

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**RADON DÖNÜŞÜMÜ İLE SAYISAL GÖRÜNTÜLERDEKİ GRAFLARIN
İÇERDİĞİ TÜM ÜÇGENLERİN BULUNMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sibel ERTÜRK

**HAZİRAN 2018
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**RADON DÖNÜŞÜMÜ İLE SAYISAL GÖRÜNTÜLERDEKİ GRAFLARIN
İÇERDİĞİ TÜM ÜÇGENLERİN BULUNMASI**

Sibel ERTÜRK

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"YÜKSEK LİSANS (İSTATİSTİK)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 / 05 / 2018

Tezin Savunma Tarihi : 22 / 06 / 2018

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Orhan KESEMEN

Trabzon 2018

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalında
Sibel ERTÜRK Tarafından Hazırlanan**

**RADON DÖNÜŞÜMÜ İLE SAYISAL GÖRÜNTÜLERDEKİ GRAFLARIN
İÇERDİĞİ TÜM ÜÇGENLERİN BULUNMASI**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 05 / 06 / 2018 gün ve 1756 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : (Unvan, Ad Soyad)

Üye : (Unvan, Ad Soyad)

Üye : (Unvan, Ad Soyad)

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

“Radon Dönüşümü ile Sayısal Görüntülerdeki Grafların İçerdiği Tüm Üçgenlerin Bulunması” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışma süresinde değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren benden yardımlarını, desteğini, sabrını ve bilgisini esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Orhan KESEMEN’e, eğitimimde emeği geçen tüm hocalarıma, tez sürecinde hiçbir yardımdan kaçınmayan hocalarım Arş Gör. Eda ÖZKUL’a, Arş. Gör. Özge TEZEL’e ve Arş. Gör. Buğra Kaan TIRYAKI’ye, arkadaşlarım Ayşe Banu PAK 'a, Ebru NAZ 'a teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak, tüm hayatım boyunca maddi ve manevi her zaman beni destekleyen, her adımında arkamda duran aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin, bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Sibel ERTÜRK

Trabzon 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Radon Dönüşümü ile Sayısal Görüntülerdeki Grafların İçerdiği Tüm Üçgenlerin Bulunması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Orhan KESEMEN’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 22/06/2018

Sibel ERTÜRK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Radon Dönüşümü	1
1.1. Pencereleme.....	9
1.2. Ters Radon Dönüşümü	11
1.3. Etiketleme	12
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	15
2.1. Radon Dönüşüm Algoritması	15
2.2. Güçlü Tepe Konumlarının Bulunması.....	16
2.3. İki Boyutlu Gauss Pencereleme.....	17
2.4. Ters Radon Dönüşüm Algoritması	18
2.5. Görüntü Çakıştırma	21
2.6. Etiketleme	23
2.7. Örtülen Nesnelerin Listedden Silinmesi.....	24
2.8. Düğümlerin ve Kenarların Bulunması.....	26
2.9. Üçgen Kombinasyonların Bulunması.....	29
3. BULGULAR.....	31
4. SONUÇLAR.....	58

5.	KAYNAKLAR.....	59
	ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans

ÖZET

RADON DÖNÜŞÜMÜ İLE SAYISAL GÖRÜNTÜLERDEKİ GRAFLARIN İÇERDİĞİ TÜM ÜÇGENLERİN BULUNMASI

Sibel ERTÜRK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Orhan KESEMEN
2018, 60 Sayfa

Görsel iletişim gelişmesiyle birlikte görüntü ve video kayıtları artmakta ve bunları paylaşımları için değişik siteler kurulmaktadır. Artan bu görsellerden sonuç çıkarmak görüntü analizi ve dolayısıyla yapay zekâ çalışmalarının artmasına neden olmaktadır. Verilen görüntülerdeki doğruların kesişimi ile oluşan üçgenlerin bulunması, sayılması ve listelenmesi sadece üçgen bulma oyunun çözümü için değil graflardaki üçgensel ilişkilerin ortaya çıkarılmasında da önemli bir tutmaktadır.

Bu çalışmada görüntüdeki üçgenlerin bulunması için Radon dönüşümü kullanılmıştır. Radon dönüşümü ile bulunan doğrular ters Radon dönüşümü yapıldıktan sonra bulanıklaşmaktadır. Bulanıklaşan alt görüntüler özgün görüntü ile işlem sokularak arama bölgesi daraltılmakta ve her doğru bir küme olacak şekilde bir bulanık kümeler listesi elde edilmektedir. Burada şekle ait olan bir gözek birden çok kümeye veya diğer bir deyişle birden çok doğruya ait olabilir. Doğruların kesişim bölgelerindeki gözekler birden çok doğruya ait olduklarından çoklu etiketleme yapmak gerekir. Böylelikle tek doğruya ait olan gözekler kenarları birden çok doğruya ait olan gözekler ise düğümleri (kesişim bölgesi) oluşturmaktadır. Tüm kenarların üçlü kombinasyonu bulunarak bunların tüm ikili kesişimler mevcutsa birer üçgen oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Radon dönüşümü, Tepe taraması, Pencereleme, Görüntüdeki üçgenler.

Master Thesis

SUMMARY

**FINDING ALL TRIANGULARS CONTAINING GRAPH IN DIGITAL IMAGES WITH
RADON TRANSFORM**

Sibel ERTÜRK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Statistical and Computer Sciences Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Orhan KESEMEN
2018, 60 Pages

With the development of visual communication, images and video recordings are increasing and various sites are set up for sharing them. Drawing conclusions from these increasing perspectives leads to an increase in visual analysis and therefore artificial intelligence. Finding, counting, and listing of triangles formed by the intersection of the truths in the given images is important not only in solving the triangle finding game but also in revealing the triangular relations in the graphs.

In this study Radon transformation was used to find the triangles in the image. The truths found by the radon transform are blurred after the inverse Radon transform is done. The blurred sub-images are processed with the original image to narrow the search area and obtain a fuzzy set list as each correct set. Here, an pixel belonging to a shape may belong to more than one coin or, in other words, more than one. Since the pixels in the intersection of the truths belong to more than one truth, it is necessary to make multiple determinations. Thus, the pixels belonging to only one line form the nodes (intersection region) with the edges belonging to more than one line. All edges have triple combinations, forming triangles if all their binary intersections are present.

Key Words: Radon transform, Peak detection, Windowed, Triangles in images.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Radon dönüşümü; (a) (x, y) uzayı; (b) (θ, ρ) uzayı.....	2
Şekil 2.	Noktadan eğriye Radon dönüşümü; (a) Dört nokta görüntüsü; (b) Radon dönüşüm görüntüsü; (c) Radon dönüşümü mesh gösterimi; (d) Radon dönüşümünün wiggle gösterimi.....	3
Şekil 3.	Nokta-doğrudan eğriye radon dönüşümü; (a) Dört nokta-doğru görüntüsü; (b) Radon dönüşüm görüntüsü; (c) Radon dönüşümü mesh gösterimi; (d) Radon dönüşümünün wiggle gösterimi.	4
Şekil 4.	Radon dönüşüm adımları; (a) -90 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.	5
Şekil 5.	Radon dönüşüm adımları; (a) -60 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.	5
Şekil 6.	Radon dönüşüm adımları; (a) -30 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.	5
Şekil 7.	Radon dönüşüm adımları; (a) 0 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.	6
Şekil 8.	Radon dönüşüm adımları; (a) 30 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.	6
Şekil 9.	Radon dönüşüm adımları; (a) 60 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.	6
Şekil 10.	Radon dönüşüm adımları; (a) 90 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.	7
Şekil 11.	Kesişen üç doğru Radon dönüşümü; (a) Üç doğru görüntüsü; (b) Radon dönüşüm görüntüsü; (c) Radon dönüşümü mesh gösterimi; (d) Radon dönüşümünün wiggle gösterimi.....	7
Şekil 12.	Kesişen üç doğru Radon dönüşümü; (a) Üç doğru görüntüsü; (b) Radon dönüşüm görüntüsü; (c) Radon dönüşümü mesh gösterimi; (d) Radon dönüşümünün wiggle gösterimi.....	8
Şekil 13.	Kesişen üç doğru Radon dönüşümü; (a) Üç doğru görüntüsü; (b) Radon dönüşüm görüntüsü; (c) Radon dönüşümü mesh gösterimi; (d) Radon dönüşümünün wiggle gösterimi.....	9

Şekil 14.	Radon dönüşüm matrisinin pencerelemesi; (a) Radon görüntüsü; (b) Pencere fonksiyonu; (c) Pencerelemiş Radon görüntüsü.	11
Şekil 15.	Ters Radon gösterimi; (a) Pencerelemiş Radon görüntüsü; (b) Ters Radon dönüşümü ile elde edilen süzülmüş görüntü.	12
Şekil 16.	Etiketleme; (a) Beş nesne içeren görüntü; (b) Etiketlenmiş görüntü.	13
Şekil 17.	İki geçişli algoritmasının uygulanması; (a) etkin gözek konumu; (b) ileri tarama; (c) geri tarama.	13
Şekil 18.	Radon dönüşüm matrisindeki tepelerin bulunması; (a) Radon dönüşüm görüntüsü; (b) Radon dönüşüm matrisindeki tepelerin bulunması.	17
Şekil 19.	Pencereleme ve Ters radon dönüşümü (a,c,e,g) Tepeciklere göre pencereleme; (b,d,f,h) Ters radon dönüşümü sonucu elde edilen alt görüntüler.	20
Şekil 20.	Görüntü çakıştırma; (a) Alt görüntüler; (b) Alt görüntülerin çakıştırılması; (c) Gri görüntü üzerinde eşiklenmiş alt görüntüler.	22
Şekil 21.	Etiketlenmiş nesnelere ayrı ayrı görüntülenmesi;	23
Şekil 22.	Yalancı doğru tepeleri; (a) Özgün görüntü; (b) Doğru bölütü ile özgün görüntü çakıştırması; (c) Yanlış doğru bölütleri.	24
Şekil 23.	Yalancı doğru uzantıları; (a) Özgün görüntü; (b) Doğru bölütü ile özgün görüntü çakıştırması; (c) Doğru ve yanlış doğru bölütleri.	25
Şekil 24.	Kesikli doğru parçaları; (a) Özgün görüntü; (b) Doğru bölütü ile özgün görüntü çakıştırması; (c) Doğru bölütleri.	25
Şekil 25.	Kesikli doğru parçaları; (a) Özgün görüntü; (b) Doğru bölütü ile özgün görüntü çakıştırması; (c) Doğru bölütleri.	26
Şekil 26.	Kesişen doğruların etiketlenmesi; (a) Birinci doğru; (b) Birinci doğrunun etiketlenmesi; (c) İkinci doğru; (d) İkinci doğrunun etiketlenmesi; (e) İki doğrunun birleştirilmesi; (f) Birleşik doğruların etiketlenmesi; (g) Etiketlenen doğruların renklendirilmesi; (h) Renkli ve etiketli doğrular.	27
Şekil 27.	Etiketlenmiş düğümler ve kenarlar	28
Şekil 28.	Seçilen örnek görüntü ve ters görüntüsü	31
Şekil 29.	Doğruları temsil eden tepeciklerin bulunması; (a) Radon dönüşüm görüntüsü; (b) Dönüşüm görüntüsündeki tepeciklerin yerel en büyükler yöntemi ile belirlenmesi;	32
Şekil 30.	Örnek görüntüdeki doğrular.	33

Şekil 31.	Bulanık doğruların duru doğrulara dönüştürülmesi.....	34
Şekil 32.	Doğru parçalarının örnek görüntü üzerinde gösterilmesi.	35
Şekil 33.	Bulunan doğru parçalarının birleştirilmesi; (a) Doğruların aynı görüntüde birleştirilerek renklendirilmesi; (b) Her doğru parçası 2'nin kuvvetleri şeklinde numaralandırılması.	36
Şekil 34.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	40
Şekil 35.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	41
Şekil 36.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	41
Şekil 37.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	42
Şekil 38.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	42
Şekil 39.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	43
Şekil 40.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	43
Şekil 41.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	44
Şekil 42.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	44
Şekil 43.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	45
Şekil 44.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	45
Şekil 45.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	46
Şekil 46.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	46
Şekil 47.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	47
Şekil 48.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	48
Şekil 49.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	48
Şekil 50.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	49
Şekil 51.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	49
Şekil 52.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	50
Şekil 53.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	50
Şekil 54.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	51

Şekil 55.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	51
Şekil 56.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	52
Şekil 57.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	52
Şekil 58.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	53
Şekil 59.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	54
Şekil 60.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	54
Şekil 61.	Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.	55
Şekil 62.	Çok bölgeli üçgenler.....	55
Şekil 63.	İki bölgeli üçgenler.....	56
Şekil 64.	Tek bölgeli üçgenler	57

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. İkili sistemde etiket numaraları	28
Tablo 2. Kenarların üçlü kombinasyonları	30
Tablo 3. Seçilen örnek görüntüdeki doğruların kombinasyonları.....	37
Tablo 4. Seçilen örnek görüntüdeki doğruların kombinasyonları (devam)	38
Tablo 5. Seçilen örnek görüntüdeki doğruların kombinasyonları (devam)	39

SEMBOLLER DİZİNİ

$I(x, y)$: Görüntü değişkeni
x	: Metrik uzayda yatay eksen indisi
y	: Metrik uzayda düşey eksen indisi
W	: Görüntünün yatay gözek sayısı
H	: Görüntünün düşey gözek sayısı
$\mathcal{R}\{*\}$: Radon dönüşüm operatörü
$\mathcal{R}^{-1}\{*\}$: Ters Radon dönüşüm operatörü
ρ	: Parametrik uzayda merkezden uzaklık
θ	: Parametrik uzayda dönme açısı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Üçgen, üç düğüm noktasından geçen üç doğru parçasının oluşturduğu ara kesit bölgesine üçgen olarak adlandırılabilir. Üçgenin üç kenarı ve üç köşesi bulunmaktadır. Üçgenler çokgen ailesinin en basit ve çok üzerinde durulan şeklidir. Üçgenin diğer bir özelliği uzayda herhangi bir düzlem üçgen yardımıyla tanımlanabilir. Dolayısıyla birçok mühendislik probleminde üç boyutlu yüzeyler üçgenler yardımıyla tanımlanıp çözülmektedir.

Bir doğrulardan oluşan bir şekilde üçgen sayısını bulmaya çalışmak birçok insanın ilgisini çekmiştir. Öyle ki birçok zeka yarışmasında “verilen şekilde kaç üçgen vardır?” şeklinde sorularla karşılaşabiliyoruz. Öte yandan üçgen sayılarının bulunması graf teorisinde başlıca problemlerden sayılmaktadır.

Günümüzün en popüler bilim dallarından biri olma yolunda hızla gelişme gösteren yapay zeka, makinelerin insanlar gibi düşünüp problemlere çözüm üretmeler felsefesine dayanmaktadır. Bu çözümler çoğu zaman sezgiselden çok tüm kombinasyonları bulup bunların uygun olanlarını değerlendirerek çözüme yoluna gitmektedir (Kesemen ve Özkul, 2018).

Üçgen bulma oyunu graf teorisinde bilinen bir problemdir (Schank ve Wagner, 2005; Latapy, 2008). Görüntü içerisindeki görüntüdeki üçgenlerin bulunması görüntü analizinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Bu problemde öncelikle üçgenler içeren görüntü bir kamera yardımıyla sayısal ortama aktarılır. Bilgisayar ortamına aktarılan ön işlemden geçirilerek işlenmeye hazır hale getirilir. Hazır hale gelen bu görüntüdeki doğrular bulunarak bunların kesişen noktaları yani düğümleri belirlenir. Bu düğümler ve doğrular yardımıyla tüm üçgenler bulunabilir.

1.2. Radon Dönüşümü

Radon dönüşümü görüntü analizinde doğruların tespit edilmesi için kullanılan en yaygın yöntemlerden birisidir (Deans, 1981; Murphy, 1986; Beylkin, 1987). Radon dönüşümünün temel mantığı verilen sayısal görüntüyü değişik açılarda döndürerek yığılma

teknikine dayanmaktadır. Bu mantığa göre döndürülme sonucunda yatay konuma gelen bir doğru, görüntü yatay yönde yığıldığında en yüksek değeri vermesidir. Radon dönüşümü genelde ikil görüntülere uygulanmasına rağmen hem gri ölçekteki görüntülere hem de renkli görüntülere de uygulanabilir. Bu durumda algoritmanın genel bir biçiminin düzenlenmesi gerekir. Radon dönüşümü $\mathcal{R}\{*\}$,

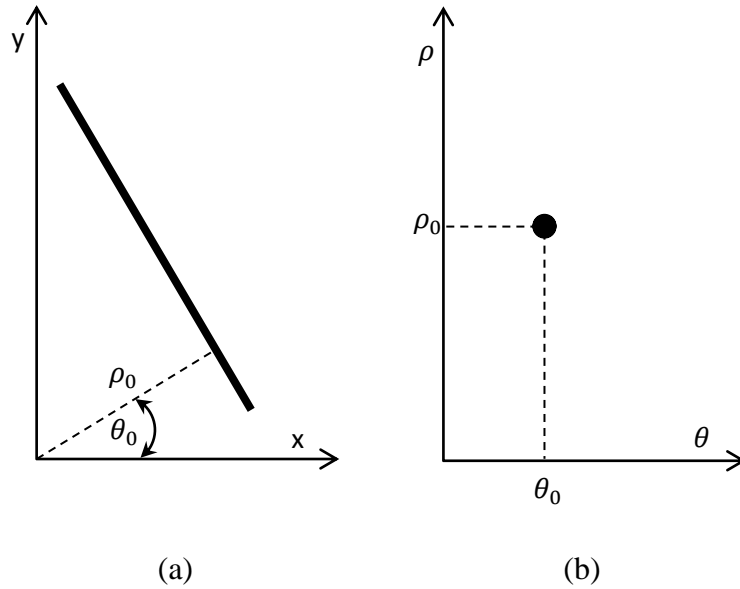
$$R(u, v) = \mathcal{R}\{I(x, y)\}, \quad (u = 1, \dots, N_\theta; v = 1, \dots, N_\rho) \quad (1)$$

biçiminde tanımlanmaktadır. Burada $I(x, y)$ giriş görüntüsünü tanımlanırken N_θ kaç farklı yönelim hesaplanacağını ve N_ρ ise döndürme sonucunda oluşan çıkışın düşey yöndeki gözetek sayısını göstermektedir. Radon dönüşümü daha açık bir şekli,

$$R(\theta, \rho) = \int_{-\infty}^{\infty} I(u \cos \theta + v \sin \theta, -u \sin \theta + v \cos \theta) du, \quad (2)$$

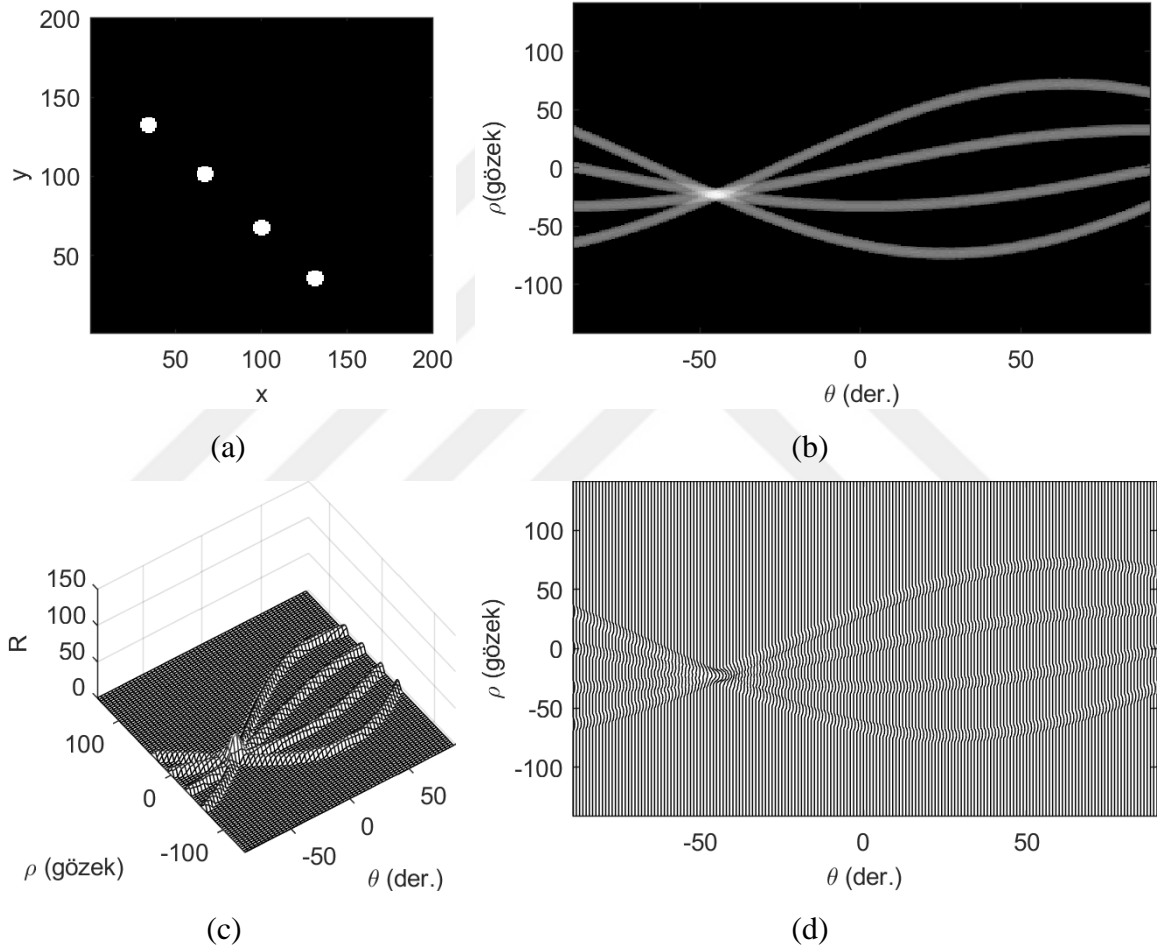
$$(\rho = u \cos \theta + v \sin \theta)$$

Sonuç olarak, $I(x, y)$ görüntüsünün değişik yönelim (θ) ve uzaklıklarda (ρ) izdüşümünü veren (Şekil 1) bir dönüşüm matrisi elde edilmektedir.



Şekil 1. Radon dönüşümü; (a) (x, y) uzayı; (b) (θ, ρ) uzayı

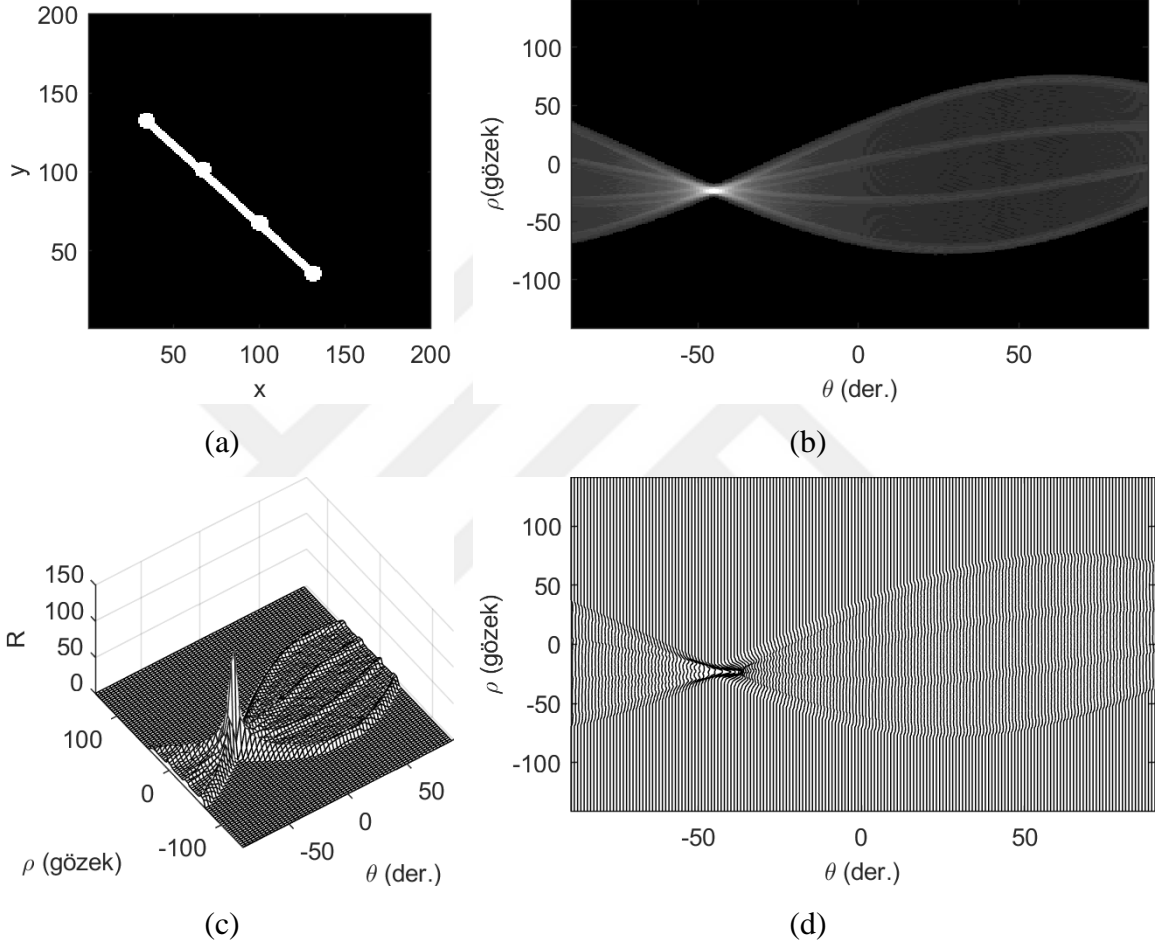
Şekil 1’de (x, y) uzayındaki bir doğru parçası (θ, ρ) uzayında bir noktaya dönüşümü gösterilmiştir. Bu gösterimin daha açıklayıcı bir şekli ise Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’de aynı doğru üzerindeki 4 nokta olarak verilen bir görüntüde her nokta bir eğriye dönüşürken bu eğriler noktaların dizildikleri doğrunun parametrelerinin kesiştiği noktada kesişmektedir. Böylelikle bir tepelik oluşmaktadır. Şekil 2(b)’de görüntü olarak gösterilen Radon dönüşümü Şekil 2(c) üç boyutlu olarak gösterilirken ve Şekil 2(d)’de eğriler şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 2. Noktadan eğriye Radon dönüşümü; (a) Dört nokta görüntüsü; (b) Radon dönüşüm görüntüsü; (c) Radon dönüşümü mesh gösterimi; (d) Radon dönüşümünün wiggle gösterimi.

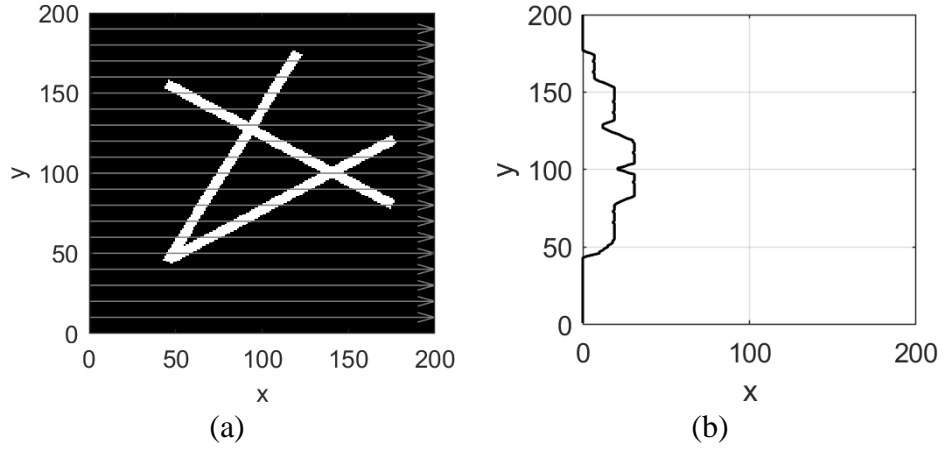
Şekil 3(a)’te aynı doğru üzerindeki 4 nokta ve bu noktaları birbirine bağlayan bir doğru parçasının Radon dönüşümü Şekil 3(b) verilmiştir. Bu görüntüde her nokta bir eğriye dönüşürken bu eğriler noktaların dizildikleri doğrunun parametrelerinin kesiştiği noktada kesişmektedir. Ayrıca Noktaları bağlayan doğru parçasını eğrilerin arasını kapatacak eğriler

yelpazesi biçiminde görülmektedir. Bu eğriler yelpazesi doğrunun parametrelerin kesiştiği noktada birleştiklerinden bir tepecik oluşturmaktadır. Şekil 3(b)'de görüntü olarak gösterilen Radon dönüşümü Şekil 3(c) üç boyutlu olarak gösterilirken ve Şekil 3(d)'de eğriler şeklinde gösterilmiştir. Bu Radon dönüşümünde daha çok nokta kullanıldığı için tepeciğin yüksekliği artmış ve çevresine göre daha belirgin hale gelmiştir.

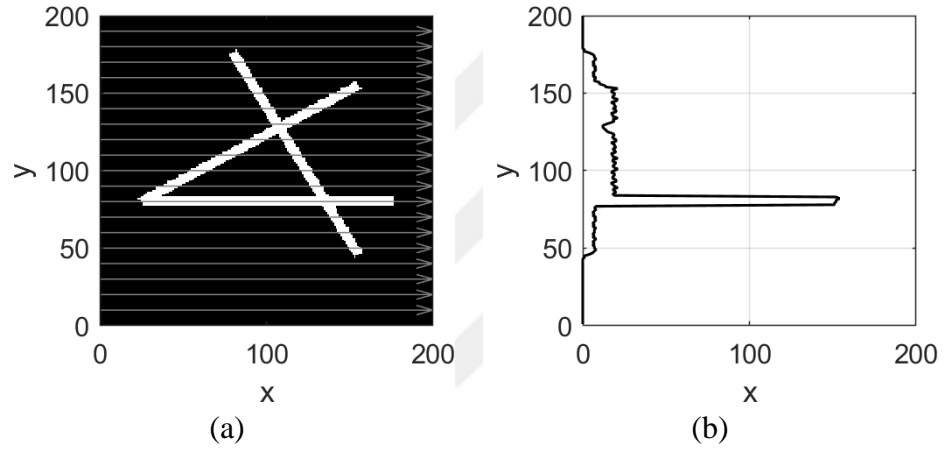


Şekil 3. Nokta-doğrudan eğriye radon dönüşümü; (a) Dört nokta-doğru görüntüsü; (b) Radon dönüşüm görüntüsü; (c) Radon dönüşümü mesh gösterimi; (d) Radon dönüşümünün wiggle gösterimi.

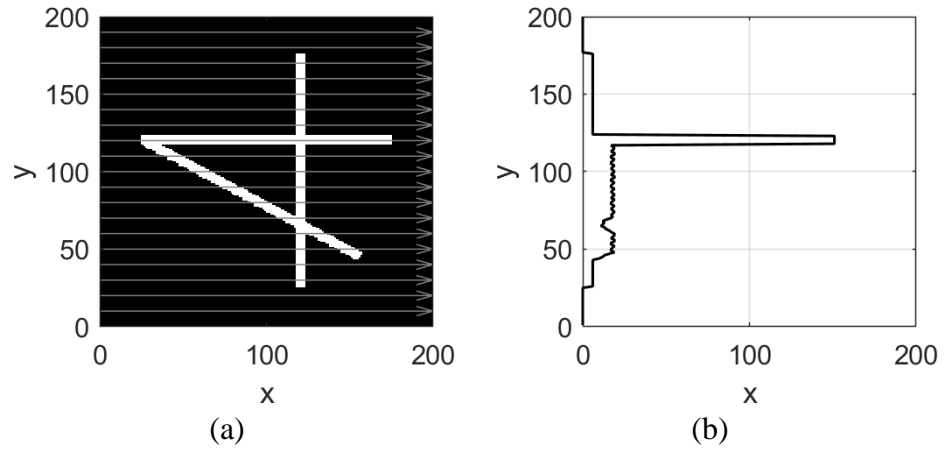
Şekil 4'den Şekil 10'a kadar tüm görüntülerde sırasıyla -90, -60, -30, 0, 30, 60 ve 90 derecelerde döndürülmüş üç doğrudan oluşan görüntünün yatay yöndeki yığılması gösterilmiştir. Bu yığımalara göre -60, -30 ve 60 derecelerde üç doğru ayrı ayrı yatay konuma gelmekte ve yığınanın en yüksek değere ulaşmasını sağlamaktadır. Döndürme açıları saat yönünde pozitif alınmıştır. Böylelikle doğru eğimi ile yığınanın dönme açısı aynı olabilmektedir. Tüm yığınalar yan yana dizilerek Şekil 11'deki görüntüler elde edilmiştir.



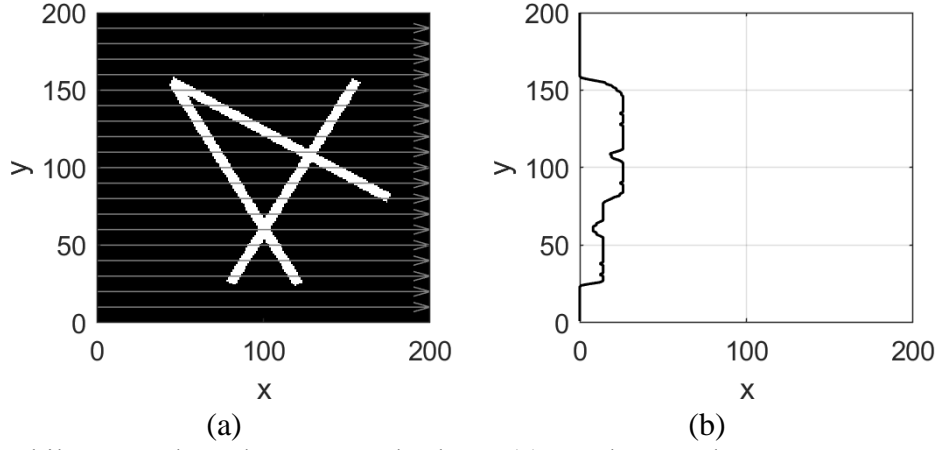
Şekil 4. Radon dönüşüm adımları; (a) -90 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.



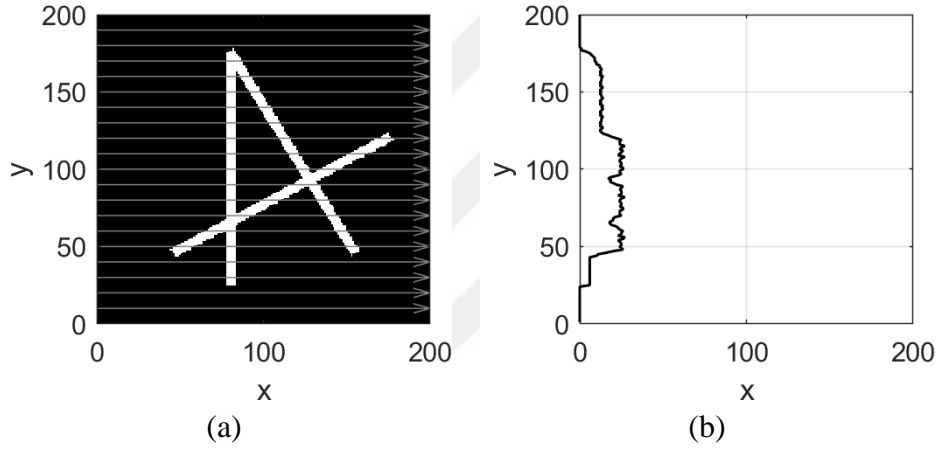
Şekil 5. Radon dönüşüm adımları; (a) -60 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.



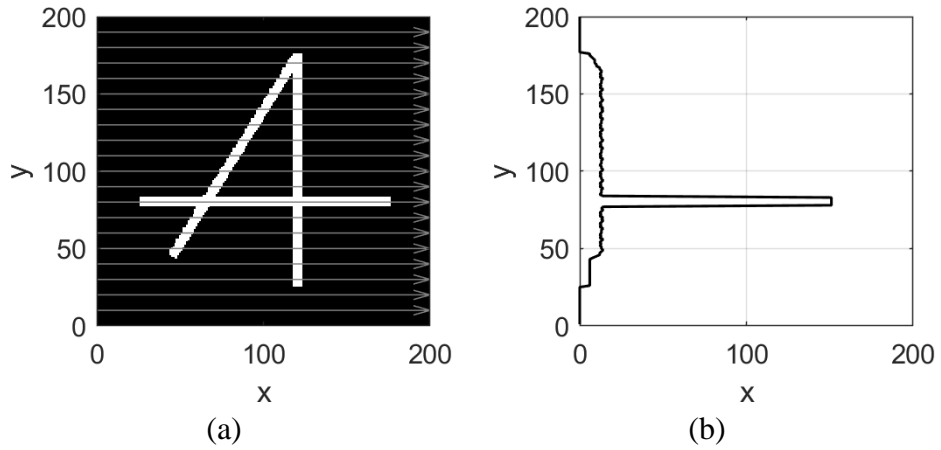
Şekil 6. Radon dönüşüm adımları; (a) -30 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.



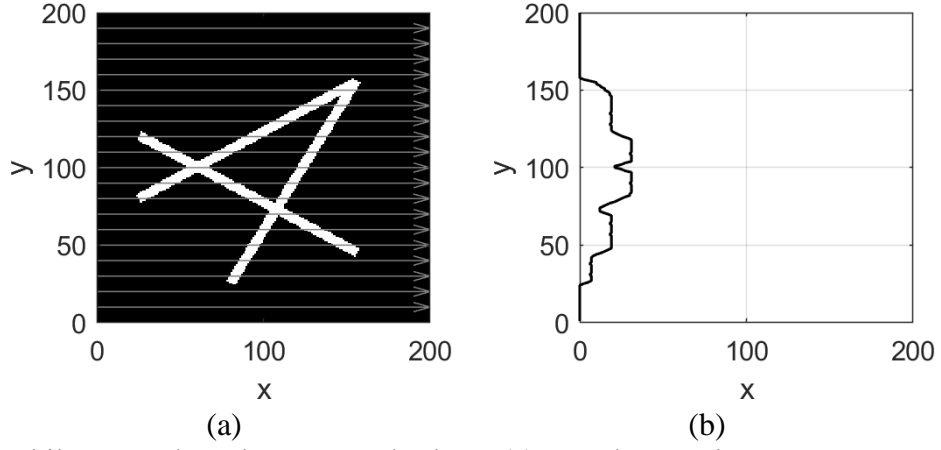
Şekil 7. Radon dönüşüm adımları; (a) 0 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.



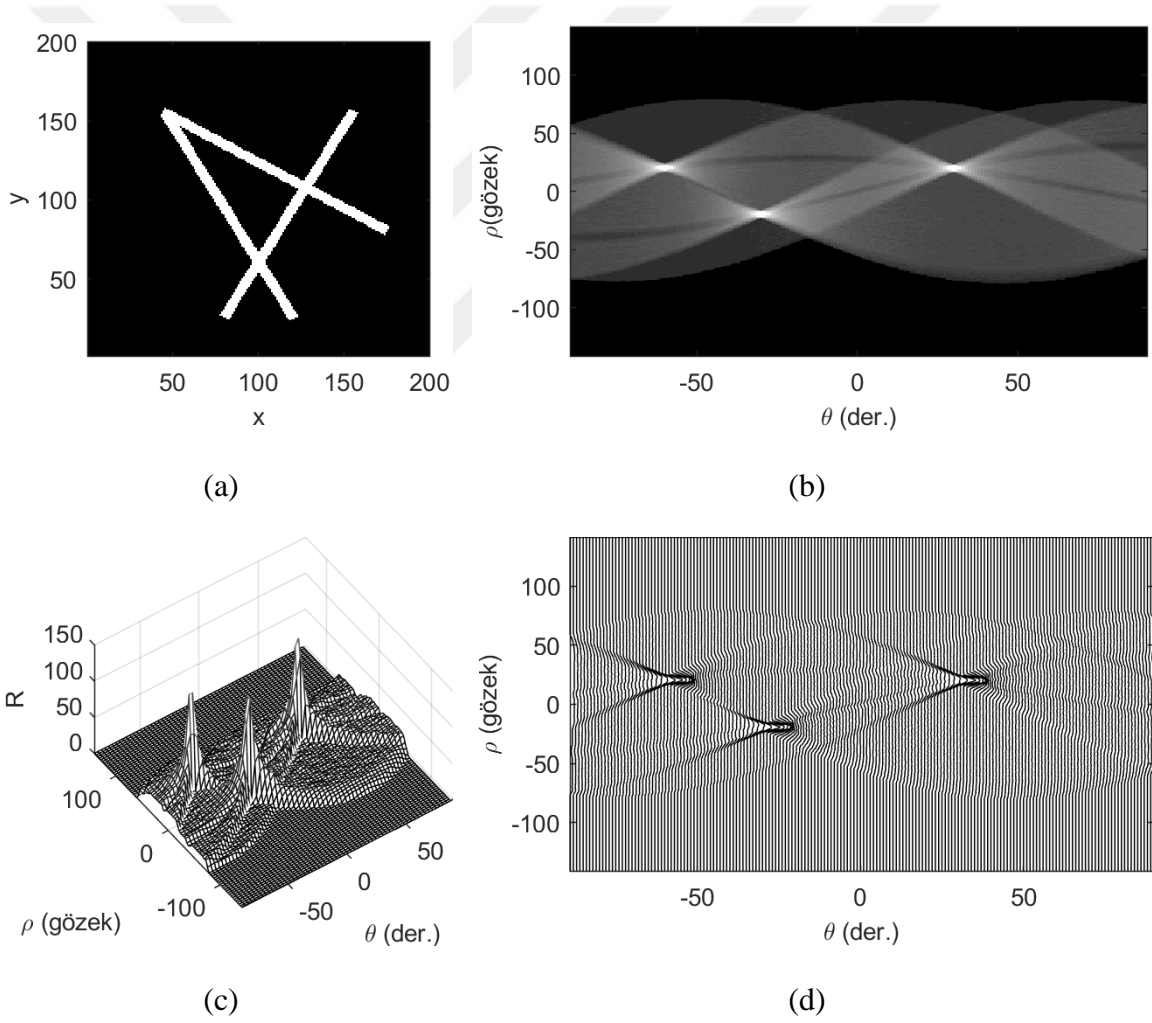
Şekil 8. Radon dönüşüm adımları; (a) 30 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.



Şekil 9. Radon dönüşüm adımları; (a) 60 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.

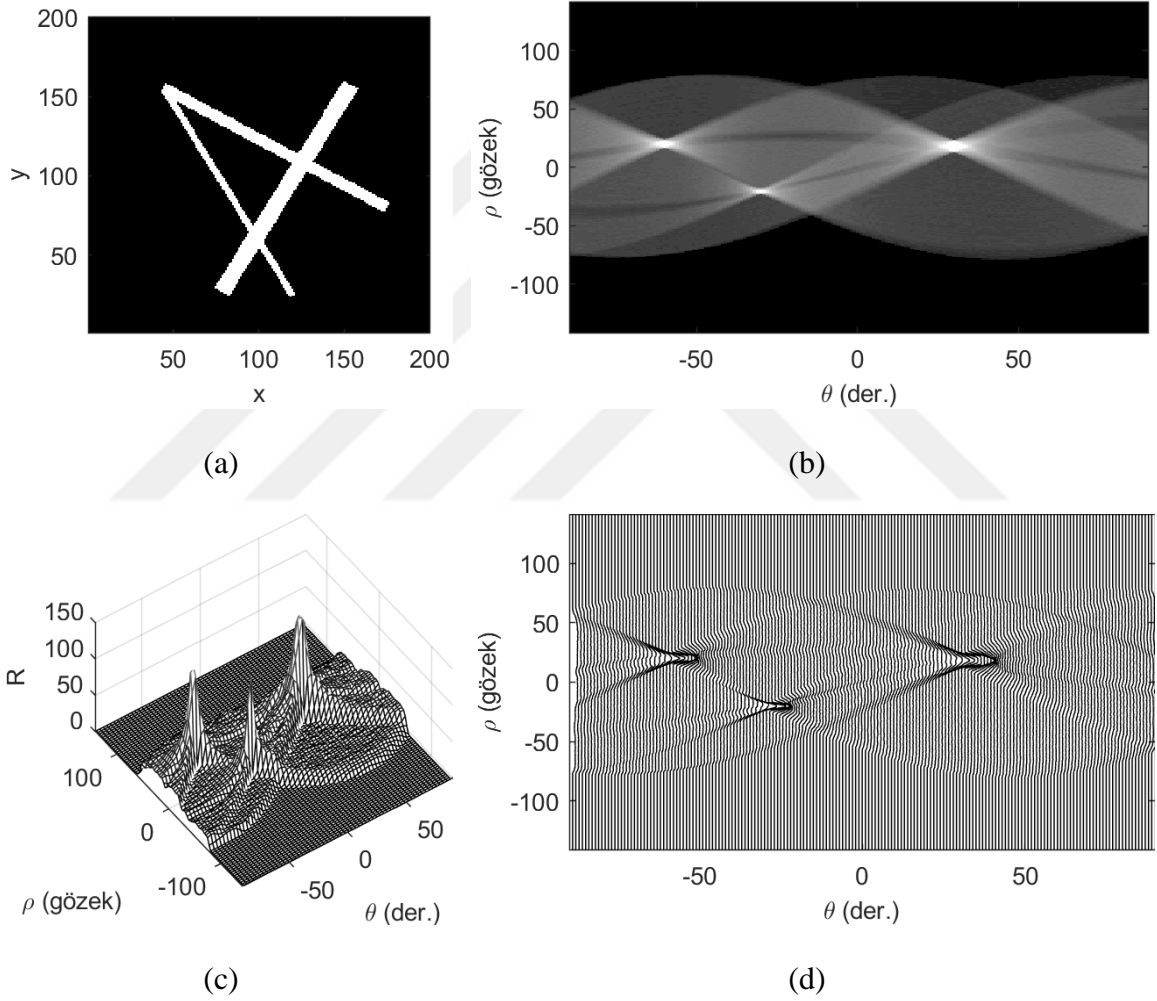


Şekil 10. Radon dönüşüm adımları; (a) 90 derece dönmüş görüntü; (b) Dönmüş görüntünün yatay yığılması.



Şekil 11. Kesişen üç doğru Radon dönüşümü; (a) Üç doğru görüntüsü; (b) Radon dönüşüm görüntüsü; (c) Radon dönüşümü mesh gösterimi; (d) Radon dönüşümünün wiggle gösterimi.

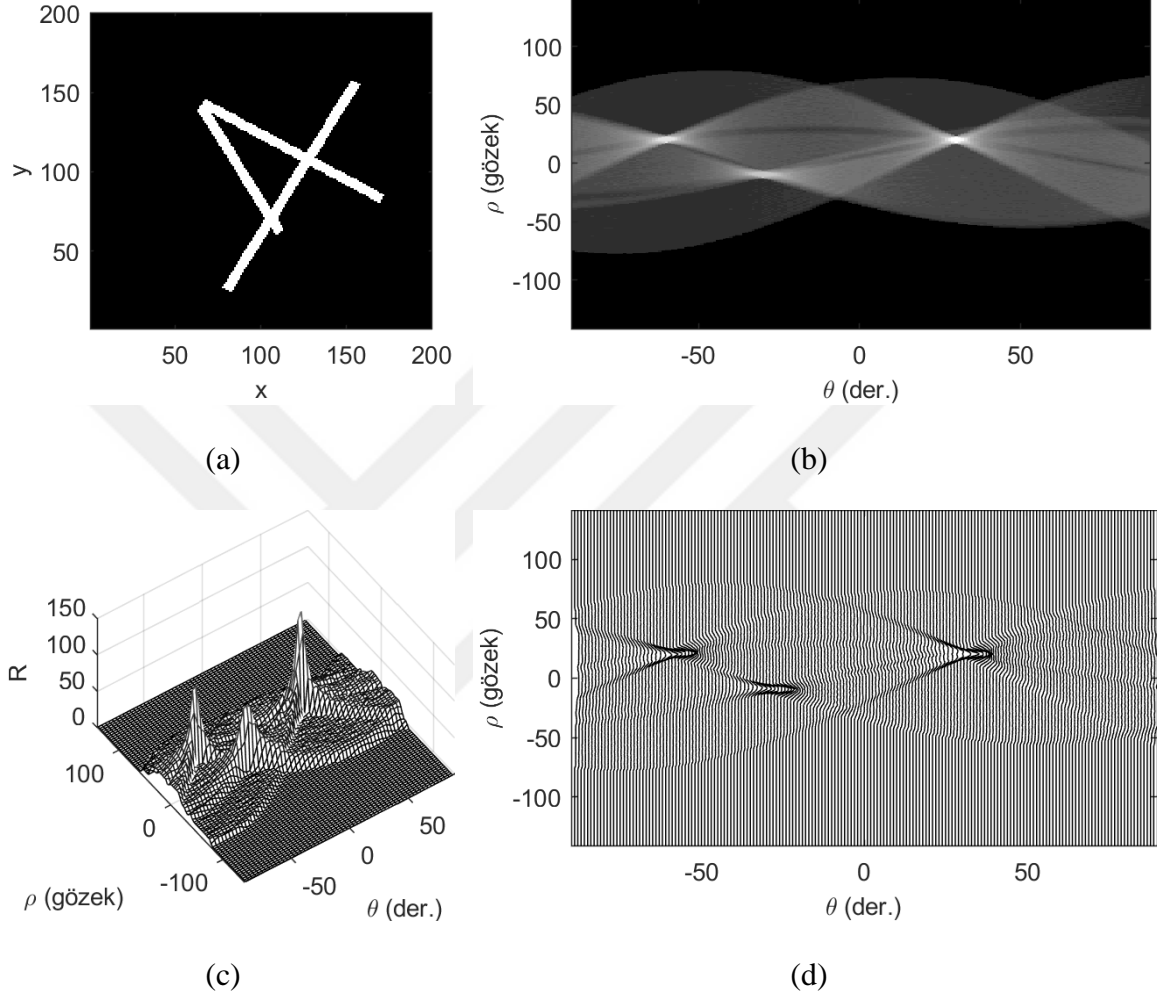
Önceki örneklerde doğrular aynı kalınlıkta ve aynı uzunluktadır. Eğer doğruların kalınlığı değiştirilirse Şekil 12'deki sonuçlar elde edilir. Radon dönüşümünde doğruların kalınlığı tepe noktasının ne kadar geniş bir alan yayılmasını sağlar. Ortanca kalınlıktaki doğru parçasının merkez noktaya uzanan dikme ile yaptığı açı -60 dereceyi, küçük kalınlıktaki doğru parçasının merkez noktaya uzanan dikme ile yaptığı açı -30 dereceyi ve en geniş kalınlığa sahip doğru parçasının merkez noktaya uzanan dikme ile yaptığı açı 30 dereceyi göstermektedir.



Şekil 12. Kesişen üç doğru Radon dönüşümü; (a) Üç doğru görüntüsü; (b) Radon dönüşüm görüntüsü; (c) Radon dönüşümü mesh gösterimi; (d) Radon dönüşümünün wiggle gösterimi.

Eğer doğruların kalınlığı aynı uzunlukları değiştirilirse Şekil 13'teki sonuçlar elde edilir. Radon dönüşümünde doğruların uzunlukları tepe noktasının ne kadar yüksek olup olmadığını gösterir. Ortanca uzunluktaki doğru parçasının merkez noktaya uzanan dikme ile

yaptığı açı -60 dereceyi, küçük uzunluktaki doğru parçasının merkez noktaya uzanan dikme ile yaptığı açı -30 dereceyi ve en uzun doğru parçasının merkez noktaya uzanan dikme ile yaptığı açı 30 dereceyi göstermektedir.



Şekil 13. Kesişen üç doğru Radon dönüşümü; (a) Üç doğru görüntüsü; (b) Radon dönüşüm görüntüsü; (c) Radon dönüşümü mesh gösterimi; (d) Radon dönüşümünün wiggle gösterimi.

1.1. Pencereleme

Pencereleme işlemi süzgeçleme işlemi ile benzerlik göstermektedir. (x, y) uzayında bir süzgeç uygulamak (θ, ρ) uzayında pencerelemeye karşılık gelmektedir. (x, y) uzayında evrişim operatörü ile süzgeçleme yapılması çoğu zor ve verimsiz olduğundan (θ, ρ) uzayında pencerelemeye kullanılır. Pencereleme işlemi genelde tek boyutta uygulanırken bu çalışmada iki boyutta uygulanacaktır. Pencereleme işleminde verilen bir görüntünün belli bir noktası saklanarak diğer bölgelerin silmesidir (Chaudhuri vd., 1989; Freeman vd., 1991).

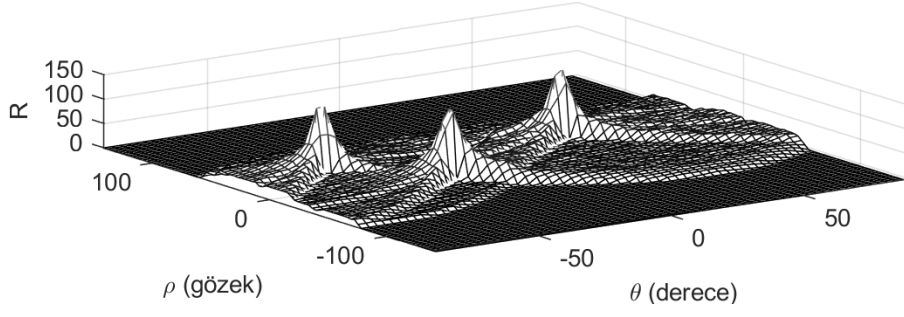
Doğrudan bir silme (sıfırlama) dönüşüm sonucunda saçılmalara neden olacağından daha yumuşak bir geçiş fonksiyonu tercih edilebilir. Bu geçiş fonksiyonu genelde,

$$f(x, y) = e^{-\left[\frac{(x-\mu_x)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right]} \quad (3)$$

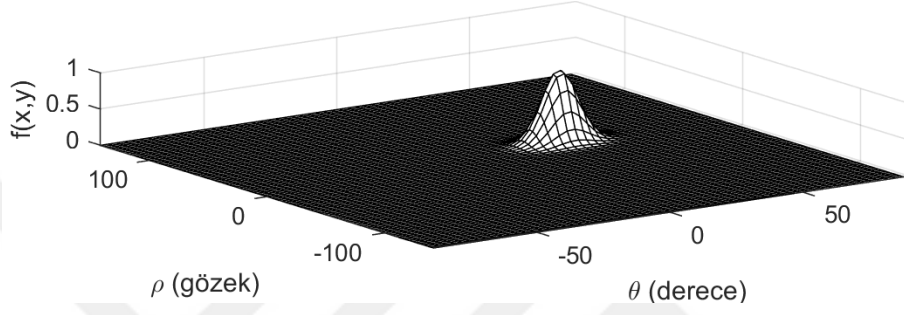
biçiminde verilen bir gauss fonksiyonudur. Burada μ_x ve μ_y değeri hedeflenen tepe noktasının düşey ve yatay bileşenini, σ_x ve σ_y ise bu noktanın yatay ve düşen yayılımını vermektedir. Bu fonksiyon hedef noktasındaki değeri 1 olmakta etrafa yayıldıkça bu değer azalmaktadır. Bu ise istenemeyen kısımların görüntüde bastırılmasını sağlar. Bu gauss fonksiyonu,

$$\hat{R}(\theta, \rho) = R(\theta, \rho) \cdot f(\theta, \rho), \quad (\theta = 1, \dots, N_\theta; \rho = 1, \dots, N_\rho) \quad (4)$$

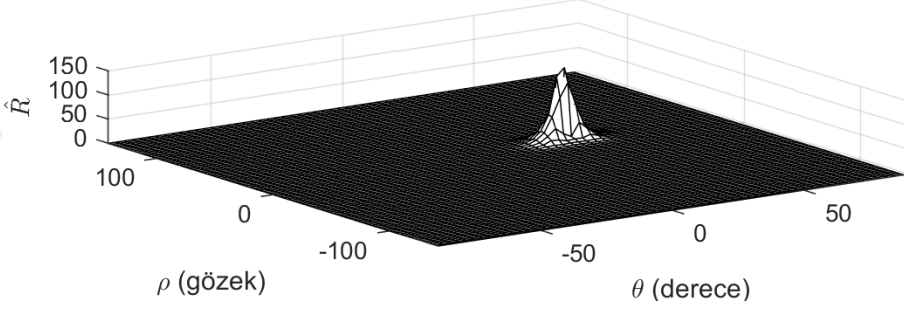
biçiminde Radon dönüşüm matrisi ile birebir çarpılarak pencerelenmiş Radon görüntüsü elde edilir. Örnek olarak önceki bölümde verilen üç doğru görüntüsündeki sağdan ilk tepenin pencerelemesi işlemi Şekil 14'de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 14. Radon dönüşüm matrisinin pencerenenmesi; (a) Radon görüntüsü; (b) Pencere fonksiyonu; (c) Pencerenenmiş Radon görüntüsü.

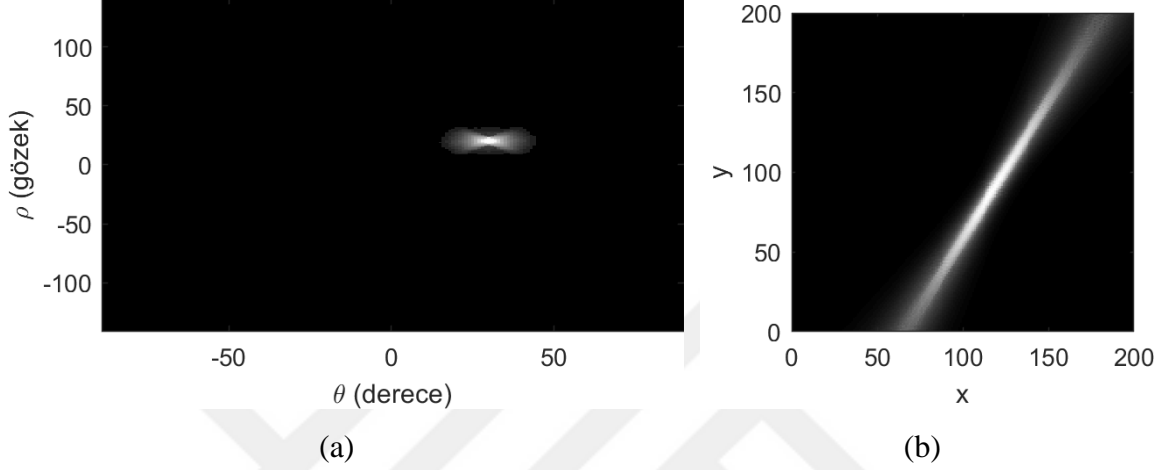
1.2. Ters Radon Dönüşümü

(θ, ρ) uzayından (x, y) uzayına geçmek için Ters Radon dönüşümü kullanılmaktadır. Ters Radon dönüşümünde çoğu zaman pencerenenmiş görüntüler kullanılarak istenen görüntüler elde edilmektedir.

(2) eşitliğindeki gibi geri izdüşümü tekniği ters Radon dönüşümü ($\mathcal{R}^{-1}\{.\}$) pencerenenmiş Radon görüntüsü uygulanarak gri ölçekli yeni görüntüler elde edilir (Aggarwal ve Karl, 2006).

$$\begin{aligned}
J(x, y) &= \mathcal{R}^{-1}\{\hat{R}(\theta, \rho)\} \\
&= \int_0^\pi \hat{R}(x \cos \theta + y \sin \theta, \theta) d\theta
\end{aligned} \tag{5}$$

Sonuç olarak her Radon matrisi için iki boyutlu bir görüntü elde edilebilir ($J(x, y)$).



Şekil 15. Ters Radon gösterimi; (a) Pencerelemiş Radon görüntüsü; (b) Ters Radon dönüşümü ile elde edilen süzölmüş görüntü.

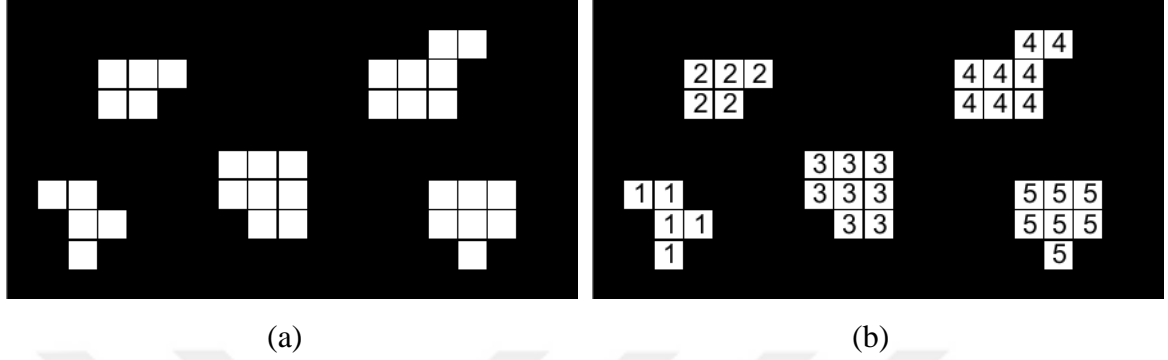
Ters Radon dönüşümü ile geri elde edilen görüntüler başlangıçta olduğu gibi ikili bir görüntü yerine saçılmış ve yumuşak bir geçiş gösteren gri ölçekte bir görüntüye dönüşmüştür. Uygulamada bu görüntü çeşitli süzgeçlerden geçirilerek özgün görüntü gibi gözükmesine çalışılmıştır. Ancak bu çalışmada bu yaklaşıma ihtiyaç duyulmayacaktır.

1.3. Etiketleme

Görüntülerinde doğru bölütlerinin konumlarının ve yönelimlerinin belirleme problemi görüntü işlemenin ve bilgisayarlı görmenin en çok gelişen alanlarından birisidir. Değişik doğal yapıların, insan yapımı nesnelerin ve karmaşık nesnelerin tanımlanmasında doğrunun farklı kombinasyon öznitelikleri kullanılmaktadır (Aggarwal ve Karl, 2006).

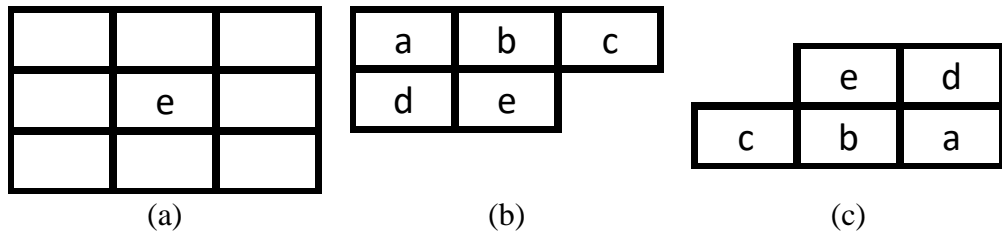
İkil görüntüler, iki boyutlu (2D) uzayında tanımlı olup, $\{0,1\}$ değerlerinden oluşan bir matristir. Bu matriste 0 değerleri arka planı gösterirken, 1 değeri ön planı (nesneleri) göstermektedir. Bazen bunun tersi de olmaktadır. Bu durumda otomatik sistemlerde sorunlar oluşabilmektedir. Genelde ikil görüntü matrisinin içindeki sıfırların sayısı 1'lerin sayısından daha fazla olmaktadır. Ancak tersi olması durumunda ikil görüntünün fotografik tersi

alınarak sorun çözülebilir. İkili düzendeki görüntülerde birbiriyle temas eden gözekler topluluğu nesne olarak tanımlanmaktadır. Görüntüde bulunan birden çok nesneyi birbirinden ayırmak için her nesne gözeğine aynı numara verilerek etiketleme yapılır (Şekil 16).



Şekil 16. Etiketleme; (a) Beş nesne içeren görüntü; (b) Etiketlenmiş görüntü.

Etiketleme işleminde en yaygın etiketleme yöntemi çok geçişli yöntemdir. Çok geçişli etiketleme algoritmaları (Haralick, 1981; Suzuki vd., 2003; Wu vd., 2009; Chang vd., 2004; Wu vd., 2009), görüntüyü ileri ve geri olmak üzere iki yönde tarar. Tarama işlemlerinde Şekil 17’de 8 komşuluğu temel alan tarama maskeleri kullanılır. İleri yöndeki taramada, görüntünün sol üst köşesinden başlanarak, etiketleme işlemi sağ ve aşağı yönde yapılır. Geri yöndeki taramada ise, görüntünün sağ alt köşesinden başlanarak, etiketleme işlemi sol ve yukarı yönde yapılır. Ayrıca, her taramada mevcut pikselin komşuları kontrol edilir. Eğer, tarama maskesinde piksellerde herhangi bir etiket yoksa mevcut piksele yeni bir etiket atanır. Eğer, tarama maskesinde gözeklerde etiket varsa, mevcut gözeğe en küçük etiket değeri atanır. Aynı nesnede farklı etikete sahip gözek kalmayınca kadar ileri-geri tarama yaparak etiketleme işlemine devam edilir.



Şekil 17. İki geçişli algoritmasının uygulanması; (a) etkin gözek konumu; (b) ileri tarama; (c) geri tarama.

Görüntü üzerinde iki kez tarama yapan iki-geçişli algoritmaları (Rosenfeld ve Pfalts, 1966; Suzuki vd., 2003; He vd., 2009) üç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar tarama, analiz ve etiketleme aşaması olarak adlandırılabilir. Tarama aşamasında, ilk geçişte bağlantılı

bileşenlere başlangıç etiket değerleri atanır ve bu etiket değerleri bir denklik matrisinde tutulur. Analiz aşamasında bul-birleştir gibi arama algoritmaları kullanılarak etiket denklikleri analiz edilir. Son olarak etiketleme aşamasında, görüntü ikinci kez taranarak, başlangıç etiketleri denklik matrisindeki en küçük etiketle yer değiştirir ve etiketleme işlemi tamamlanmış olur.

Tek-geçişli algoritmaları görüntüyü sadece bir kez tarar. Tarama sırasında görüntüde etiketlenmemiş nesne piksellerini bulur ve nesne pikselinin bütün bağlantılı bileşenlerine aynı etiketi atar (Wu vd., 2009; Rosenfeld, 1970).



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Mobil medya araçlarının gelişmesiyle birlikte görüntü ve video kaydetmek ve paylaşmak giderek yaygınlaşmaktadır. Kaydedilen ve paylaşılan bu görüntülerin işlenmesi, aranması ve bunlardan sonuç çıkarılması kısacası analiz edilmesi giderek önem kazanmaktadır. Bu öneme paralel olarak elde edilen görüntülerden sonuç çıkarmak gibi görüntü tanıma problemleri yapay zekanın en büyük ilgi alanını oluşturmuştur.

Görüntüdeki üçgenlerin bulunması, sayılması ve listelenmesi sadece bir oyunun çözümünü ortaya koymak için değil aynı zamanda verilen bir grafta ilişkiler ağının ortaya çıkarılmasına önemli bir yer tutmaktadır. Genelde üçgensel bir ağ aranmasının yanısıra dörtgensel veya çokgensel ilişkilerde aranabilir. Birçok çok problemde yüzeylerin modellenmesi için üçgensel yüzeyler kullanılmaktadır. Gerek iki boyutlu çokgensel yapılarda ve gerekse üç boyutlu yüzeyleri tanılamak için üçgenlerin kullanılması daha basit ve kolay hesaplanan bir özellik taşımaktadır. Ayrıca üç boyutlu bir uzayda herhangi bir düzlem bir üçgen yardımıyla kolaylıkla tanımlanabilmektedir. Dolayısıyla üçgenlerin bulunması üç boyutlu uzayda cisimlerin veya yüzeylerin tanımlanmasında en yaygın kullanılan bir yapı taşı olmasına neden olmuştur.

Verilen bir şekilde birçok farklı görüntü şekli olabilmektedir. Graflar ise herhangi bir görüntüdeki kenarlar ve düğümlerden oluşan bir yapıdaki şekillerdir. Dolayısıyla görüntü içinde grafları bulmak için bu düğümlerin (noktalar) ve kenarların (doğruların) bulunması gerekir. Düğümler kenarların kesişiminde olduğundan öncelikle kenarların yani doğruların bulunmasına öncelik verilmelidir. Bu doğrular yardımıyla düğümler ve dolaylı olarak da üçgenlerin belirlenmesi mümkün hale gelir.

2.1. Radon Dönüşüm Algoritması

Bir görüntü içindeki doğruları bulmak için geliştirilmiş en basit ve en yaygın yöntemlerden birisi Radon dönüşümüdür. Radon dönüşümü incelenen görüntünün değişik açılarla döndürülerek toplanmasıyla bir Radon dönüşüm görüntüsünün elde edilmesini sağlar. Bu görüntüdeki sadece doğru parçaları bir tepecik haline gelirken değişik şekilde dağılmış gürültüler baskılanmaktadır. Diğer bir deyişle Radon dönüşümü bir görüntünün

değişik açılarla döndürülerek elde edilen şeklin yatayda veya düşeyde izdüşümünü alma mantığına dayanır (Algoritma 1).

Algoritma 1. Radon dönüşümünün sözde kodu

```
J = RADON(I, theta)
# I(,): görüntü matrisi
# theta: hesaplanacak açı değerleri
# J Radon dönüşüm matrisi
W ← görüntünün eni
H ← görüntünün boyu
R ← görüntünün köşegen uzunluğu ( $R = \sqrt{W^2 + H^2}$ )
```

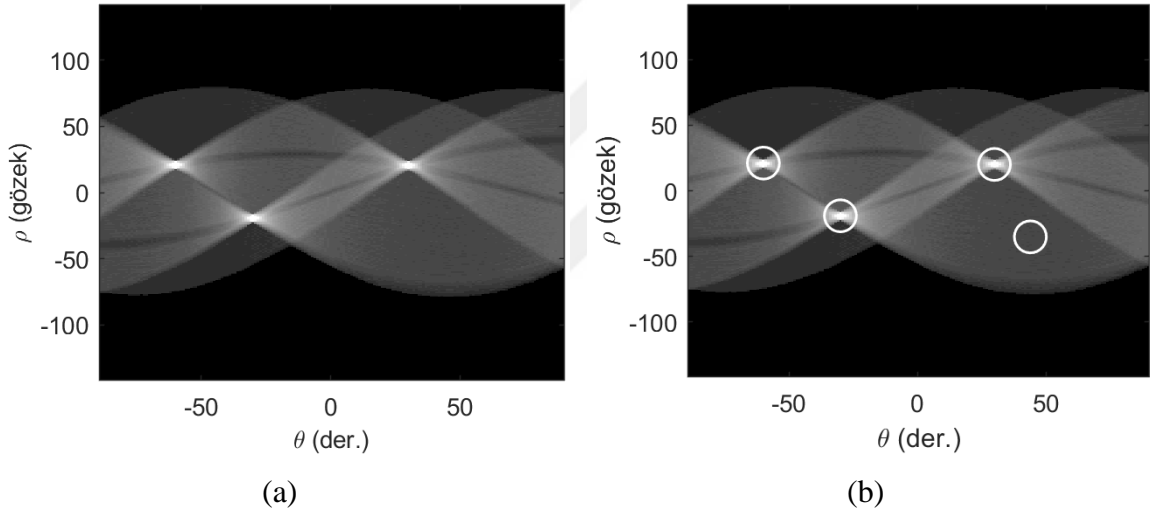
- Adım 1. Görüntünün eni(W), boyu(H) ve köşegen uzunluğunu (R) belirle,
 - Adım 2. Görüntünün merkez konumunu (x_c, y_c) hesapla,
 - Adım 3. Satır döngüsünü başlat ($y = 1, \dots, H$),
 - Adım 4. Sütun döngüsünü başlat ($x = 1, \dots, W$),
 - Adım 5. Açı döngüsünü başlat ($it = 1, \dots, Nt$),
 - Adım 6. Döndürme açısını $t = theta(it)$ biçiminde belirle
 - Adım 7. Görüntüyü merkez noktasına göre t açısı kadar döndür,
 - Adım 8. Her satırı kendis arasında yatay yönde topla ve elde edilen değeri çıkış matrisinin $J(y, it)$ değerine ekle,
 - Adım 9. Açı döngüsünü kapat,
 - Adım 10. Sütun döngüsünü kapat,
 - Adım 11. Satır döngüsünü kapat.
-

2.2. Güçlü Tepe Konumlarının Bulunması

Radon dönüşüm matrisindeki yerel maksimumların konumlarının bulunması için çok tepeli deterministik bir yöntem tercih edilmiştir. Bu yöntem, radon dönüşüm matrisindeki yerel maksimumların bulunması için bir $n \times n$ lik bir maske yardımıyla maksimum olmayan değerlerin bastırılması yöntemidir. Bu yöntemde matrisin her değeri komşu gözek değerlerine göre daha yüksek bir değere sahipse bu değer olduğu gibi kalır. Eğer değilse bu değer sıfıra eşitlenir (Burger ve Burge, 2009). Böylelikle elde edilen yeni matriste sıfır olmayan bütün koordinatlar birer yerel en büyüktür. Bu yerel en büyüklerin bulunduğu konumdaki radon matris değerlerine göre optimal iki seviyeli eşikleme (Otsu, 1979)

işlemlerle yerel maksimumların sayısı indirgenebilir. Böylelikle elde edilen K tane tepe noktalarının koordinat parametreleri (θ_i, ρ_i) tepe listesini eklenir.

Örnek olarak seçilen üçgenel görüntünün Radon dönüşümündeki tepe noktaları Şekil 18'deki gibi bulunmaktadır. Toplam 3 tepecik olmasına rağmen 4 tepeciğin bulunması 1 yanlış tepenin var olduğunu göstermektedir. Çoğu zaman bu yanlış tepeciklerle sık sık karşılaşılır. Bunlar özellikle gürültülü bölgelerde rastlanmaktadır. Bunlardan kurtulmanın birkaç yolu vardır. Bunlardan birisi Radon dönüşüm görüntüsünü bir ortalama süzgeçinden geçirerek ani sıçramalar yok edilmesidir. Diğer bir yaklaşım ise tepe değerlerinin eşiklenmesi yöntemi ile listeden çıkarılmasıdır. İki yöntemde alçak tepelerin yok olması ihtimali olduğundan pek tercih edilmez. Bu çalışmada ise yalancı tepeler problem çakıştırma yaklaşımı ile çözülmektedir.



Şekil 18. Radon dönüşüm matrisindeki tepelerin bulunması; (a) Radon dönüşüm görüntüsü; (b) Radon dönüşüm matrisindeki tepelerin bulunması.

Radon dönüşüm matrisinde en büyük sıkıntılardan birisi sol ve sağ kenarlarda çıkan tepeciklerdir. Bu tepecikler birbirini devam olduğundan bunlar iki tane tepecik ve hiç tepecik olarak çıkabilmektedir. Bu bunların ters periyodik bir yaklaşımla yönsel yaklaşımlarla (Mardia ve Jupp, 2000; Kesemen vd., 2016) belirlenmesi gerekir.

2.3. İki Boyutlu Gauss Pencereleme

Radon dönüşüm matrisinde belirlenen her tepe noktasını (θ_i, ρ_i) merkez alan iki değişkenli gauss fonksiyonu,

$$W(\rho, \theta; \theta_i, \rho_i) = e^{-\left[\frac{(\theta-\theta_i)^2}{2\sigma_{\theta_i}^2} + \frac{(\rho-\rho_i)^2}{2\sigma_{\rho_i}^2}\right]} \quad (6)$$

biçiminde verilmektedir. Burada σ_{θ_i} ve σ_{ρ_i} yatay ve düşey yöndeki standart sapmayı göstermektedir. Bu standart sapmalar (7)-(8) eşitlikleri yardımıyla

$$\sigma_{\theta_i}^2 = \frac{\sum_{k=-m}^m k^2 \cdot R(\theta_i + k, \rho_i)}{\sum_{k=-m}^m R(\theta_i + k, \rho_i)} \quad (7)$$

ve

$$\sigma_{\rho_i}^2 = \frac{\sum_{k=-m}^m k^2 \cdot R(\theta_i, \rho_i + k)}{\sum_{k=-m}^m R(\theta_i, \rho_i + k)} \quad (8)$$

biçiminde tanımlanmaktadır. Sonuç olarak her tepe noktası için ayrı ayrı belirlenen pencere fonksiyonu ayrı ayrı Radon dönüşüm matrisi ile çarpılırsa,

$$\hat{R}_i(\theta, \rho) = R(\theta, \rho) \cdot W(\theta, \rho; \theta_i, \rho_i), \quad (i = 1, 2, \dots, K) \quad (9)$$

biçiminde ayrı ayrı K tane alt Radon matrisi elde edilir.

2.4. Ters Radon Dönüşüm Algoritması

Ters radon dönüşümü ise Radon dönüşümüne göre daha karmaşık bir şekilde uygulanır. Ters radon dönüşümünün genel bir yaklaşımı olmamasına rağmen geriye yansıtma yöntemine göre yapılabilir. Bunun için öncelikle boş bir görüntü alınır ve bu görüntü belli açılarla döndürülerek bunlara karşılık gelen Radon dönüşüm matrisindeki değer boş görüntüdeki karşılık gelen tüm satıra eklenir. Her döndürme işlemi sonucunda bir yansıtma işlemi gerçekleştirilerek Ters Radon dönüşümü elde edilir (Algoritma 2). Bu işlem teorik bir yaklaşım olmamasının yanısıra geri yansıtmadan kaynaklanan saçılmalardan dolayı doğru parçası yerine tüm görüntü boyunca uzanan bir doğruya dönüşür.

Algoritma 1. Ters Radon dönüşümünün sözde kodu

$I = \text{IRADON}(J, W, H, \text{theta})$

J : Radon dönüşüm matrisi

W : görüntünün eni

H : görüntünün boyu

theta : hesaplanacak açı değerleri

$I(,)$: görüntü matrisi

$R \leftarrow$ görüntünün köşegen uzunluğu ($R = \sqrt{W^2 + H^2}$)

Adım 1. $W \times H$ boyutlarında boş bir I görüntüsü tanımla,

Adım 2. Radon dönüşüm matrisinin eni (Nt), boyunu (Nr) belirle,

Adım 3. Görüntünün merkez konumunu (x_c, y_c) hesapla,

Adım 4. Satır döngüsünü başlat ($y = 1, \dots, H$),

Adım 5. Sütun döngüsünü başlat ($x = 1, \dots, W$),

Adım 6. Açı döngüsünü başlat ($it = 1, \dots, Nt$),

Adım 7. Döndürme açısını $t = \text{theta}(it)$ biçiminde belirle

Adım 8. Görüntüyü t açısı kadar döndür,

Adım 9. J dönüşüm matrisindeki $J(y, it)$ konumundaki değeri karşılık gelen tüm satıra ekle,

Adım 10. Açı döngüsünü kapat,

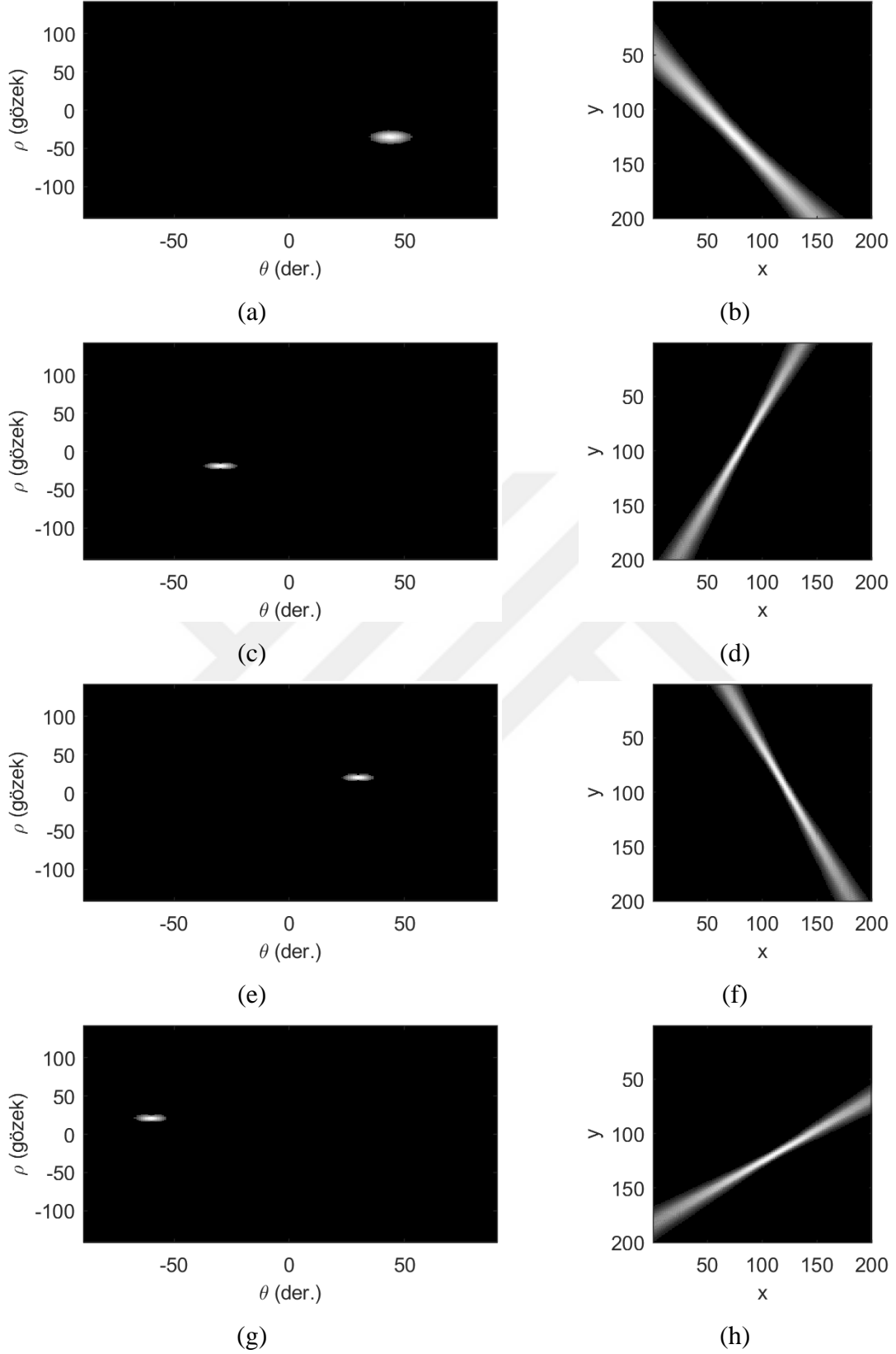
Adım 11. Sütun döngüsünü kapat,

Adım 12. Satır döngüsünü kapat.

(9) eşitliğindeki gibi geri yansıma tekniği alt Radon matrisine uygulanarak, ters Radon dönüşümü ($\mathcal{R}^{-1}\{.\}$) ile gri ölçekli alt görüntüler,

$$I_i(x, y) = \mathcal{R}^{-1}\{\hat{R}_i(\theta, \rho)\} \quad (10)$$

biçiminde elde edilir. Pencereleme ve Ters Radon dönüşümü sonucunda elde edilen alt görüntüler Şekil 19'deki verilmiştir.



Şekil 19. Pencereleme ve Ters radon dönüşümü (a,c,e,g) Tepeciklere göre pencereleme; (b,d,f,h) Ters radon dönüşümü sonucu elde edilen alt görüntüler.

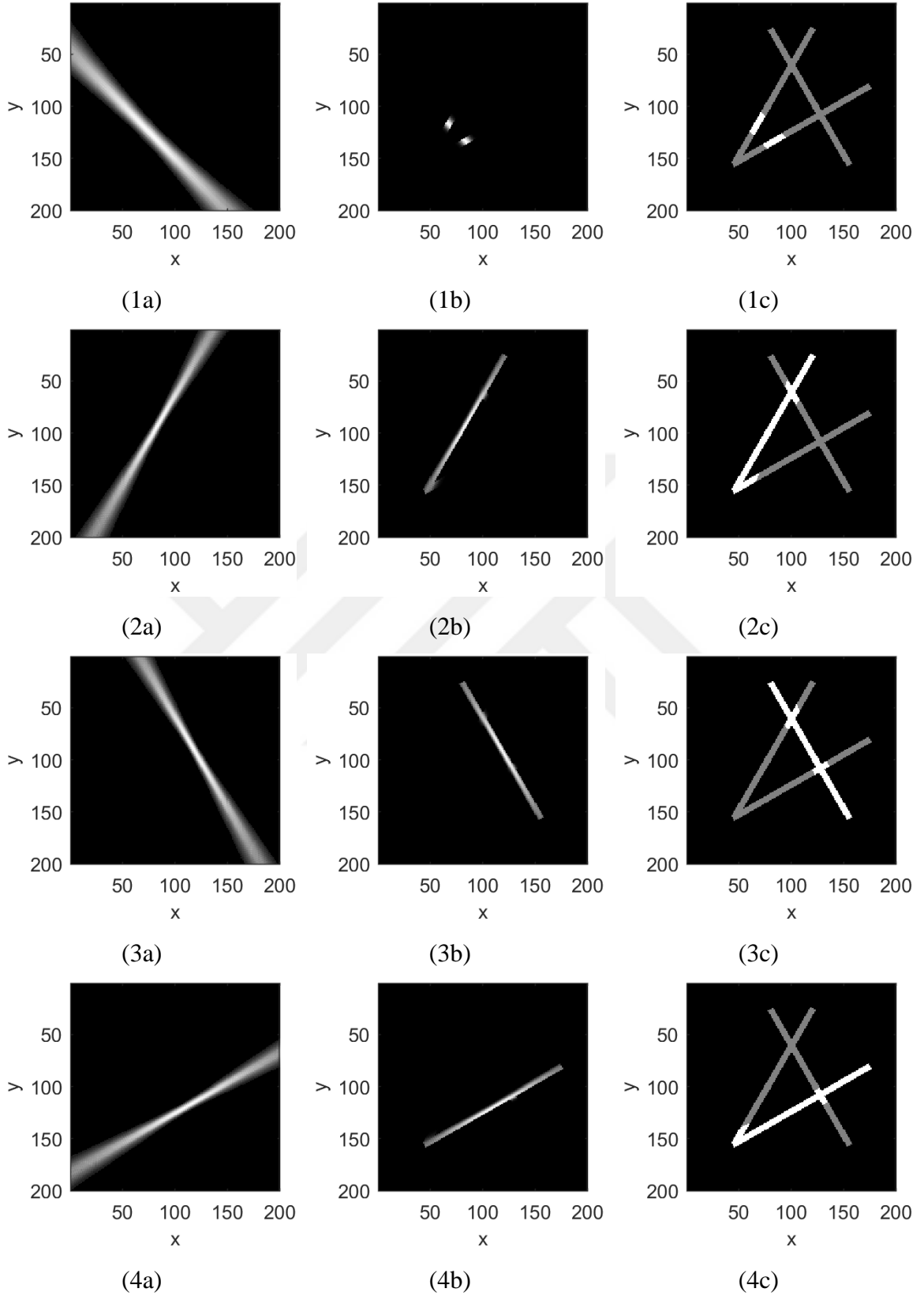
2.5. Görüntü Çakıştırma

Elde edilen her alt görüntü ikil görüntülerin aksine tüm gözeğe yayılmış olarak elde edilir. Görüntü içerisinde tepelikten kaynaklanan doğru gri bir hat çizirken etrafa yayıldıkça renk değeri düşmekte ve siyah bir ton almaktadır. Ancak dönüşüm mantığından dolayı görüntünün her noktası sıfırdan farklı bir değeri içermektedir. Doğru içermeyen bu değerlerden kurtulmak ve görüntü çözümleme işlemindeki başarımı artırmak için elde edilen her alt görüntü özgün görüntü ile eşitlik (11)'deki gibi tek tek çarpılırsa K tane gri ölçekli görüntü elde edilir. Elde edilen bu gri görüntüler doğru parçalarının bulunduğu yerlerde sıfırdan farklı olan değerlerini korurken, doğruların dışındaki yani arka plandaki kısımlarda sıfır değerini almaktadır.

$$\hat{I}_i(x, y) = I_i(x, y) \cdot I(x, y), \quad (i = 1, 2, \dots, K) \quad (11)$$

$\hat{I}_i(x, y)$ alt görüntüleri, nesnelere olduğu bölgelerde gri ölçekte değerlere sahip olurken, diğer bölgelerde arka plan değerini almaktadır (Şekil 20(b)). Elde edilen 4 alt görüntüde sıfır olmayan her gözeğe değeri diğer görüntülerdeki aynı konumdaki gözeğe değerleri ile karşılaştırılır ve en büyük değere bölünerek bulanık bir kümenin üyelik değeri oluşturur. Burada küme teorisinden yola çıkarak her bir alt görüntü bir küme gibi alınır. Her gözeğedeki $[0,1]$ aralığındaki değeri o kümeğe üyelik değerini göstermektedir. Üyelik değerinin sıfır olması o gözeğinin o kümeğe ait olmadığını 1 olması durumunda ise o kümeğe tam üye olduğunu göstermektedir. Bulanık kümeler teorisinde klasik anlamda bir gözeğinin tüm kümelere üyelik değerleri toplamının 1 olması beklenirken bu çalışmada böyle bir zorunluluk yoktur. Bunun yerine en büyük üyelik değeri 1 olacak şekilde bir üyeliklendirme işlemi uygulanmıştır.

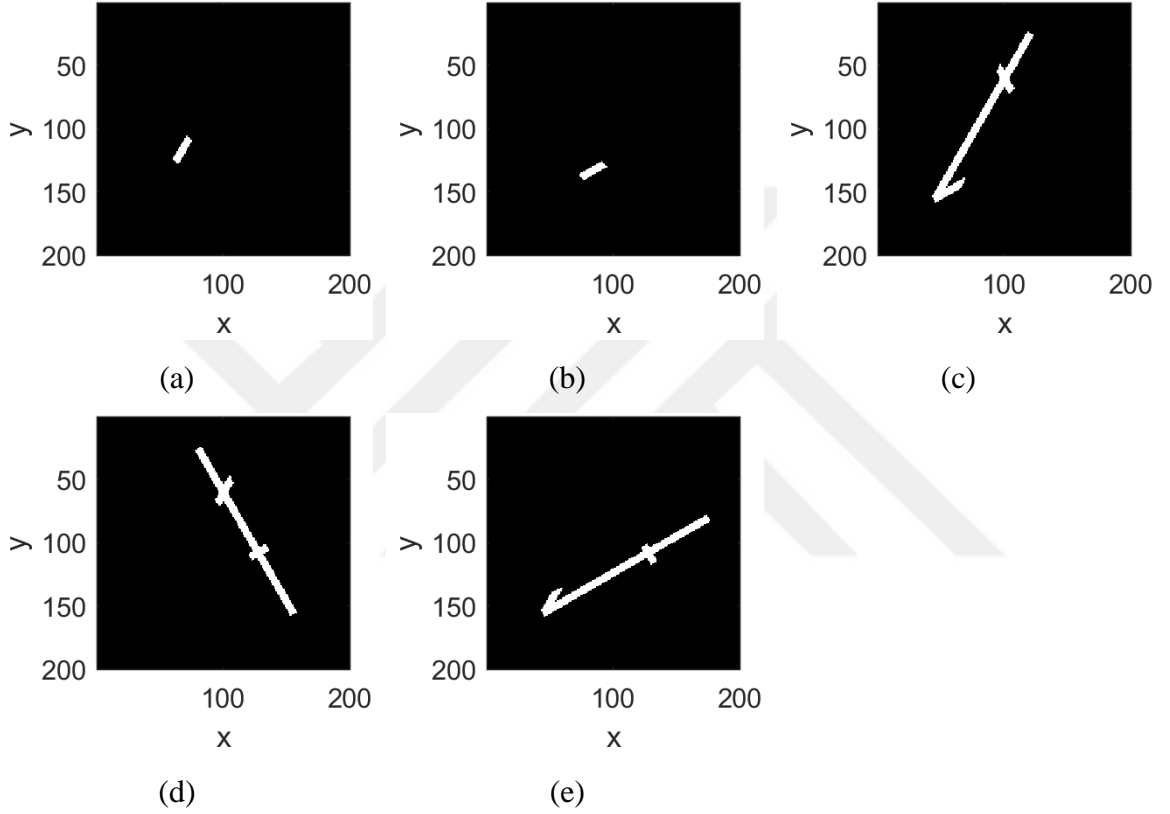
Bulanık alt görüntüleri durulaştırmak için iki seviyeli otsu algoritması yardımıyla eşiklenirse K tane ikil alt görüntü elde edilir (Şekil 20(c)).



Şekil 20. Görüntü çakıştırma; (a) Alt görüntüler; (b) Alt görüntülerin çakıştırılması; (c) Gri görüntü üzerinde eşiklenmiş alt görüntüler.

2.6. Etiketleme

Elde edilen ikil alt görüntüler tek tek etiketleme işlemine sokularak birbirine temas etmeyen tüm nesnelere bulunur. Her nesne ayrı bir numara yardımıyla etiketlenerek bir listede birleştirilir. Bu listedeki her görüntü ayrı bir görüntü olarak Şekil 21’de gösterilmiştir.



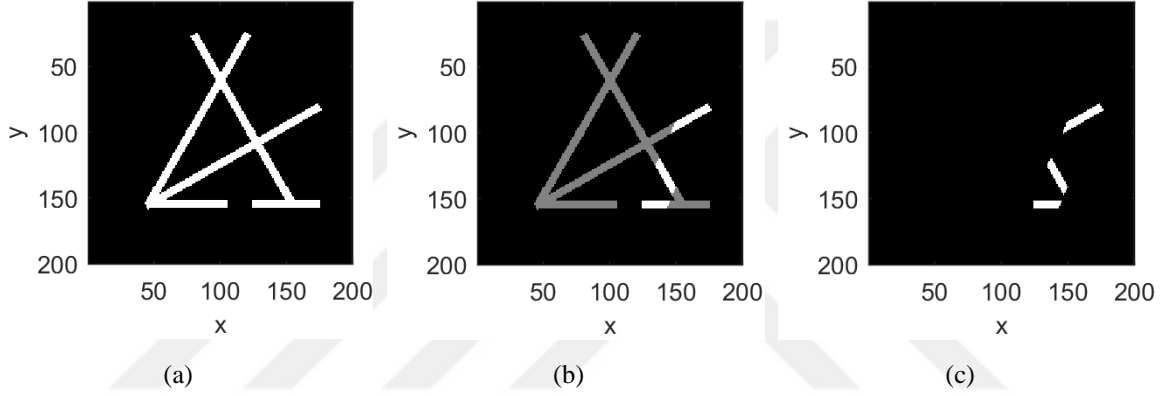
Şekil 21. Etiketlenmiş nesnelere ayrı ayrı görüntülenmesi;

Bu nesnelere bazıları yanlış tepelerden kaynaklanan ve istenmeyen görüntülerden oluşmaktadır (Şekil 21(a)-(b)). Bunlar gerçekte bir doğru bölüme ait olmamasına rağmen bir doğru gibi davranmaktadır.

Görüntü içerisindeki bağlantılı nesnelere geleneksel şekilde etiketlenmesinde etiket numarası birden başlayarak her nesneye ayrı bir numara verilir. Bu etiketleme işleminde tüm nesnelere birbirinden bağımsız olduklarından aynı görüntü matrisi içerisinde tanımlanabiliyordu. Ancak bu çalışmada kesişen doğrular etiketlenmesi söz konusu olduğundan çakışma durumu gözlenebilir. Bu durumda çakışan bölgelere etiket ataması yapılamadığı için her nesne ayrı bir görüntü matrisinde tutularak etiketleme işlemi yapılmıştır.

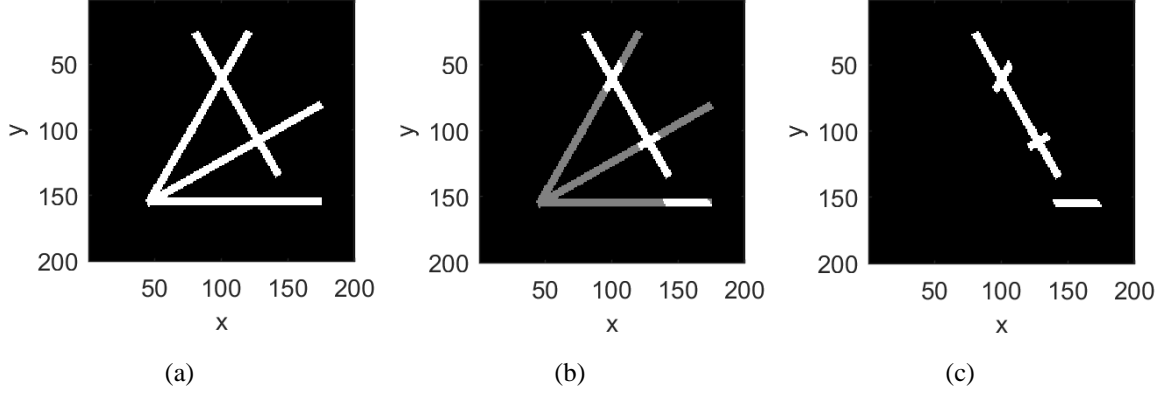
2.7. Örtülen Nesnelerin Listeden Silinmesi

Etiketlenen her nesne bir doğru bölütüne karşılık geldiği varsayılır. Ancak bu her zaman doğru değildir. Bunun birinci nedeni yalancı tepelerden kaynaklanan nesnelere. Bu nesnelere tek başlarına bir doğruyu temsil etmese de birçok doğrunun bir doğrultu boyunca olan uzantılarının gösterdiği doğru parçalarıdır (Şekil 22). Bu doğru parçaları genelde birbirine paralele yakın bir şekilde dizilen ve çokça sayıda doğru bölütlerinin olmaları durumunda gözlenir.



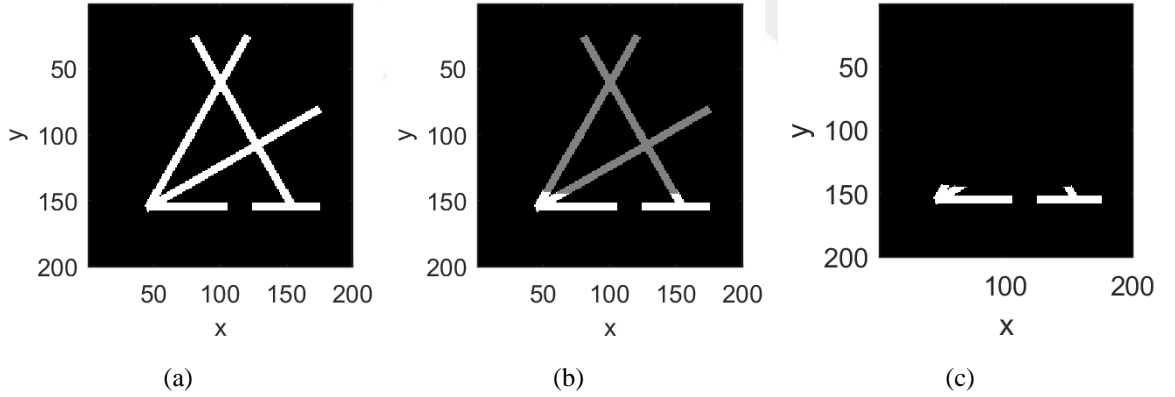
Şekil 22. Yalancı doğru tepeleri; (a) Özgün görüntü; (b) Doğru bölütü ile özgün görüntü çakıştırması; (c) Yanlış doğru bölütleri.

Diğer bir nedeni ise bir doğru bölütünün diğer doğruları kesmediği halde aynı parametrelere sahip olduklarından kesiyormuş gibi diğer doğrunun bir parçasını almasıdır (Şekil 23). Genelde her doğru parçası ters radon dönüşümü sonucunda bir doğru parçası olması yerine görüntü boyunca uzanan bir doğru gibi davranmaktadır. Oysa yarım kalmış doğru parçalarının uzantılarının kestiği doğru bölütleri sık karşılaşılan bir durumdur.



Şekil 23. Yalancı doğru uzantıları; (a) Özgün görüntü; (b) Doğru bölütü ile özgün görüntü çakıştırması; (c) Doğru ve yanlış doğru bölütleri.

Öte yandan aynı parametrelere sahip iki doğru bölütü aynı alt görüntüde bulunabilir. Bunlar kesikli doğru bölütleri olduğu söylenebilir (Şekil 24). Kesikli doğru bölütleri genelde yalancı doğru uzantıları ile karıştırılabilir. Ancak buradaki doğru bölütleri yanlış hesaplandıkları için değil kesikli olduklarından bu şekilde çıkarlar. Bu durumda çıkan tüm kesikli doğru bölütleri ayrı ayrı etiketlenir.



Şekil 24. Kesikli doğru parçaları; (a) Özgün görüntü; (b) Doğru bölütü ile özgün görüntü çakıştırması; (c) Doğru bölütleri.

Sonuç olarak her tepecik bir doğru bölütüne karşılık gelmesi varsayımını uygun gelmeyen üç farklı durum,

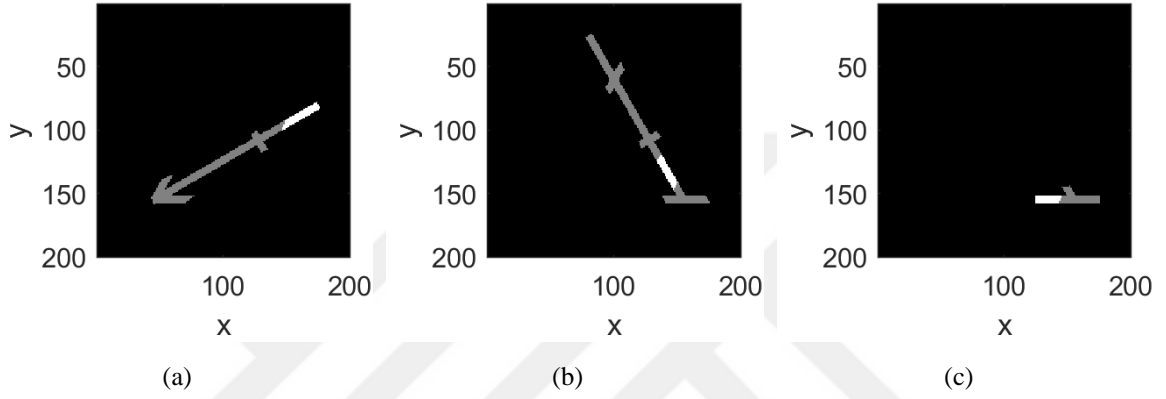
- A. Yalancı doğru tepeleri,
- B. Yalancı doğru uzantıları,
- C. Kesikli doğru parçaları,

biçiminde özetlenebilir.

Bu üç aykırı durumdan C durumunda her nesne ayrı ayrı etiketlenerek listeye eklenir. Bu durumda herhangi bir işleme gerek kalmaz. Ancak diğer durumlarda etiketlenen

nesnelere yalancı olanlarının listeden çıkarılması gerekir. Bu işlem için örten nesnelere yaklaşımı geliştirilmiştir.

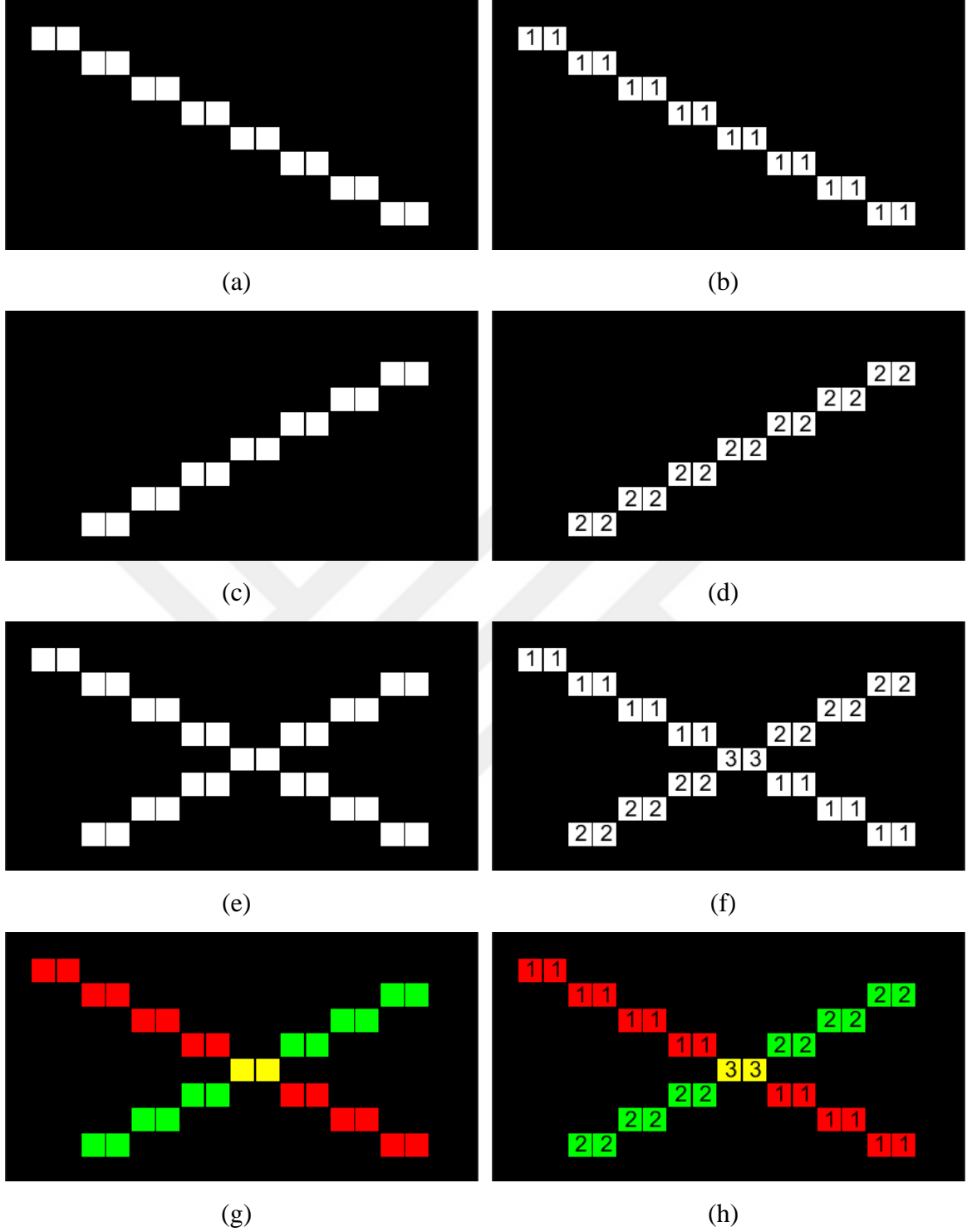
A ve B durumlarında etiketleme işlemi yapıldıktan sonra etiketlenen tüm nesnelere birbirleriyle karşılaştırılır. Eğer bir nesne diğer bir nesneyi tam olarak örtüyorsa, örtülen nesne listeden çıkartılır. Örnek olarak Şekil 22'deki yalancı nesnelere diğer nesnelere tarafından tam olarak örtüldüğünden (Şekil 25) örten nesnelere listeden silinerek liste güncellenir.



Şekil 25. Kesikli doğru parçaları; (a) Özgün görüntü; (b) Doğru bölütü ile özgün görüntü çakıştırması; (c) Doğru bölütleri.

2.8. Dügümlerin ve Kenarların Bulunması

Etiketlenen her doğru parçası iki boyutlu bir görüntü matrisi içerisinde tutulmaktadır. Ancak bunların arasındaki ilişkileri ve çakışmaları belirlemek için aynı görüntü içerisinde bunların birleştirilmesi lazım. Bir görüntü matrisi içerisinde birleştirirken aynı gözeğe birden çok etiket değeri düşeceğinde bu gözüklerin farklı bir numara verilmesi gerekir. Bu durumda ise hangi doğruların o gözükte etiketlendiği bilgisi yok olacaktır. Bu işlemi daha kolay gerçekleştirmek için her nesneyi bir bit olarak alırsak 2'nin kuvvetleri olanlar (1, 2, 4, 8, ...) kenarlıkları değeri ise düğümleri gösterir (Tablo 1). Şekil 26'da iki doğrunun etiketlenmesi ve bunların bir görüntü matrisinde birleştirilmesi gösterilmektedir. Bu birleştirme işleminde 1 ve 2 numarası ile etiketlenmiş doğruların kesiştikleri noktalar bunların bitlerinin birleşimi olan 3 numarası ile etiketlenmiştir. Daha kolay bir yaklaşım ise üst üste gelen etiketlerin toplanmasıdır. Sayılarla etiketlenen görüntü matrisi daha açıklayıcı gözükmesi için farklı renklerle renklendirilmiştir.

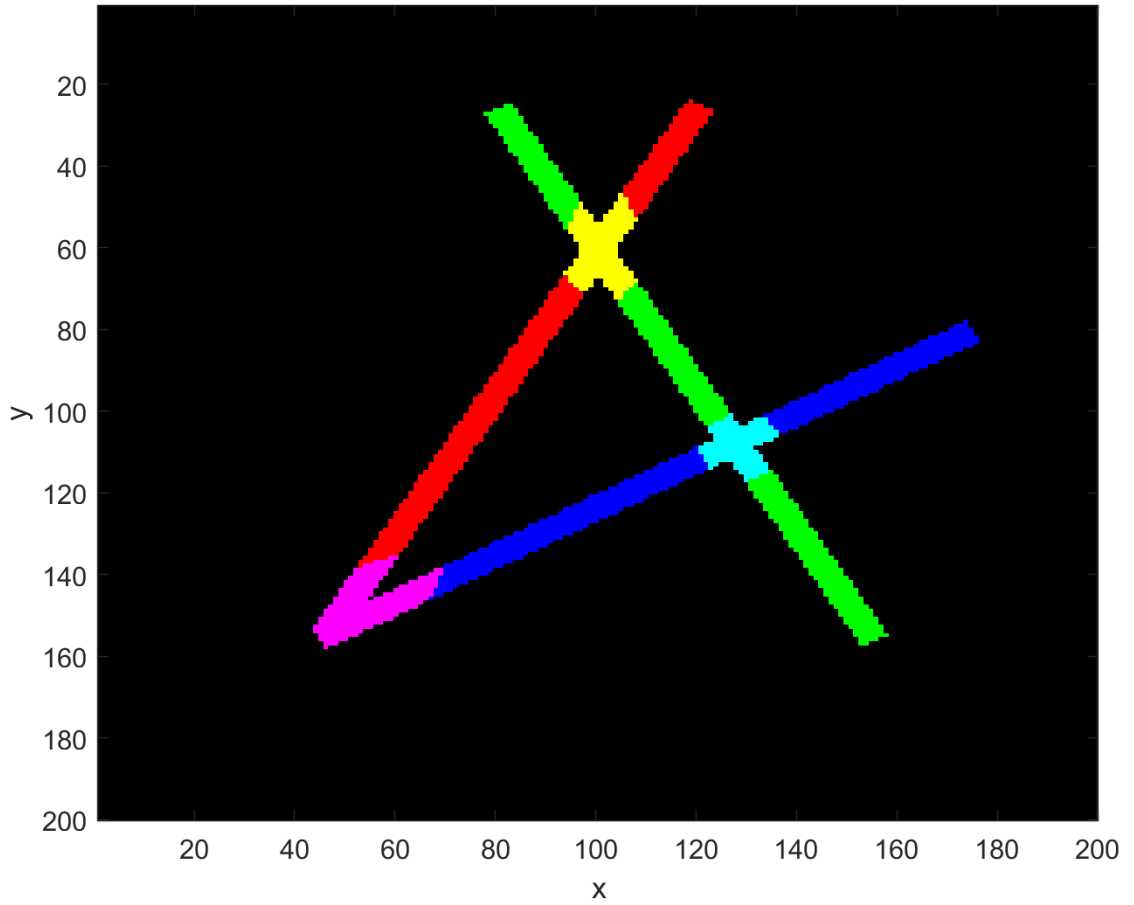


Şekil 26. Kesişen doğruların etiketlenmesi; (a) Birinci doğru; (b) Birinci doğrunun etiketlenmesi; (c) İkinci doğru; (d) İkinci doğrunun etiketlenmesi; (e) İki doğrunun birleştirilmesi; (f) Birleşik doğruların etiketlenmesi; (g) Etiketlenen doğruların renklendirilmesi; (h) Renkli ve etiketli doğrular.

Tablo 1. İkili sistemde etiket numaraları

Ondalık sayı	İkilik sayı	Türü
1	0000 0000 0000 0001	Kenar
2	0000 0000 0000 0010	Kenar
3	0000 0000 0000 0011	Düğüm
4	0000 0000 0000 0100	Kenar
5	0000 0000 0000 0101	Düğüm
6	0000 0000 0000 0110	Düğüm
7	0000 0000 0000 0111	Düğüm
8	0000 0000 0000 1000	Kenar

Çok büyük görüntülerin etiketlerini gösterimindeki zorluktan dolayı görüntü matrisi tablo şeklinde değil renklendirilmiş görüntü olarak gösterilmektedir (Şekil 27).



Şekil 27. Etiketlenmiş düğümler ve kenarlar

Şekil 27’de üç doğrunun etiketlenmesi sonucu elde edilen görüntü verilmiştir. Bu görüntüde kırmızı, yeşil ve mavi renklerin bulunduğu gözetler tek etiket aldıklarından bunlara kenar (doğru), sarı, turkuaz ve güvez renklerinin bulunduğu gözetler ise iki etiket aldıklarından bunlara düğüm (köşe) gözeği olarak sınıflandırılır.

Kesişen doğrular etiketlenirken birbirlerine temas ettikleri için mevcut algoritmalarda aynı nesne gibi algılanmaktadır. Algoritma 1’de ise ikil görüntüdeki her doğru tek tek algılanarak ayrı ayrı etiketlenmektedir.

Algoritma 1. Kesişen doğruların etiketlenmesi

Adım 1. İkil görüntünün radon dönüşümünü hesapla,
Adım 2. Radon dönüşüm matrisindeki güçlü tepelerin konumlarının bulunması için en büyük olmayanın baskılanması yaklaşımını kullan,
FOR $i = 1$ **TO** K
Adım 3a. Her tepe noktası (ρ_i, θ_i) tek tek seçilerek, (ρ_i, θ_i) merkezli iki değişkenli butterworth seçim penceresi ile pencereleme yap,
Adım 3b. Pencerelenen görüntü matrisine, ters radon dönüşümü uygula,
Adım 3c. Her tepe için elde edilen görüntü özgün görüntü ile çarpılarak Otsu algoritması (Otsu, 1979) yardımıyla iki seviyeli eşikleme uygula
END FOR
Adım 4. Bu uzantılar diğer doğru görüntüleri ile örtüştürülerek yok edilir. Aynı zamanda kesişimlerden oluşan yanlış seçilmiş (yerel çözüme takılmış) doğrular da örtüştürme işlemi sonucunda yok olmaktadır.
Adım 5. Ayrı ayrı elde edilen doğrular tek görüntüde çok kanallı etiketlenerek birleştirilir. Kesişim bölgelerinde ise her gözeğin birden çok etiketi olmaktadır.

2.9. Üçgen Kombinasyonların Bulunması

Etiketleme sonucunda elde edilen tüm kenar doğrularının üçlü kombinasyonlarının bir listesi oluşturulur. Örnek olarak bir listede 5 doğru olduğunu varsayalım. Bu durumda $n = \{1,2,3,4,5\}$ şeklinde ayrı ayrı etiketlenen doğrular birleştirilirse, $K = 2^{n-1}$ şekilde hesaplanan bir etiket tablosu $K = \{1,2,4,8,16\}$ biçiminde bir etiket dizisi oluşturur. Bunların üçlü kombinasyonu Tablo 2’de verilmektedir.

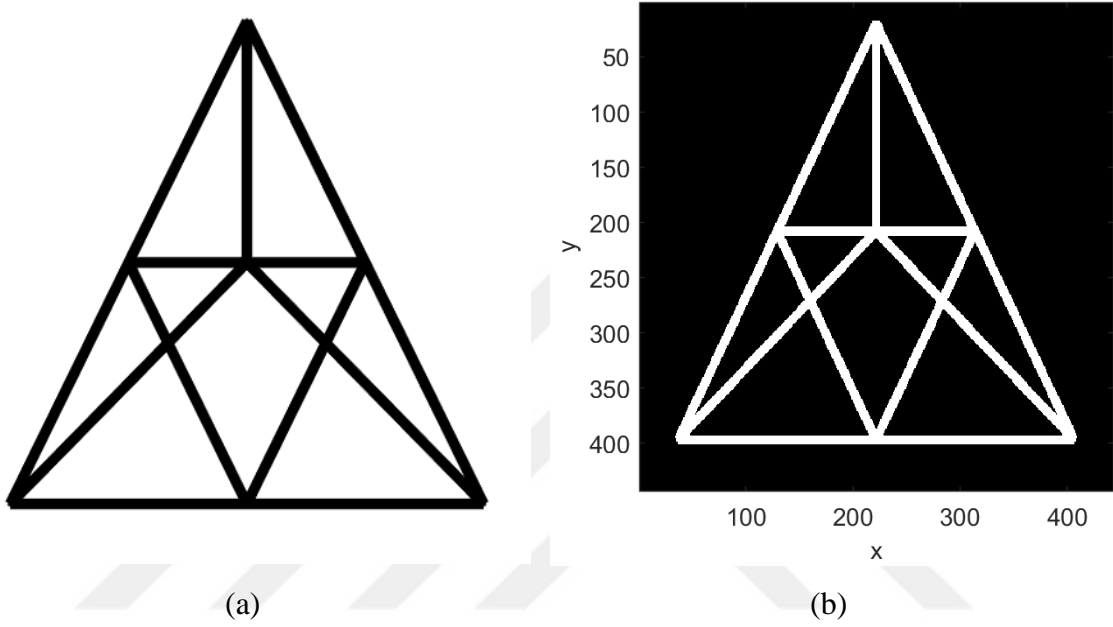
Tablo 2. Kenarların üçlü kombinasyonları

A	B	C	Olması gerekenler {A+B, A+C, B+C}	Olmaması gerekenler {A+B+C}
1	2	4	{3, 5, 6}	{7}
1	2	8	{3, 9, 10}	{11}
1	2	16	{3, 17, 18}	{19}
1	4	8	{5, 9, 13}	{13}
1	4	16	{5, 17, 20}	{21}
1	8	16	{9, 17, 24}	{25}
2	4	8	{6, 10, 12}	{14}
2	4	16	{6, 18, 20}	{22}
2	8	16	{10, 18, 24}	{26}
4	8	16	{12, 20, 24}	{28}

Tablo 2’de üçlü kombinasyonu oluşturan 2’nin kuvvetleri şeklinde verilen üç kenar doğrusu A, B ve C harfleri ile gösterilmiştir. Bu üç doğrunun bir üçgen oluşturması için A+B, A+C ve B+C değerindeki etiket numarasının birleştirilmiş görüntü matrisinde bulunması gerekir. Bu durumda üç doğrunun ikili birleşimlerinin olduğu ve bunların kesişim gösterdiği sonucuna varılır. Öte yandan üç doğru aynı düğümde birleşerek bir ışın demeti görünümü gösterebilir. Bunların ikili birleşimlerinin mevcut olmasının yanı sıra üçlü birleşimi de bulunabilir. Bu durumda bunların bir üçgen oluşturma ihtimali yoktur. Üçlü birleşimin sahip olacağı etiket değeri ise Tablo 2’deki son sütunda A+B+C şeklinde verilmiştir.

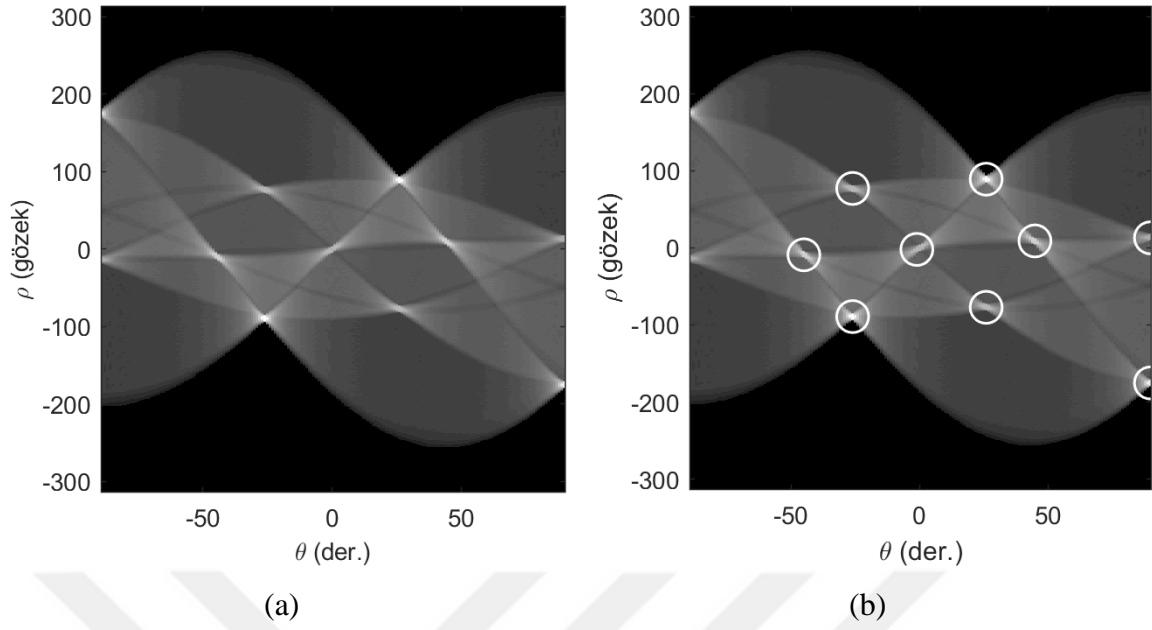
3. BULGULAR

Bu bölümde, birbirini kesen doğru parçalarından oluşan bir görüntü seçilmiştir (Şekil 28).



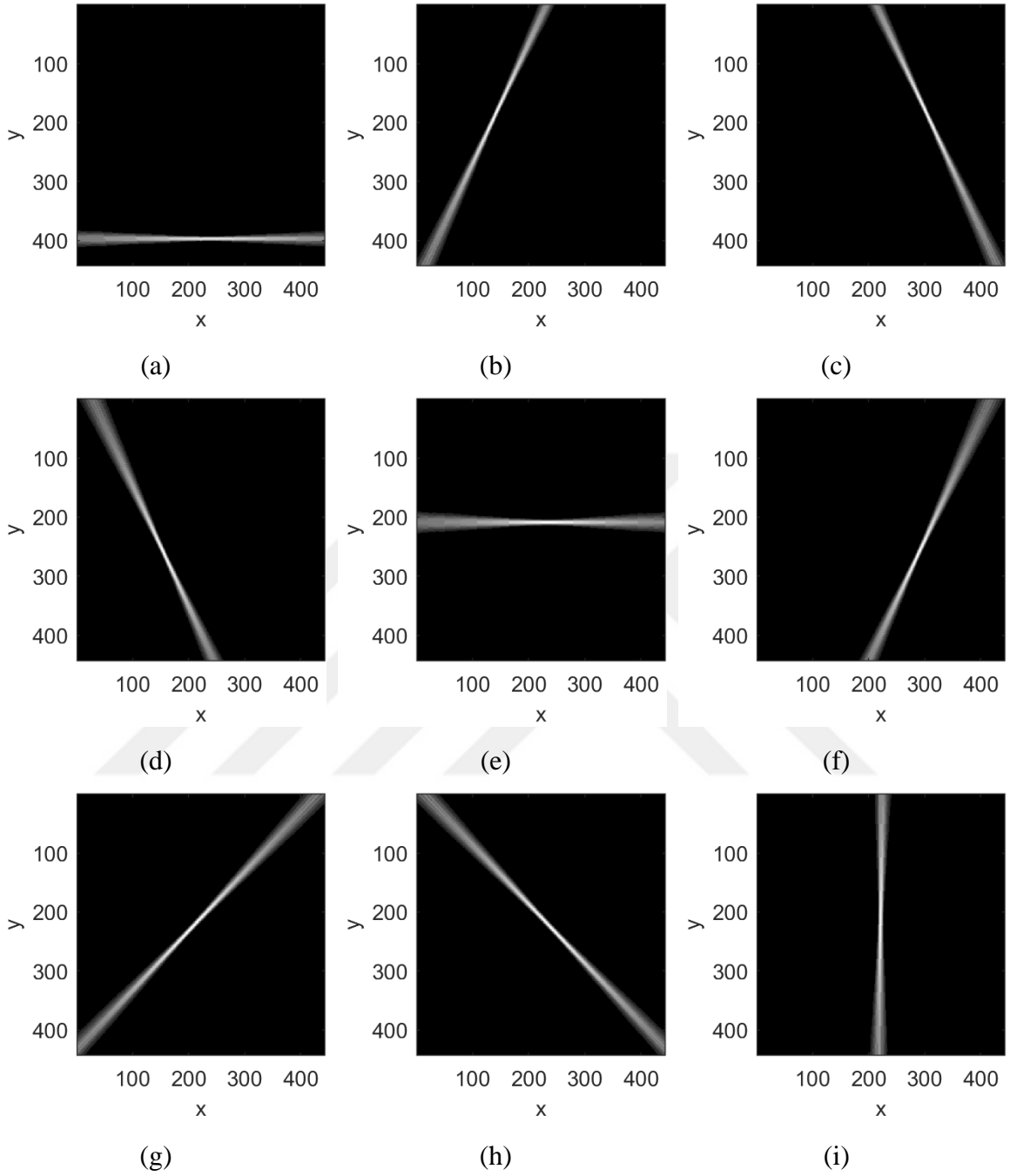
Şekil 28. Seçilen örnek görüntü ve ters görüntüsü

Bu görüntü radon dönüşümü yardımıyla parametrik uzaya çevrilmiş ve radon dönüşüm matrisindeki doğruları temsil eden tepecikler yerel en büyükler yöntemi ile tek tek belirlenmiştir (Şekil 29). Şekil 29(b)'de 9 ayrı tepecik belirlenmiştir. Bu çalışmada yalancı tepecikler eşikleme yaklaşımı ile yok edilmiştir. Görüntünün sol kenarındaki yarım tepecik ile sağ kenarındaki yarım tepecikler birbirlerinin devamı olduklarından bunların birleşik yerel en büyüleri belirlenmiştir.



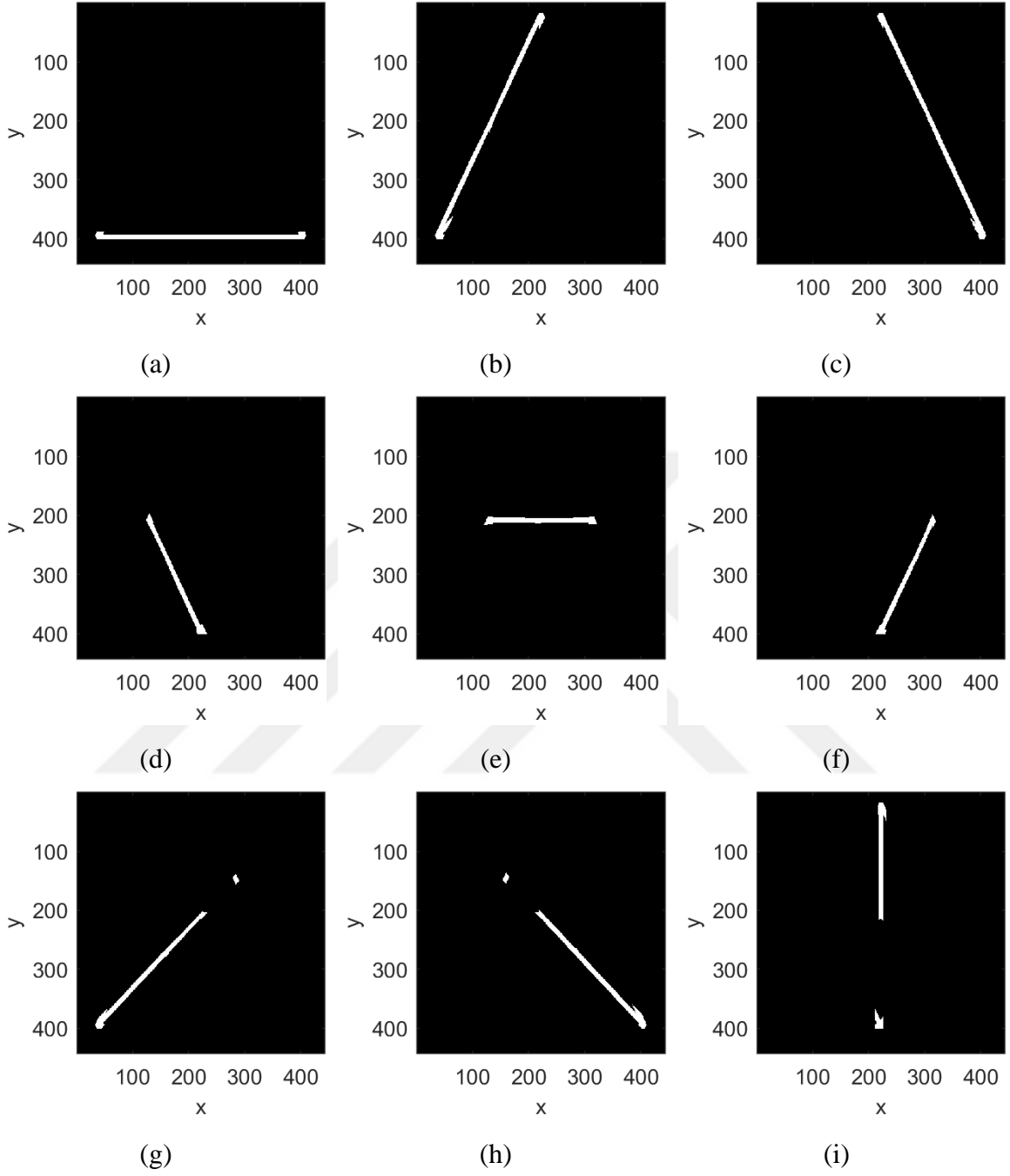
Şekil 29. Doğruları temsil eden tepeliklerin bulunması; (a) Radon dönüşüm görüntüsü; (b) Dönüşüm görüntüsündeki tepeliklerin yerel en büyükler yöntemi ile belirlenmesi;

Belirlenen her tepelik pencerelenerek ters radon dönüşümü ile metrik uzaya geri dönülmüştür. Ters dönüşüm sonucunda 9 ayrı görüntü elde edilmiştir. Ancak bu görüntülerde doğru parçaları yerine bulanık doğrular elde edilmiştir (Şekil 30).

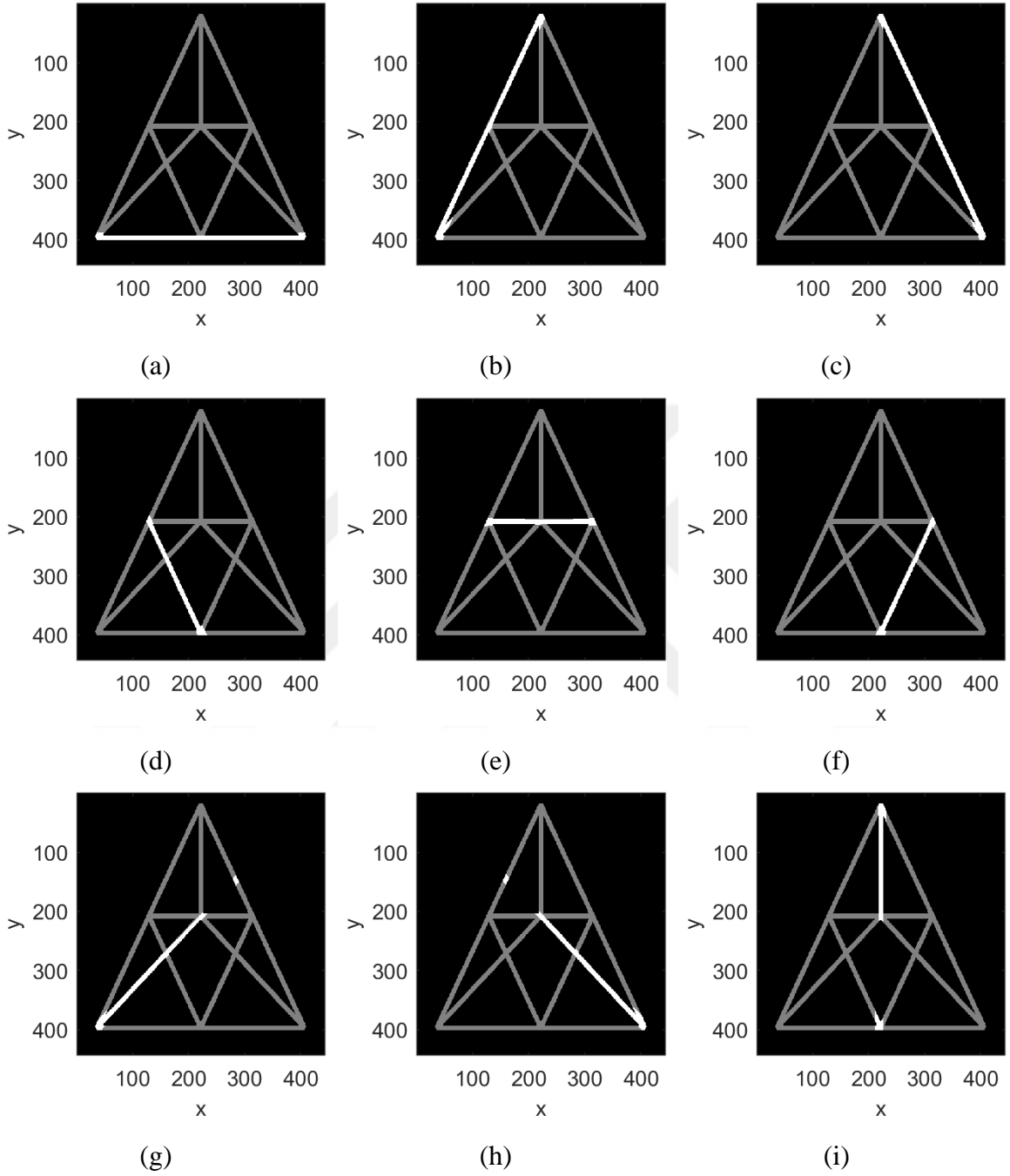


Şekil 30. Örnek görüntüdeki doğrular.

Her doğru özgün görüntü ile çarpılıp eşiklenirse bu doğrular duru doğru parçalarına dönüşür (Şekil 31). Şekil 31(g,h,i)'de mevcut doğruların yanı sıra bu doğruların uzantılarının kestiği doğru parçacıkları görülmektedir. Bu parçacıkların örnek görüntü üzerinde gösterimi ise Şekil 32'de gösterilmiştir.

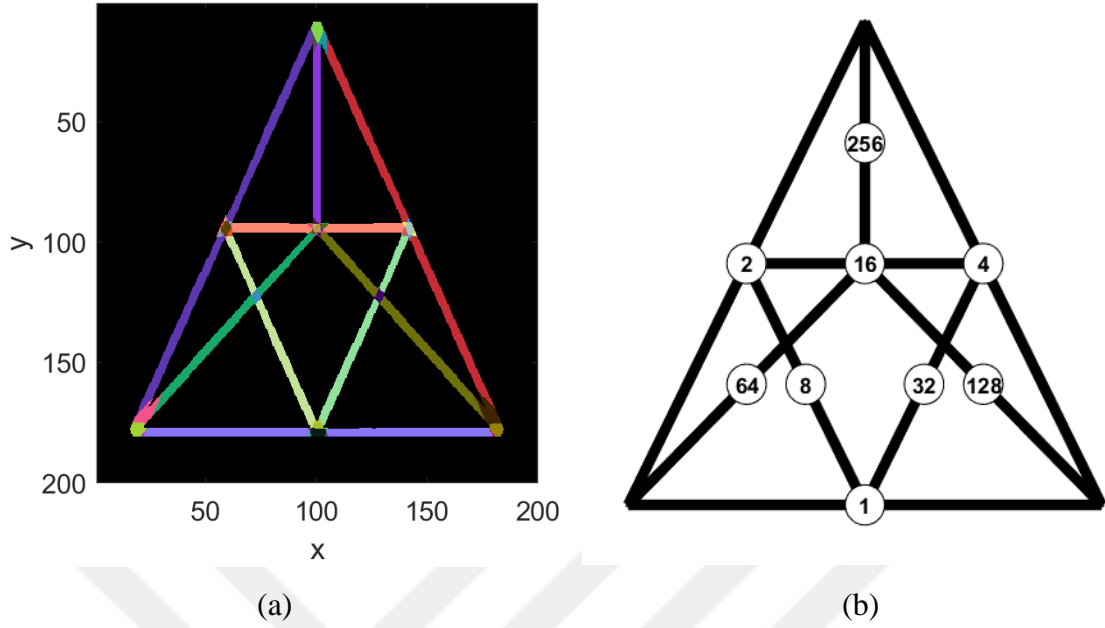


Şekil 31. Bulanık doğruların duru doğrulara dönüştürülmesi.



Şekil 32. Doğru parçalarının örnek görüntü üzerinde gösterilmesi.

Elde edilen doğru parçaları tek tek etiketlenerek örtülen nesnelere temizlenerek gerçek doğru parçaları elde edilmiştir. Bu doğru parçalarının her biri sırasıyla 2'nin kuvvetleri şeklinde etiketlenir. Etiketlenen bu doğru parçaları bir görüntüde birleştirmek için karşılıklı gelen gözetki değeri toplanarak birleşik bir etiket matrisi görüntüsü elde edilir. Bu görüntü matrisi renklendirilmesi ve her doğruya bir etiket verilmesi hali Şekil 33'te verilmiştir.



Şekil 33. Bulunan doğru parçalarının birleştirilmesi; (a) Doğruların aynı görüntüde birleştirilerek renklendirilmesi; (b) Her doğru parçası 2'nin kuvvetleri şeklinde numaralandırılması.

Seçilen örnek görüntüdeki doğruların kombinasyonları ve bunların olması gereken toplam etiketleri ve olmaması gereken toplam etiketleri Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir. Tüm etiket kendi aralarında üçlü birleştirildiğinde hangilerinin üçgen oluşturduğu Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'in durum sütunundaki verilmiş ve koyu ve büyük harflerle "ÜÇGEN" olarak yazılmıştır.

Tablo 3. Seçilen örnek görüntüdeki doğruların kombinasyonları

A	B	C	Olması gerekenler {A+B, A+C, B+C}			Olmaması gerekenler {A+B+C}	Durum
1	2	4	3	5	6	7	ÜÇGEN
1	2	8	3	9	10	11	üçgen değil
1	2	16	3	17	18	19	üçgen değil
1	2	32	3	33	34	35	üçgen değil
1	2	64	3	65	66	67	üçgen değil
1	2	128	3	129	130	131	üçgen değil
1	2	256	3	257	258	259	ÜÇGEN
1	4	8	5	9	12	13	ÜÇGEN
1	4	16	5	17	20	21	üçgen değil
1	4	32	5	33	36	37	üçgen değil
1	4	64	5	65	68	69	üçgen değil
1	4	128	5	129	132	133	üçgen değil
1	4	256	5	257	260	261	üçgen değil
1	8	16	9	17	24	25	üçgen değil
1	8	32	9	33	40	41	ÜÇGEN
1	8	64	9	65	72	73	üçgen değil
1	8	128	9	129	136	137	üçgen değil
1	8	256	9	257	264	265	üçgen değil
1	16	32	17	33	48	49	üçgen değil
1	16	64	17	65	80	81	üçgen değil
1	16	128	17	129	144	145	üçgen değil
1	16	256	17	257	272	273	üçgen değil
1	32	64	33	65	96	97	üçgen değil
1	32	128	33	129	160	161	ÜÇGEN
1	32	256	33	257	288	289	üçgen değil
1	64	128	65	129	192	193	üçgen değil
1	64	256	65	257	320	321	üçgen değil
1	128	256	129	257	384	385	ÜÇGEN

Tablo 4. Seçilen örnek görüntüdeki doğruların kombinasyonları (devam)

A	B	C	Olması gerekenler {A+B, A+C, B+C}			Olması gerekenler {A+B+C}	Durum
2	4	8	6	10	12	14	ÜÇGEN
2	4	16	6	18	20	22	üçgen değil
2	4	32	6	34	36	38	üçgen değil
2	4	64	6	66	68	70	üçgen değil
2	4	128	6	130	132	134	üçgen değil
2	4	256	6	258	260	262	üçgen değil
2	8	16	10	18	24	26	ÜÇGEN
2	8	32	10	34	40	42	üçgen değil
2	8	64	10	66	72	74	ÜÇGEN
2	8	128	10	130	136	138	üçgen değil
2	8	256	10	258	264	266	üçgen değil
2	16	32	18	34	48	50	üçgen değil
2	16	64	18	66	80	82	ÜÇGEN
2	16	128	18	130	144	146	üçgen değil
2	16	256	18	258	272	274	üçgen değil
2	32	64	34	66	96	98	üçgen değil
2	32	128	34	130	160	162	üçgen değil
2	32	256	34	258	288	290	üçgen değil
2	64	128	66	130	192	194	üçgen değil
2	64	256	66	258	320	322	ÜÇGEN
2	128	256	130	258	384	386	üçgen değil
4	8	16	12	20	24	28	üçgen değil
4	8	32	12	36	40	44	üçgen değil
4	8	64	12	68	72	76	ÜÇGEN
4	8	128	12	132	136	140	üçgen değil
4	8	256	12	260	264	268	üçgen değil
4	16	32	20	36	48	52	üçgen değil
4	16	64	20	68	80	84	üçgen değil
4	16	128	20	132	144	148	üçgen değil
4	16	256	20	260	272	276	üçgen değil

Tablo 5. Seçilen örnek görüntüdeki doğruların kombinasyonları (devam)

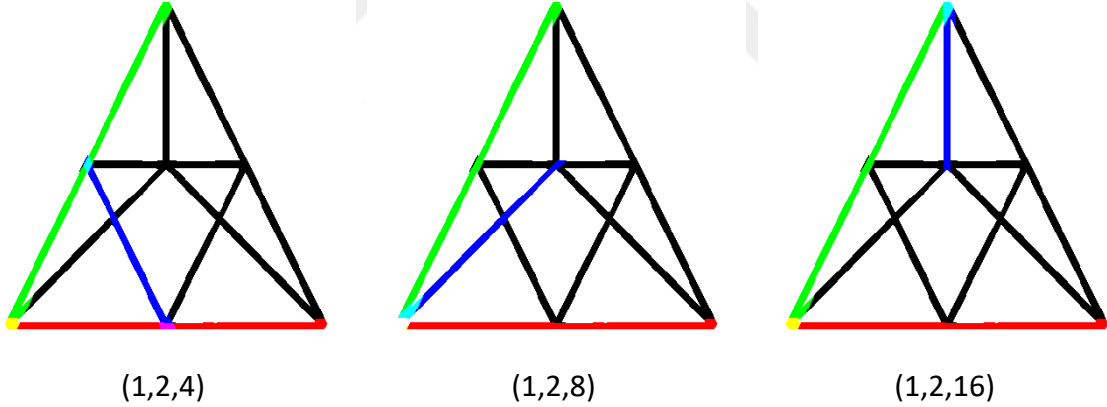
A	B	C	Olmaması gerekenler {A+B, A+C, B+C}			Olmaması gerekenler {A+B+C}	Durum
4	32	64	36	68	96	100	üçgen değil
4	32	128	36	132	160	164	üçgen değil
4	32	256	36	260	288	292	üçgen değil
4	64	128	68	132	192	196	ÜÇGEN
4	64	256	68	260	320	324	üçgen değil
4	128	256	132	260	384	388	üçgen değil
8	16	32	24	40	48	56	üçgen değil
8	16	64	24	72	80	88	üçgen değil
8	16	128	24	136	144	152	üçgen değil
8	16	256	24	264	272	280	üçgen değil
8	32	64	40	72	96	104	üçgen değil
8	32	128	40	136	160	168	üçgen değil
8	32	256	40	264	288	296	üçgen değil
8	64	128	72	136	192	200	üçgen değil
8	64	256	72	264	320	328	üçgen değil
8	128	256	136	264	384	392	üçgen değil
16	32	64	48	80	96	112	üçgen değil
16	32	128	48	144	160	176	üçgen değil
16	32	256	48	272	288	304	ÜÇGEN
16	64	128	80	144	192	208	üçgen değil
16	64	256	80	272	320	336	ÜÇGEN
16	128	256	144	272	384	400	üçgen değil
32	64	128	96	160	192	224	ÜÇGEN
32	64	256	96	288	320	352	ÜÇGEN
32	128	256	160	288	384	416	ÜÇGEN
64	128	256	192	320	384	448	üçgen değil

9 doğru bölütün tüm kesişimleri Şekil 34'den başlayarak üçlü şekiller halinde **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'e kadar devam etmektedir. Hangi üçlü kombinasyonun birleştirildiği şeklin altında etiketleri yardımıyla gösterilmiştir. Her üçlü kombinasyonun oluşturduğu şekil siyah renkli ana şeklin üzerine kırmızı, yeşil ve mavi renk bileşenleri yardımıyla gösterilmiştir. Kırmızı ile yeşil rengin kesişimi sarı; kırmızı ile mavi rengin birleşimi güvez; yeşil ile mavi rengin birleşimi ise turkuaz rengi ile gösterilmiştir. Ayrıca kırmızı, yeşil ve mavi rengin üçlü birleşimi ise beyaz olarak gösterilmiştir.

{1,2,4} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

{1,2,8} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen beyaz rengin olması bu birleşimin bir ışın demeti gibi davrandığı ve dolayısıyla bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{1,2,16} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

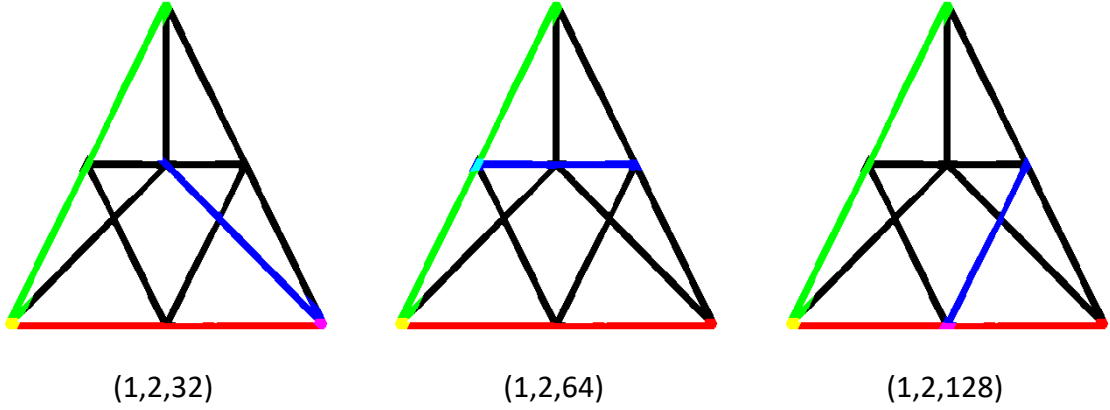


Şekil 34. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{1,2,32} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve güvez rengin olmasına rağmen turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{1,2,64} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{1,2,128} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve güvez rengin olmasına rağmen turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

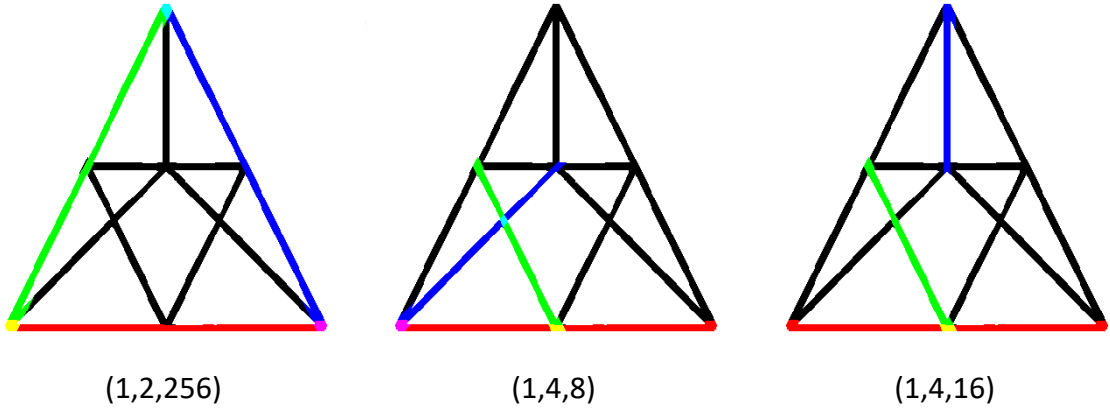


Şekil 35. Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{1,2,256\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

$\{1,4,8\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

$\{1,4,16\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece sarı rengin olmasına rağmen turkuaz ve güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

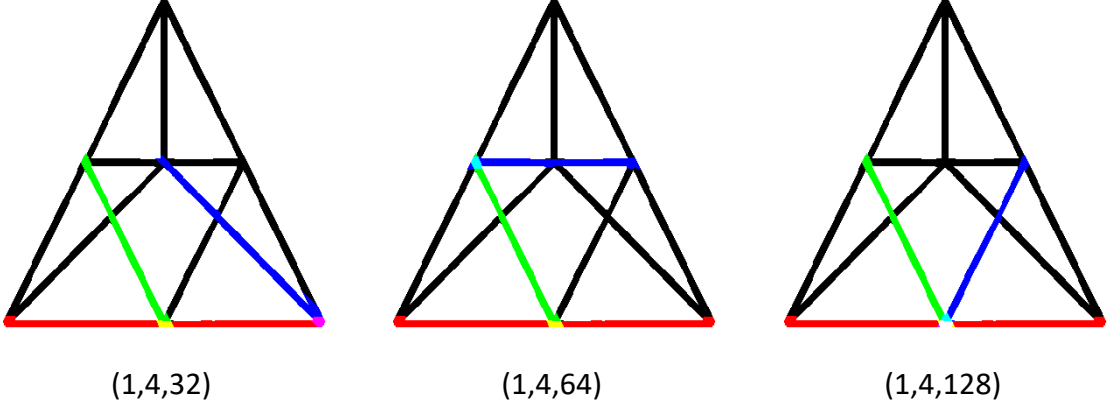


Şekil 36. Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{1,4,32\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve güvez rengin olmasına rağmen turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{1,4,64\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{1,4,128\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen beyaz rengin olması bu birleşimin bir ışın demeti gibi davrandığı ve dolayısıyla bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

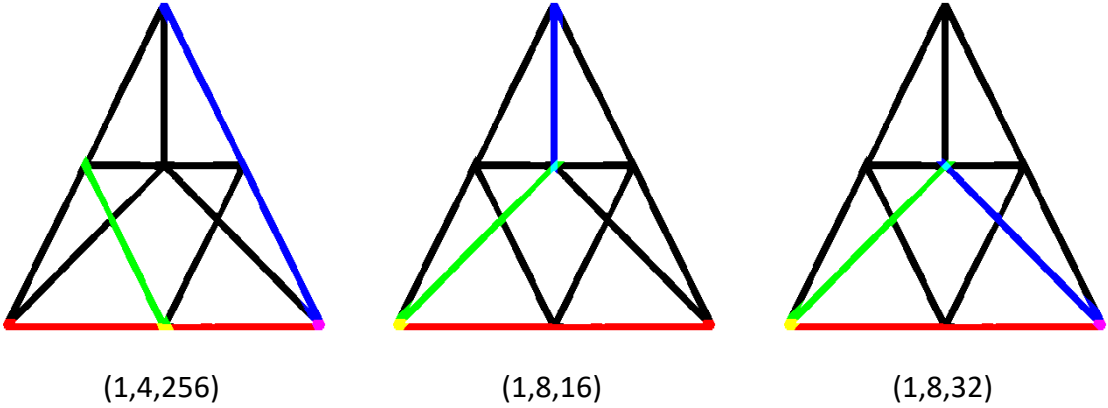


Şekil 37. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{1,4,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve güvez rengin olmasına rağmen turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{1,8,16} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{1,8,32} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

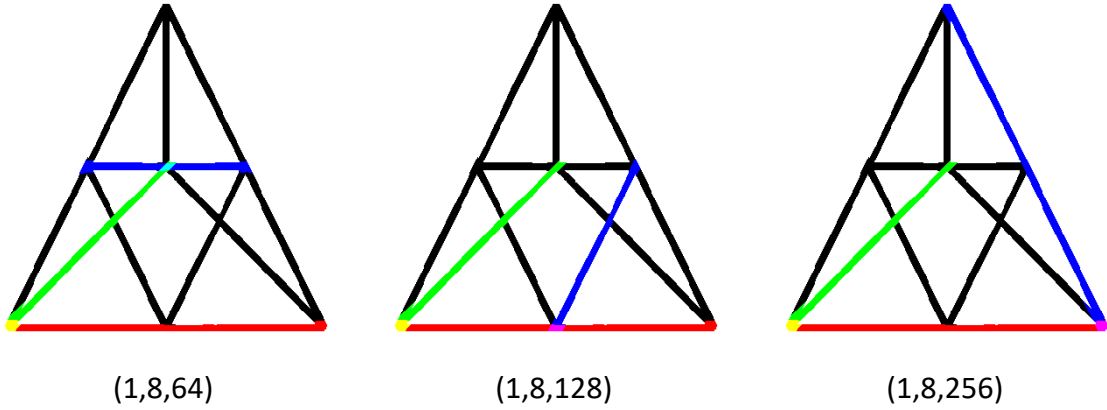


Şekil 38. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{1,8,64} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{1,8,128} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve güvez rengin olmasına rağmen turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{1,8,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve güvez rengin olmasına rağmen turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

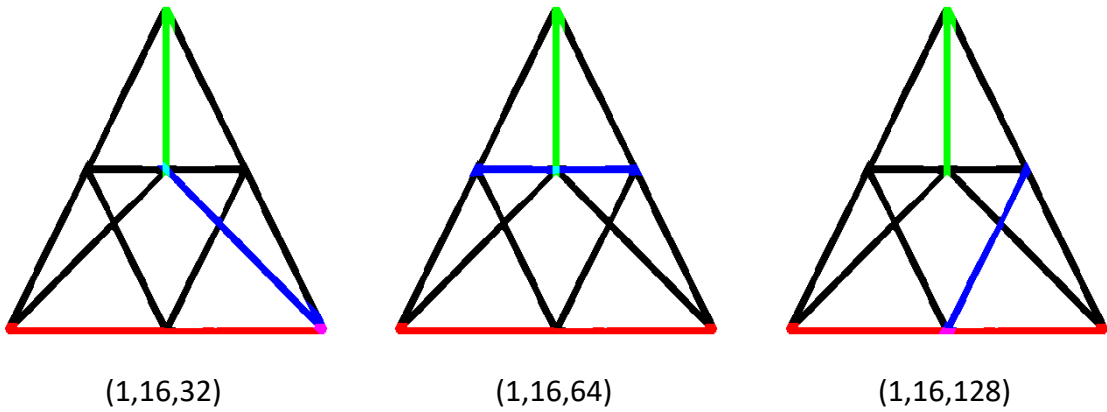


Şekil 39. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{1,16,32\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{1,16,64\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece turkuaz rengin olmasına rağmen sarı ve güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{1,16,128\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece güvez rengin olmasına rağmen sarı ve turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

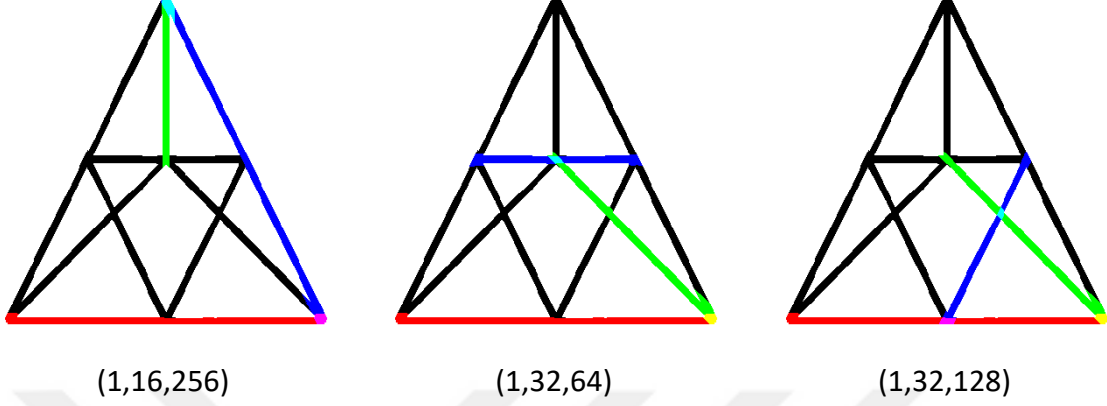


Şekil 40. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{1,16,256\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{1,32,64\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{1,32,128} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

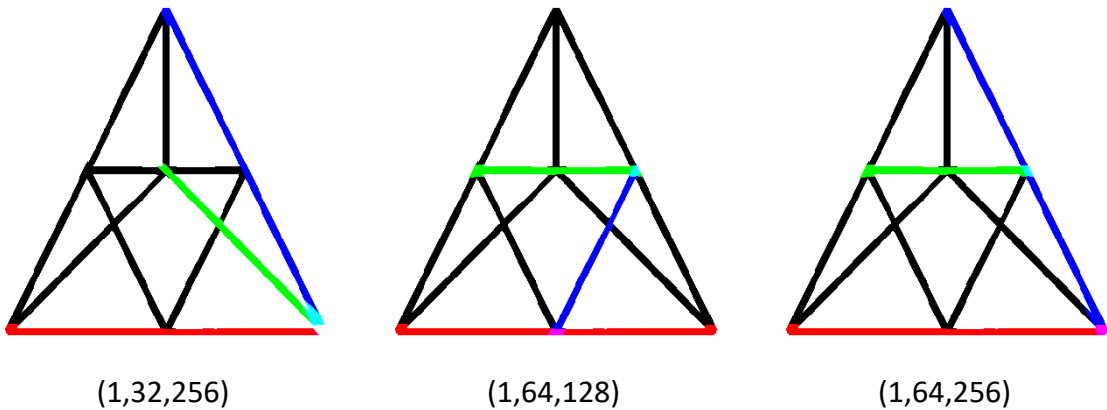


Şekil 41. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{1,32,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen beyaz rengin olması bu birleşimin bir ışın demeti gibi davrandığı ve dolayısıyla bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{1,64,128} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{1,64,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

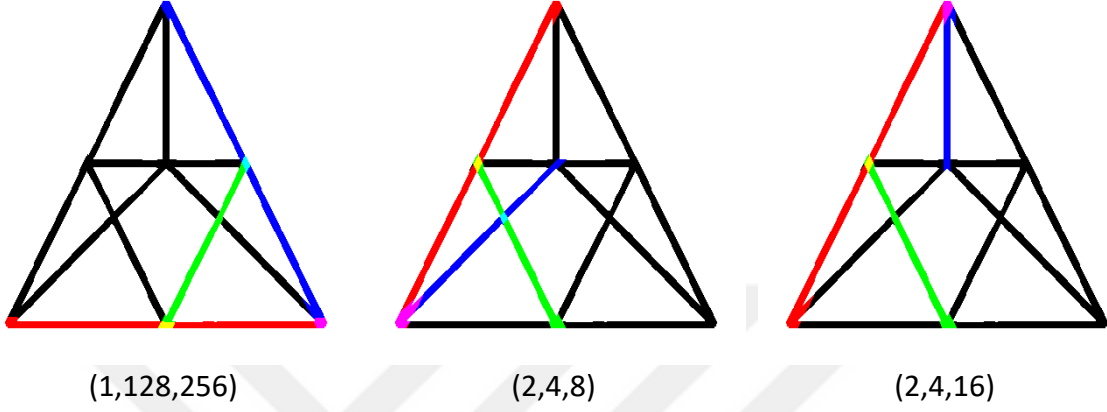


Şekil 42. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{1,128,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

$\{2,4,8\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

$\{2,4,16\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve güvez rengin olmasına rağmen turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

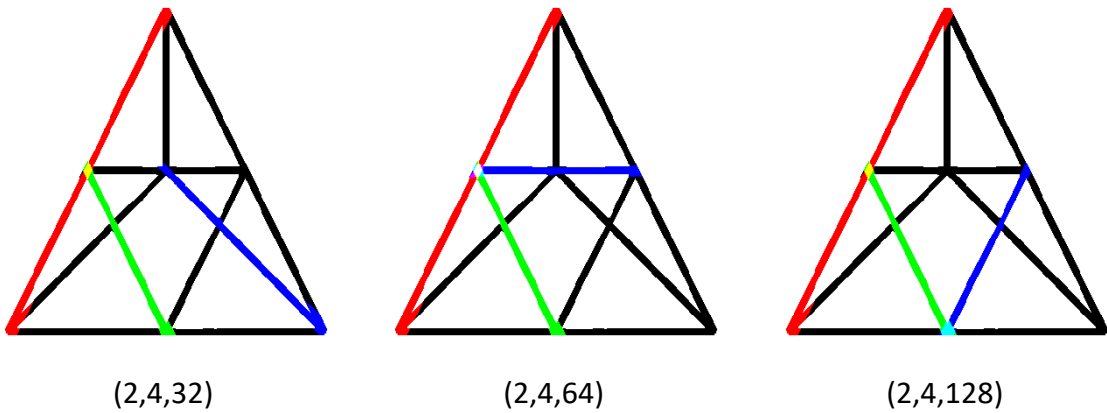


Şekil 43. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{2,4,32\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece sarı rengin olmasına rağmen turkuaz ve güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{2,4,64\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen beyaz rengin olması bu birleşimin bir ışın demeti gibi davrandığı ve dolayısıyla bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{2,4,128\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

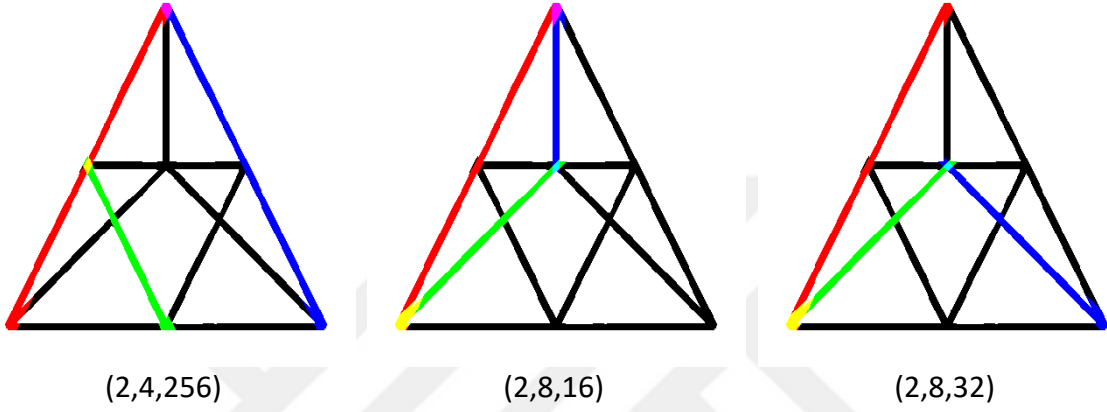


Şekil 44. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{2,4,256\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve güvez rengin olmasına rağmen turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{2,8,16\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

$\{2,8,32\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

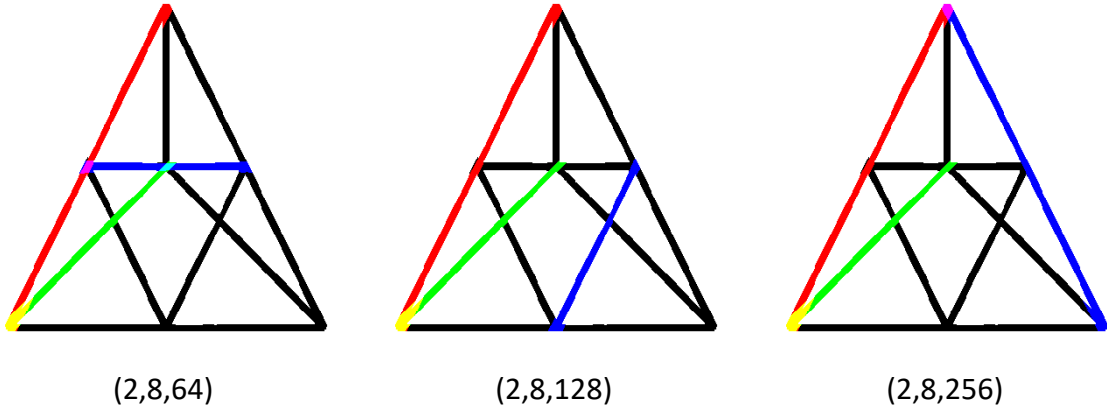


Şekil 45. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{2,8,64\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

$\{2,8,128\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece sarı rengin olmasına rağmen turkuaz ve güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{2,8,256\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve güvez rengin olmasına rağmen turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

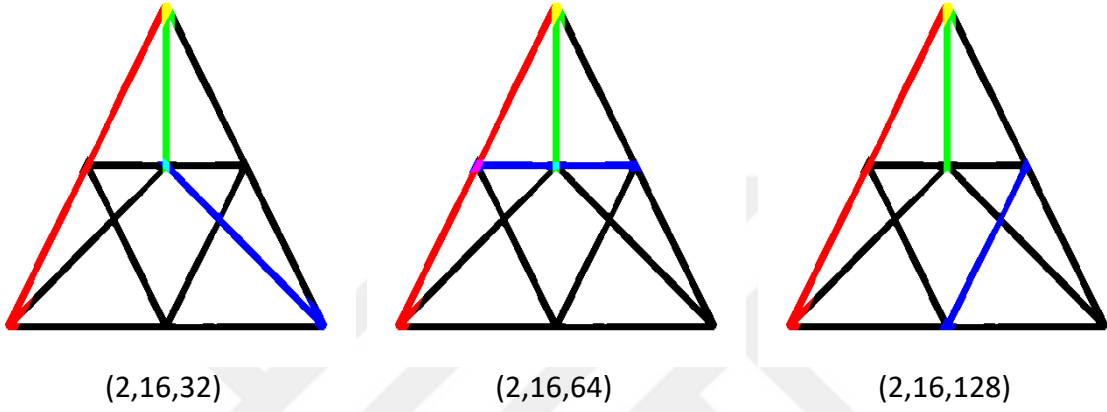


Şekil 46. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{2,16,32\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{2,16,64\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

$\{2,16,128\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece sarı rengin olmasına rağmen turkuaz ve güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

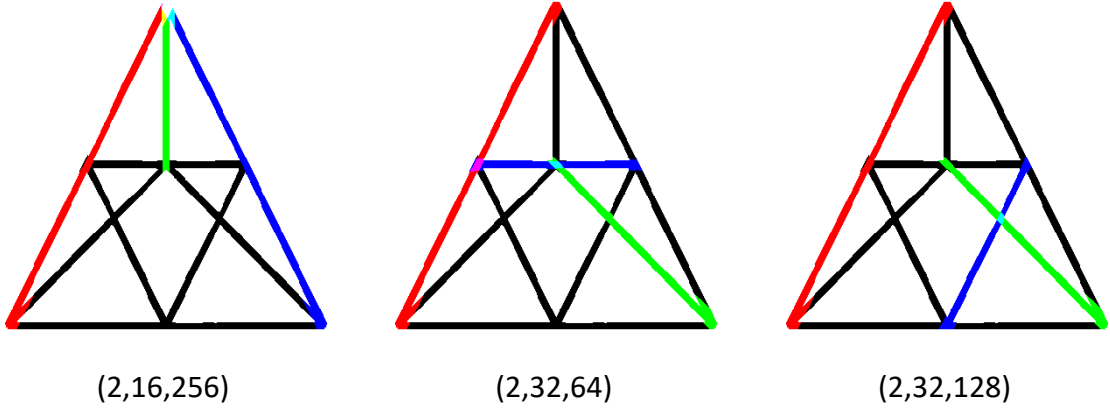


Şekil 47. Örnek grafin doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{2,16,256\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen beyaz rengin olması bu birleşimin bir ışın demeti gibi davrandığı ve dolayısıyla bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{2,32,64\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{2,32,128\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece turkuaz rengin olmasına rağmen sarı ve güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

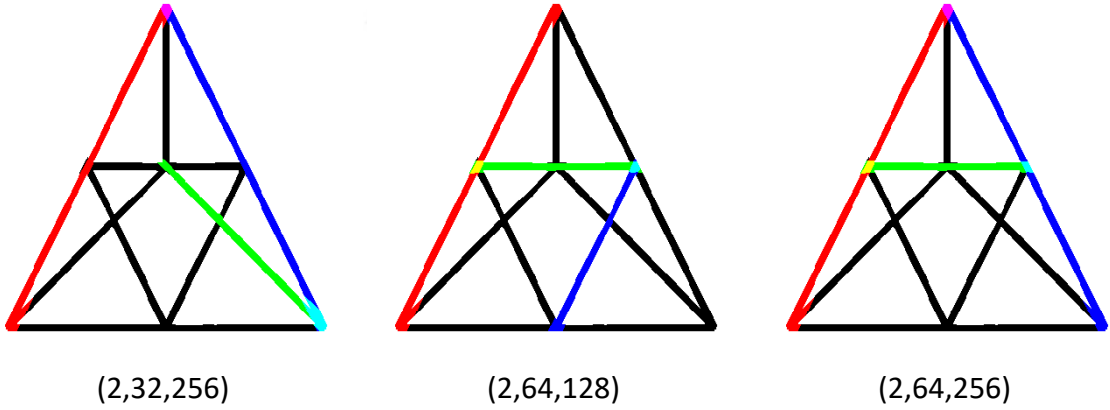


Şekil 48. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{2,32,256\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{2,64,128\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{2,64,256\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

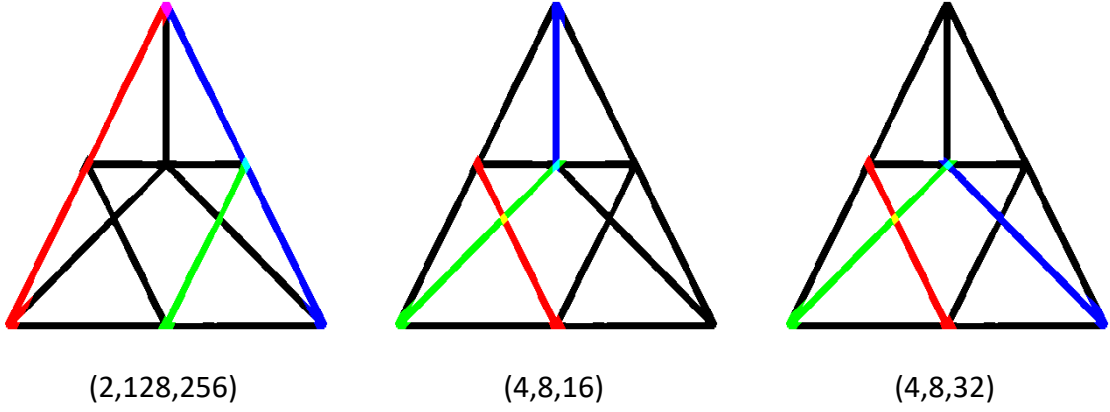


Şekil 49. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{2,128,256\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{4,8,16\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve turkuaz rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{4,8,32\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

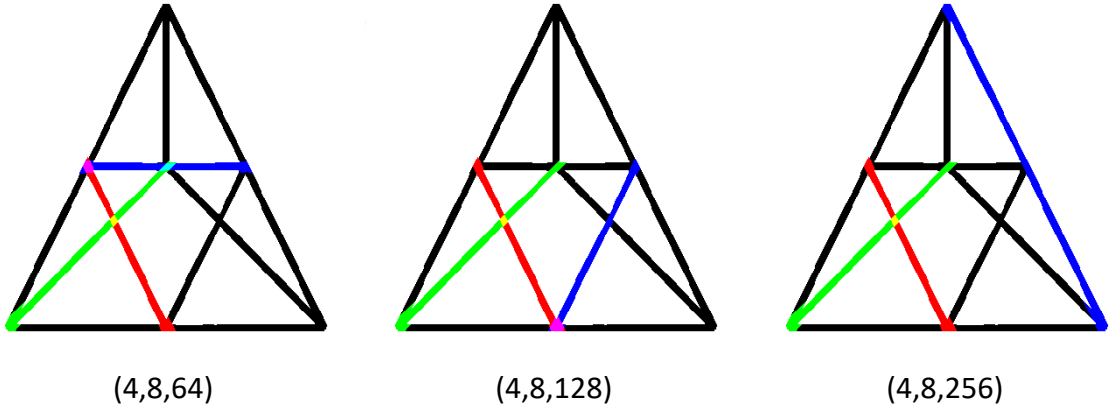


Şekil 50. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{4,8,64\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

$\{4,8,128\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı ve güvez rengin olmasına rağmen turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{4,8,256\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece sarı rengin olmasına rağmen turkuaz ve güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

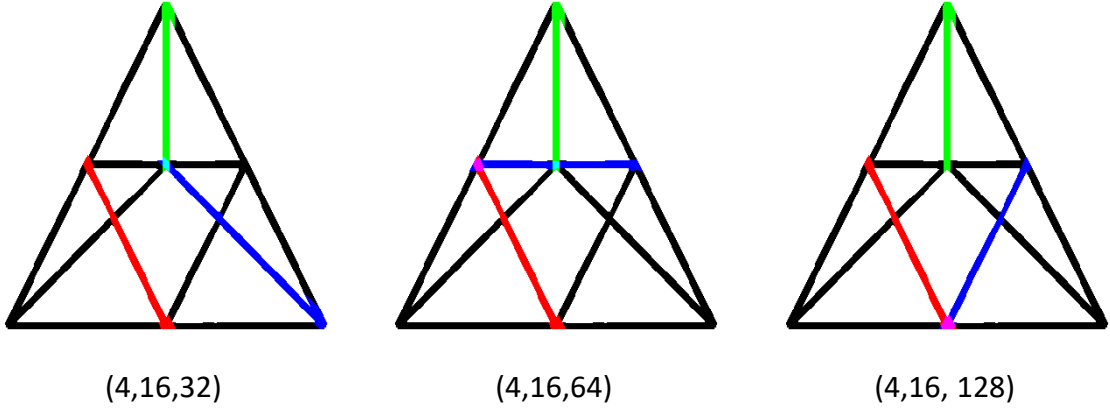


Şekil 51. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{4,16,32\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece turkuaz rengin olmasına rağmen güvez ve sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{4,16,64\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve güvez rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{4,16,128\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece güvez rengin olmasına rağmen turkuaz ve sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

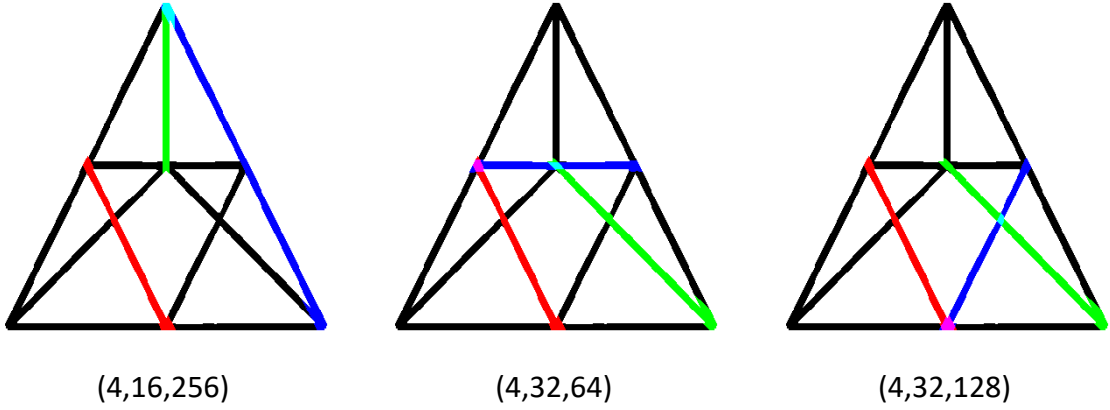


Şekil 52. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{4,16,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece turkuaz rengin olmasına rağmen güvez ve sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{4,32,64} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve güvez rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{4,32,128} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve güvez rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

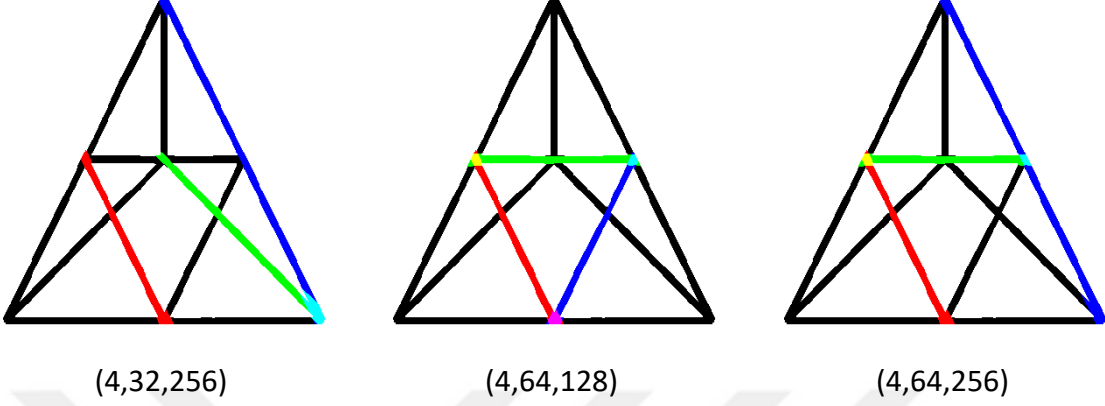


Şekil 53. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{4,32,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece turkuaz rengin olmasına rağmen güvez ve sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{4,64,128} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

{4,64,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve sarı rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

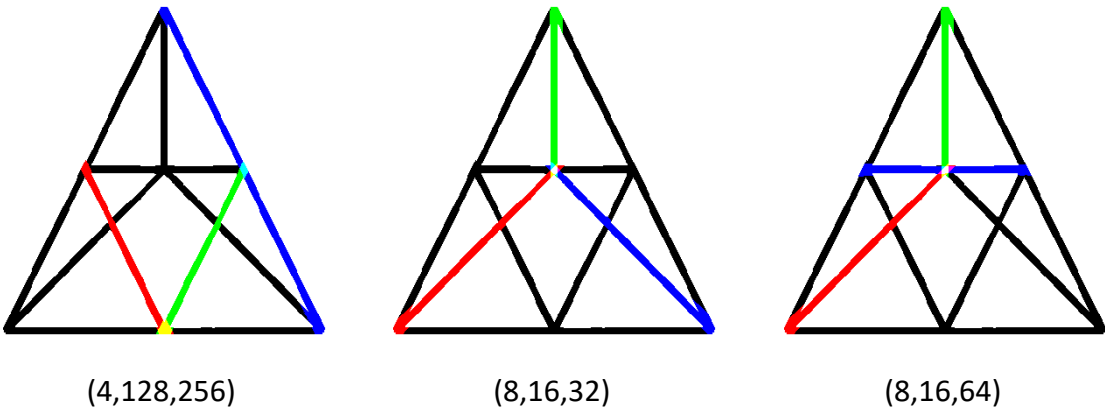


Şekil 54. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{4,128,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve sarı rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{8,16,32} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen beyaz rengin olması bu birleşimin bir ışın demeti gibi davrandığı ve dolayısıyla bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{8,16,64} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen beyaz rengin olması bu birleşimin bir ışın demeti gibi davrandığı ve dolayısıyla bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

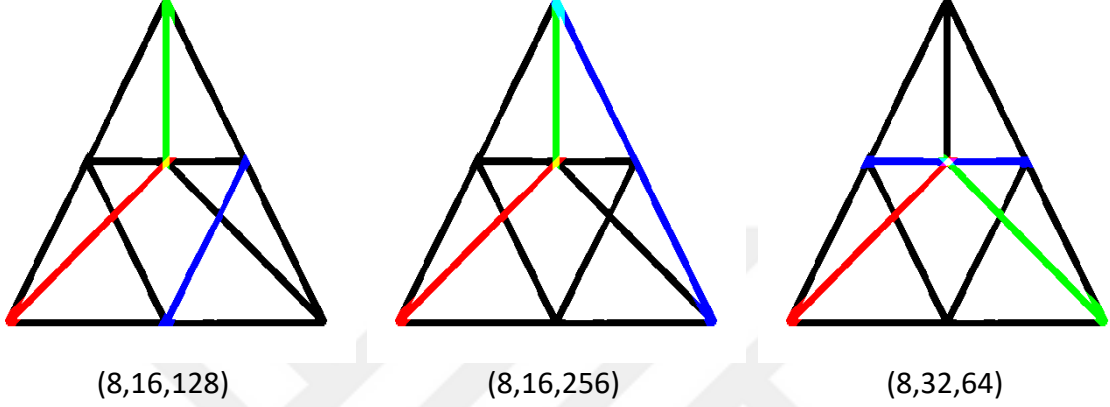


Şekil 55. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{8,16,128} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece sarı rengin olmasına rağmen güvez ve turkuaz rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{8,16,256\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve sarı rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{8,32,64\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen beyaz rengin olması bu birleşimin bir ışın demeti gibi davrandığı ve dolayısıyla bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

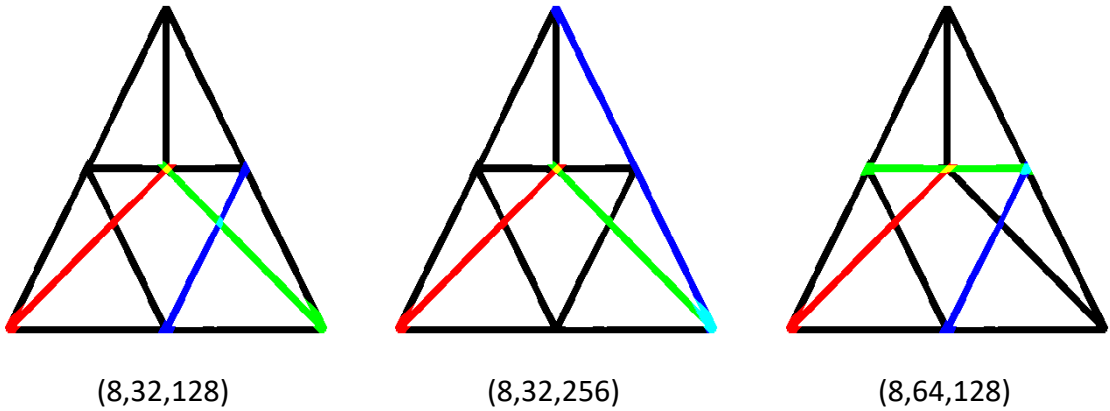


Şekil 56. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

$\{8,32,128\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve sarı rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{8,32,256\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve sarı rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

$\{8,64,128\}$ doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve sarı rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

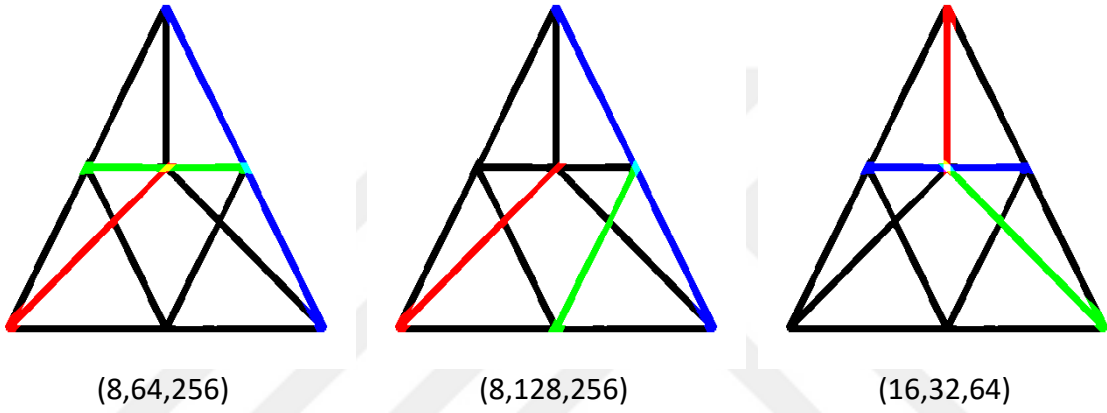


Şekil 57. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{8,64,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve sarı rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{8,128,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sadece turkuaz rengin olmasına rağmen güvez ve sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{16,32,64} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen beyaz rengin olması bu birleşimin bir ışın demeti gibi davrandığı ve dolayısıyla bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

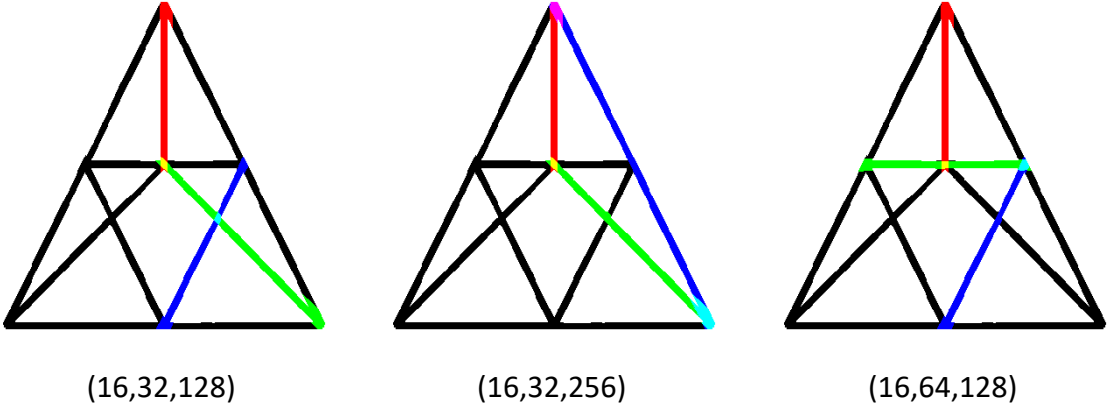


Şekil 58. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{16,32,128} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve sarı rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{16,32,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

{16,64,128} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve sarı rengin olmasına rağmen güvez rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

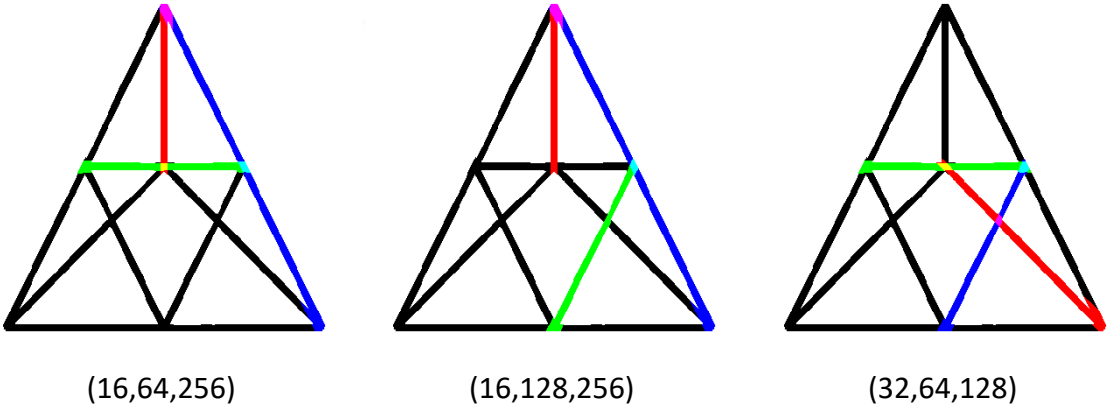


Şekil 59. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{16,64,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

{16,128,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve güvez rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{32,64,128} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.



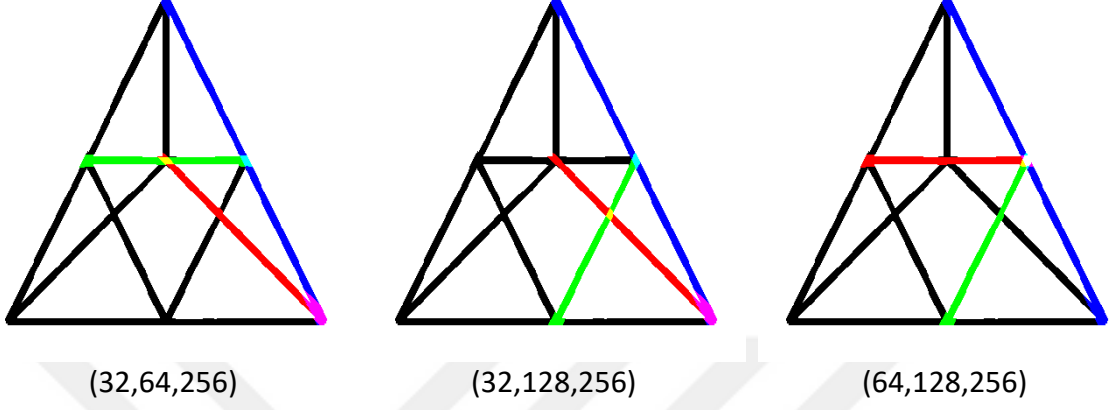
Şekil 60. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

{32,64,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

{32,128,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olması ve beyaz rengin olmaması bu birleşimin bir üçgen oluşturduğunu gösterir.

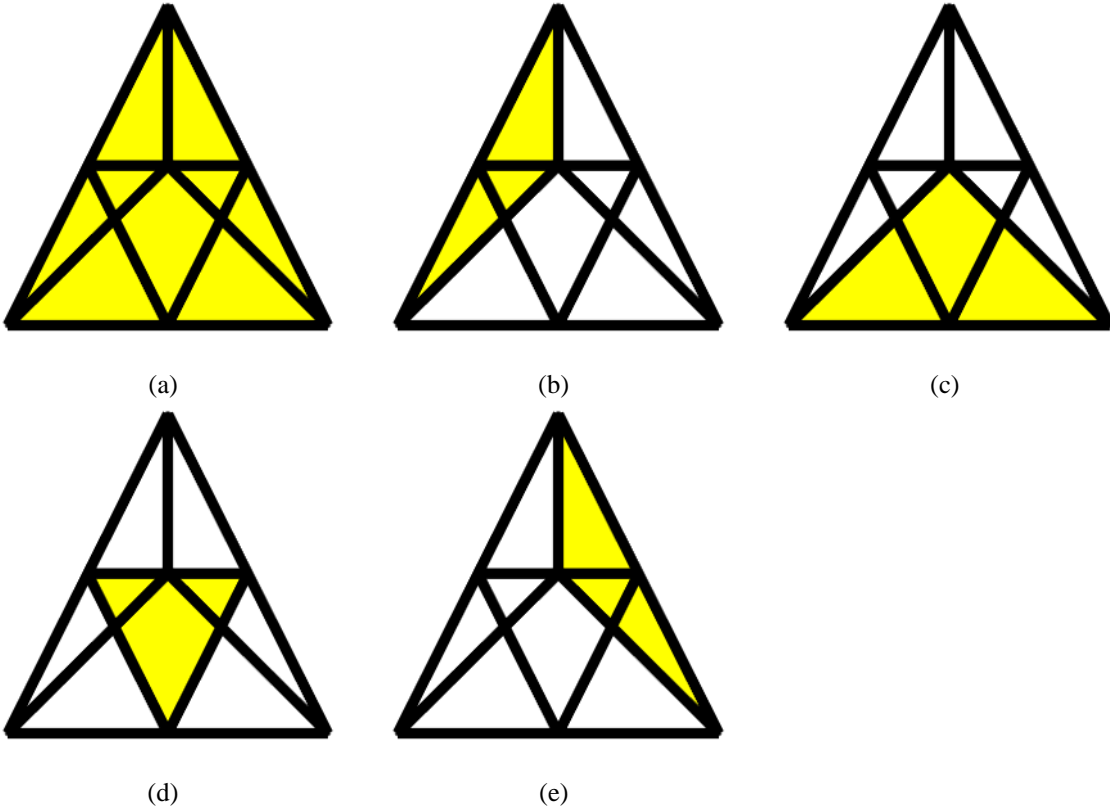
doğru bölütlerinin birleştirildiğinde turkuaz ve güvez rengin olmasına rağmen sarı rengi olmadığı için bu birleşimin bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

{64,128,256} doğru bölütlerinin birleştirildiğinde sarı, güvez ve turkuaz rengin olmasına rağmen beyaz rengin olması bu birleşimin bir ışın demeti gibi davrandığı ve dolayısıyla bir üçgen oluşturmadığını görülmektedir.

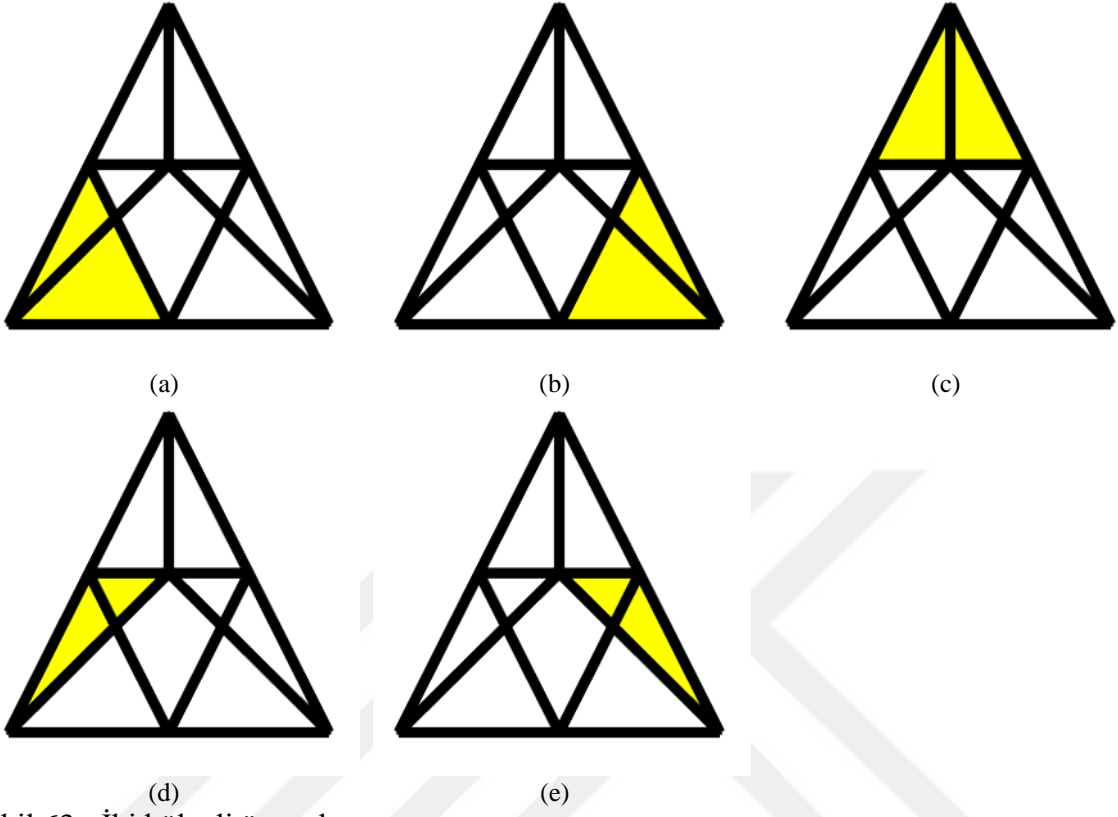


Şekil 61. Örnek grafın doğru bölütlerinin kesişimleri.

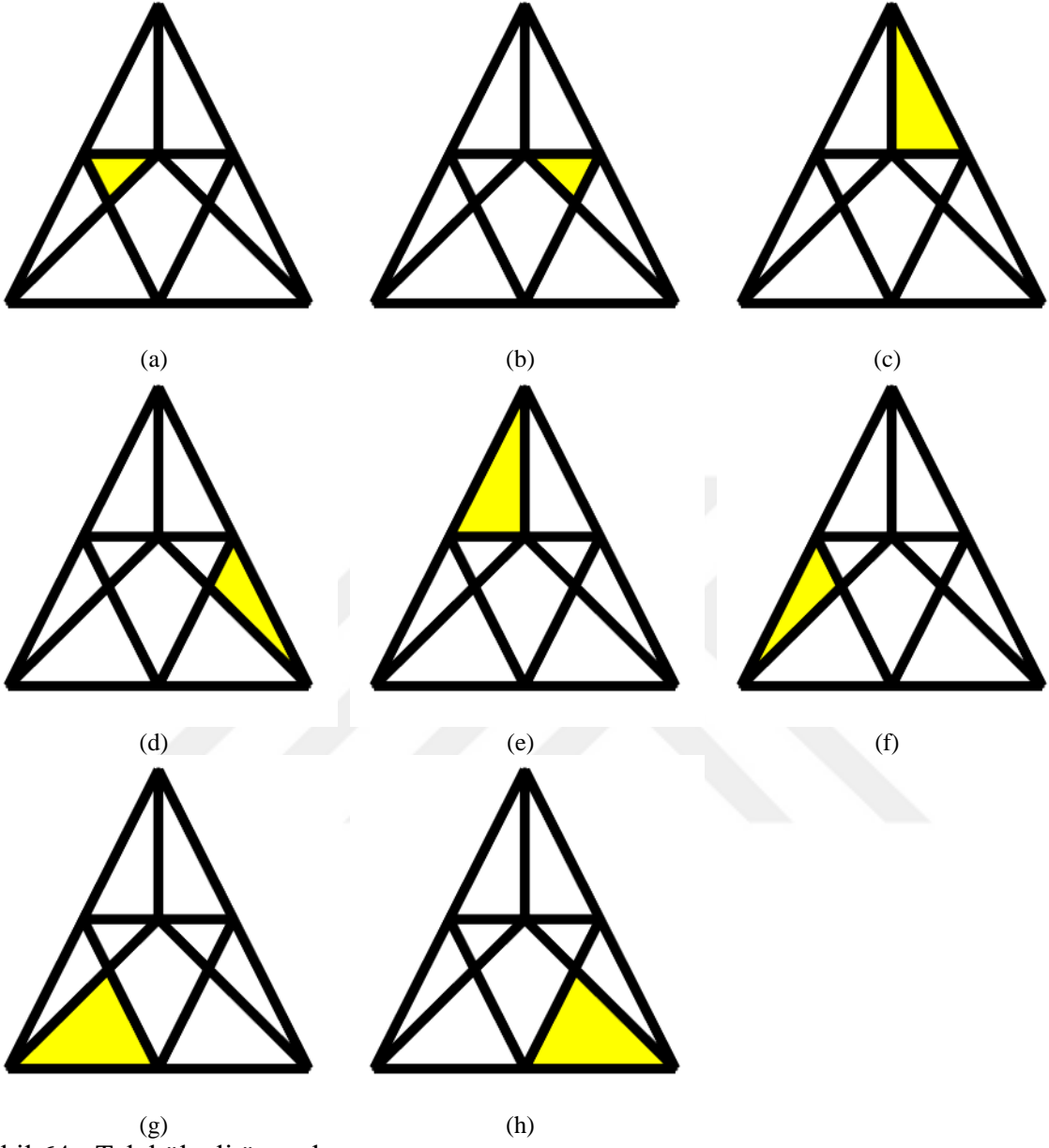
Tüm doğru bölütlerinin kesişimleri sonucunda oluşan üçgenler, Şekil 62, Şekil 63 ve verilmiştir. Şekil 62’de çok bölgeli, Şekil 63’te iki bölgeli ve Şekil 64’te tek bölgeli üçgenler verilmiştir.



Şekil 62. Çok bölgeli üçgenler



Şekil 63. İki bölge üçgenler.



(g)
Şekil 64. Tek bölgeci üçgenler

(h)

4. SONUÇLAR

Kesişen doğru parçalarından oluşan bir görüntüye etiketleme işlemi uygulandığında farklı doğru parçaları tek bir doğru gibi algılanabilmektedir. Bu nedenle, bu gibi durumlarda etiketleme işlemi genellikle elle yapılmaktadır. Bu ise hem zaman hem de işgücü kaybına neden olmaktadır. Önerilen yöntemle kesişen doğru parçalarının her biri ayrı birer nesne olarak algılanıp etiketlenmiştir. Önerilen yöntem, kesişen doğrulardan oluşan bir örnek görüntüye uygulanarak etiketleme işlemi yapılmıştır. Önerilen yöntemde klasik etiketleme yöntemlerinin aksine bir gözetim birden çok etiket değeri alabilmektedir. Uygulamaya göre hangi etiket değerinin kullanılacağı seçilebilir. Bu etiketleme yöntemi kesişen iki veya daha fazla doğru bölütünün bulunduğu bir görüntüye bir örnek olarak uygulanmıştır. Örnek sonucunda da önerilen yöntemin etiketleme işlemi başarılı bir biçimde gerçekleştirdiği ve kesişen doğru bölütlerini de büyük başarı ile doğru etiketlemiştir. Ayrıca önerilen yöntem, doğru parçaları farklı konum ve özelliklere sahip olduğunda ve görüntünün gürültü içerdiği durumlarda da yüksek performans gösteren bir algoritmadır.

Doğru bölütlerinin belirlenmesinde yalancı tepeliklerden kaynaklanan ve doğru uzantılarının kestiği doğru doğru parçacıkları gibi yalancı nesnelere örtüşme yaklaşımı ile yok edilmekte ve gerçek doğru parçaları kolaylıkla belirlenerek 2'nin kuvvetleri şeklinde etiketlenmektedir. Böylelikle bir matriste birleştirilen etiketlerde karmaşıklık ortadan kaldırılmakta ve nesnelere ilişkileri açık bir şekilde incelenmektedir.

Dolayısıyla önerilen yöntemler bütünü graf şeklinde verilen bir şekilde bulunan üçgenlerin yerini, sayısını ve listesini kolayca verebilmektedir.

Doğruların temsil eden tepelerin bulunmasında zorluklara neden olabilmekte ve dolayısıyla yalancı nesnelere ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bunları yok etmek için örtülen nesnelere yaklaşımı probleme çözüm üretmektedir. Öte yandan doğruların kalınlığı ve uzunluğu, gerçek doğru parçalarının düzensiz olmaları gibi durumlarda bu doğruları temsil eden tepelikler kolaylıkla gözden kaçabilmektedir. Bu durumda tepelikleri bulmak için meta-sezgisel optimizasyon algoritmalarına ağırlık verilmesi önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Aggarwal, N. ve Karl, W. C., 2006. Line detection in images through regularized Hough transform, Image Processing, IEEE Transactions on, 15, 3, 582-591.
- Beylkin, G., 1987. Discrete radon transform, IEEE transactions on acoustics, speech, and signal processing, 35, 2, 162-172.
- Burger, W. ve Burge, M. J., 2009. *Principles of Digital Image Processing: Core Algorithms*, Springer.
- Chang, F., Chen, C.-J. ve Lu, C.-J., 2004. A Linear-Time Component-Labeling Algorithm Using Contour Tracing Technique, Computer Vision and Image Understanding, 93, 206-220.
- Chaudhuri, S., Chatterjee, S., Katz, N., Nelson, M. ve Goldbaum, M., 1989. Detection of blood vessels in retinal images using two-dimensional matched filters, IEEE Transactions on medical imaging, 8, 3, 263-269.
- Deans, S. R., 1981. Hough Transform from the Radon Transform, Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 2, 185-188.
- Freeman, W. T., Adelson, E. H. ve Freeman, William T, 1991. The design and use of steerable filters, IEEE Transactions on Pattern analysis and machine intelligence, 13, 9, 891-906.
- Haralick, R. M., 1981. Some Neighborhood Operations, in: *Real Time/Parallel Computing Image Analysis*, Plenum Press, New York.
- He, L., Chao, Y., Kenji, S. ve Wu, K., 2009. Fast connected-component labeling, Pattern Recognition, 42, 9, 1977-1987.
- Kesemen, O. ve Özkul, E., 2018. Solving cross-matching puzzles using intelligent genetic algorithms, Artificial Intelligence Review, 49, 2, 211-225.
- Kesemen, O., Tezel, Ö. ve Özkul, E., 2016. Fuzzy c-means clustering algorithm for directional data (FCM4DD), Expert Systems with Applications, 58, 76-82.
- Latapy, M., 2008. Main-memory triangle computations for very large (sparse (power-law)) graphs, Theoretical Computer Science, 407, 1-3, 458-473.
- Mardia, K. V. ve Jupp, P. E., 2000. *Directional Statistics*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Murphy, L. M., 1986. Linear Feature Detection and Enhancement in Noisy Images via the Radon Transform, Pattern Recognition Letters, 4, 279-284.

- Otsu, N. A., 1979. *A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram*, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 9, 1, 62-66.
- Rosenfeld, A., 1970. *Connectivity in Digital Pictures*, J. ACM, 146-160.
- Rosenfeld, A. ve Pfalts, J. L., 1966. *Sequential Operations in Digital Picture Processing*, J. ACM, 13, 4, 471-494.
- Schank, T. ve Wagner, D., 2005. *Finding, counting and listing all triangles in large graphs, an experimental study*, *International workshop on experimental and efficient algorithms*, 606-609.
- Suzuki, K., Isao, H. ve Noboru, S., 2003. *Linear-time connected-component labeling based on sequential local operations*, Computer Vision and Image Understanding, 89, 1-23.
- Wu, K., Otoo, E. ve Suzuki, K., 2009. *Optimizing two-pass connected-component labeling algorithms*, Pattern Analysis Applications, 12, 2, 117-135.

ÖZGEÇMİŞ

Sibel ERTÜRK, 15 Ekim 1993 tarihinde Trabzon'da doğdu. İlk öğrenimini Dumlupınar İlköğretim okulunda, orta öğretimini Yunus Emre Lisesinde tamamladı. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümüne yerleşti ve 2015 yılında bu bölümden mezun oldu. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim dalında tezli yüksek lisans programına başladı. Uluslararası sempozyumda sunulmuş bir tane bildirisi bulunmaktadır.

Kesemen, O., Özkul, E., **Ertürk, S.**,(2016). The Use of ABC and PSO Algorithms for Determination of the Shortest Multiple-Target Route for Armed UAVs. Xth International Statistics Days Conference, 802-807.