinde, metropollerdeki kaçak yapılaşmanın tespit edilmesinde ve kent modellerinin oluşturulmasında ve güncellenmesinde büyük iş gücü, zaman kazanımı ve maliyet düşüşü sağlanacaktır.

Sunulan tez çalışmasındaki sorunları çözme amacıyla oluşturulmuş temel algoritmalar, matematik morfolojik operatörlerinin kullanılması, RGB renk düzeni içinde veri tabanı bilgisinin saklanması, gürültü giderme algoritmaları, gibi ortak, otomatik algoritmaları içermektedir. Aynı zamanda, lokal eşik değeri belirleme yöntemi, MK'ların gruplandırılmasına yönelik algoritmalar, MK'ların iyi huylu veya kötü huylu olarak sınıflandırılmasını sağlayan algoritmalar, bina bölgelerinden binaların oluşturulması, dört köşeli, dörtten fazla köşeli binaların köşelerinin bulunması ve sıralandırılmasının yapılması konusundaki algoritmalar çalışma konuları için ayrı ayrı geliştirilen tam otomatik algoritmalar sunulan tez çalışmasında geliştirilmiştir.

Her iki konu başlığı için oluşturulan algoritma Microsoft Visual C# Express Edition ile programlanarak yazılım oluşturulmuştur. Algoritma ve yazılım da, amaç olarak yola çıktığı sorunların çözülmesinde, insan, bilgisayar ve konumdan bağımsız, tam otomatik olarak çalışmaktadır. İki çalışmanın da ortalama doğru tespit oranı %85 düzeyindedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mamografi, mikro kalsifikasyon, binaların otomatik yakalanması, görüntü işleme, matematiksel morfoloji, lokal eşik değeri belirleme, yapay sinir ağları.

**DATA EXTRACTION WITH SIMILAR TECHNIQUES: SATELLITE IMAGES AND  
MEDICAL IMAGES**

Uğur ACAR

Department of Geomatic Engineering

PHd. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Bülent BAYRAM

This thesis study searches how common algorithms shall be successful in terms of “MC (Micro Calcification) Extraction from Mammography images” and “automatic capturing of buildings from satellite images” representing completely different working areas. This study identified that matters regarding above stated two different disciplines could be eliminated by means of similar algorithms under common image processing heading.

In accordance with data of World Health Organization, assistance is provided to the radiology experts during diagnosis of more than one million breast cancer patients in the world through MC (Micro Calcification Extraction study. This thesis study aims to identify micro calcifications representing basic working area regarding mammography image of CAD systems and identification of its type as non-malignant and malignant. By this way, it is aimed to contribute to the accurate diagnosis of radiology experts.

The objective of the study regarding automatic capture of buildings by means of satellite images is to produce an algorithm and software having the capability to create rapid and accurate results with full-automatic process. By this way, large scale of workforce, time saving and cost decrease shall be achieved during data production to provide rapid and accurate intervention in case of disasters requiring extremely rapid

intervention, identification of illegal housing at metropolises and creation, as well as updating of urban models.

Basic algorithms covered by the thesis study presented and created to eliminate problems include common, specific and automatic algorithms, such as utilization of mathematical morphologic operators, storage of database information for RGB color scheme, noise suppression algorithms. In addition, local threshold identification method, algorithms regarding classification of MCs, algorithms providing classification of MCs as non-malignant and malignant, creation of buildings at housing regions, identification and ordering of building corners having four or more corners are specially developed for related topics within the thesis study presenting specific and full-automatic algorithms.

Software is created by programming algorithms created for both headings stated above through Microsoft Visual C# Express Edition. Algorithm and the software operate automatically and independent from human, computer and the location during elimination of related matters. Average success level of both studies is approximately 85%.

**Key words:** Mammography, micro calcification, automatic capture of buildings, image processing, mathematical morphology, local threshold identification, artificial neural network.

#### 1.1 Literatür Özeti

##### 1.1.1 Mamografi görüntülerinden MK (Mikro Kalsifikasyon) Çıkarımı

Mamografi ile meme görüntülenmesi ile ilgili ilk çalışmalar Amerika Birleşik Devletlerinde 1960'larda başlamıştır [1]. Buna bağlı olarak, Meme görüntülerinden (mamografi) MK çıkarımı ile ilgili olarak ilk çalışmalar ise, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak 1980'lerde başlamıştır. Yapılan bu çalışmalar teşhisten çok radyoloji hekiminin dikkatini çekmek için mamografi görüntüleri üzerindeki belirli alanları işaretlemek şeklindedir. MK'lerin mamografi görüntüleri üzerinden otomatik çıkarılması ile ilgili ilk çalışmalardan birisi çok aşamalı bir algoritma ile Cairns vd. tarafından geliştirilmiştir [2]. Bu algoritma, kenar yakalama ve kontrastlı renk oluşturarak sonuca gitmektedir. Ancak memede MK olabilecek piksellerin tespitini yaparken komşu piksellerden yararlanması, özellikle yoğunluğu fazla olan meme dokusunda yer alan MK'lerin çıkarılmasında sorun yaşanmasına yol açmıştır. Daha sonra, Nishikawa vd. tarafından, kümelenmiş mikro kalsifikasyonların otomatik olarak belirlenebilmesi için bilgisayar destekli bir yöntem önerilmiştir [3]. Nishikawa'nın çalışması üç aşamadan oluşmaktadır. Birincisi, görüntü arka planının görüntüden çıkartılması, ikinci aşama, eşik değeri belirleyerek görüntüden lezyonların ayırt edilmesi ve üçüncü aşama da, matematiksel morfolojik operatörler ile tekrar eşik değeri belirlenmesi şeklindedir. Ancak Nishikawa'nın çalışması da her analog görüntü kullanan çalışmada olduğu gibi yüksek yoğunluğa sahip memede başarısız olmaktadır [1]. Aynı tarihlerde, Zhao vd. tarafından lokal eşik değeri belirleme yöntemi ile eşik değerler

belirlenmiş ve görüntü ikili görüntüye çevrilerek lezyonlar yakalanmaya çalışılmıştır [4]. Zhao vd.'nin yaptığı bu çalışma mamografi görüntülerinde lokal eşik değer belirlemenin ilk defa kullanıldığı çalışmalardan birisidir. Ancak çalışmaların analog mamografi görüntüleri üzerinde yapılmış olması başarısını etkilemektedir. Dijital mamografi cihazlarının kullanılmaya başlamasından daha iyi görüntüler elde edilmesi ile birlikte sonra birçok bilim adamı çalışmalarını bu yönde yapmaya başlamıştır [5]. Gelişmeler bilgisayar destekli tespit (CAdE)'in de tıp literatürüne girmesini sağlamıştır. Bu amaçla geliştirilmiş olan dijital mamografi, 1992 yılında National Cancer Institute tarafından "meme kanserinin ele alınışında en yüksek potansiyel etkiye sahip gelişen teknoloji" şeklinde tanımlanmıştır [6].

Dijital mamografilerin kullanılması ile Mascio vd. tarafından, ilk defa dijital mamografiler üzerinde, matematiksel morfoloji ve aritmetik işlemenin beraber kullanılması ile özellikle mikro kalsifikasyonların belirlenebilmesi ile ilgili bir çalışma yapılmıştır [7]. Daha sonra, Barman vd. tarafından, bir "low-pass" filtre kullanılarak dijital mamografilerden MK belirleme ve analiz etme yöntemi uygulanmıştır. Barvan vd.'nin çalışması bu konuda devam etmektedir [8].

Tüm radyolojik görüntülerde olduğu gibi mamografilerde de görüntü homojen bir yapıya sahip değildir. Bu yüzden mamografilerden MK'lerin ayırt edilmesine yönelik çalışmalarda, bilgisayar teknolojisinin düz mantık yapısı ile uyuşan Aristo mantığı yerine bulanık mantık tercih edilmeye başlanmıştır. Bulanık mantık, yapay sinir ağları ve destekçi vektör makinası (support vector machines) gibi ileri düzey bilgisayar programlama yöntemleri, mamografilerde teşhisin de ortaya konulduğu bilgisayar destekli tanı (CAdx) sistemlerinin geliştirilmesine sebep olmuştur [9], [10].

Bulanık mantık ile yapılan çalışmalardan en önemlilerinden birisi, Cheng vd. tarafından görüntüdeki bulanıklığın giderilmesi, ilgisiz objelerin kaldırılması ve yeniden yapılandırılması amacıyla geliştirilen, bulanık mantık altyapısına dayalı çalışmadır [11]. Bu çalışma diğer çalışmalara oranla bulanık mantığın da özellikleri sayesinde doğru sonuçlar doğurmuştur. Çalışmada 256x256 büyüklüğe sahip görüntüler 6 sn. de analiz edilebilmektedir. Yüksek yoğunluğa sahip MK'ların çıkarılmasında bile başarılı sonuçlar elde edilen çalışmanın zayıf olan yönü sadece 256\*256 piksellik görüntülerde denenmiş

olmasıdır. Ayrıca yapılan çalışmanın yazarları olan Acar vd. tarafından bulanık mantık ile mamografilerden MK çıkarılması ile ilgili çalışma yapılmıştır [12].

Yapay sinir ağlarının, öğrenebilen ve yorum yapabilen bilgisayarları meydana getirmesi ile birlikte bilgisayar destekli tanı da çalışmalar da yapay sinir ağlarına doğru kaymıştır [13], [14], [15]. Chan vd. yanlış pozitif çıkarımların oranını düşürmek için, evrimsel bir yapay sinir ağı yaklaşımı getirmiştir [16]. Nagel vd. ise Chan vd.'nin yaptığı çalışmayı geliştirerek, lezyon belirleme metodunu kural temelli yapı, yapay sinir ağları ve iki yöntemin birleştirilmesi olarak üç aşamalı bir hale getirmiştir [17]. Nagel vd. bu yöntemin her bir değişik tipteki lezyonu yakalamada çok daha daha yüksek doğruluğa sahip olduğunu söylemiştir. Başarı oranı %83'tür.

Mamografilerden çıkarılan MK'lerin kötü veya iyi huylu olup olmadıkları ile ilgili çalışmalar, Verma ve Zakos tarafından yapılan çalışmalar ile devam etmiştir. Verma ve Zakos mikro kalsifikasyonların çıkarılması ve sınıflandırılması ile ilgili bir bilgisayar destekli tanı (CAD) yöntemi ortaya koyulmuştur. Verma ve Zakos, ondört değişik öznelik çıkartma, yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemini bir arada kullanmıştır [18].

Joseph vd. tarafından, radyoloji uzmanlarına yardım etmek amacı ile lezyonların kötü veya iyi olduğu konusunda karar verebilen bir sınıflandırma yöntemi geliştirilmiştir [19].

Daha sonra Bottigli vd. Masala vd. , Joseph vd. tarafından geliştirilen lezyonları yapısı ile ilgili çalışmalara yapay sinir ağları desteği de katarak sonuçların daha tutarlı olmasını sağlamıştır [20], [21]. Bottigli vd. Masala vd. çalışmaları ile etkileyici sonuçlar elde etmiştir. Teşhis aşamasında, sunulan tez çalışmasından farklı olarak MK'ları grup olarak incelemek yerine tek tek inceleyerek sonuca ulaşmıştır.

Ayrıca, birçok bilim adamı, mamografilerden MK çıkarılması ile ilgili olarak, değişik yöntemler kullanmıştır. Bu yöntemlere, McGarry ve Deriche tarafında denenilen, mamografinin anatomik yapısı ve Markov rastgele alan (Markov random field) kullanarak hibrit bir yöntem uygulaması yapmıştır [22]. Issam El-Naqa vd. tarafından denenilen destekçi vektör makinası (SVM) tekniğini mikro kalsifikasyon çıkarılması örnek olarak gösterilebilir [23].

Sunulan tez çalışmasında meme görüntülerinden (mamografi) MK çıkarılması ve teşhisi ile ilgili tam otomatik olarak çalışan algoritma ve yazılım anlatılmıştır. Yapılan çalışma ile mamografi görüntülerindeki MK'lar iyi huylu ve kötü huylu olarak birbirinden tam otomatik olarak ayırt edilebilmektedir. Algoritmanın, hasta ve mamografi cihazı bağımsız olarak çalışabilmesi için, veri setleri, birbirinden farklı meme yoğunluğa sahip hastaların mamografilerinden oluşturulmuştur. Yapılan çalışmaların birçoğundan farklı olarak, sunulan tez çalışması, tam otomatik işlem süreci ve lokal eşik değer belirleme yöntemi, kullanılan matematiksel morfolojik operatörler, MK'ların iyi ya da kötü huylu olduğunu tespit eden algoritma sayesinde, her tip meme yoğunluğuna sahip hasta için çekilen mamografilerde başarılı sonuçlar elde etmiştir. Aynı zamanda veri setleri tercih edilirken iki farklı çözünürlüğe sahip dijital mamografi cihazları tercih edilmiştir. Bu iki tip veri setinde de yazılım tam otomatik olarak MK'lerin çıkarılması konusunda başarılı sonuçlar doğurmuştur. Algoritmanın çözünürlükten bağımsız olarak çalışması özgün noktalarından bir tanesidir. Ayrıca sunulan tez çalışmasında geliştirilen algoritma mevcut sistemler ile karşılaştırıldığı zaman yüksek çözünürlüğe sahip mamografilerde bile, 8 kata kadar daha hızlı analiz yapmaktadır [24].

### **1.1.2 Uydu Görüntülerinden Binaların Otomatik Olarak Yakalanması**

Uydu görüntülerinden binaların yakalanması ile ilgili ilk çalışmalar 1989 yılında Mohan ve Nevatia tarafından, binaların tanımlanması ve yakalanması olarak literatüre geçmiştir [25]. Bu çalışma, ilk aşamada doğrusal objelerin yakalanması, sonra doğrusal objelerden "U" şeklindeki oluşumlarının belirlenmesi ve iki "U" şeklindeki oluşumdan dikdörtgen elde etme şeklinde olmuştur. Ayrıca bu çalışma, stereo görüntü çiftlerini kullanarak sonuca gitmesi bakımından, sunulan tez çalışmasından farklıdır. Çalışma o tarih için iyi sonuçlar doğurmuş olsa bile günümüz teknolojisi için düşük doğruluğa sahip çalışmalardır. Bu konudaki son dönem çalışmalardan bir tanesini yapmış olan Katartzis vd. Sahli, Mohan ve Nevatia gibi stereo modelleri kullanmasa da sentetik stereo model oluşturarak, yükseklik farklarından görüntü yorumlamaya dayalı başka bir yöntem önermiştir. Stereo model sayesinde çatıların yüksekliklerini elde etmiş bu yöntem ile çatıları görüntüden daha kolay ayırt edebilmişlerdir [26]. Sunulan tez çalışması, uydu görüntülerinden bina yakalarken melez bir yöntem kullanmaktadır.

Geliştirilen algoritma, matematiksel morfoloji, eşik değer belirleme yöntemleri ile bina gölgelerinden elde edilen sonuçların birleştirilmesi ile sonuca ulaşmaktadır. Bina gölgeleri McKeown tarafından, bina gölgelerinin dik konumlarını kullanarak binaları belirlemede kullanılmıştır [27]. Lin ve Nevatia ise, binalar ile bina gölgeleri arasındaki ilişkiye dayanan bir yöntem önermiştir [28]. Her iki çalışmada da, geliştirilen yöntemler, sadece belirli şekillerdeki binaların ayırt edilmesinde doğru sonuçlar doğurabilmiştir. Uydu görüntülerinden bina belirleme için, Zheltov vd. Burns vd. tarafından önerilen çizgi belirleme yöntemini kullanarak çözüm aranmıştır [29]. Bu yöntem tüm görüntü içerisinden elde edilen çizgilerden belirli bir uzunluğa sahip olanların ayıklanarak binayı oluşturması prensibine dayanmaktadır. Ancak, Lin ve Nevatia'nın çalışmasında olduğu gibi, ancak belirli geometrik şekillere sahip binalarda doğru sonuçlar elde edebilmektedir. Ayrıca daha doğru sonuçlar elde edebilmek için, binaların sınırlarının, ağaç, gölge vb. başka objeler tarafından kesilmemesi gerekmektedir. Lee vd. IKONOS görüntülerinin multi-spectral görüntü sınıflandırma sonuçlarını kullanarak yarı otomatik bir bina belirleme yöntemi yaklaşımı önermiştir [30]. Baatz ve Schape, obje temelli sınıflandırma kullanarak sonuç bulmaya çalışmıştır [31]. Bu yöntemler başarılı olsa da, önce sınıflandırma yapılması yüzünden yarı otomatik bir sistemlerdir. Karantzas ve Paragios, uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının arasındaki çözünürlük farkından etkilenmeyen, çözünürlük algılamaya dayalı bir görüntü gezinme penceresini tanıtmıştır [32]. Bu yöntem aynı zamanda küçük bir kütüphane ile olabilecek bina türlerini tanımlayarak bu türler ile görüntüleri karşılaştırmıştır. Bu yaklaşım yapay sinir ağları benzeri bir yaklaşımdır. Ancak çok küçük kütüphanesi ve öğrenme yeteneğinin olmaması değişik bina formlarının olduğu yerlerde sorunlar yaşamasına yol açmıştır. Yine de sonraki çalışmalara yol göstermiştir. Ayrıca Karantzas ve Paragios'un çalışmasında olduğu gibi sunulan çalışma tamamen otomatik olarak çözünürlükten bağımsız olarak çalışmaktadır. Maytsuyama ve Hwang ise binaların yollar, ağaçlar ve diğer objeler ile ilişkilerini inceleyerek sonuca ulaşmaya çalışmıştır [33].

Çalışmalar devam ederken lidarların kullanılmaya başlanması ile bina belirleme ile ilgili lidar verilerinden yararlanılmaya başlanmıştır. Bu konu ile ilgili olarak, Demir ve Baltsavias, Rottensteiner vd. Sohn vd. çeşitli çalışmalarda bulunmuştur [34], [35], [36].

Ancak lidar verileri yüksek maliyetleri ve işleme zorluğu, sunulan tez çalışmasının çok daha avantajlı olmasına yol açmıştır.

Sunulan tez çalışmasında, uydu görüntülerinden binaların tam otomatik yakalanması ile ilgili algoritma ve yazılım anlatılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar yükseklik bilgisini kullanarak bina yakalamaya odaklandığı için stereo görüntüleri kullanmaktadır. Ancak sunulan tez çalışması düşük maliyetler ile elde edilmiş görüntülerde bile başarılı olması amacıyla, tek görüntü ile çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Aynı zamanda sunulan tez çalışmasındaki melez bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritma uyarınca bina gölgeleri ve bina dokuları paralel olarak araştırılmakta ve sonuçlar bütünleştirilmektedir. Algoritma, ilk aşamada görüntüdeki binaların çatılarındaki istenmeyen objeleri (ağaç, tabela, vb.) elimine ederek homojen veri grupları oluşturmaktadır. Ardından, gerek gölge bilgisi gerekse bina dokusunda yararlanılarak bina sınırları sunulan tezde geliştirilen görüntü işleme algoritmaları ile bütünleştirmekte ve yine sunulan tezde geliştirilen vektörizasyon algoritmaları ile grafik sonuç ürün elde edilmektedir. Kullanılan geniş veri setine sahip kütüphane ve öğrenebilen bir yapay sinir ağı sayesinde dünyanın her bölgesi için doğru sonuçlar doğurabilecek bir algoritma oluşturulmuştur.

## **1.2 Tezin Amacı**

### **1.2.1 Meme görüntülerinden MK Çıkarılması**

Meme kanseri dünyada kanser yüzünden gerçekleşen kadın ölümlerinde en çok karşılaşılan nedenlerden birisidir [37]. Dünya sağlık örgütünün araştırmalarına göre, dünya genelinde, her yıl bir milyondan fazla kadın meme kanserine yakalanmaktadır [38]. Bazı kalıtsal ve etnik faktörler, üreme öyküleri, yüksek kalorili diyetler, fiziksel aktivitenin çok az olması ve buna benzer nedenler, meme kanserinin yaygın etkenleri olarak kabul edilmiştir [39].

Mamografi ile görüntüleme, meme kanserinin yol açtığı kötü sonuçları, yayılan, elle hissedilemeyen, tümörleri, %20 - %30 oranında düşürebilmektedir [40]. Mamografi meme kanseri teşhisi için bilinen en iyi yöntemdir [41]. Ancak, yapılan çalışmalar halen

mamogram üzerinde algılanan tüm meme kanserlerinin, radyologlar tarafından tespit edilemediğini kanıtlamıştır [42], [43].

Meme kanserinde kullanılan radyometrik bulguların karmaşık yapısı, değişken insan kara verme kriterleri, görüntüdeki diğer objelerin karışıklığa yol açması, basit dikkatsizlik radyolojik hatalara neden olmaktadır. Görüntü işleme ve görüntü tanıma teknikleri ile çalışan Bilgisayar destekli algoritmalar muhtemel lezyonların yeri ve türü hakkında bilgi veren böylelikle radyoloji uzmanını bu önemli noktalara bakma konusunda uyararak verimliliği artırır. Ayrıca, bilgisayar destekli teşhis sistemleri, radyoloji uzmanları için bir “ön okuyucu” gibi davranarak filme ikinci bir açı ile bakılmasını sağlar [44].

Bilgisayar destekli bulma (Computer Aided Detection) sistemleri, mamografinin görüntülenmesindeki hassasiyeti arttırmak için kullanılan bir yöntemdir [45]. Bilgisayar destekli bulma (CAD) sistemleri, kitlelerin bulunmasında [46], [47], sınıflandırılmasında ve kümelenmiş mikro kalsifikasyonların çıkarılmasında, son birkaç yılda, önemli ölçüde gelişme sağlamıştır [48], [49].

Mamografide parlak noktalar olarak görülen kalsiyum birikmesine kalsifikasyon denilir. Dağılım yapılarına ve büyüklüklerine göre iyi huylu ve kötü huylu olarak sınıflandırılırlar. Mamogramlarda mikro kalsifikasyonun olması, kanserin var olduğunun en önemli göstergelerinden birisidir [50]. Yapılan çalışmaların birçoğu bu küçük anormallikleri, özellikle de mikro kalsifikasyonları çıkarmak üzerine odaklanmıştır [51].

Yapılan çalışmada, amaç CAD sistemlerinin mamografi görüntüsü üzerindeki temel çalışma konusu olan lezyonların özellikle mikro kalsifikasyonların çıkarılmasıdır. Yapılan çalışma ile dünya sağlık örgütünün verilerine göre bir milyondan fazla olan meme kanseri hastalarının erken teshinde radyoloji uzmanlarına yardım öngörülmüştür. Bu sayede radyoloji uzmanlarının doğru teşhis yapmalarına katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

### **1.2.2 Uydu Görüntülerinden Binaların Otomatik Olarak Yakalanması**

Günümüzde, şehirleşmiş alanlardaki insan eli ile yapılmış bina, yol gibi objelerin otomatik yakalanması fotogrametri ve bilgisayarla görmenin en önemli konuları

arasındadır. Bu konudaki çalışmalar 1980'lerin sonunda başlamış ve birçok görüntü tipi için uygulanmıştır [52]. Lazer tarama teknolojisinin gelişmesi ile birlikte insan eli ile yapılmış yol ve binaların tespitinde yapılan çalışmalar bu yönde de ilerlemeye devam etmiştir.

Yapılan çalışmanın amacı, uydu görüntülerinden binaların otomatik olarak yakalanması ve dijital hale getirilmesidir. Yarı otomatik ve otomatik çözümler, veri güncelliğinin çok önemli olduğu günümüzde, veri işleme için çok büyük bir hız artışı sağlamaktadır [53]. Dolayısı ile geliştirilen algoritma ile veri güncelleştirmenin çok önemli olduğu şehir modelleri ve rehberlerinin güncellenmesinde büyük kolaylıklar sağlanacaktır. Ayrıca bu verilerin güncelleştirme işlemi insan bağımsız olarak yapılacağı için, çok daha düşük maliyetler ile gerçekleştirilebilecektir.

Kurumlar, özellikle büyük şehirlerde çok sık görülen kaçak yapılaşma ile savaşmak için uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanmaktadırlar. Bina takip işlemleri etkileşimli olarak elle yapıldığı için özellikle büyük kentlerde bu işlem çok büyük zaman almaktadır. Oysa geliştirilen algoritma sayesinde, bu süre dramatik bir şekilde kısaltmakta çok kısa zaman aralıklarına ilişkin uydu görüntülerinin tam otomatik işlenerek zamansal değişim analizlerinin yapılması olanaklı hale gelmektedir.

### **1.3 Orijinal Katkı**

#### **1.3.1 Meme görüntülerinden MK Çıkarılması**

Yapılan çalışmanın amacı doğrultusunda, özellikle yoğun meme dokusu olan hastalardaki MK'lerin çıkarılması amacıyla, çalışmada yerel eşik değer belirleme yöntemi geliştirilmiştir. MK'lar iyi huylu veya kötü huylu olup olmadığının belirlenmesi amacıyla gruplandırılmış ve analiz edilmiştir. MK'lerin doğru olarak gruplandırılması amacıyla matematiksel morfolojik operatörler, grup sınırlarının belirlenmesi amacıyla da kenar yakalama görüntü işleme algoritmaları kullanılmıştır. Elde edilen grupların içinde kalan MK'lerin büyüklüklerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmaya özgü olan "Mikro kalsifikasyon türünü belirleme" algoritmaları kullanılmıştır. Sunulan tez çalışmasının bazı bölümlerinde, her ne kadar bilinen algoritmalar kullanılmış olsa da, bunların kullanım sıralaması sonucu tezdeki diğer bir özgün aşamayı oluşturur.

Her ne kadar MK ya da tümörlerin yerlerinin belirlenmesi önemli ise de bu durum lezyonun türü hakkında radyolog hekimlere bilgi sunmamaktadır. Oysa sunulan tezde geliştirilen algoritma ile sadece MK'ların lokalizasyonu değil, türleri de ( iyi huylu kötü huylu ) otomatik olarak belirlenmektedir.

Günümüzde kullanılan tüm ticari mamografi cihazları kullanıcılara sadece kendi cihazlarındaki görüntüleri işleyebilen çoğunlukla yarı otomatik yazılımlar sunmaktadır. Çalışmada iki farklı dijital mamografi görüntüsü kullanılmış ve sonuçta geliştirilen algoritmanın cihazların teknik özelliklerinden bağımsız olduğu ortaya çıkmıştır. Bu da çalışanın diğer önemli katkılarından birisidir.

Sonuç olarak Sunulan tez çalışmasında radyolog hekimlerin teşhislerine katkıda bulunabilecek tam otomatik bir CAD sistem geliştirilmiştir.

### **1.3.2 Uydu Görüntülerinden Binaların Otomatik Olarak Yakalanması**

Sunulan tez çalışmasında, yüksek çözünürlüklü optik uydu görüntülerinden tam otomatik bina yakalamayı amaçlayan bir yöntem geliştirilmiştir.

Geliştirilen algoritmanın en önemli özelliği melez (hibrit) yöntem olmasıdır. Geliştirilen algoritmada binaların morfolojik özellikleri kullanılarak ve gölge bilgisinden yararlanılarak elde edilen farklı iki bilgi bütünleştirilmiştir. Buna ek olarak yine çalışmada geliştirilen vektör yapma algoritması ile binalara ilişkin vektör veri tam otomatik olarak kapalı poligon formatındaki veri elde edilebilmektedir. Sunulan tez çalışmasında geliştirilen yapay sinir ağları sistemi İstanbul'a ait veri seti ile eğitilmiştir. Sisteme eklenen eğitim modülü sayesinde sistem bağımsız hale gelmiştir. Dolayısı ile dünyadaki bütün yapı tipleri için çözüm üretebilecek esnekliğe sahiptir.

Oluşturulan algoritma ve yazılım, insan, bilgisayar ve konum bağımsız ve tam otomatik çalışmaktadır.

Geliştirilen algoritma özgünlüğünün yanı sıra hızı da kullanılabilirliği konusunda tatmin edici fikir vermektedir. Algoritma, test edilen görüntülerdeki yaklaşık 1000 adet binayı 1 dk. içerisinde yakalayabilmektedir.

## BÖLÜM 2

### YÖNTEM ve MATERYAL

Sunulan tez çalışmasının Uydu görüntülerinden binaların otomatik olarak yakalanması iki farklı konu içeriği de Microsoft Visual C# Express Edition ile programlanarak oluşturulmuştur. İki çalışma için toplam 4734 satırlık programlama yapılmıştır.

#### 2.1 Mamografi Görüntülerinden MK (Micro Kalsifikasyon) Çıkarılması

Dünyada tıbbi görüntüler için kullanılan görüntüleme standartının ismi DICOM'dur. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) kelimelerinin kısaltmasından oluşur ve içeriğinde sadece görüntülenen bölge ile ilgili renk kodlaması değil aynı zamanda hastanın bilgilerini ve raporları ihtiva eder. Kullanılan görüntüleme cihazına göre farklılık gösterse bile genellikle yüksek radyometrik çözünürlüğe sahip görüntü bilgilerini barındırır [53].

Sunulan tez çalışmasında kullanılan Bitmap (BMP) görüntü standardı, herhangi bir sıkıştırma yapmadan resmin özelliklerini tutan, Microsoft firmasına ait bir resim dosyası biçimidir. Sıkıştırma yapmadığı için PNG, JPEG gibi dosya biçimlerine göre çok daha fazla yer kaplar ancak görüntü kaybı sıfırdır.

Yapılan çalışmada, iki farklı mamografi cihazından elde edilen mamografi görüntüleri dicomdan bitmape dönüştürülerek kullanılmıştır. Bilgisayar programlamada kullanılan yazılımlar Microsoft tarafından geliştirilmiş görüntü formatları ile daha verimli çalıştığı için bu yönetime başvurulmuştur. Kullanılan mamografi görüntüleri Letonya'da Stradina Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Bölümüne ait GE Senographe Essential (Bundan

sonra MAM1 olarak kullanılacaktır) ve Türkiye’de Maltepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim dalında bulunan Siemens Mammomat 1000 (Bundan sonra MAM2 olarak kullanılacaktır) ile çekilmiştir. Bu iki cihazdan GE 2394x3062 geometrik çözünürlükte ve 14 bitlik radyometrik çözünürlükte görüntü üretirken, Siemens 1356x834 geometrik çözünürlükte ve 12 bitlik radyometrik çözünürlükte görüntü üretmektedir.

## **2.2 Uydu Görüntülerinden Bina Yakalama**

Yapılan çalışma için 4 farklı uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bu uydu görüntüleri;

- Google earthden ekran görüntüsünün alınması ile elde edilen görüntüler,
- Hava fotoğrafları,
- IKONOS uydu görüntüsü,
- QUICKBIRD uydu görüntüsüdür.

Google earthden elde edilen uydu görüntülerinin tercih edilme sebebi, herkesin ulaşabileceği ve internet ortamına yerleştirilebilmek için sıkıştırılmış, görüntü doğrultma, histogram eşitleme, parlaklık artırma ve radyometrik çözünürlük düşürme gibi işlemlerden geçmiş uydu görüntülerinde de yapılan çalışmanın başarısını ölçebilmektir. Google earthden elde edilen görüntülerde Türkiye’nin (İstanbul, İzmir, Ankara, Trabzon, Diyarbakır, Erzurum, Antalya)ve Avrupa’nın (Paris, Berlin, Roma, Madrid) değişik şehirlerinden elde edilen görüntüler tercih edilmiştir. Böylelikle değişik iklimi ve coğrafi koşullardan elde edilen görüntüler için yapılan çalışma test edilebilmiştir.

Hava fotoğrafı, IKONOS uydu görüntüsü, QUICKBIRD uydu görüntüleri İstanbul’da WGS84 koordinat sistemine göre 41,05 enlem 28,83 boylam ve 40,90 enlem 29,22 boylam arasında kalan yerlerden elde edilmiş görüntüleridir.

Kullanılan görüntülere ait bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

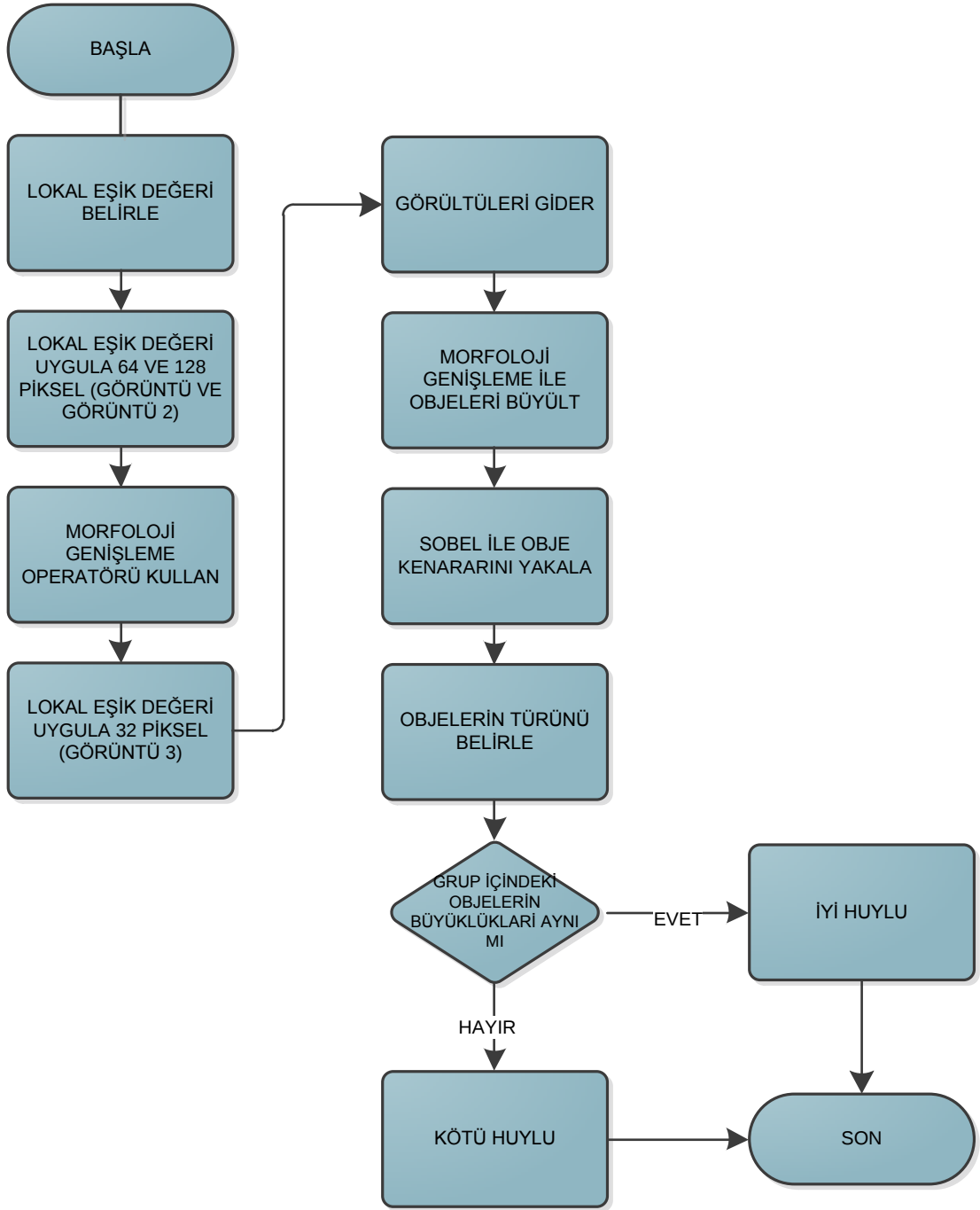
Çizelge 2. 1 Kullanılan görüntülerin çözünürlük bilgileri

| GÖRÜNTÜ TÜRÜ                             | Google<br>Earth Ekran<br>Görüntüsü | Hava Fotoğrafı | İkonos<br>Uydusu | Quickbird<br>Uydusu |
|------------------------------------------|------------------------------------|----------------|------------------|---------------------|
| Geometrik Çözünürlük<br>(Renkli Görüntü) | Ort. 3 m                           | 0,3 m          | 3,2 m            | 2,5 m               |

### **MAMORAFİ GÖRÜNTÜLERİNDEN MK (Mikro Kalsifikasyon) ÇIKARILMASI**

Sunulan tezde mamografi görüntülerinde MK çıkarılması ile ilgili çalışmanın akış diyagramı Şekil 3.1’de verilmiştir. Yapılan çalışmada,

- 1. aşamada, özgün bir algoritma olan, lokal eşik değer belirleme yöntemi 32 ve 64 piksellik filtreler ile uygulanmıştır.
- 2. aşamada aynı görüntüye morfolojik operatörler uygulandıktan sonra tekrar lokal eşik değer belirleme yöntemleri bu defa sadece 32 piksellik pencere ile uygulanmıştır.
- 3. Aşamada iki görüntü birleştirilmiş ve filtrelerden kaynaklanan gürültüler giderilmiştir.
- 4. Aşamada elde edilen görüntüdeki objeler matematiksel morfolojik operatörler ile büyütülmüş, kenar çizgileri tespit edilmiş ve orijinal görüntü ile birleştirilmiştir.
- Son aşamada ise elde edilen kenar çizgileri içerisindeki MK’ların türü hakkındaki analiz yapılmıştır.



Şekil 3. 1 Mamografi görüntülerinden MK (Micro kalsifikasyon) çıkarılması akış diyagramı

### 3.1 Lokal Eşik Değer Belirleme

#### 3.1.1 Klasik Eşik Değer Belirleme

Eşik değer belirleme, görüntü işlemenin en basit yöntemidir. Gri düzeyli bir görüntüden ikili görüntü (iki renkten oluşan) oluşturmak için kullanılan bir yöntemdir [1].

Eşik değeri belirleme işlemini gerçekleştirirken, her bir piksel bir obje gibi değerlendirilir ve gri değerinin belirlenen eşik değerinden büyük olup olmadığı incelenir. Genellikle büyük olması durumunda, 1 yani obje, olmaması durumunda ise 0, yani arka plan olarak değerlendirilir [54] (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3).



Şekil 3. 2 Orijinal görüntü [54]



Şekil 3. 3 Orijinal görüntü

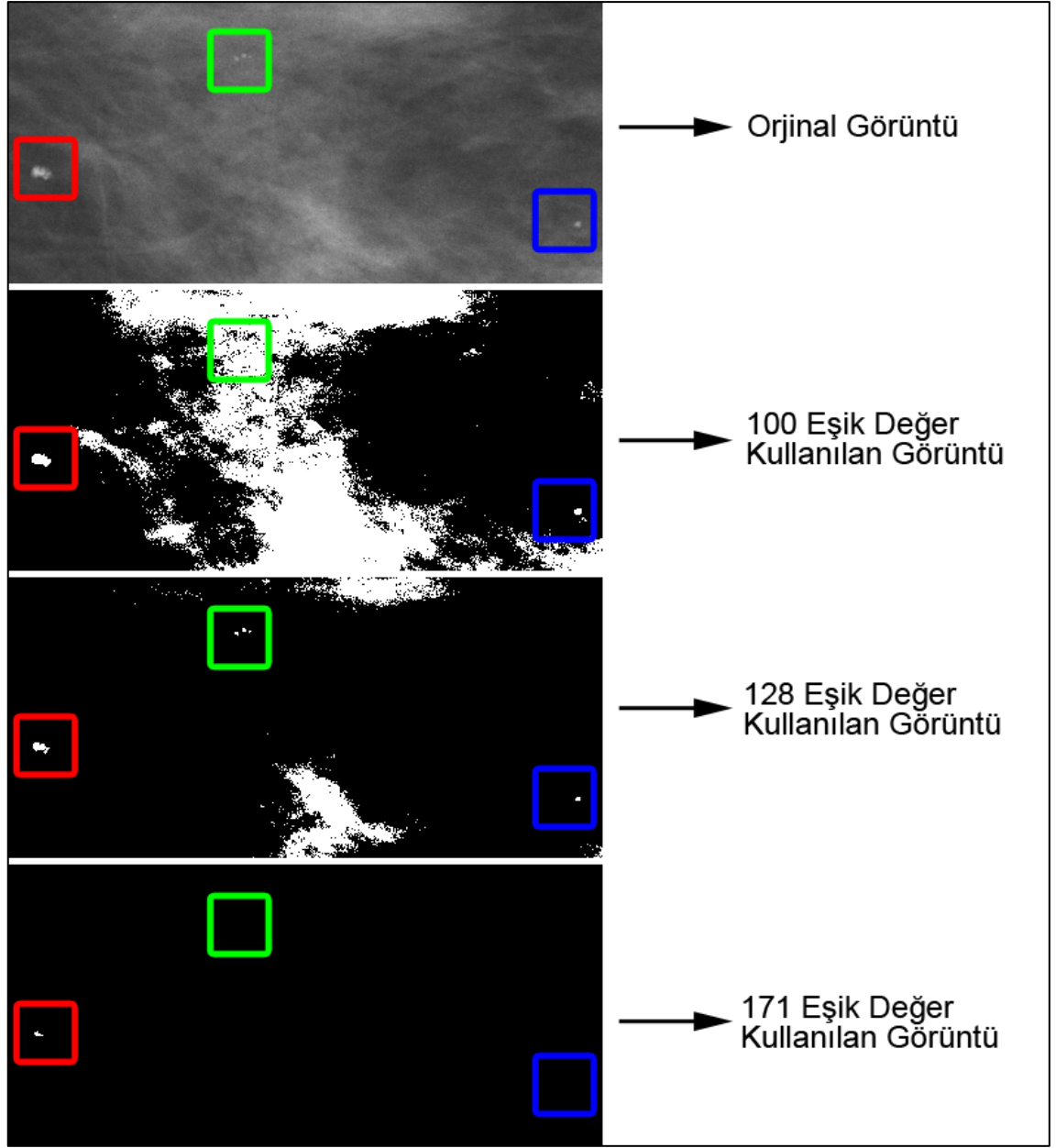
Eşik değeri belirleme işlemindeki en büyük sorunlardan biri, özellikle karmaşık gri düzey yapısına sahip görüntülerde eşik değere karar vermektir [54]. Karmaşık görüntü olarak nitelendirilen görüntüler belirlenen görüntünün her tarafında, aynı gri değere sahip olmayan objelerden ve aynı gri değere sahip olmayan arka plandan oluşan görüntülerdir [54]. Bu tip görüntüler özellikle, tıbbi görüntülerde karşılaşılan görüntülerdir. Yüksek çözünürlüklü mamografiler ve dijital ciğer filmleri bu tip görüntülere örnektir.

Tıbbi görüntülerde normal dokular, arka plan, sorunlu olabilecek dokular ise obje olarak nitelendirilebilir. Ancak tıbbi görüntülerde, görüntüdeki dokunun (meme dokusu) ve sorunlu olabilecek objelerin yoğunluğu da gri düzey ile ifade edilmektedir.

Bu yüzden, daha yoğun bölgelerde (arka plan), obje yakalamak için gerekli olan eşik değeri veya aynı gri düzeye sahip arka planda farklı obje yakalamak için farklı gri düzeyle gerekmektedir.

Çalışmanın bu aşamasından sonra obje MK, arka plan da meme içerisindeki diğer dokular (meme dokusu) olarak adlandırılacaktır.

Şekil 3.4'deki mamografi görüntüsünde farklı gri değeri fonunda yer alan ve farklı gri değere sahip 3 ayrı habis olabilecek doku bulunmaktadır. Bu dokulara 3 farklı eşik değeri uygulanmıştır. İlk görüntüde 100 eşik gri değeri uygulandığı zaman kırmızı ile işaretlenmiş habis olabilecek doku, büyüklüğü değişmeden ayırt edilebilirken, yeşil ile işaretlenmiş habis olabilecek doku, arka plan olması gereken dokular ile karışmış, mavi ile işaretlenmiş sorunlu olabilecek doku ise olması gerekenden daha büyük olarak ayırt edilmiştir. Eşik gri değeri 128 uygulandığı zaman, 3 bölgedeki sorunlu olabilecek dokular da piksel büyüklüklerinde bozulmalar olsa bile arka plandan ayrılmıştır. Ancak görüntünün üst ve alt kısımlarında meme dokusu olması gereken yerler, MK olarak tanımlanmıştır. Eşik değeri arka plan olması gereken yerlerin tamamının arka plan olması amacıyla ayarlandığı zaman, bu değeri 171 e denk gelmektedir, mavi ve yeşil ile işaretlenmiş bölgedeki sorunlu olabilecek dokuların tamamen kaybolduğu, kırmızı ile işaretlenmiş bölgedeki sorunlu olabilecek dokunun ise küçüldüğü görülmektedir.



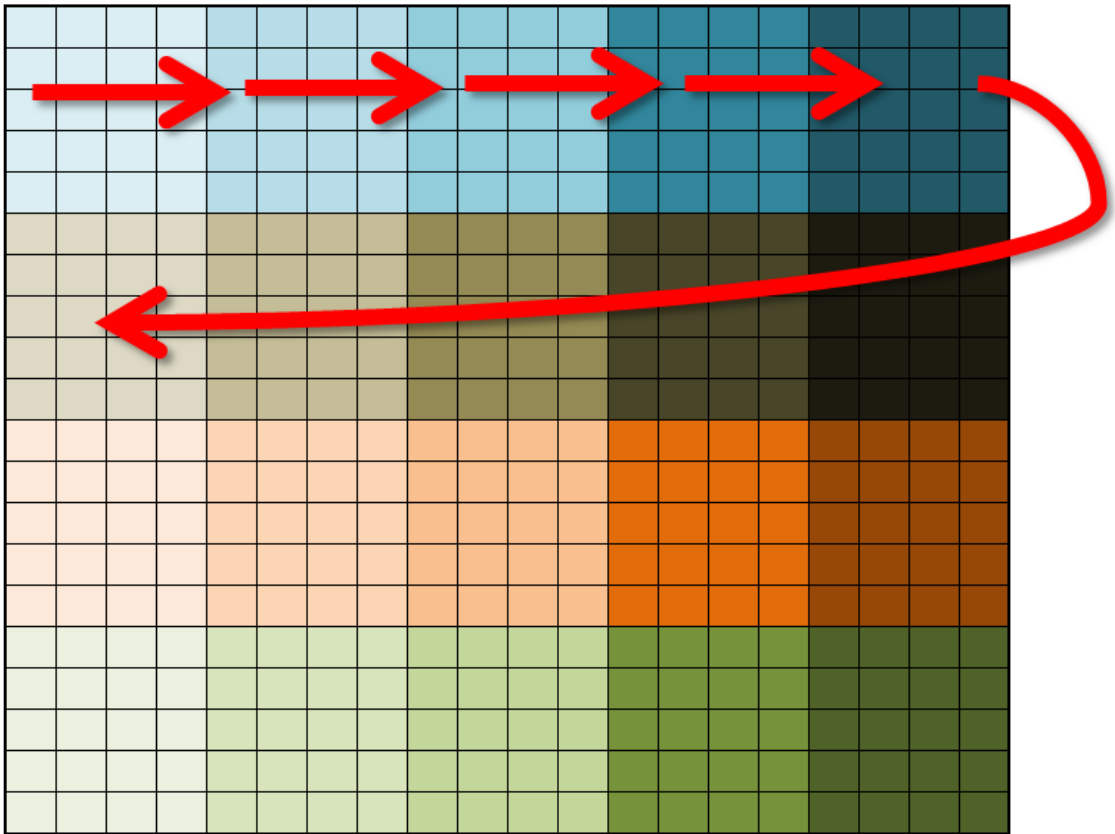
Şekil 3. 4 Mamografi Görüntüsünde Klasik Eşik Değer Belirleme Uygulaması

#### 3.1.1.1 Lokal Eşik Değer Belirleme

Görüntünün değişik bölgelerinde farklı eşik değerler veya farklı eşik değer belirleme yöntemleri kullanılarak eşik değer belirleme işlemi yapılmasına, uyarlanabilir, dinamik veya “lokal” eşik değer belirleme denilir [54]. Eşik değer belirleme işlemindeki en önemli sorun eşik değerın amaca en uygun şekilde belirlenmesidir. Klasik eşik değer belirlemede bile bu değerın belirlenmesi en büyük problemdir. Lokal eşik değer

belirleme yönteminde ise, tüm görüntüye ait bu problem, görüntünün her bölgesi için söz konusudur.

Lokal eşik değeri belirlemede tüm yöntemler, görüntü üzerinde bir piksel grubu (matris) gezdirilerek eşik değeri belirlemenin yapılması prensibine dayanmaktadır [55]. Eşik değeri belirlenmesindeki en yaygın yöntem, gezdirilen matris içerisindeki gri değerlerin ortalamasını almak ve belirlenen ortalamayı eşik değeri olarak kullanmaktır [56] (Şekil 3.5). İşlem aynı şekilde tüm görüntüye uygulanır. Gürültü olmayan, tekdüze bir arka fona sahip bir görüntüde bu yöntem başarılı olabilir. Ancak tıbbi görüntüler için ortalamaya dayalı bu yöntem tıbbi görüntülerin doğasından dolayı başarılı olamamaktadır (Şekil 3.12). Literatürde belirtilen, yaygın olarak kullanılan lokal eşik değeri belirleme yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır [56].



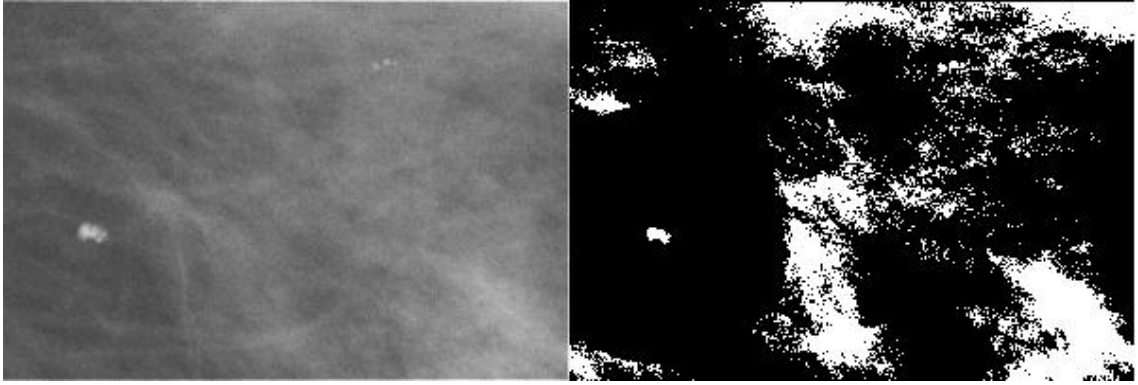
Şekil 3. 5 Lokal Eşik Değeri Belirlemede İşlem Sırası

#### 3.1.1.1.1 Bensen Eşik Değer Belirleme Yöntemi

Yöntem kullanıcı tarafından sağlanan bir karşıtlık eşik değerine göre çalışır. Eşik değer, pencere içerisindeki en büyük ve en küçük gri değerlerin ortalaması olarak belirlenir. Bu yöntemde kare yerine yuvarlak pencereler kullanılır. Algoritma aşağıdaki gibidir:

Eğer pencere içerisindeki en büyük ve en küçük pikseller arasındaki fark kullanıcı tarafından belirlenmiş zıtlıktan küçük veya eşitse ve eğer, pencere içerisindeki en büyük ve en küçük gri değerlerin ortalaması 128 den büyük ve eşitse, obje, değilse arka plandır [56].

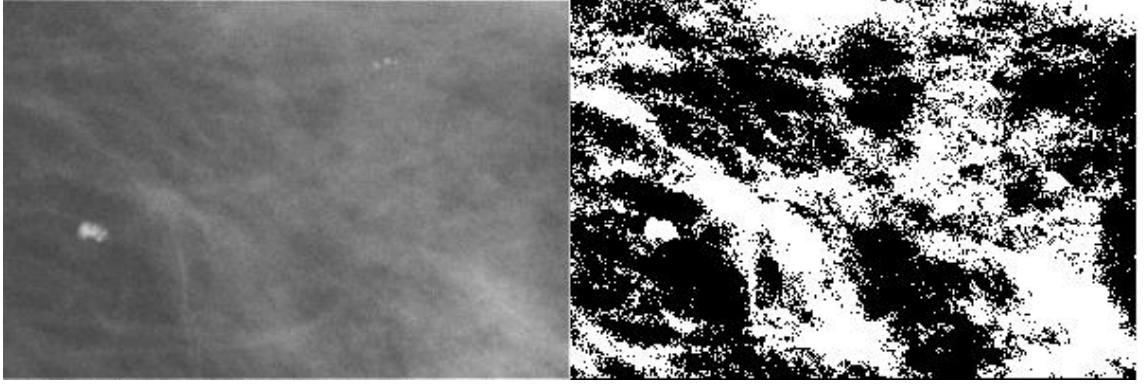
Eğer pencere içerisindeki en büyük ve en küçük pikseller arasındaki fark kullanıcı tarafından belirlenmiş zıtlıktan küçük veya eşit değilse ve eğer, pikselin değeri, pencere içerisindeki en büyük ve en küçük gri değerlerin ortalamasından büyük ve eşitse, obje, değilse arka plandır [56].



Şekil 3. 6 Bensen Eşik Değer Belirleme Yöntemi

#### 3.1.1.1.2 Mean (Ortalama) Eşik Değer Belirleme Yöntemi

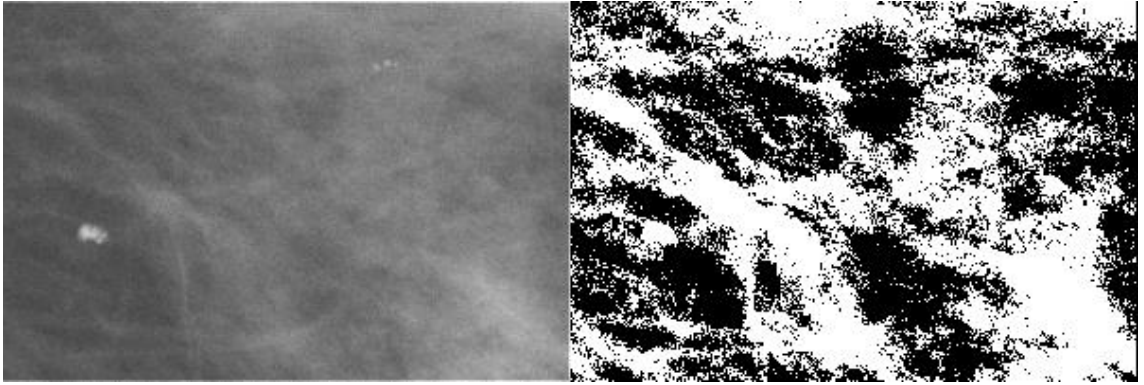
Pencere içerisindeki ortalama gri değeri (tüm gri değerlerin ortalaması) eşik değeri olarak seçer. Her bir pencere için bu eşik değeri uygulanarak sonuçlar bulunur [56].



Şekil 3. 7 Mean Eşik Değer Belirleme Yöntemi

#### 3.1.1.1.3 Median (Toplam Orta Değer) Eşik Değer Belirleme Yöntemi

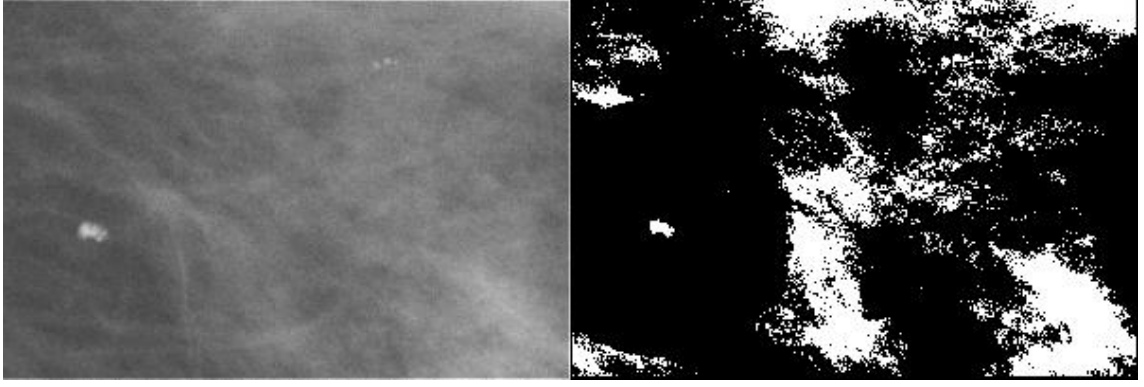
Pencere içerisindeki tüm gri değerlerin yer olarak ortasına gelen gri değer eşik değeri olarak seçer. Her bir pencere için bu eşik değeri uygulanarak sonuçlar bulunur [56].



Şekil 3. 8 Median Eşik Değer Belirleme Yöntemi

#### 3.1.1.1.4 MidGrey (Orta Değer) Eşik Değer Belirleme Yöntemi

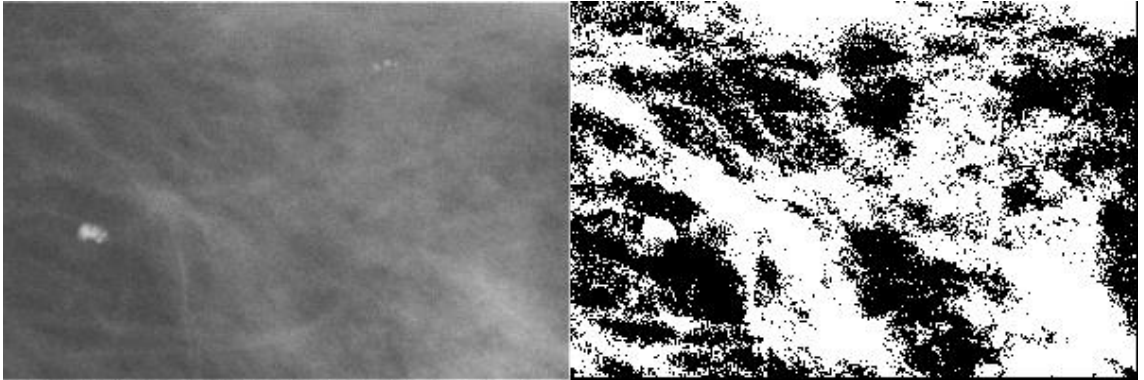
Pencere içerisindeki orta gri değeri (en büyük gri değeri ve en küçük gri değeri ortalaması) eşik değeri olarak seçer. Her bir pencere için bu eşik değeri uygulanarak sonuçlar bulunur [56].



Şekil 3. 9 Midgray Eşik Değer Belirleme Yöntemi

#### 3.1.1.1.5 Niblack Eşik Değer Belirleme Yöntemi

Bu yöntemde  $k$  sabiti kullanılır. Bu sabit 0,2 ile -0,2 arasında değişir. 0,2 daha açık renkli objelerin, -0,2 ise daha koyu renkli objelerin bulunmasında kullanılır. Algoritmaya göre; Eğer, piksel değeri, ortalama değer +  $k * \text{standart sapmadan}$  büyükse, obje, değilse arka plandır [56].

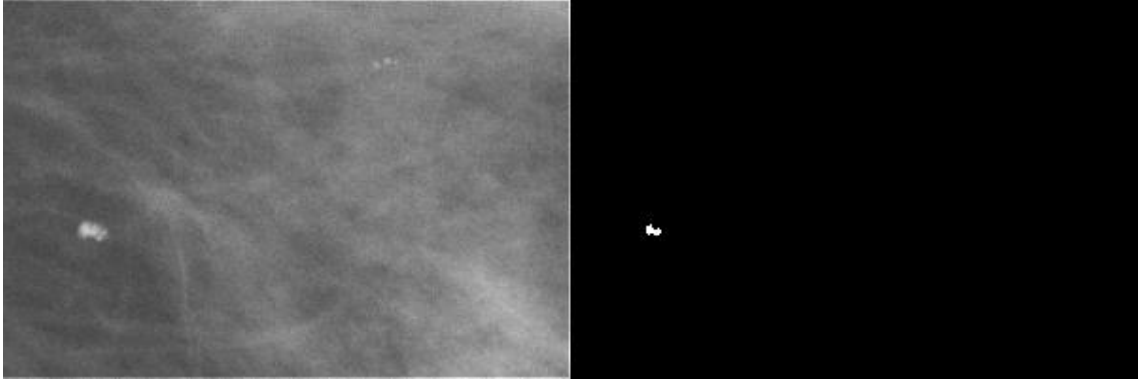


Şekil 3. 10 Niblack Eşik Değer Belirleme Yöntemi

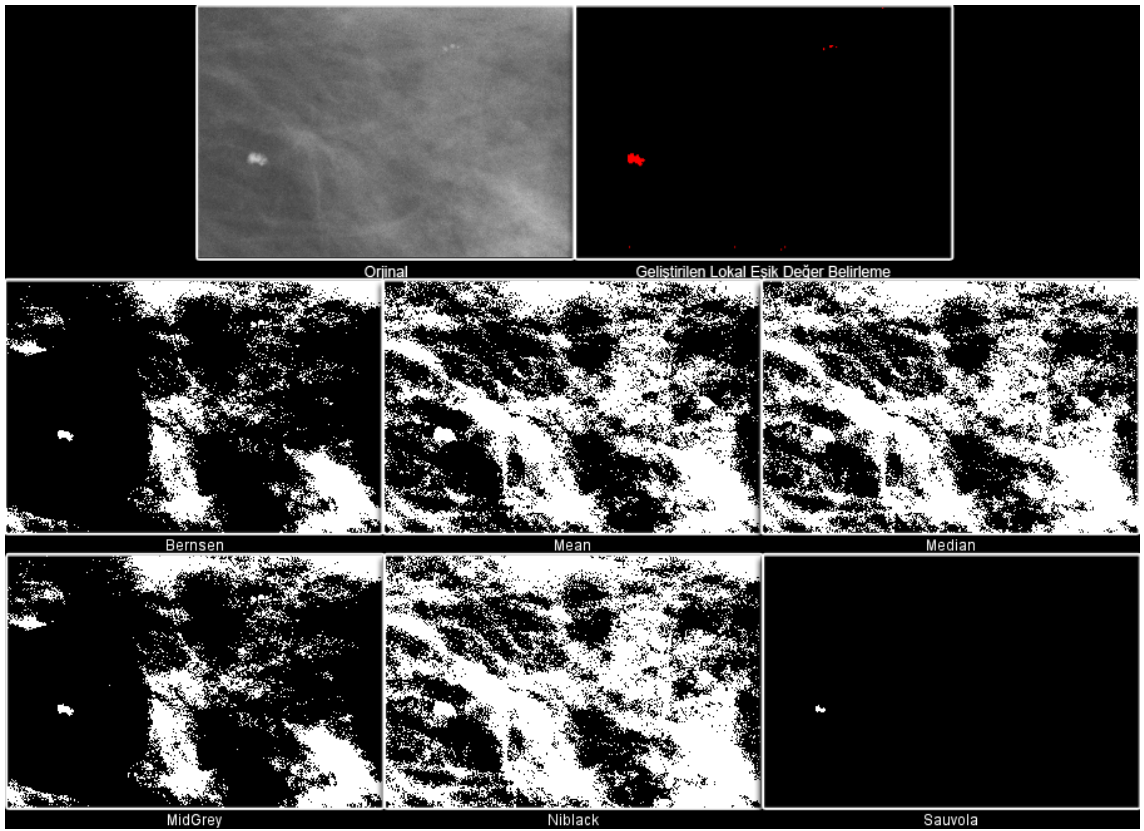
#### 3.1.1.1.6 Sauvola Eşik Değer Belirleme Yöntemi

Yöntem, niblack lokal eşik değer belirleme yönteminin bir çeşididir.  $k$  değişkenine ek olarak bir de  $r$  değişkeni kullanılmaktadır.  $r$  değeri, gri değer eşikini ifade eder. Varsayılan değer 128'dir. Algoritmaya göre [56];

Eğer, piksel değeri, ortalama değer \*  $(1 + k * (\text{standart sapmadan} / r - 1))$ 'den büyükse, obje, değilse arka plandır [56].



Şekil 3. 11 Sauvola Eşik Değer Belirleme Yöntemi



Şekil 3. 12 Tüm Eşik Değer Belirleme Yöntemleri Karşılaştırılması

Şekil 3.12’de geliştirilen lokal eşik değer belirleme yöntemleri ile literatürde yer alan eşik değer belirleme yöntemlerinin karşılaştırılmalı sonuçları gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere Bensen ve Midgrey sonuçları ile Mean, Median ve Niblack yöntemleri kendi aralarında benzerlik sonuçlar üretmiş olmasına rağmen, Sauvola yönteminde geliştirilen lokal eşik değer belirleme yöntemine benzer sonuçlar oluşmuştur. Ancak, Sauvola yönteminde, küçük boyutlu MK’lar lokal eşik değer belirleme uygulaması ile

ayırt edilememiştir. Diğer yöntemlerde ise meme dokusunun patolojik yapısından kaynaklanan meme dokusu-MK ayırt etme sorunları oluşmuştur.

### **3.1.1.2 Sunulan Tezde Geliştirilen Lokal Eşik Değer Belirleme Yöntemi**

Yukarıda sözü edilen lokal eşik değer belirleme yöntemleri daha çok histogramı değerlendirerek çalışan algoritmalarlardır. Bu algoritmaların temeli ana görüntü üzerinde gezdirilen matrisin histogramının belirlenmesi ve histogramdaki piksel yoğunluğuna (tekrar sayısı) göre eşik değer belirlenmesidir. Bu yöntem görece olarak daha çok işlemci gücüne ve zamana gereksinim duysa bile, tıbbi görüntüler için en doğru sonucu veren yöntemlerdendir. Fakat tez çalışmasında söz konusu yöntemler, MK'ların belirlenmesi sürecinde ön işleme aşamasında test edilmiş ve Şekil 3.6'da görüldüğü gibi, MK'ların meme dokusundan ayırt edilmesi yönündeki beklentileri karşılamamıştır. Dolayısı ile yeni bir lokal eşik değer belirleme algoritması geliştirilmiştir. Yöntemin temelini diğer yöntemlerde olduğu gibi, histogram analizi oluşturmaktadır. Buna ek olarak:

- Pencere Büyüklüğü
- Histogramdaki İlk Yükselme Değeri
- Histogramdaki İlk Yükselme Değerinin Yanılma Oranı

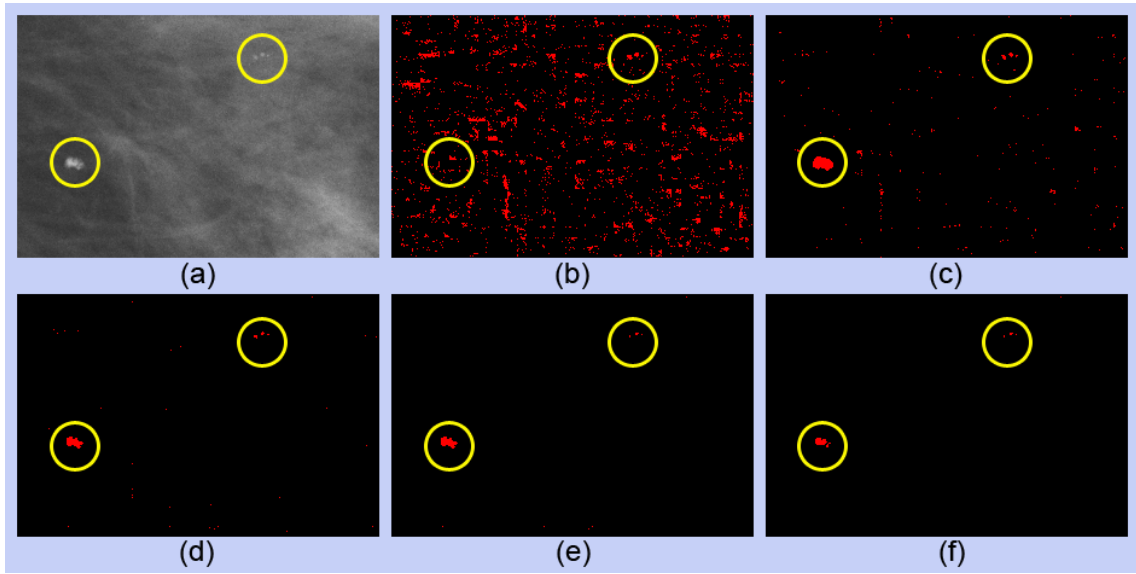
parametrelerini kullanarak, eşik değer belirleme işlemi gerçekleştirilmektedir.

#### **3.1.1.2.1 Pencere Büyüklüğü**

Pencere büyüklüğü diğer yöntemlerde olduğu gibi “işlem” penceresinin büyüklüğüdür. Kare formundadır. Pencere büyüklüğü parametresi bir kenardaki piksel sayısını ifade etmektedir. Ör: 32 değeri 32x32 piksellik bir pencere anlamına gelmektedir. Parametrenin küçük seçilmesi, (Histogramdaki ilk yükselme değeri ve histogramdaki ilk yükselme değerinin yanılma oranı parametreleri eşitken), keskin geçişleri ve MK'ları daha iyi konturlar ile yakalayabilmesine, daha küçük MK'ların yakalanabilmesine olanak sağlarken, fazla sayıda gürültüye neden olmaktadır. Ancak bu gürültüler daha sonra uygulanan gürültü giderme algoritmaları ile tezde giderilmiştir (Bölüm 3.4.2 ve Bölüm 3.4.3). Ayrıca parametrenin gereğinden küçük seçilmesi de pencere büyüklüğünden

daha büyük MK'ların ayırt edilememesi sonucunu doğurmaktadır. Bir başka değişle, algoritma tarafından MK yerine meme dokusu olarak sınıflandırılmasına neden olmaktadır.

Sunulan çalışmada, MK olarak ayırt edilebilecek objelerin büyüklükleri en az 32 pikselden meydana geldiği için, 32 piksellik pencere ile morfoloji uygulanmasından sonra ve 64 ve 128 piksellik pencere ile morfoloji uygulanmadan geçirilmiştir. Parametrelere deneysel olarak karar verilmiştir.



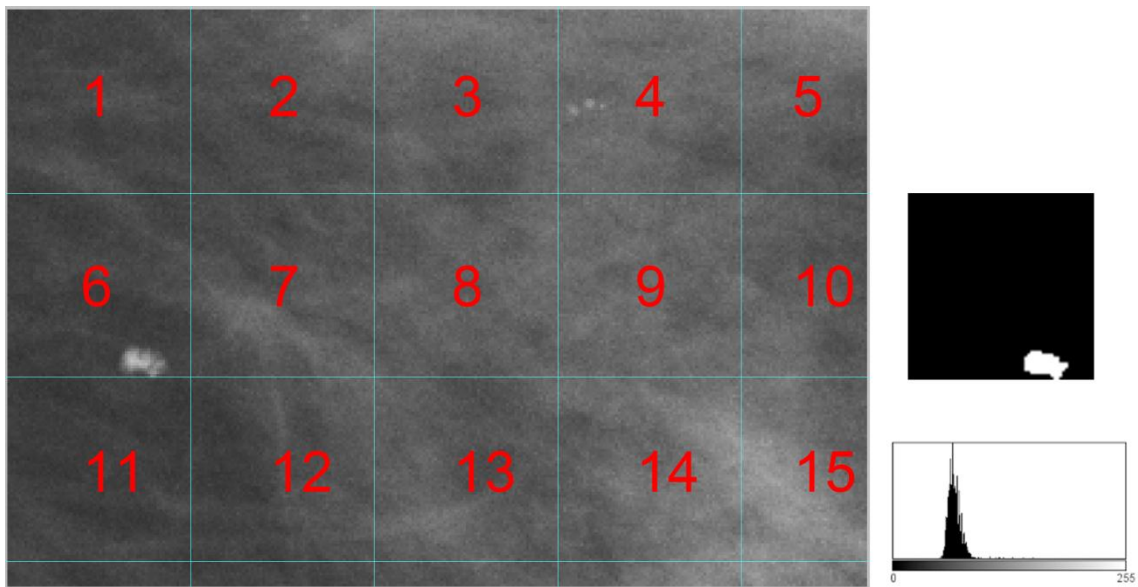
Şekil 3. 13 (a)Orijinal görüntü, (b) 8x8 Lokal Eşik Değer Belirleme Uygulaması, (c) 16x16 Lokal Eşik Değer Belirleme Uygulaması, (d) 32x32 Lokal Eşik Değer Belirleme Uygulaması, (e) 64x64 Lokal Eşik Değer Belirleme Uygulaması, (f) Lokal Eşik Değer Belirleme Uygulaması

Şekil 3.13'de MAM1'den elde edilen görüntüde çeşitli pencere büyüklükleri için lokal eşik değer belirleme yöntemi uygulanmıştır. Pencere büyüklüğünün 8x8 örneğinde olduğu gibi küçük seçilmesi, görüntüde gürültü giderme algoritmaları ile bile giderilemeyecek kadar çok sayıda gürültünün oluşmasına yol açmıştır. Ayrıca, pencere büyüklüğünün 128x128 den büyük olması durumunda da ayırt edilmek istenen MK'ların meme dokusundan ayırt edilemediği görülmüştür.

#### 3.1.1.2.2 Histogramdaki İlk Yükselme Değeri

Histogramdaki ilk Yükselme Değeri parametresi, geliştirilen yöntemin, özğün kısmını oluşturmaktadır. Pencere içinin histogramı analiz edilir. Histogramda 255 gri

değerinden itibaren sola doğru piksellerin tekrar sayısı denetlenir. Kullanıcı tarafından belirlenen “histogramdaki ilk yükselme değeri”ne karşılık gelen gri değer eşik değeri olarak belirlenir. Sunulan çalışmada, 100 ayrı MK’da yapılan testler sonucunda %99 oranında başarı sağlandığı için ilk yükseltme değerinin deneysel değeri 5 olarak belirlenmiştir. Kontrast farklılıkları da olan MAM1 ve MAM2 mamografi cihazlarında ve birbirinden farklı meme yoğunluğu olan hastalarda değerin uygunluğu MK’nın meme dokusundan ayırt edilip edilmediği denetlenmiştir. Bu aşama otomatik olarak çalışmaktadır. Piksellerin tekrar sayısının 255’den itibaren denetlenmesinin nedeni, MK’ların doğasından kaynaklanmaktadır. Yani, arka plan parlak, MK’lar buna göre daha koyu gri değere sahiptir. Eğer 0’dan itibaren piksellerin tekrar sayısı denetlenmiş olsaydı, arka planın koyu olduğu kabulü yapılmış olurdu ki bu durum tezdeki gerçeklik ile taban tabana zıttır.



Şekil 3. 14 Örnek görüntü, görüntünün 6. parçasına ait sonuç ve histogram

Şekil 3.14’de “Histogramdaki İlk Yükselme Değeri”nin nasıl belirlendiği konusunda bir örnek verilmiştir. Bu örneğe göre, 300x201 pikselden oluşan bir görüntü üzerinde, 64x64 piksellik bir pencere gezdirilmiştir. Pencere bir önceki bölümde de belirtildiği şekilde verilen sıra numarasına ile hareket etmektedir. Büyük MK’nın olduğu 6 numaralı 64x64 piksellik resim parçasının histogramı da hemen görüntünün yanında verilmiştir. “Histogramda ilk defa yükselmenin olduğu yer en parlaklığın en ani değiştiği yerdir.” Prensibine dayanarak “Histogramdaki İlk Yükselme Değeri” belirlenir. Yukarıda

da belirtildiği gibi, ilk yükselme değeri 5 olarak belirlenmiştir. 5 değeri ele alındığı zaman, 5 değerinden daha büyük olan ilk yer, 106 gri değeridir. Böylece 106 gri değeri eşik değer olarak belirlenir. 106 eşik değere göre histogram alındığı zaman, 6. gezdirm penceresindeki MK'nın doğru bir şekilde bölütlendiği görülecektir (Şekil 3.15).

| Gri Değer | Toplam | Gri Değer | Toplam | Gri Değer | Toplam | Gri Değer | Toplam | Gri Değer | Toplam | Gri Değer | Toplam | Gri Değer | Toplam |
|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| 0         | 0      |           |        |           |        |           |        |           |        |           |        |           |        |
| 1         | 0      | 41        | 0      | 81        | 36     | 121       | 3      | 161       | 1      | 201       | 0      | 241       | 0      |
| 2         | 0      | 42        | 0      | 82        | 26     | 122       | 1      | 162       | 0      | 202       | 0      | 242       | 0      |
| 3         | 0      | 43        | 0      | 83        | 18     | 123       | 2      | 163       | 0      | 203       | 0      | 243       | 0      |
| 4         | 0      | 44        | 0      | 84        | 17     | 124       | 1      | 164       | 2      | 204       | 0      | 244       | 0      |
| 5         | 0      | 45        | 0      | 85        | 14     | 125       | 2      | 165       | 1      | 205       | 0      | 245       | 0      |
| 6         | 0      | 46        | 0      | 86        | 4      | 126       | 1      | 166       | 1      | 206       | 0      | 246       | 0      |
| 7         | 0      | 47        | 0      | 87        | 6      | 127       | 1      | 167       | 1      | 207       | 0      | 247       | 0      |
| 8         | 0      | 48        | 0      | 88        | 5      | 128       | 2      | 168       | 0      | 208       | 0      | 248       | 0      |
| 9         | 0      | 49        | 0      | 89        | 4      | 129       | 0      | 169       | 1      | 209       | 0      | 249       | 0      |
| 10        | 0      | 50        | 1      | 90        | 4      | 130       | 0      | 170       | 1      | 210       | 0      | 250       | 0      |
| 11        | 0      | 51        | 4      | 91        | 2      | 131       | 4      | 171       | 0      | 211       | 0      | 251       | 0      |
| 12        | 0      | 52        | 2      | 92        | 2      | 132       | 0      | 172       | 0      | 212       | 0      | 252       | 0      |
| 13        | 0      | 53        | 8      | 93        | 3      | 133       | 1      | 173       | 1      | 213       | 0      | 253       | 0      |
| 14        | 0      | 54        | 10     | 94        | 4      | 134       | 0      | 174       | 2      | 214       | 0      | 254       | 0      |
| 15        | 0      | 55        | 25     | 95        | 2      | 135       | 1      | 175       | 2      | 215       | 0      | 255       | 0      |
| 16        | 0      | 56        | 36     | 96        | 3      | 136       | 1      | 176       | 2      | 216       | 0      |           |        |
| 17        | 0      | 57        | 83     | 97        | 0      | 137       | 1      | 177       | 0      | 217       | 0      |           |        |
| 18        | 0      | 58        | 123    | 98        | 0      | 138       | 2      | 178       | 0      | 218       | 0      |           |        |
| 19        | 0      | 59        | 119    | 99        | 1      | 139       | 2      | 179       | 2      | 219       | 0      |           |        |
| 20        | 0      | 60        | 179    | 100       | 2      | 140       | 2      | 180       | 0      | 220       | 0      |           |        |
| 21        | 0      | 61        | 198    | 101       | 1      | 141       | 2      | 181       | 0      | 221       | 0      |           |        |
| 22        | 0      | 62        | 215    | 102       | 1      | 142       | 1      | 182       | 1      | 222       | 0      |           |        |
| 23        | 0      | 63        | 288    | 103       | 0      | 143       | 3      | 183       | 0      | 223       | 0      |           |        |
| 24        | 0      | 64        | 212    | 104       | 0      | 144       | 2      | 184       | 0      | 224       | 0      |           |        |
| 25        | 0      | 65        | 335    | 105       | 2      | 145       | 2      | 185       | 2      | 225       | 0      |           |        |
| 26        | 0      | 66        | 245    | 106       | 1      | 146       | 1      | 186       | 2      | 226       | 0      |           |        |
| 27        | 0      | 67        | 204    | 107       | 1      | 147       | 0      | 187       | 0      | 227       | 0      |           |        |
| 28        | 0      | 68        | 210    | 108       | 0      | 148       | 2      | 188       | 0      | 228       | 0      |           |        |
| 29        | 0      | 69        | 190    | 109       | 0      | 149       | 0      | 189       | 0      | 229       | 0      |           |        |
| 30        | 0      | 70        | 239    | 110       | 0      | 150       | 1      | 190       | 0      | 230       | 0      |           |        |
| 31        | 0      | 71        | 100    | 111       | 2      | 151       | 1      | 191       | 0      | 231       | 0      |           |        |
| 32        | 0      | 72        | 197    | 112       | 1      | 152       | 1      | 192       | 0      | 232       | 0      |           |        |
| 33        | 0      | 73        | 126    | 113       | 3      | 153       | 0      | 193       | 1      | 233       | 0      |           |        |
| 34        | 0      | 74        | 80     | 114       | 1      | 154       | 3      | 194       | 0      | 234       | 0      |           |        |
| 35        | 0      | 75        | 133    | 115       | 1      | 155       | 0      | 195       | 0      | 235       | 0      |           |        |
| 36        | 0      | 76        | 43     | 116       | 3      | 156       | 0      | 196       | 0      | 236       | 0      |           |        |
| 37        | 0      | 77        | 72     | 117       | 3      | 157       | 1      | 197       | 0      | 237       | 0      |           |        |
| 38        | 0      | 78        | 76     | 118       | 2      | 158       | 0      | 198       | 0      | 238       | 0      |           |        |
| 39        | 0      | 79        | 42     | 119       | 1      | 159       | 0      | 199       | 0      | 239       | 0      |           |        |
| 40        | 0      | 80        | 48     | 120       | 2      | 160       | 2      | 200       | 0      | 240       | 0      |           |        |

Şekil 3. 15 Histogramdan eşik değerin belirlenmesi

### 3.1.1.2.3 Histogramdaki İlk Yükselme Değerinin Yanılma Oranı

Histogramdaki ilk yükselme değerinin hesaplanmasında hata olabilmesine karşın bir tampon parametresi kullanılmıştır. Bu parametre yüzde olarak ele alınır. Ayrıca ilk yükselme değerinin duyarlılığını da artırır.

$$\text{Yeni Hist. Değeri} = \text{Belirlenen Hist. Değeri} * \text{Yüzde Yanılma} \quad (3.1)$$

Örneğin histogramdaki ilk yükselme değerinin 106 olarak belirlendiği şekil 3.15'deki örnekte yanılma oranının %1 olması durumunda yeni histogram değeri,  $106 * 1.01 = 107$  olur. Ancak %15 alınması durumunda yeni histogram değeri  $106 * 1.15 = 121$  olur.

### **3.2 Sunulan Tezde Yapılan Morfolojik Uygulamalar**

Yapılan çalışmada, yerel eşik değer belirlemenin ayırt edemediği MK'ları ayırt edebilmek için matematiksel morfolojik operatörler kullanılmıştır. Matematiksel morfolojik operatörler, yerel eşik değer belirleme yönteminin ayırt edemediği MK'ların piksel büyüklüklerini ve homojenliğini arttırmıştır. Böylelikle ayırt edilemeyen bu MK'lar üzerinde yerel eşik değer belirleme yöntemi başarılı olmuştur.

Yerel eşik değer belirleme yönteminin sonuçlarını güçlendirmek için yerel eşik değer belirleme yöntemi, matematiksel morfolojik operatörlerin uygulanmasından sonra da kullanılmıştır. Morfolojik operatörlerin tercih edilmesinin sebebi, çok küçük gri dağılımı düzensiz olan mikro kalsifikasyonların, morfolojik operatörler kullanılarak, çok daha belirgin ve homojen yapıya dönüştürülmesini sağlamaktır. Lokal eşik değer belirleme yapılan deneysel çalışmalarda 32x32'lik pencere kullanımında daha iyi sonuçlar doğurduğu görülmüştür.

#### **3.2.1 Matematiksel Morfoloji**

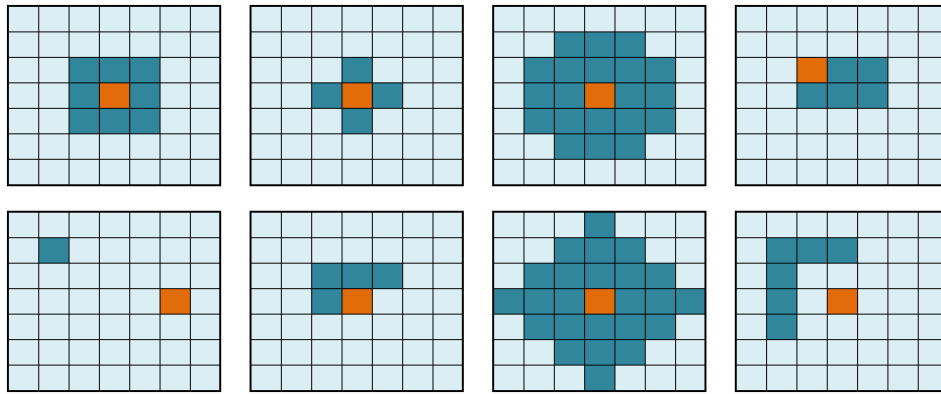
Matematiksel morfoloji, küme teorisi, topoloji ve rastgele fonksiyonlara dayalı bir analiz ve işleme yöntemidir. Geometrik yapılar ile uğraşmaktadır. Matematiksel morfoloji genellikle sayısal görüntülerde kullanılmaktadır. Ayrıca, grafiklerde, yüzey birleştirmelerde ve birçok görüntü işleme uygulamasında da kullanılmaktadır [57].

Devamlılık ve boşluk gibi topolojik ve geometrik kavramlar, şekil, ayrıklık, birleşiklik, uzaklık gibi özelliklerle birlikte matematiksel morfolojiyi karakterize eder. Matematiksel morfoloji görüntülerdeki objeleri görüntünün diğer bölgelerinden ayırt etmek için kullanılmaktadır. Ayrıca görüntüde obje büyüklüğünü bozmadan işlemler yapar. Matematiksel morfoloji ikili görüntüler için bulunmuş, daha sonra gri düzeyli görüntüler için geliştirilmiştir [57].

Morfolojinin temel fikri, daha önceden belirlenmiş bir piksel grubunu görüntü üzerinde gezdirip, ne kadarının uyduğu veya uymadığı durumunu incelemektir [58]. Matematiksel morfoloji uygulamaları, diğer görüntü işleme uygulamalarının genelinde de olduğu gibi ana görüntü üzerinde bir matrisin dolaştırılması ve bazı matematiksel işlemlerin yapılması ile çalışmaktadır.

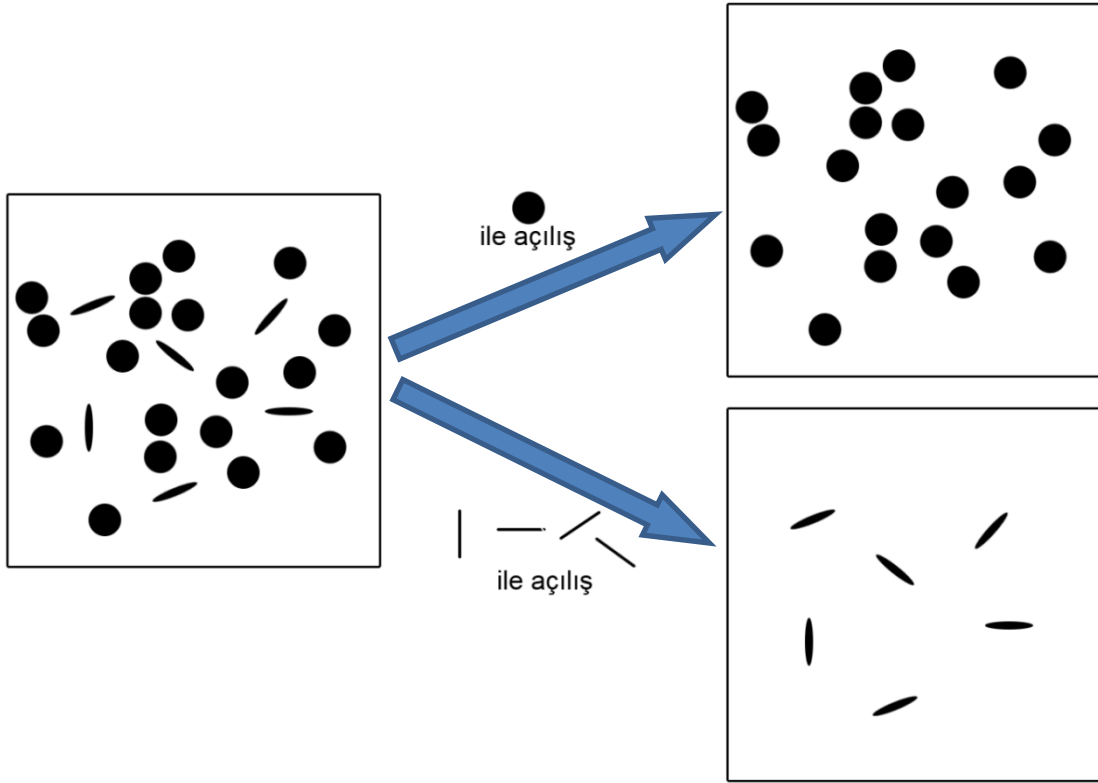
### 3.2.1.1 Yapıtaşı Elemanı

Yapıtaşı elemanı (Structuring Element), görüntü işlemede kullanılan ve ana görüntü üzerinde dolaştırılan matrisin morfoloji için özelleştirilmiş halidir. Farklı şekillerde ve büyüklüklerde olabilmektedir. Bunların bir merkez noktası bulunmakta olup, işlenecek resmin her bir pikseli bu noktaya oturtularak işlem yapılmaktadır [58]. Yapıtaşı elemanları farklı şekillerde olabilmektedir. Belli başlı örnekler aşağıdaki gibidir.



Şekil 3. 16 Morfolojik yapıtaşı elemanı örnekleri

Yapıtaşı elemanının şeklinin seçilmesi uygulamada istenilen sonuca göre değişebilmektedir. Aşağıdaki örnekte yuvarlak objelerin görüntüden ayırt edilmesi istendiğinde, yuvarlak objenin, buna uygun matematiksel morfolojik operatör kullanılması sonucunda ayırt edilebildiği görülmüştür. Aynı şekilde, çizgi şeklinde olan bir obje görüntüden ayırt edilmek istendiği zaman, çizgi şeklinde ve yönü de ayırt edilmek istenen obje ile aynı yönde olan, birden fazla yapıtaşı elemanı, uygun matematiksel morfoloji operatörü ile birlikte kullanılarak sonuca gidilmiştir.



Şekil 3. 17 Yapıtaşı elemanının matematiksel morfolojiye etkisi

### 3.2.1.2 İkili Kodlanmış Görüntülerde Matematiksel Morfoloji Operatörleri

Tüm morfoloji operatörlerinde yapıtaşı elemanı ikili görüntü üzerinde dolaşırken tam uyumluluk arar. Yapıtaşı elemanı ile ana görüntünün çakışan kısımları bire-bir eşitse operatör işlemini gerçekleştirir.

Matematiksel morfoloji görüntüdeki, sınırlar (borders), iskelet (skeleton) gibi yapıların tanımlanması ve çıkartılması, gürültü giderimi, bölütleme gibi uygulamalar için gerekli bir araçtır. Bu araç kullanılırken bilim adamları tarafından geliştirilmiş bazı hazır operatörler bulunmaktadır. Bu operatörler aşağıdaki gibidir [58].

#### 3.2.1.2.1 Aşınma (Erode) ve Genişleme (Dilate) Matematiksel Morfoloji Operatörleri

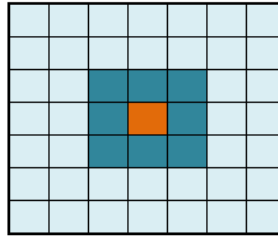
Aşınma ve genişleme, matematiksel morfolojinin en temel işleçleridir.  $F_1$  ve  $F_2$ , birer küme olmak üzere, her  $(F_1, F_2)$  iki-değerli görüntü ikilisi için, ötelenmeden etkilenmeyen her aşınma  $\varepsilon$ , her genişleme  $\delta$ , aşağıdaki şekillerde ifade edilir [59]:

$$\varepsilon(F) = \bigcap_{b \in B} F - b = F \ominus B \quad [59] \quad (3.2)$$

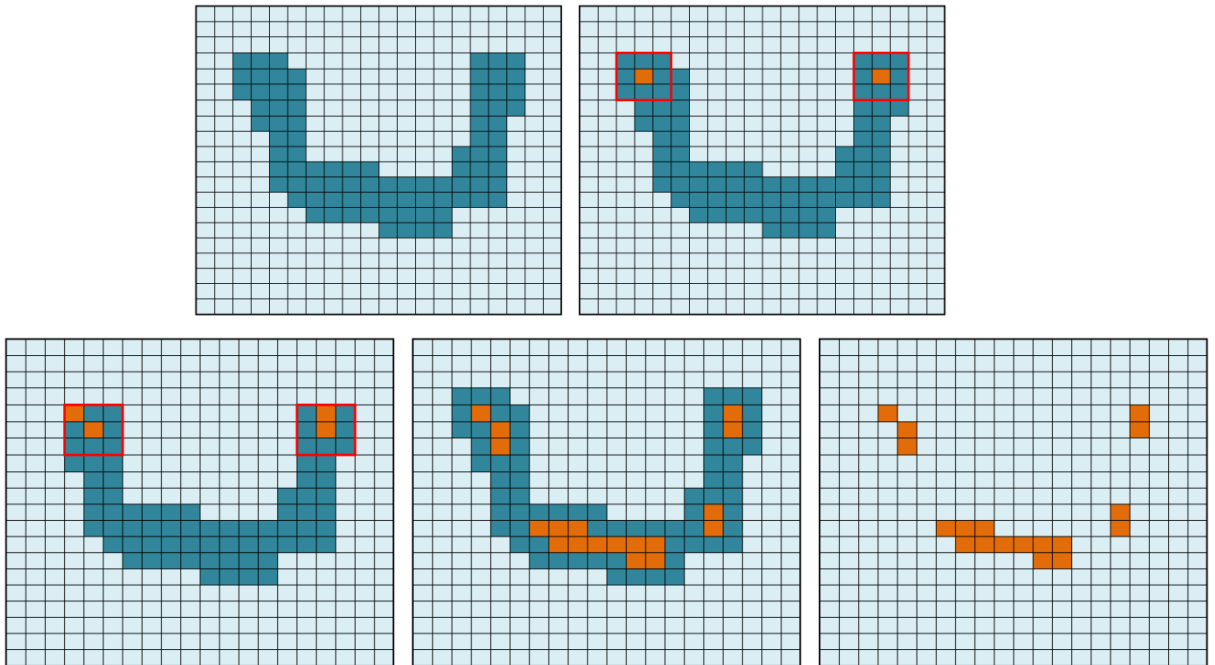
$$\delta(F) = \bigcap_{b \in B} F + b = F \oplus B \quad [59] \quad (3.3)$$

B, bir yapıtaşı elemanıdır [59].

Aşınma işleminde, yapıtaşı elemanının görüntü üzerindeki kısım ile tamamen uyuşması durumunda, yapıtaşı elemanının merkez noktası dışındaki yerler arka plan halini alır. Objeye de operatörün adından da anlaşıldığı gibi bir aşınma meydana gelir. Aşağıda kullanılan yapıtaşı elemanı ve görüntü üzerinde dolaşması durumunda aşınma sonucunda nasıl bir sonuç doğuracağı gösterilmiştir. Koyu mavi ile temsil edilen yerler, mevcut görüntüdeki objeyi, açık mavi ile temsil edilen yerler, arka planı, turuncu ile ifade edilen yerler ise görüntünün son halini göstermektedir [59].

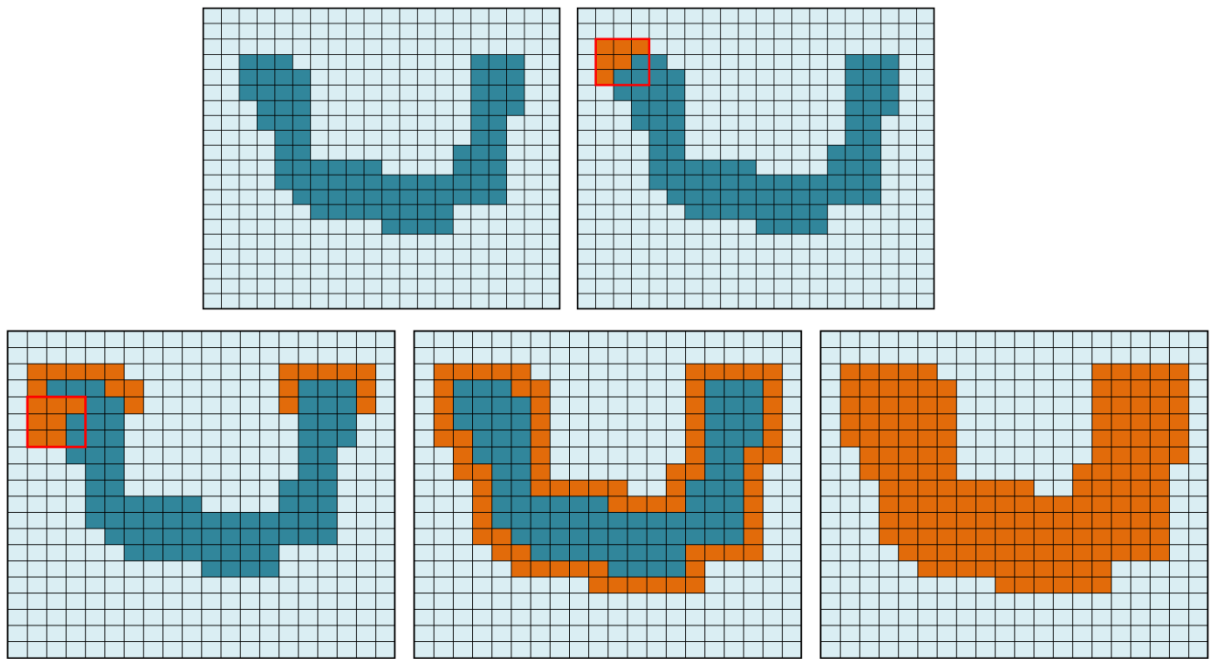


Şekil 3. 18 Örneklerde Kullanılan Morfolojik yapıtaşı elemanı



Şekil 3. 19 Aşınma operatörünün kullanıldığı görüntü, yapıtaşı elemanının çalışması ve sonuç görüntü

Genişleme işleminde, yapıtaşı elemanı görüntü üzerinde dolaşırken, yapıtaşı elemanının merkezi ile obje çakıştığı anda yapıtaşı elemanı kadar genişleme olduğu gözlemlenir. Böylece her bir piksel yapıtaşı elemanı kadar büyür. Sonuç olarak arka plan küçülmüş ve obje büyümüştür. Aşağıda kullanılan yapıtaşı elemanı ve görüntü üzerinde dolaşması durumunda aşınma sonucunda nasıl bir sonuç doğuracağı gösterilmiştir. Koyu mavi ile temsil edilen yerler, mevcut görüntüdeki objeyi, açık mavi ile temsil edilen yerler, arka planı, turuncu ile ifade edilen yerler ise görüntünün son halini göstermektedir.



Şekil 3. 20 Genişleme operatörünün kullanıldığı görüntü, yapıtaşı elemanının çalışması ve sonuç görüntü

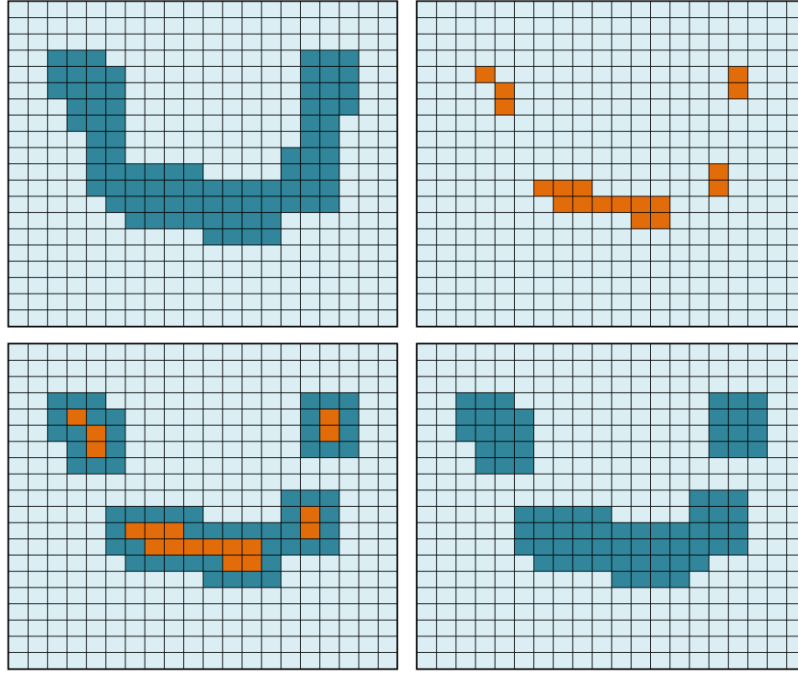
### 3.2.1.2.2 Açılış (Open) ve Kapanış (Close) Matematiksel Morfoloji Operatörleri

$F \circ B = (F \ominus B) \oplus B$  birleşimi açılış (veya morfolojik açılış),  $\alpha, F \bullet B = (F \oplus B) \ominus B$  birleşimi kapanış (veya morfolojik kapanış),  $\kappa$ , olarak adlandırılır [59].

Bir  $F$  şeklini bir  $B$  yapıtaşı elemanı ile açmak  $F$ 'nin  $B$ 'den küçük tüm bileşenlerini çıkarır. Açma işleminden sonra  $F$ 'nin  $B$ 'nin herhangi bir ötelenmiş yansımasını içeren bir bileşeni kalmaz. Böylece, açma işleci, bir düzeltici filtre gibi davranır. Düzeltmenin miktarı ve tipi, kullanılan yapıtaşı elemanının şekli ve büyüklüğü tarafından belirlenir. Bir  $F$  şeklini bir  $B$  yapıtaşı elemanı ile kapamak  $F_c$  'nin  $B$  'den küçük tüm bileşenlerini

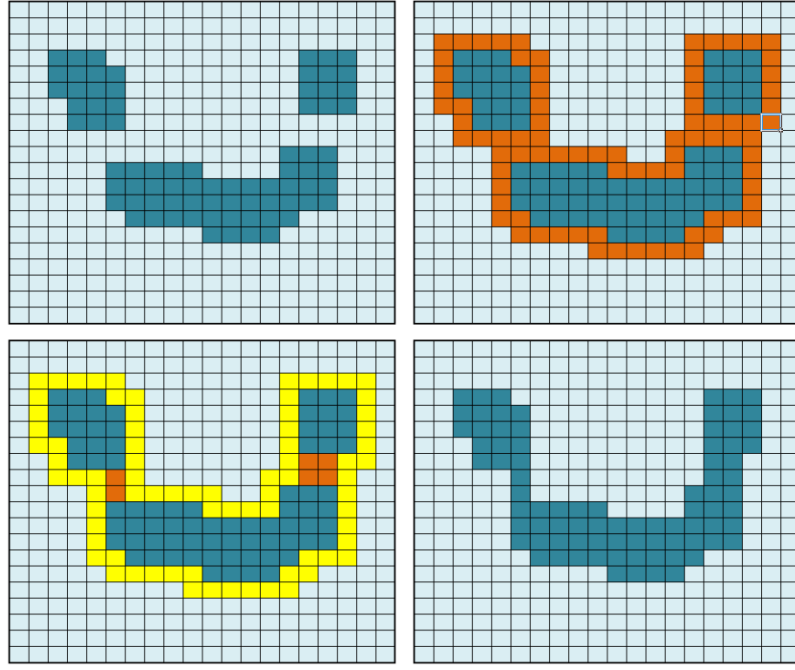
çıkartır. Kapama işleminden sonra  $F_c$ 'nin  $B$ 'nin herhangi bir ötelenmiş yansımasını içeren bir bileşeni kalmaz [59].

Temel olarak açılış operatörü, aşınma ve genişleme operatörlerinin peş peşe kullanılması ile oluşturulmuş bir matematiksel morfoloji operatörüdür. Aşınma ve genişleme operatöründen en büyük farkı obje ve arka planda çok küçük miktarda değişiklik olmasıdır. Operatördeki prensip, yapıtaşı elamanından daha az piksele sahip grupların elenmesi diğer yerlerin ise aynı şekilde kalmasıdır (Şekil 3.21).



Şekil 3. 21 Açılış operatörünün kullanıldığı görüntü ve sonuç görüntü

Kapanış operatörü, açılış operatörünün tam tersi olan, genişleme ve aşınma operatörlerinin peş peşe kullanılmasından oluşmuştur. Kapanım operatöründeki asıl amaç, adından da anlaşılacağı gibi boşlukları kapatmaktır. Ancak bu matematiksel morfoloji operatörünün başarılı olduğu nokta, yalnızca obje dâhilinde bulunan boşlukları giderebilmesidir. Daha önce kullanılan örnek görüntüde boşluk olmadığı için açılış operatörünün sonuç görüntüsü kapanış operatörünün giriş görüntüsü olarak kullanılmıştır (Şekil 3.22).



Şekil 3. 22 Kapanış operatörünün kullanıldığı görüntü ve sonuç görüntü

#### 3.2.1.2.3 Diğer Matematiksel Morfoloji Operatörleri

Temel matematiksel morfolojik operatörler dışında, birçok farklı uygulamalarda kullanılan ancak yapılan çalışmada kullanılmayan matematiksel morfolojik operatörler de vardır. Bu operatörler [59];

- Vurma ve kaçırma operatörü
- İnceltme operatörü
- İskelet (Orta Aks) operatörü
- Yoğunlaştırma operatörü

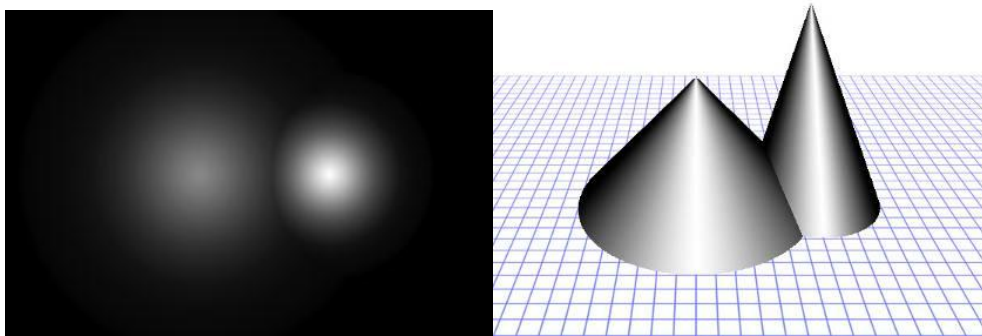


Şekil 3. 23 Diğer Matematiksel morfoloji operatörleri [59]

### 3.2.1.3 Gri düzeyli görüntülerde Matematiksel Morfoloji

Morfolojik operatörler ikili kodlanmış görüntülerde kullanılabileceği gibi, gri düzeyli görüntülerde de kullanılabilmektedir. Operatörlerin etkileri ikili görüntüler ile benzer sonuçlar doğurmaktadır.

Gri düzeyli görüntülerde, yapıtaşı elemanı alınmak istenen sonuca göre ikili kodlanmış olarak veya gri değerli olarak seçilebilmektedir.



Şekil 3. 24 Gri değerli yapıtaşı elemanı Örneği

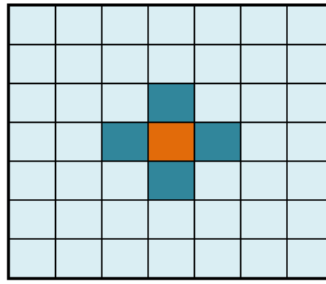
### 3.3 Yapılan Çalışmada Matematiksel Morfolojinin Kullanılması

Tez çalışmasında, kullanılan mamografi görüntüleri gri düzeyli görüntüler olduğu için, gri düzeyli görüntülerde morfolojik işlemlerden yararlanılmıştır. Çalışmada, lokal eşik değer belirleme ile MK'lar çıkarılmıştır. Ancak 2 pikselden küçük olan bazı MK'lar, lokal

eşik değeri belirleme yöntemleri ile belirlenmiş olsa bile, bölüm 3.4.2 ve bölüm 3.4.3’de kullanılan gürültü giderme filtreleri yüzünden tekrar silinmektedir. Bu yüzden lokal eşik değeri belirleme yöntemini kullanmadan önce, ham görüntü üzerinde morfolojik operatörler uygulanmıştır.

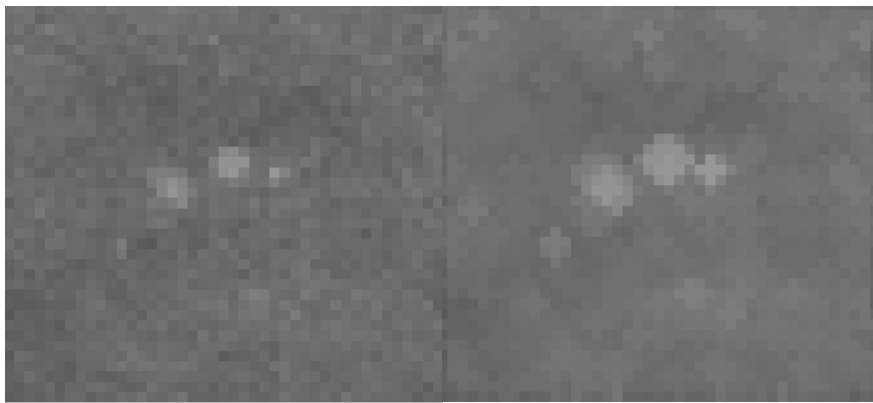
Çalışmanın bu aşamasında genişleme, matematiksel morfolojik operatörü olarak kullanılmıştır. Çünkü görüntüde 2 pikselden küçük olan MK’ların daha büyük hale getirilerek lokal eşik değeri belirleme ile daha rahat çıkarılmasını sağlamaktır.

Genişleme morfolojik operatörü uygulanırken kullanılan, yapıtaşı elemanı tercihi ise. 3x3 pikselden oluşan elmas tipli yapıtaşı elemanıdır.



Şekil 3. 25 Kullanılan ikili kodlanmış yapıtaşı elemanı

3x3 boyutundaki yapıtaşı elemanı, sadece 1 veya 2 pikselden oluşan MK’ların çeperlerinin bozulmadan büyütülerek yakalanabilmesi için tercih edilmiştir. Elmas şeklindeki yapı taşı elemanı ise, görüntüdeki MK’nın şeklindeki değişikliğin en düşük seviyede olmasının istenmesidir.

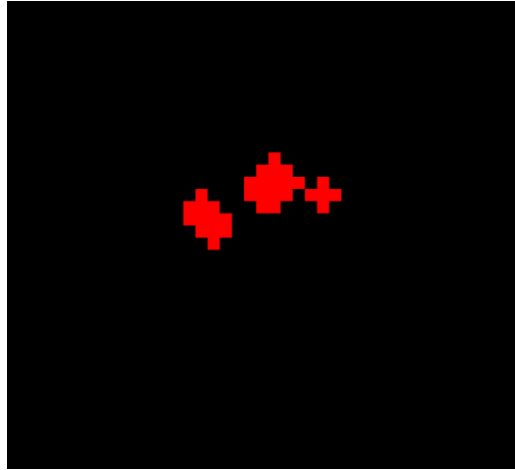


Şekil 3. 26 Orijinal görüntü Genişleme morfolojik operatörü kullanılmış görüntü

Kullanılan yapıtaşı elemanı ikili kodlanmış bir yapıtaşı elemanıdır. Morfolojik operatörün kullanılma sebebi, MK’deki gri düzey dağılımını değiştirmeden büyültmek

olduğu için, ikili kodlanmış yapıtaşı elemanı tercih edilmiştir. İki değerli görüntüler sonuç görüntü olarak kullanılacağı için Gri düzeyli yapıtaşı kullanılmasına gerek duyulmamıştır.

Morfolojik operatörün kullanılmasından sonra, lokal eşik değeri belirleme bir kez daha bu sefer morfolojik operatör uygulanmış görüntü için tekrarlanır. Bu defa 64x64 piksellik pencere yerine 32x32 piksellik bir pencere resim içerisinde gezdirilmiştir. Bu tercihin sebebi sadece lokal eşik değeri belirlemede yakalanamayan daha küçük MK'ların morfoloji ile yakalanmasının amaçlanmasıdır. Doğruluğun daha yüksek olması için daha küçük lokal eşik değeri belirleme operatörü tercih edilmiştir. Şekil 3.21'de gösterilen MK'ye 32x32'lik lokal eşik değeri belirleme uygulanmasından sonra elde edilen görüntü Şekil 3.27'da gösterilmiştir.



Şekil 3. 27 32x32 Piksellik lokal eşik değeri belirleme sonucu

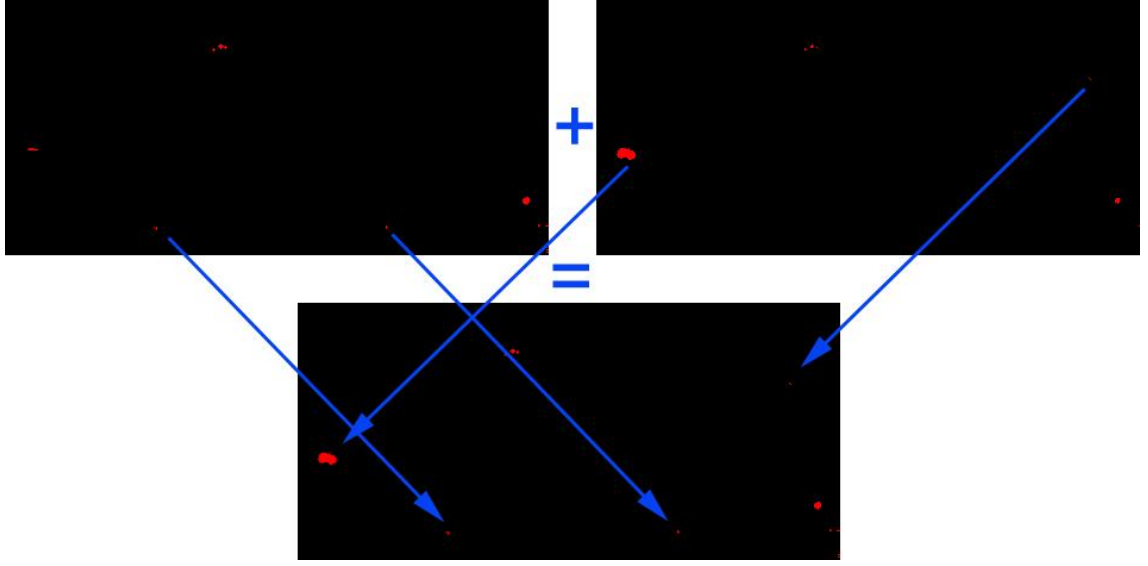
### 3.4 Yapılan Çalışmada Görüntü İşleme Operatörlerinin Kullanılması

#### 3.4.1 Görüntülerin Birleştirilmesi

Sunulan çalışmada şu ana kadar iki görüntü elde edilmiştir. Bu görüntüler:

- Orijinal görüntü üzerinde lokal eşik değeri belirleme kullanılması ile elde edilen görüntü,
- Morfolojik operatörün uygulanmasından sonra lokal eşik değeri belirlemenin kullanılması ile elde edilen görüntüdür.

Bu görüntüler görüntü işlemedeki toplama operatörü kullanılarak toplanır ve ara sonuç görüntü elde edilmiştir (Şekil 3.28).



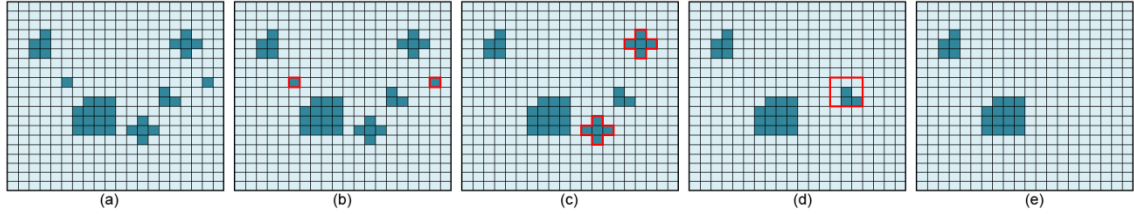
Şekil 3. 28 Elde edilen görüntülerin toplanması

#### 3.4.2 Görüntüde Meydana Gelen Gürültülerin Temizlenmesi: İşlenmiş görüntü üzerinde

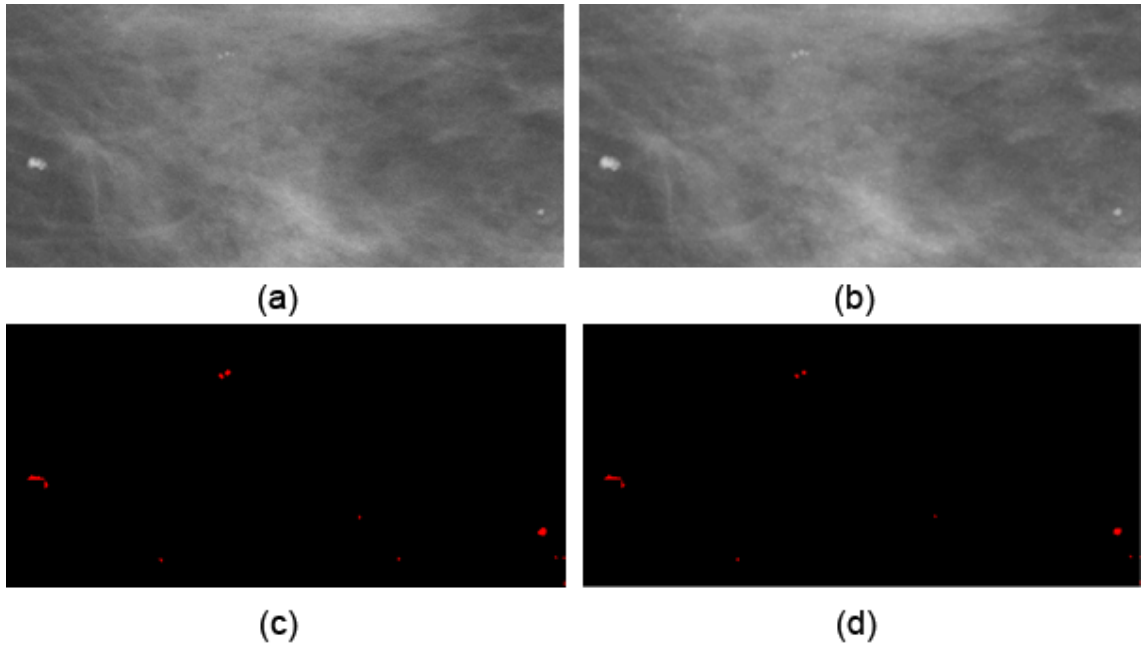
Morfolojik operatörün kullanılması ve lokal eşik değer belirleme yönteminin uygulanması aşamasının ardından, algoritmanın koşullarına uyan ancak, görüntü üzerinde “gürültü” olarak adlandırılabilen, meme dokusu olması gereken yerler de ayırt edilmiştir (Şekil 3.30). Bu gürültülerin giderilmesi için basit algoritmalar kullanılmıştır. Bu algoritmalar 3 aşamada görüntü üzerinde uygulanmıştır:

- Tek piksellik gürültülerin giderilmesi: görüntü üzerindeki MK olmayan ve meme dokusu olan, tek piksel büyüklüğündeki pikseller meme dokusuna dönüştürülmüştür.
- Morfolojik operatörden kaynaklanan “+” şeklindeki gürültülerin giderilmesi: görüntü üzerinde “+” motifi bulunan MK olarak ayırt edilmiş ancak meme dokusu olması gereken pikseller, meme dokusuna dönüştürülmüştür.
- 9 piksellik grupta, 4 den az sayıda toplam piksele sahip olanların giderilmesi şeklindedir; görüntü üzerinde 9 piksellik bir pencere dolaştırılmıştır. 9 piksellik bir pencerenin tercih edilme sebebi, ayırt edilmek istenen objelerin 3x3 yani 9

pikselden büyük objeler olmamasıdır. Bu pencere içerisinde toplam piksel sayısı 4'den az olan MK'lar meme dokusu haline getirilir. Pencere dolaştırılırken 9 piksele komşu dış piksellerin de meme dokusuna dönüştürülmemesine dikkat edilir. Böylece kurala uymayan büyük MK'ların kenarlarındaki piksel azalması önlenmiş olur. (Şekil 3.29, Şekil 3.30)



Şekil 3. 29 a: orijinal görüntü, b: tek piksellik gürültülerin giderildiği görüntü, c: “+” şeklindeki gürültülerin giderildiği görüntü, d: diğer gürültülerin giderildiği görüntü. e: Sonuç görüntü

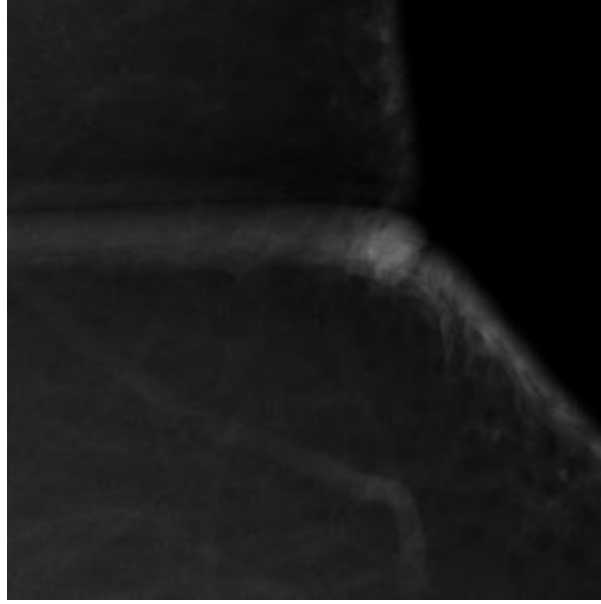


Şekil 3. 30 a: orijinal görüntü, b: morfolojik operatör uygulanmış görüntü, c: lokal eşik değer belirleme uygulanmış görüntü, d: görüntü işleme ile temizlenmiş görüntü

### 3.4.3 Görüntüde Meydana Gelen Gürültülerin Temizlenmesi: Orijinal Görüntü Yardımı İle

Lokal eşik değeri belirleme yöntemi daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi gri düzeydeki ani değişiklikleri tespit edebilmek amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. Mamografi görüntüsünde, meme sınırlarında çok keskin bir gri düzey değişikliği vardır.

Bu gri düzey değışikliği, lokal eşik değeri belirleme operatörleri tarafında da ayırt edilmiştir (Şekil 3.31). Ancak lokal eşik değeri belirleme operatörleri tarafından ayırt edilen meme kenarı çalışmanın amacı doğrultusunda görüntüde işaretlenmesi gereken MK'lerden değildir. Meme kenarı olmasına rağmen, MK grubuna sokulmuş olan bu piksellerin ayıklanabilmesi için, orijinal görüntü üzerindeki gri değerlerden faydalanılarak bir yöntem geliştirilmiştir.

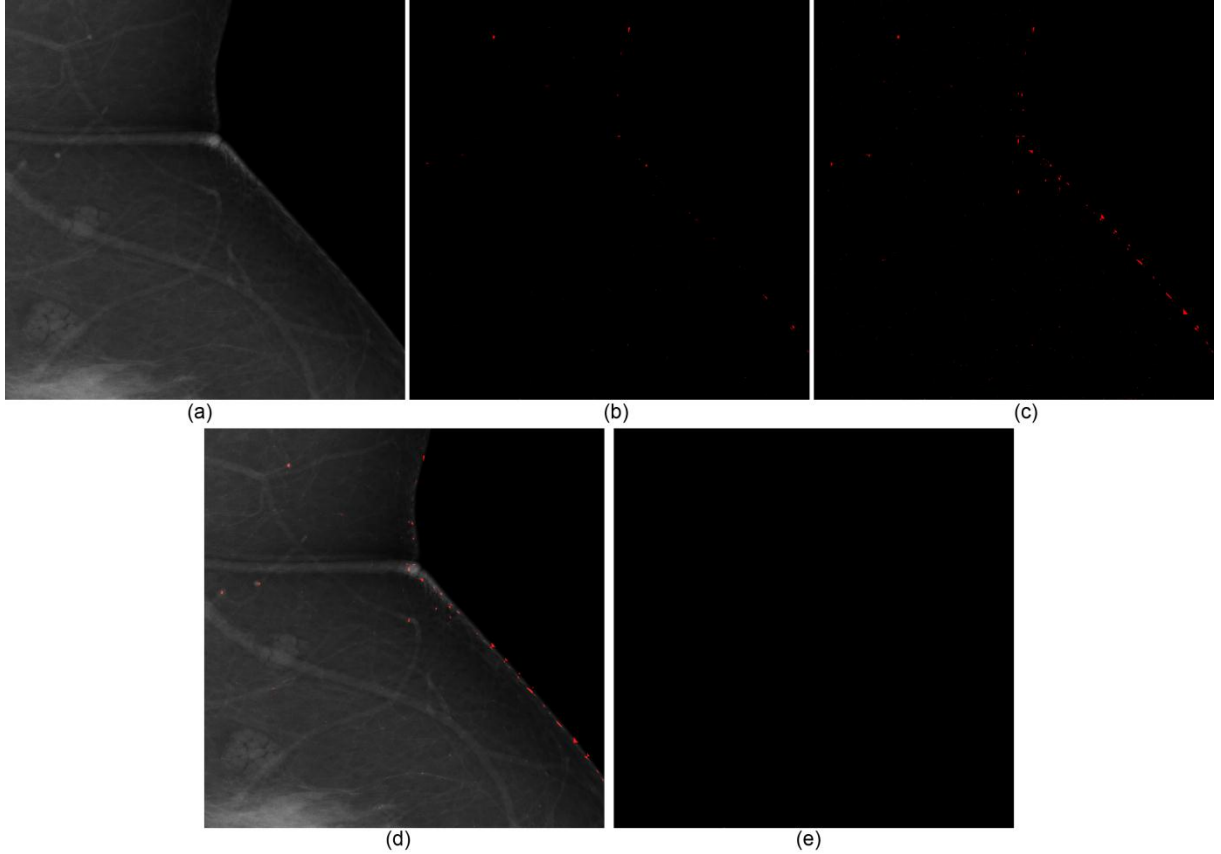


Şekil 3. 31 Meme kenarı

Bilgisayar ekranı yalnızca 3 renkte ışık yayabilmektedir. Bu yüzden bilgisayarlar için oluşturulan yazılımlar bu 3 renge göre çalışmaktadırlar. Bu 3 rengin her biri bir bandı ifade eder. Kullanılan 3 renk kırmızı, yeşil ve mavidir ve İngilizce baş harflerinden oluşan RGB kısaltması ile ifade edilir. RGB renk kodlamasındaki renklerin yoğunluğu 0 ile 255 arasındaki değerler ile ifade edilir. 0 hiç renk olmaması, 255 ile rengin tam olduğu anlamına gelmektedir. Örneğin RGB'ye göre 255, 0, 0 tam kırmızı anlamına gelmektedir. RGB kodlamasındaki değerlerin birbirine eşit olması, görüntünün gri tonlardan oluşan bir görüntü anlamına gelir.

Meme kenarlarındaki gürültüleri gidermek için geliştirilen algoritma, algoritmanın bu anına kadar değiştirilmiş yani, işlenmiş görüntü ile orijinal görüntüyü kıyaslama prensibi ile çalışmaktadır. İşlenmiş görüntüde MK'ye karşılık gelen piksellerin gri değeri RGB kodlamasına göre 255, 0, 0 dır. Bu gri değeri dizisine sahip olan pikseller ile orijinal görüntüde aynı koordinata denk gelen pikseller kıyaslanmıştır. Orijinal görüntü gri

düzeyle bir görüntü olduğu için RGB renk kodlamasındaki değler birbirine eşittir. Aynı koordinattaki piksellerin RGB değleri orijinal görüntü için, 100, 100, 100 değlerinden küçük ise ve işlenmiş görüntüdeki RGB değleri 255, 0, 0 değrine sahip ise işlenmiş görüntünün ilgili pikseli RGB renk kodlamasına göre 0, 0, 0 yani meme dokusu (tam siyah) yapılmıştır (Şekil 3.32).



Şekil 3. 32: a: Orijinal görüntü b: Lokal eşik değ belirleme uygulanmış (64 piksel) görüntü c: Lokal eşik değ belirleme uygulanmış (32 piksel) görüntü d: Birleştirilmiş görüntü e: Görüntü işleme ile temizlenmiş görüntü

#### 3.4.4 Morfolojik Genişleme Operatörü ile MK'ların Büyütülmesi

Çalışmanın bu aşamasına kadar, mamografi görüntüsündeki, MK ile diğer meme dokuları birbirinden ayırt edilmiştir. Mamografilerde, radyologlar, tehlikeli olabilecek MK'ları çıkardıktan sonra teşhis için birçok yöntem kullanmaktadır. Bu yöntemlere göre verilen kararlar aşağıdaki gibidir [60];

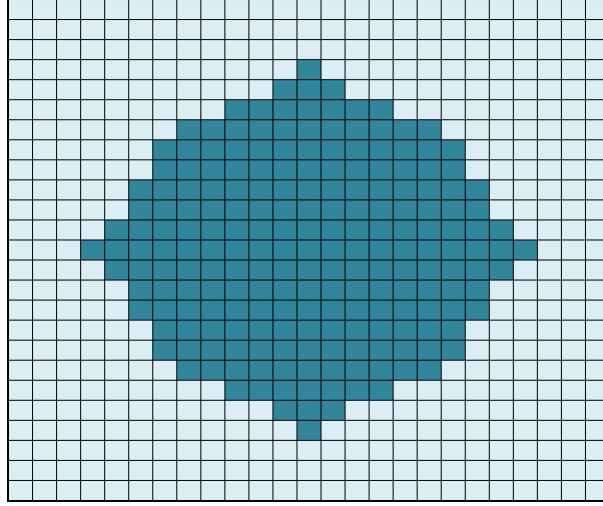
- Büyüklüğe göre;
  - o 2mm'den büyük olan MK'lar,

- 2mm'den küçük ancak lineer bir grup oluşturan MK'lar,
- Morfolojisine göre;
  - Heterojen yapıya sahip, genellikle açısız, sivri ve düzensiz şekiller oluşturan veya virgül şeklinde olan MK'lar
- Miktarına göre;
  - 1 cm<sup>2</sup> içerisinde 1 mm'de 5'den fazla MK bulunan yerler,
- Dağılıma göre,
  - Rastgele dağılım gösteren MK'lar
- Meme dokusuna göre,
  - Genellikle genç kadınlarda meme dokusu ile ilişkilendirmiş MK'lar

çoğunlukla kötü huyludur [60].

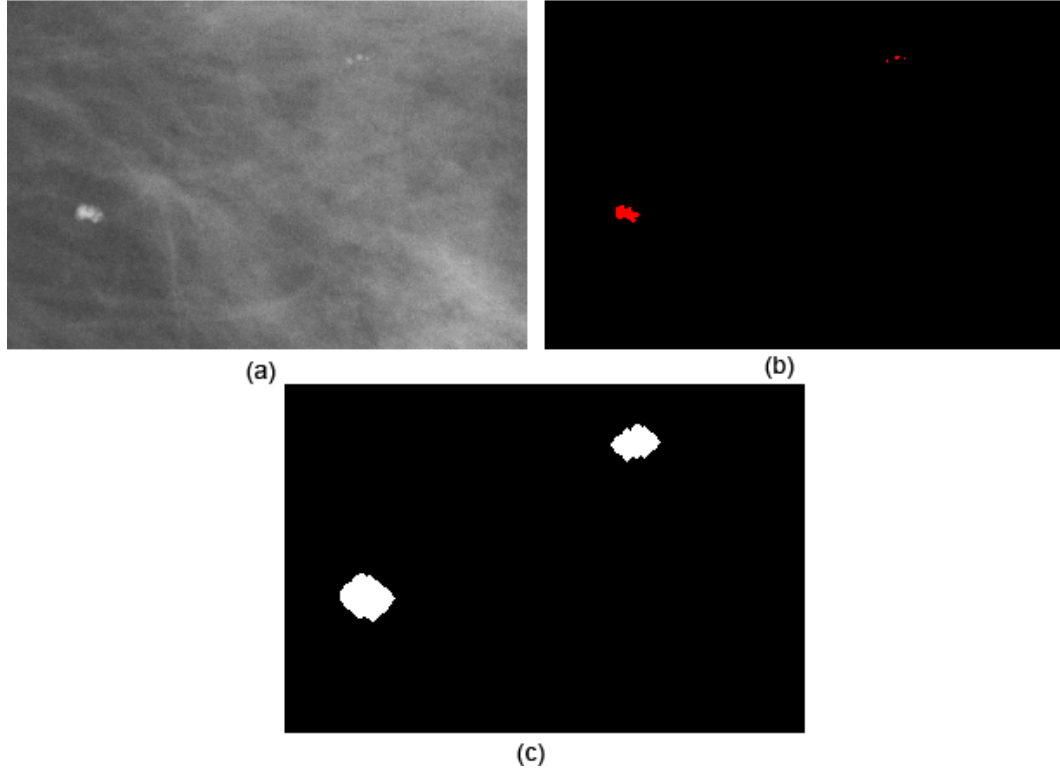
Bu yöntemlerden bir tanesi de MK'nın belirli bir yakınlık içerisinde birbirleri ile ilgili büyüklük farklarını incelemek ve buna göre karar vermektir [61]. Karar verme işlemi sırasında, eğer aynı bölge içerisindeki MK'ların büyüklükleri birbirlerinde sınır değerden fazla ise ve çeşitlilik gösteriyor ise bu MK'nın tehlikeli sonuçlar doğurabilecek bir MK olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışma bu prensibe dayanarak MK'ların türleri hakkında fikir yürütme amaçlı yapılmıştır.

Yapılan çalışmada MK'ların meme dokusundan ayırt edilmesinden sonra aynı alan içerisinde olan MK'ların birbirleri ile kıyaslanması ve büyüklüklerinin tespit edilebilmesi için bölge sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle yine morfolojik operatörlerden yararlanılarak MK'lar büyütülmüş ve sınırları belirlenmiştir. Belirlenen sınırlar, birbirlerine çok yakın olan MK'lar için üst üste gelmiş ve ortak bir sınır oluşturmuştur. Böylelikle, birbirine yakın olan MK'ların aynı sınır içerisinde kalması ve analiz edilmesi sağlanmıştır. Matematiksel morfolojik operatör tercihi, MK boyutundaki büyütme gerekliliğinden dolayı "genişleme" operatörü olarak yapılmıştır.



Şekil 3. 33 Kullanılan ikili kodlanmış yapıtaşı elemanı

MK'ların dairesel yapısından dolayı Genişleme operatöründe daire formunda yapıtaşı elemanı kullanılmıştır. Yapıtaşı elemanının büyüklüğüne, uzman radyologlar tarafında verilen bilgiler ve deneysel çalışmalar sonucunun 19x19 piksel olarak karar verilmiştir. 19x19 piksellik büyüklük MK'ların grup olarak adlandırılması için gerekli olan sınır büyüklük değeridir. Piksel büyüklüğünün daha küçük seçilmesi durumunda, birbirine yakın olmasına rağmen MK'ların büyüklükleri aynı alanda olmadığı için kıyaslanamayacak ve habis MK olarak nitelendirilemeyecektir. Daha büyük seçilmesi durumunda ise, birbirlerinden uzak olan MK'lar analize dâhil edilecek ve aslında habis olmayan MK'lar habis olarak nitelendirilecektir. Büyültme işlemi sonucunda elde edilen görüntüler Şekil 3.34'deki gibidir.



Şekil 3. 34 a: Orijinal görüntü, b: Lokal eşik değeri belirlenmiş görüntü, c: Morfolojik operatör uygulanmış görüntü (64 piksel)

#### 3.4.5 Kenar Yakalama Operatörü İle MK Grup Sınırlarının Belirlenmesi

Objelerin morfolojik operatörler ile büyütülme sebebi daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi obje gruplarının sınırlarını belirlemektir. Ancak işlenen görüntü ile orijinal görüntü birleştirildiği zaman büyütülen MK grupları daha sonra analiz için kullanılacak olan MK'ların üstünü kapatacaktır. Bu yüzden işlenmiş görüntü üzerinde, kenar yakalama operatörü kullanılarak MK grup sınırları belirlenmiştir.

Sunulan tez çalışmasında kenar yakalama ikili kodlanmış bir görüntü üzerinde kullanılmıştır. Bu nedenle, uygulanacak kenar yakalama operatörü tercihiinde yaygın olan, hızlı çalışan ve kolay kodlanabilen olma ölçütleri göz önüne alınmıştır [62].

Yapılan araştırmada yukarıda belirtilen özellikleri sebebiyle, en uygun kenar yakalama sonucunun, yaygın kenar yakalama operatörlerinden olan sobel kenar yakalama operatörü olduğuna karar verilmiştir. Literatürde yer alan diğer kenar yakalama operatörleri aşağıdaki gibidir;

- Prewitt

- Kirsch
- Laplace
- Marr-Hildreth
- Canny
- Shen-Castan [63]

Sobel kenar yakalama operatörü, görüntüde, hem kenar yakalama hem de gürültü giderme işlemlerini beraber yapabilen bir operatördür [64]. Sobel kenar yakalama operatörü, piksellerin büyüklüklerinin arasındaki farkların ağırlıklarını hesaplayarak çalışmaktadır [64]. Birçok kenar yakalama operatörü gibi sobel de 3x3 pikselden oluşan bir çekirdek matris ile daha hassas sonuç verdiği için 3x3 lük çekirdek matris kullanılarak uygulanmıştır.

|       |       |       |      |      |      |     |     |      |
|-------|-------|-------|------|------|------|-----|-----|------|
| $A_0$ | $A_1$ | $A_2$ | $1$  | $2$  | $1$  | $1$ | $0$ | $-1$ |
| $A_7$ | $X,Y$ | $A_3$ | $0$  | $0$  | $0$  | $2$ | $0$ | $-2$ |
| $A_6$ | $A_5$ | $A_4$ | $-1$ | $-2$ | $-1$ | $1$ | $0$ | $1$  |
| (a)   |       |       | (b)  |      |      | (c) |     |      |

Şekil 3. 35 a: Pikel dizilimi, b: Sobel X yönündeki filtreleme, c: Sobel Y yönündeki filtreleme

Şekil 3.35’de, verilen piksel dizilimine göre X,Y de bulunan pikselin yeni gri değerini belirlemek için,

$$X = (A_0 + 2A_1 + A_2) + (A_6 + 2A_5 + A_4) \quad (3.4)$$

$$Y = (A_0 + 2A_7 + A_6) + (A_2 + 2A_3 + A_4) \quad (3.5)$$

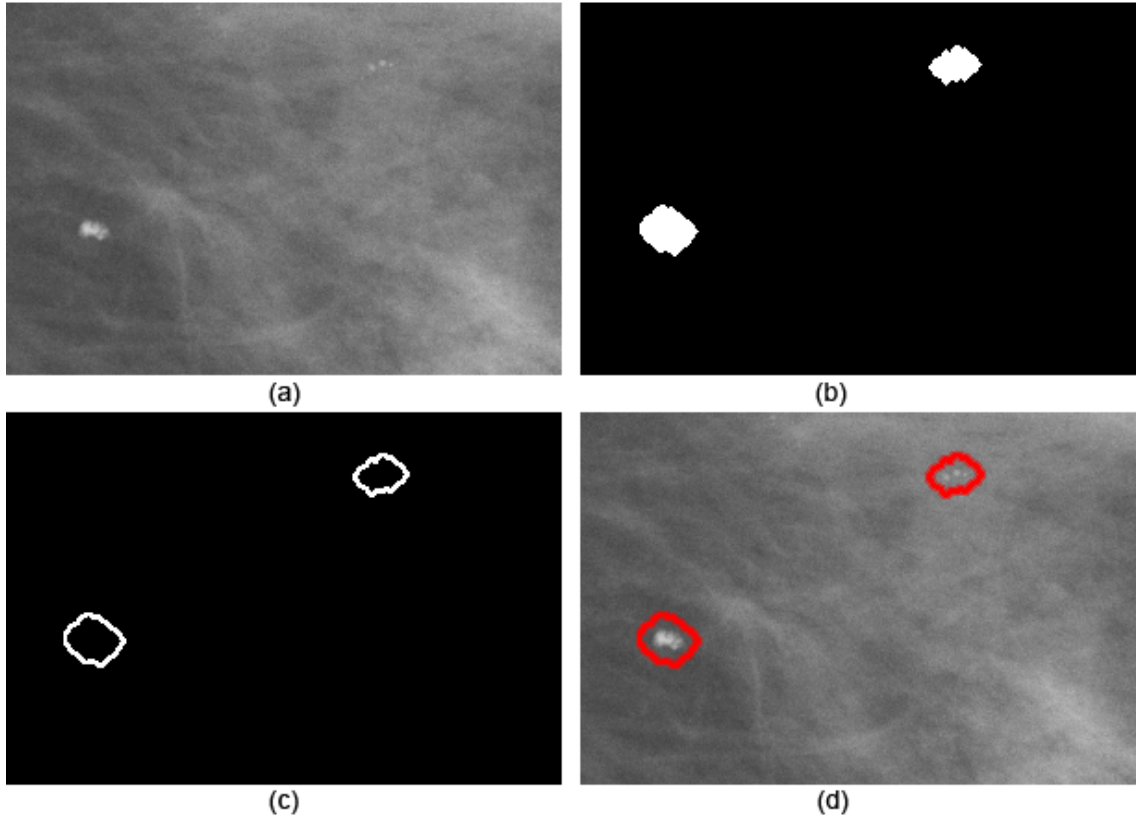
İşlemleri gerçekleştirilir. Daha sonra elde edilen gri değer ise,

$$G = [f(i,j)] = \sqrt{(X^2 + Y^2)} \quad (3.6)$$

$$G = [f(i,j)] = |X + Y| \quad (3.7)$$

bağıntıları ile hesaplanır. Sobel kenar yakalama algoritmasının uygulanmasından sonra oluşan görüntü şekil 3.36’de sunulmuştur. Sobel kenar yakalama operatörünün

uygulanmasından sonra da orijinal görüntü ve işlenmiş görüntü daha önce kullanılan görüntü toplama yöntemi ile birleştirilmiştir. Bu aşamadan sonra yapılacak analizler için görüntü birleştirilirken işlenmiş görüntüdeki MK grup sınırlarının RGB değeri 255, 0, 0 olarak değiştirilmiştir (Şekil 3.36:d).



Şekil 3. 36 a: Orijinal görüntü, b: Tüm görüntü işleme operatörlerinin uygulandığı görüntü, c: Sobel kenar yakalama operatörü uygulanmış görüntü, d: Birleştirilmiş görüntü

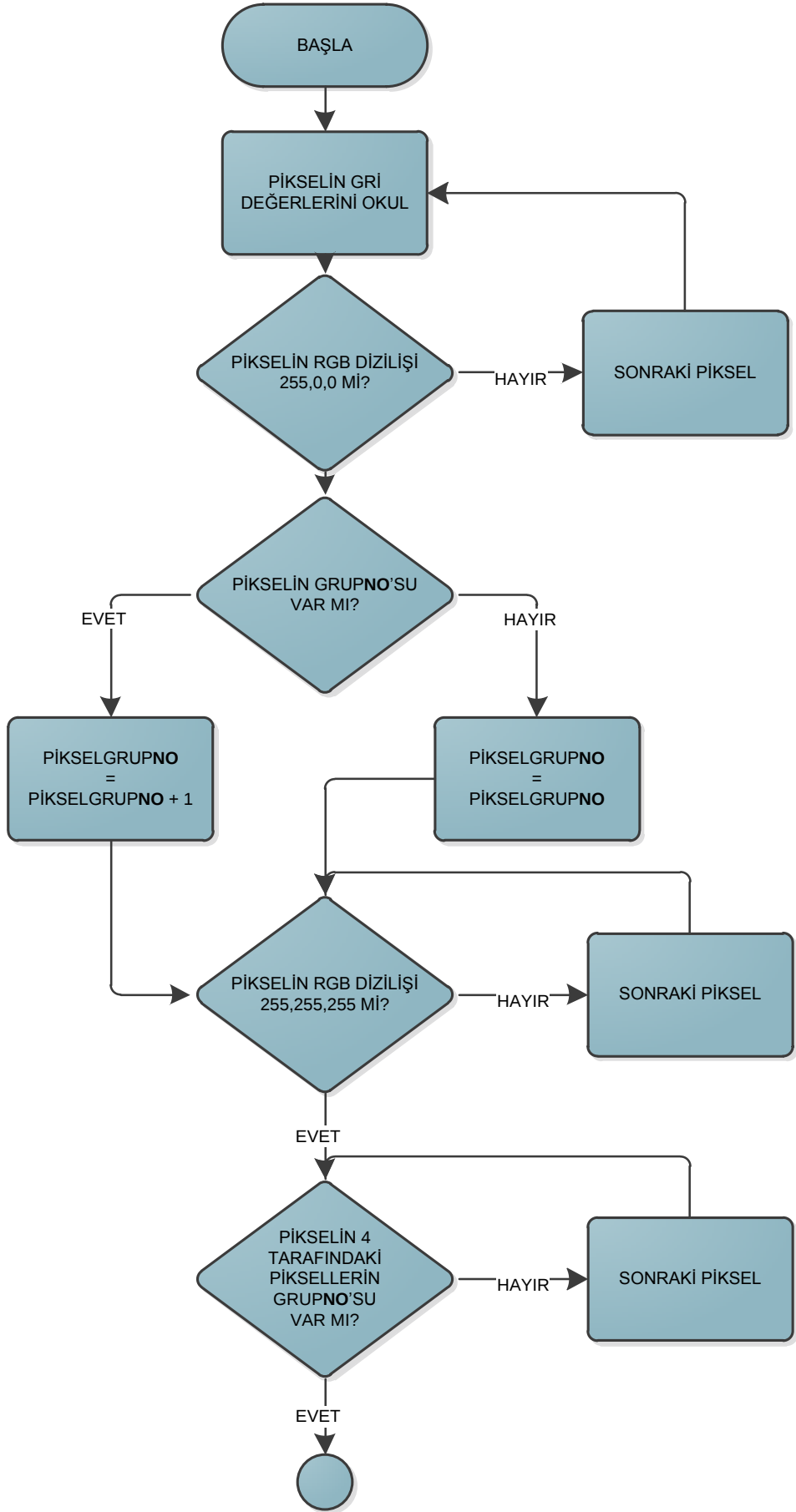
#### 3.4.6 MK'ların Türü İle İlgili Yapılan Analiz

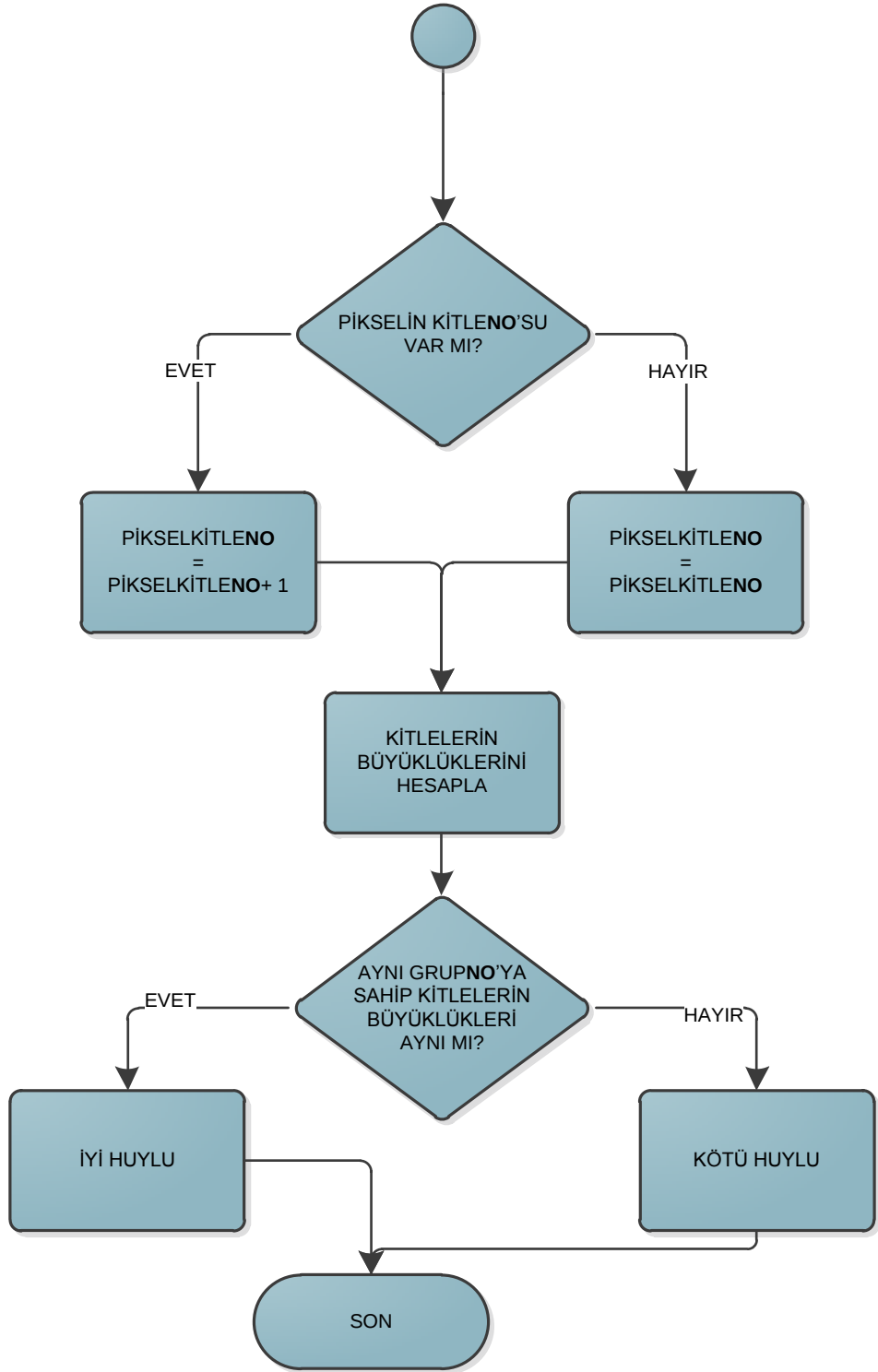
Sunulan tez çalışmasında MK grup sınırları ve gruplarının belirlendiği bu aşamadan sonra, aşağıdaki sıralama ile MK'ların iyi ya da kötü huylu olması durumu hakkında analiz yapılmıştır.

- Grupların görüntüde belirlenmesi ve farklı gruplar farklı renklerle boyanması
- Grupların sınırları belirlenmesi
- Grup içine lokal eşik değer belirlenmesi
- Gruplar içerisindeki MK'ların belirlenmesi

- MK gruplarının belirlenmesi
- MK'ların piksel olarak büyüklüğünün hesaplanması
- Hesaplanan MK büyüklüklerinin birbirleri ile kıyaslanarak karar verilmesi
- Verilen karara göre görüntünün farklı renklerde tematize edilmesi.

Şekil 3.37'da yukarıda özetlenen analizin akış diyagramı bulunmaktadır.





Şekil 3. 37 Analiz genel akış diyagramı

#### 3.4.6.1 Grupların Belirlenmesi

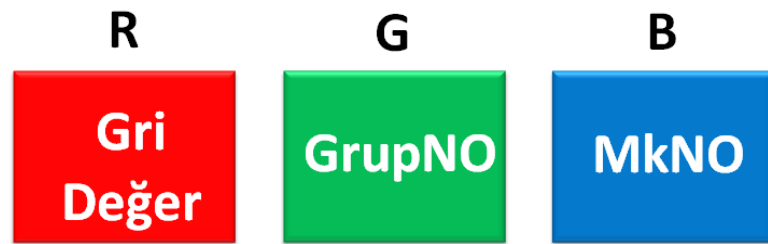
Birleştirilen orijinal görüntü ile işlenmiş görüntü, (Şekil 3.36:d) çalışmanın bu aşamasından sonra gruplandırılmış görüntü olarak adlandırılmıştır. Görüntü türlerinden

özellikle jpg görüntü türünün sıkıştırma algoritması yüzünden (jpg, bmp, tiff, vb.) kaynaklanabilecek renk hatalarının giderilmesi için, görüntüdeki renk kodlaması,

Kırmızı >200 ve Yeşil <200 ve mavi <200

Koşulunu sağlayan piksellerin renk kodlaması tam kırmızı yani 255, 0, 0 olarak değiştirilmiştir.

Mamografi görüntüsü gri düzeyli bir görüntüdür. Diğer bir deyişle tek bantlıdır. Fakat sunulan tez çalışmasında MK'ların türsel analizinin yapılabilmesi amacıyla her bantı aynı gri ton değerine sahip RGB görüntüsü üretilmiştir. Görüntünün R değeri, mamografi 'deki orijinal gri değerleri, G değeri aynı alan içerisinde kalan MK'nın grup numaralarını (GrupNO), B değeri de MK 'ların birbirinden ayrı ayrı değerlendirilmesi için kullanılan MkNO için kullanılmıştır. RGB değerinin bu şekilde kullanılması, algoritmanın çalışma sürecinde düzenliliğe dolayısı ile hız artışına neden olmaktadır. Bu kullanım biçimi sunulan tez çalışmasındaki önemli noktalardan biridir. Aşağıda detaylı olarak bu kullanım şekli anlatılmıştır (Şekil 3.38).



Şekil 3. 38 Grup numaralarının saklanması için kullanılan RGB kodlaması

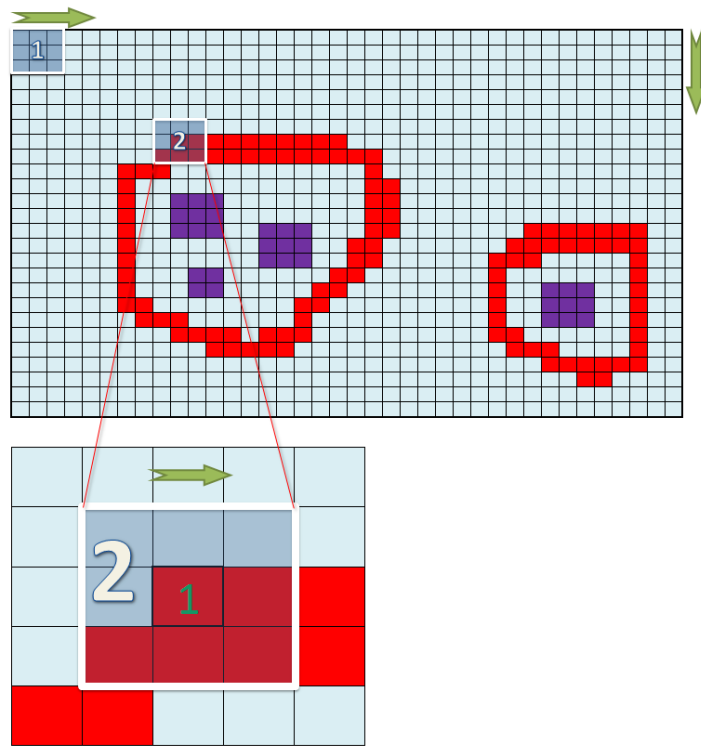
Gruplandırılmış görüntüde, renk hataları giderildikten sonra, her bir MK grubuna bir numara verilmiştir. Numaralandırmanın amacı, analizleri her bir piksel grubu için ayrı ayrı yaparak işlem kolaylığı sağlamaktır. Bu nedenle, kırmızı, yeşil, mavi renk kodlamasındaki yeşil değeri MK grup numarası (GrupNO) olarak kullanılmıştır. Daha sonra görüntüde, 255, 0, 0 RGB renk kodlamasına sahip pikseller yani grup sınırlarını belirleyen pikseller aranmıştır. Aranılan renk kodlanması, bulunduğu zaman ilgili pikselin komşu pikselleri kontrol edilmiştir.

Yapılan çalışmada, 3.4.4 de anlatılan matematiksel morfoloji operatörünün yapıtaşı elamanı büyüklüğü 19 piksel olarak belirlenmiştir. Piksel komşuluğun bu değerden

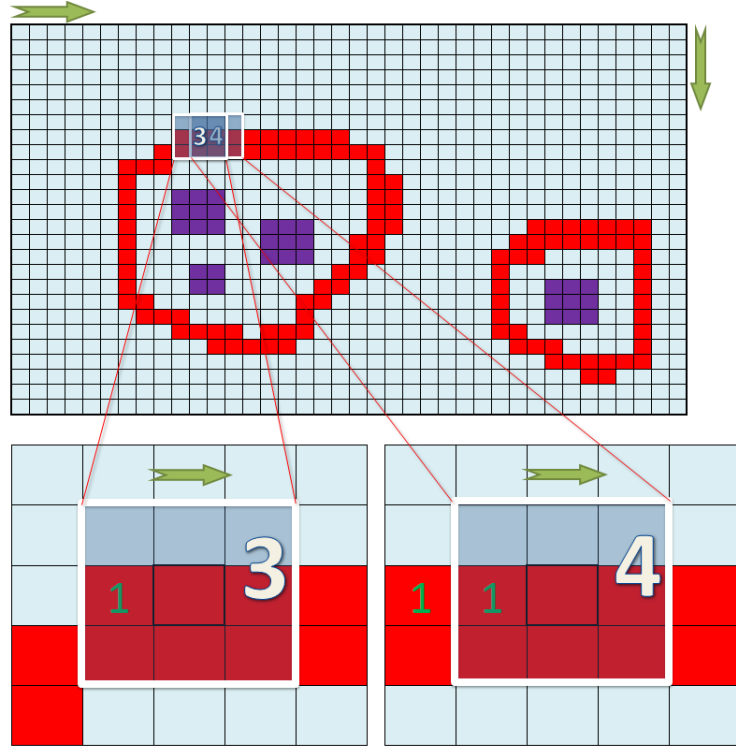
küçük olmaması gerektiği için işlem yapılan pikselin 25 piksel etrafındaki piksellerde kontrol işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu değerin 19 pikselden küçük seçilmesi, zaten en az 19 piksel büyüklüğünde olan MK grupları için fazladan kontrol yapmaya ve işlem hızını düşürmeye neden olacaktır. Kontrol işleminde,

- Eğer, işlem yapılan pikselin komşuları içerisinde GrupNO'su sıfırdan farklı olan piksel var ise, işlenen piksel de aynı GrupNO'sunu alır.

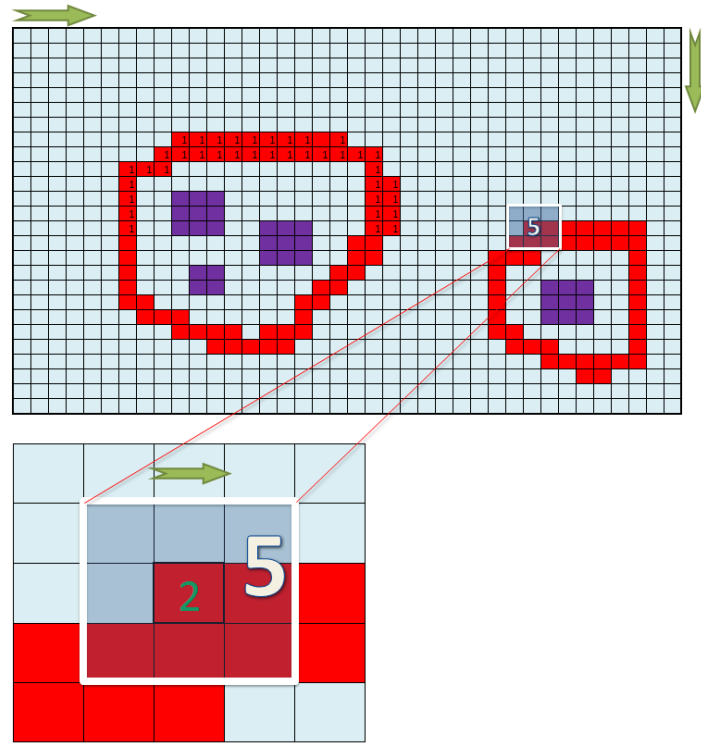
kuralı uygulanmıştır (Şekil 3.39). Piksele ait daha önceden bir GrupNO'sunun olması bu pikselin daha önce sınıflandırıldığı ve numaralandırıldığı anlamına gelmektedir. Aksi olması durumunda ilgili piksele kullanılmayan sıradaki yeni GrupNO verilir (Şekil 3.40). Şekil 3.39, Şekil 3.40, Şekil 3.41, Şekil 3.42 de yukarıda anlatılan algoritma gösterilmiştir. Şekillerde, gösterimin daha kolay anlaşılabilmesi için komşuluk yakınlığı 3 piksel olarak kullanılmıştır.



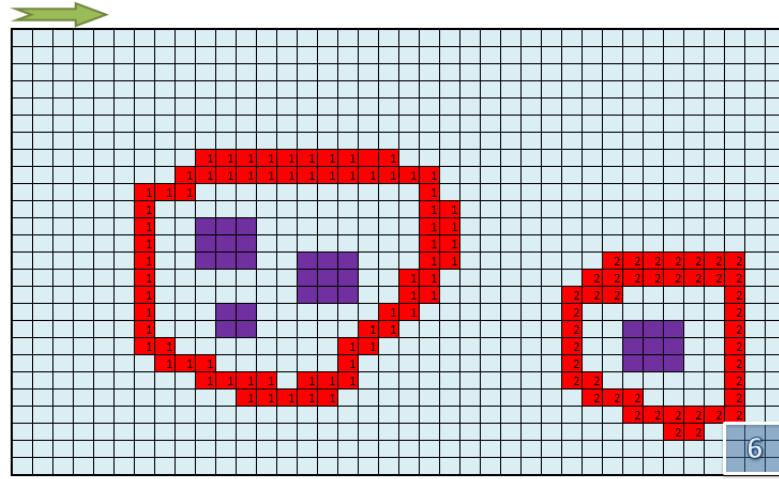
Şekil 3. 39 GrupNO'larının belirlenmesi (ilk numaranın verilmesi)



Şekil 3. 40 Aynı GrupNO'nun belirlenmesi



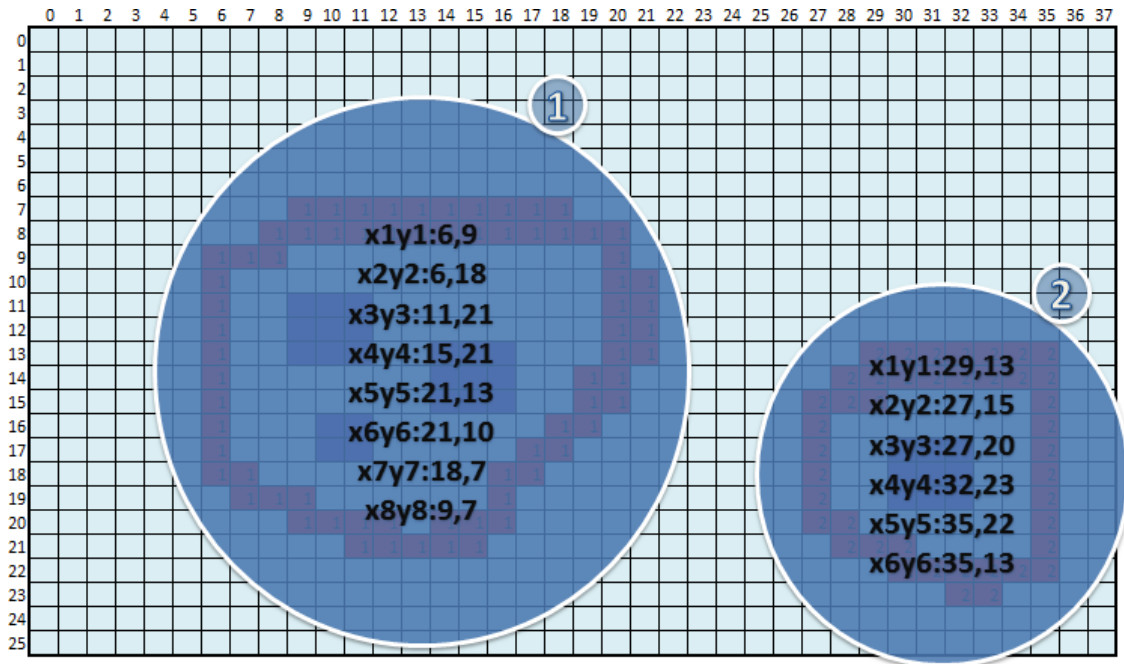
Şekil 3. 41 Sıradaki GrupNO'nun belirlenmesi



Şekil 3. 42 GrupNO'larının belirlenmesi sonucu

### 3.4.6.2 Grupların Sınırlarının Belirlenmesi

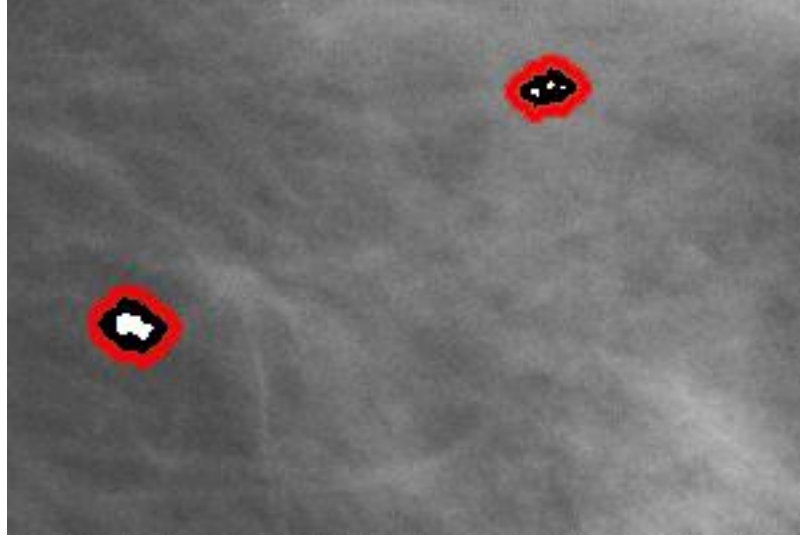
Çıkarılan ve RGB renk kodlamasındaki yeşil değerine GrupNO'su yazılan grupların sınırları, görüntü koordinatları olarak belirlenmiştir. Bu işlem algoritmanın daha sonraki kısımlarında sınıfların içinde yer alan MK'ların sayılması sırasında işlem hızını arttırmak için yapılmıştır (Şekil 3.43).



Şekil 3. 43 Grup Sınırlarının kayıt edilmesi

#### 3.4.6.3 Grup İçinde Lokal Eşik Değer Belirleme Yönteminin Uygulanması

Grupların içerisindeki MK'ların piksel sayısının belirlenmesi için ikili kodlanmış bir görüntü elde edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, yapılan çalışmanın daha önceki kısımlarında kullanılan ve yapılan çalışmanın özgün noktalarından birisi olan lokal eşik değer belirleme yöntemi uygulanmış görüntü kullanılmıştır.

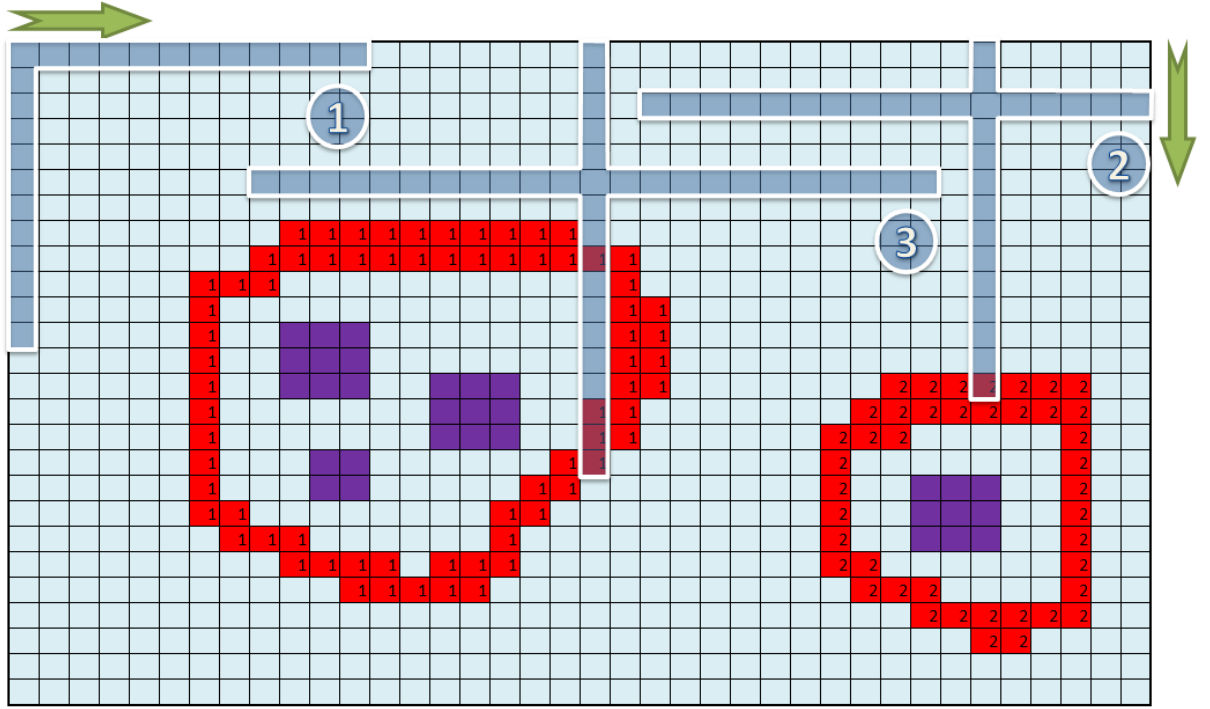


Şekil 3. 44 Grup içerisinde lokal eşik değer belirleme işlemi

#### 3.4.6.4 Grup İçinde MK'ların Belirlenmesi

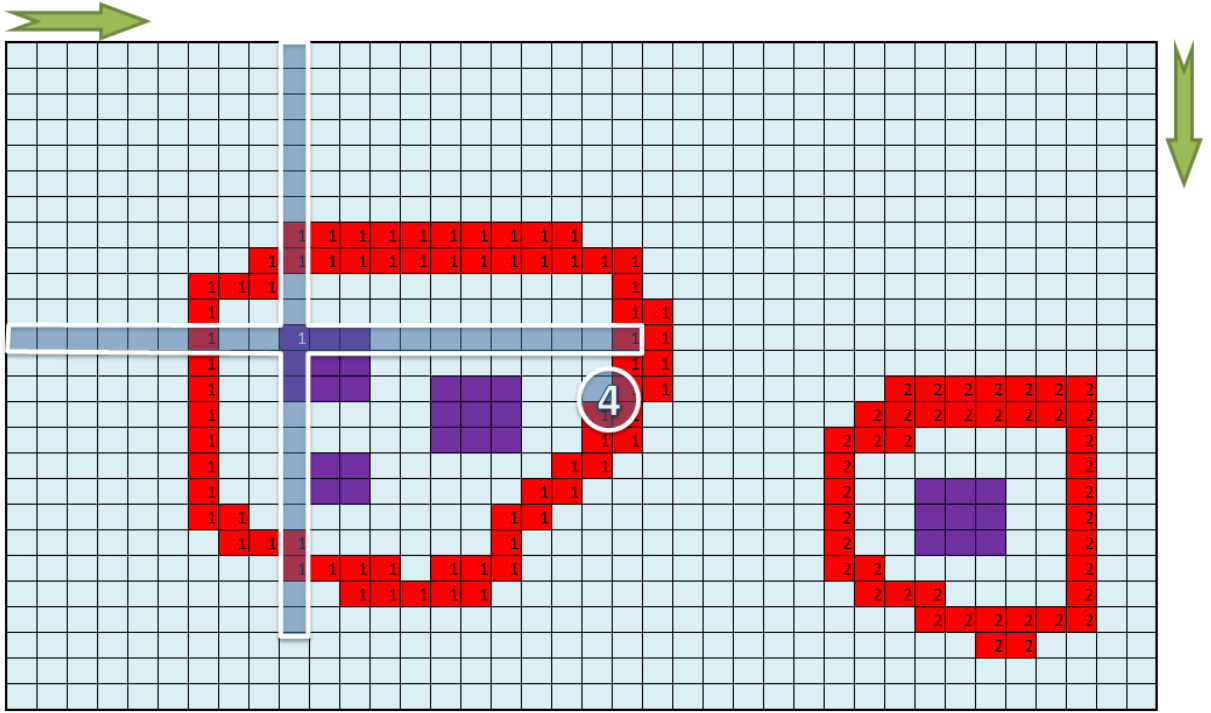
Gruplar içerisindeki MK'ların belirlenebilmesi için, lokal eşik değer belirleme yöntemi kullanılmıştır. Orijinal görüntünün lokal eşik değer belirleme yönteminden geçirilmiş hali, bu aşamada analiz için kullanılacaktır. Bu görüntünün tercih edilme sebebi, MK'ların bu görüntüden önce meme dokusunda tam olarak ayırt edilmiş ve gri düzey farklılıklarından ötürü oluşan karmaşıklığın giderilmiş olmasıdır (Şekil 3.45).

Lokal eşik değer belirleme ile işlenmiş olan görüntü üzerinde, MK olarak sınıflandırılmış her bir piksel, analiz için kontrol edilmiştir. Yapılan çalışmada, kontrol işlemi için belirlenen piksel büyüklüğü 25'dir. Büyüklüğün 25 piksel seçilme nedeni, piksel komşuluk değerinin 25 piksel seçilmesi ve bu büyüklük dışında aynı GrupNO'ya sahip MK'nın bulunma ihtimalinin bulunmamasıdır. Kontrol yapılırken, MK olarak sınıflandırılmış pikselin dört yönünde tampon alan kadar (25 piksel) kontrol yapılmıştır (Şekil 3.46).



Şekil 3. 45 Alt grupların belirlenmesi

MK olarak sınıflandırılmış piksele gelindiği anda, pikselin dört yönünde bulunan tampon alandaki pikseller içerisinde herhangi bir GrupNO'ya sahip olan piksel var mı diye kontrol edilir. Olmaması durumunda, "MK bir işaretli Grup içerisinde değildir" kararı verilir ve sonraki piksele geçilir. Pikselin dört yöndeki tampon alanı kadar bakılan bölgede bir GrupNO ye rastlanması durumunda, GrupNO'lar birbiri ile kıyaslanır. Dört yönün dördünde de aynı GrupNO'ların olmaması yine, "MK bir işaretli Grup içerisinde değildir" kararının verilmesine neden olur ve sonraki piksele geçilir. Dört yöndeki GrupNO'larının aynı çıkması durumunda ise, "MK bir işaretli Grup içerisinde" kararı verilir (Şekil 3.46 ve Şekil 3.48). Verilen bu karar sayesinde bu aşamadan sonra MK'ların birbirleri ile olan büyüklük farklılıkları aynı bölge için kontrol edilebilecektir.



Şekil 3. 46 Alt grupların belirlenmesi (Bulunan MK)

Dört yönde bakılan piksel grubu görüntü kenarlarında kontrol edilecek piksellerin görüntü sınırlarına çıkması nedeniyle yaşanabilecek sorunlara karşı korumalı bir şekilde görüntü üzerinde analiz yapılmıştır (Şekil 3.45: Durum1, Durum2, Durum3). İşlem yapılan pikselin kenarlara belirlenen tampon boyundan daha yakın olması durumunda, yakınlık yönünde yakınlık miktarı kadar tamponu küçültülmüştür.

Şekilde tampon büyüklüğü, gösterim kolaylığı açısından 11 piksel olarak belirlenmiştir.

#### 3.4.6.5 Grup İçerisindeki MK'ların Numaralandırılması

MK'nın bir Grup içerisinde olduğu kararının verilmesinden sonra, MK'ların ayrı ayrı büyüklüklerinin belirlenebilmesi için her bir MK'nın hangi gruba ait olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Kaçıncı MK olduğunu belirlemek için MkNO'su kullanılmıştır. MkNO daha önceki kullanıma benzer olarak görüntünün kırmızı, yeşil, mavi kodlamasının içinde tutulmuştur. Kırmızı renk değeri, yeşil, GrupNO için kullanıldığı için, mavi MkNO'su için kullanılmıştır. Böylece bu aşamadan sonra MK'a ait her bir pikselin hem MkNO'su hem de GrupNO'su vardır.

Algoritma ve yazılım tarafından her bir MK'nın grup içerisinde diğerlerinden farklı bir MK olarak tanımlanabilmesi amacıyla, MK çıkarılan pikselin MkNO'su henüz olmadığı için ilgili pikselin MkNO'su 1 olarak atanmıştır (Şekil 3.48 ve Şekil 3.49).

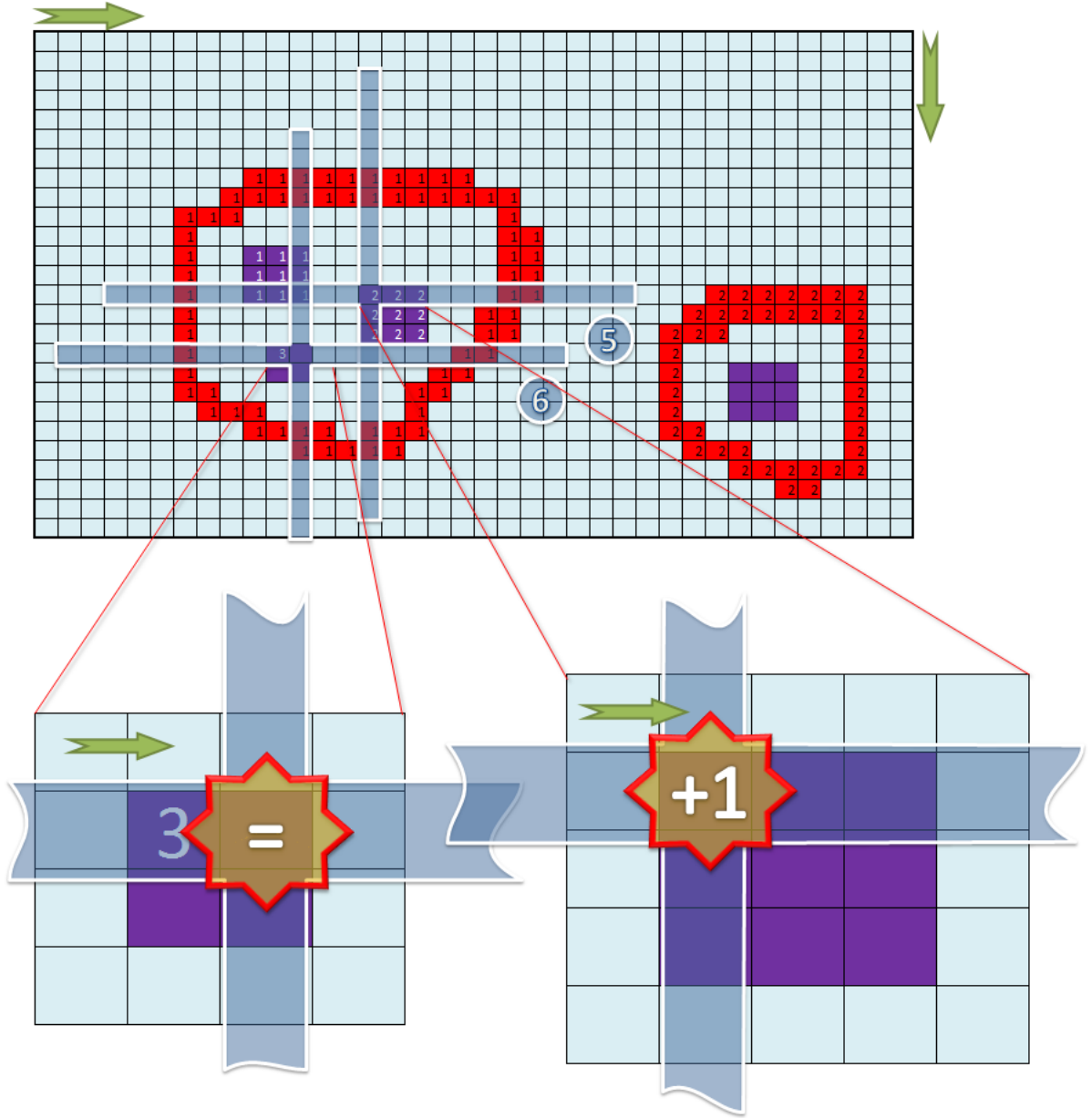
Bir sonraki, koşulu sağlayan pikselde, ilgili pikselin ikişer piksel uzağında olan pikseller kontrol edilmiştir. İlgili pikselin ikişer piksel kadar uzağında bir MkNO'ya sahip piksel var ise aynı MkNO'su, yok ise bir sonraki MkNO'su verilmiştir (Şekil 3.48 ve Şekil 3.49). İki pikselin sınır değer olarak tercih edilme sebebi bu büyüklükten daha yakın olması durumunda MK'ların aynı MK olarak nitelendirilmesidir. Aynı yöntem ile tüm MK'lara kırmızı, yeşil, mavi renk kodlamasına göre bir kimlik verilmiştir. Oluşan kimlik detaylı olarak,

- Kırmızı: Pikselin renk değeri
- Yeşil: Pikselin GrupNO'su
- Mavi: Pikselin MkNO'su

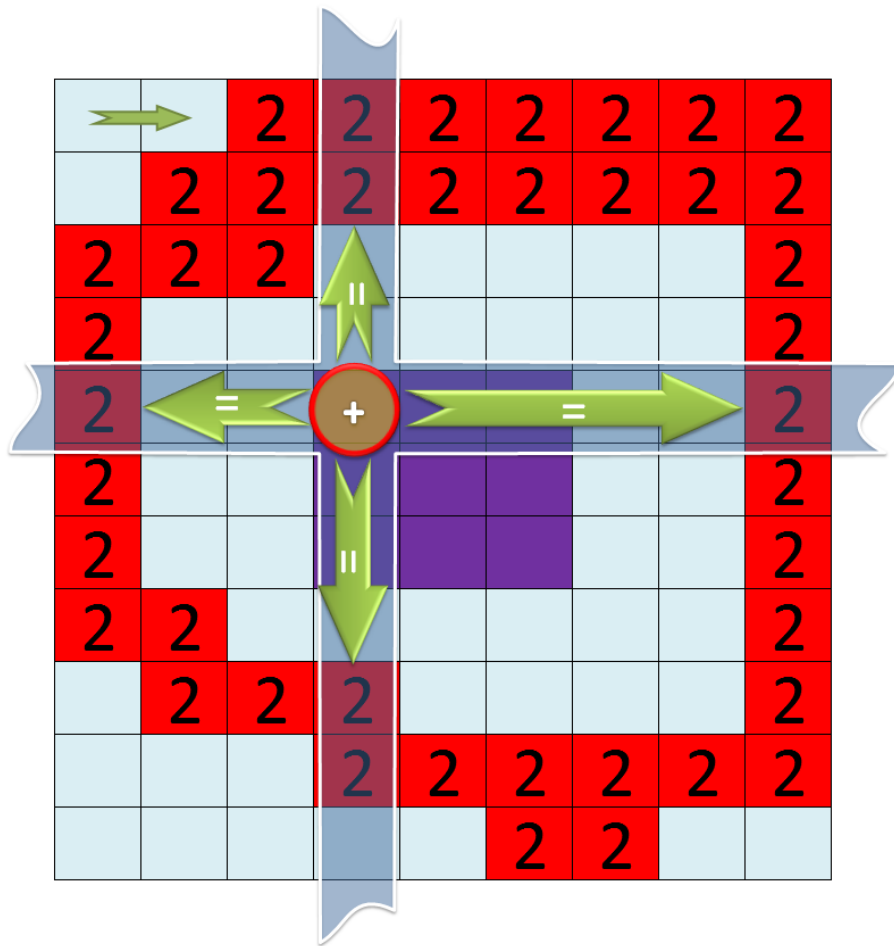
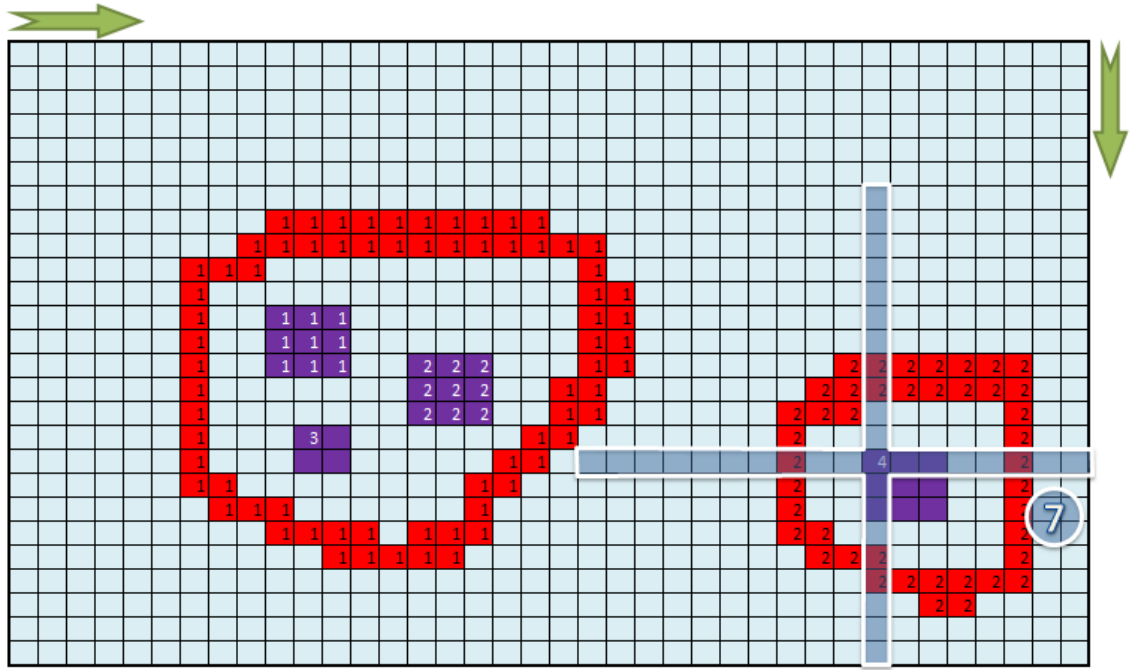
Şeklindedir (Şekil 3.47).



Şekil 3. 47 Grup numaralarının saklanması için kullanılan RGB kodlaması



Şekil 3. 48 MkNO'nun belirlenmesi (Bulunan MK)



Şekil 3. 49 MkNO'nun belirlenmesi (Bulunan MK)

#### 3.4.6.6 MK'ların Büyüklüklerinin Hesaplanması

MK'ların numaralandırılması ile grup numaralarının verilmesinden sonra, her bir MK'nın büyüklüğünün hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama sonucunda büyüklükler kıyaslanacak ve MK grubunun kötü huylu mu yoksa iyi huylu mu olduğu konusunda karar verilecektir.

Bu işlem için, aynı GrupNO'ya ve farklı MkNO'ya sahip MK'ların pikselleri tek tek toplanarak hesaplanmıştır.

#### 3.4.6.7 MK'ların Türüne Karar Verme

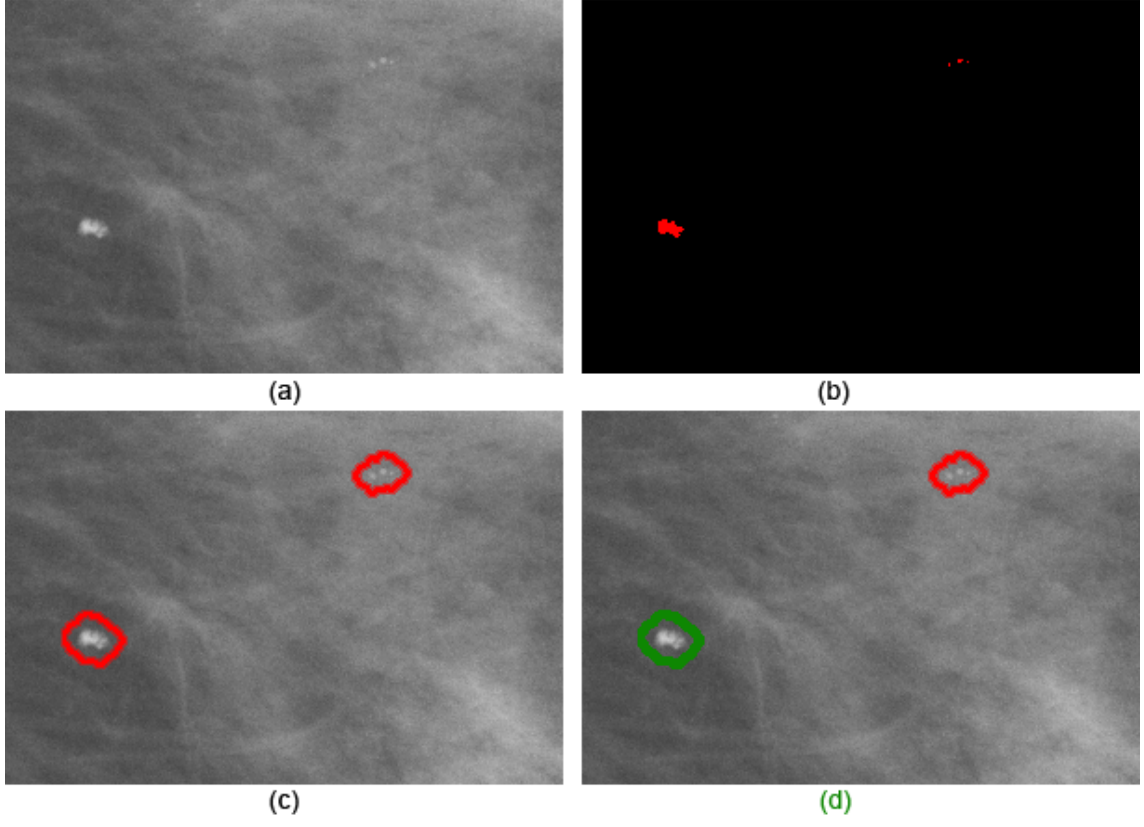
Sayımı yapılan MK'ların tipine karar vermek için, ilk aşamada aynı GrupNO'ya sahip birden fazla MK olup olmadığı kontrol edilmiştir. Kontrol sonucunda MK sayısının bir çıkması durumunda MK "iyi huylu" olarak sınıflanır ve hiçbir analizde kullanılmadığı için açık yeşil olarak boyanır.

Aynı GrupNO'ya sahip birden fazla MK olması durumunda karar vermek için,

$$\text{MK standart sapması} > \text{MK ortalaması} * 0,25 \quad (3.8)$$

Formülü kullanılır. Formül, algoritmanın oluşturulması aşamasında geliştirilmiştir ve doğruluğu deneysel sonuçlar ile radyolog hekimlerin verdikleri bilgiler sonucunda karar verilmiştir. Bu eşitsizliğin sağlanması durumunda, MK "köyü huylu" olarak sınıflanır ve kırmızı ya boyanır. Aksi olması halinde ise, MK "iyi huylu" olarak sınıflanır ve analiz yapılmış ancak "iyi huylu" kararı verilmiş anlamında yeşile boyanır.

Sunulan tez çalışmasında iki ayrı mamografi cihazından elde edilmiş iki ayrı çözünürlüğe sahip 30 görüntü üzerinde tam otomatik algoritma ve yazılım test edilmiştir. Test sonucunda ortalama %89,5 oranında doğruluk ile mamografi görüntülerinde MK çıkarılmıştır. Yazılımın çalışma süresi en çok MK sayısına sahip görüntülerde bile mamografi başına 5 dakikanın altında kalmaktadır.

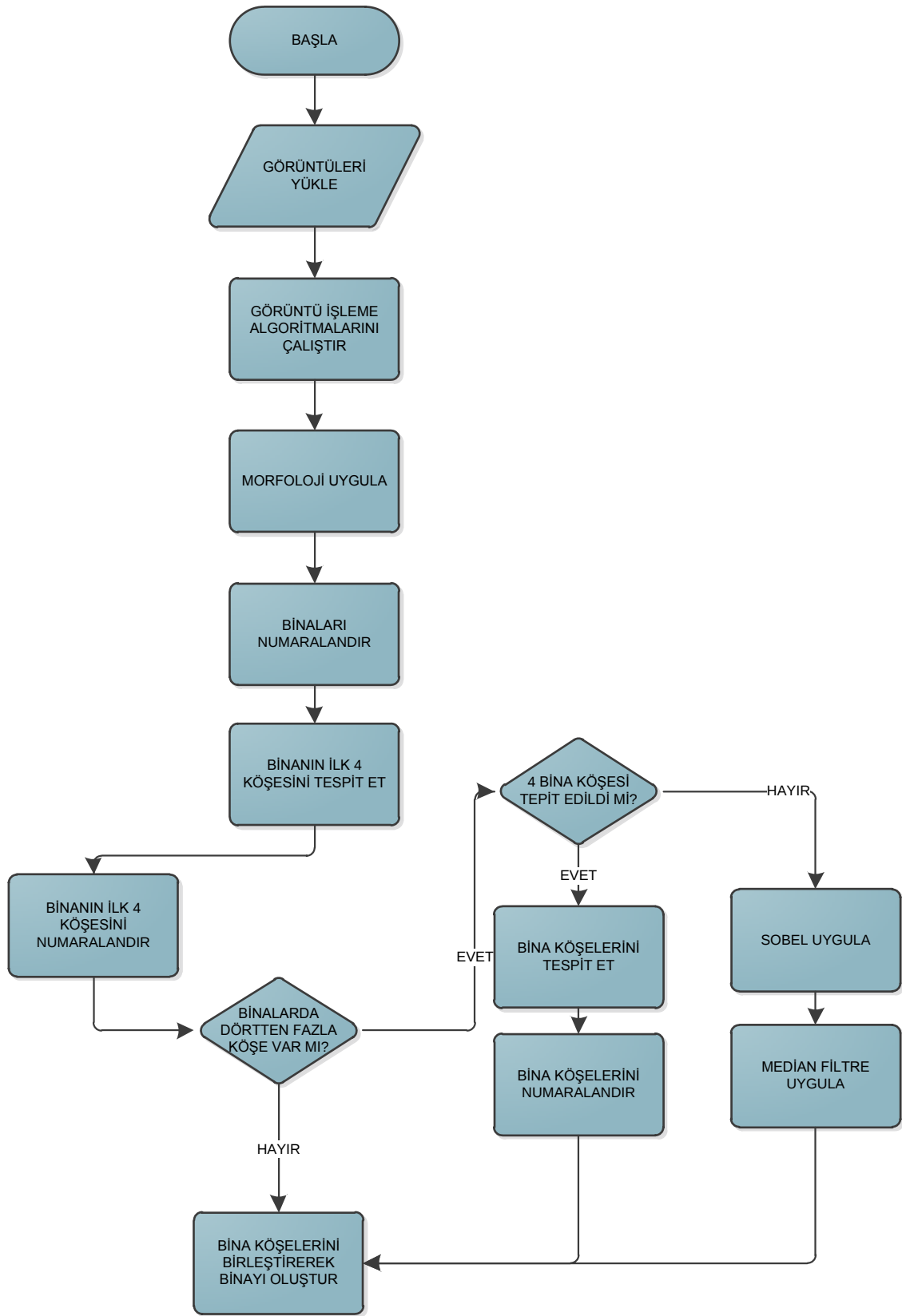


Şekil 3. 50 Tipine karar verilmiş MK.

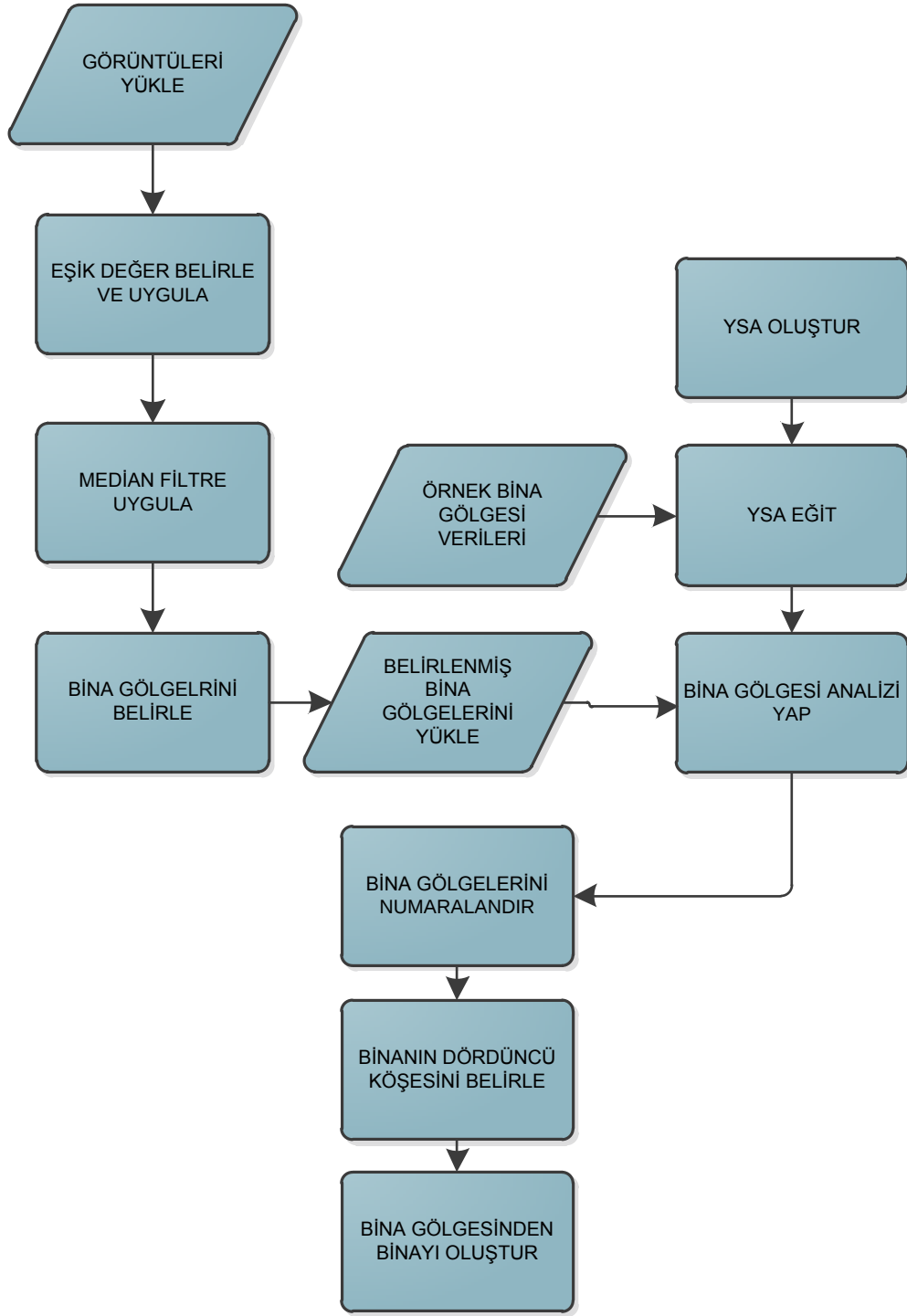
### UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN BİNA YAKALAMA

Sunulan tezde uydu görüntülerinden bina yakalama ile ilgili çalışmanın akış diyagramı Şekil 4.1’de verilmiştir. Yapılan çalışmada,

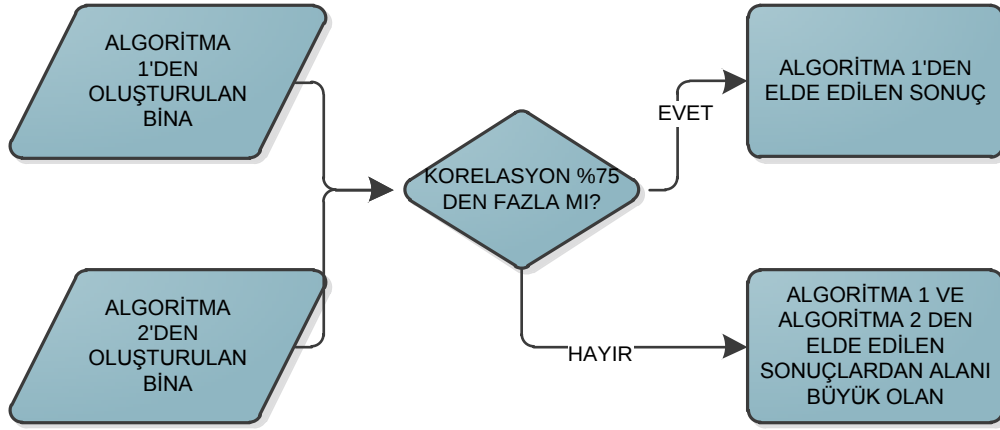
- 1. aşamada, görüntünün radyometrik özellikleri kullanılarak binalar görüntüden çıkartılmıştır.
- 2. aşamada binalar ana görüntüden çıkartılırken meydana gelen piksel hatalarının giderilmesi için, matematiksel morfolojik operatörler kullanılmıştır ve her bir binanın birbirinden ayrı ayrı değerlendirilebilmesi için binalar sanal olarak birbirinden numaralar ile ayrılmıştır.
- 3. Aşamada ayrılan her bir bina için bina türüne göre bina köşeleri tespit edilmiş ve köşelerin birleştirilmesi ile bina kenarları çizilmiştir.
- 4. Aşamada orijinal görüntüden, bina gölgeleri eşik değer ile ayırt edilmiş, median filtresi uygulanarak morfolojik özellikleri düzeltilmiştir.
- 5. Aşamada, bina gölgelerinin şekillerindeki bozulmalar YSA kütüphane kullanılarak düzeltilmiştir.
- 6. Aşamada, “L” şeklini almış bina gölgeleri dörtgen şekline tamamlanmış ve bina kenarları çizilmiştir.
- Son aşamada ise elde 3. Aşamada ve 6. Aşamada sonuçlar birleştirilerek binaların son hali elde edilmiştir.



Şekil 4. 1 Genel Akış Diyagramı (Algoritma 1)



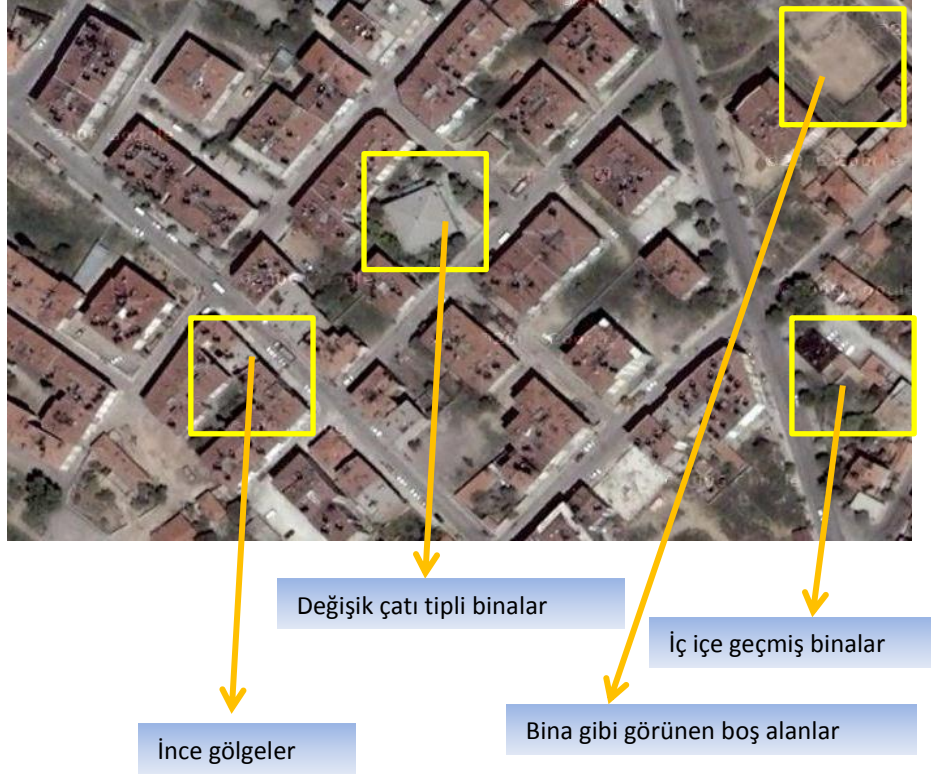
Şekil 4. 2 Genel Akış Diyagramı (Algoritma 2)



Şekil 4. 3 Genel Akış Diyagramı (Algoritma 1 ve Algoritma 2 Kararı)

#### 4.1 Sunulan Tez Çalışmasında Bina Yakalamada Karşılaşılan Başlıca Sorunlar

Sunulan çalışmada, uydu görüntülerinden binalar otomatik yakalanırken, binaların çatı renklerinden, gölgelerinden ve morfolojik şekillerinden yararlanılmıştır. Ancak görüntü üzerinde Şekil 4.4'de görüldüğü gibi, çoğunlukla kullanılan kiremit renginin dışındaki renge sahip çatılar, bina morfolojisine sahip olup fakat bina olmayan boş alanlar, gölgesi çok ince olan veya olmayan binalar ve ağaçlar vb. cisimlerin üstünü örttüğü, başlangıcı bitişi belli olmayan iç içe geçmiş binalar vardır. Bütün bu sorunların çözülebilmesi için sunulan tez çalışmasında özgün olarak geliştirilmiş ve tüm sürecin otomatik olarak çalışmasını sağlayan, matematiksel morfolojik operatörler, gölge analizleri, kenar yakalama operatörleri ve görüntü işleme algoritmaları kullanılmıştır. Bu algoritmalar tezin ilerleyen bölümlerinde anlatılacaktır.



Şekil 4. 4 Uydu görüntülerinden bina yakalamada karşılaşılan sorunlar

#### 4.1.1 Sunulan Tez Çalışmasında Geliştirilen Görüntü İşleme Operatörleri

Sunulan çalışmada Bölüm 4'ün başında bahsedildiği gibi, doğal renkli, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmıştır. Doğal renkli görüntülerde üç bandın yer alması, görüntünün, gri düzeyli görüntülere göre çok daha fazla bilgiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Bu nedenle gri düzeyli görüntüler yerine, doğal renkli görüntüler ile çalışılmıştır. Daha geniş spektral çözünürlüğe sahip, kızılötesi banda sahip görüntüler ile de çalışılıp daha iyi sonuçlar elde etmek mümkündür. Ancak yapılan çalışmadaki amaç kolay ulaşılabilir görüntülerde ve sadece doğal renkli görüntülerde binaların yakalanmasıdır.

İlk aşamada, uydu görüntüleri üzerinde yer alan standart çatı rengine sahip binaların görüntüden ayırt edilmesi yöntemi tercih edilmiştir. Bu nedenle, görüntü üzerindeki kırmızı, yeşil ve mavi bandlar için ayrı ayrı koşullar oluşturulmuştur. Koşulların sağlanması durumunda uydu görüntüsünden standart “kırmızı kiremit” li binalar ayırt edilebilmektedir. Oluşturulan koşullar;

- Kırmızı band gri değeri: K

- Yeşil band gri değeri: Y
- Mavi band gri değeri: M
- Eğer,  $120 < K < 255$  ve  $105 < Y < 175$  ve  $95 < M < 160$  ve  $|(K+Y+M)/3 - K| > 10$  ise; BİNA;
- Eğer,  $Y < 175$  ve  $160 < M < 200$  ve  $|(K+Y+M)/3 - K| > 10$  ise; BİNA;
- Eğer,  $(K - G) > 20$  ve  $(K - B) > 20$  ise; BİNA;

şeklindedir. Belirtilen üç koşulun da sağlanması durumunda oluşan görüntü ve orijinal görüntü Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



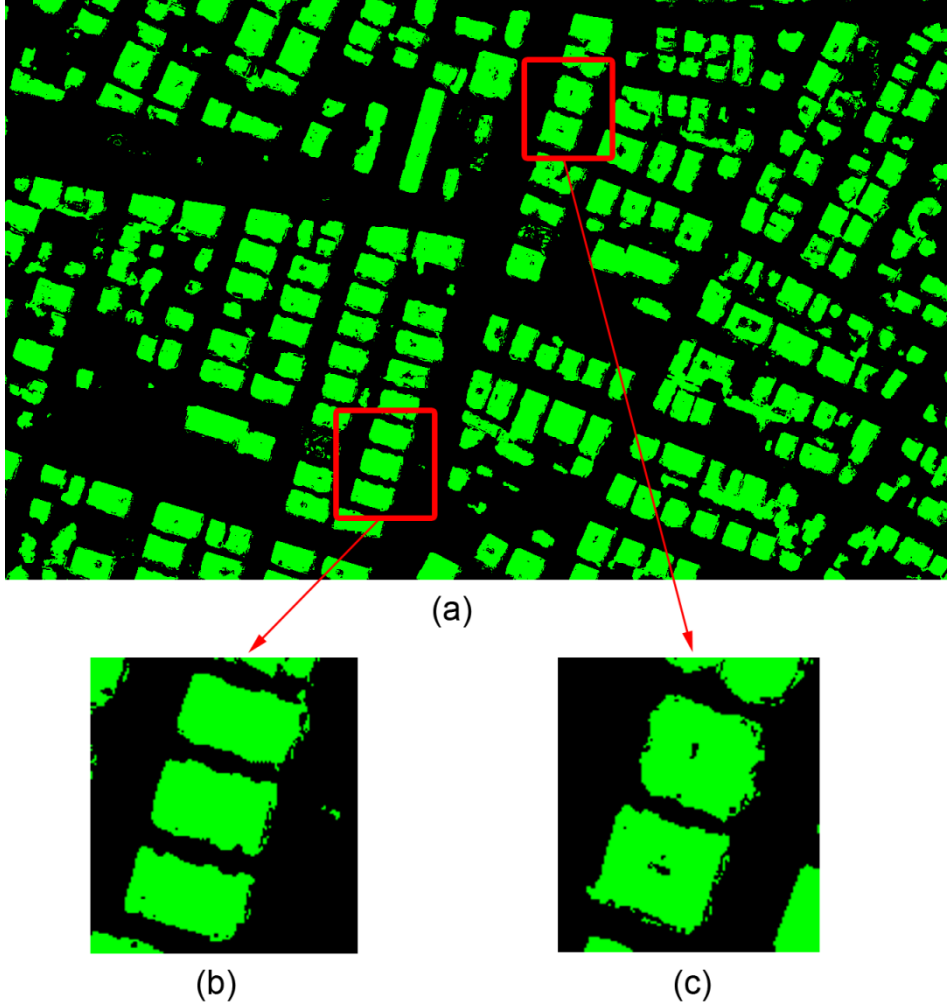
Şekil 4. 5 a: Orijinal uydu görüntüsü, b: Görüntü işleme koşulları uygulanmış sonuç görüntü

#### 4.1.2 Bina Ayırt Etme Sonuçlarını Geliştirmek İçin Kullanılan Morfolojik Uygulamalar

Orijinal görüntüye uygulanan görüntü işleme teknikleri görüntüden, çatı dışındaki bazı objelerin (ağaç, yol, taşıt vb.) de görüntüden ayırt edilmesine neden olmuştur. Ayrıca binaya ait bazı bölgelerin de uygulanan görüntü işleme teknikleri koşullarını da sağlamadığı görülmüştür. Karşılaşılan bu iki durumda çalışma için gürültü olarak nitelendirilebilir. Bu gürültüler iki durumda incelenmiş ve çözümler bu iki farklı duruma göre oluşturulmuştur.

- 1- Binaların kenarlarında oluşan gürültüler (Şekil 4.6:b).

- 2- Binaların içlerinde yer alan, kiremit renginde yansıma yapmayan ve çatı dokusuna dâhil olmayan (anten, çiçeklikler, bacalar vb.) objelerin oluşturduğu gürültüler (Şekil 4.6:c).

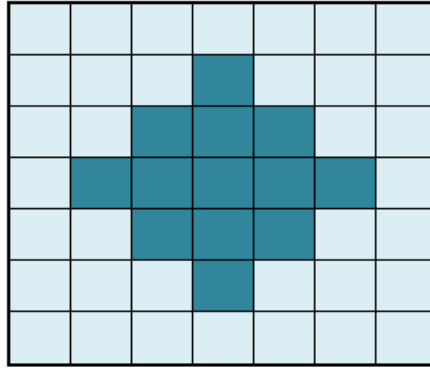


Şekil 4. 6 a: Görüntü işleme koşulları uygulanmış sonuç görüntü, b: ve c: Karşılaşılan gürültüler.

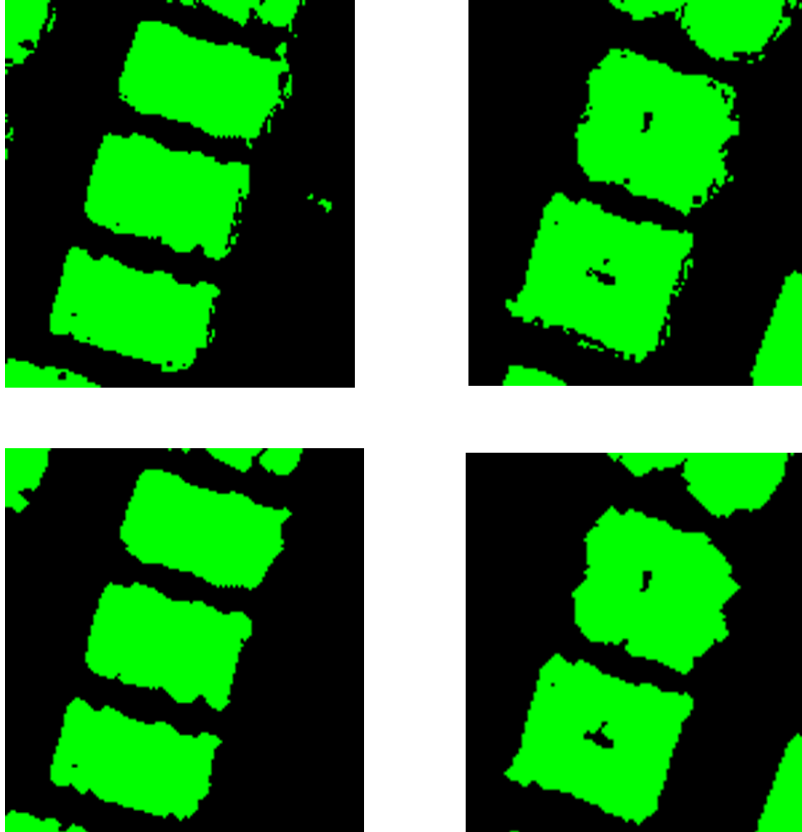
Oluşan bu gürültülerin giderilmesi için, matematiksel morfoloji operatörleri kullanılmıştır.

Bina kenarlarındaki gürültülerin giderilmesi için, açılış matematiksel morfolojik operatörü tercih edilmiştir. Açılış operatörünün uygulama alanı, Bölüm 3.2.1.2.2’de anlatıldığı gibi yapıtaşı elemanından küçük olan objeleri yok etmektir. Yapıtaşı elemanı olarak da, 5x5 büyüklüğündeki, elmas şekilli yapıtaşı elemanı tercih edilmiştir (Şekil 4.7). Böylelikle 5x5 pikselden küçük olan ve tek başına obje olarak sınıflanmış pikselleri

silinmiştir. Ayrıca açılış operatörü sayesinde bina kenarındaki bozulmalar ve piksel sayısındaki azalmalar minimum seviyede tutulmuştur (Şekil 4.8).

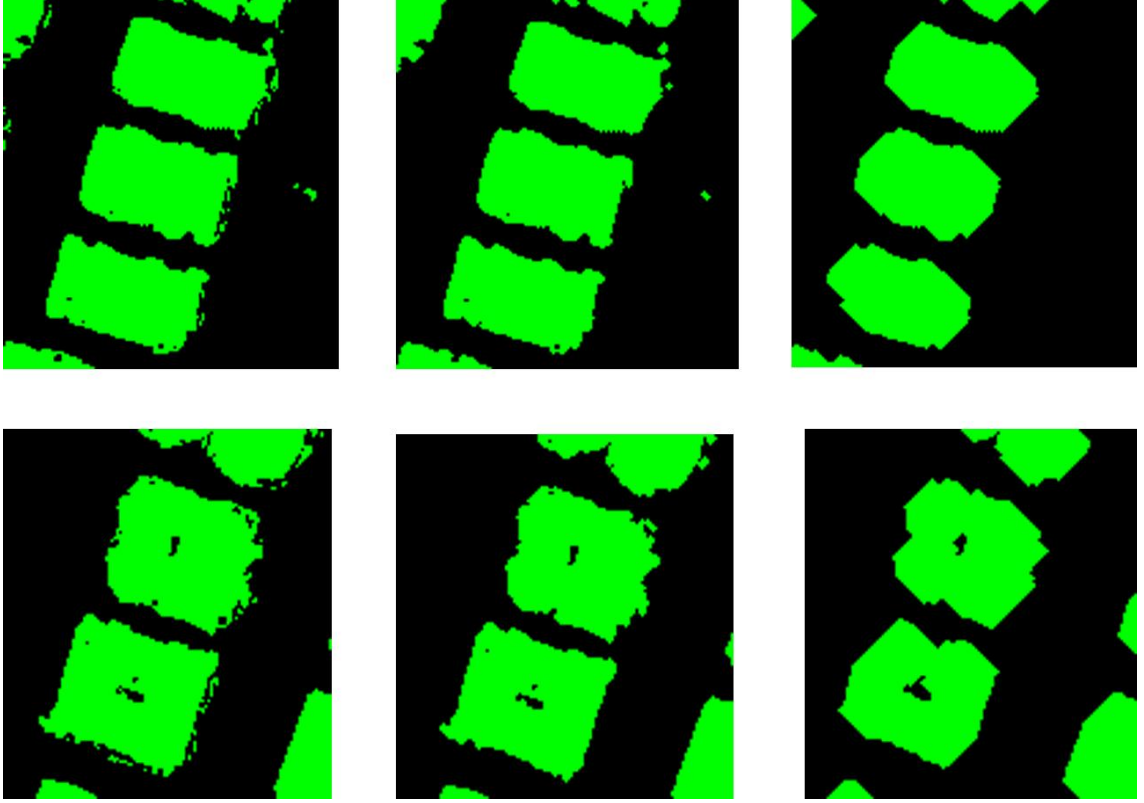


Şekil 4. 7 Bina kenarlarında oluşan gürültülerin giderilmesi için kullanılan yapıtaşı elemanı



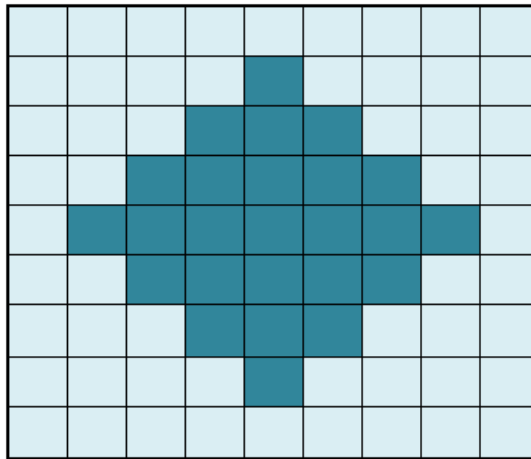
Şekil 4. 8 Bina kenarlarında oluşan gürültülerin giderilmesi

5x5'den daha küçük bir yapıtaşı elemanı kullanılması durumunda, bazı objelerin yok edilemediği, daha büyük bir yapıtaşı elemanı tercih edilmesi durumunda ise, binaların geometrik yapısında bozulmalar olduğu ve/veya binaların tamamen yok olduğu görülmüştür (Şekil 4.8).



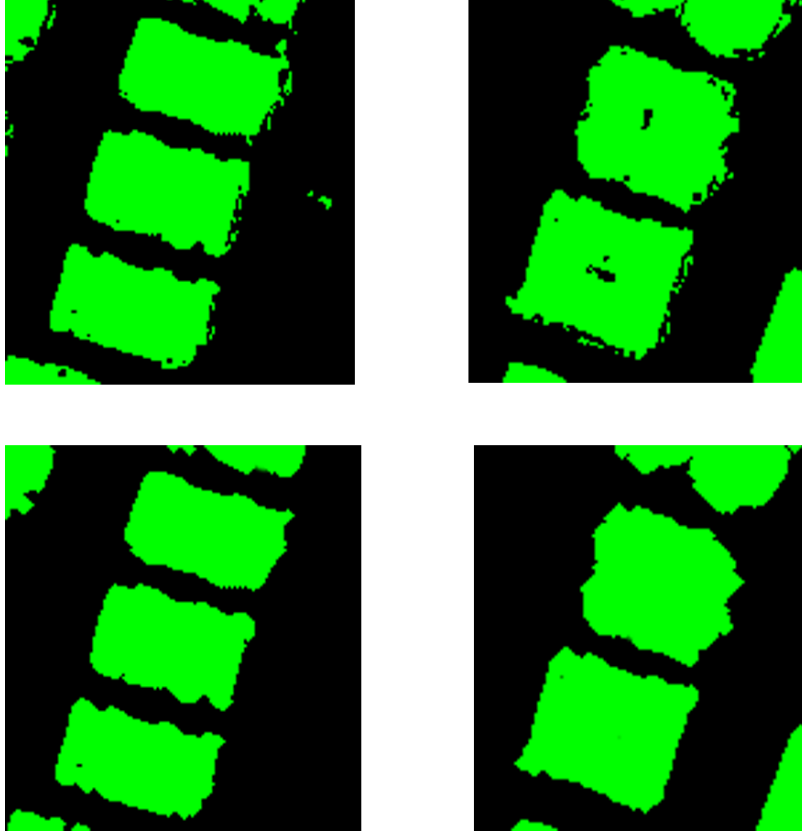
Şekil 4. 9 Yapıtaşı elemanının büyüklüğünün yanlış seçilmesi durumunda oluşabilecek sorunlar

Binaların içlerinde yer alan, kiremit renginde yansıma yapmayan ve çatı dokusuna dâhil olmayan (anten, çiçeklikler, bacalar vb.) objelerin oluşturduğu gürültüleri gidermek için kapanış matematiksel morfoloji operatörü tercih edilmiştir. Bölüm 3.2.1.2.2’de de anlatıldığı gibi, kapanış operatörü, burada boşluk doldurma amaçlı kullanılmıştır. Burada boşlukların başarılı bir şekilde doldurulabilmesi için, 7x7 lık elmas şekilli yapıtaşı elemanı tercih edilmiştir (Şekil 4.9).



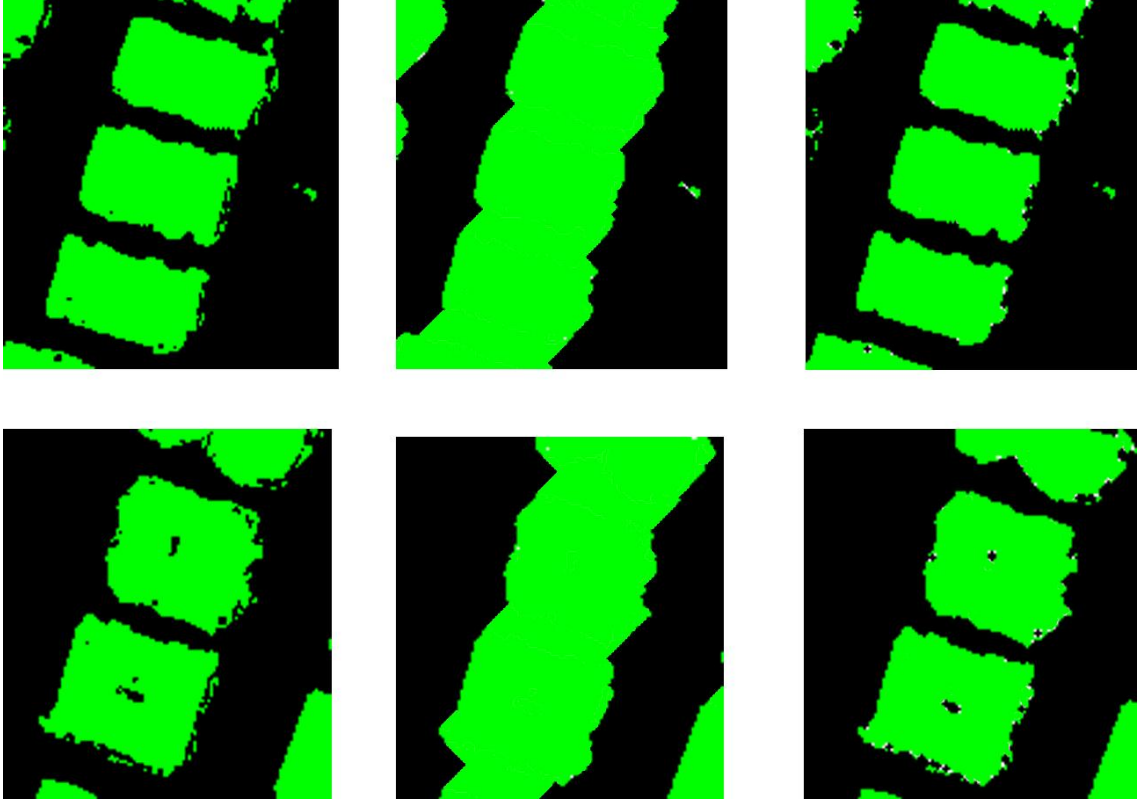
Şekil 4. 10 Binaların içlerinde yer alan gürültülerin giderilmesi için kullanılan yapıtaşı elemanı

Matematiksel morfoloji kapanış operatörü sayesinde, bina içlerinde yer alan boşluklar doldurulmuştur (Şekil 4.11).



Şekil 4. 11 Binaların içlerinde yer alan gürültülerin giderilmesi

7x7'den daha küçük bir yapıtaşı elemanı kullanılması durumunda, bazı boşlukların yok edilemediği, daha büyük bir yapıtaşı elemanı tercih edilmesi durumunda ise, binaları birbirinde ayırt eden boşlukların dolduğu ve iki veya daha fazla binanın bir bina gibi görüldüğü görülmüştür (Şekil 4.12).



Şekil 4. 12 Yapıtaşı elemanının büyüklüğünün yanlış seçilmesi durumunda oluşabilecek sorunlar

#### 4.1.1 Binaların Birbirinden Ayırt Edilmesi İçin Binalara Numara Verilmesi

Bölütlenen ve daha sonra gürültüleri giderilen binaların her birinin, ayrı bir obje olarak belirlenebilmesi için daha önce “3.4.6.1 Grupların Belirlenmesi” de anlatılan algoritma kullanılmıştır. Böylece uygulamanın bu aşamasından sonra her bir bina ayrı bir obje olarak değerlendirilmiş ve işlem kolaylığı sağlanmıştır.

#### 4.1.2 Bina Köşelerinin Belirlenmesi, Sıralanması ve Çıkarımı

Yapılan tez çalışmasında algoritma, aşağıda detaylandırılmış olan koşulları sağlama durumuna göre, binaları, 4 köşeli, 4’den fazla köşeli ve köşesi olmayan binalar olarak sınıflandırmıştır. Algoritma bu sınıflandırma işlemini otomatik olarak ve algoritmanın akışı içerisinde yapmaktadır.

Binalar Bölüm 4.1.1’de anlatılan gri değer koşulları ile ayırt edilip, Bölüm 4.1.2’de detayları anlatılan matematiksel morfolojik operatörler ile gürültüleri giderildikten ve

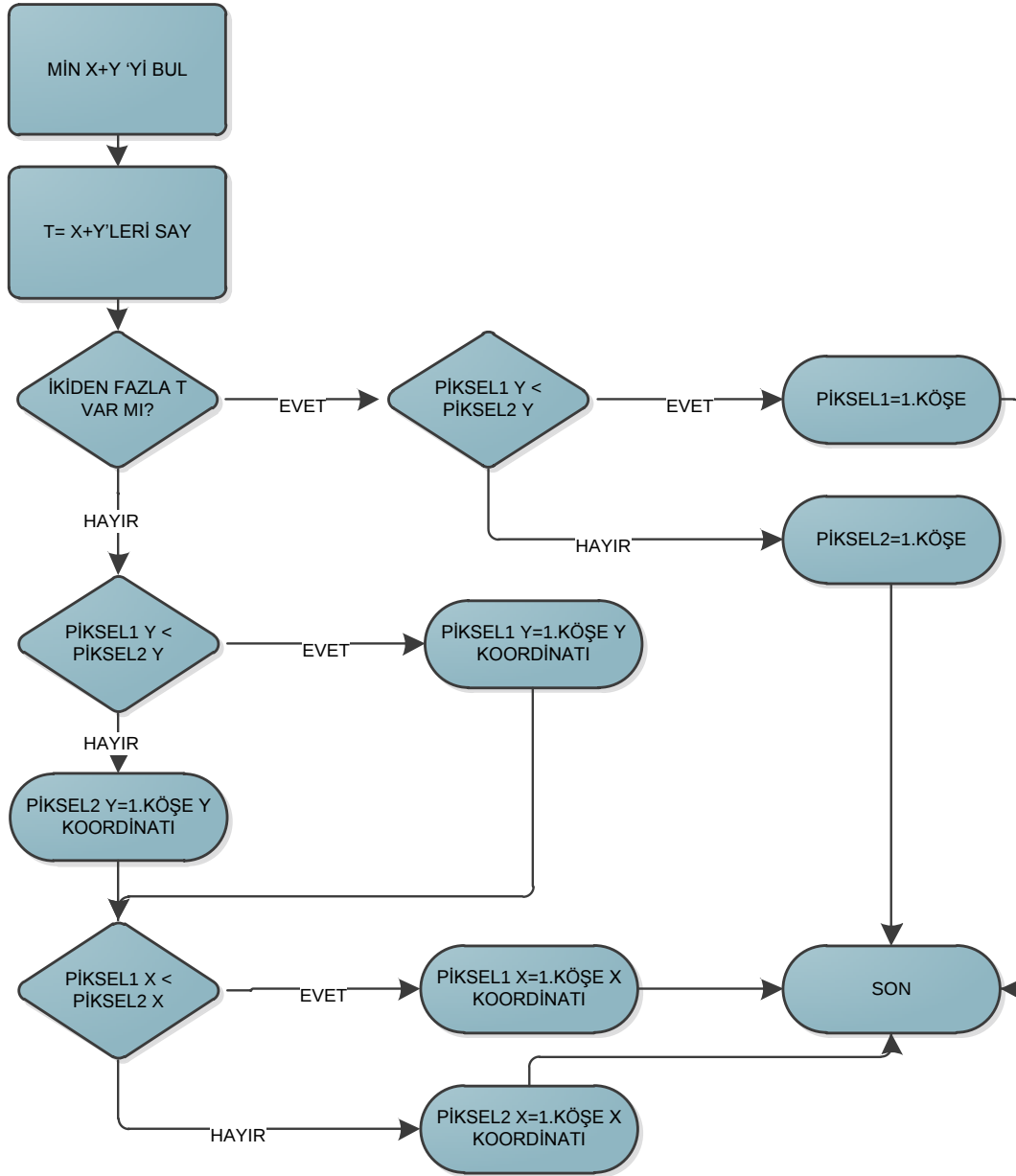
numaralandırıldıktan sonra, kenar hatlarındaki düzensizliği gidermek için, binaya ait köşelerin belirlenmesi birleştirilmesi işlemi yapılmıştır.

#### **4.1.2.1 Binaya Ait İlk Dört Köşenin Tespit Edilmesi**

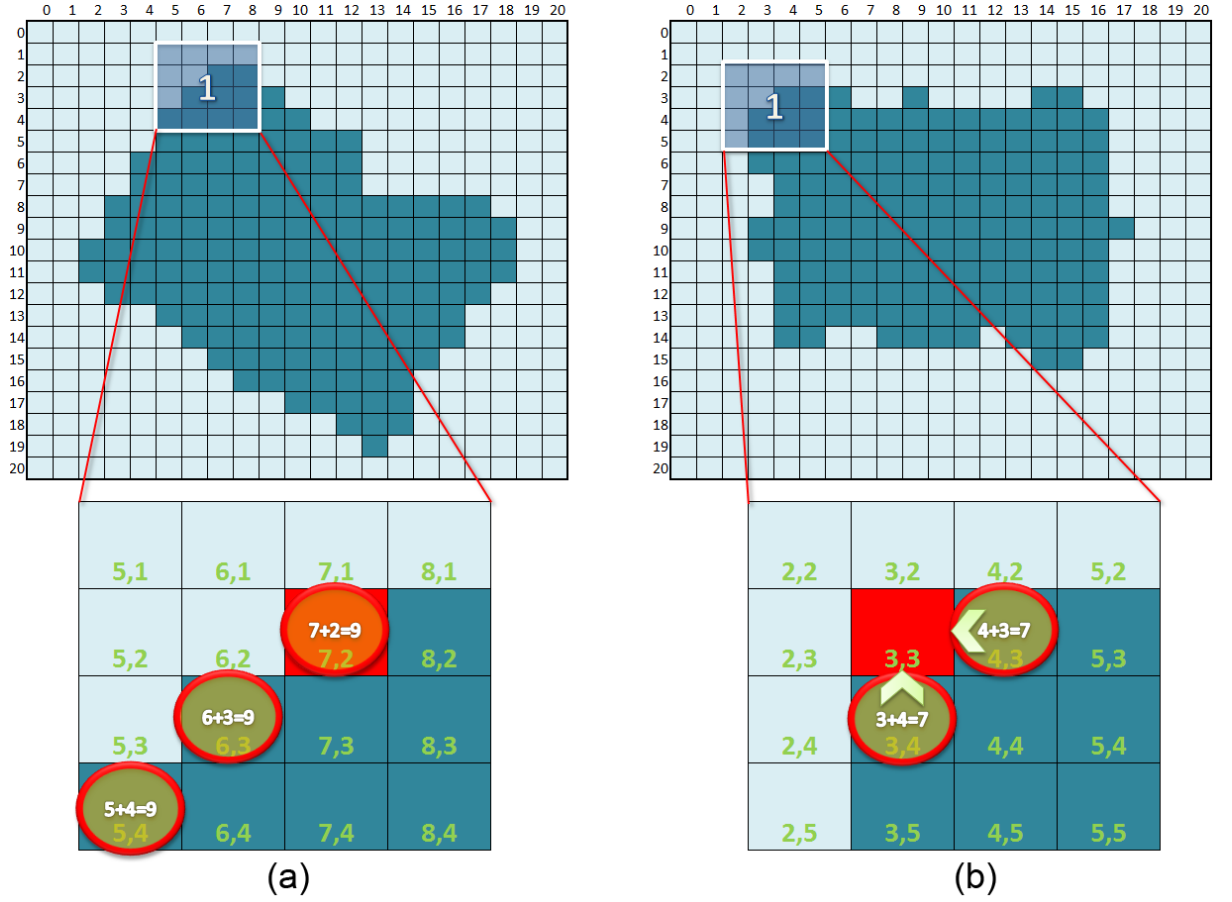
Bina köşelerini belirlemek için ikili kodlanmış görüntüye dönüştürülen binalardaki kalan bilgiler, yani, gri değer ve görüntü koordinatlarından yararlanılmıştır. Algoritmanın kuralları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

- Binaya ait sol üst köşe, bina piksel koordinatlarından x ve y koordinatlarının toplamı en küçük olan yerdir.
  - X ve y koordinatları toplamının eşit olduğu iki pikselin olması durumunda, yeni bir piksel seçilir.
    - Bu pikselin x koordinatı, x ve y koordinatları toplamının en küçük olduğu iki pikselden, x koordinatı küçük olanı,
    - Bu pikselin y koordinatı, x ve y koordinatları toplamının en küçük olduğu iki pikselden, y koordinatı küçük olanıdır (Şekil 4.14:b).
  - X ve y koordinatları toplamının eşit olduğu ikiden fazla pikselin olması durumunda, y koordinatı en küçük olan piksel seçilir (Şekil 4.14:a).

Yukarıdaki koşullara göre tespit edilen köşeye, 1 numaralı köşe adı verilir.



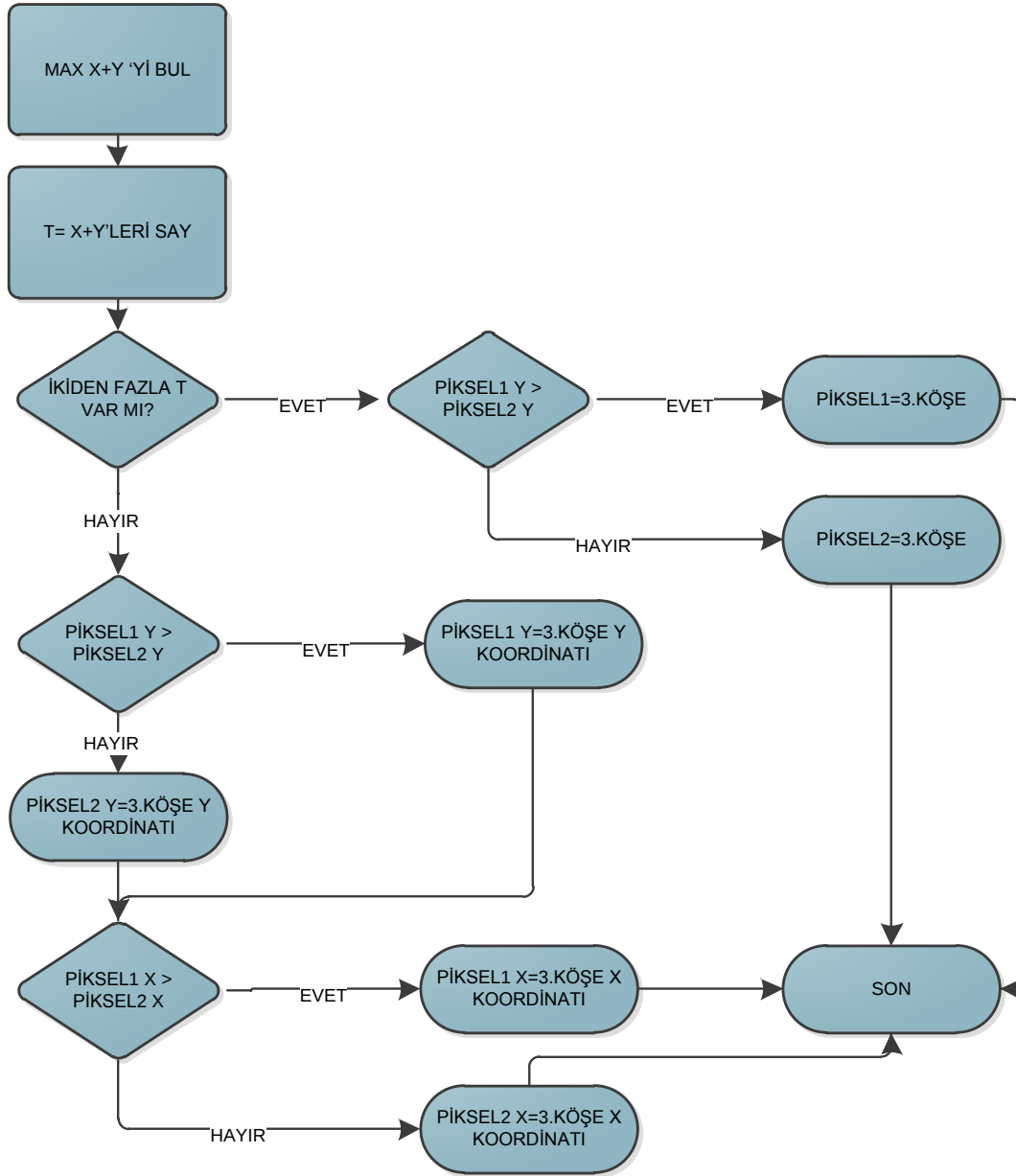
Şekil 4. 13 1. Bina köşesinin numaralandırılmasının akış diyagramı



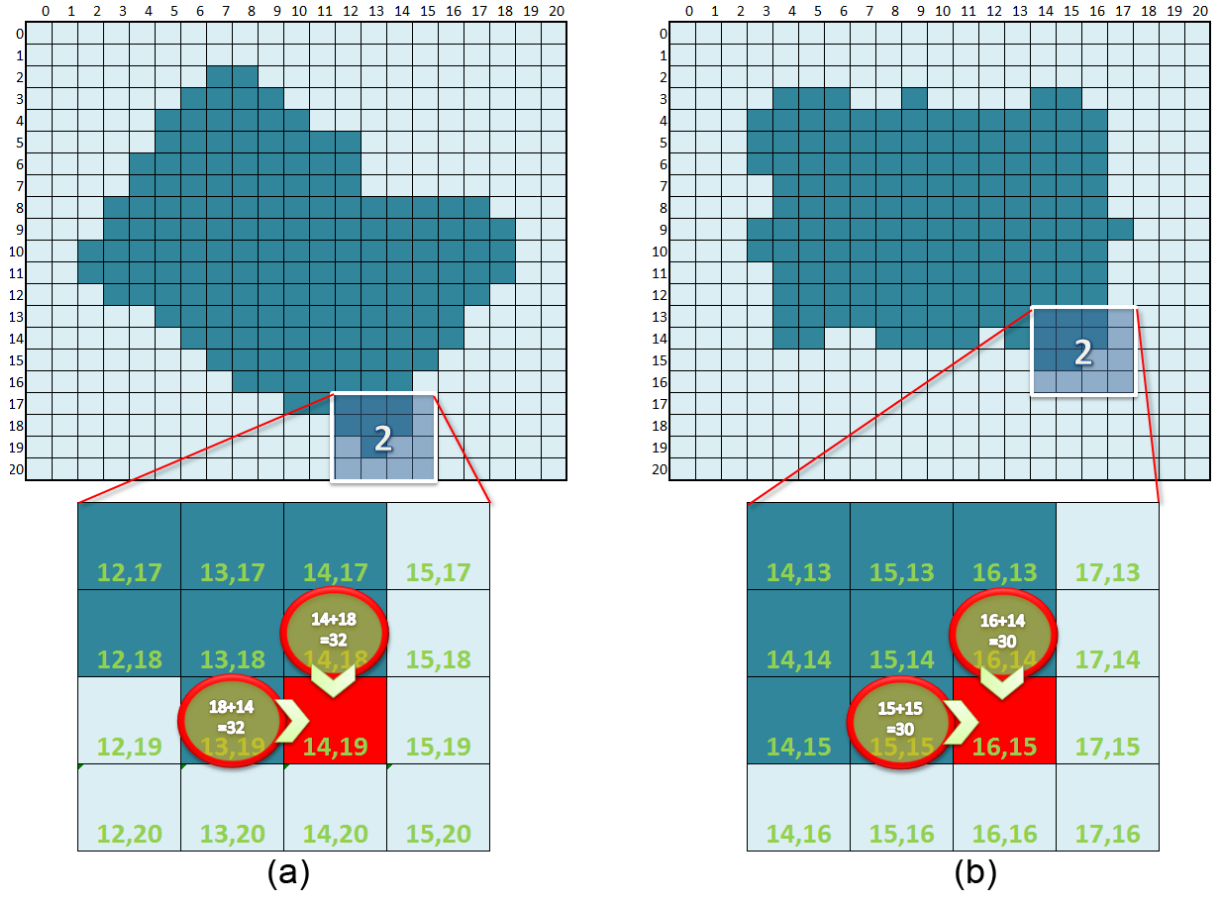
Şekil 4. 14 Bina köşelerinin bulunması, a: Dönmüş Bina (Bina kenarları görüntü koordinatları ile paralel olmayan bina), b: Düz Bina (Bina kenarları görüntü koordinatları ile paralel olan bina)

- Binaya ait sağ alt köşe, bina piksel koordinatlarından x ve y koordinatlarının toplamı en büyük olan yerdir.
  - X ve y koordinatları toplamının eşit olduğu iki pikselin olması durumunda, yeni bir piksel seçilir.
    - Bu pikselin x koordinatı, x ve y koordinatları toplamının en büyük olduğu iki pikselden, x koordinatı büyük olanı,
    - Bu pikselin y koordinatı, x ve y koordinatları toplamının en büyük olduğu iki pikselden, y koordinatı büyük olanıdır (Şekil 4.16).
  - X ve y koordinatları toplamının eşit olduğu ikiden fazla pikselin olması durumunda, y koordinatı en büyük olan piksel seçilir (Şekil 4.16).

Yukarıdaki koşullara göre tespit edilen köşeye, 3 numaralı köşe adı verilir.



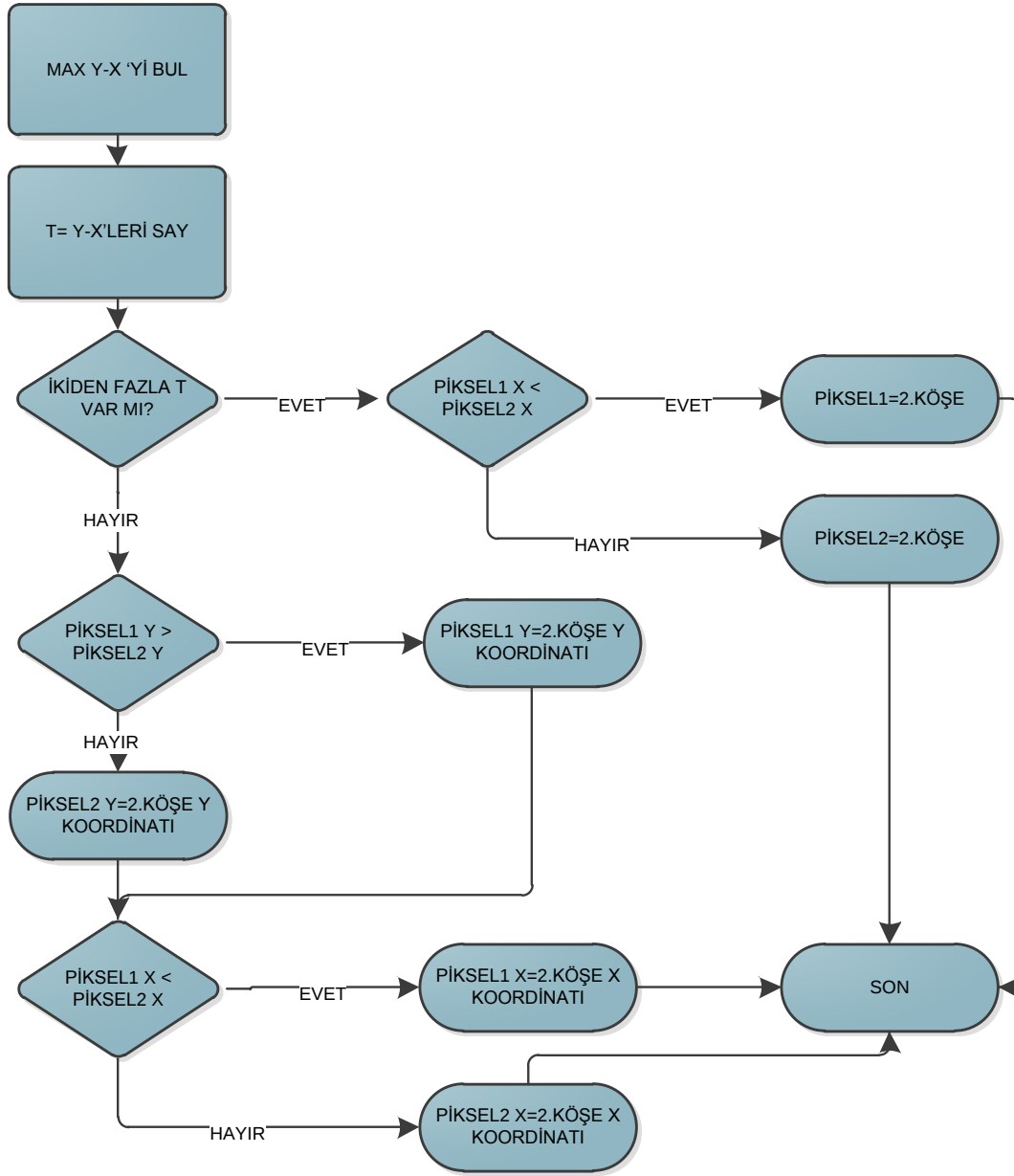
Şekil 4. 15 3. Bina köşesinin numaralandırılmasının akış diyagramı



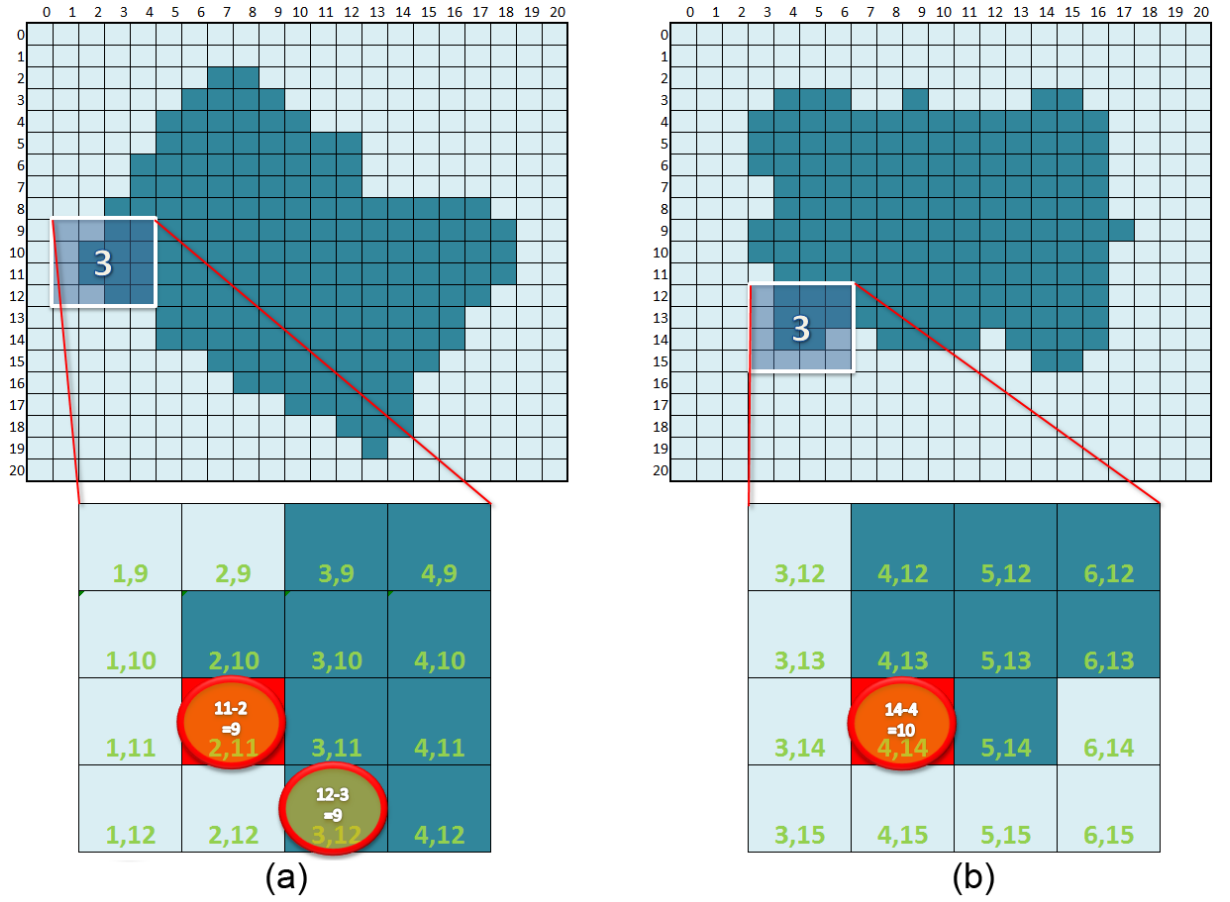
Şekil 4. 16 Bina köşelerinin bulunması, a: Dönmüş Bina, b: Düz Bina

- Binaya ait sol üst köşe, bina piksel koordinatlarından y koordinatı ile x koordinatı farkı en büyük olan yerdir. y koordinatı ile x koordinatı farkı iki piksel için de aynı olması durumunda, x koordinatı en küçük olan seçilir (Şekil 4.18).
  - y koordinatı ile x koordinatı farkı en büyük olduğu iki pikselin olması durumunda, yeni bir piksel seçilir.
    - Bu pikselin x koordinatı, y koordinatı ile x koordinatı farkı en büyük olduğu iki pikselden, x koordinatı küçük olanı,
    - Bu pikselin y koordinatı, y koordinatı ile x koordinatı farkı en büyük olduğu iki pikselden, y koordinatı büyük olanıdır.
  - y koordinatı ile x koordinatı farkı en büyük olduğu ikiden fazla pikselin olması durumunda, x koordinatı en küçük olan piksel seçilir (Şekil 4.18).

Yukarıdaki koşullara göre tespit edilen köşeye, 2 numaralı köşe adı verilir.



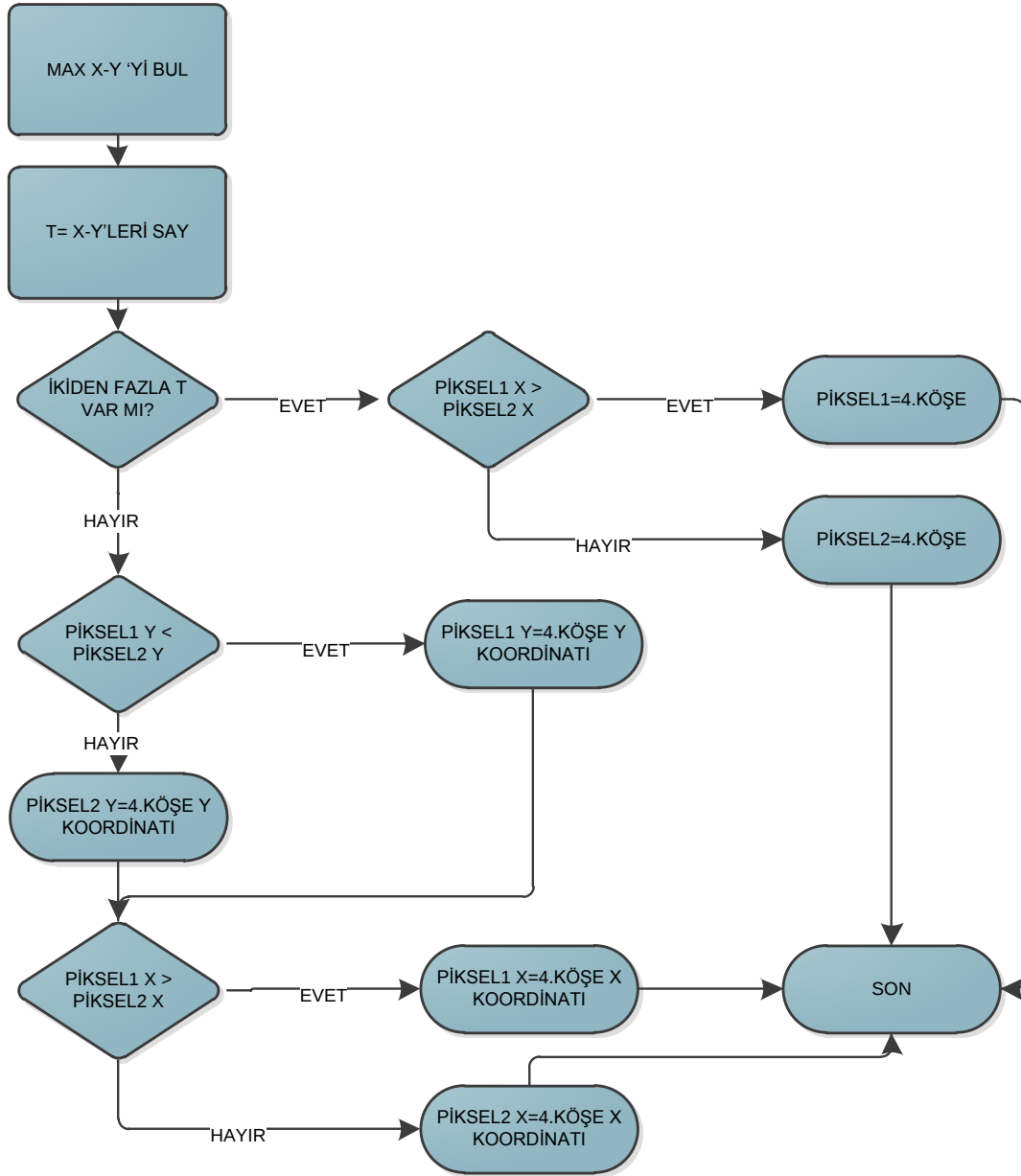
Şekil 4. 17 2. Bina köşesinin numaralandırılmasının akış diyagramı



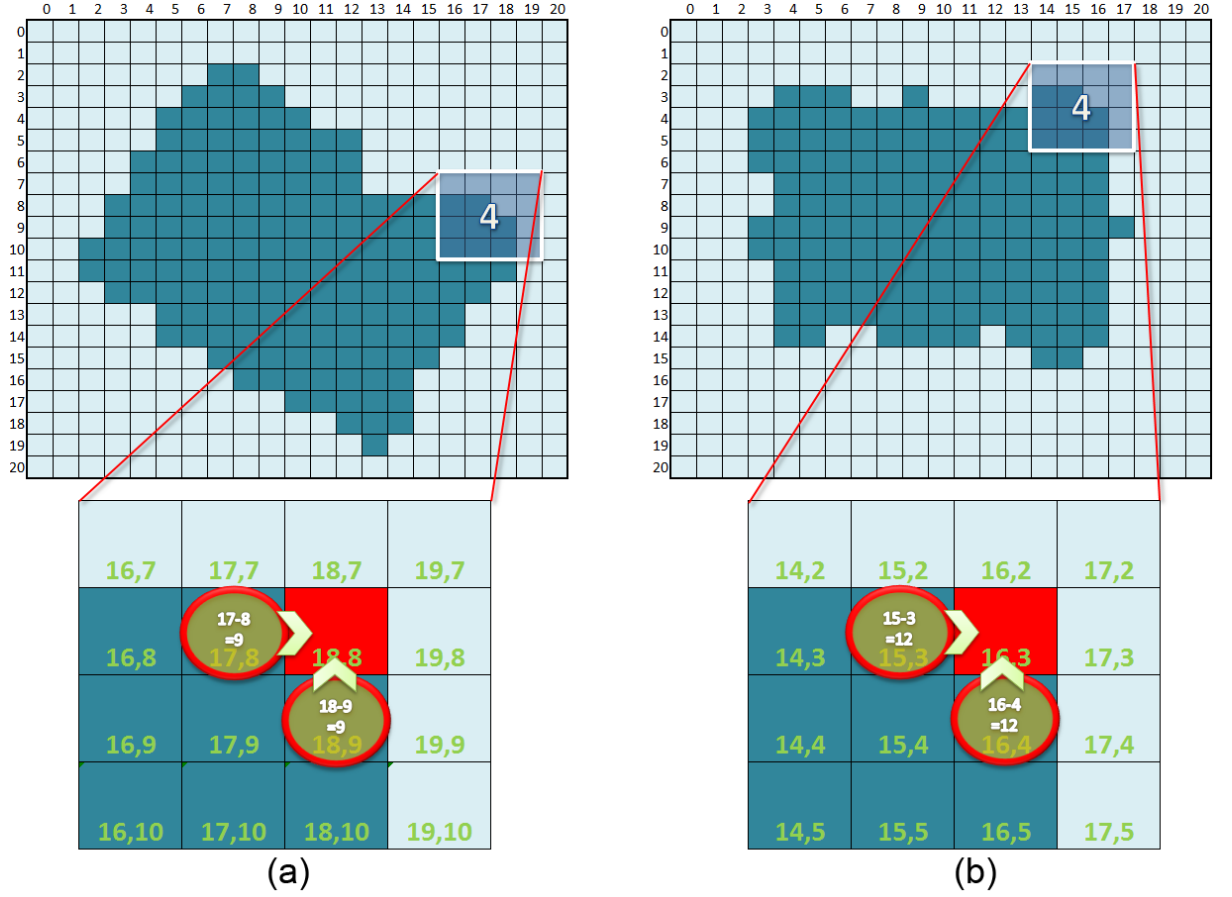
Şekil 4. 18 Bina köşelerinin bulunması, a: Dönmüş Bina, b: Düz Bina

- Binaya ait sağ üst köşe, bina piksel koordinatlarından x koordinatı ile y koordinatı farkı en büyük olan yerdir. y koordinatı ile x koordinatı farkı iki piksel için de aynı olması durumunda, x koordinatı en küçük olan seçilir (Şekil 4.20).
  - x koordinatı ile y koordinatı farkı en büyük olduğu iki pikselin olması durumunda, yeni bir piksel seçilir.
    - Bu pikselin x koordinatı, x koordinatı ile y koordinatı farkı en büyük olduğu iki pikselden, x koordinatı büyük olanı,
    - Bu pikselin y koordinatı, x koordinatı ile y koordinatı farkı en büyük olduğu iki pikselden, y koordinatı küçük olanıdır.
  - y koordinatı ile x koordinatı farkı en büyük olduğu ikiden fazla pikselin olması durumunda, x koordinatı en büyük olan piksel seçilir (Şekil 4.20).

Yukarıdaki koşullara göre tespit edilen köşeye, 4 numaralı köşe adı verilir.



Şekil 4. 19 4. Bina köşesinin numaralandırılmasının akış diyagramı



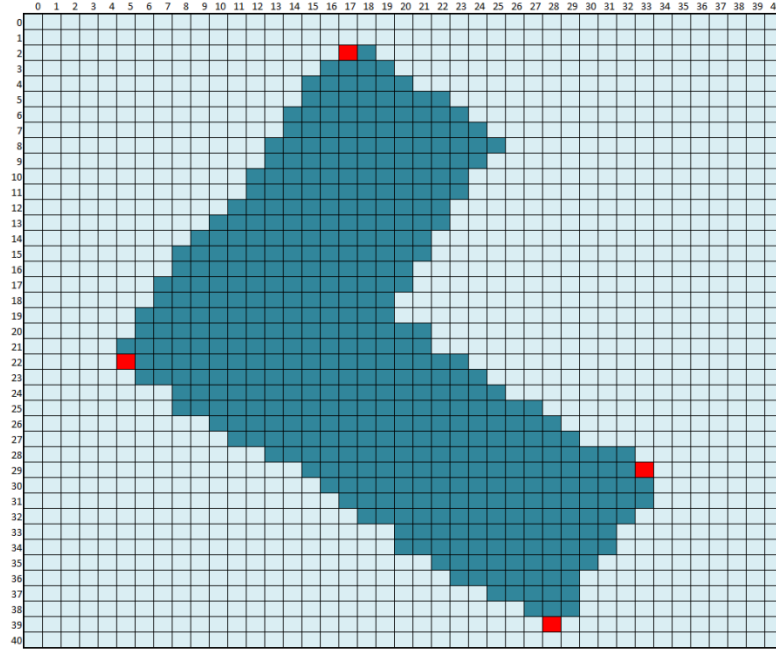
Şekil 4. 20 Bina köşelerinin bulunması, a: Dönmüş Bina, b: Düz Bina

#### 4.1.3 Binalardaki Toplam Köşe Sayısının Kontrol Edilmesi

Sunulan tez çalışmasının bu aşamasından sonra algoritma, binanın dört köşeden mi, dörtten fazla köşeden mi, yoksa köşesiz mi oluştuğu hakkında kontrol yapar. Yapılan kontrol sonucunun dört köşe çıkması durumunda köşeler birleştirilerek kenarları oluşturur. Binanın dörtten fazla köşeye sahip olduğu kararının çıkması durumunda, algoritma diğer köşeleri bulmaya çalışır. Yapılan tüm analiz ve kontroller algoritma tarafından otomatik olarak yapılmaktadır.

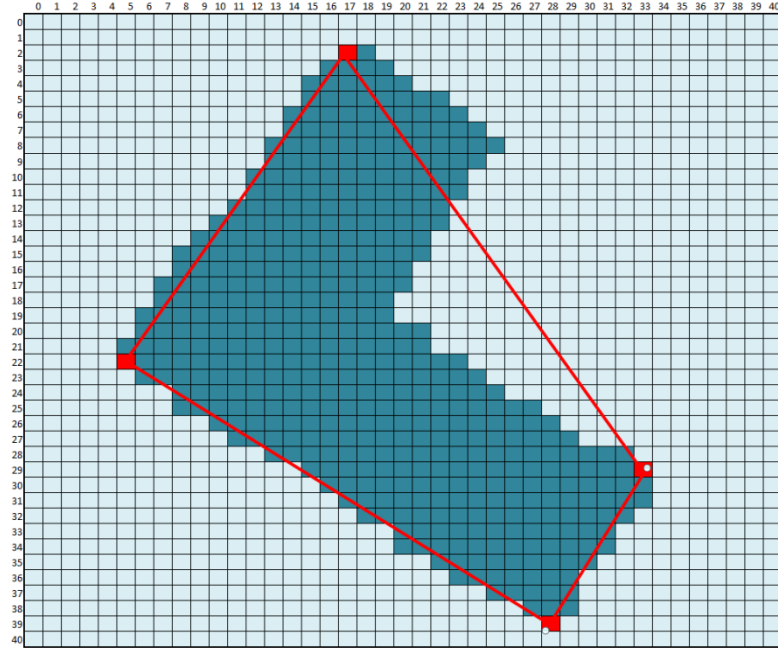
##### 4.1.3.1 Dörtten Fazla Köşesi Olan veya Köşesi Olmayan Binaların Tespit Edilmesi

Aranacak binalarda dörtten fazla köşenin bulunması, binanın tespit edilmesinde yine köşelerden yardım alınabileceği anlamına gelmektedir. Bu yüzden, ilk aşamada dörtgen olan binalarda kurulan algoritma ile binanın herhangi ilk dört köşesi tespit edilmiştir (Şekil 4.21).

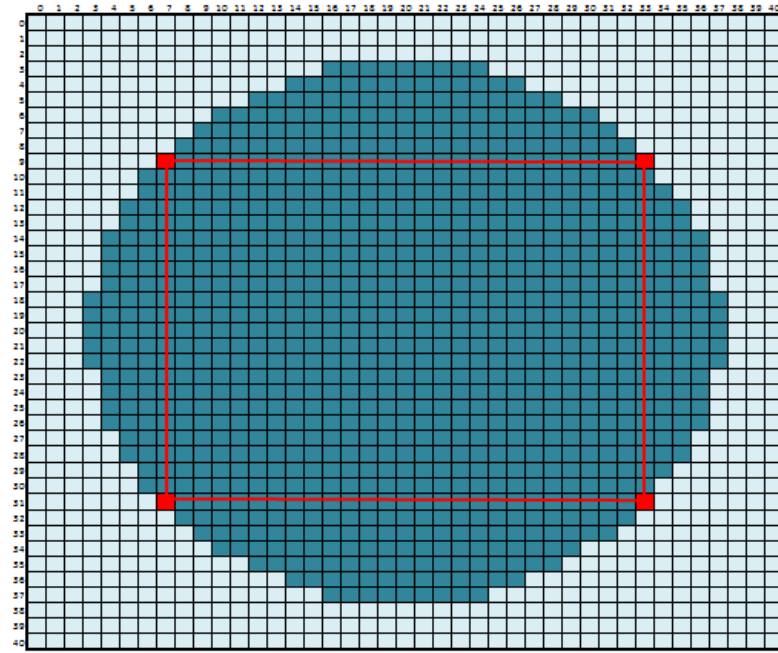


Şekil 4. 21 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: İlk dört köşenin tespiti

Sonraki aşamada, belirlenen köşelere göre kenarlar birleştirilmiştir. Birleştirilen köşelerin altında kalan alan ile binanın alanı karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma işleminde hangi binanın alanının, hangi birleşmiş köşeler altında kalan alan ile birleştirileceğine Bölüm 4.1.3’de binalara verilmiş olan BinaNO ile karar verilmiştir. Alanlar arasında, %95 lik bir uyumun olmaması durumunda, “bu bina dörtgen bir bina değildir.” Kararı verilmiştir (Şekil 4.22). Birleştirilmiş köşeler alanının, bina alanında %130’dan daha büyük olması durumunda ise, “bu bina köşesi olan bir bina değildir” kararı verilir (Şekil 4.23). Aradaki farkın %130’dan fazla olması durumunda bina elips, daire veya daha karmaşık yapıya sahip bir binadır. Farkın daha az olması durumunda ise, bina köşeli bir yapıya sahiptir.

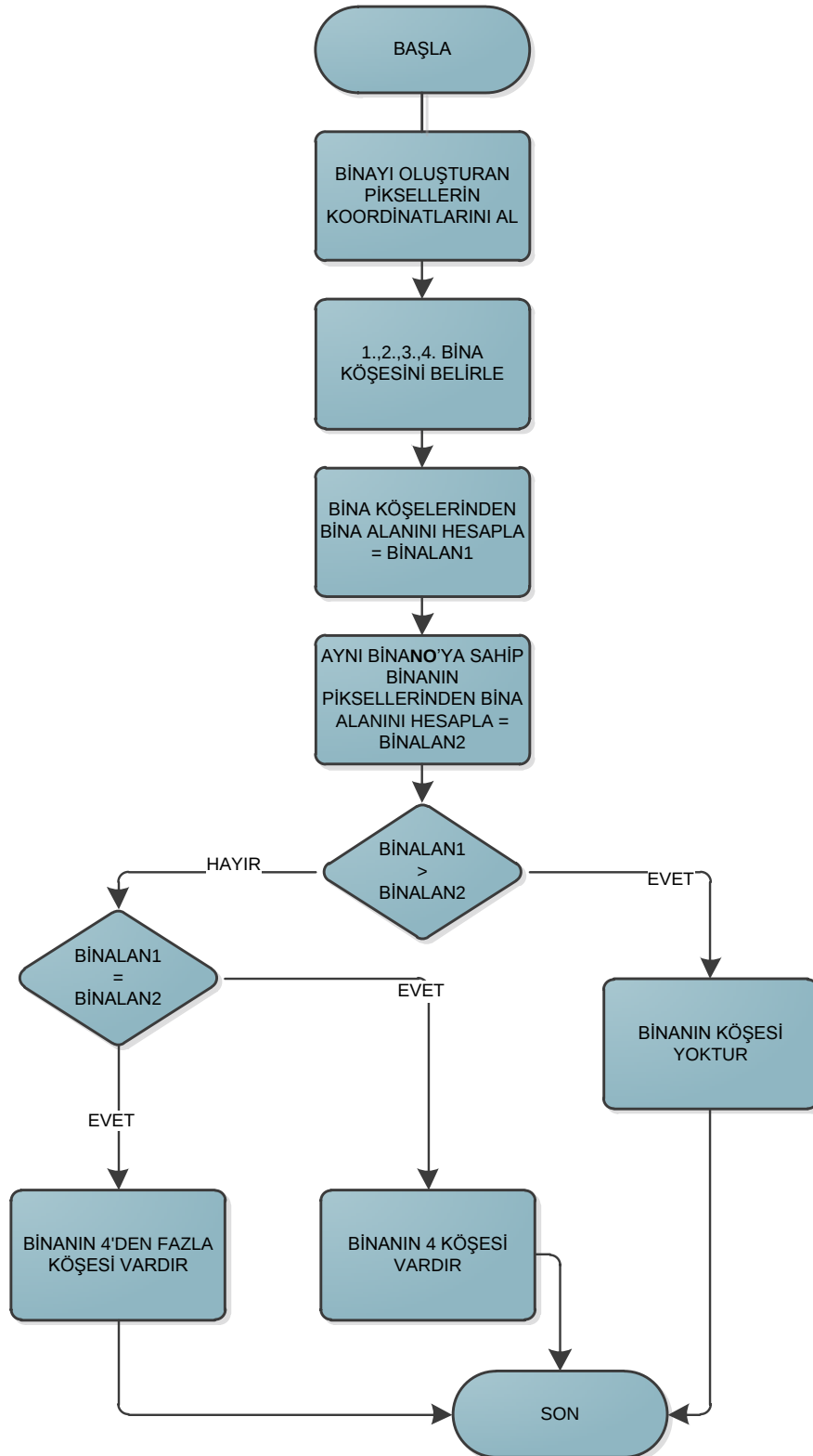


Şekil 4. 22 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Bina türüne karar verilmesi



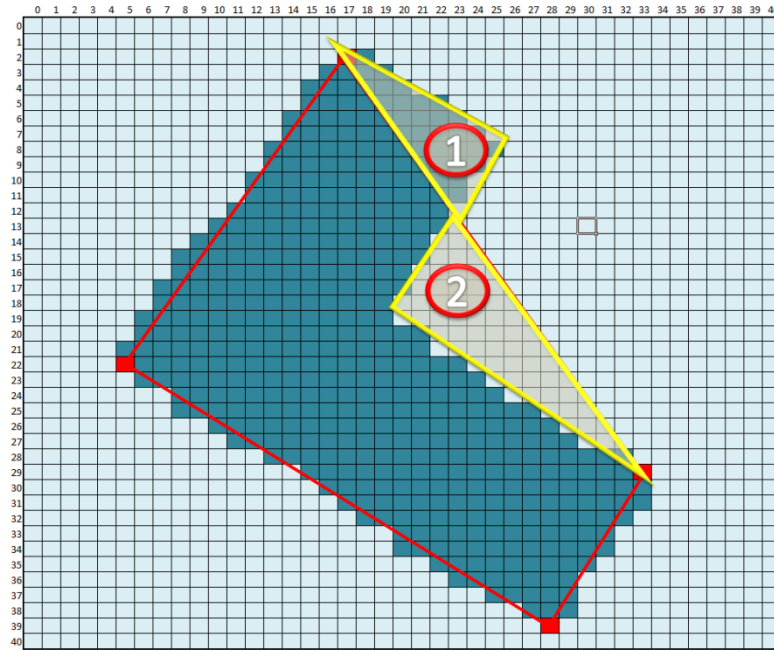
Şekil 4. 23 Köşesi olmayan binaların belirlenmesi: Bina türüne karar verilmesi

#### 4.1.3.2 Dörtten Fazla Köşesi Olan Binaların Diğer Köşelerinin Tespit Edilmesi



Şekil 4. 24 Binanın köşe sayısına karar verme algoritması akış diyagramı

Yapılan çalışmanın bu aşamasında, binada yer alabilecek ve daha önce tespit edilmiş olan ilk dört köşeden sonraki köşelerin tespit edilmesi ve hangi sıra ile birleştirileceği çalışmanın en önemli konusunu oluşturmaktadır. Bu yüzden, her köşenin belirli bir mantık ile numaralandırılması gerekmektedir. Numaralandırma ile ilgili öncelikle, daha önce Bölüm 4.1.4.2.2’de kullanılan algoritma ile köşeler numaralandırılmıştır. Numaralandırılan köşeler Sanal olarak birleştirilmiştir (Şekil 4.25). Bu birleştirmede bina olmayan ancak alan içerisinde kalan üçgen veya üçgenler oluşmuştur (Şekil 4.25).

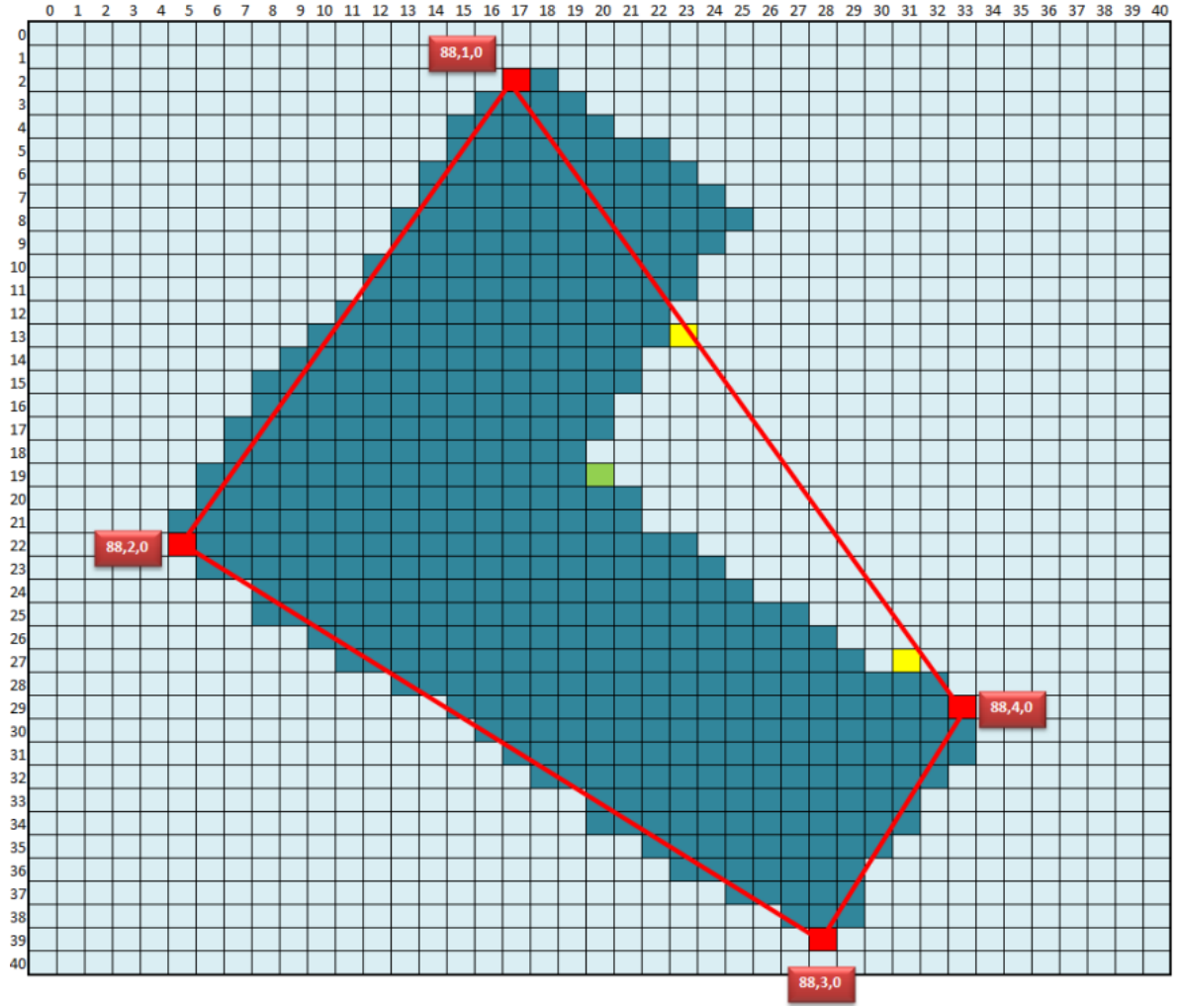


Şekil 4. 25 Oluşan üçgenler

Dörtgenin içerisinde kalan ve Şekil 4.25’deki 2 numaralı üçgenin köşelerini bulmak için Bölüm 4.1.4.2.1 de kullanılan algoritma ile belirlenmiştir. Bulunan köşelerin numaralandırması için, sanal dörtgenin kenarlarından bir tanesini kesip kesmediği kontrol edilmiştir. Bu işlem için eğim formülleri kullanılmıştır.

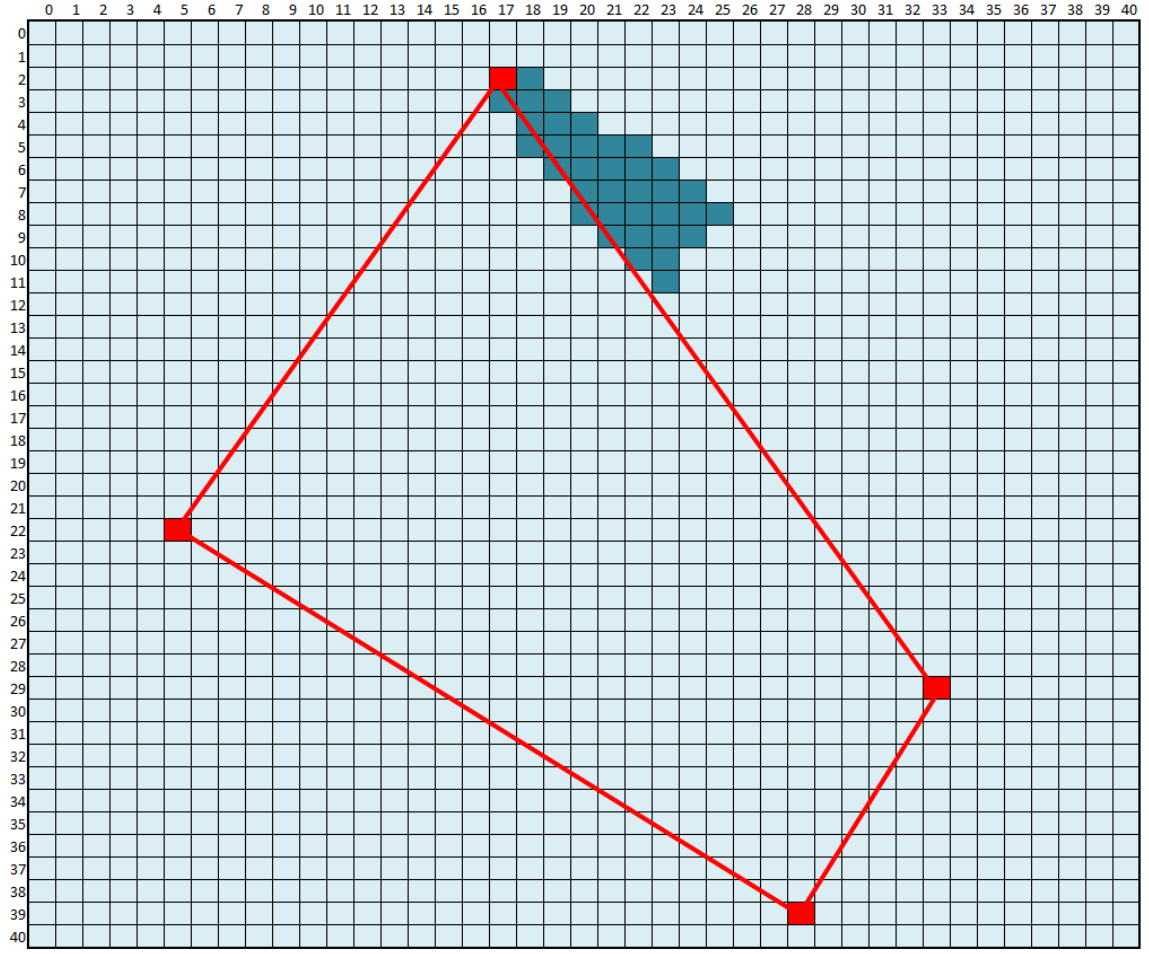
$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (4.1)$$

Yeni köşeler ile daha önceki köşeler arasında alınan eğimler birbirine eşit ise, bu noktanın doğru üzerinde olduğu anlamına gelmektedir. Doğru üzerinde olmayan noktaların rengi diğer noktalardan farklı bir renk ile değiştirilmiştir (Şekil 4.26).

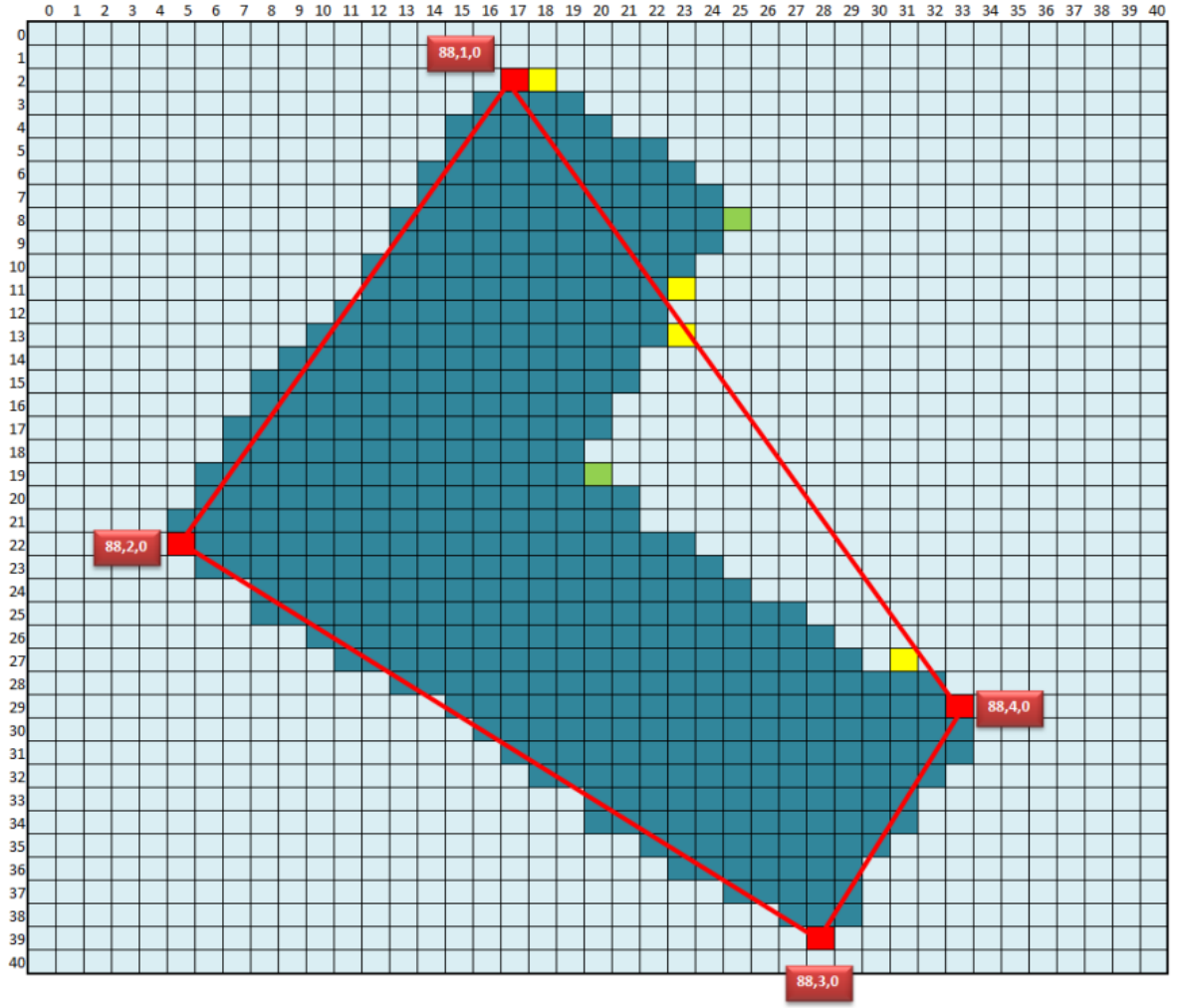


Şekil 4. 26 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: İç köşelerin bulunması

Sanal dörtgenin içinde kalan köşelerin tespit edilmesinden sonra, sanal dörtgenin içinde kalan tüm piksellerin gri değeri, arka plan gri değeri ile değiştirilmiştir (Şekil 4.27). Böylece sadece sanal dörtgen dışındaki kısımlar kalmıştır. Birden fazla obje (üçgen) kalması durumunda tekrar ve geçici olarak objeler numaralandırılmış, böylece objelerin köşeleri ayrı ayrı bulunabilmiştir (Şekil 4.28). Elde edilen köşeler için tekrar eğim formülleri uygulanmış ve sanal dörtgen kenarı üzerinde olmayan köşeler tespit edilmiştir (Şekil 4.28). Daha sonra bu üç köşe içinde paralellik koşulu sorgulanmış ve doğru üzerinde olmayan noktaların rengi diğer noktalardan farklı bir renk ile değiştirilmiştir. Şekil 4.28’da doğru üzerinde olan noktalar sarı ile olmayan noktalar ise yeşil ile ifade edilmiştir.



Şekil 4. 27 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: İç köşelerin bulunması



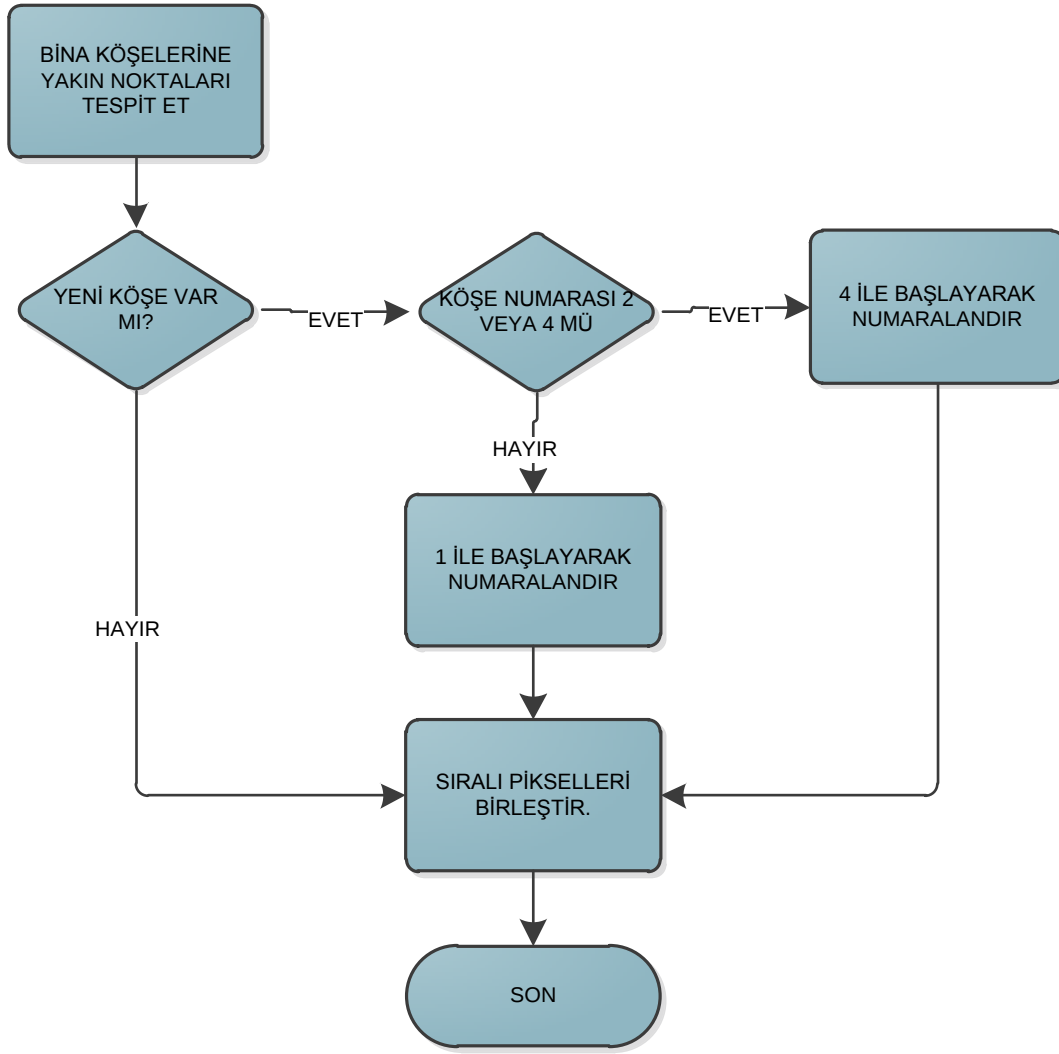
Şekil 4. 28 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Dış köşelerin bulunması

#### 4.1.3.3 İlk Dört Köşe Dışındaki Köşelerin Numaralandırılması

Sonradan tespit edilen köşelerin de ana köşeler gibi numaralandırılması gerekmektedir. Bu amaçla ana köşelerden yararlanılmıştır. Numaralandırma işlemi yapılırken, mamografilerden MK tespitinde olduğu gibi, RGB renk kodlamasından yararlanılmıştır. Ana köşelerin numaralandırılmasında pikselin G (yeşil) bandı kullanılırken, ara köşelerin numaralandırılmasında pikselin B(mavi) bandı kullanılmıştır (Şekil 4.29).



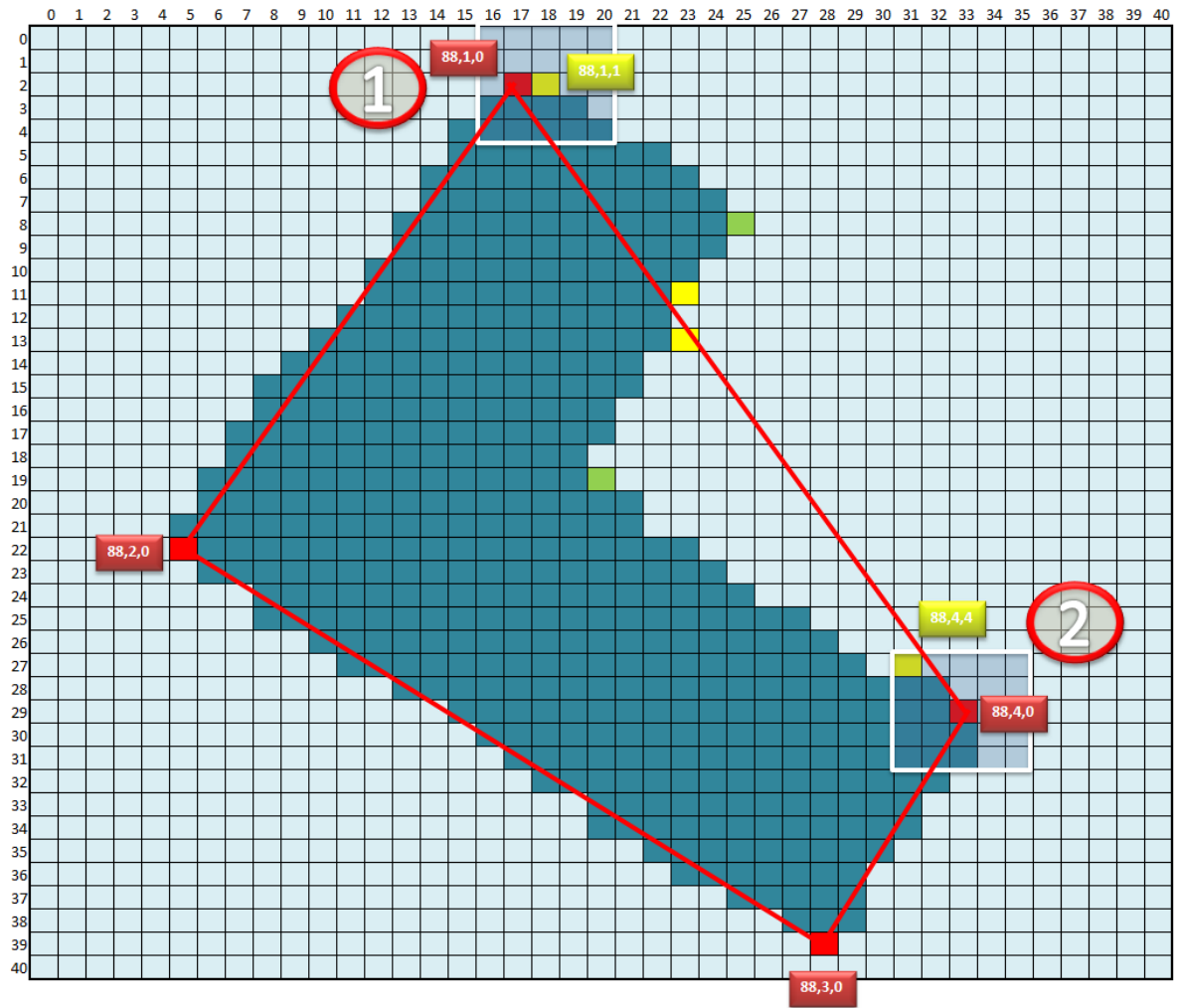
Şekil 4. 29 Köşe numaralarının saklanması için kullanılan RGB kodlaması



Şekil 4. 30 Dörtten fazla köşeye sahip binaların köşelerinin numaralandırılması

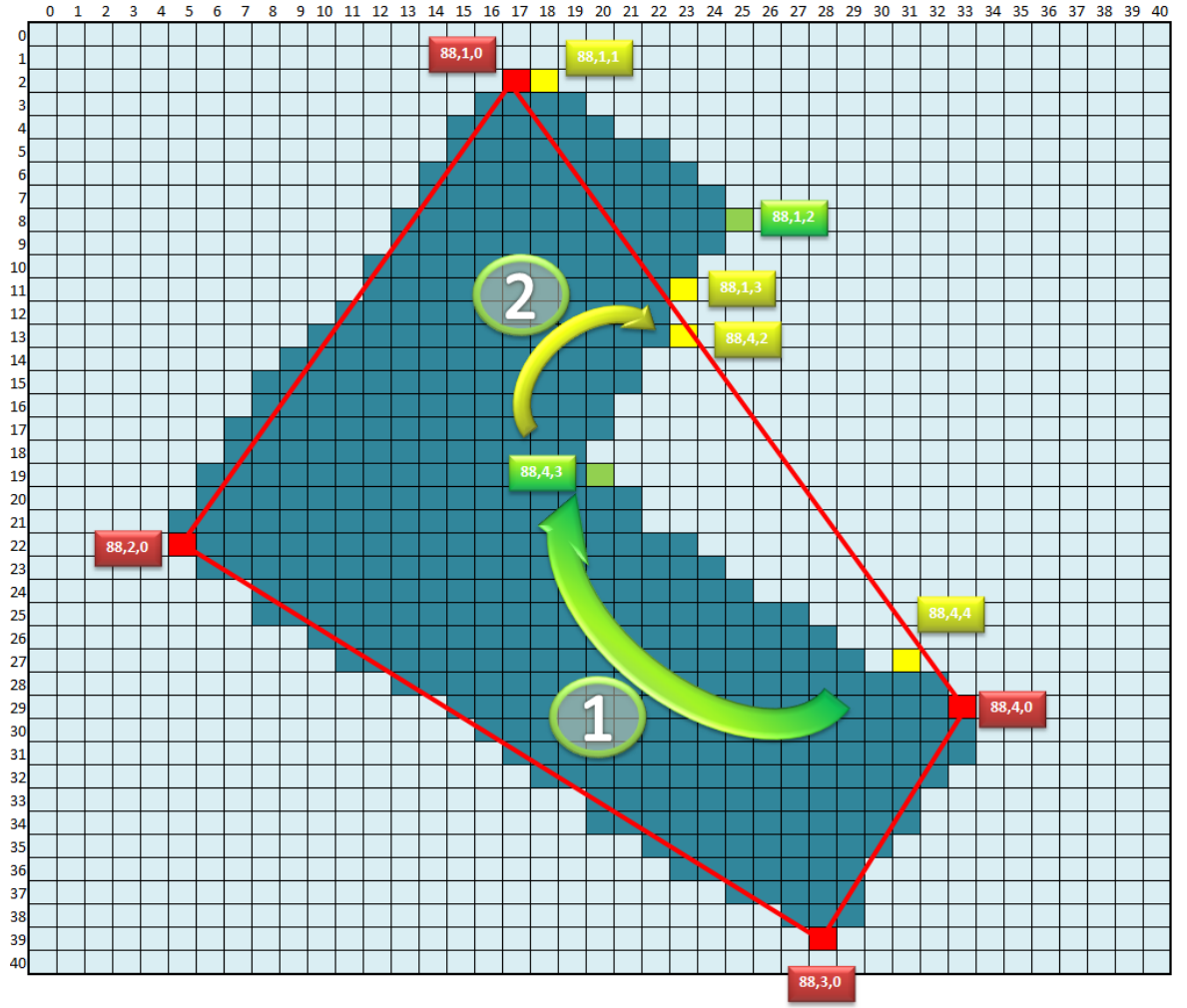
İlk aşamada, bina köşelerine yakın olan noktalar tespit edilmiştir. Yakın noktaların tespit edilebilmesi için her ana köşe noktasında merkeze köşe noktası gelecek şekilde 13x13'lük bir matris yerleştirilmiştir (örnekte gösterim kolaylığı için 5x5 lik matris kullanılmıştır). 13x13 büyüklüğündeki bir matristen daha küçük bir matris seçilmesi durumunda, köşelerin etrafındaki piksellerin yeterince tespit edilemediği, daha büyük bir matris seçilmesi durumunda ise, diğer köşelere çok yaklaşıldığı görülmüştür. Köşeye yerleştirilen 13x13 büyüklüğündeki matris içerisinde kalan noktalar numaralandırılmıştır. Numaralandırma sırası ile 1, 2, 3 ve 4 numaralı ana köşeler için yapılmıştır. Köşelerin numaralandırılmasında iki ve dördüncü ana köşelerin önemi çok büyüktür. İki veya dördüncü köşenin etrafında bir yeni köşe tespit edilmesi durumunda aşağıdaki kural uygulanır. Bu kurala göre;

- Tespit edilen yeni köşenin y koordinatı ana köşeden küçük ise, numaralandırma için kullanılan rakam 4 ile (Şekil 4.31’de 2 ile numaralandırılmış köşe),
- Tespit edilen yeni köşenin y koordinatı ana köşeden küçük ise, numaralandırma 1 ile başlar (Şekil 4.31’de 1 ile numaralandırılmış köşe).



Şekil 4. 31 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: köşelerin numaralandırması

Ana köşelere yakın köşeler için numaralandırılma yapıldıktan sonra, sanal dörtgenin kenarı üzerinde olmayan noktaya, (tüm şekillerde yeşil ile belirtilmiş köşe) noktanın ikinci ve dördüncü noktaya göre konumuna göre, üç ve/veya iki değeri verilmiştir. Geriye kalan noktaya da sıradaki numara verilmiştir (Şekil 4.32).

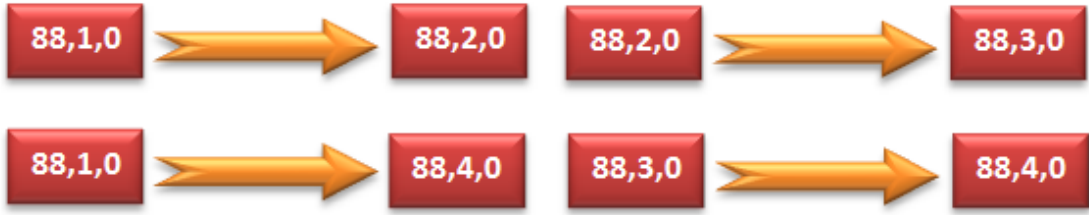


Şekil 4. 32 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Köşelerin numaralandırması

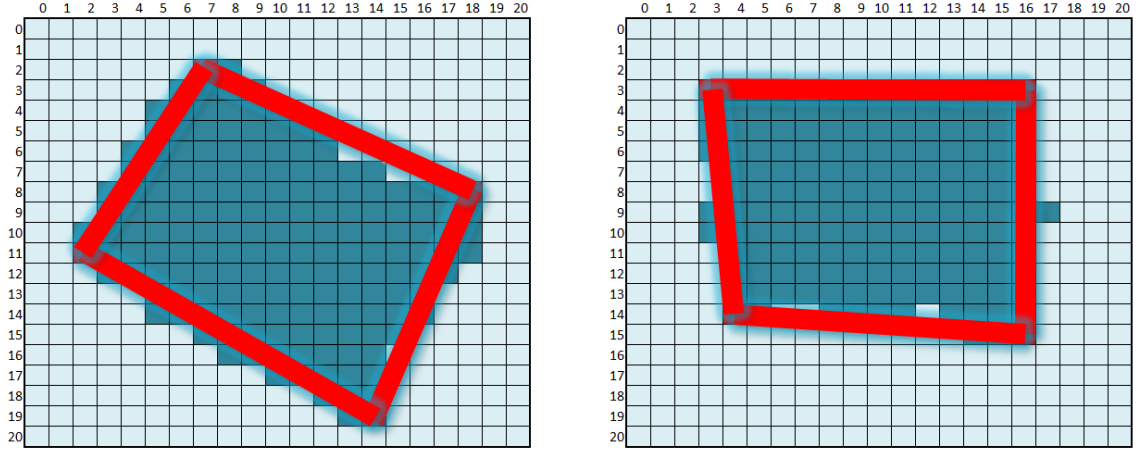
#### 4.1.3.4 Bina Kenarlarının Çizilmesi

##### 4.1.3.4.1 Dört Köşeli Binaların Kenarlarının Çizilmesi

Bölüm 4.1.4.2.1’de anlatılmış olan algoritmaya göre binanın köşe noktaları Şekil 4.32’de gösterilmiştir. Köşe noktalarına ait piksellerin görüntüdeki diğer pikseller ile karışmaması için, piksel Kırmızı, Yeşil, Mavi dizilişindeki Yeşil banda yazılır (ÖRN: 126. Bina, 2. Köşe için 126, 2, 0). Köşe noktaları birleştirilirken, Yeşil bandda yazılı olan bina numaraları sırası ile birbirleri ile birleştirilir. Birleştirme işleminde hangi köşenin hangisi ile birleştirileceği Şekil 4.33’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 33 Bina köşelerinin birleştirilme sırası



Şekil 4. 34 Bina köşelerinin bulunması ve kenarların çizilmesi

Yukarıda anlatılmış ve sunulan çalışma için özel olarak geliştirilmiş olan algoritma, kenarlarda meydana gelen birçok gürültüyü gidererek, çok daha düz kenarlar oluşturmaktadır. Algoritmanın piksel kaybı kenar uzunluğu ile orantıldığı zaman % 1 altında kalmaktadır. Piksel kaybı ile ilgili istatistiksel bilgilere Bölüm 6.2’den ulaşılabilir.

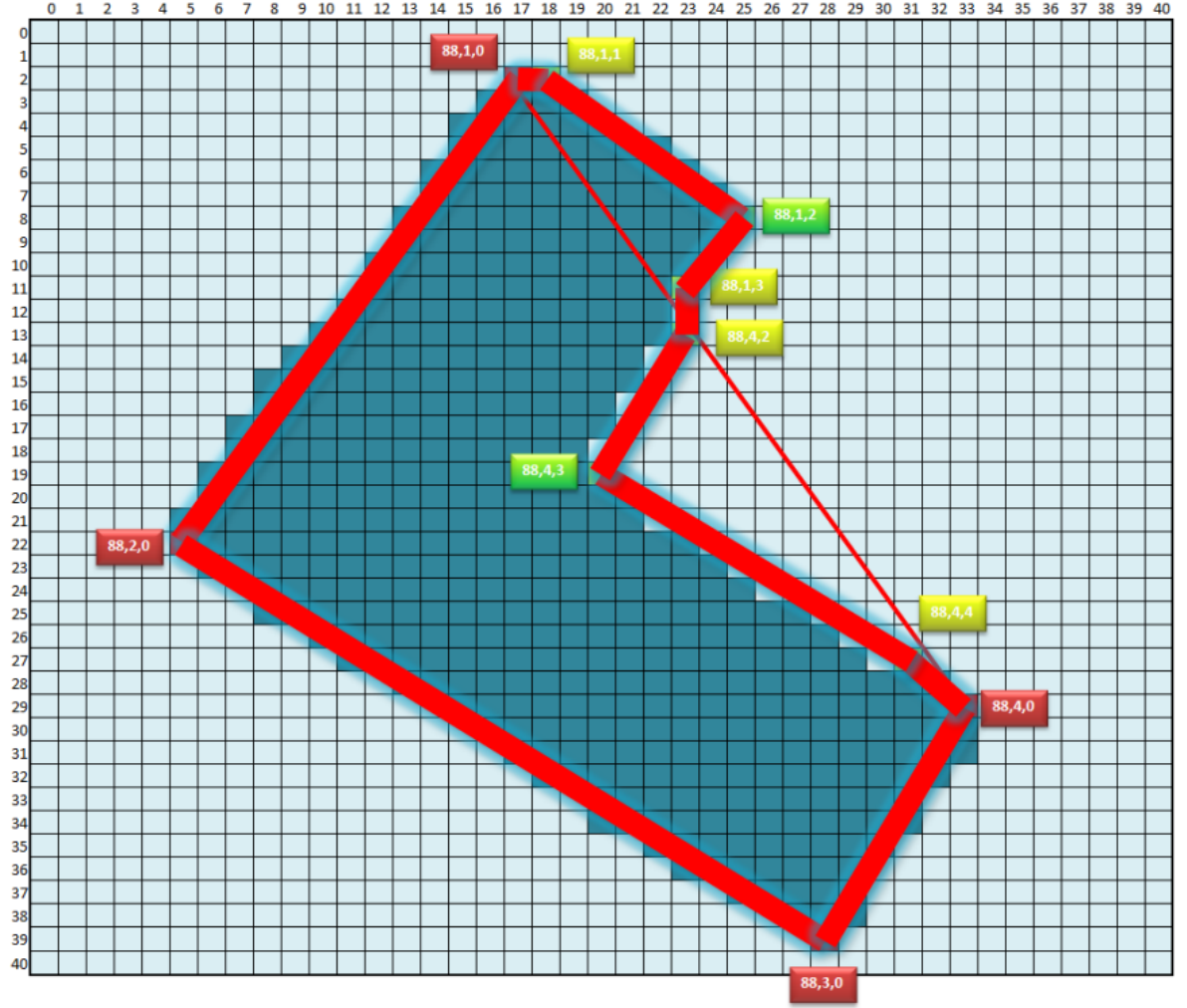
#### 4.1.3.4.2 Dörtten Fazla Köşesi Bulunan Binaların Kenarlarının Çizilmesi

Tüm köşe noktalarının numaralandırılma işlemi bittikten sonra, birinci noktadan başlanarak noktalar sıralanmıştır. Eğer kırmızı, yeşil, mavi kodlamasında mavi bandın değeri sıfır ise, bu köşe ana köşe olarak adlandırılan dört köşeden birisidir. Bunun sebebi ana köşelerde bu banda değer yazılmamasıdır. Köşelerin çizilmesi Bölüm 4.1.4.2.2’deki sıralama ile yapılır. Şekil 4.36’de ki bina için olması gereken sıralama Şekil 4.35’de verilmiştir.



Şekil 4. 35 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Köşelerin sıralanması

verilen sıralamaya göre köşeler çizilmiştir. Sonuç görüntü Şekil 4.36'de gösterilmiştir.

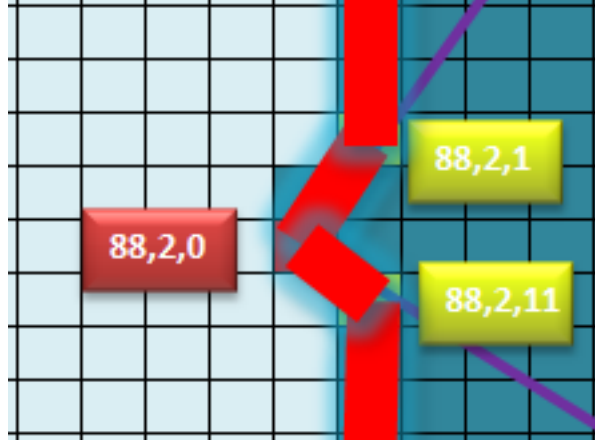


Şekil 4. 36 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Sonuç görüntü

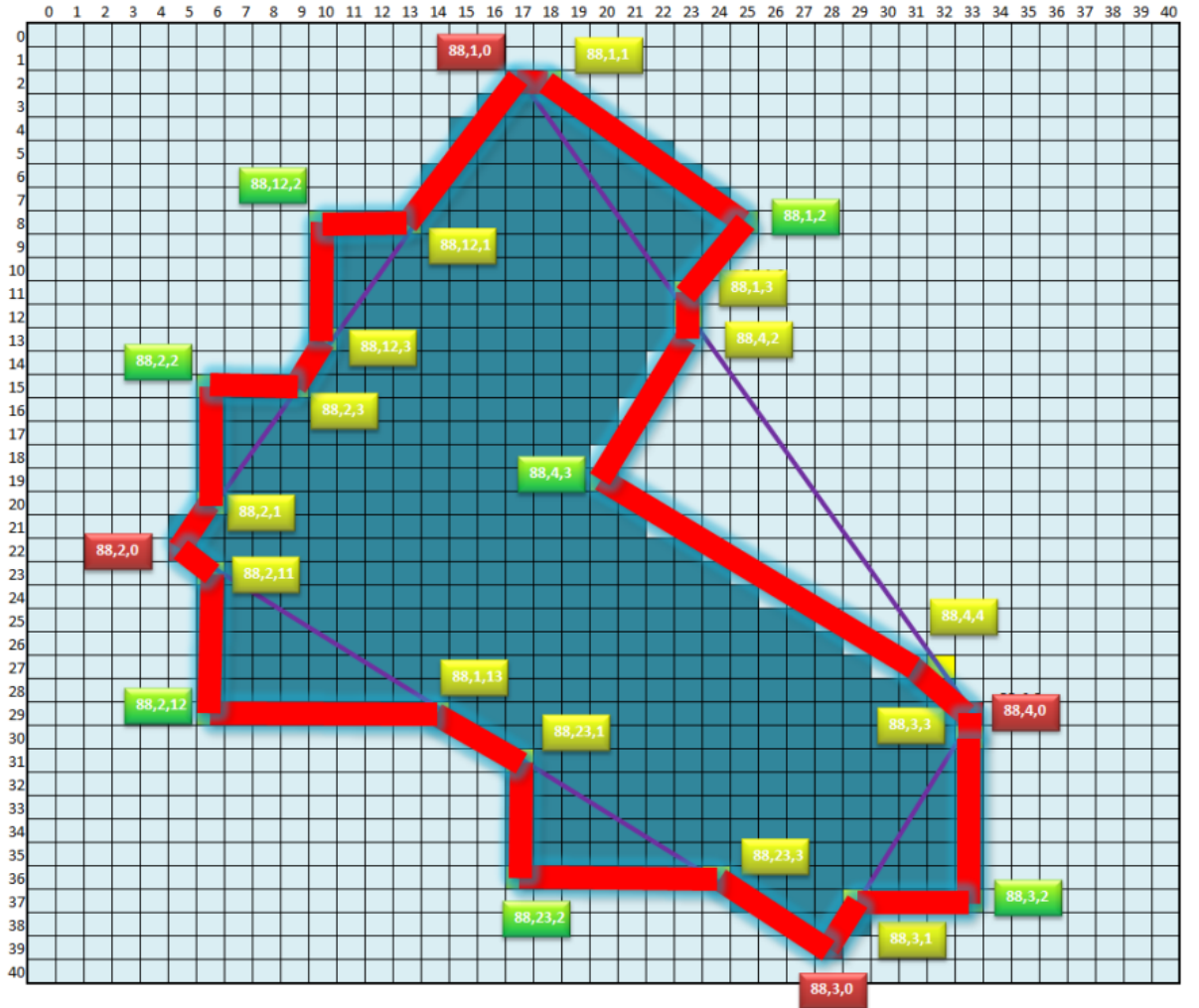
#### 4.1.3.4.3 Özel Durumlarda Köşelerin Numaralandırılması ve Çizilmesi

Bölüm 4.1.5.2'de yer alan koşulun sağlanmaması durumunda, numaralandırma yapılırken, sanal dörtgenin hangi kenarında hangi kenarını kesildiğine dikkat edilmiştir. Birinci ana köşe ile ikinci ana köşe arasında işaretlenmiş köşe olması durumunda, sanal kenar boyunca rastlanan ilk işaretlenmiş köşeye ana köşelerin de içinde yer aldığı numaralar verilmiştir. Yeni numara verildikten sonra, ana köşenin diğer parçaları daha önce anlatılan yöntem ile numaralandırılmıştır. Daha sonra işleme ana köşeden tekrar başlanarak devam edilmiştir.

Aynı ana köşeye birden fazla noktanın 13 pikselden yakın olması durumunda, numaralandırma her bir köşe için on sayı fark ile yapılır.

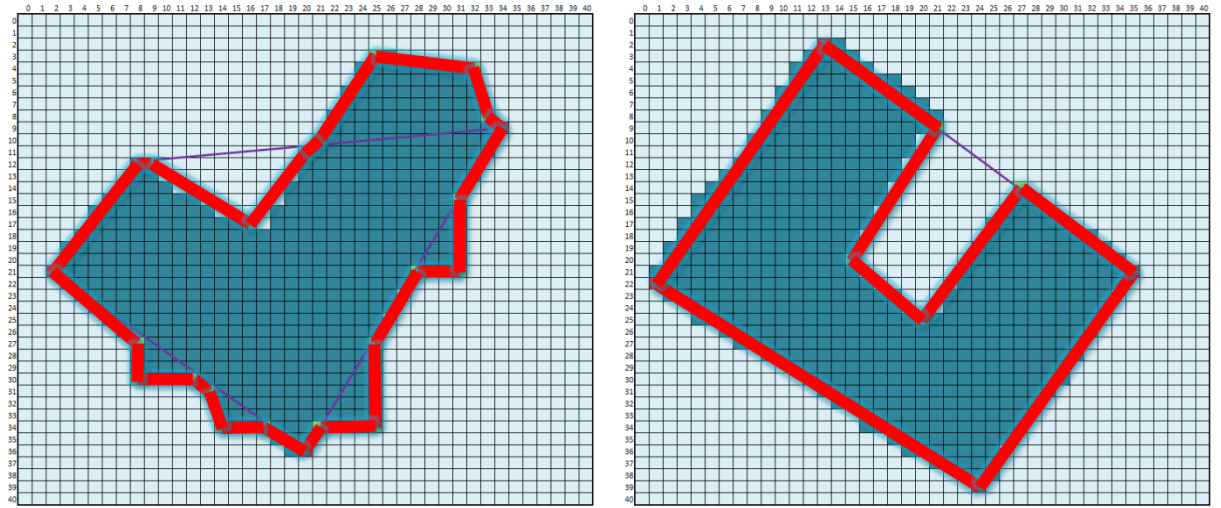


Şekil 4. 37 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Ana köşe ve ara köşe ilişkisi



Şekil 4. 38 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Sonuç görüntü

Şekil 4.38 ve 4.39’de öngörülmüş olan tüm olasılıkların sonuçları örnekler ile gösterilmiştir.



Şekil 4. 39 Dörtten fazla köşeye sahip binaların belirlenmesi: Sonuç görüntü

#### 4.1.3.4.4 Köşeli Olmayan Binaların Kenarlarının Çizilmesi

Binalar, zaman zaman köşesi bulunmayan (elips, daire vb.) veya belirli geometrik hesaplamalara uymayan şekillerde yapılmışlardır (Şekil 4.40). Bu tip binalar için belirli koşullar uygulamak, binaların belirli bir sınıfa koyulamaması, geometrilerinin ifade edilmesinin nedeniyle zordur. Bu tip binalar geometrik basitleştirme işlemi yapılmadan, kenar yakalama algoritmaları ile belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın daha önceki bölümlerinden 3.4.5’de kullanılmış olan Sobel kenar yakalama operatöründen çalışmanın bu kısmında tekrar yararlanılmıştır. Daha sonra gürültüden doğabilecek hataları gidermek için yine sunulan çalışmanın 4.2.2 bölümünde anlatılan median filtresi kullanılmıştır.

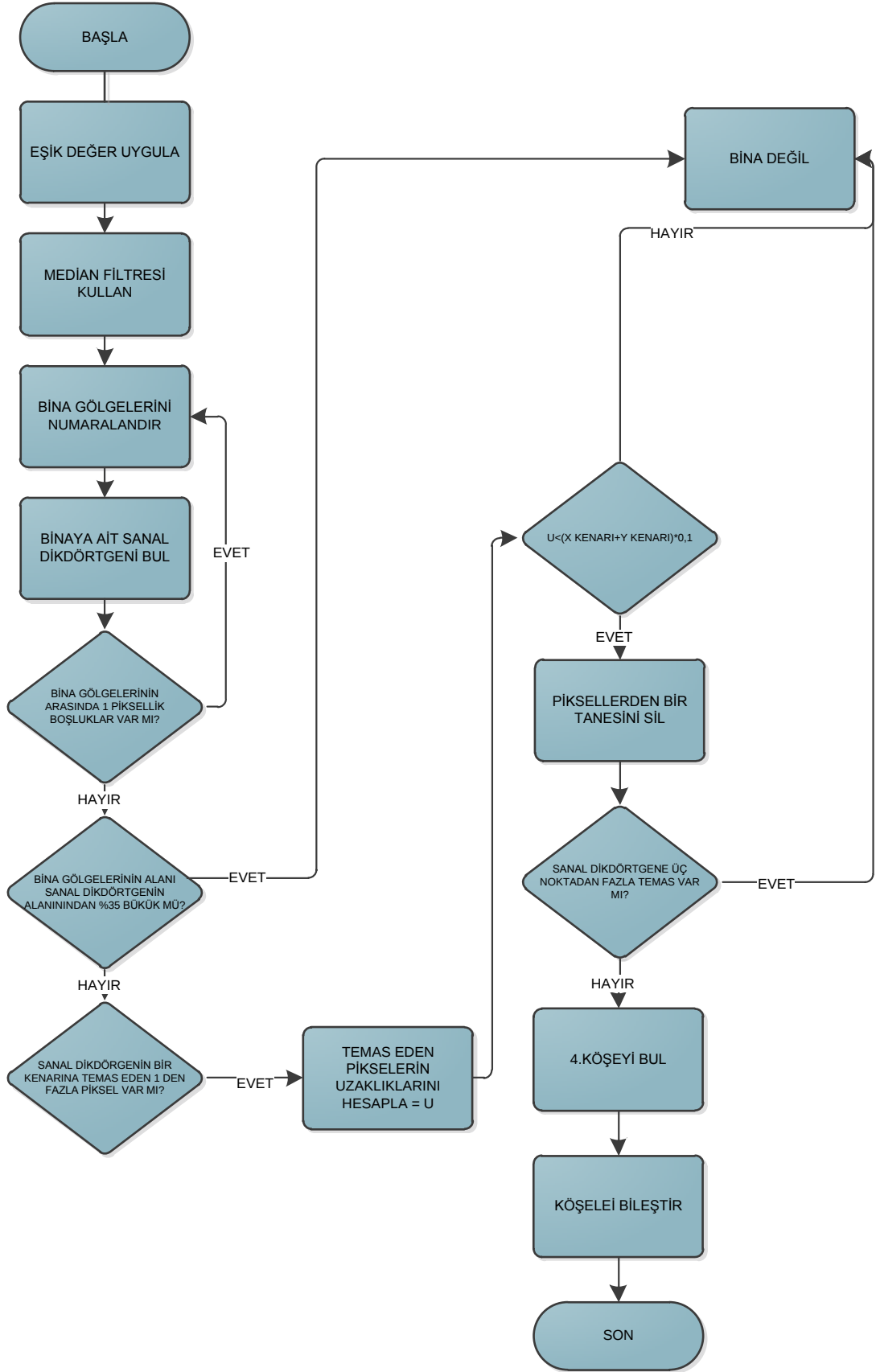


Şekil 4. 40 Yumuşak çizgilere sahip binaların belirlenmesi

Elde edilen sonuç, geometrik olarak doğru olsa bile, geometrik olarak çok fazla kırıkta oluşmaktadır. Oluşan tüm kırıklar birleştirilerek köşeli binalarda olduğu gibi vektör haline getirilir.

## **4.2 Gölgelele Kullananarak Binaların Belirlenmesi**

Sunulan çalışmada, binaların çatıları, binaların çatılarının gri değerlele kullananarak belirlenmiştir. Aynı zamanda, binaların çatılarının gri değerlele ile yakalanamayan binalar için binaların gölgelerinden de yararlanılmıştır. Bina gölgelerle, güneşin binalara vurma aışına göre “L” şekline veya çizgi şeklinde oluşmaktadır. Yapılan çalışmadaki tasarımıda, “L” şeklinde oluşan gölgelerden yararlanılmıştır. “L” şeklinde bina gölgelerle dörtgen şeklindeki binalardan meydana gelmektedir. Bu nedenle, dörtgen binaların belirlenebilmesi için, “L” şeklindeki gölgeler simetri kullananarak dörtgen haline getirilmiş ve daha önce yakalanan binalar ile kıyaslanmıştır. Geliştirilen uygulama sadece, dörtgen şeklinde binalar içindir.



Şekil 4. 41 Bina yakalamada gölgenin kullanımı akış diyagramı

#### 4.2.1 Görüntüden Gölgeleirin Ayıklanması

Uydu görüntüsünden gölgelerin ayıklanması klasik eşik değeri belirleme işleminden yararlanılmıştır. Görüntüde yer alan gölgelerin gri değeri 85' den küçük olduğu için eşik değeri 85 olarak belirlenmiştir. Eşik değeri 85 den daha küçük seçilmesi durumunda bina gölgelerin yakalanamadığı, 85 den büyük seçilmesi durumunda ise bina gölgesi olmayan başka objelerin de yakalandığı görülmüştür (Şekil 4.42).



Şekil 4. 42 Bina gölgesi belirlemede eşik değeri yanlış belirlenmesi

Gölgelerden yararlanılması aşamasında da doğal renkli görüntülerden yararlanılmıştır. Doğal renkli görüntülerin tercih edilmesinin sebebi, doğal renkli görüntülerde daha

fazla bilginin yer almasıdır. Kullanılan görüntü doğal renkli görüntü olduğu için, belirlenen eşik değeri, daha iyi sonuç verebilmesi için kırmızı ve yeşil bantta “85” mavi bantta ise “0” olarak belirlenmiştir. Daha sonra işlem kolaylığı sağlamak için görüntünün rengi tersine çevrilmiştir. Yani, siyahlar beyaz, beyazlar siyah yapılmıştır. Elde edilen sonuç Şekil 4.43’da gösterilmiştir.

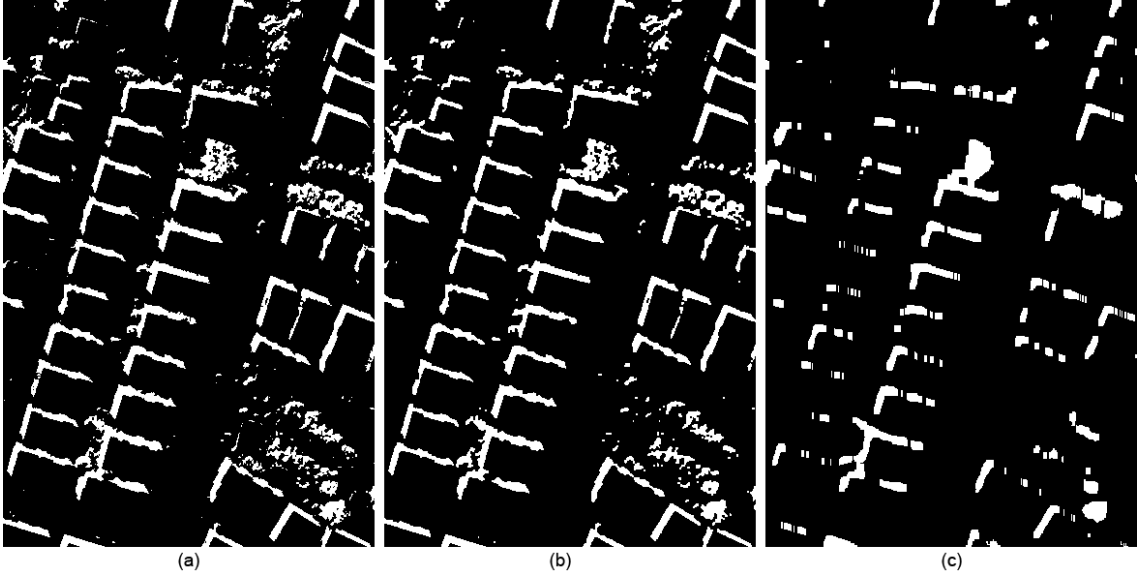


Şekil 4. 43 Bina gölgelerinin eşik değeri belirleme ile ayırt edilmesi, a: Orijinal görüntü, b: Eşik değeri kullanılarak elde edilen bina gölgeleri

#### 4.2.2 Bina Gölgelerinin Median Filtresi Kullanılarak Düzeltilmesi

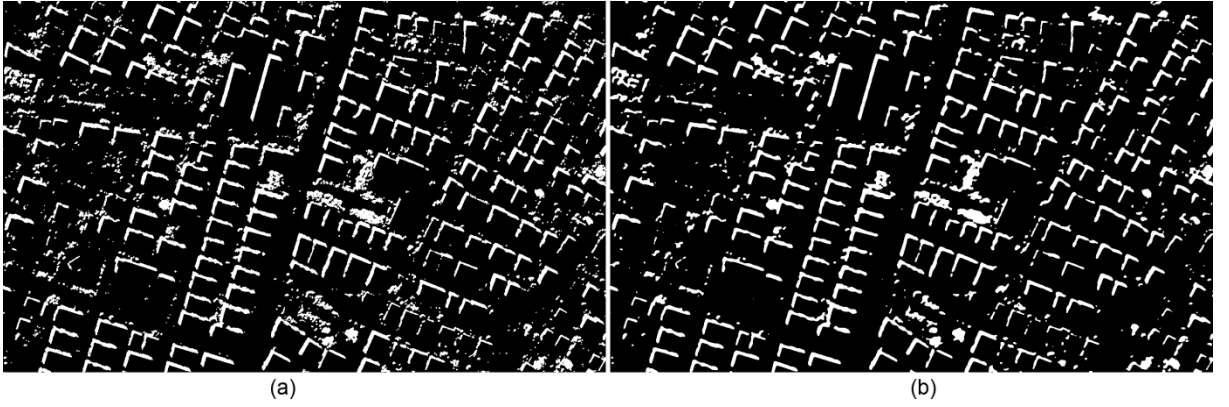
Elde edilen bina kenarlarındaki gürültülerin giderilmesi için median filtresi kullanılmıştır. Median filtresi görüntü ve sinyal işleme konularında, gürültü temizlemek için kullanılan yöntemlerden birisidir. Amaç belirli bir pencere aralığındaki sayıların ortancasını (median) alarak aşırı büyük atlamaları kaldırmaktır. Yani filtre uygulandıktan sonra resimde bulunan ve komutlarından belirgin şekilde ayrılan piksellerin tespit edilerek temizlenmesi sağlanır [65].

Pencere büyüklüğü uygulamanın amacına göre seçilmektedir. Sunulan çalışmada pencere büyüklüğü 3x3 olarak tercih edilmiştir. 3x3 büyüklüğündeki pencere büyüklüğü tercih edilirken, gölge kenarlarının kalınlığı ve görüntüde yok edilmek istenen gürültülerin büyüklüğü dikkate alınmıştır. Pencere büyüklüğünün daha küçük seçilmesi durumunda, gürültülerin giderilemediği, daha büyük seçilmesi durumunda ise, bina gölgelerinde geometrik bozulmalar olduğu görülmüştür (Şekil 4.44).



Şekil 4. 44 a: Orijinal Görüntü, b: 1x1 Median filtresi geçirilmiş görüntü, c: 6x6 Median filtresi geçirilmiş görüntü

3x3 büyüklüğündeki pencere görüntü üzerinde dolaşırken pencerenin üzerinde bulunduğu dokuz değer sıralanır ve ortadaki değer yeni piksel değeri olarak belirlenir. Sonuç görüntüler Şekil 4.45’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 45 a: Eşik değeri belirleme ile ayırt edilmiş bina gölgeleri b: median filtresi geçirilmiş görüntü

#### 4.2.3 Bina Gölgelelerinin Numaralandırılması

Görüntü üzerinde elde edilen her gölge, daha önce çalışmanın Bölüm 3.4.6.5’de kullanılan algoritma ile numaralandırılmıştır. Böylece her bir bina gölgesi ayrı bir obje gibi işleme sokulmuş, işlem zamanından ve algoritmanın geliştirme kolaylığından avantaj sağlanmıştı. Yapılan bu işlemten sonra her bir bina gölgesine ait özel bir numara oluşturulmuştur.

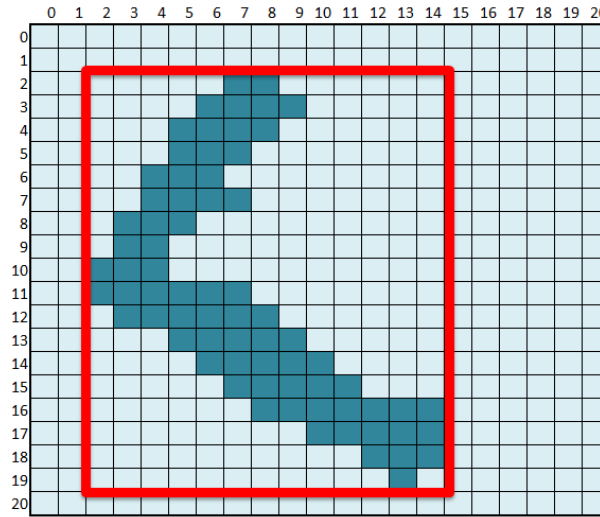
#### 4.2.4 Bina Gölgelemleri Çevreleyen Sanal Dikdörtgenlerin Belirlenmesi

Her bir bina gölgesi numaralandırılarak kimlik sahibi olduktan sonra, daha hızlı işlem yapabilmek ve bilgisayar kaynaklarını daha verimli kullanabilmek için, her bir binayı çevreleyen dikdörtgen köşeleri sanal olarak belirlenmiştir.

Köşelerin sanal olarak belirlenmesi, görüntü üzerindeki en büyük x, y ve en küçük x, y bulunması ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.46). Sanal dikdörtgenin hesaplanması aşağıdaki gibidir;

- En büyük x =14
- En büyük y =19
- En küçük x =2
- En küçük y = 2

Tüm bu değerlere uyan dikdörtgen (2, 2; 14, 19) sanal olarak çizilmiş ve bir “dizi değişken” içinde tutulmuştur.

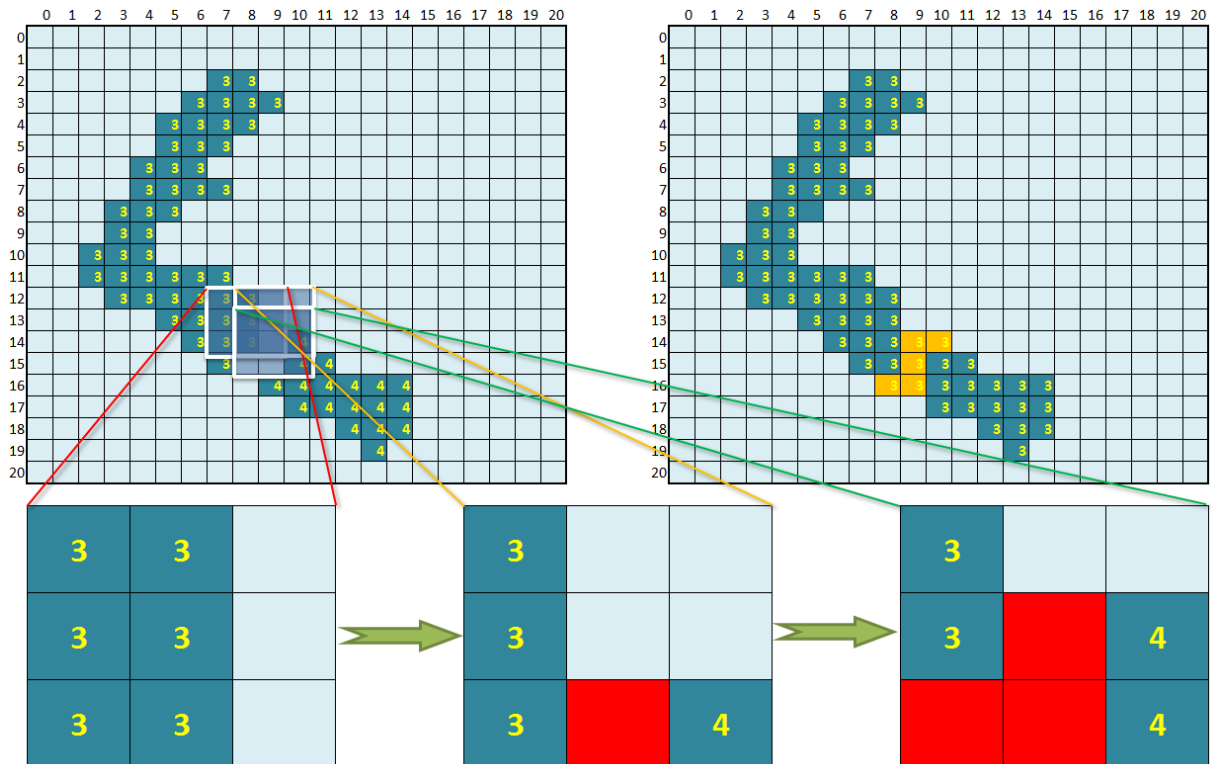


Şekil 4. 46 Bina gölgesini çevreleyen sanal dörtgen

#### 4.2.5 Bina Gölgelemlerine Temas Eden Piksellerin Birleştirilmesi

Obje olarak birbirinden ayrı sınıflandırılmış bir bina gölgesinin, bazı durumlarda seçilen Eşik değeri belirleme değeri yüzünden iki bina gölgesi olarak numaralandırılabilir.

tespit edilmiştir (Şekil 4.47). Oluşabilecek bu hatayı gidermek için ayrı numaralara sahip iki bina gölgesinin birbirlerine yakınlıkları ölçülmüş ve 1 pikselden daha yakın olması durumunda boşluk giderilmiştir. Bu işlem için 3x3 büyüklüğe sahip matris görüntü üzerinde gezdirilmiş ve komşuluk ilişkilerine bakılmıştır. İki farklı numaraya sahip piksellerde aralarındaki mesafe kullanılan 3x3'lük matris ile ölçülmüş ve bir piksel olan yerler birleştirilmiştir. 3x3 lük matrisin tercih edilme sebebi, sadece 1 piksellik boşlukların doldurulmasının amaçlanması, bu nedenle, kullanılacak en küçük matrisin 3x3 olmasıdır. Daha büyük bir matris kullanılması, işlem hızında kayıplara yol açacaktır. Aynı sorunu çözebilmek için uygulanabilecek bir diğer görüntü işleme algoritması da sunulan çalışmanın önceki kısımlarında bahsedilmiş olan matematiksel morfoloji, kapanış algoritmasıdır. 3x3 lük kare bir yapıtaş elemanı da aynı sonucu doğurmaktadır (Şekil 4.47). Daha sonra, iki farklı obje tek bir obje haline geldiği için objeler tekrar numaralandırılmıştır.

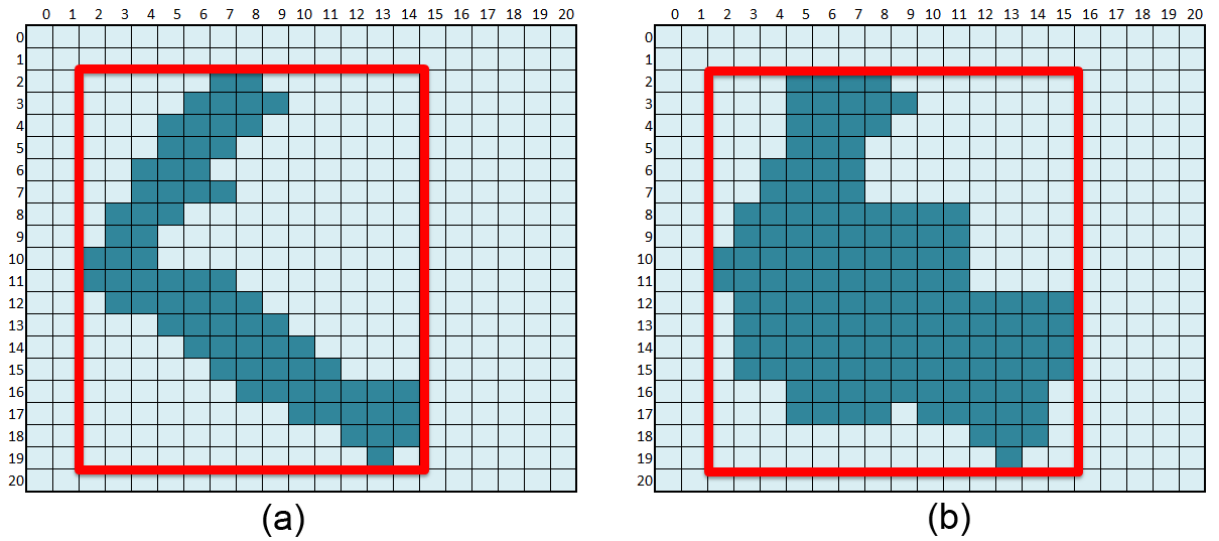


Şekil 4. 47 Farklı numara almış aynı iki binanın tek bina haline getirilmesi

#### 4.2.6 Boyutu Büyük Olan Grupların Silinmesi

Görüntü içerisinde, bina gölgesi olarak sınıflandırılmış, ancak bina olmayan bazı objeler de bu aşamaya kadar görüntü içinde yer almıştır. Bu objelerin bina sınıfından çıkarılması için bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde göre; sanal dikdörtgen içerisinde kalan alanlar hesaplanmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda, sanal dikdörtgen alanının %35 inden büyük olan, objelerin sanal dikdörtgenleri ve kendileri silinmiştir. Kullanılan bağıntı aşağıdaki gibidir.

$$A = (\max X[i] - \min X[i]) * (\max Y[i] - \min Y[i]) * 0.35 \quad (4.2)$$



Şekil 4. 48 Görüntü üzerinde boyutu büyük olan objelerin silinmesi

Şekil 4.48'deki (a) görüntüsüne göre bağıntının gerçekleşmesi durumunda;

- Toplam piksel alanı:247 piksel
- Dolu piksel alanı:71 piksel
- Uygun Alan :  $247 * \%35 = 86$  piksel

Hesaplanmıştır. Bu durumda Şekil 4.48'deki (a) görüntüsü ve sanal dikdörtgen kullanılmaya devam edecektir. Aynı hesaplamalar 4.48'deki (b) görüntüsü için uygulanmıştır. Bu durumda,

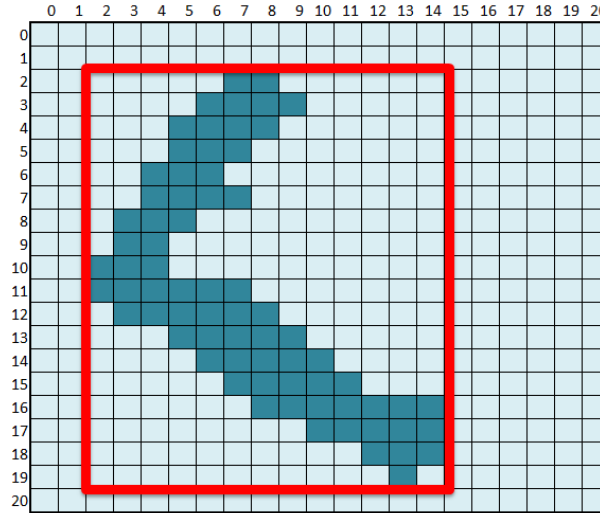
- Toplam piksel alanı: 252 piksel
- Dolu piksel alanı: 137 piksel

- Uygun Alan :  $252 * \%35 = 88,2$  piksel

Hesaplanmıştır. Bu durumda, 4.48'deki (b) görüntüsü ve sanal dikdörtgen artık kullanılmayacaktır. Uygulanan yöntem ve formülle ilgili başarı istatistiklere Bölüm 6.2.2'de gösterilmiştir. Uygulanan yöntemde için 500 örnekte yapılan testlerde en çok 2 binada yanlış tespit yapılmıştır. Kullanılan formülün başarı oranı yapılan test sonucunda binde dört dür.

#### 4.2.7 Sanal Dikdörtgen Kenarlarına Temas Eden Komşu Piksellerin Belirlenmesi ve Silinmesi

Sanal dikdörtgene temas eden her bir piksel, daha sonra oluşturulacak bir binanın 1. 2. ve 3. köşelerini temsil edecektir. 4. Köşenin belirlenebilmesi için, 3 köşenin yerleri tam olarak tespit edilmedir. 3 köşenin tespit edilmesi aşamasında, sanal dikdörtgene temas eden pikseller bina köşesi olarak kullanılacaktır. Bu yüzden, sanal dörtgene bina gölgesi sadece üç noktada temas etmelidir. Ancak aynı köşe noktası olmasına rağmen sanal dörtgenin bir kenarına birden fazla piksel temas edebilir (Şekil 4.49). Bu durumdan kurtulmak için sanal dörtgenin aynı kenarına temas eden komşu pikseller silinmiştir. Birden fazla pikselin temas etmesi durumunda piksellerin ortalaması alınmıştır.

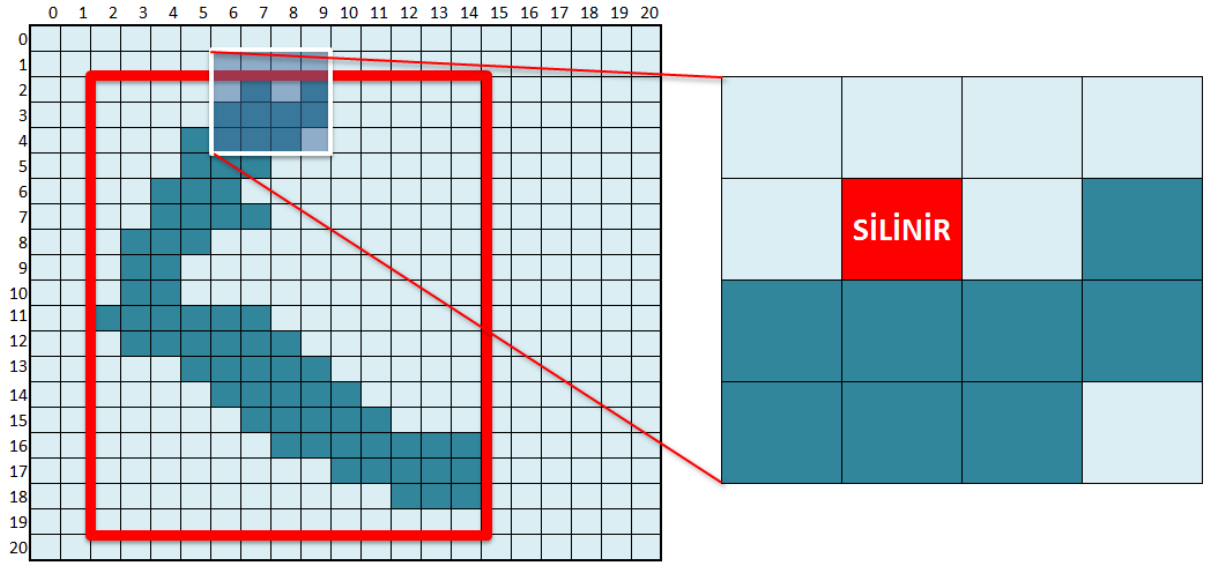


Şekil 4. 49 Sanal dikdörtgenin aynı kenarına temas eden birden fazla piksel

#### 4.2.8 Sanal Dikdörtgen Kenarlarına Temas Eden Komşu Olmayan Piksellerin Belirlenmesi ve Silinmesi

Bazı durumlarda, bina gölgesinin sanal dikdörtgenin kenarlarından bir tanesine birden fazla noktada temas ettiği görülmüştür. Bu durumda bu temasın şekli, objenin bina gölgesi olup olmadığı konusunda ve gölgeyi tamamlama konusunda karar vermemize yardımcı olmuştur. Sanal dörtgenin aynı kenarına değen ve komşu olmayan iki piksel, eğer bir gürültü nedeniyle böyle bir duruma yol açmışsa, uzaklıkları arasındaki mesafe aşağıdaki koşulu sağlıyorsa ve bu obje bir bina gölgesidir (Şekil 4.50).

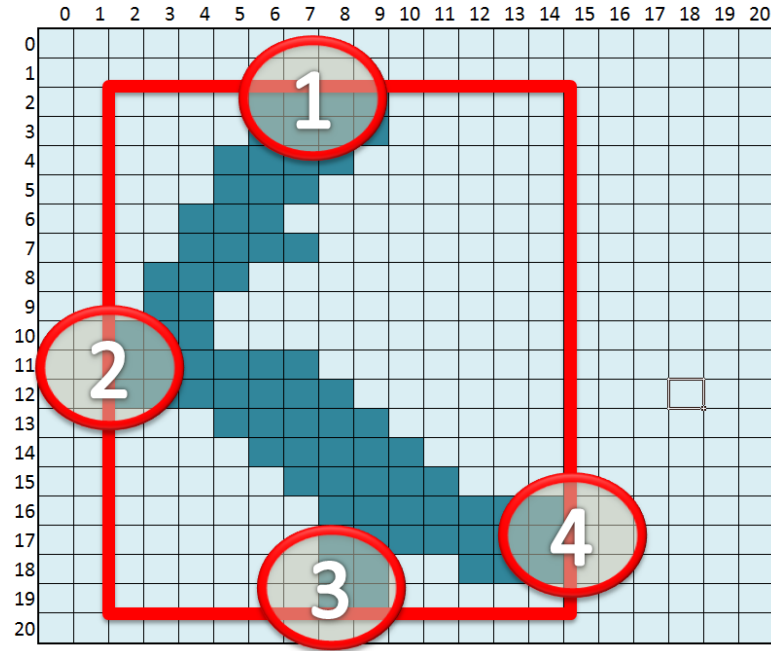
$$\text{Uzaklık} = (x \text{ kenarı} + y \text{ kenarı}) * 0,1 \quad (4.3)$$



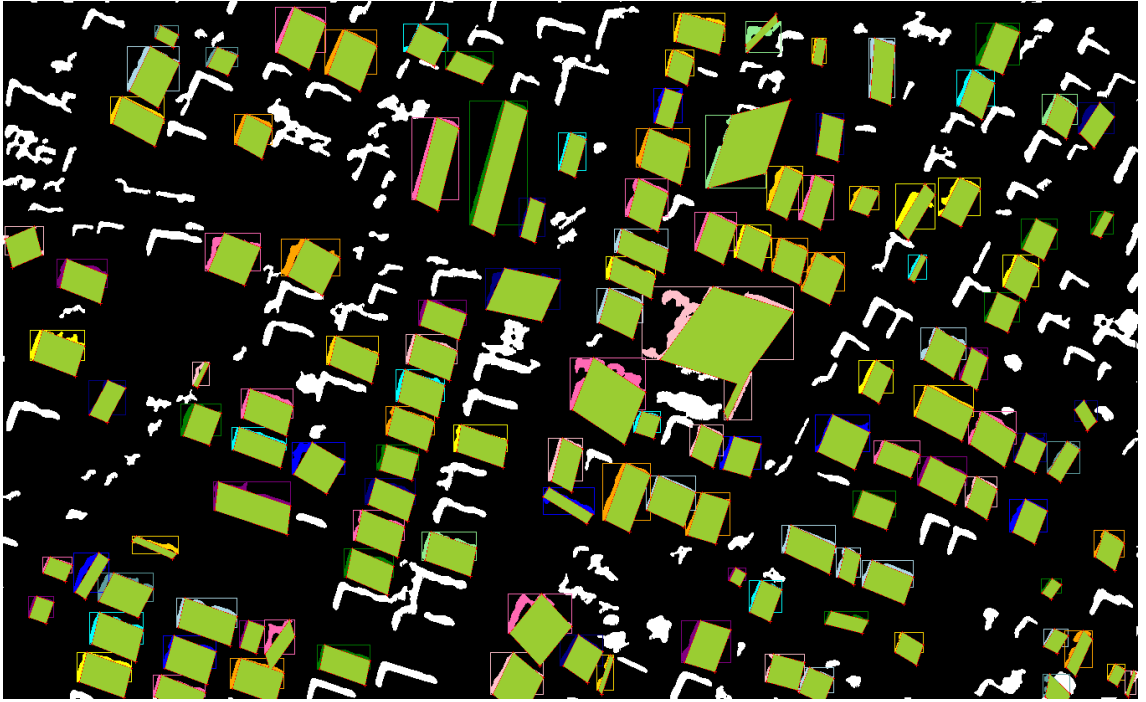
Şekil 4. 50 Sanal dikdörtgen kenarlarına temas eden ve birbirine yakın olan piksellerin belirlenmesi ve silinmesi

#### 4.2.9 Sanal Dikdörtgen Kenarlarına Üç Noktadan Fazla Temas Eden Bina Gölgelerinin Silinmesi

Yapılan çalışmada geliştirilen algoritmanın bu ana kadar yaptığı tüm denetlemelerden sonra, halen obje, sanal dörtgene birden fazla noktada temas ediyorsa, algoritma, objenin, bina gölgesi olmadığına karar verilmiştir (Şekil 4.51). Bu kararın olumsuz verilmesi durumunda, objeye daha önceden verilmiş numaralar silinmiştir. Daha sonra numaralandırılmış her “bina gölgesidir” kararı verilmiş obje, daha iyi ayırt edilebilmesi için farklı bir renge boyanmıştır. Boyanan bina gölgeleri için daha önce sanal olarak yerleri bilinen dikdörtgenler kalıcı olarak çizilmiştir (Şekil 4.52).



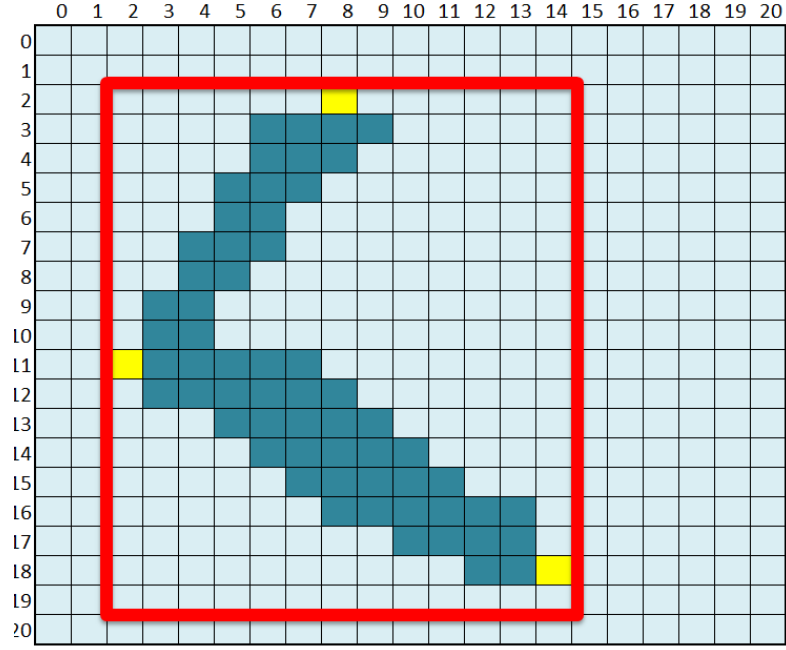
Şekil 4. 51 Gölge olmayan obje



Şekil 4. 52 Sanal Dörtgenler

#### 4.2.10 Gölgeden Yararlanılarak Binanın Üç Köşenin Tespit Edilmesi

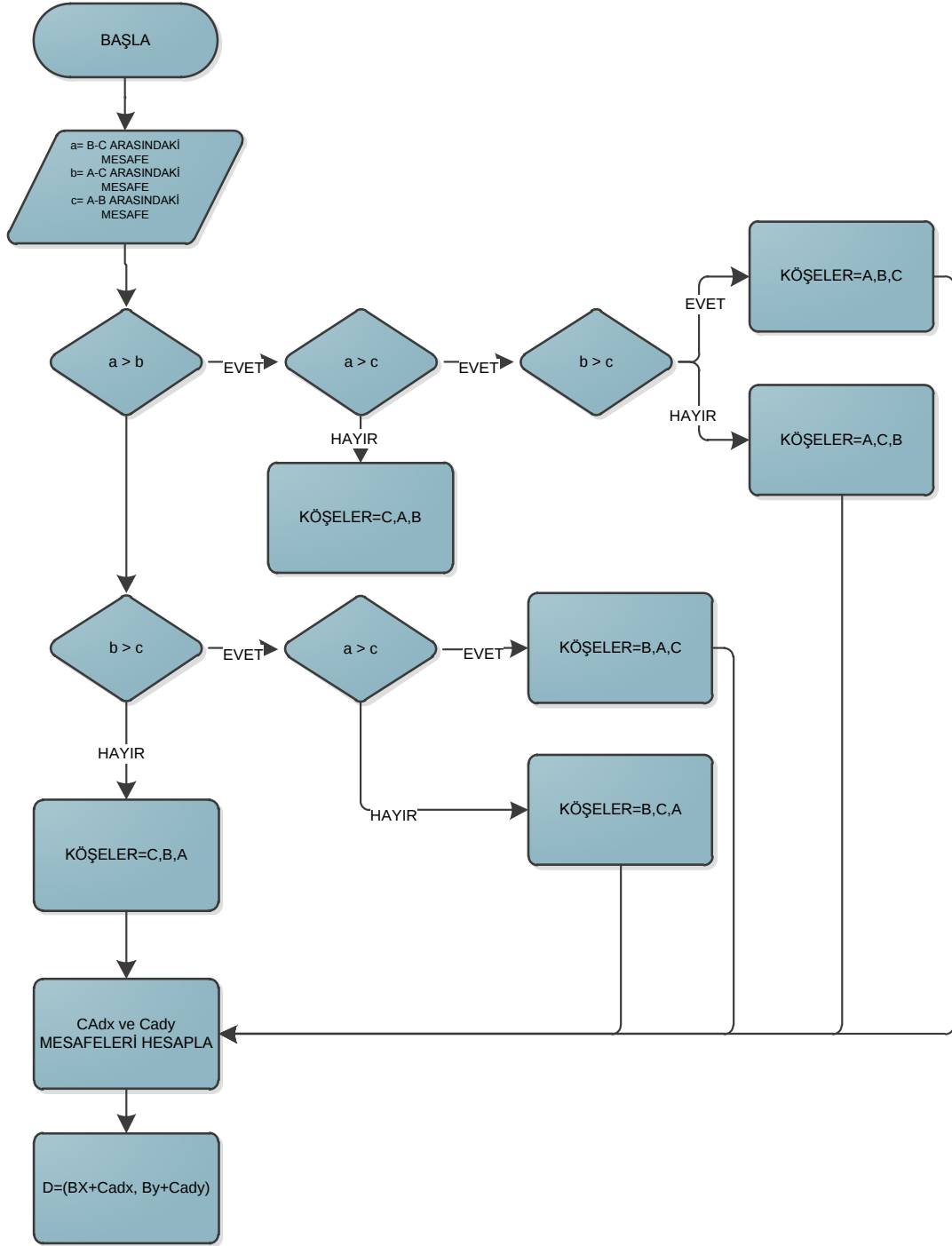
Sanal dikdörtgene sadece üç piksel ile temas eden bina gölgesinin temas eden bu üç pikseli binanın 4 noktasındaki üçünü oluşturur. Bu üç piksel konumları ile birlikte kayıt edilir (Şekil 4.53).



Şekil 4. 53 Binanın üç köşesi

#### 4.2.11 Bina Gölgesinden Binanın Tamamının Oluşturulması

“L” şeklindeki gölgede binada olması gereken dört köşeden üç tanesi mevcuttur. 4. Noktayı hesaplamak için ilk aşamada yapılması gerekenin dikdörtgenin konumları belli olan ve gölgenin köşeleri olan üç noktanın koordinatlarını hesaplamaktır. Dördüncü köşenin konumu bina gölgesinde bulunan üç köşe noktası yardımıyla belirlenmiştir. Bina olduğu varsayılan dikdörtgenin dördüncü köşesinin tespit edilebilmesi için, belirlenen köşelerin sıraya dizilmesi gerekir. Sıralama sayesinde, dördüncü köşenin simetriği olan ve hipotenüsün karşısında bulunan köşe tespit edilmiş olur. Kullanılacak algoritma gereği hipotenüsü gören köşe için “A” diğerleri için ise “B” ve “C” isimlendirmesi yapılmıştır.



Şekil 4. 54 Binanın dördüncü köşesinin belirlenmesi akış diyagramı

Bina köşelerinin sıralanması işleminde öncelikle üç köşe arasındaki mesafeler hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, uzunluklara a, b, c isimlendirmesi yapılmıştır. Bu isimlendirmeler sonucu, a, b ve c kenarları aşağıdaki uzunlukları ifade etmektedir.

- a = B ve C köşesi arasındaki mesafe

- $b$  = A ve C köşesi arasındaki mesafe
- $c$  = A ve B köşesi arasındaki mesafe

uzunluklar hesaplandıktan sonra, köşelerin sıralaması aşağıdaki koşullara göre yapılmıştır.

- Eğer  $a > b$  ve  $a > c$  ve  $b > c \Rightarrow$  Köşeler; A, B, C
- Eğer  $a > b$  ve  $a > c$  ve  $c > b \Rightarrow$  Köşeler; A, C, B
- Eğer  $b > a$  ve  $b > c$  ve  $a > c \Rightarrow$  Köşeler; B, A, C
- Eğer  $b > a$  ve  $b > c$  ve  $c > a \Rightarrow$  Köşeler; B, C, A
- Eğer  $c > b$  ve  $c > a$  ve  $a > b \Rightarrow$  Köşeler; C, A, B
- Eğer  $c > b$  ve  $c > a$  ve  $b > a \Rightarrow$  Köşeler; C, B, A

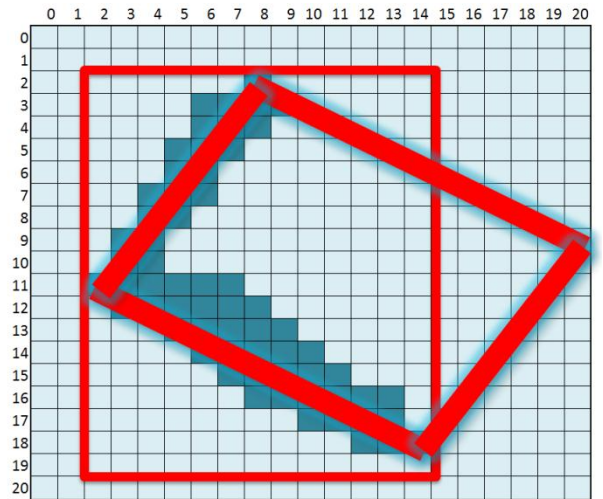
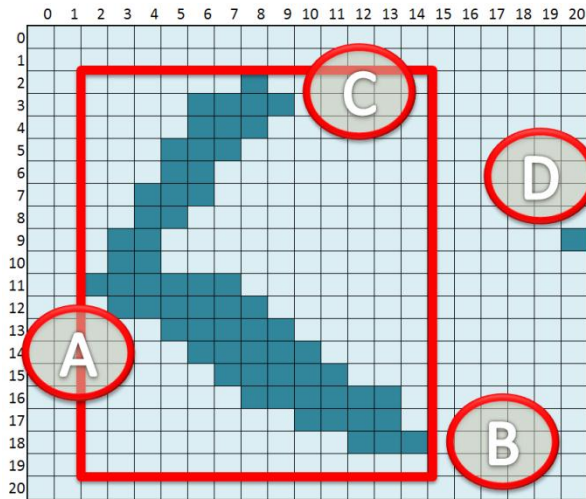
Yeni belirlenen sıralamaya göre;

- $CA_{dx} = C_{nin} \text{ x koordinatı ve - A'nın x koordinatı}$
- $CA_{dy} = C_{nin} \text{ y koordinatı ve - A'nın y koordinatı}$

değerleri hesaplanmıştır. D köşesinin yani binaya ait dikdörtgenin 4. Köşesi;

$$D = (B \text{ köşesinin x koordinatı} + CA_{dx}, B \text{ köşesinin y koordinatı} + CA_{dy}) \quad (4.4)$$

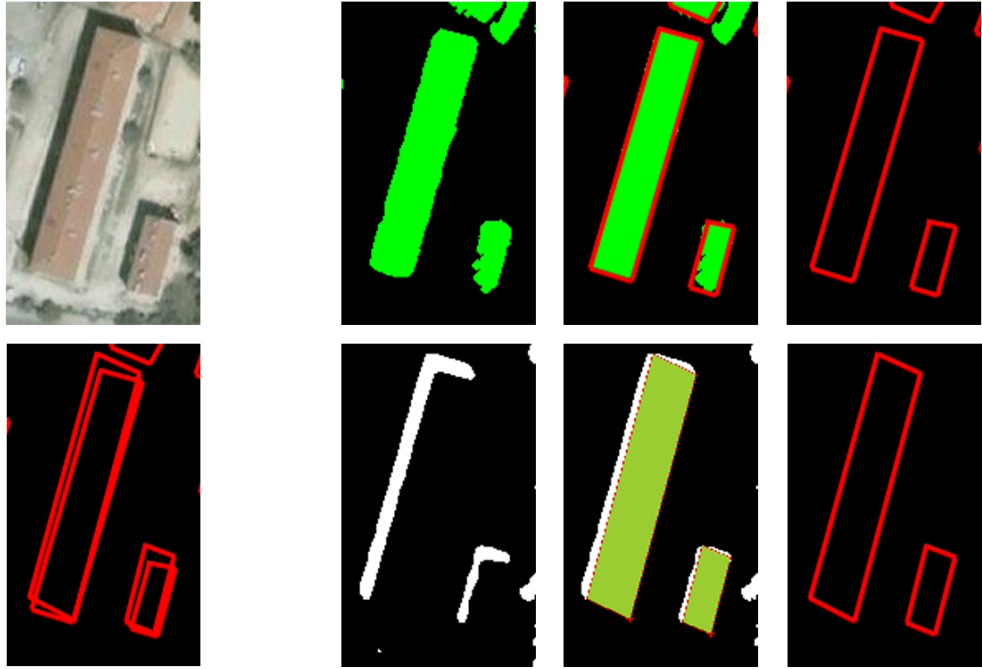
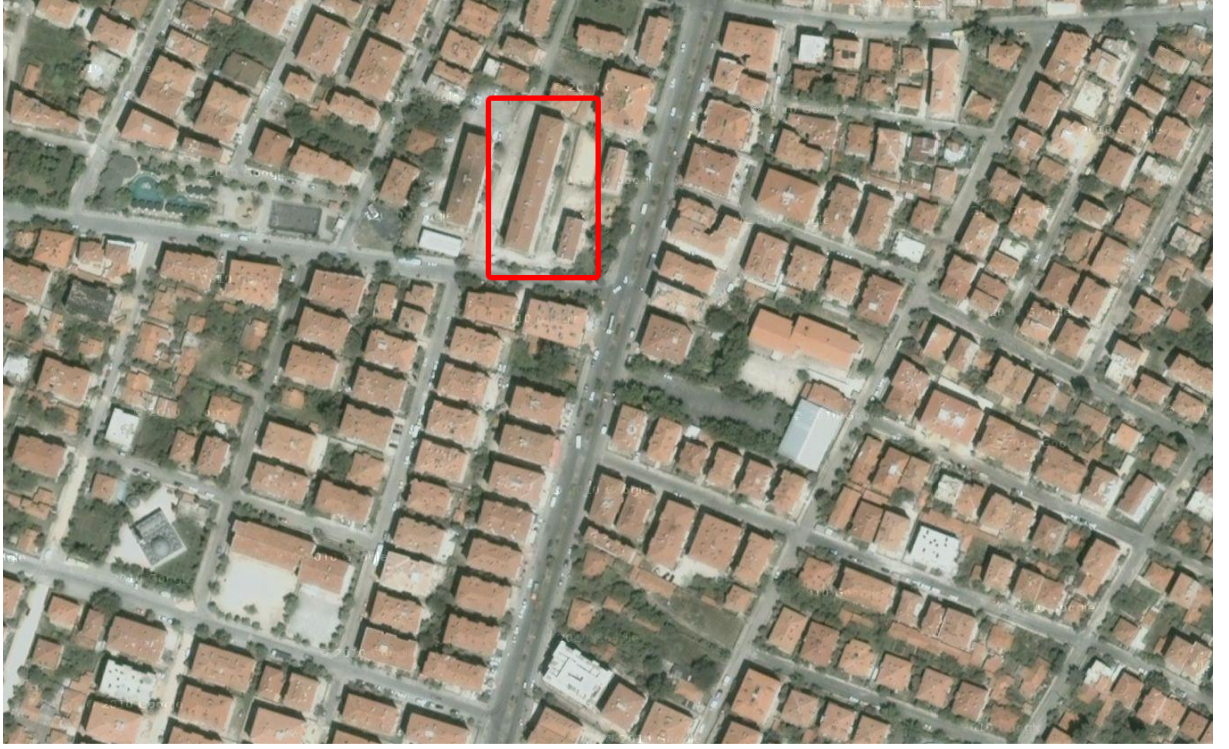
ile hesaplanmıştır (Şekil 4.55). Hesaplanan köşe noktaları birleştirilerek gölgelere göre hesaplanmış olan bina sınırları çizilmiştir.



#### Şekil 4. 55 Bina gölgesinden binanın tamamının oluşturulması

##### **4.2.12 Bina Gölgesinden Binanın Tamamının Oluşturulması**

Bölüm 4.2.11’de gölgelerden elde edilen bina kenarları ile Bölüm 4.1’de morfolojik operatörler ve görüntü işleme teknikleri ile elde edilen bina kenarları, aynı görüntü de birleştirilerek sonuç görüntü elde edilmiştir (Şekil 4.56). Birleştirme sırasında elde edilen iki sonucun hangisinin kullanılacağı konusunda karar vermek için, binaların alanları birbiri ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonucunda, uyumluluğun %75 üstünde olması durumunda Bölüm 4.1’de kullanılan algoritma ile elde edilen sonuç, tercih edilir. Uyumluluğun, %75’in altında olması durumunda ise, iki yöntemden bir tanesinde binanın tam olarak tespit edilemediği kararı verilmiş ve alanı büyük olan tercih edilmiştir.



Şekil 4. 56 Bulunan binaların birleştirilmesi

### YAPAY SİNİR AĞLARI

Sunulan tez çalışmasının bu aşamasında morfolojik yöntemlerle beraber bina gölgelerinin de kullanılması ile ayırt edilen binalarda yapay sinir ağlarının kullanılmasının nasıl sonuçlar doğuracağı irdelenmiştir. Yapay sinir ağları, çalışmada işlem süresini uzatan ve geliştirilen algoritmaların karar vermekte zorlandığı bina gölgelerinin tespit edilmesinde daha başarılı sonuçlar doğurduğu için tercih edilmiştir.

#### 5.1 Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarından esinlenilerek ortaya çıkarılan ve biyolojik sinir ağlarına benzer bazı performans özellikleri içeren bir bilgi işleme sistemidir [66].

İlk yapay sinir ağı, 1943 yılında Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından geliştirilmiştir. Ancak, o yıllardaki teknoloji bilim insanlarının çok fazla geliştirme yapmasına imkân vermemiştir [67].

##### 5.1.1 Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

YSA'lar, uygulanan ağ modeline göre değişik karakteristik özellikler göstermelerine karşın temel birkaç ortak özelliğe sahiptirler [68].

Birinci özellik; YSA'larda sistemin paralelliği ve toplamsal işlevin yapısal olarak dağılmışdır [69]. YSA'lar birçok nörondan meydana gelir ve bu nöronlar eş zamanlı olarak çalışarak karmaşık işlevleri yerine getirir. Diğer bir deyişle karmaşık işlevler birçok nöronun eş zamanlı çalışması ile meydana getirilir. Süreç içerisinde bu

nöronlardan her hangi biri işlevini yitirse dahi sistem güven sınırları içerisinde çalışmasına devam edebilir [68].

İkinci özellik ise genelleme yeteneği, diğer bir deyişle ağ yapısının, eğitim esnasında kullanılan nümerik bilgilerden eşleştirmeyi betimleyen kaba özellikleri çıkarsaması ve böylelikle eğitim sırasında kullanılmayan girdiler için de, anlamlı yanıtlar üretebilmesidir [70].

Üçüncü olarak; ağ fonksiyonları doğrusal olmayan fonksiyonlardan oluşabilmektedir. Yapı üzerinde dağılmış belli tipteki doğrusal olmayan alt birimler özellikle, istenen eşleştirmenin denetim ya da tanımlama işlemlerinde olduğu gibi doğrusal olmayan olması durumunda işlevin doğru biçimde yerine getirilebilmesini matematiksel olarak olası kılar [68].

Dördüncü özellik ise; sayısal ortamda tasarlanan YSA'ların, donanımsal gerçekleştirilebilirlikleridir. Bu özellik beklide YSA'ların günlük hayatta daha da fazla yaşamımızın içine gireceğinin (girebileceğinin) göstergesidir [68].

### **5.1.2 Yapay Sinir Ağlarının Avantajları**

Yapay sinir ağları, karmaşık ve kesin olmayan verilerden anlam çıkartma konusunda diğer bilgisayar teknikleri hatta zaman zaman insanlardan bile üstün yeteneğe sahiptirler. Eğitimli bir yapay sinir ağı konusunda bir uzman olarak değerlendirilebilir. Bu uzman, daha sonra karşılaşılabilecek yeni durumlara çözüm bulma yeteneğine de sahiptirler [6]. Genel olarak avantajları,

Yapay sinir ağlarının temel işlevi bilgisayarın öğrenmesini sağlamaktır. Olayları öğrenerek benzer olaylar karşısında mantıklı kararlar verebilirler [68].

Bilgi işleme yöntemleri geleneksel programlamadan farklıdır. Bu nedenle geleneksel programlamanın getirdiği birçok olumsuzluk ortadan kaldırılabilir [68].

Bilgiler ağın tamamında saklanır. Geleneksel programlamada olduğu gibi bilgiler veri tabanları ya da dosyalarda belli bir düzende tutulmaz, ağın tamamına yayılarak değerler ile ölçülen ağ bağlantılarında saklanmaktadır. Nöronlardan bazılarının işlevini yitirmesi, anlamlı bilginin kaybolmasına neden olmaz [68].

Örnekleri kullanarak öğrenirler. YSA'nın öğrenebilmesi için örneklerin belirlenmesi, bu örneklerin ağa gösterilerek istenen çıktılara göre ağın eğitilmesi gerekmektedir. Ağın başarısı, seçilen örnekler ile doğru orantılıdır, ağa olay bütün yönleri ile gösterilemezse ağ yanlış çıktılar üretebilir [68].

Daha önce görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretebilirler. YSA'lar eğitimleri sırasında kendilerine verilen örneklerden genellemeler çıkarırlar ve bu genellemeler ile yeni örnekler hakkında bilgi üretebilirler [68].

Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilirler. YSA'ların en başarılı oldukları alanlar, algılamaya yönelik uygulama alanlarıdır. Bu alanlarda başarıları kanıtlanmıştır [68].

Örüntü (pattern) ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilirler. YSA'lar kendilerine örnekler halinde verilen örüntüleri kendisi veya diğerleri ile ilişkilendirebilir. Ayrıca kendisine verilen örneklerin kümelenmesi ile bir sonraki verinin hangi kümeye dâhil olacağının karar verilmesi konusunda kullanılabilirler [68].

Örüntü tamamlama yapabilirler. Ağa eksik bilgileri içeren örüntüler verildiğinde eksik bilgilerin tamamlanması konusunda başarılıdır [68].

Kendi kendine öğrenebilme ve organize etme yetenekleri vardır. YSA'lar çevrimiçi olarak öğrenebilirler ve kendi kendilerini eğitebilirler [68].

Eksik bilgi ile çalışabilmektedirler. Geleneksel sistemlerin aksine YSA'lar eğitildikten sonra veriler eksik bilgi içerse dahi, çıktı üretebilirler. Bu durum bir performans kaybı yaratmaz, performans kaybı eksik bilginin önemine bağlıdır. Burada bilgilerin önem dereceleri eğitim sırasında öğrenilir [68].

Hata toleransına sahiptirler. YSA'ların eksik bilgilerle çalışabilmeleri ve bazı hücreleri bozulsa dahi çalışabilmeleri, onları hatalara karşı toleranslı yapar [68].

Dereceli bozulma (Gradeful degradation) gösterirler. Bir ağ, zaman içerisinde yavaş ve göreceli bir bozulmaya uğrar. Ağlar problemin ortaya çıktığı anda hemen bozulmazlar [68].

Dağıtık belleğe sahiptirler. YSA'larda bilgi ağa dağılmış bir şekilde tutulur. Hücrelerin bağlantı ve ağırlık dereceleri, ağın bilgisini gösterir. Bu nedenle tek bir bağlantının kendi başına anlamı yoktur [68].

Burada çok temel bazı avantajlardan bahsedilmekle beraber, YSA'ların daha pek çok avantajı vardır [68].

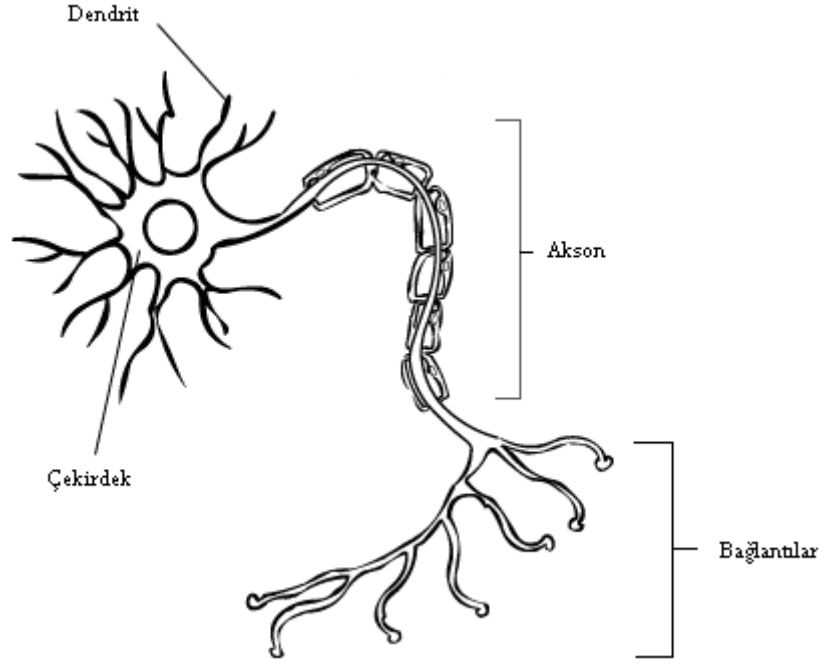
YSA'ların, pek çok avantajın yanında bazı dezavantajları da vardır. Belli başlı dezavantajları;

Donanım bağımlıdır. YSA'ların en önemli sorunu donanım bağımlı olmalarıdır. YSA'ların en önemli özellikleri ve var oluş nedenlerinden birisi olan paralel işlem yapabilme yeteneği, paralel çalışan işlemciler ile performans gösterir [68].

Uygun ağ yapısının belirlenmesinde belli bir kural yoktur. YSA'larda probleme uygun ağ yapısının belirlenmesi için geliştirilmiş bir kural yoktur. Uygun ağ yapısı deneyim ve deneme yanılma yolu ile belirlenmektedir [68].

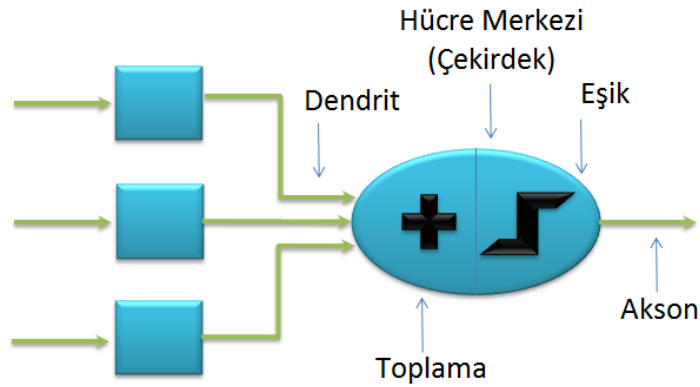
### **5.1.3 İnsan Sinirlerinden Yapay Sinir Ağlarına Geçiş**

Yapay sinir ağlarının oluşturulması için örnek teşkil eden, biyolojik sinir ağlarının ve insan beyninin en temel parçaları, hatırlama, düşünme, her harekette daha önceki deneyimlere başvurma yeteneğini sağlayan kendine özgü sinir hücreleridir. İnsan beyinde yaklaşık  $10^{11}$  sinir hücresi vardır. Şekil 5.1'de basitleştirilmiş biyolojik bir beyin sinir hücresi ve bileşenleri ile ilişkisi görülmektedir [71].



Şekil 5. 1 Biyolojik bir beyin sinir hücresi ve bileşenleri [71]

İnsan beynindeki Nöronlar ve onların bağlantılarının temel özelliklerini öğrenmek, yapay sinir ağlarının oluşturulmasında büyük önem taşımaktadır.



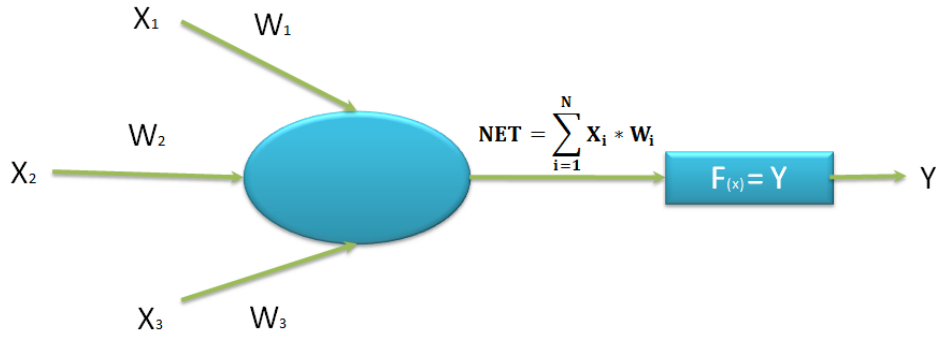
Şekil 5. 2 Beyin sinir hücresi modeli

#### 5.1.4 Yapay Sinir Hücresinin Yapısı

Yapay sinir hücreleri de biyolojik sinir hücrelerine benzer yapıdadır. Yapay nöronlar da aralarında bağ kurarak yapay sinir ağlarını oluştururlar. Aynı biyolojik nöronlarda olduğu gibi yapay nöronların da giriş sinyallerini aldıkları, bu sinyalleri toplayıp

işledikleri ve çıktıları ilettikleri bölümleri bulunmaktadır. Bir yapay sinir hücresi beş bölümden oluşmaktadır [72];

- Girdiler
- Ağırlıklar
- Birleştirme fonksiyonu
- Aktivasyon fonksiyonu
- Çıktılar



Şekil 5. 3 YSA Sinir hücresi modeli

#### 5.1.4.1 Girdiler

Girdiler nöronlara gelen verilerdir. Girdiler yapay sinir hücresine bir diğer hücreden gelebileceği gibi direk olarak dış dünyadan da gelebilir. Bu girdilerden gelen veriler biyolojik sinir hücrelerinde olduğu gibi toplanmak üzere nöron çekirdeğine gönderilir [72].

#### 5.1.4.2 Ağırlıklar

Yapay sinir hücresine gelen bilgiler girdiler üzerinden çekirdeğe ulaşmadan önce geldikleri bağlantıların ağırlığıyla çarpılarak çekirdeğe iletilir. Bu sayede girdilerin üretilcek çıktı üzerindeki etkisi ayarlanabilmektedir. Bu ağırlıkların değerleri pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Ağırlığı sıfır olan girdilerin çıkıl üzerinde herhangi bir etkisi olmamaktadır [72].

#### 5.1.4.3 Birleştirme Fonksiyonu

Birleştirme fonksiyonu bir yapay sinir hücresine ağırlıklarla çarpılarak gelen girdileri toplayarak o hücrenin net girdisini hesaplayan bir fonksiyondur [72].

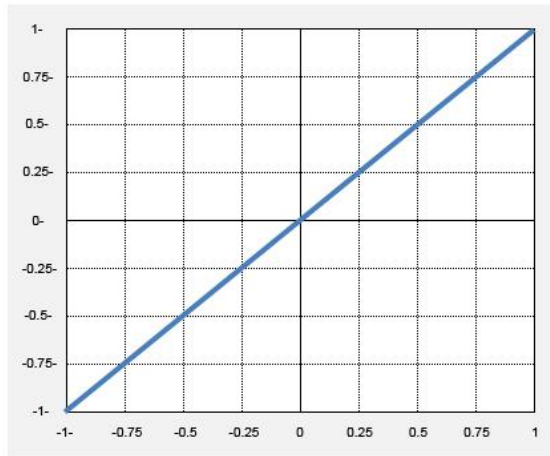
$$NET = \sum_{i=1}^N x_i * W_i \quad (5.1)$$

#### 5.1.4.4 Aktivasyon Fonksiyonu

Birleştirme (toplama) fonksiyonundan çıkan net toplam hücrenin çıkısını oluşturmak üzere aktivasyon fonksiyonuna iletilir. Aktivasyon fonksiyonu genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyon seçilir. Yapay sinir ağlarının bir özelliğı olan “doğrusal olmama” aktivasyon fonksiyonlarının doğrusal olmama özelliğinden gelmektedir. Aktivasyon fonksiyonu seçilirken dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise fonksiyonun türevinin kolay hesaplanabilir olmasıdır. Geri beslemeli ağlarda aktivasyon fonksiyonunun türevi de kullanıldığı için hesaplamaların yavaşlamaması için türevi kolay hesaplanır bir fonksiyon seçilir [72].

##### 5.1.4.4.1 Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu

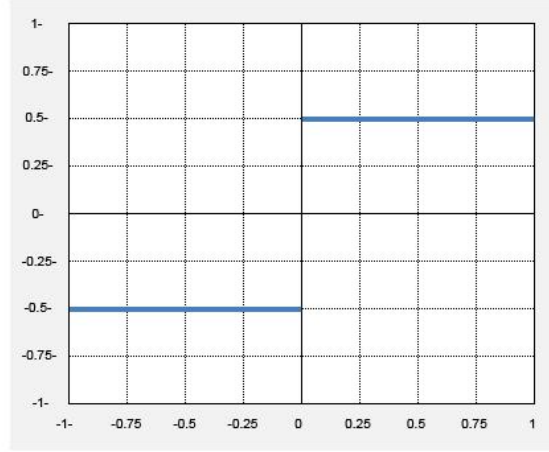
Doğrusal problemler çözmek amacıyla aktivasyon fonksiyonu doğrusal bir fonksiyon da seçilebilir. Doğrusal aktivasyon fonksiyonları matematiksel olarak  $F(x) = A * x$  olarak genellenebilir. Bu formülde A sabit bir katsayıdır. A değerin de ğişimi Şekil 5.4’de gösterilen doğrunun çıkış eksenine yaptığı açıyı değıştirmektedir [72].



Şekil 5. 4 Doğrusal aktivasyon fonksiyonu

#### 5.1.4.4.2 Adım Aktivasyon Fonksiyonu

Girdilerin sıfırdan büyük olup olmamasına göre -1 veya 1 çıktısı veren fonksiyondur. Sadece iki çeşit çıktı vermektedir [72].

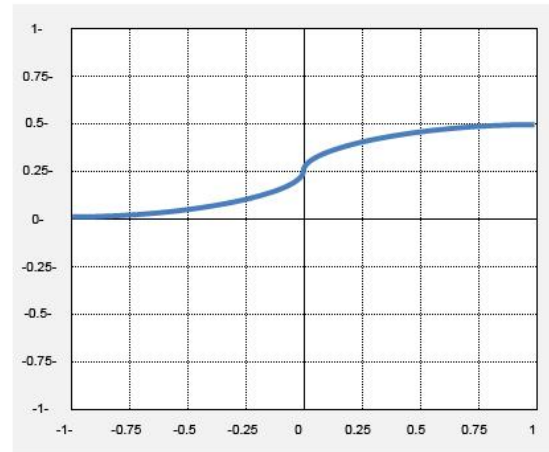


Şekil 5. 5 Adım aktivasyon fonksiyonu

#### 5.1.4.4.3 Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu

Sigmoid aktivasyon fonksiyonu sürekli ve türevi alınabilir bir fonksiyondur. Doğrusal olmayışı dolayısıyla yapay sinir ağı uygulamalarında en sık kullanılan fonksiyondur. Bu fonksiyon girdi değerlerinin her biri için sıfır ile bir arasında bir değer üretir [72]. Sigmoid fonksiyonunun matematiksel ifadesi,

$$F(x) = 1 / [1 + e^{(-x)}] \quad (5.1)$$

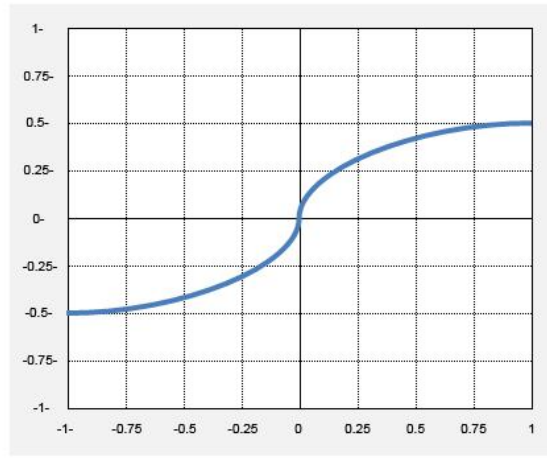


Şekil 5. 6 Sigmoid aktivasyon fonksiyonu

#### 5.1.4.4.4 Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu

Tanjant hiperbolik fonksiyonu, sigmoid fonksiyonuna benzer bir fonksiyondur. Sigmoid fonksiyonunda çıkış değerleri 0 ile 1 arasında değişirken hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıkış değerleri -1 ile 1 arasında değişmektedir [72]. Matematiksel ifadesi:

$$F(X) = (1 - e^{(-2x)}) / (1 + e^{2x}) \quad (5.2)$$



Şekil 5. 7 Tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu

#### 5.1.4.5 Çıktılar

Aktivasyon fonksiyonundan çıkan değer nöronun çıktı değeri olmaktadır. Bu değer ister yapay sinir ağının çıktısı olarak dış dünyaya verilir ister tekrardan ağın içinde kullanılabilir. Nöronun bir çıktısı olmasına rağmen bu çıktı istenilen sayıda nörona bağlı olabilir [72].

#### 5.1.5 Yapay Sinir Ağları Mimarisi

Hücrelerin bağlantı şekillerine, öğrenme kurallarına ve aktivasyon fonksiyonlarına göre yapay sinir ağları için çeşitli yapılar geliştirilmiştir. Yapay sinir ağları mimarisi temel olarak iki grupta toplanmaktadır.

- İleri beslemeli yapay sinir ağları,

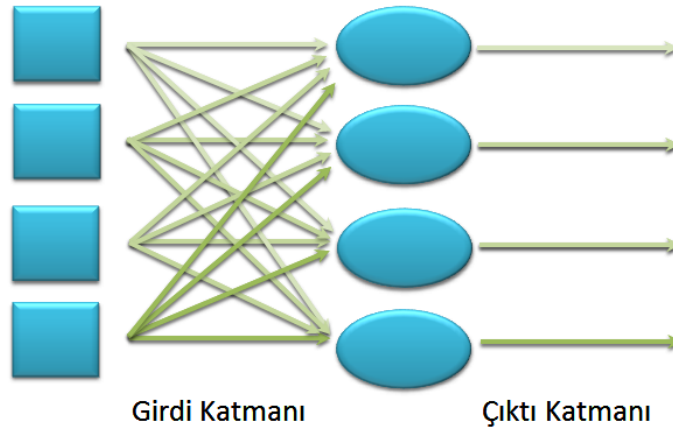
- Geri beslemeli yapay sinir ağıları.

#### 5.1.5.1 İleri Beslemeli (Feed Forward) Ağlar

İleri beslemeli ağlar sadece tek yönlü sinyallere izin verirler. Bu sinyaller girdiden çıktıya doğru hareket eder. İleri beslemeli ağlarda, geri dönüş yani döngü mevcut değildir. Böylelikle herhangi bir katman diğer katmanları etkilemez. Genellikle, örüntü tanımda kullanılmaktadır.

##### 5.1.5.1.1 Tek Katmanlı İleri Beslemeli Ağlar

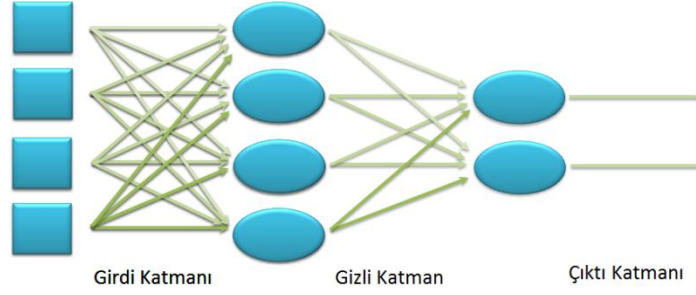
En basit ağ tipi olup bir çıktı katmanı ve buna bağlı bir girdi katmanından oluşmaktadır.



Şekil 5. 8 Tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı

##### 5.1.5.1.2 Çok Katmanlı İleri Beslemeli Ağlar

Girdi katmanı dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan orta (gizli) katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, orta ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Çok katmanlı ağlar, tek katmanlı ağlara göre karmaşık problemlerin çözümlerinde kullanılırlar. Çok katmanlı ağların eğitilmesi daha zordur [73].

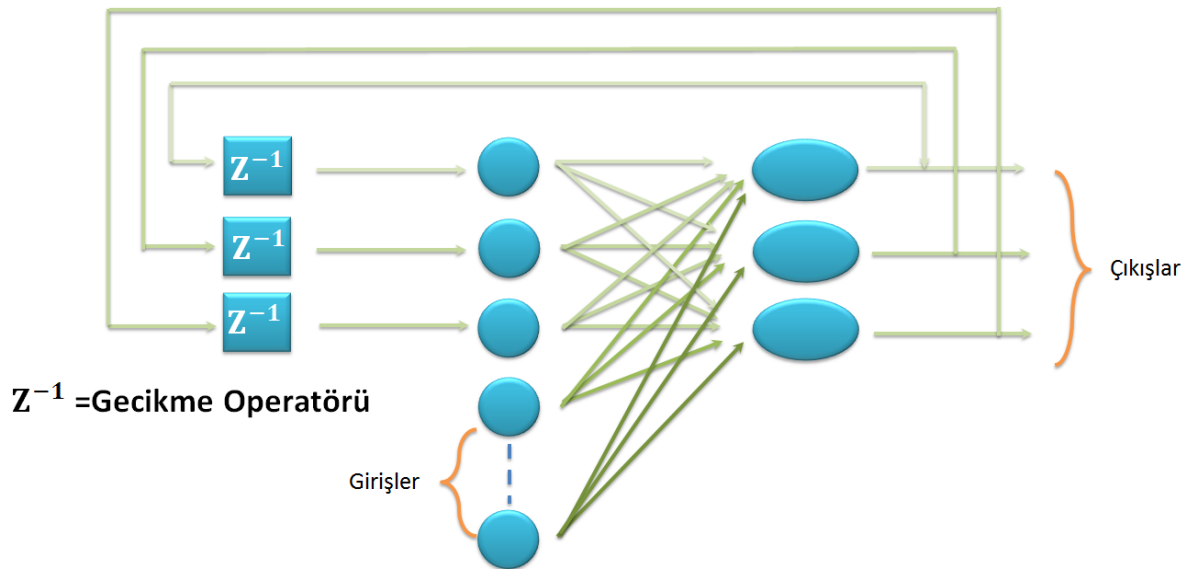


Şekil 5. 9 Çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı

#### 5.1.5.2 Geri beslemeli (back propagation) ağlar

Geri beslemeli yapay sinir ağı, ileri beslemeli ağın çıkışlarının girişlere bağlanması ile elde edilir. Geri Beslemeli ağlarda işlemler tekrar başlayabileceği için, gecikmeler yaşanmaktadır. Geri beslemeli Yapay sinir ağları, hücreler arası ve ya katmanlar arası besleme yapılış şekline göre farklı isimlerle adlandırılır [73].

- Tam geri beslemeli Ağlar: Bu ağlar gelişigüzel ileri ve geri bağlantıları olan ağlardır. Bağlantıların hepsi eğitilebilir [73].
- Kısmi geri beslemeli Ağlar Bu ağlarda, ağın hücre elemanlarına ek olarak içerik (context) elemanları vardır. Geri besleme sadece içerik elemanları üzerinde yapılır ve bu bağlantılar eğitilemezler. İçerik elemanları ara katman elemanlarının geçmiş durumlarını hatırlamak için kullanılır [73].



## Şekil 5. 10 Geri beslemeli yapay sinir ağı

### 5.1.6 Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi

YSA'da hücre elemanlarının bağlantılarının ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemine "ağın eğitilmesi" denir. Başlangıçta bu ağırlık değerleri rastgele alınır. YSA'lar, kendilerine örnekler gösterildikçe bu ağırlık değerlerini yenileyerek amaca ulaşmaya çalışırlar [73].

Amaca ulaşmanın veya yaklaşmanın ölçüsü de dışarıdan verilen değerdir. Eğer ağ verilen giriş çıkış çiftleriyle amaca ulaşmış ise ağırlık değerleri saklanır. Ağırlıkların sürekli yenilenip istenilen sonuca ulaşılana kadar öğrenme Ağırlık değerlerinin değişmesi belirli kurallarla yürütülmektedir. Bu kurallara öğrenme kuralları denir [73].

Yapay sinir ağı öğrendikten sonra verilmeyen girişler uygulanarak ağ çıkışları gözlemlenir. Genelde eldeki örneklerin %80'i ağa verilip ağ eğitilir. Daha sonra geri kalan %20 lik kısım verilip ağın davranışları incelenir ve bu işleme ağın test edilmesi denir [73].

Eğitimde kullanılan örnekler setine eğitim seti, test için kullanılan ete ise test seti denir [73].

#### 5.1.6.1 Yapay Sinir Ağlarının Öğrenme Stratejileri

Yapay Sinir ağlarının öğrenme stratejileri dört ana başlıkta incelenebilir [73].

- Danışmanlı (Supervised) Öğrenme
- Danışmansız (Unsupervised) Öğrenme
- Takviyeli (Reinforcement) Öğrenme
- Karma Stratejiler

##### 5.1.6.1.1 Danışmanlı Öğrenme

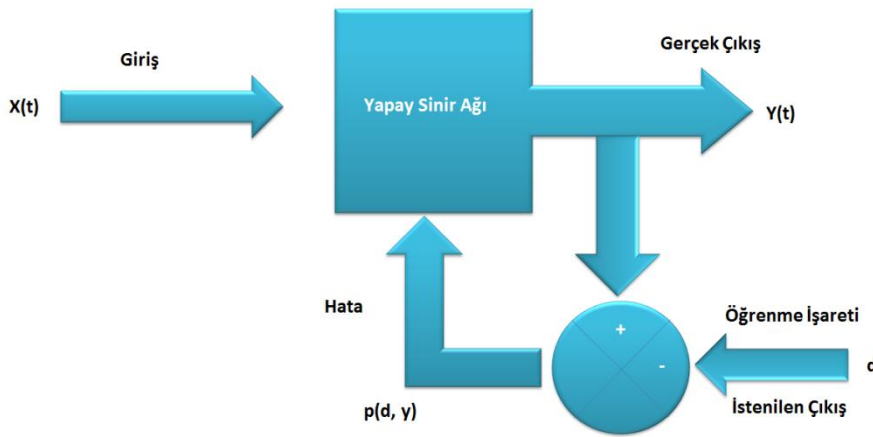
Eğitim sırasında sisteme bir girdi ve hedef çıktı vektörlerinin çift olarak verilmesi ve bunlara göre sistemdeki ağırlık değerlerinin güncellemesi ve değiştirilmesi yapılır [73].

Yapay Sinir Ağlarının eğitilmesinde kullanılan hedef çıktı 1 veya 0 olabileceği gibi bir örüntü de olabilir [73].

Belli bir bilgi kümesine karşılık, ilgili çıktı kümesini hatırlayacak şekilde eğitilmiş sistemlere çağrışimli bellek denir [73].

Eğer, girdi vektörü ile çıktı vektörü aynı ise buna öz çağrışimli bellek, çıktı vektörü farklı ise buna da karşıt çağrışimli bellek denir [73].

Widrow-Holf tarafından geliştirilen “Delta Kuralı” ve Rumelhart ve McClelland tarafından geliştirilen “Genelleştirilmiş Delta Kuralı” veya “Geri Besleme algoritması” danışmanlı öğrenme algoritmalarına örnek olarak gösterilebilir [73].



Şekil 5. 11 Danışmanlı öğrenme

#### 5.1.6.1.2 Danışmansız Öğrenme

Bu sistemlerde, bir grup girdi vektörü sisteme verilir, ancak hedef çıktılar belirtilmez. Sistem girdiler içerisindeki birbirine en çok benzeyenleri gruplar ve her bir grup için farklı bir örüntü tanımlar [73].

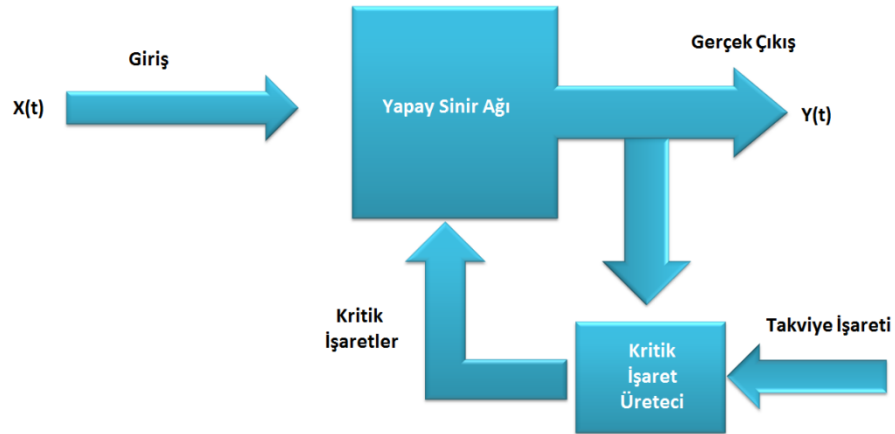
Grossberg tarafından geliştirilen ART (Adaptive Resonance Theory) veya Kohonen tarafından geliştirilen SOM (Self Organizing Map) öğrenme kuralı danışmansız öğrenmeye örnek olarak verilebilir [73].

### 5.1.6.1.3 Takviyeli Öğrenme

Bu öğrenme kuralı danışmanlı öğrenmeye yakın bir yöntemdir. Hedef çıktıyı vermek için bir “öğretmen” yerine burada yapay sinir ağına çıkış verilmemekte fakat elde edilen çıkışın verilen girişe karşılık iyiliğini değerlendiren bir ölçüt kullanılmaktadır [73].

Takviyeli öğrenmede, ağın davranışlarının uygun olup olmadığını belirten bir öz yetenek bilgisine ihtiyaç duyulur. Bu bilgiye göre ağırlıklar ayarlanır. Gerçek zamanda öğrenme olup, yanılma esasına göre sinir ağı eğitilmektedir [73].

Optimizasyon problemlerini çözmek için Hinton ve Sejnowski’nin geliştirdiği Boltzman Kuralı veya Genetik Algoritmalar takviyeli öğrenmeye örnek olarak verilebilir [73].



Şekil 5. 12 Takviyeli öğrenme

### 5.1.6.1.4 Karma Öğrenme

Danışmanlı, danışmansız veya takviyeli öğrenme stratejilerinden birkaçını birlikte kullanarak geliştirilen yapıdır. Radyal Tabanlı (Radial Network) ağlar ve Olasılık Tabanlı (Probabilistic Neural Network) ağlar bunlara örnek olarak verilebilir [73].

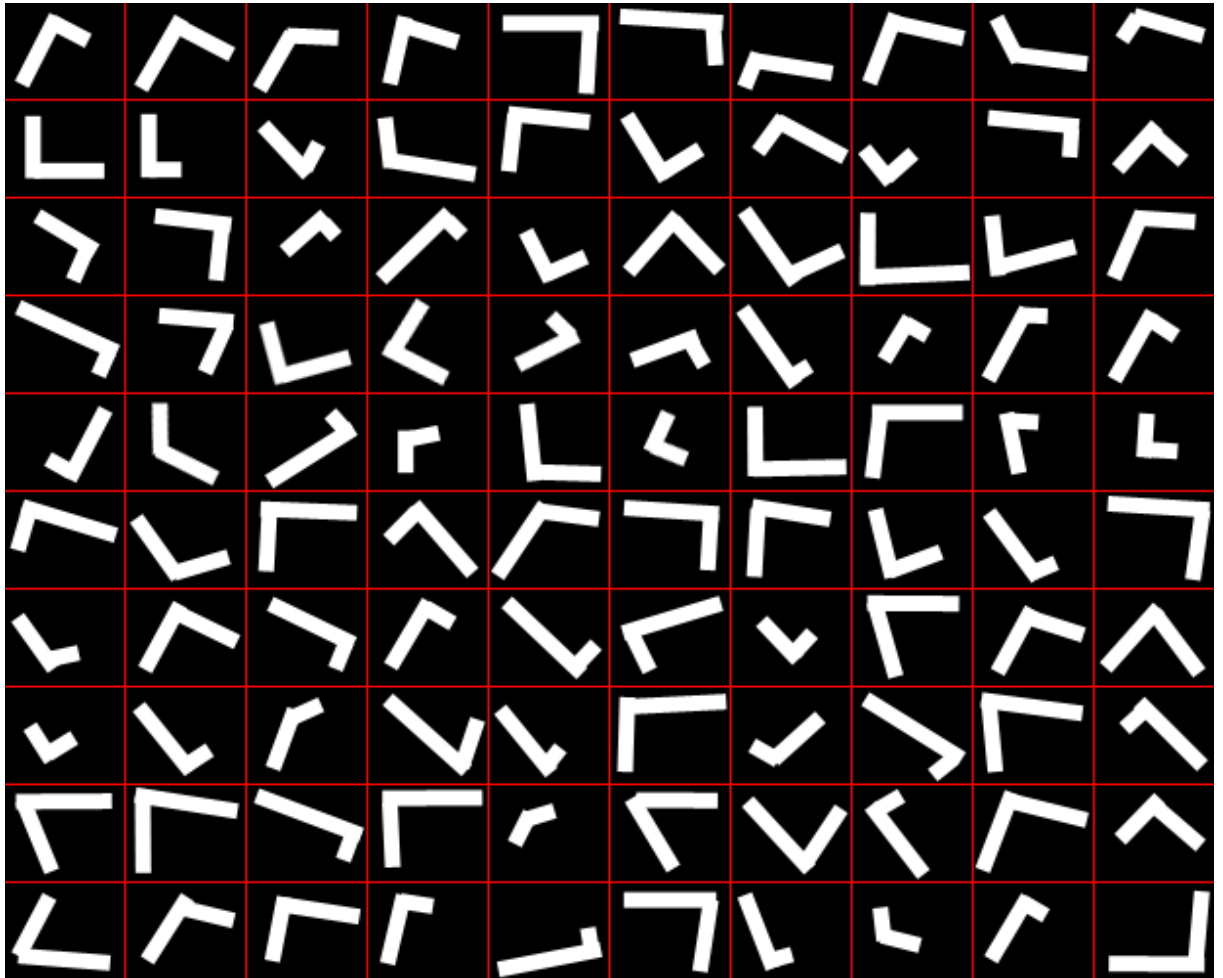
## 5.2 Yapay Sinir Ağlarının Bina Yakalamada Kullanılması

Sunulan tez çalışmasında yapay sinir ağlarında, örüntü tanıma (pattern recognition) uygulamaları kullanılmıştır.

Örüntü tanımanın başarısı, bir dizi örneği kullanarak sonuca ulaşmaya dayanmaktadır [74]. Bu nedenle örüntü tanıma yapay sinir ağlarının tercih edilmesi uygundur. Yapay sinir ağlarında, örüntü tanıma için en uygun olan yöntem ileri beslemeli ağlardır [74].

Yapılan çalışmada, 3 katmandan oluşan çok katmanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Bu üç katman, giriş katmanı, gizli katman ve çıktı katmanlarıdır.

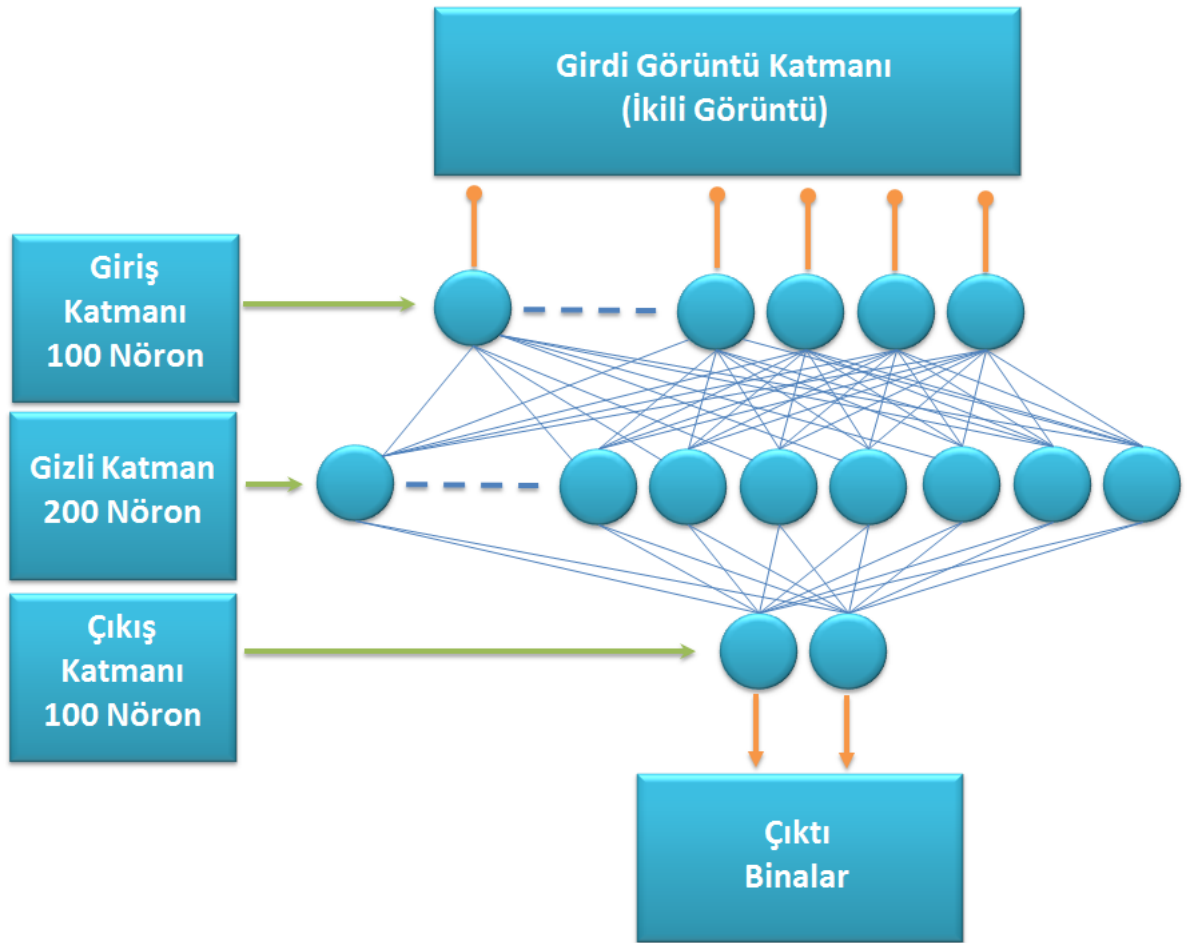
Giriş katmanında, yüz adet nöron bulunmaktadır. Bu yüz nöron, 100 x 100 piksellik ikili kodlanmış bina gölgesi şekillerini içeren görüntülerdir (Şekil 5.13). Giriş katmanında kullanılan görüntülerin büyüklüğüne, kullanılan görüntülerde yer alan bina bölgelerinin ortalama büyüklüklerinden yararlanılarak karar verilmiştir. Görüntü büyüklüğüne aynı zamanda mevcut uydu görüntülerinden en yüksek geometrik çözünürlüğe sahip uydu görüntüsü temel alınarak karar verilmiştir.



Şekil 5. 13 Giriş katmanı için kullanılan veriler

Gizli katman, 200 nörondan oluşmaktadır. Bu katman, uygun değer sonuçları ve hata nedenlerini içeren katmandır.

Çıktı katmanında ise, 100 nöron ile sonuca karar verilmiştir. Çıkış katmanındaki 100 nöron giriş katmanındaki 100 nörona karşılık gelmektedir. Sonuç nöron için, dörtgen oluşturulabilecek 100 girdi nörondan birine karar verir.



Şekil 5. 14 Giriş katmanı için kullanılan veriler

Yapay sinir ağının genel yapısına karar verdikten sonra eğitim için gerekli olan parametrelere ve tasarımın detayının nasıl olacağına karar verilmesi gerekmektedir [75].

Öncelikle, eğitim için kullanılacak örüntüler ne kadar karmaşıktır?

- Aşağıdakiler için hangi değerler kullanılacaktır?

- Öğrenme oranı
- Sigmoid eğimi
- Bias
- Verilen girdilere göre, kaç iterasyon yapılmalıdır?
- Hata eşik değeri, (iterasyonu durdurmak için) ne olmalıdır?

Yapılan çalışmada, bina gölgelerinden bina oluşturma tekniği sadece, dörtgen binalar için kullanılmıştır. Bu yüzden oluşturulan yapay sinir ağlarında, eğitim için kullanılacak örüntülerin karmaşıklığı düşüktür.

Öğrenme oranı, Öğrenme esnasında hedefe yakınsama miktarını ayarlayan sayıdır. Genellikle 0.2 ile 2 arasında seçilmektedir. Bu sayıyı büyük seçmek, harmonik hareket yapan bir sarkaç gibi hedeflenen değere yaklaşılmasına ve daha sonra uzaklaşılmasına neden olur. Küçük seçmek ise, hedefe ulaşma süresini çok uzatacaktır. Sayının uygun değeri deneme yanılma yoluyla bulunmaktadır [76].Yapılan çalışmada da öğrenme oranını 0,026 olarak seçilmiştir.

Yapılan çalışmada aktivasyon fonksiyonu olarak, hiperbolik tanjant fonksiyonu tercih edilmiştir.

$$F(X) = 2 / (1 + e^{-2x}) - 1 \quad (5.3)$$

$$F(X) = f(x)(1-f(x)) \quad (5.4)$$

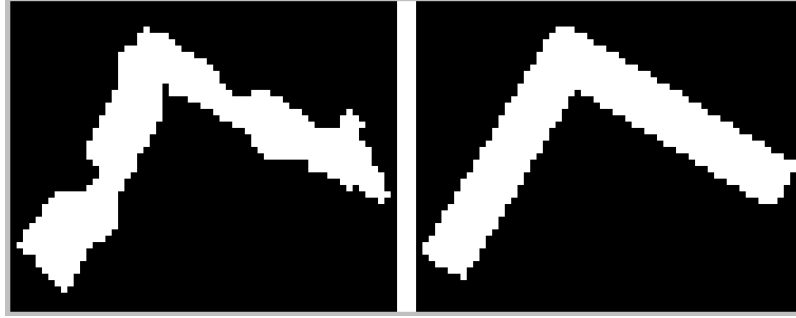
Bias değeri, öğrenmeyi güçlendirmek için kullanılır ve deneme yanılma ile belirlenmektedir. Yapılan çalışma için 30 değeri kullanılmıştır.

Yine deneme yanılma yoluyla karar verilen eşik değer için 300 ve hata eşik değeri içinde 0,0003 kullanılmıştır.

### 5.3 Uygulama Sonucu

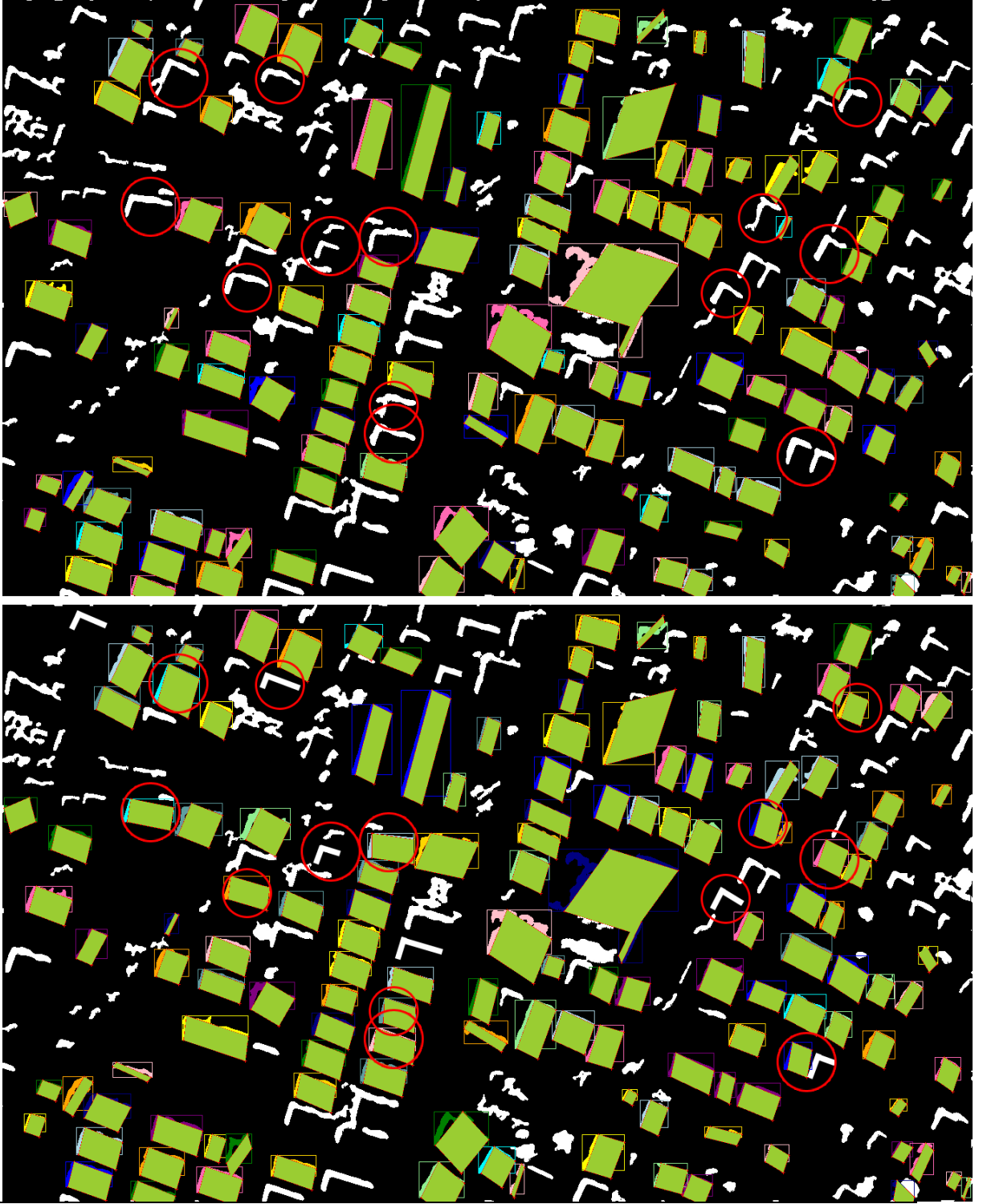
Yapılan çalışmada kullanılan yapay sinir ağları ile şekil 5.15’de görülen bina gölgesi, Bölüm 4.2.9’da uygulanan koşullara uymadığı için dörtgene tamamlanamamıştır. Çalışmada görüntüden NO ile numaralandırılan ve ayrılan bina gölgelerine tek tek yapay sinir ağı uygulanmıştır. Uygulanan yapay sinir ağı ile Şekil 5.13’de görülen ve girdi değerlerinde bulunan bina gölgesi ile uyuşmuştur. Uyuşan bina gölgesi, görüntüden

tamamen silinmiş yerine kendisi ile uyuşan girdi değerlerindeki bina gölgesi koyulmuştur.



Şekil 5. 15 Bina gölgesi

Daha sonra, elde edilen yeni bina gölgeleri için tekrar, geliştirilen gölgeden dörtgen bina yakalama algoritması çalıştırılmış ve bina gölgelerinden binalar elde edilmiştir. Şekil 5.16’de yapay sinir ağlarının uygulanmasından sonra elde edilen bina gölgeleri ve binalar görülmektedir.



Şekil 5. 16 Yapay sinir ağlarının bina yakalamaya etkisi

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Sunulan tez çalışmasında çalışma alanı olarak birbirinden tamamen farklı olan “Mamografi görüntülerinden MK (Mikro Kalsifikasyon) Çıkarımı” ve “Uydu görüntülerinden binaların otomatik olarak yakalanması” konuları incelenmiştir. Haritacılık ve Tıp alanları ile ilgili olan bu iki konunun seçilmesinin sebebi, birbirinden tamamen iki farklı çalışma alanında ortak algoritmaların ne denli başarılı olabileceğinin de araştırılmasıdır. Sunulan tez çalışmasında, her iki konu başlığında da;

- Matematiksel morfolojik operatörlerinin kullanılması,
- RGB renk düzeninin içinde, veri tabanı bilgisinin saklanması,
- Gürültü giderme algoritmaları,

gibi özgün ve otomatik süreçler her iki tez konusunun içinde benzer olan sorunların çözülmesinde kullanılmıştır. Aynı zamanda, sobel kenar yakalama algoritması, gibi yaygın algoritma da her iki tez konusu için de kullanılmıştır.

Ayrıca, Mamografi görüntülerinden MK (Mikro Kalsifikasyon çıkarılmasına) özel;

- Lokal eşik değeri belirleme yöntemi,
- MK’ların gruplandırılmasına yönelik algoritmalar,
- MK’ların iyi huylu veya kötü huylu olarak sınıflandırılmasını sağlayan algoritmalar,

Özgün olarak oluşturulmuştur. Uydu görüntülerinden binaların otomatik olarak yakalanması ile ilgili olarak da,

- Bina bölgelerinden binaların oluşturulması,

- Dört köşeli, dörtten fazla köşeli binaların köşelerinin bulunması ve sıralandırılmasının yapılması konusundaki algoritmalar,

Sunulan tez çalışmasına özgüdür.

## **6.1 BULGULAR**

### **6.1.1 Mamografi görüntülerinden MK (Mikro Kalsifikasyon) Çıkarılması**

Sunulan tez çalışmasında meme görüntülerinden (mamografi) MK tespiti ve teşhisi ile ilgili tam otomatik olarak çalışan algoritma ve yazılım üretilmiştir.

Meme görüntülerinden (mamografi) MK çıkarılması ve teşhisi ile ilgili algoritma ve yazılım oluşturulurken ilk aşamada, Maltepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim dalından elde edilen düşük çözünürlüklü mamografi görüntüleri ile çalışılmıştır. Bu görüntüler için ilk aşamada, matematiksel morfoloji operatörü kullanarak MK çıkarılması ile ilgili çalışma yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra Letonya Stradina Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Bölümünden elde edilen yüksek çözünürlüklü mamografi görüntüleri için geliştirilen algoritma uygulandığında, birçok MK'nun algoritma ve yazılım tarafından çıkarılamadığı belirlenmiştir. Oluşan sorunun çözülmesi amacıyla, matematiksel morfoloji operatörünün yeni algoritmalar ile desteklenmesi gerektiğine karar verilmiştir. Yüksek çözünürlüklü mamografi cihazlarının incelenmesi, ayırt edilemeyen MK'ların özelliklerinin belirlenmesi ve çözüm ile ilgili araştırmaların yapılmasından sonra lokal eşik değer belirleme yönteminin çözüm için uygun olabileceği kararına varılmıştır. Literatürde bulunan lokal eşik değer belirleme yöntemlerinin olumlu sonuç vermemesi ile lokal eşik değer belirleme yöntemi algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma geliştirilen lokal eşik değer belirleme algoritması ile yüksek çözünürlüklü mamografilerde de başarı sağlanmıştır. Daha sonra çıkarılan MK'lar geliştirilen gürültü giderme algoritmaları ile temizlenmiştir. Bu algoritmalar yanlış pozitif sayısını düşürmüştür. Çıkarılan MK'ların iyi huylu veya kötü huylu olup olmadığının belirlenmesi için, MK'ları gruplayan ve grup içerisinde kalan MK'ların birbirleri arasındaki büyüklük farklarını inceleyen algoritma geliştirilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda;

- Mamografi görüntülerindeki MK'lar iyi huylu ve kötü huylu olarak birbirinden tam otomatik olarak %82,6 doğru tespit oranı ile ayırt edilebilmektedir. MAM2 cihazındaki doğru tespit oranı %85 iken MAM1 cihazındaki doğru tespit oranı %82'dir. MAM1 cihazı için ortalama kötü huylu MK çıkarımı oranı %83 iken MAM2 cihazı için bu oran %82'dir. İyi huylu MK çıkarımı oranları MAM1 için %82, MAM2 için %88'dir.
- Şu kesinlikle unutulmamalıdır ki, geliştirilen algoritmanın amacı, radyolog hekimin yerini almak değil, tam tersi radyolog hekime, bilgisayar temelli destek vermektir.
- Düşük çözünürlüklü MAM2 cihazındaki doğru tespit oranı %85 iken yüksek çözünürlüklü MAM1 cihazındaki doğru tespit oranı %82'dir. MAM1 ve MAM2 cihazları arasındaki doğru tespit oranındaki yakınlık algoritma ve yazılımın mamografi cihazından bağımsız olarak başarı ile çalıştığını göstermektedir (Çizelge 6.1).
- Literatürdeki çalışmaların farklı olarak [2], [3], sunulan tez çalışması, otomatik işlem süreci ve lokal eşik değer belirleme yöntemi sayesinde, her tip meme yoğunluğuna sahip hasta için çekilen mamografilerde başarılı sonuçlar elde etmiştir (Çizelge 6.1).
- Sunulan tez çalışmasında geliştirilen algoritma mevcut sistemler ile karşılaştırıldığı zaman yüksek çözünürlüğe sahip mamografilerde bile, 8 kata kadar daha hızlı sonuç üretmektedir [11].
- Literatürde, benzer çalışmalar için en büyük sorun olduğu bildirilen, yanlış pozitif sonuçlar sunulan tez çalışmasında sadece % 12 oranındadır. Bu oran benzer çalışmalar göre çok düşüktür [77], [16] (Çizelge 61). Bu oranın düşük olması, radyologların yanlış yönlendirilmemesi açısından çok önemlidir.
- Çalışmadaki yanlış MK çıkarmaları, radyologların değerlendirmelerine göre, film artefaktı, vasküler kalsifikasyon ve yanlış pozitiflerden oluşmaktadır.

Sunulan tez çalışmasının sonucunda mamografi görüntüleri üzerindeki MK'ların çıkarılması ve sınıflandırılması sağlanmıştır. Böylelikle; mamografi görüntülerinde, radyoloji uzmanlarının, daha doğru ve hızlı kararlar verilmesine destek olacak bir algoritma ve yazılım oluşturulmuştur.

Sunulan tez çalışmasında oluşturulan algoritma ve yazılım, geniş yelpazede kullanılan bir algoritma ve yazılım olması düşüncesi ile yapılmıştır. Bu nedenle, halen kullanılmakta olan 8 bit radyometrik çözünürlüğe sahip mamografi cihazları göz önünde bulundurularak algoritma ve yazılım 8 bitlik BMP formatı kullanılarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Radyometri ve teknolojiye gelişmelere bağlı ileride yapılması düşünülen geliştirmelerin başında Dicom görüntü formatının kullanılması vardır. Dicom görüntü formatının sağladığı yüksek radyometrik çözünürlük sayesinde, çalışmanın başarısını arttırabilecektir. Bu nedenle ileride yapılacak çalışmalarda Dicom verisinin kullanılması tercih edilecektir.

Çizelge 6. 1 Görüntü türüne göre MK tipi çıkarım istatistiği (algoritma koşullarına uyan)

| HASTALAR | Yazılım    | Radyoloji Uzmanları | Yazılım          | Radyoloji Uzmanları | Doğru Tespit Oranı | Yazılım | Radyoloji Uzmanları | Doğru Tespit Oranı |
|----------|------------|---------------------|------------------|---------------------|--------------------|---------|---------------------|--------------------|
|          | Toplam Cal |                     | MC + Değişik Boy |                     |                    | MC      |                     |                    |
| MAM2     |            |                     |                  |                     |                    |         |                     |                    |
| Hasta 1  | 7          | 7                   | 1                | 1                   | 100,0              | 6       | 5                   | 83,3               |
| Hasta 2  | 6          | 6                   | 0                | 0                   | 100,0              | 6       | 6                   | 100,0              |
| Hasta 3  | 5          | 5                   | 0                | 0                   | 100,0              | 5       | 5                   | 100,0              |
| Hasta 4  | 10         | 10                  | 2                | 1                   | 50,0               | 8       | 8                   | 100,0              |
| Hasta 5  | 5          | 6                   | 3                | 4                   | 75,0               | 2       | 2                   | 100,0              |
| Hasta 6  | 10         | 10                  | 6                | 6                   | 100,0              | 4       | 6                   | 66,7               |
| Hasta 7  | 7          | 6                   | 4                | 3                   | 75,0               | 3       | 3                   | 100,0              |
| Hasta 8  | 18         | 15                  | 17               | 15                  | 88,2               | 1       | 2                   | 50,0               |
| Hasta 9  | 3          | 3                   | 1                | 0                   | 0,0                | 2       | 3                   | 66,7               |
| Hasta 10 | 6          | 6                   | 4                | 3                   | 75,0               | 2       | 3                   | 66,7               |
| Hasta 11 | 17         | 17                  | 12               | 11                  | 91,7               | 5       | 6                   | 83,3               |
| Hasta 12 | 10         | 9                   | 8                | 7                   | 87,5               | 2       | 2                   | 100,0              |
| Hasta 13 | 7          | 7                   | 2                | 2                   | 100,0              | 5       | 5                   | 100,0              |
| Hasta 14 | 7          | 7                   | 3                | 3                   | 100,0              | 4       | 4                   | 100,0              |
| Hasta 15 | 15         | 14                  | 11               | 10                  | 90,9               | 4       | 4                   | 100,0              |
| ORTALAMA |            |                     |                  |                     | <b>82,2</b>        |         |                     | <b>87,8</b>        |
| MAM1     |            |                     |                  |                     |                    |         |                     |                    |
| Hasta 1  | 23         | 17                  | 7                | 5                   | 71,4               | 16      | 12                  | 75,0               |
| Hasta 2  | 38         | 45                  | 4                | 4                   | 100,0              | 34      | 27                  | 79,4               |
| Hasta 3  | 20         | 15                  | 2                | 2                   | 100,0              | 18      | 13                  | 72,2               |
| Hasta 4  | 4          | 4                   | 2                | 2                   | 100,0              | 2       | 2                   | 100,0              |
| Hasta 5  | 90         | 70                  | 40               | 20                  | 50,0               | 50      | 50                  | 100,0              |
| Hasta 6  | 51         | 50                  | 11               | 9                   | 81,8               | 40      | 30                  | 75,0               |
| Hasta 7  | 12         | 10                  | 1                | 1                   | 100,0              | 11      | 9                   | 81,8               |
| Hasta 8  | 65         | 45                  | 21               | 15                  | 71,4               | 44      | 30                  | 68,2               |
| Hasta 9  | 18         | 15                  | 5                | 3                   | 60,0               | 13      | 12                  | 92,3               |
| Hasta 10 | 58         | 48                  | 14               | 12                  | 85,7               | 44      | 36                  | 81,8               |
| Hasta 11 | 4          | 12                  | 2                | 2                   | 100,0              | 2       | 2                   | 100,0              |
| Hasta 12 | 81         | 56                  | 54               | 36                  | 66,7               | 27      | 20                  | 74,1               |
| Hasta 13 | 55         | 35                  | 15               | 10                  | 66,7               | 40      | 25                  | 62,5               |
| Hasta 14 | 29         | 25                  | 11               | 10                  | 90,9               | 18      | 15                  | 83,3               |
| Hasta 15 | 8          | 12                  | 2                | 2                   | 100,0              | 6       | 5                   | 83,3               |
| ORTALAMA |            |                     |                  |                     | <b>83,0</b>        |         |                     | <b>81,9</b>        |

#### 6.1.1.1 İşlem Süresi Tablosu

Sunulan çalışma sonucunda, Çizelge 6.2’de MK çıkarılması süresi istatistiği bulunmaktadır. İstatistik iki farklı çözünürlükteki ve iki farklı sayıda MK bulunan mamografiler için hazırlanmıştır. Çizelgede görüldüğü gibi, iki farklı çözünürlükteki mamografilerden düşük çözünürlüklü mamografi cihazı ile yüksek çözünürlüklü mamografi cihazı arasındaki çözünürlük farkı 6,5 kat olmasına rağmen işlem süresi 8,5 kat fazdır. Oranların birbirinden farklı olma nedeni, her bir denetleme yapan algoritmanın (lokal eşik değer belirleme, matematiksel morfoloji operatörleri ve analiz algoritmaları) iş yükünün çözünürlükteki orandan daha fazla artmasıdır.

Aynı çözünürlükteki mamografi görüntüsü için MK sayısı iki katına çıkmasına rağmen, işlem süresi aynı oranda artmamıştır. Bunun sebebi algoritmaların MK’nın iyi huylu veya kötü huylu olup olmadığının tespit edilmesinin dışındaki durumlarda tüm görüntüyü taramasıdır. Yani görüntüde hiç MK olmasa bile algoritma ve yazılım analiz sonucunu oluşturmak için sabit bir süreyi harcamak zorundadır.

Çalışmanın bundan sonraki aşamasında histopatolojik sonuçlarla karşılaştırılarak doğruluk analizi gerçekleştirilecektir. Sunulan çalışma olası risk barındıran bütün dokuları yakalamakta, görsel olarak hekime sunmaktadır. Dolayısı ile radyolog hekimlerin motivasyon bozukluğu, aşırı iş gücüne bağlı yorgunluk, deneyimsizlik vb. etmenlerden dolayı gözden kaçabilecek vakalar konusunda uyarılmaktadır. Bu hali ile sunulan çalışma MK’ya karşı aşırı duyarlı bir çalışmadır.

Çizelge 6. 2 Mamografi çözünürlüğü ve mamografide bulunan MK sayısına göre MK çıkarım süresi istatistiği

| GÖRÜNTÜ TÜRÜ            | GÖRÜNTÜ BÜYÜKLÜĞÜ | MK SAYISI | İŞLEM SÜRESİ | MK BAŞINA DÜŞEN İŞLEM SÜRESİ |
|-------------------------|-------------------|-----------|--------------|------------------------------|
| GE Senographe Essential | 2394x3062         | 10        | 2:59 dk.     | 0:18 dk.                     |
| GE Senographe Essential | 2394x3062         | <b>20</b> | 3:13 dk.     | 0:10 dk.                     |
| Siemens Mammomat 1000   | 1356x834          | <b>10</b> | 0:31 dk.     | 0:03 dk.                     |
| Siemens Mammomat 1000   | 1356x834          | <b>20</b> | 0:49 dk.     | 0:02 dk.                     |

#### 6.1.2 Uydu Görüntülerinden Binaların Otomatik Olarak Yakalanması

Uydu görüntülerinden binaların otomatik yakalanması algoritması ve yazılımı oluşturulurken, ilk aşamada binaların radyometrik özelliklerini kullanarak binaları yakalanmaya çalışılmıştır. Radyometrik özellikleri sayesinde ana görüntüden özgün algoritmalar ile ayrılan binaların kenarlarında düzensizlikler ve binaların üstünde bulunan maddeler (anten, çiçek, baca vb.) yüzünden boşluklar olduğu görülmüştür. Bu hataları düzeltmek amacıyla yapılan araştırmalar matematiksel morfolojik operatörleri kullanmanın başarılı sonuçlar doğuracağını göstermiştir. Matematiksel morfoloji ile gürültüleri düzeltilen binaların kenarlarının “insan benzeri” vektörleştirilmesi için her bina birbirinden algoritmalar ile ayrılmış ve köşeleri yine özgün algoritmalar ile tespit edilmiştir. Çalışmada ilk önce 4 köşeye sahip binaların köşeleri başarı ile belirlendikten sonra, algoritma 4’den fazla köşeyi yakalayabilecek şekilde geliştirilmiştir. Elde edilen köşeler birleştirilerek bina formu oluşturulmuştur. Ayrıca köşeli olmayan binalar için de çözüm üretilmiştir.

Uydu görüntülerinden bina yakalama algoritmaları genellikle yükseklik verisi bulunan veri setleri ile çalışılarak başarı sağlamıştır. Tek fotoğraf kullanılarak yüksekliği bulunan

objelerin tespit edilebilmesi için gölgelerin kullanılabileceği düşünülmüştür. Çalışmanın sonuçlarını kuvvetlendirmek amacıyla, tamamen farklı ve özgün ikinci bir algoritma ile “L” şeklindeki binalar dörtgene tamamlanıp binalar yalanmıştır.

Her iki algoritma verileri birbirleri ile kıyaslanarak en doğru sonuç elde edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda,

- Çizelge 6,3’de yapılan çalışma ile ilgili doğru tespit oranlarına yer verilmiştir. 4 farklı tür görüntüde yapılan testlerdeki sonuçlara göre ortalama doğru bina yakalama oranı %89,5’dir. Yine çizelgede görüldüğü gibi, görüntüdeki geometrik çözünürlüğün artması, bina yakalama oranını arttırmaktadır. Ayrıca tüm görüntü türleri için bina olmayan ancak bina olarak yakalanmış obje sayısı çok düşüktür.
- Dört farklı türdeki(hava fotoğrafı, Google earth görüntüsü, IKONOS görüntüsü ve Quickbird görüntüsü) görüntüde yapılan testlerde algoritma ve yazılımın görüntüleme sisteminden bağımsız olarak başarı ile çalıştığı görülmüştür (Çizelge 6,3).
- Oluşturulan yapay sinir ağları sayesinde, algoritma farklı bölgelerden elde edilen görüntülerde başarı sağlayarak, dünyanın her bölgesi için doğru sonuçlar doğurabilecek bir algoritma olduğunu kanıtlamıştır.
- Oluşturulan algoritma ve yazılım, insan, bilgisayar ve konum bağımsız ve tam otomatik çalıştığı görülmüştür.
- Çizelge 6.4’de algoritma ve yazılım tarafından yakalanan bina kenarlarının, olması gereken yerden ne kadar piksel yanlış yerde yakalandığı incelenmiştir. İncelemede, yanlış yakalanan kenarın yanlışlık miktarı kenarın uzunluğu ile kıyaslanarak elde edilmiştir. Böylelikle hataların kenar uzunluğundan etkilenip etkilenmediği de incelenmiştir. İnceleme sonucunda, tüm görüntü türlerinde ortalama, kenar uzunluğunun %0,0825 i kadar hata yapılmıştır. Bu da 100 metrelik bir bina kenarında sadece, 82,5 cm’lik bir hata yaptığı anlamına gelmektedir. Bu hata çizelge 6,4’de görüldüğü gibi, çözünürlüğün artması ile daha da düşmektedir.

Çizelge 6. 3 Görüntü türüne bina yakalanma oranları

| GÖRÜNTÜ TÜRÜ                 | BİNA SAYISI | DOĞRU YAKALANAN BİNA | YAKALANAM AYAN BİNA | YANLIŞ YAKALANAN BİNA |
|------------------------------|-------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| Google Earth Ekran Görüntüsü | 4259        | 3814 - %89,5         | 443                 | 2                     |
| Hava Fotoğrafı               | 912         | 866 - %94,9          | 46                  | 0                     |
| İkonos Uydusu                | 1587        | 1312 - %82,7         | 275                 | 3                     |
| Quickbird Uydusu             | 1291        | 1173 - %90,9         | 116                 | 2                     |

Çizelge 6. 4 Vektör veri ile doğruluk oranı karşılaştırması (2009 yılı)

| GÖRÜNTÜ TÜRÜ                                                       | BİNA SAYISI | DOĞRU YAKALANAN BİNA | YAKALANAM AYAN BİNA | YANLIŞ YAKALANAN BİNA |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| 2009 Yılına ait<br>Uydu görüntüsü<br>Sayısallaştırma / Vektör Veri | 252         | 223 - %88,5          | 29                  | 5                     |

Çizelge 6. 5 Binalar için ortalama piksel hatası (kayıp/kenar uzunluğu)

| GÖRÜNTÜ TÜRÜ                 | ÖRNEKLEM SAYISI | TOPLAM YANLIŞ / KENAR UZUNLUĞU | İÇERİDE KALAN PİKSEL | DIŞARIDA KALAN PİKSEL |
|------------------------------|-----------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Google Earth Ekran Görüntüsü | 500             | % 0,8                          | 18                   | 22                    |
| Hava Fotoğrafı               | 500             | % 0,6                          | 8                    | 5                     |
| İkonos Uydusu                | 500             | % 1,2                          | 24                   | 28                    |

|                  |     |       |    |    |
|------------------|-----|-------|----|----|
| Quickbird Uydusu | 500 | % 0,7 | 15 | 20 |
|------------------|-----|-------|----|----|

Sunulan tez çalışmasının sonuçları ülkemizde ve dünyada mevcut olan aşağıdaki sorunların çözülmesine, hızlı müdahale edilmesine ve düşük maliyetler ile gerçekleştirilmesine katkıda bulunacaktır;

- Afetler meydana geldikten sonra, afet bölgesine ulaşmak ulaşım ağlarının da afet yüzünden zarar görmesi yüzünden mümkün olamamaktadır. Aynı zamanda Afetin zarar verdiği binaların tespit edilmesi yerden çok uzun zaman dilimlerinde yapılabilmektedir. Ancak afetten hemen sonra çekilebilecek uydu görüntüleri ile çalıştırılacak sunulan tez çalışmasında geliştirilen tam otomatik çalışma hem kısa zamanda analizleri yapabilecek hem de otomatik olması sayesinde afet anında çok önemli olan insan gücünden tasarruf edecektir.
- Türkiye’de özellikle metropollerin en büyük sorunlarından olan kaçak yapılaşmanın düzenli olarak takip edilmesinde, oluşturulan algoritma ve yazılım hızı ve insan bağımsız çalışması yüzünden büyük kolaylıklar sağlayacaktır.
- Sunulan tez çalışması şehir gelişimin incelenmesi, şehir haritalarının yapılması gibi amaçlar ile oluşturulacak olan sayısal şehir modellerinin yapılmasında, insan bağımsız, hızlı ve tam otomatik çalışma özellikleri sayesinde büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

Sunulan tez çalışması için yapılacak gelecekteki çalışmalarda lidar verilerinin de yazılım için bir ek özellik olarak kullanılabilir olması sağlanacaktır. Böylelikle mevcut çalışmadan elde edilen veriler üç boyutlu lidar verileri ile desteklenecek, algoritma ve yazılımın doğru tespit oranını arttırabilecektir.

Stereo görüntü çiftlerinden elde edilebilecek bina kenarlarının aynı zamanda ilinti operatörü olarak kullanılarak bina yüksekliklerinin tespit edilebilmesi gelecekte planlanmaktadır. Böylelikle yeni yapılan kaçak binaların tespit edilmesi dışında, binalara eklenecek kaçak katların da tespit edilmesi mümkün olacaktır. Aynı zamanla üç boyutlu şehir modellerinin oluşturulmasında da sürecin tamamen otomatik olması nedeniyle büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

Görünür bölge dışında, kızıl ötesi spektral alana ait görüntülerin de algoritmaya eklenerek tez sürecinde çokça rastlanan bitki örtüsünden kaynaklanan gürültünün eliminasyonu gerçekleştirilerek, algoritmanın daha hızlı çalışıyor hale getirilmesi planlanmaktadır.

#### 6.1.2.1 İşlem Süresi Tablosu

Çizelge 6.5’de binaların değişik uydu görüntülerinden kesilmiş aynı boyuttaki görüntü parçası için işlem süreleri yer almaktadır. Çizelge 6.5’e göre, tüm görüntüler için ortalama bir bina yakalama süresi 0,049 sn. dir. Elde edilen sonuçlarda da görüldüğü gibi, algoritma ve yazılım çok kısa zaman diliminde çok sayıda binayı ayırt edebilmektedir.

Çizelge 6. 6 Görüntü türüne göre işlem süreleri

| GÖRÜNTÜ TÜRÜ                 | GÖRÜNTÜ BÜYÜKLÜĞÜ | BİNA SAYISI | İŞLEM SÜRESİ | BİNA BAŞINA DÜŞEN İŞLEM SÜRESİ |
|------------------------------|-------------------|-------------|--------------|--------------------------------|
| Google Earth Ekran Görüntüsü | 1356x834          | 236         | 12 sn.       | 0,050 sn.                      |
| Hava Fotoğrafı               | 1356x834          | 167         | 7 sn.        | 0,042 sn.                      |
| İkonos Uydusu                | 1356x834          | 311         | 15 sn.       | 0,048 sn.                      |
| Quickbird Uydusu             | 1356x834          | 216         | 12 sn.       | 0,055 sn.                      |

#### 6.1.2.2 Boyutu Büyük Binaların Belirlenmesi (Formül Doğruluk Analizi)

Çizelge 6.6’da Bölüm 4.1.3.4.1’de geliştirilen formülün uygulanma istatistiklerine yer verilmiştir.

Çizelge 6. 7 Boyutu büyük binaların silinmesi formül istatistikleri

| GÖRÜNTÜ TÜRÜ                 | ÖRNEKLEM SAYISI | DOĞRU KARAR | YANLIŞ KARAR |
|------------------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Google Earth Ekran Görüntüsü | 500             | 499         | 1            |
| Hava Fotoğrafı               | 500             | 500         | 0            |
| İkonos Uydusu                | 500             | 498         | 2            |
| Quickbird Uydusu             | 500             | 499         | 1            |

## KAYNAKLAR

- 
- [1] Nilsson,J. (2007). Computed Tomography for Mammography, Yüksek Lisans Tezi, Royal Institute of Technology, Stockholm.
  - [2] A. Y. Cairns, I. W. Ricketts, D. Folkes, M. Nimmo, P. E. Preece, A. Thompson, and C. Walker, (1982). "The automated detection of clusters of microcalcifications," , Proc. Inst. Elect. Eng. Colloquium on Applications of Image Processing in Mass Health Screening, 3:1–5.
  - [3] R. M. Nishikawa, Y. Jiang, M. L. Giger, K. Doi, C. J. Vyborny, and R. A. Schmidt,(1992). "Computer-aided detection of clustered microcalcifications," , Proc. IEEE Int. Conf. Syst., Man, Cybern., 1375–1378.
  - [4] D. Zhao, M. Shridhar, and D. G. Daut, (1992) "Morphology on detection of calcifications in mammograms," in Proc. IEEE Int. Conf Acoustics, Speech, and Signal Processing, 129–132, March 1992, San Francisco, CA.
  - [5] Giovanni Simonetti, Elsa Cossu, Martina Montanaro, Cristiana Caschili, Valentina Giuliani (1998). "European Journal of Radiology",27: 234-241
  - [6] Shtern F. (1992). "Dijital mammography and related technologies: a perspective from the National Cancer Institute.", Radiology, 183:629-630.
  - [7] L. Shen, R. Rangayyan, and J. Desautels,(1994). "Detection and Classification Mammographic Calcifications", International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence,1403–1416, Singapore.
  - [8] H. Barman, G. Granlund, and L. Haglund, (1994). "Feature extraction for computer- aided analysis of mammograms," in State of the Art of Digital Mammographic Image Analysis, 7: 128–147, Singapore.
  - [9] B.Verma, (2008). "Novel network arcitecture and learning algorithm fot the classification af mass abnormalities in digitized mammograms",Artificial intelligence in medicine, 42:67-79.
  - [10] I.Abdel-quader,F.Abu-Amara, (2008). "A computer aided diagnosis system for breast cancer using independent component analysis and fuzzy classifier, modelling ans simulation", Engineering, 2008: 9
  - [11] H-D. Cheng, Y. M. Lui, and R. I. Freimanis,(1998). ``A novel approach to microcalcification detection using fuzzy logic technique", IEEE Transactions on Medical Imaging, 17:(3), 442 -450.

- [12] Bayram, B. ve Acar U., (2007). "An approach to the detection of lesions in mammograms using fuzzy image processing", *The journal of international medical research*, 35(6): 790-795.
- [13] P. J. G. Lisboa,(2002). "A review of evidence of health benefits from artificial neural networks in medical intervention," *Neural Networks*, 15: 11-39.
- [14] D. Furundzic, M. Djordjevic, and A. J. Bekic, (1998). "Neural Networks approach to early breast cancer detection," *J. Sys. Arch.*, 44: 617-633.
- [15] O. Tsujii, M. T. Freedman, and S. K. Mun, (1999). "Classification of microcalcifications in digital mammograms using trend-oriented radial basis function neural network," *Pat. Rec.*, 32:891-903.
- [16] H.P. Chan, S.C. B. Lo, B. Sahiner, K.L. Lam, and M.A. Helvie.(1995). "Computer - aided detection of mammographic microcalcifications: Pattern recognition with an artificial neural network," *Medical Physics*, 22(10):1555-1567.
- [17] R. H. Nagel, R. M. Nishikawa, J. Papaioannou, and K. Doi,(1998). "Analysis of methods for reducing false positives in automated detection of clustered microcalcifications in mammograms", *Medical Physics*, 25(8): 1502-1506.
- [18] Verma, K., Zakos, J.,(2000) "A computer-aided diagnosis system for digital mammograms based on fuzzy-neural and feature extraction techniques", *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 16: 219–223.
- [19] J. Y. Lo, M. Gavrielides, M. K. Markey, and J. L. Jesneck, (2003). "Computer-Aided Classification of Breast Microcalcification Clusters: Merging of Features from Image Processing and Radiologists," *Medical Imaging 2003: Image Processing*, 5032: 882-889
- [20] U. Bottigli, D.Cascio, F. Fauci, B. Golosio, R. Magro, G.L. Masala, P. Oliva, G. Raso, and S.Stumbo,(2006). "Massive Lesions Classification using Features based on Morphological Lesion Differences", *Proceedings Of World Academy Of Science, Engineering And Technology*, 12, March 2006.
- [21] G. L. Masala et al.,(2007). "Comparative study of feature classification methods for mass lesion recognition in digitized mammograms", *Il nuovo cimento*,30:3.
- [22] McGarry and M. Deriche,(2000). "Mammographic image segmentation using a tissue -mixture model and Markov random fields", *IEEE International Conference on Image Processing, ICIP*, 2000.
- [23] I. El-Naqa, Y. Yang, M. Wernick, N. Galatsanos, R. Nishikawa,(2002). "A support vector machine approach for detection of microcalcifications", *IEEE Trans. Med. Imag.*, 21(12): 1552–1563.
- [24] D. Zhao, M. Shridhar, and D. G. Daut, (1992). "Morphology on detection of calcifications in mammograms," in *Proc. IEEE Int. Conf Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 129–132, March 1992, San Francisco.
- [25] Mohan, R. & Nevatia, R. (1989). "Using perceptual organization to extract 3-D structures", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*,11(11): 1121-1139.

- [26] Katartzis, A. & Sahli, H. (2008). "A stochastic framework for the identification of building rooftops using a single remote sensing Image." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(1): 259-271.
- [27] Mckeown, D.M. (1990). "Toward automatic cartographic feature extraction.", *Mapping and Spatial Modeling for Navigation*, 65:149-180.
- [28] Lin, C. & Nevatia, R. (1998). "Building detection and description from a single intensity image.", *Computer Vision and Image Understanding*, 72(2): 101-121.
- [29] Zheltov, S.U.; Sibiryakov, A.V. & Bibitchev, A.E. (2001). "Building extraction at the state research institute of aviation systems (GosNIIAS).", *3rd International Workshop on Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images*, Ascona, 65-74.
- [30] Lee, D.S.; Shan, J. & Bethl, J.S. (2003). "Class-guided building extraction from IKONOS Imagery.", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69(2):143-150.
- [31] Baatz, M. & Schäpe, A. (2000). "Multiresolution segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation.", In *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung*, Strobl, A., Blaschke, T., and Greisebener, G., (Ed.), 12-23.
- [32] Karantzalos, K. & Paragios, N. (2009). "Recognition-driven two-dimensional competing priors toward automatic and accurate building detection.", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(1):133-144.
- [33] Matsuyama, T. & Hwang, V. (1985). "SIGMA: A framework for image understanding: Integration of bottom-up and top-down analyses." *Proceedings of the 9th international joint conference on Artificial Intelligence*, 908-915, Los Angeles, California.
- [34] Demir, N., Baltsavias, E. (2007). "Object extraction at airport sites using DTMs/DSMs and multispectral image analysis."
- [35] Rottensteiner, F., Trinder, J., Clode, S., Kubik, K. (2007). "Building detection by fusion of airborne laser scanner data and multi-spectral images: Performance evaluation and sensitivity analysis." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 62(2): 135-149.
- [36] Sohn, G., Dowman, I. (2007). "Data fusion of high-resolution satellite imagery and LIDAR data for automatic building extraction.", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 62(1): 43-63.
- [37] Coakley KS, Quintarelli F, van Doorn T, Hirst C., (1994). "Classification of equivocal mammograms through digital analysis." *The Breast*, 3: 222–226.
- [38] Bernard W. Stewart, Paul Kleihues, (2003). "WORLD CANCER REPORT", WHO, International Agency for Research on Cancer, IARC Press..
- [39] Stamatia Detounis, (2004). "Computer-Aided Detection and Second Reading Utility and Implementation in a High-Volume Breast Clinic", *Applied Radiology*, 8–15.

- [40] Parker J, Dance DR, Davies DH, Yeoman LJ, Michell MJ, Humphreys S., (1995). "Classification of DCIS by image analysis of calcification from digital mammograms." *Br J Radiology*, 68: 150–159.
- [41] R. Highnam, M. Brady, (1999). "Mammographic Image Analysis", Kluwer Academic Publishers R.
- [42] E. L. Thurfjell, K. A. Lernevall, and A. A. Taube, (1994). "Benefit of independent double reading in a population-based mammography screening program," *Radiology*, 191:241–244.
- [43] J. G. Elmore, C. K. Wells, C. H. Lee, D. H. Howard, and A. R. Feinstein,(1994) "Variability in radiologists' interpretations of mammograms," *The New England journal of Medicine*, 331(22):1493–1499.
- [44] Huai Li, K. J. Ray Liu, and Shih-Chung B. Lo, (1997), "Fractal Modeling and Segmentation for the Enhancement of Microcalcifications in Digital Mammograms", *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 16(6).
- [45] M. L. Giger, (2000). "Computer-aided Diagnosis in Medical Imaging – A New Era in Image Interpretation," *Medical Imaging Ultrasound, WMA Business Briefing - Global Healthcare*, 75-79.
- [46] Yin, F. F., Giger, M. L., Doi, K., Vyborny, C. J., Schmidt, R. A., (1994). "Computerized detection of masses in digital mammograms: Automated alignment of breast images and its effect on bilateral subtraction technique," *Medical Physics*, 21:445 - 452.
- [47] Méndez, A.J., Tahoces, P.G., Lado, M.J., Souto, M., Vidal, J.J., (1998). "Computer-aided diagnosis: Automatic detection of malignant masses in digitized mammograms," *Medical Physics*, 25:957-964.
- [48] Veldkamp, W., Karssemeijer, N., (1998). "Accurate segmentation and contrast measurement of microcalcifications in mammograms: A phantom study", *Medical Physics*, 25:1102-1110.
- [49] Gavrielides, M.A., Lo, J.Y., Vargas-Voracek, R., Floyd, C.E., (2000). "Segmentation of suspicious clustered microcalcifications in mammograms," *Medical Physics*, 27:13-22.
- [50] Bassett LW, and Gambhir S, (1991). "Breast imaging for the 1990s," *Seminars in oncology*, 18:80-86,
- [51] Panigrahi B., Patro M. "Feature Extraction for Classification of Microcalcifications and Mass Lesions in Mammograms", *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 9(5).
- [52] Peng, J., Zhang, D., Liu, Y., (2004). "An improved snake model for building detection from urban aerial images.", *Pattern Recognition Letters*, 587–595.
- [53] Ebadi H., Moghaddam, H.A.,(2010), "Automatic urban building boundary extraction from high resolution aerial images using an innovative model of active contours", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8

- [53] Wikipedia, The Free Encyclopedia: DICOM, <http://en.wikipedia.org/wiki/DICOM>, 06 Temmuz 2011.
- [54] Shapiro, Linda G. & Stockman, George C. (2002). "Computer Vision". Prentice Hall.
- [55] C. K. Chow and T. Kaneko,(1972) "Automatic boundary detection of the left-ventricle from cineangiograms," Comput. Biomed. Res., 5:388–410.
- [56] Auto Threshold and Auto Local Threshold, <http://www.dentistry.bham.ac.uk/landinig/software/autothreshold/autothreshold.html>, 06 Temmuz 2011.
- [57] Serra J.(1982). "Image analysis and mathematical morphology.
- [58] ACAR U., BAYRAM B.,(2009)."Building Extraction With Morphology", RAST,2009,İstanbul.
- [59] Image Processing Learning Recourses, <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2>, 06 Temmuz 2009.
- [60] V. Alarcon-Aquino, O. Starostenko, J. M. Ramirez-Cortes, R. Rosas-Romero, J. Rodriguez-Asomoza, O. J. Paz-Luna and K. Vazquez-Muñoz, (2009). "Detection of microcalcifications in digital mammograms using the dual-tree complex wavelet transform" 1:49-63.
- [61] Susan G.Orel, Mitchell D.Schnall, (2001). "MR Imaging of the breast for the detection, diagnosis and staging of breast cancer", Radiology, 220:13-30.
- [62] Maini R., Aggarwal H.,(2004). "Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques", International Journal of Image Processing (IJIP), 3(1).
- [63] Wikipedia, The Free Encyclopedia: Edge Detection [http://en.wikipedia.org/wiki/Edge\\_detection](http://en.wikipedia.org/wiki/Edge_detection), 06 Temmuz 2011.
- [64] Solomon D.,Reddy D.K.,(2011). "Digital Image Processing Techniques Based on Edge Feature Extraction" Published in International Journal of Advanced Engineering & Application, 102-105.
- [65] Bilgisayar Kavramları: Ortanca Filtresi (median Filter) <http://www.bilgisayarkavramlari.com/2007/11/26/ortanca-filtresi-median-filter/>, 06 Temmuz 2011.
- [66] FAUSETT, Laurene; (1994), "Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications", Prentice Hall.
- [67] Neural Networks by Christos Stergiou and Dimitrios Siganos, [http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise\\_96/journal/vol4/cs11/report.html#Introduction to neural networks](http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html#Introduction_to_neural_networks), 06 Temmuz 2011.
- [69] Haykin S., (1994). "Neural Networks", Macmillan Collage Printing Company, 41.
- [70] Efe M. Ö. ve Kaynak O. (2004). "Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları",Boğaziçi Üniversitesi, 1. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [68] Üzerine.com, Yapay sinir ağları üzerine genel bir bakış, <http://yapay-sinir-aglari.uzerine.com/>, 06 Temmuz 2011.

- [71] Neural Networks by Christos Stergiou and Dimitrios Siganos, [http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise\\_96/journal/vol4/cs11/report.html#Introduction to neural networks](http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html#Introduction%20to%20neural%20networks), 06 Temmuz 2011.
- [72] Ahmet Kakıcı Blog, <http://www.ahmetkakici.com/yapay-sinir-aglari/yapay-sinir-aglari-ve-yapi-elemanlari/>, 06 Temmuz 2011.
- [73] Öğr.Gör. Bora Uğurlu, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, <http://members.comu.edu.tr/boraugurlu/>, 06 Temmuz 2011.
- [74] Bishop C.M., (1999). "Pattern Recognition and Feed-forward Networks", In The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences, 629-632.
- [75] Shamsheer I., Z. Ahmad, J. K. Orakzai, A. Adnan, (2007). "OCR For Printed Urdu Script Using Feed Forward Neural Network", World Academy of Science, Engineering and Technology, 34:172-175.
- [76] Webmaster Forumu, Yapay Sinir Ağları, <http://www.webmastersitesi.com/programlama-makaleleri/58510-yapay-sinir-aglari.htm>, 06 Temmuz 2011
- [77] R. M. Nishikawa & M. Kallergi. (2006). "Computer-aided detection, in its present form, is not an effective aid for screening mammography.", Med. Phys., 33:811–814.

## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : ACAR Uğur  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 1980 Erzurum  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : [uacar@yildiz.edu.tr](mailto:uacar@yildiz.edu.tr)

### ÖĞRENİM DURUMU

| Derece    | Alan                                                                                      | Okul/Üniversite                                       | Mezuniyet Yılı |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------|
| Y. Lisans | Uzaktan Algılama ve<br>CBS Preogramı,<br>Jeodezi ve<br>Fotogrametri Müh.<br>Anabilim Dalı | Yıldız Teknik Üniversitesi Fen<br>Bilimleri Enstitüsü | 2005           |
| Lisans    | Jeodezi ve<br>Fotogrametri Müh.                                                           | Yıldız Teknik Üniversitesi                            | 2003           |
| Lise      |                                                                                           | Hüseyin Avni Sözen Anadolu<br>Lisesi                  | 1997           |

## **İŞ TECRÜBESİ**

| Yıl  | Firma/Kurum                                                              | Görevi              |
|------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 2004 | Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü | Araştırma Görevlisi |

## **YAYINLARI**

### **Makale**

- [1] Bayram, B. ve Acar U.,(2007). "An approach to the detection of lesions in mammograms using fuzzy image processing," The journal of international medical research, 35(6):790-795.
- [2] Bulent Bayram, Ugur Acar, Dursun Seker, and Anil Ari,,(2008). "A novel algorithm for coast line fitting through a case study over bosphorus", Journal of coastal research, 24(4):983-991.
- [3] Uğur Acar, Bülent Bayram, Salih Güran, (2007). "New Software for Planning The Radiotherapy with MRI", International Society for Magnetic Resonance In Medicin, Proc. of Section for Magnetic Technologists, 282, 2007, Berlin, Germany.
- [4] Bülent BAYRAM, Fatih POYRAZ, Kemal Özgür HASTAOĞLU, Uğur ACAR, İbrahim ÇETİN, (2009). "Optik Lazer Tarayıcılarla Hasarlı Otomobil Örneğinde Objelerin Modellenmesi", Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1(1):49-58.
- [5] Uğur ACAR, Özlem İNANIR, Pınar TURNALAR, Cüneyd HELVACI, Bülent BAYRAM, (2004). "Geotiff Başlık Yapısı Ve Arayüz Kullanıcı Yazılımı," Harita Dergisi, sayı:131, s. 68-81, 2004

### **Bildiri**

- [1] ACAR U., BAYRAM B.,(2009)."Building Extraction With Morphology", RAST, 2009, İstanbul.
- [2] Uğur Acar, Bülent Bayram, (2009). "Morfolojik Görüntü Filtreleri İle İkonos Görüntülerinden Otomatik Bina Çıkarımı", Tmmob Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı, Bildiriler Özet Kitabı, S.214-215, Bildiriler 11-15 Mayıs, Ankara, 2009.
- [3] Bülent Bayram, İhsan Doğan, Uğur Acar, Anıl Arı, Yalçın Yüksel, Yasemin Topal, (2008). "Alaçatı Örneğinde Uzaktan Algılama Verileri İle Kıyı Çizgisi Değişiminin Zamansal Olarak Belirlenmesi", Kent Yönetimi, İnsan Ve Çevre Sorunları

Sempozyumu08 Bildiriler Kitabı, Isbn 978-975-561-343-7, S.585-592, 2-6 Kasım, İstanbul, 2008

- [4] Uğur ACAR, Bülent BAYRAM, Salih GÜRAN, (2007). "RADYOTERAPİYİ PLANLAMADA YENİ BİR YAZILIM", TURKRAD 2007, 28. Ulusal Radyoloji Kongresi, Program Bildiri ve Özetleri, Cilt 13, Ek-1, s.E99, ISSN 1305-3833, 2007 Antalya.
- [5] Ar. Gör. Uğur Acar, Yrd. Doç.Dr. Bülent Bayram, (2006). "Bulanık Mantık İle Mammogramlardan Mikrokalsifikasyonların Otomatik Olarak Belirlenmesi", 1. Uzaktan Algılama-Cbs Çalıştay Ve Paneli- 2006 (Uzal-Cbs-2006) Isbn: 975-561-290-4
- [6] Ar.Gör. Melis UZAR, Ar.Gör. Uğur ACAR, Yrd.Doç.Dr. Bülent BAYRAM, (2006). "Dudulu Organize Sanayi Bölgesi Örneğinde Sanayi Bilgi Sistemi Tasarımı (SANBİS)" (POSTER SUNUM), 1. Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay Ve Paneli- 2006 (UZAL-CBS-2006) ISBN: 975-561-290-4.
- [7] Karaş, İ. Bayram, B. Batuk, G. Acar, U. Uzar, M. (2006). "Doğrusal Çizgilerden Oluşan Raster Görüntülerin Vektörizasyonu İçin Yeni Bir Yöntem Ve Üç Boyutlu Cbs&#8217de Kullanımı", 1. Uzaktan Algılama-Cbs Çalıştay Ve Paneli- 2006 (Uzal-Cbs-2006) Isbn: 975-561-290-4
- [8] Ar.Gör. Melis UZAR, Ar.Gör. Uğur ACAR, Yrd.Doç.Dr. Bülent BAYRAM, (2005). "TEKNOPARK BİLGİ SİSTEMİ (TEKNOBİS)", Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, s. 280-287, Kocaeli, 2005)
- [9] Uğur Acar, Bülent Bayram, Salih Güran, (2007). "New Software for Planning The Radiotherapy with MRI", International Society for Magnetic Resonance In Medicin, Proc. of Section for Magnetic Technologists, Berlin, Germany, 2007,p.282
- [10] A. Özbakır, B. Bayram, U. Acar, M. Uzar, I. Baz, I.R. Karas, (2007). "SYNERGY BETWEEN SHORELINE CHANGE DETECTION and SOCIAL PROFILE OF WATERFRONT ZONES: A CASE STUDY IN ISTANBUL", JOINT MEETING OF ISPRS COMMISSION VII WG2 & WG7, Conference on Information Extraction from SAR and Optical Data 16-18 May 2007 ISTANBUL, ISSN No:1682-1777, Volume Number: XXXVI-7/C46
- [11] B. Bayram, H. Bayraktar, C. Helvacı, U.Acar, (2004) "Coast Line Change Detection Using CORONA, SPOT and IRS1D Images, XXth Congress International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Commission VII, WG VII/3 ,p.85. 2004, İstanbul, Turkey

## **Proje**

*Yeryüzünün Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesinde CBS ve Uydu Görüntülerinin Kullanım Olanaklarının Güney Marmara Örneğinde Araştırılması*, YTÜ-BAPK, 40 000 YTL, 26-05-03-01, Başlangıç Tarihi: 1.1.2006, Bitiş Tarihi: 1.1.2008

## **ÖDÜLLERİ**

1. Bilime Katkı Ödülü, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2007