

**PV DİZİLERDE YENİDEN DÜZENLEŞİM İÇİN GERÇEK
ZAMANLI GÖLGE TESPİT ALGORİTMALARININ
GELİŞTİRİLMESİ**

Kazım FIRILDAK

Yüksek Lisans Tezi

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Mehmet KARAKÖSE**

MAYIS-2015

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PV DİZİLERDE YENİDEN DÜZENLEŞİM İÇİN GERÇEK ZAMANLI GÖLGE TESPİT
ALGORİTMALARININ GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kazım FIRILDAK

(111129101)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 11.05.2015
Tezin Savunulduğu Tarih: 29.05.2015

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mehmet KARAKÖSE (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Erhan AKIN (F.Ü)

Prof. Dr. Mehmet AKIN (D.Ü)

MAYIS-2015

ÖNSÖZ

Hareketli gölge bölgelerinin tespiti birçok gerçek yaşam probleminin performansını ve doğruluğunu olumlu olarak etkilemektedir. Tez çalışmasında bu gölgelerin tespitinde hesapsal zeka kullanan görüntü işleme tabanlı iki farklı yöntem geliştirilmiştir. Literatürde gölge tespiti yapan benzer çalışmalara göre önerilen yöntemlerin gölge tespitini daha hızlı ve etkili gerçekleştirmesi ve uygun bir gerçek zamanlı sisteme uygulanarak sistem verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında yenilenebilir enerji üreten PV dizi görüntüleri üzerindeki gölge bölgeleri tespit edilerek, enerji üretim performansında artış sağlayacak yeniden düzenleşim yaklaşımlarına giriş parametresi olarak gönderilmektedir. Bu kapsam doğrultusunda hazırlanan çalışmanın, hem araştırmacılar için bir kaynak niteliği taşımasını hem de bu alanda geliştirilen yeni yöntemler için farklı bir bakış açısı olarak değerlendirilmesini umarım.

Bu çalışma süresince her konuda kendisini arkamda hissettiğim sayın danışman hocam Doç. Dr. Mehmet KARAKÖSE'e vermiş olduğu fikir ve önerilerinden dolayı teşekkür ediyorum.

Ayrıca tez süresince desteğinden ötürü değerli arkadaşlarım Veysel GÜNDÜZALP, Cengizhan YILDIZ ve İbrahim Levent BELENLİ'ye, ayrıca vaktini ayırıp çalışmalarına yardımcı olan Mehmet BAYĞIN'a ve hayatımın her anında ilgisini, anlayışını ve desteğini benden esirgemeyen eşim Aygül FIRILDAK'a ve aileme çok teşekkür ediyorum.

TEŞEKKÜR

Bu tezde geliştirilen yöntemler, 112E214'nolu TUBİTAK 1001 araştırma projesi ile desteklenmiştir. Tezdeki yazılımsal ve donanımsal uygulamaların temin edilmesinde maddi desteklerinden dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna teşekkür ederim.

Kazım FIRILDAK
ELAZIĞ - 2015

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
TABLolar LİSTESİ	XII
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XIII
KISALTMALAR LİSTESİ	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Görüntü İşleme İle Gölge Etkisi	1
1.2. Gerçek Yaşam Problemlerinde Gölge Etkisi	4
1.3. PV Dizilerde Gölgeleme Etkisi ve Yeniden Düzenleşim	5
1.4. Tezin Amacı ve Kapsamı	7
1.5. Tezin Yapısı	9
2. GÖLGE MODELİ VE ÖZELLİK ÇIKARIMI.....	10
2.1. Giriş	10
2.2. Gölge Oluşum Modelleri	11
2.3. Yansıma ve Aydınlanma Modeli	12
2.4. Gölge Özellikleri.....	13
2.4.1. Parlaklık	13
2.4.2. Renklilik.....	15
2.4.3. Fiziksel Özellikler.....	17
2.4.4. Geometrik Özellikler	17
2.4.5. Dokusal Özellikler	19

2.4.6	Zamansal Özellikler	19
2.5.	Özellik Çıkarımı.....	20
2.6.	Bölüm Değerlendirmesi	20
3.	GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI GÖLGE TESPİT ALGORİTMALARI	22
3.1.	Statik Gölge Tespit Algoritmaları.....	22
3.2.	Hareketli Gölge Tespit Algoritmaları	23
3.2.1.	Renklilik Tabanlı Yöntemler	27
3.2.2.	Fizik Tabanlı Yöntemler	29
3.2.3.	Geometrik Tabanlı Yöntemler	31
3.2.4.	Doku Tabanlı Yöntemler	34
3.3.	Deneysel Sonuçlar.....	38
3.4.	Bölüm Değerlendirmesi	40
4.	ÖNERİLEN GÖLGE TESPİT ALGORİTMALARI	41
4.1.	Yapay Bağışıklık Sistemi Tabanlı Gölge Tespit Algoritması	41
4.1.1.	Yapay Bağışıklık Sistemi	41
4.1.2.	Önerilen Yöntem.....	44
4.1.3.	Deneysel Sonuçları	50
4.2.	PV Diziler için Bulanık Mantık Kullanan Model Tabanlı Gölge Tespit Algoritması.....	52
4.2.1.	Model Tabanlı Gölge Tespiti	52
4.2.2.	Önerilen Yöntem.....	54
4.2.3.	Deneysel Sonuçlar.....	59
4.3.	Bölüm Değerlendirmesi	62

5.	PV DİZİLERDE YENİDEN DÜZENLEŞİM İÇİN GÖRÜNTÜ İŞLEME	
	TABANLI GÖLGE TESPİTİ	64
5.1.	PV Dizilerde Yeniden Düzenleşim	64
5.2.	DeneySEL Sonuçlar.....	65
5.3.	Bölüm Değerlendirmesi	72
6.	SONUÇLAR	73
	KAYNAKLAR	75
	EK-1	81
	ÖZGEÇMİŞ	82

ÖZET

Günümüzde birçok alanda kullanılan bilgisayar görmesi tabanlı algoritmalar, özellikle görüntü işleme teknolojilerinin ilerlemesiyle birlikte gerçek dünya problemlerinin çözümünde etkili olarak kullanılmaktadır. Özellikle endüstriyel problemlerde görüntü işleme algoritmalarının kullanımı, temassız ve sensörsüz yaklaşımlarla düşük maliyetli ve yüksek doğruluk çözümlerin geliştirilmesini sağlamaktadır.

Görüntü işleme teknikleri ile nesne tespiti, nesne takibi, kenar çıkarımı ve anomali tespiti gibi algoritmalarda performansı etkileyen faktörlerden birisi gölgedir. Bu nedenle literatürdeki çeşitli uygulamalarda gölgelerin tespitine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan en önemlisi hareketli taşıtların tespiti için nesneleri gölgelerinden ayırt etmeyi kolaylaştırmak için geliştirilen gölge tespit algoritmalarıdır. Gölge tespiti görüntü işleme açısından karmaşık bir problem olmakla birlikte uygulamaya göre çok çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bunlar, görüntülerdeki piksellerin renklilik değerlerini temel alan renklilik tabanlı algoritmalar, görüntünün fiziki özelliklerini kullanan fiziksel tabanlı algoritmalar, sahnelerdeki cisimlerin geometrik özelliklerinin kullanıldığı geometrik tabanlı algoritmalar ve piksel toplulukları birden fazla özellik de benzerlik göstermesiyle gruplanarak doku tabanlı algoritmalar olarak sınıflandırılır.

Bu tez çalışmasında ilk olarak gölge modeli oluşturularak çeşitli gölge tespit algoritmalarının farklı uygulamalardaki performansını ortaya koymak için deneysel veriler üzerinden karşılaştırma sonuçları elde edilmiştir. Sonrasında bu karşılaştırma sonuçlarından elde edilen bilgilere göre gerçek zamanlı kullanıma uygun yeni gölge tespit algoritmaları önerilmiştir. Tez çalışmasının esas amacını oluşturan üçüncü kısımda ise fotovoltak (PV) dizilerde çok önemli bir yeri olan gölgelerin tespiti için, tez kapsamında geliştirilen algoritmalar kullanılarak PV dizilerde yeniden düzenleşim yaklaşımı için giriş bilgileri elde edilmiştir. PV dizilerde etkili olarak gölgelerin ve gölge yoğunluklarının tespit edilerek maksimum enerjiyi verecek en iyi bağlantı konfigürasyonunu bulmak için kullanılan gölge tespit algoritması için yapay bağışıklık sistem tabanlı ve bulanık mantık tabanlı gölge tespit algoritması önerilmiş ve gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Önerilen gölge tespit algoritmaları deneysel veriler ile doğrulanarak birçok görüntü üzerinde test edilmiştir. Tez kapsamında özellikle PV dizilerde yeniden düzenleşim açısından ihtiyaç duyulan gölgelenme değerlerinin kameradan alınan görüntüler üzerinden

bulunması için geliştirilen gölge tespit algoritmalarının etkinliği çok çeşitli gölgelenme senaryoları ile ortaya konulmuştur. Elde edilen deneysel sonuçlar dikkate alındığında önerilen gerçek zamanlı gölge tespit algoritmalarının doğruluğu yüksek, karmaşıklığı düşük ve etkili olduğu görülmüştür. Özellikle PV dizilerde oluşan kısmi gölgelenmelerin yerlerinin ve yoğunluklarının tespiti sonucunda PV dizinin o an ki durumuna göre en yüksek gücü veren bağlantı düzeninin bulunması sağlanmış ve önemli oranda verimlilik artışı sağlanmıştır. Gerçekleştirilen uygulamalarda gölge tespit algoritmalarının görüntüdeki gürültü ve gölge ile benzerlik gösteren nesne bölümleri gibi noktalarda kısmen dezavantajları olsa da gürültüden arındırılmış, görüntüdeki nesne modellerinin bilindiği ve gölge bölgeleriyle benzer olmayan nesne bölgelerinin bulunduğu senaryolarda algoritmalar etkili sonuçlar vermektedirler.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında gölgelerin özellikleri ve modeli ortaya konulmuş, görüntü işleme tabanlı gölge tespit algoritmalarının performansı karşılaştırmalı olarak incelenmiş, yapay bağışık ve bulanık mantık tabanlı gölge tespit algoritmaları önerilmiş ve PV dizilerde yeniden düzenleşim amacıyla görüntü işleme tabanlı gölge tespit algoritmaları kullanılarak önemli avantajlar sunulmuştur. Yapılan çalışmalar ve önerilen yöntemlerin tamamı deneysel veriler üzerinden çeşitli senaryolar ile doğrulanmış ve gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Bu tez kapsamında hedeflenen algoritmaların geliştirilmesi için yapılan çalışmalar 112E214 numaralı TÜBİTAK 1001 araştırma projesi ile desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gölge tespit algoritmaları, Görüntü işleme, Fotovoltaik diziler, Yeniden düzenleşim, Gerçek zamanlı sistemler, Yapay bağışık sistem, Bulanık mantık.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF REAL-TIME SHADOW DETECTION ALGORITHMS FOR RECONFIGURATION IN PV ARRAYS

In today's, computer vision based algorithms are used in many fields such as in solving real-world problems with the progress of image processing technology. Especially, the use of image processing algorithms in industrial problems provides the development of low cost and high-precision solutions with lower computing costs and sensorless approaches.

One of the factors that affect performance such as object detection with image processing techniques, object tracking, edge detection and anomaly detection is shadow. Therefore, various applications in the literature are studied about the detection of the shadow. The most important one is shadow detection algorithms that have been developed to simplify distinguishing from the shadows to objects in order to detect moving vehicles. As well as, shadow detection is a complex problem in terms of image processing, various approaches are used according to applications. Chromaticity-based algorithms are based on chromaticity values of the pixels in the images, physically based algorithms that use the physical properties of the image, geometric-based algorithms that use geometric properties of objects in the scene and pixel communities grouped similarities in more than one property are classified as texture-based algorithms.

In the first place, in this thesis comparison results were obtained through the experimental data in order to demonstrate in different applications performances of shadow detection algorithms via creating a shadow model. After then, new shadow detection algorithms suitable for use in real-time have been proposed according to the information obtained from this comparison results. In the third part constitutes the main aim of the thesis, for shadow detection has a very important place of the photovoltaic(PV) array, input information was obtained re-configuring approach in the PV array by using algorithms developed within the thesis. Being effectively at PV orders, determining shadow and the intensity of shadow for the shadow determining algorithms which is used to find the best link configuration that is going to give maximum energy, artificial

immunity system based and fuzzy logic based of shadow detecting algorithm had been suggested and executed as real time.

Proposed shadow detection algorithms has been tested on many image with validated experimental data. The extent of thesis, developed activities of shadow detection algorithms has been demonstrated with several shadowing many scenarios in order to find needed especially in terms of re-configuring in the PV array shading values where the images taken from the camera. When the obtained experimental results taken into account, proposed real time shadow detection algorithms have been shown to be high accuracy, low-complexity and effective. Especially the a results of the determination place and intensity of partial shading that occurred in the PV array have obtained the highest power connection scheme according to current status of PV array and so has productivity gains in significant ratio. Although there are partial disadvantages as the point in object sections are similar to noise and shadow in image of application detection algorithms. Algorithms provide effective results in the scenarios which consist of clean of noise, it is known in the image of the object model and the dissimilar objects region to shadow region.

As a result at this thesis work, the qualifications and model of shadows had been presented, image entering based of shadow determining algorithm had been analyzed relatively, artificial immunity and dreamy logic based algorithms had been offered and with an aim for a new order at PV array, using image entering based shadow determining algorithm, important advantages had been presented. All of the studies and proposed methods validated with various scenarios on experimental data and carried out in real time.

The studies aimed to develop algorithms in this thesis is supported by TUBITAK 112E214 No. 1001 research project.

Keywords: Shadow detection algorithms, Image processing, photovoltaic arrays, Reconfiguration, Real-time systems, Artificial immune systems, Fuzzy logic

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1	Literatürde sunulan gölge tespit yönteminin uygulama sonucu [3].....	2
Şekil 1.2	Literatürde verilen doku tabanlı bir gölge tespit yönteminin akış diyagramı [22]	4
Şekil 1.3	Literatürde örnek bir taşıt sayma sistemi program çıktısı [24]	5
Şekil 1.4	Örnek bir PV dizi sahnesi ve gölgelenmesi [31]	6
Şekil 1.5	Örnek bir yeniden düzenleşim sistemi	6
Şekil 1.6	Örnek bir yeniden düzenleşim sistemi	7
Şekil 2.1	Gölge türleri [35, 36]	10
Şekil 2.2	Gölge oluşum modelleri [35]	11
Şekil 2.3	Gölgenin aydınlanma ve yansıma modeli [37]	12
Şekil 2.4	Parlaklık özelliğinin farklı sahnelerdeki değişimi	14
Şekil 2.5	Renklilik özelliğinin farklı sahnelerdeki değişimi	16
Şekil 2.6	Gölgeli nesnelerin geometrisi	18
Şekil 2.7	Farklı video sahnelerinde zamansal filtre kullanarak gölge tespiti [38]	19
Şekil 3.1	Gölge tespit yöntemleri	22
Şekil 3.2	Literatürdeki farklı gölge tespit algoritmalarının sonuçları	23
Şekil 3.3	Nesne tespit yöntemlerinde gölge etkisi	24
Şekil 3.4	Farklı video sahnelerindeki nesnelerin birbirlerine göre durumları	25
Şekil 3.5	Prati sınıflandırması [7, 32]	25
Şekil 3.6	Akış diyagramı [8]	28
Şekil 3.7	Renklilik tabanlı yöntemin farklı sahnelerdeki gölge tespit sonuçları	29
Şekil 3.8	Zayıf gölge detektörü [14]	30
Şekil 3.9	Fizik tabanlı yöntemin farklı sahnelerdeki gölge tespit sonuçları	31
Şekil 3.10	Geometrik tabanlı gölge tespit algoritması akış diyagramı [17]	32
Şekil 3.11	Geometrik sahne yorumu [17]	33
Şekil 3.12	Nesne bölgesi R için $(\bar{x}, \bar{y})$ ağırlık merkezi koordinatları ve θ açısı [17]	33
Şekil 3.13	Geometrik tabanlı yöntemin farklı sahnelerdeki gölge tespit sonuçları	34
Şekil 3.14	Doku tabanlı gölge tespit algoritması için aday gölge tespiti [21]	35
Şekil 3.15	İlişkili dokuların belirlenmesi	36
Şekil 3.16	Doku tabanlı yöntemin farklı sahnelerdeki gölge tespit sonuçları	37
Şekil 4.1	Klonal seçim algoritması [59, 60]	42

Şekil 4.2 Negatif seçim algoritması [59, 60]	45
Şekil 4.3 Geliştirilen negatif seçim tabanlı gölge tespit algoritması akış diyagramı ve sözde kodu	45
Şekil 4.4 Nesne tespit algoritması	46
Şekil 4.5 Renklilik değerinin lineer zayıflaması	48
Şekil 4.6 Literatürdeki örnek model tabanlı uygulama	53
Şekil 4.7 Örnek bir yeniden düzenleşim modeli.	54
Şekil 4.8 Bulanık mantık tabanlı gölge tespit algoritması akış diyagramı	55
Şekil 4.9 İlişkili bölge tespiti	56
Şekil 4.10 Bulanık mantık üyelik fonksiyonları	57
Şekil 4.11 Beagle board-xm kartı	60
Şekil 5.1 MPP değişimi [29]	65
Şekil 5.2 Tasarlanan örnek bir sistem modeli	66
Şekil 5.3 Örnek PV dizi sahnesi.....	66
Şekil 5.4 Tasarlanan yeniden düzenleşim sistem modeli.....	68
Şekil 5.5 PV sahne-1 yeniden düzenleşim sonucu.....	69
Şekil 5.6 PV sahne-2 yeniden düzenleşim sonucu.....	70
Şekil 5.7 PV sahne-3 yeniden düzenleşim sonucu.....	71

TABLÖLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Özellik çıkarımı	20
Tablo 3.1 Özellik tabanlı sınıflandırılmış bazı algoritmalar [1]	26
Tablo 3.2 Fizik tabanlı yöntemler	29
Tablo 3.3 Algoritmaların iç ve dış mekan sonuçları	39
Tablo 4.1 YBSTGT için iç ve dış mekan sonuçları.....	50
Tablo 4.2 Kural tablosu	58
Tablo 4.3 Farklı PV veri setlerinde bulanık mantık kullanan yöntemin sonuçları	61
Tablo 5.1 PV dizi sahnesinin ardışık video karelerinin gölge tespit sonucu	67
Tablo 5.2 PV dizi sahne-1 gölge tespit sonuçları	69
Tablo 5.3 PV dizi sahne-2 gölge tespit sonuçları	70
Tablo 5.4 PV dizi sahne-3 gölge tespit sonuçları	71

SEMBOLLER LİSTESİ

P	: Güç
V	: Gerilim
I	: Akım
E	: Eğitim veri kümesi
D	: Detektör kümesi
η	: Gölge tespit Oranı
ξ	: Nesne-gölge ayrışma oranı
t	: Yürütölme zamanı (msn)
W/m²	: Işıma

KISALTMALAR LİSTESİ

NTT	: Nesne Takip ve Tespit
PV	: Photo-voltaic (Fotovoltaik)
ÖP	: Önplan
AP	: Arkaplan
GMM	: Gaussian Mixture Metod
SP	: Series-Parallel
TCT	: Total-cross-tied
MPPT	: Maximum Power Point Tracking
MPP	: Maximum Power Point
IŞ	: Işıklılık
RB	: Renk Bozulması
YBSTGT	: Yapay Bağışık Sistem Tabanlı Gölge Tespiti
TP	: Doğru tahmin oranı
FN	: Yanlış tahmin oranı

1. GİRİŞ

Günümüz de insan ihtiyaçlarının artmasına paralel olarak bilgisayar teknolojileri hızlanarak gelişmektedir. Elektronik sayısallaştırılmış verinin işlenmesi fikrinin ortaya çıkmasından bu güne kadar sürekli gelişen bilgisayar teknolojilerinden olan görüntü işleme ve bilgisayar görmesi yöntemleri bilgisayar bilimcilerinin sıklıkla çalıştığı araştırma konularıdır.

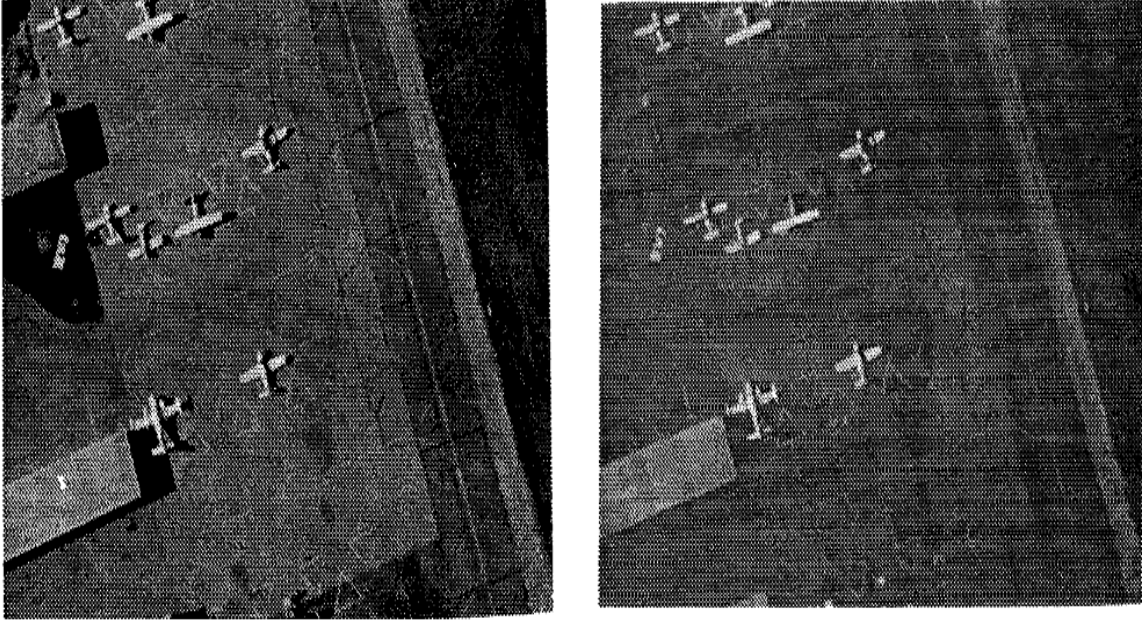
Görüntü işleme ve bilgisayar görmesi yöntemlerinden olan NTT (nesne takip ve tespit), imge bölütleme ve nesne tanıma uygulamalarının en temel problemlerinden biri gölgelerdir. Gölge, kendini oluşturan nesnelerle şekil ve hareket benzerlikleri göstermektedir. Bu durum NTT, imge bölütleme ve nesne tanıma yöntemlerinin doğruluğunu ve performansını olumsuz olarak etkilemektedir [1].

1.1. Görüntü İşleme ile Gölge Tespiti

Gölge tespit işlemi, imgeler ve videolar üzerinde uygulamanın amacına göre yürütülmektedir. İmgeler üzerinde yürütülen algoritmalar genellikle sahne bilgileri bilinen (aydınlanma değeri, ışık kaynağına ait fiziksel özellikler v.b.) model tabanlı uygulamalardır [2]. İmgelerdeki gölge tespiti ve kaldırılması ile ilgili ilk temel çalışma J. M. Scanlan vd. [3] tarafından 1990 yılında imgeler üzerinde gölgeleri kaldırmak için histogram değiştirmeli matematiksel bir model olarak sunulan yöntemdir. Yöntemin uydu imgelerine uygulanması ve sonuçları Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Daha sonra Jiang vd. tarafından [4] gölge tespiti için gölge geometrisi ve gölge parlaklığından faydalanılarak üç aşamalı bir model sunulmaktadır. Bu aşamalar:

- İlk seviyede imgedeki karanlık bölümler tespit edilmiştir.
- İkinci seviyede karanlık bölgelere özellik analizi uygulanarak, koyu bölgelerin iskeletlerinin üzerinde gölge bölgelerinin köşeleri belirlenmiş ve koyu bölgeler öz gölge ve gerçek gölge olarak alt bölgelere ayrılmıştır. Koyu bölgelerle bitişik nesne bölgeleri bulunmuştur.
- En son aşamada ise bir önceki sahneden elde edilen bilgiler üzerinde entegrasyon işlemi uygulanmış ve koyu alanlardaki gölge bölgeleri doğrulanmıştır.

Bu temel çalışmalar daha sonra geliştirilerek imgelerdeki gölgelerin tespiti ile alakalı çeşitli görüntü işleme yöntemleri önerilmiştir. Bunlardan kenar bilgisinin kullanıldığı [3, 5], alçak ve yüksek geçiren filtrelerin kullanıldığı [6] çalışmalar olarak literatürde imgeler için sunulan farklı gölge tespit yöntemleridir.



Şekil 1.1. Literatürde sunulan örnek gölge tespit yönteminin uygulama sonucu [3].

Hareketsiz nesnelerin bulunduğu imge sahnelerinin yanında video sahnelerindeki gölgelerin tespit edilmesi nesne tanıma, NTT gibi uygulamalar için performans ve doğruluğunu arttırmaktadır. Video karelerindeki gölgelerin tespiti için geliştirilen algoritmalar 2003 yılında Prati vd. [7] tarafından yöntemlerin geliştirilmesinde kullanılan matematiksel yaklaşım kullanılarak ve daha sonra Sanin vd. [1] tarafından özellik tabanlı olarak kategorilere ayrılıp performans analizleri yapılmıştır.

Video sahnelerindeki gölge bölgelerinin tespit eden algoritmalar, gölge tespitinde kullanılan özellikler dikkate alınarak 4 ana grupta sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflamada aşağıda gösterilmektedir [1].

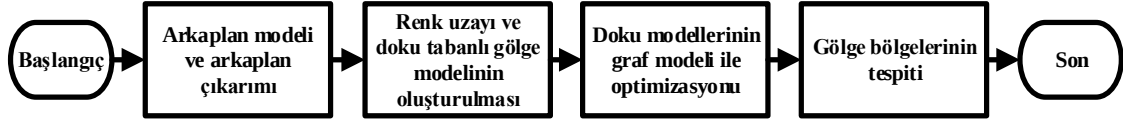
- Renklilik Tabanlı Algoritmalar
- Fizik Tabanlı Algoritmalar
- Geometrik Tabanlı Algoritmalar
- Doku Tabanlı Algoritmalar

Bu sınıflandırmanın ilk grubu renklilik tabanlı algoritmalarıdır. HSV [8], nRGB [9], YUV [10], $c_1c_2c_3$ [11] ve HSI [12] gibi renk uzayları, gölge bölgelerinin tespiti için kullanılmaktadır. Bu renk uzaylarını kullanan renklilik tabanlı algoritmalar, gölge ile nesne arasındaki ayrımı renklilik değerlerinin değişimine göre yapmaktadır. Uygulama kolaylığı ve hız kriterleri açısından renklilik tabanlı algoritmalar diğer algoritmalara göre üstünlük göstermektedir. Ancak bu sınıftaki algoritmalar videolardaki gürültüye karşı çok hassas olup gürültülü video karelerinde doğru sonuçlar vermeyebilir.

Özellik tabanlı sınıflandırmanın ikinci grubu fizik tabanlı yöntemlerdir. Fizik tabanlı yöntemler sahnelerin genellikle aydınlanma, yansıma bileşenlerini kullanmaktadır. Dikromatik yansıma modeli [13] ve ya genel yansıma modelini kullanan yöntemler [14] literatürde yüksek gölge tespit başarımları ile öne çıkmaktadır. Fizik tabanlı yöntemler GMM [14] ve yarı öğrenme tabanlı (semi supervised) [15] gibi öğrenme yöntemleriyle sahnelerin aydınlanma ve yansıma bileşenlerini öğrenirler. Fizik tabanlı yöntemlerde, nesneler arka plan ile benzerlik gösterdiği durumlarda nesnelerin aydınlanma ve yansıma değerleri gölge bölgeleriyle benzer sonuçlar vermektedir. Bu durum fizik tabanlı yöntemlerin önemli bir dezavantajıdır.

Geometrik tabanlı algoritmalar özellik tabanlı sınıflamanın üçüncü grubudur. Bu algoritmalar nesnelerin geometrik özelliklerinden faydalanmaktadır. Geometrik özellikleri önceden bilinen sahneleri kullanan algoritmaların çoğu nesne bölgelerinin geometrik olarak tanımlanabilen bir şekli olduğunu varsayarak [16], nesne-gölge ayrımını geometrik hesaplamalar yardımıyla yapmaktadır [17-19]. Nesnelerin her zaman tanımlanabilen şekli yoktur. Bu nedenle geometrik tabanlı algoritmalar farklı sahneler için genellenebilir değildir.

Özellik tabanlı sınıflandırmanın son grubu doku tabanlı yöntemlerdir. Doku tabanlı yöntemler nesne piksellerini gradyan yönü [20, 21], parlaklık ortalaması gibi kriterlere göre gruplamaktadır. Gruplama sırasında nesne bölgelerinden gölge bölgesi adaylarını belirlerken bazı yöntemler renklilik tabanlı yöntemleri [21], parlaklık bilgilerini [19] ya da çalışmaya özgü gölge modelini kullanmaktadır [22]. Bu tür yöntemler son olarak aday gölge bölgelerinin dokusal özelliklerine göre nesne parçası ya da gölge olarak son kararı vermektedirler. Literatürde yüksek gölge tespit oranıyla doku tabanlı algoritmalar diğer algoritmalara göre öne çıkmaktadır. Örnek bir doku tabanlı gölge tespit yönteminin aşamaları Şekil 1.2' de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Literatürde verilen doku tabanlı bir gölge tespit yönteminin akış diyagramı [22].

Şekil 1.2’de gösterilen akış diyagramına sahip yöntem ilk olarak nesne tespiti yapmaktadır. Daha sonra renk uzayından doku modelini oluşturmaktadır. Doku tabanlı yöntemin son aşamasında graf tabanlı bir optimizasyondur böylece algoritmanın son aşamasında gölge bölgeleri tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında önerilen yöntemlerin sınıflandırılmasında, analizinde ve literatürdeki yöntemlerin incelenmesinde özellik tabanlı sınıflandırmadan faydalanılacaktır.

1.2. Gerçek Yaşam Problemlerinde Gölge Etkisi

Birçok görüntü işleme ve bilgisayar görmesi metotları günlük hayata uygulanarak hayatı kolaylaştırıcı sonuçlar sağlanmaktadır. Bu tür uygulamalar genellikle gerçek zamanlı sistemler olarak adlandırılmaktadır. Taşıtların takibi ve trafik düzenlenmesi [23, 24], çok amaçlı robotlar [25], video tabanlı ziyaretçi sayma sistemleri [26] ve uydu imgelerinden binaların fiziksel özelliklerinin çıkarılması [27], fotovoltaiik (PhotoVoltaic - PV) dizilerde enerji üretim verimliliğinin artırılması [28] gibi uygulamalar literatürde sunulan görüntü işleme ve bilgisayar görmesi uygulamalarının bazı gerçek yaşam uygulamalarıdır. Bu uygulamalarda nesnelerin sahne üzerindeki gölgeleri sistemin sonucunu olumsuz olarak etkilemektedir. Örneğin, taşıt analizi yapan bir sistem için araçların yol üzerinde oluşan gölgeleri nesne tespit yöntemleri tarafından algılanmaktadır. Bu durum sistemin tutarlı çalışmasını engelleyerek taşıt sayma işlemlerinin yanlış sonuçlar vermesine neden olmaktadır. Örnek taşıt sayma sistemi Şekil 1.3’de gösterilmektedir. Bunun yanında görüntü işleme tabanlı ziyaretçi sayma sistemlerinde insanların kamera sahnesine düşen gölgeleri nesne gibi algılanabilir. Bu nedenle gölgelerin başka nesneler üzerine düşmesiyle birden fazla nesne tek bir nesne olarak tespit edilebilir. Bu durum sistem performans ve doğruluğunu olumsuz olarak etkilemektedir.



Şekil 1.3. Literatürdeki örnek bir taşıt sayma sistemi program çıktısı [24].

Gölgenin yukarıda belirtilen olumsuz durumlarının yanında uydu fotoğraflarındaki gölgelerde bina bilgilerinin tahmin edildiği model tabanlı uygulamalarda literatürde bulunmaktadır. Bu tür uygulamalar uydu görüntülerindeki bina gölgelerini tespit ederek binalar hakkında çıkarımda bulunmaktadır [27].

Literatürde birçok görüntü işleme ve ya bilgisayarlı görme sistemlerinde gölge tespit edilmesi gerçek yaşam problemlerinin doğruluk ve performansını olumlu şekilde etkilediği ve uygulama hassasiyetini arttırdığı gözlemlenmektedir.

1.3. PV Dizilerde Gölgeleme Etkisi ve Yeniden Düzenleşim

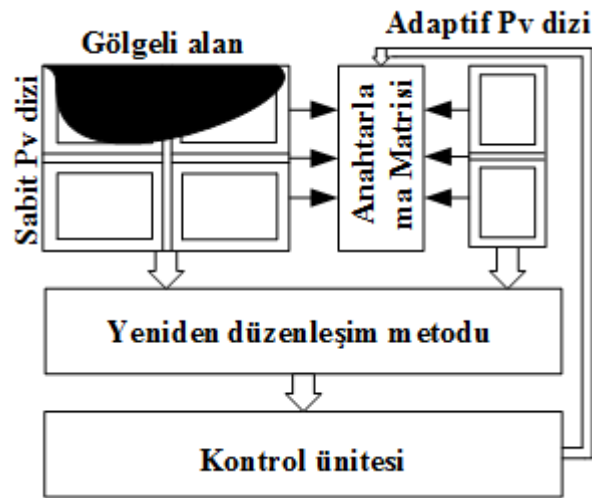
Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi PV paneller yardımıyla elektrik enerjine dönüştürülmektedir. PV paneller çeşitli bağlanma şekillerine göre PV dizileri oluşturmaktadır. PV diziler, hem maliyeti hemde uygulama kolaylığı açısından yenilenebilir enerji dönüşümünde öne çıkmaktadır [29].

PV dizilerin enerji üretim verimliliğini etkileyen en önemli neden tam ve kısmi gölgelemedir [29, 30]. Örnek PV dizi ve PV dizi gölgelemesi ile enerji üretim verimliliğindeki etkileşim Şekil 1.4’ de gösterilmektedir.



Şekil 1.4. Örnek bir PV dizi sahnesi ve gölgelenmesi [31]

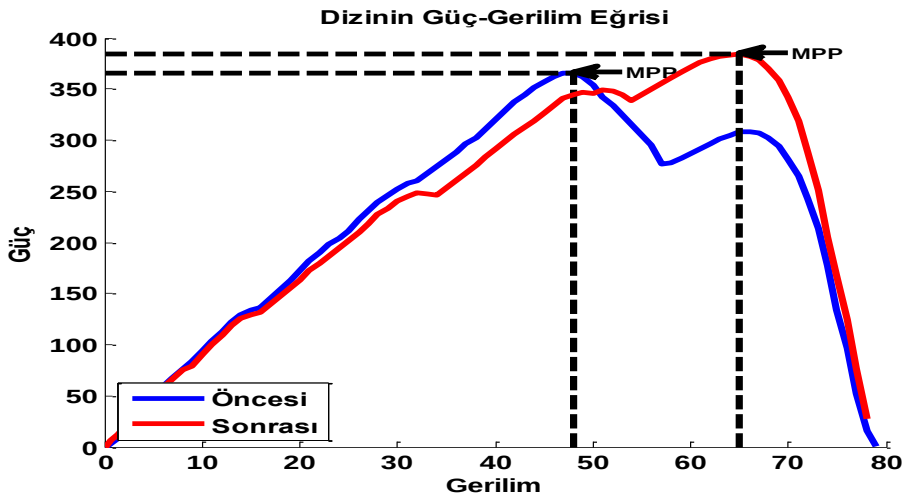
PV diziler gölge altında enerji üretim verimliliği azalmaktadır. Bu duruma birçok enerji üretim sisteminde maksimum güç izleme sistemleri ve yeniden düzenleme yaklaşımlarıyla tespit edilip giderilmeye çalışılmaktadır. PV diziler üzerinde yürütülen yeniden düzenleme yaklaşımları PV paneller üzerindeki gölgelerin tespit edilip gölgelenme etkisinde kalan panellerin anahtarlama devresiyle uygun panel diziliminin bulunmasıyla ile gerçekleştirilmektedir [29]. Şekil 1.5’ de örnek bir yeniden düzenleme sistem modeli gösterilmektedir.



Şekil 1.5. Örnek bir yeniden düzenleme sistemi

Şekil 1.5’de görüldüğü gibi panel üzerinde oluşan gölgelerin oluşturduğu sistem performansındaki azalmalar yeniden düzenleştirm yaklaşımlarıyla giderilmeye çalışılmaktadır. PV dizilerin enerji üretim performansını etkileyen gölgelenme etkisinin tespiti için P (Güç), I (Akım) ve V (Gerilim) bilgilerinin kullanıldığı yeniden düzenleştirm yaklaşımları literatürde bulunmaktadır [30, 31]. P, V, I değerlerinden yeniden düzenleştirm yapılması zor ve maliyetli bir işlemdir. Bu nedenle görüntü işleme tabanlı bir gölge tespit yöntemi ile gölge bölgesi belirlenen ve bu bilgilerle yeniden düzenleştirm yapan sistem literatürde sunulmaktadır [28].

Kısaca PV dizilerde enerji üretim verimliliğini etkileyen gölgeler, koyuluk değeri, gölge koordinat bilgileri görüntü işleme ve ya bu tezde de hedeflendiği gibi bilgisayar görmesi yöntemleriyle temassız olarak belirlenebilir. PV dizilerin yeniden düzenleştirm işlemi yapılarak enerji verimliliği artırılmaktadır. Örnek bir PV dizi sahnesinde yeniden düzenleştirm sonrası ve öncesi enerji üretim verimliliği Şekil 1.6’da gösterilmektedir. Görüntü işleme tabanlı etkili bir gölge tespit yönteminin yeniden düzenleştirm yaklaşımlarıyla kullanıldığında PV dizilerde etkili bir enerji üretim verimliliği sağlamaktadır.



Şekil 1.6. Örnek bir yeniden düzenleştirm yaklaşımı ile enerji üretim verimliliğinin değişimi.

1.4. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında incelenen gölge tespit yöntemlerinin çoğu gölgeleri matematiksel olarak modellemektedir. Ancak çoğu video ve ya imge sahnesindeki gölgeler matematiksel olarak modellenemeyen şekilde değişim göstermektedir. Bunun temel nedeni nesnelere ait

görüntülerin alındığı kameralar ya da fotoğraf makinelerinin bulunduğu ortamların aydınlanma değişimi, ışık kaynağının sayısı, ışık kaynağının sahneyi aydınlatma açısı gibi özelliklerin önceden tahmin edilemeyen bir yapısı olmasından kaynaklanır.

Literatürde gölge tespiti için geliştirilmiş ve gölgelerin matematiksel olarak modellini kullanmayan hesapsal zeka yaklaşımları bulunmaktadır. Bu yaklaşımlardan biri olan Boroujeni vd. [32] önerdiği iki katmanlı uzman sistem ağı eğitim verilerinin kullanılarak gölgenin tespiti gerçekleştirilmektedir. Başka bir çalışmada, granüllü bulanık ağ yapısını kullanarak imgeler üzerindeki gölge bölgelerinin tespiti yapılmaktadır [33]. Farklı bir çalışmada ise bulanık gölge sınır belirleme yöntemiyle gölge bölgelerinin tespiti için hesapsal zeka yaklaşımlarından yararlanılmaktadır [34].

Bu tez çalışmasında, görüntü işleme tabanlı hesapsal zeka yöntemlerini kullanan gölge tespit algoritmaları geliştirilmektedir. Tez çalışması süresince geliştirilecek algoritmaların temel amaçları kameradan alınacak görüntüler üzerindeki gölgelerin belirlenmesi, bu gölgelerin bütün imgedeki koordinatlarının çıkarılması, ilgili gölgenin toplam alandaki oranının bulunması ve gölgenin yoğunluğunun hesaplanmasıdır. Bunun yanında geliştirilen algoritmalar PV dizi sahnelerinde kullanılarak enerji üretim verimliliğinde artışlar sağlanmaktadır. Bu çerçevede tezin genel amaçları aşağıdaki şekilde verilmektedir.

- Kameradan alınan görüntüler üzerinde gerçek zamanlı gölge belirleme yapacak etkili algoritmaların geliştirilmesi ve deneysel sonuçlarının elde edilmesi,
- Geliştirilen gölge tespit algoritmaları ile gölgenin koordinatları, gölge oranı özelliklerinin elde edilmesi ve doğrulanması,
- Geliştirilen algoritmaların gerçek zamanlı bir çalışan bir sistemde uygulanarak deneysel olarak gerçekleştirilmesi,
- Geliştirilen algoritmaların literatürdeki yöntemlerle karşılaştırılması ve karşılaştırılma sonuçlarının verilmesi.

Literatürde gölge tespiti ile alakalı birçok çalışmalar bulunmasına karşı PV paneller üzerindeki gölge tespit ve hesapsal zeka tabanlı iki farklı yöntem bu tez çalışması süresince yayınlanmak üzere kabul edilen bilimsel yayın çalışmaları olarak sunulmaktadır.

- Karaköse M., Fırıldak K., 2015. A Shadow Detection Approach Based on Fuzzy Logic Using Images Obtained from PV Array, ICMSAO, İstanbul, Turkey, 27-29 May,
- Fırıldak K., Karaköse M., 2015. Negatif Seçim Tabanlı Gölge Tespiti, SIU 2015, Malatya, 16-18 Mayıs.

1.5.Tezin Yapısı

Tez çalışmasının ilk bölümü giriş kısmı olup, bu bölümde imge ve video sahnelerindeki gölge bölgelerinin tespitinin önemi ve literatürdeki gölge tespit algoritmaları hakkında genel bilgiler verilmektedir. Ayrıca güncel algoritmaların kullanım alanları hakkında detaylı bilgiler sunulmaktadır.

İkinci bölümde gölgenin farklı bilimsel alanlardaki yorumu ve literatürdeki gölge özellikleri ayrıntılı olarak incelenmektedir. Gölgenin matematiksel, fiziksel ve geometrik yorumu hakkında detaylı bilgiler verilerek açıklanmaktadır. Ayrıca gölge tespit algoritmalarının genel olarak kullandığı sahnelerdeki gölge özellikleri olan parlaklık, renk, fiziksel, geometrik, doku ve zamansal öğeler detaylı olarak açıklanmaktadır.

Üçüncü bölümde son onbeş yılda video sahnelerinde yürütülen ve literatürde öne çıkan algoritmalar özellik tabanlı sınıflandırma yardımıyla karşılaştırılarak sunulmaktadır. Algoritmaların farklı sahnelerdeki yürütülme zamanı, gölge tespit ve nesne gölge ayırıştırma oranları verilmektedir.

Dördüncü bölümde tez çalışması boyunca edinilen bilgi ve beceriler ışığında bazı hesapsal zeka yöntemlerini gölge tespiti için uyarlayıp gerçekleştirilmektedir. Bunun yanında literatürdeki yöntemlerle önerilen yöntemler karşılaştırılıp gerçek zamanlı ve deneysel sonuçlar sunulmaktadır.

Beşinci bölümde gerçek zamanlı PV dizi sahnelerindeki gölgeler, uygulanan görüntü işleme tabanlı gölge tespit algoritmaları yardımıyla tespit edilmektedir. Daha sonra yeniden düzenleşim yaklaşımları, giriş verisi olarak gelen gölge bölgelerinin durumundan faydalanılarak en iyi dizi ayarlamasını gerçekleştirmektedir. Böylece PV dizilerde enerji üretim performansında önemli artışlar sağlandığı gözlemlenmektedir..

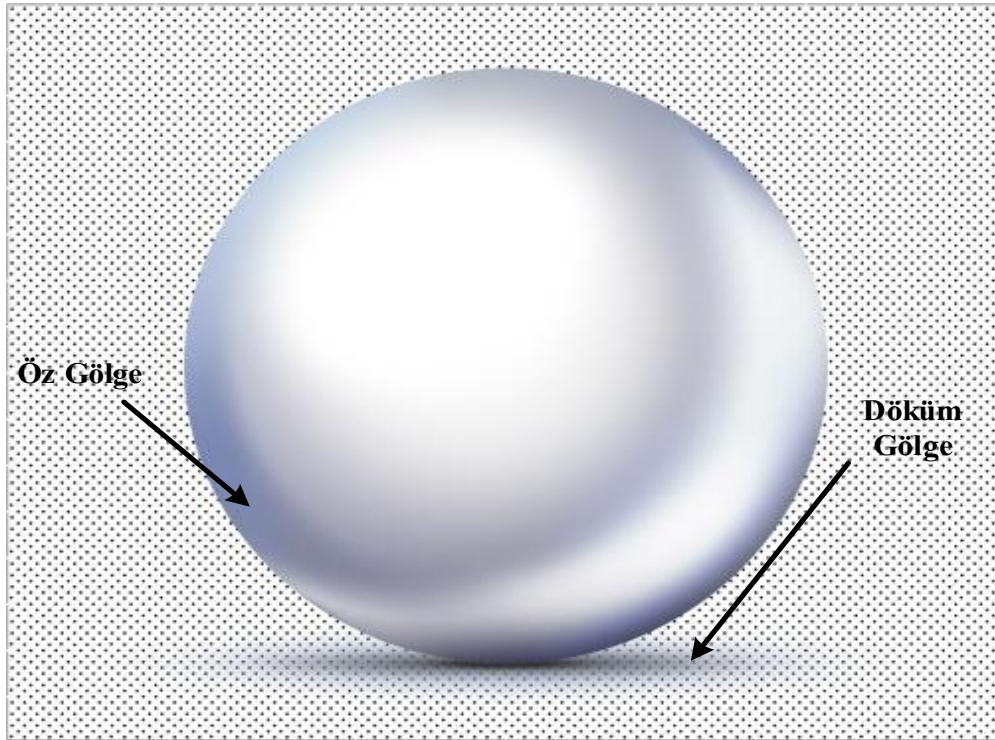
Altıncı ve son bölümde tez süresi boyunca incelenen ve önerilen yöntemler hakkında varılacak sonuçlar ve ileride yapılabilecek çalışmalara yol göstermek adına önerilerde bulunmaktadır.

2. GÖLGE MODELİ VE ÖZELLİK ÇIKARIMI

2.1. Giriş

Saydam olmayan cismin ışık kaynağının önünü tıkamasıyla bulunulan ortamda oluşan koyuluğa gölge denir [35]. Gölge temelde iki ana gruba ayrılır öz (self) gölge; ışığın tıkanmasına neden olan cismin üzerinde oluşan koyuluktur, döküm (cast) gölge ise ışık kaynağını tıkayan cismin ortamdaki diğer bölgeler üzerinde oluşturduğu koyuluk olarak adlandırılmaktadır.

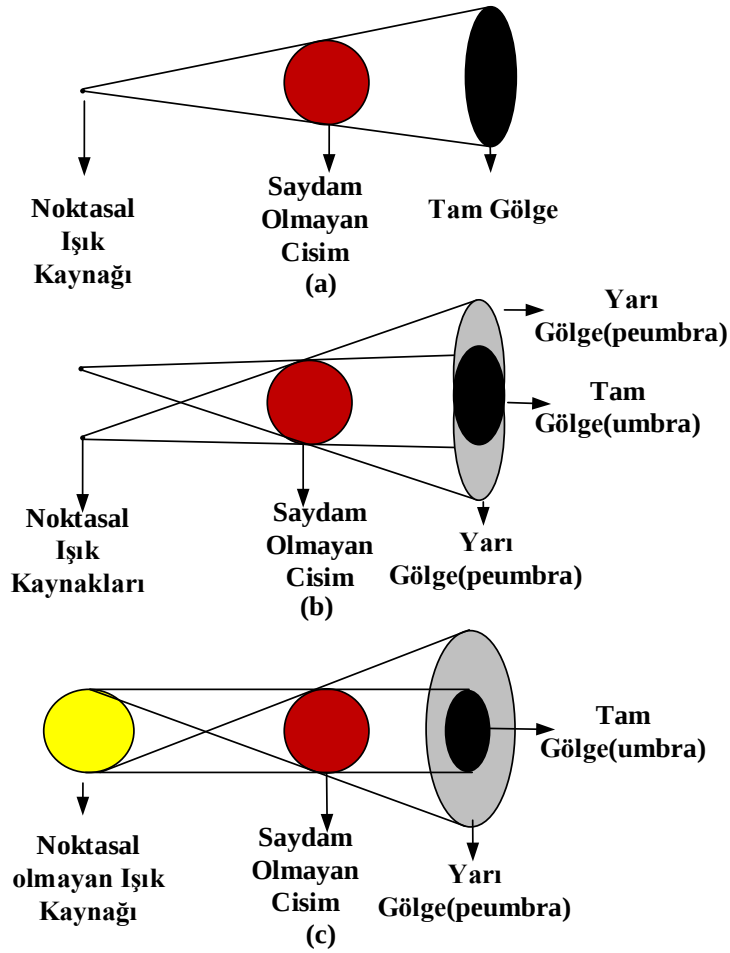
Döküm gölge temelde yarı gölge (penumbra) ve tam gölge (umbra) olmak üzere iki alt başlıkta incelenir. Tam gölge; bir ışık kaynağının aydınlatığı cismin sahne üzerinde oluşturduğu ışık kaynağı tarafından aydınlanmayan koyuluktur. Tam gölge bölgesi başka hiçbir ışık kaynağı tarafından aydınlatılmayan bölge olarak ifade edilebilir. Yarı gölge; noktasal olmayan ya da birden fazla noktasal ışık kaynağının bir cismi aydınlatması sonucu sahnede ve az da olsa aydınlanan bölgelerde oluşan gölgedir. Ortamdaki ışık kaynağı ya da ışık kaynakları tarafından döküm (cast) gölge bölümü aydınlatılırsa yarı gölge oluşmaktadır. Şekil 2.1’de gölge türleri detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Gölge türleri [35, 36].

2.2. Gölge Oluşum Modelleri

Gölge oluşumu, ışık kaynağının görüntüdeki aydınlatma açısı, aydınlanma şiddetiyle ve ışık kaynağının sayısına göre değişir. Işık kaynağının görüntüyü aydınlatma konumu gölgenin görüntüdeki yönünü de tayin eder. Şekil 2.2 gölge oluşum durumlarının bazıları gösterilmiştir. Şekil 2.2 (a) noktasal ışık kaynağı ve tam gölge oluşum durumu, (b) iki farklı noktasal ışık kaynağının düşeyde farklı konumlardaki durumu ve tam ve yarı gölge oluşum durumu, (c) noktasal olmayan ışık kaynağı durumu özetlenmiştir. Işık kaynağı ile cisim arasındaki birçok kombinasyon ışığın yayılma prensibine göre değişik gölge oluşumları gerçekleştirebilir.



Şekil 2.2. Gölge oluşum modelleri [35] (a) Noktasal ışık kaynağı ile gölge oluşumu (b) İki noktasal ışık kaynağı ile gölge oluşumu (c) noktasal olmayan ışık kaynağı ile gölge oluşumu.

2.3. Yansıma ve Aydınlanma Modeli

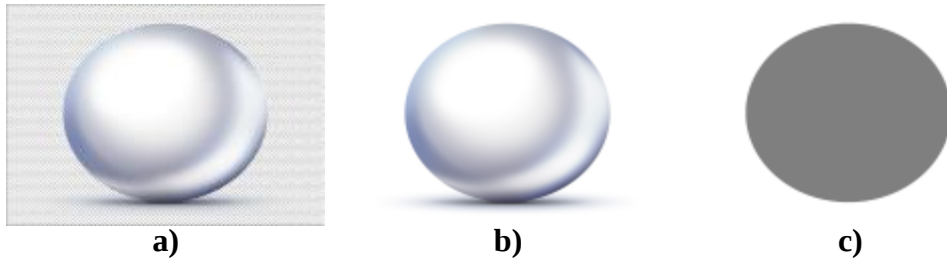
Gölge tespit algoritmalarının birçoğu gölge modeli, yansıma ve aydınlanma modelini temel alarak işlemlerini yürütür. Dijital bir kamera ortamın görüntüsünü, aydınlanma kaynak ya da kaynaklarından çıkan ışınların cisim üzerindeki yansımasıyla algılar. Görüntü üzerindeki q pikselinin, (x, y) koordinatlarında ve t zamanında **yansıma modeli** Denklem (2.1) numaralı denklemde gösterilmiştir [36].

$$\psi_t(x, y) = \zeta_t(x, y)\rho_t(x, y) \quad (2.1)$$

Burada q yüzeyine karşılık gelen yansıma $\rho_t(x, y)$ ile ifade edilir. $\zeta_t(x, y)$, $N(x, y)$ yüzey normalli ışık kaynağının $L(x, y)$ yönlü fonksiyonudur. Direkt ışık kaynağının parlaklığı c_p , çevrenin ışık kaynağı c_a , q noktasındaki pikselin aydınlanma fonksiyonu $\zeta_t(x, y)$ Denklem (2.2)'de verilmektedir [36]:

$$\zeta_t(x, y) = \begin{cases} c_p N_{x,y} L_{x,y} + c_a & \text{nesne} \\ \lambda_{x,y} c_p N_{x,y} L_{xy} + c_a & \text{yarıgölge} \\ c_A & \text{gölge} \end{cases} \quad (2.2)$$

$\lambda_{x,y}$, yarı gölgenin geçişlerini tanımlayan $0 < \lambda_{x,y} < 1$ arasında ışık kaynağına ve sahnenin geometrisine bağlı olarak değişen bir değerdir. Denklem (2.2)'de Lambert kosinüs kanununu temel alarak aydınlatılan görüntünün aydınlanmadan sonra, gölgenin kaldırılmasından önceki durumu modellenmektedir. Bu modele kısaca **aydınlanma** ya da **gölge modeli** denir. Görüntü üzerindeki aydınlanma ve yansıma modeli Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Gölgenin aydınlanma ve yansıma modeli [37] (a) Orijinal görüntü (b) Aydınlanma modeli (c) Yansıma modeli.

Gölge modelini kullanan algoritmalar Denklem (2.2)'nin yanı sıra aşağıdaki varsayımlara dayanarak görüntüler üzerindeki nesne, gölge ayrımı genel olarak yapılmaktadır. Bunlar:

- Işık kaynağını şiddeti c_p değeri büyüdükçe pikseller üzerindeki atılacak gölge büyür.
- Görüntü alan dijital kamera sabittir.
- Işık kaynağının nesneye uzaklığı, nesnenin bulunduğu sabit AP'ye olan uzaklığından fazladır.
- Sabit arka plan bir düzlemdir.

2.4. Gölge Özellikleri

Gölge tespit algoritmaları, temelde gölgenin özellikleri ve aydınlanma ve yansıma bileşenleri kullanılarak geliştirilmiştir. Bu özellikler bir imge veya video sahnesindeki gölge bölgelerinin, diğer kısımlarda ayıran parlaklık, renklilik, fiziksel, geometrik, doku ve zamansal özelliklerdir. Bu bölümde verilen özellikler kullanımına izin verilen CAVAIR [38], LAB [39], HIGHWAY [40] veri setleri kullanılarak açıklanmaktadır.

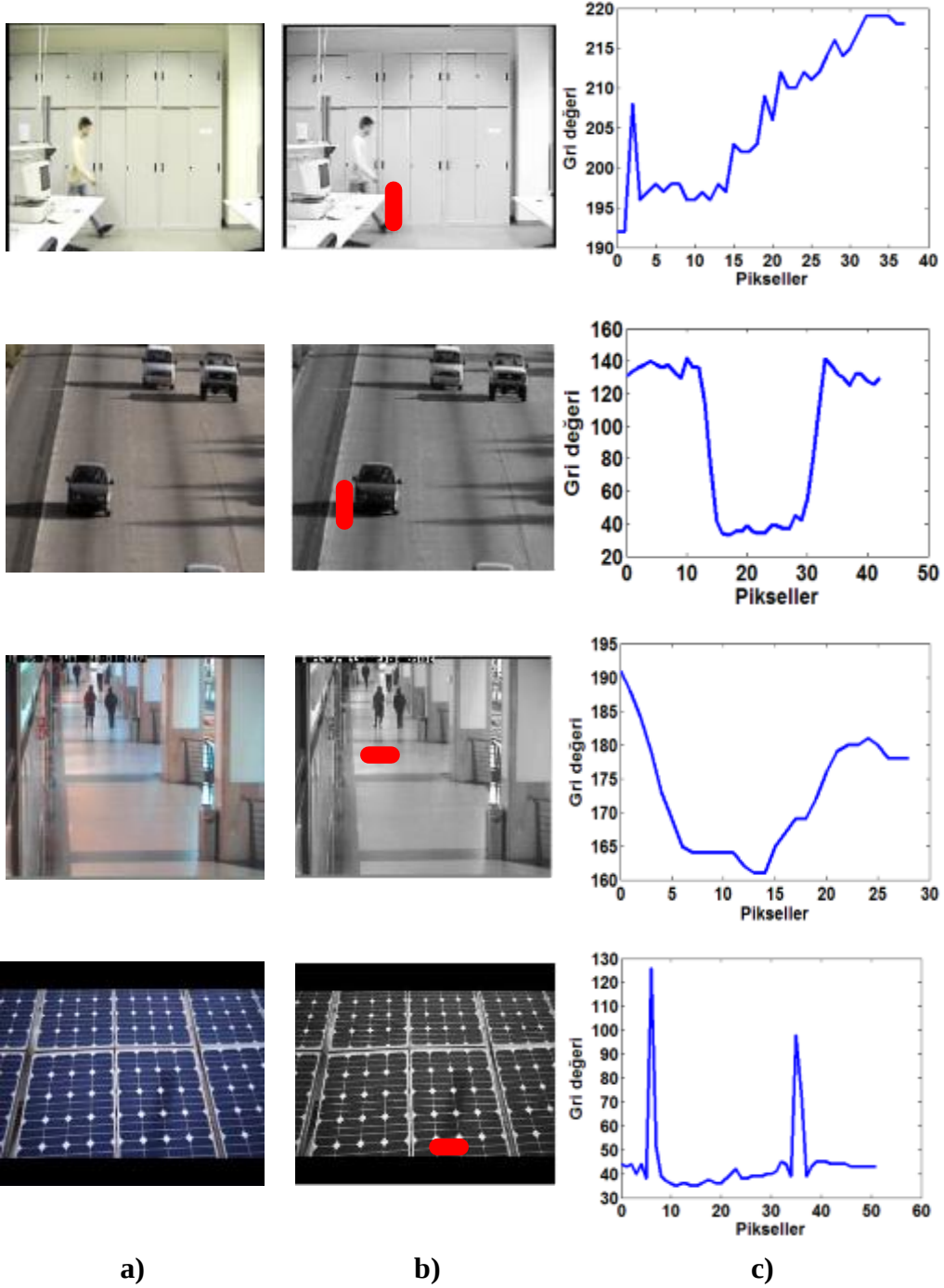
2.4.1. Parlaklık

Gölge oluşum biçimine kısaca ışık kaynağını engelleyen cisimden başlayarak oluşan koyuluk diyebiliriz. Mevcut imgenin parlaklık değerinin ortalama değerinin altında kalan pikseller gölge olarak sınıflandırılabilir [14]. Parlaklık değeri, ortalama bir imgede ışık kaynağının kamera ile çekilen sahne arasındaki uzaklık ve cisimlere geliş açısına bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Gölge tespit algoritmaları parlaklık değerini kullanarak doğru bir hesaplama her durumda yapamayabilir. Koyuluk değeri yüksek olan siyah renk ve türevlerinin bulunduğu sahnelerde parlaklık gölge ile nesnelerin ayrımı için yeterli değildir. Bu da kısaca gölge tespiti parlaklık değeri önemli bir kriter olduğunu ancak tek başına doğru sonuçlar vermediğini göstermektedir. Şekil 2.4'de kırmızı çizgilerle işaretlenen farklı sahnelerdeki gölge örneklerinin analizi Matlab 2009'un "improfile" fonksiyonu ile gri renk uzayındaki parlaklık değişimi gösterilmektedir.

improfile(sahne, [x₁, x₂], [y₁, y₂])

“improfile” fonksiyonun giriş parametresi olan “sahne” değişkeni analiz yapılacak gri formattaki imgedir. $[x_1, x_2]$ değeri ise örnek alınan doğrusal bölgenin x koordinatlarını, $[y_1, y_2]$ ise y koordinat aralığıdır.



Şekil 2.4. Parlaklık özelliğinin farklı sahnelerdeki değişimi (a) Orijinal video sahnesi (b) Gri imge sahnesi (c) Video sahnelerinde alınan gölge kesitlerinin gri imgedeki parlaklık değişimi.

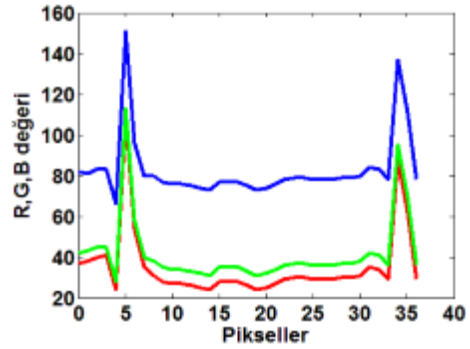
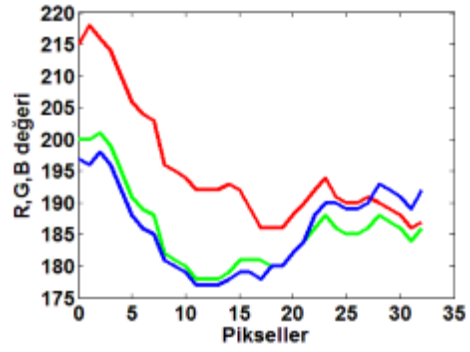
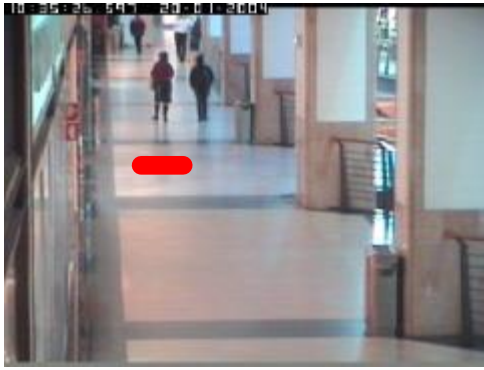
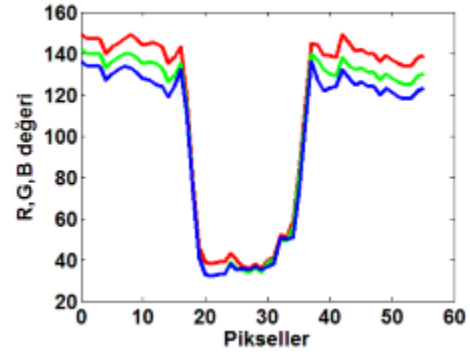
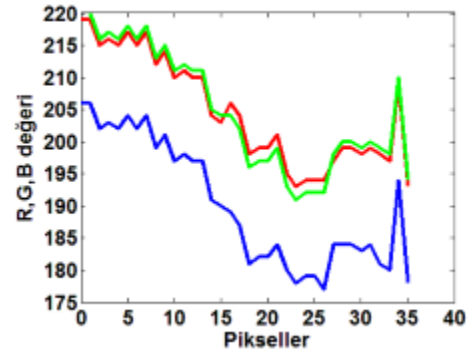
Şekil 2.4 (a)'da RGB renk uzayındaki farklı sahnelerin görüntüleri verilmektedir. (b)'de sahnelerin gri formattaki değerleri gösterilmektedir. (c)'de ise, (b)'de kırmızı çizgilerle gösterilmiş gölge bölgelerinin gölgesiz alana göre parlaklık değişiminin analiz sonuçları verilmektedir. Şekil 2.4'de görüldüğü gibi gölge bölgelerinde genel olarak parlaklık değerinde belirgin bir zayıflama meydana gelmektedir.

2.4.2. Renklilik

Birçok gölge tespit algoritması gölgenin renk özelliklerini kullanmaktadır. Bu tür algoritmalar gölgenin renk değerinin değişiminden faydalanmaktadırlar. Renk uzaylarından HSI, HSV, YIQ ve nRGB renklilikler arasında geçişlerin iyi tanımlandığı renk uzayı standartlarıdır.

Video karelerinde ve statik imgelerde renk geçiş modeli olarak tanımlanan gölge bölgelerinde lineer bir zayıflama modeline dayanılarak gölge bölgeleri tespit edilmeye çalışılır. Örneğin yeşil bir piksel gölge üzerine düştüğünde koyu yeşile dönüşür. Fakat her koyu yeşil gölge pikseli olarak sınıflandırılmaz. Gölgelerin tespitinde HSV [8], HSI [12], YIQ [10], nRGB [9] renk uzaylarının kullanıldığı birçok algoritma geliştirilmiştir. RGB renk uzayındaki R, G, B değerlerinin gölge bölgelerindeki değişimi Şekil 2.5'de gösterilmiştir. Renklilik değerleri değişimi Matlab 2009'da bulunan improfile fonksiyonu kullanılarak renk değerleri analiz edilmektedir.

Şekil 2.5 (a)'da kırmızı çizgilerle gösterilen piksel topluluklarının renklilik analizi yapılarak (b) de renk değişim grafiği verilmektedir. Burada RGB renk uzayındaki renk değerlerinin genellikle zayıfladığı gözlemlenmektedir. Ayrıca HSV renk uzayındaki gölge bölgesindeki renklilik değişimleri H (Hue) değeri sarı, yeşil ve mavi renklerde değişmediği diğer renklerde artış gösterdiği, S (Saturation) değeri bütün renklerde arttığı, V (Value) değerinin bütün renk bileşenlerinde azaldığı gözlemlenmektedir [41]. HSI ve YIQ gibi renk uzaylarında gölge bölgelerindeki değişim renk değerlerinde azalma, artma ve ya değişmeme olarak karşımıza çıkmaktadır [41].



a)

b)

Şekil 2.5. Renklilik özelliğinin farklı sahnelerdeki değişimi (a) Orijinal video sahnesi [38-40] (b) Video sahnelerinde alınan gölge kesitlerinin RGB değerlerinin renk değişimi.

2.4.3. Fiziksel Özellikler

Parlaklık ve renklilik özellikleri gölge bölgesinde genel olarak lineer bir zayıflama gösterir. Bu lineer zayıflama modeli imgelerin beyaz ışık altında olduğunu varsaymaktadır [13]. Ancak genellikle bu durum oluşmamaktadır. Dünyada iki önemli ışık kaynağı vardır. Bunlardan ilki güneş ışığı, diğeri gökyüzü ışık kaynağıdır (mavi ışık). Güneş ışığı havanın açık olduğu durumlarda diğeri ışık kaynaklarını baskılar. Bulutluluk oranı, astronomik olaylar (güneş tutulması) gibi durumlarda güneş ışığının etkisi azaltır. Bununla birlikte gölge bölgelerinin renklilik değerleri mavi bileşene doğru kaymaktadır [15].

Araştırmacılar güneş ışığıyla birlikte gökyüzü ışık kaynağını da hesaba katan lineer zayıflama modelinin aksine bir lineer olmayan zayıflama modeli sunmaktadırlar [14]. Bu durumda gölge bölgelerinin renk değişimini en iyi şekilde açıklamayı amaçlamaktadır [15, 43-45].

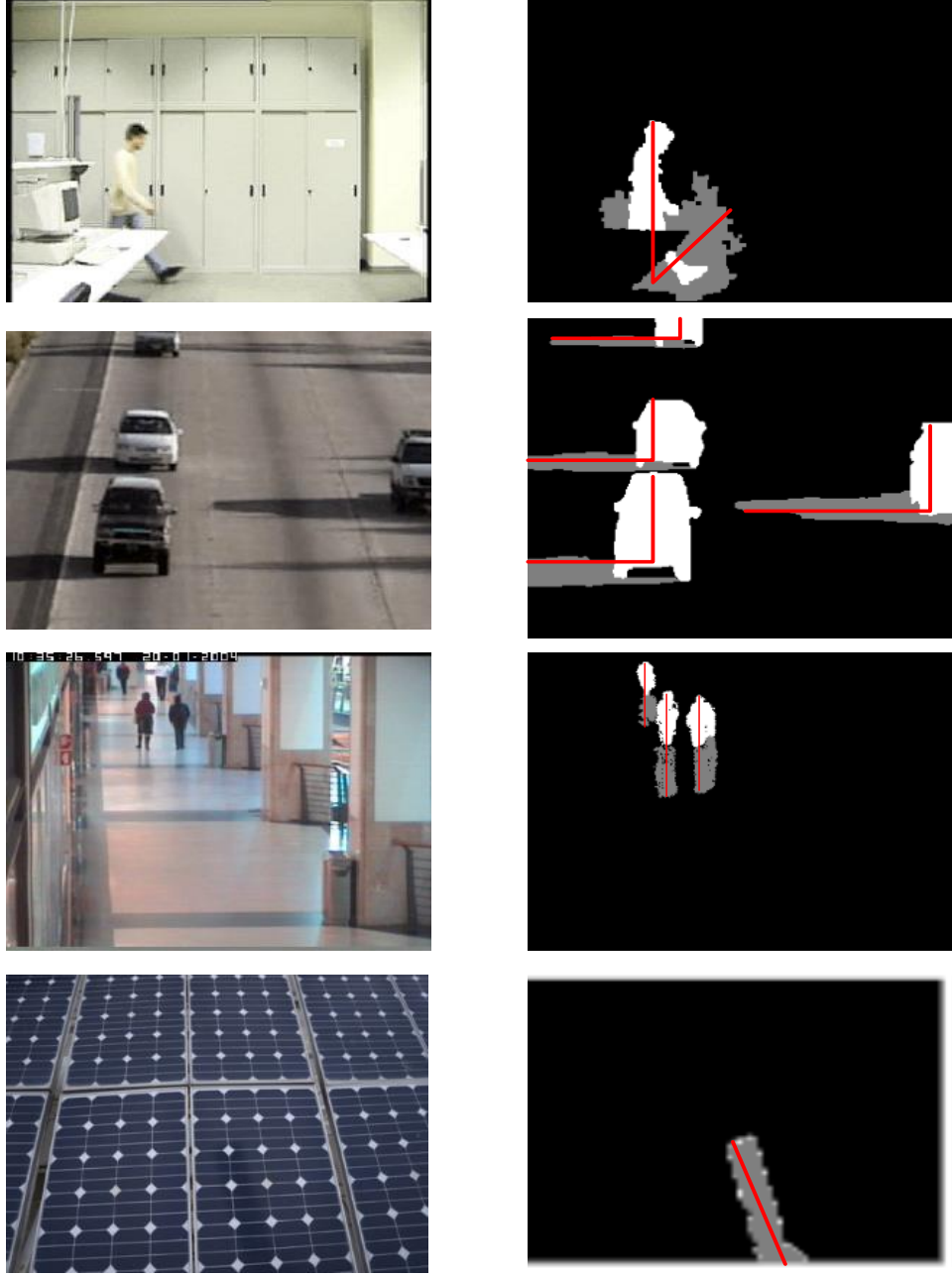
Literatürde fiziksel özellikleri kullanan metotlar, genellikle iç mekan ve dış mekan ışık kaynağı aydınlatma değerlerini hesaplamalarından dolayı renklilik özellikleri kullanan metotlara göre daha iyi sonuçlara ulaşmışlardır.

2.4.4. Geometrik Özellikler

Nesneler ve bu nesnelerin gölgeleri, geometrik olarak birbiriyle ilişkilidir. Işık kaynağının, gölgeyi oluşturan cismin aydınlatma açısı ve cisme olan uzaklığı gölgenin cisim ile yapacağı açıyı ve gölgenin boyunu belirler [17, 46, 47]. Ancak bu özellikleri kullanan yaklaşımlar özel şekilleri olan nesneler, insanlar ve araçlar gibi fiziksel modeli bilinen cisimlerde yüksek gölge tespit sonuçları verir.

Yürüyen, ayakta duran insanlar [16] ile çeşitli araçlar [47] üzerinde literatürde deneyler yapılmıştır. Bu çalışmalar genellikle tek bir ışık kaynağı olduğunu ve cisimlerin bulunduğu arka planın düz bir yüzey olduğunu varsayar.

Geometrik özellikleri kullanan gölge tespit metotları, video görüntülerindeki nesneleri tek bir cisim olarak görür. Yani cisimleri birbirinin belli bölgelerini kaplayan birden fazla nesneleri ve bu nesnelerin gölgelerini tespit edemez. Farklı senaryolardaki cisimlerin gölgelerinin geometrik yorumu ve gölge tespit sonucu Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



a)

b)

Şekil 2.6. Gölge nesnelerin geometrisi (a) Orijinal video sahnesi [38-40] (b) Video sahnelerinde alınan gölge kesitlerinin geometrik yorumu.

Şekil 2.6’de görüldüğü gibi (a) gölge ya da gölge nesne sahnelerinin RGB renk uzayındaki görüntüleridir. (b)’de ise gölge ve nesne arasındaki geometrik yapı kırmızı çizgilerle belirtilmektedir. Şekil 2.6’deki sahnelerde de görüldüğü gibi gölge geometrisi her ortama genellenebilir değildir. Uygulanacak ortam, aydınlanma değeri, aydınlanma acısı ve sahneye giren nesnelerin şeklinin bilinmesiyle geometrik özellikler etkili sonuçlar vermektedir.

2.4.5. Dokusal Özellikler

İmgelerdeki, pikseller arasında yakınlık, renklilik, parlaklık gibi özelliklerde benzerlik gösteren piksel gruplarına imge dokuları denir. İmge dokuları gölge tespitinde kullanılan ve yüksek gölge tespit oranı veren bir özelliktir.

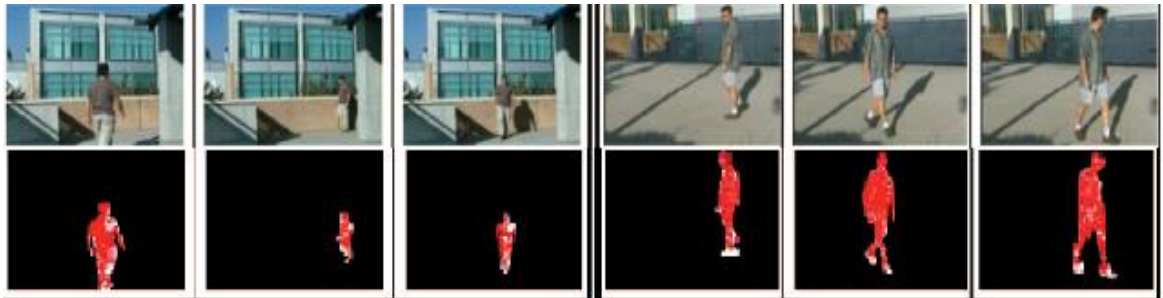
Dokusal özellikler gölge tespit yöntemlerinde temelde 2 adımda kullanılır. Bunlar:

- İlk olarak aday gölge pikseli ya da gölge bölgelerinin seçimi yapılmaktadır. Aday gölge bölgelerinin seçimi özelleştirilmiş bir gölge algılayıcı tarafından renklilik ve ya benzeri bir özellik yardımıyla gerçekleştirilmektedir.
- Son olarak aday piksellerin ya da bölgelerin gölge ya da nesne olarak sınıflandırılmasıdır. Bu sınıflandırma işlemi literatürde farklı yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bunlar normalleştirilmiş çapraz ilişki [19], dikdörtgen dönüşümü [48], gabor filtresi [49] gibi yöntemler doku ilişkileri için kullanılmış matematiksel modellerdir.

Dokusal ilişkiler gölge tespit yöntemleri için son yıllarda genel olarak kullanılan en yaygın özelliklerdir. Dokusal özellikler ileriki bölümlerde detaylı olarak açıklanmaktadır.

2.4.6. Zamansal Özellikler

Video karelerindeki nesnelere ait gölgeleri tespit etmek için zamansal özellikler kullanılabilir. Gölgeler onları üreten nesnelerde aynı hareketleri yapar. Bu bilgiye dayanılarak zamana bağlı olarak koyuluk değeri artan pikseller bir tutarlılık filtresi kullanılarak tespit edilir [13]. Naidimi vd. [13] kullandığı zamansal tutarlılık filtresinin gölge tespitinde kullanılması ve gölge tespit sonucu Şekil 2.7’de gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Farklı video sahnelerinde zamansal filtre kullanılarak gölge tespiti [13].

2.5. Özellik Çıkarımı

Video sahnelerinden ve ya imgelerden alınan görüntü verileri üzerinde gölge bölgelerinin tespit edilebilmesi için sahnenin modelinin ya da özelliklerinin çıkarılması önemli bir durumdur. Özellik çıkarımı yapabilmek için sahne verilerinin analiz edilmesi gerekmektedir. Renk, geometrik ve parlaklık özellikleri sahneden alınacak örnekler üzerinde incelenerek özellikler çıkarılmaktadır. Tablo 2.1’de sahnelere ait özellik çıkarım belirleme yöntemleri verilmiştir.

Tablo 2.1 Özellik çıkarımı

Özellik	Özellik çıkarımı için uygulanacak yöntemler
Renk	Gölge bölgelerinin farklı renk uzaylarındaki renklilik analizinin yapılması
Parlaklık	Sahnenin histogram grafiğini incelenmesi
Geometrik	Sahnedeki gölge bölgelerinin yönelimlerinin belirlenmesi ve ışık kaynağı sayısı ve cinsi
Doku	Sahnenin parlaklık, gradyan yönü ve renk değerleri gibi özelliklerine bağlı gölge dokusunun analiz edilmesi
Fizik	Gölge bölgesi belirlenecek sahnenin iç mekan ve ya dış mekan sahnesi olduğunun belirlenmesi ve uygun aydınlanma ve yansımaya modelinin oluşturulması

Özellik çıkarımında sahneye ait bilgilerin önceden bilinmesi etkili bir gölge tespit yöntemi geliştirilmesinde önemli ipuçları vermektedir. Ancak sahneye ait bilgiler her zaman bilinemediğinden özelliklerin çıkarılmasında genel yargılara yer verilmektedir. Örneğin gölge bölgelerinde parlaklığın azalması, renk değerlerindeki değişimi ve görüntü alınan sahnenin güneş ışığından etkilenen dış mekan ya da iç mekan sahnesi olması gibi genel yargılar kullanılarak geliştirilmektedir.

2.6. Bölüm Değerlendirmesi

Bu bölümde gölge tespitinde kullanılan temel özellikler ve modeller açıklanmaktadır. Video ve imge sahnesindeki gölgelerin diğer nesnelerle ayırt edilmesinin kolaylaştıran bu temel özellikler ve modeller sahneler hakkında önemli ipuçları vermektedir. Kısaca aşağıda özetlenecek olan bu özellikler ve modeller birçok gölge tespit algoritmasının faydalandığı parametreler olarak literatürde sunulmaktadır.

Video ve imge sahnelerindeki gölgelerin matematiksel, fiziksel ve geometrik gibi birçok modeli bulunmaktadır. Genellikle varsayımlara dayanan matematiksel model istatistikî gölge tespit yaklaşımlarının temelini oluşturmaktadır. Literatürde matematiksel

modeller sahnelerin özellikleri göz önüne alınarak geliştirildiğinde model tabanlı yaklaşımlardır.

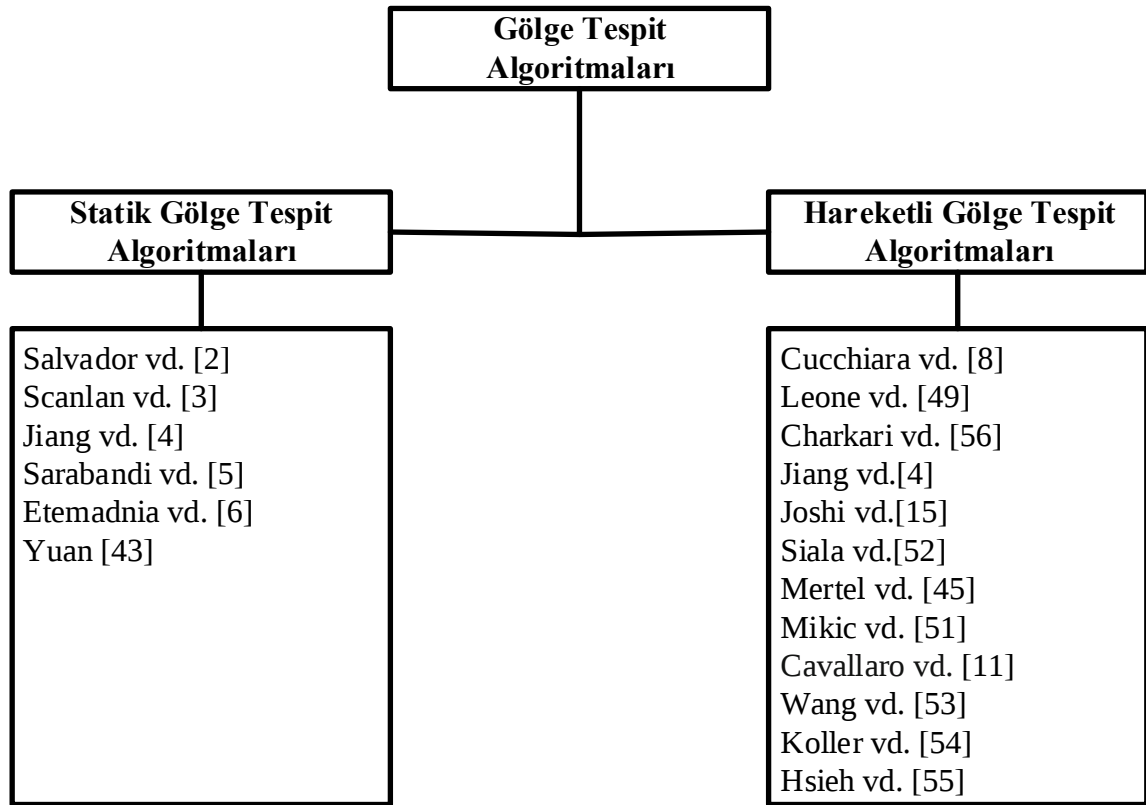
Gölgelerin fiziksel modelleri aydınlanma ve yansıma modeli olarak literatürde iki kısma ayrılmaktadır. Yansıma modeli içerisinde gölge içermeyen görüntü ögesi olarak isimlendirilir. Aydınlanma modeli ise gölge bölgesinin görüntüden kaldırılmasından önceki durum olarak isimlendirilir. Sahnelerin bu modelleri genel olarak fiziksel özellikleri oluşturmaktadır.

Sahneleri aydınlatan ışık kaynağının konumu, sayısı ve aydınlatma değeri gibi değişkenler gölgenin nesne ile arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Bu ilişki gölgenin geometrik özelliği oluşturmaktadır.

Gölge bölgelerinin dokusal özellikleri, renk, parlaklık, gradyan yönü gibi değerlerin benzerlik gösterdiği piksel topluluklarının özellikleri olarak adlandırılır. Sahnelerdeki gölge bölgeleri bu dokusal ilişkiler yardımıyla tespit edilebilir. Dokusal özellikleri kullanan algoritmalar yüksek gölge tespit başarımı ile dikkat çekmektedir.

3. GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI GÖLGE TESPİT ALGORİTMALARI

Literatürdeki gölge tespit algoritmaları temelde iki farklı başlıkta incelenmektedir. Bunların ilki imgeler üzerinde yürütülen ve sabit bir imge sahnesi üzerinde yürütülen gölge tespit yöntemleridir. Diğerisi ise videolar ve ya kameralardan alınan görüntüler üzerinde yürütülen hareketli gölge tespit algoritmalarıdır. Literatürde öne çıkan gölge tespit yöntemlerinin statik gölgeler üzerinde ve hareketli gölgeler üzerinde olmak üzere iki temel sınıfta incelenmesi Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.

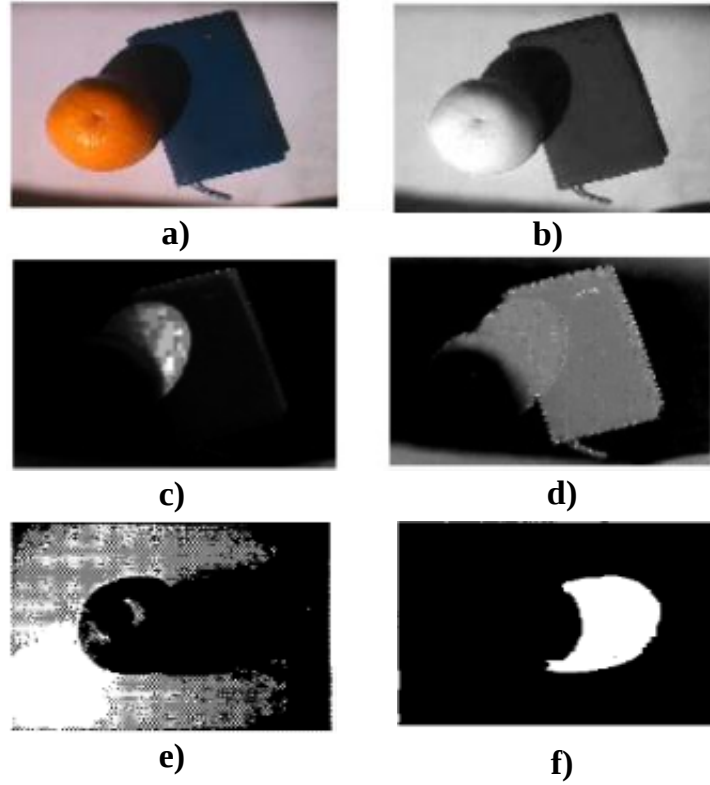


Şekil 3.1. Gölge tespit yöntemleri

3.1. Statik Gölge Tespit Algoritmaları

İmgeler üzerindeki gölgelerin tespiti, fotoğrafçılık [36], gölge bilgilerinden nesnelere ait özelliklerin belirlenmesi [37] ve nesne tanıma [50] ve gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. İmgeler üzerinde yürütülen algoritmalar sahneye ait bilgilerin önceden bilindiği model tabanlı ve sahneye ait bilgilerin bilinmediği imgelerin kenar, renk,

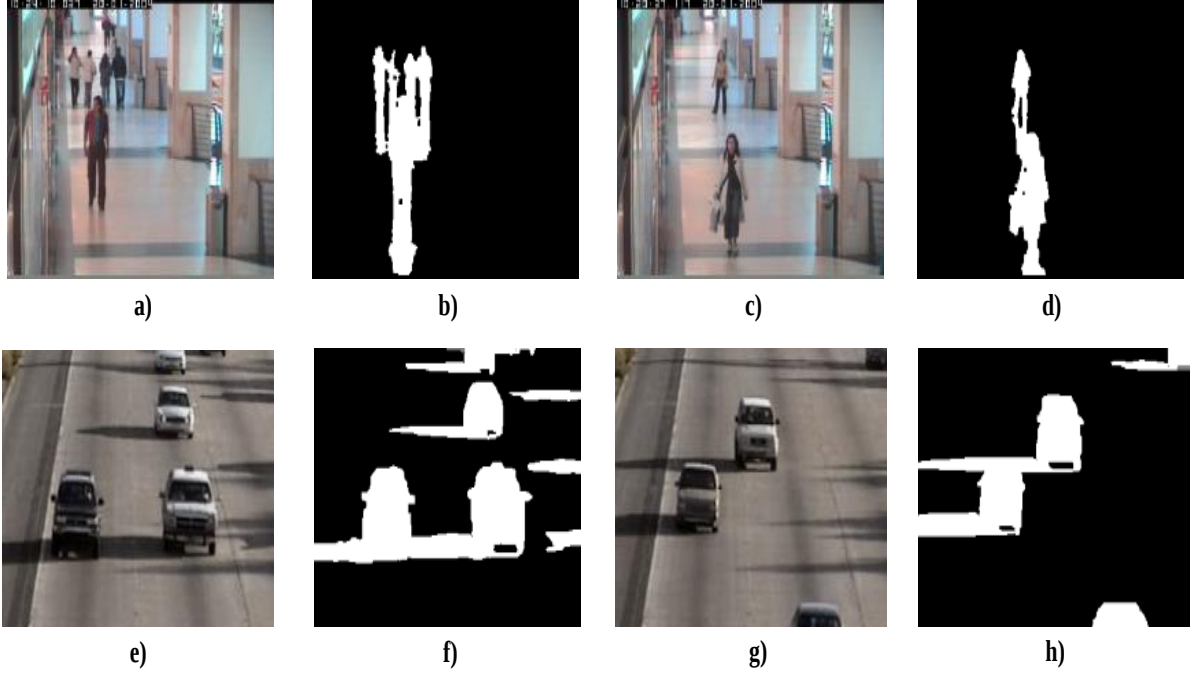
parlaklık gibi özelliklerin kullanıldığı özellik tabanlı algoritmalar [2-6] olarak iki grupta toplanmaktadır. [41]. Aşağıda Şekil 3.2’de model tabanlı ve özellik tabanlı algoritmaların farklı imgeler üzerindeki sonuçları gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Literatürdeki farklı gölge tespit algoritmalarının sonuçları (a) RGB renk uzayındaki imge [6] (b) a imgesinin HSV renk uzayındaki görüntüsü [6] (c) Alçak geçiren filtre sonucu [6] (d) yüksek geçiren filtre sonucu [6] (e) c1c2c3 renk uzayı yardımıyla kenar belirleme yönteminin giriş imgesi [2] (f) c1c2c3 renk uzayı yardımıyla kenar belirleme yönteminin sonuç imgesi [2].

3.2. Hareketli Gölge Tespit Algoritmaları

Videolar ve ya kameralardan alınan görüntüler üzerindeki gölgelerin tespiti bilgisayar bilimleri alanında önemli bir problemdir. Gölgeler Şekil 3.3’ de görüldüğü gibi kamera alındığında mevcut gölgesiyle beraber tespit edilir. Nesne tespit ve takip uygulamalarında gölge bölgeleri nesne gibi algılandığı için etkili bir gölge belirleme yöntemi bu yöntemlerin performans ve doğruluğunu artırabilir.

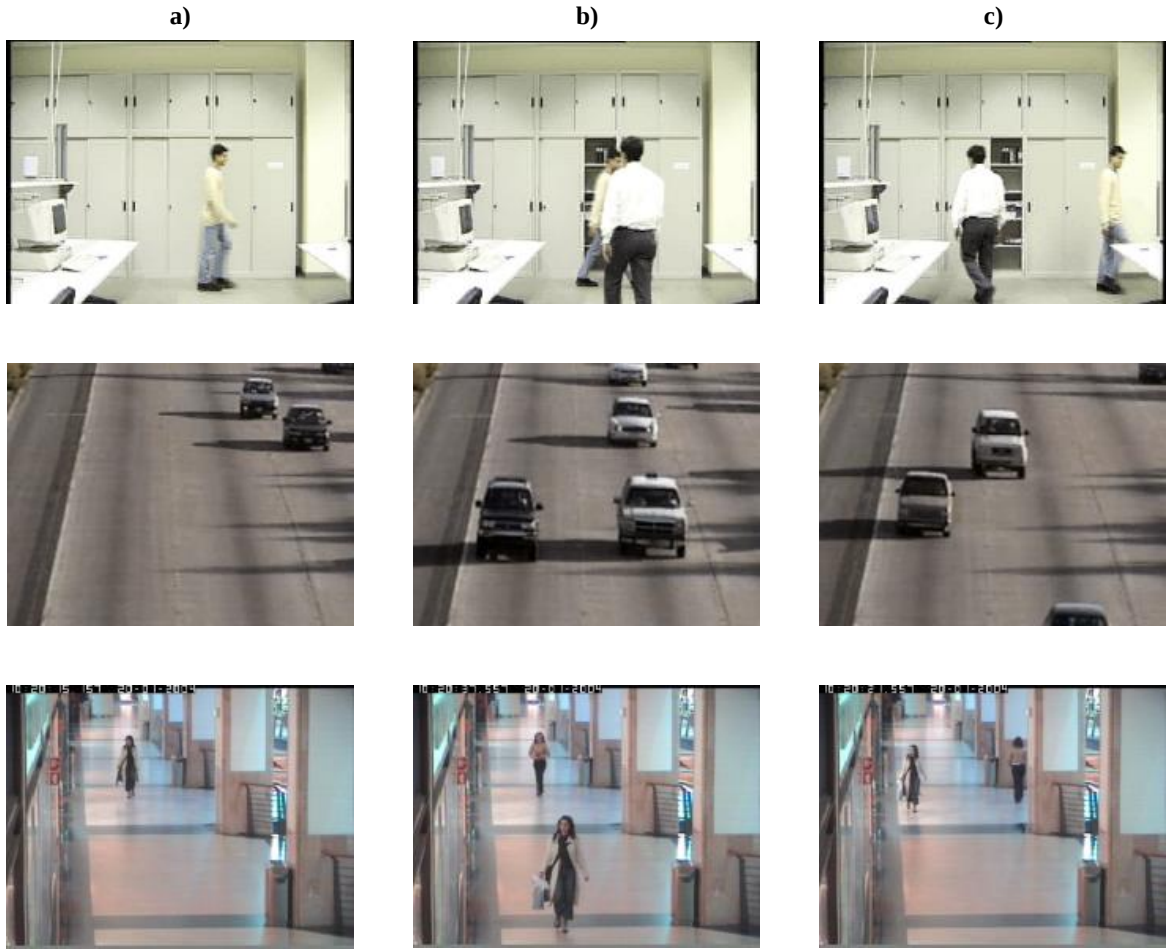


Şekil 3.3. Nesne tespit yöntemlerinde gölge etkisi (a) RGB renk uzayındaki video sahnesi [38] (b) a’ daki video sahnesinin nesne maskesi (c) RGB renk uzayındaki video sahnesi (d) c deki video sahnesinin nesne maskesi (e) RGB renk uzayındaki video sahnesi (f) e’deki video sahnesinin nesne maskesi.

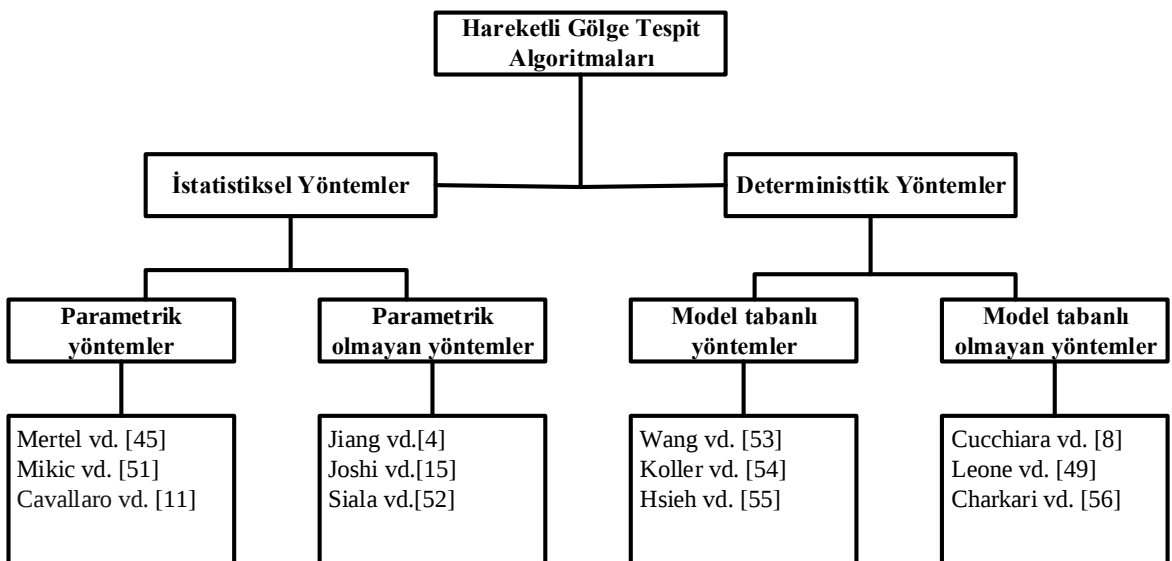
Literatürdeki gölge tespit yöntemleri nesne bölgesi belirlerken ya da nesne bölgesi belirlendikten sonra işlem yaparlar. Bu durum gölge tespit yöntemlerinin amacına yönelik olarak değişmektedir. Gölgenin farklı sahnelerdeki tespiti ve nesne tespit yöntemlerine etkisi Şekil 3.4’de gösterilmektedir.

Şekil 3.4’de görüldüğü gibi sahnelerdeki nesneler (a)’ da tek bir nesne ve gölgesi, (b)’ de birden fazla nesne ve nesnelerin birbiri üzerine düşmüş gölgeleri görünmektedir. (c) senaryosunda ise nesneler gölgeleriyle beraber ayrı ayrı verilmektedir. Şekil 3.4’ de video sahnelerindeki gölgeler, nesnelerin fiziksel ve geometrik özelliklerinin öğrenilmesini ve analiz edilmesini engellemektedir.

Literatürde gölgelerin olumsuz olarak değerlendirip tespit edilmesi için önerilen yöntemleri 2003 yılında Prati vd. [7] performans ve doğruluğunu analiz edip literatüre sunmuşlardır. İstatiksel ve deterministik olarak gruplanan algoritmaların bazıları Şekil 3.5’ de verilmektedir.



Şekil 3.4. Farklı video sahnelerindeki nesnelerin birbirlerine göre durumları [38-40] (a) Nesne ve gölge bölgeleri birbirlerinden bağımsız (b) Nesne ve gölge bölgeleri birbirini kapatmış (c) nesne bölgeleri ve gölge bölgeleri birbirinden bağımsız olduğu durum.



Şekil 3.5. Prati sınıflandırması [7, 32].

Prati vd. [7] gölge tespit algoritmalarını deterministik ya da istatistik olarak ayırmaktadır. Deterministik metotlar model tabanlı ve model tabanlı olmayan olarak, istatistiksel metotlar ise parametrik ve parametrik olmayan metotlar olarak ayrılmıştır. Bu sınıflandırma gölge tespitinde yapılan işlemlerin türüne göre bir ayırım yapmaktadır. Literatürde daha sonra Sanin vd. gölge tespit algoritmalarını özellik tabanlı olarak sınıflandırmışlardır [1]. Özellik tabanlı sınıflandırmanın temeli gölge tespit ederken kullanılan gölge özelliğine göre algoritmaları gruplamaktadır. Tablo 3.1’de özellik tabanlı olarak gruplama ve algoritmaların özellikleri gösterilmektedir [1].

Tablo 3.1. Özellik tabanlı sınıflandırılmış bazı algoritmalar [1].

Renk Tabanlı Yöntemler	Yöntemin Kullandığı Renk Uzayı	
Cucchiara vd. [8]	HSV	
Salvador vd. [11]	$C_1C_2C_3$	
Chen vd. [10]	YUV	
Fizik Tabanlı Yöntemler	Yöntemin Kullandığı Model	Modelin Öğrenilmesi
Huang ve Chen [14]	Genel yansıma modeli	GMM
Nadimi ve Bhanu [13]	Genel yansıma modeli	-
Geometrik Tabanlı Yöntemler	Geometrik bilgisi kullanılan nesne	
Hsieh vd. [17]	İnsan	
Fang vd. [47]	Araçlar	
Doku Tabanlı Yöntemler	Gölge Detektörü	Doku ilişkisi
Sanin vd. [21]	Renklilik tabanlı [8]	Gradyan yön ilişkisi
Leone vd. [49]	Fotometrik tabanlı	Gabor Filtresi
Javed ve Shah [20]	Renk bölütleme tabanlı	Gradyan yön ilişkisi

Özellik tabanlı sınıflandırma temelde 4 ana gruptan oluşmaktadır. Bunlar detaylı başlıklar altında aşağıda verilmektedir. Renklilik tabanlı algoritmalar; parlaklık özelliğinin en iyi ayırt edilebileceği renk uzaylarını kullanan eşikleme temelli yaklaşımlardır. Bu algoritmalar kameradan alınan görüntülerdeki gürültü faktöründen aşırı derecede etkilenir. Fiziksel yaklaşımlar ise renklilik temelli algoritmalar da yapılan işlemi geliştirerek verilen sahneye göre uyarlamalı olarak ışık kaynağı, aydınlanma gibi değişkenleri hesaplamaya dahil ederek algoritma sonuçlarını geliştirir. Fakat fiziksel tabanlı metotlar nesnelerin piksellerinin renk spektrumsal değerleri arka plan ile benzerlik gösterdiğinde başarısız sonuçlar verir. Geometrik tabanlı algoritmalar tespit edilecek nesnenin daha önceden bilinen geometrik bir şekle sahip ise yüksek tahmin sonuçları verir. Doku, imgelerdeki piksel topluluklarıdır. İmgeler üzerindeki gölge bölgelerindeki pikseller de bir doku yapısı oluşturmaktadır. Komşuluk bilgilerine göre yapılan doku işlemleri en iyi gölge tespit sonucu veren algoritmalarlardır.

Renklilik, fiziksel, geometrik ve doku tabanlı algoritmaların CAVAIR [38], LAB [39], HIGHWAY [40] veri setleri üzerinde performans ve doğrulukları incelenerek detaylı olarak ileriki bölümlerde sunulmaktadır.

3.2.1. Renklilik Tabanlı Yöntemler

Renklilik tabanlı metotlar gölge ile gölge olmayan cisimler arasından parlaklık düzeyli bir ayırıştırma ilişkisi kurabilmek için uygun renk uzayını seçmekle başlamaktadır. Literatürde HSV [8], $c_1c_2c_3$ [2], nRGB [9] ve renk uzaylarının çeşitli gölge tespit uygulamalarında kullanılan en başarılı renk uzayları olduğu kanıtlanmıştır.

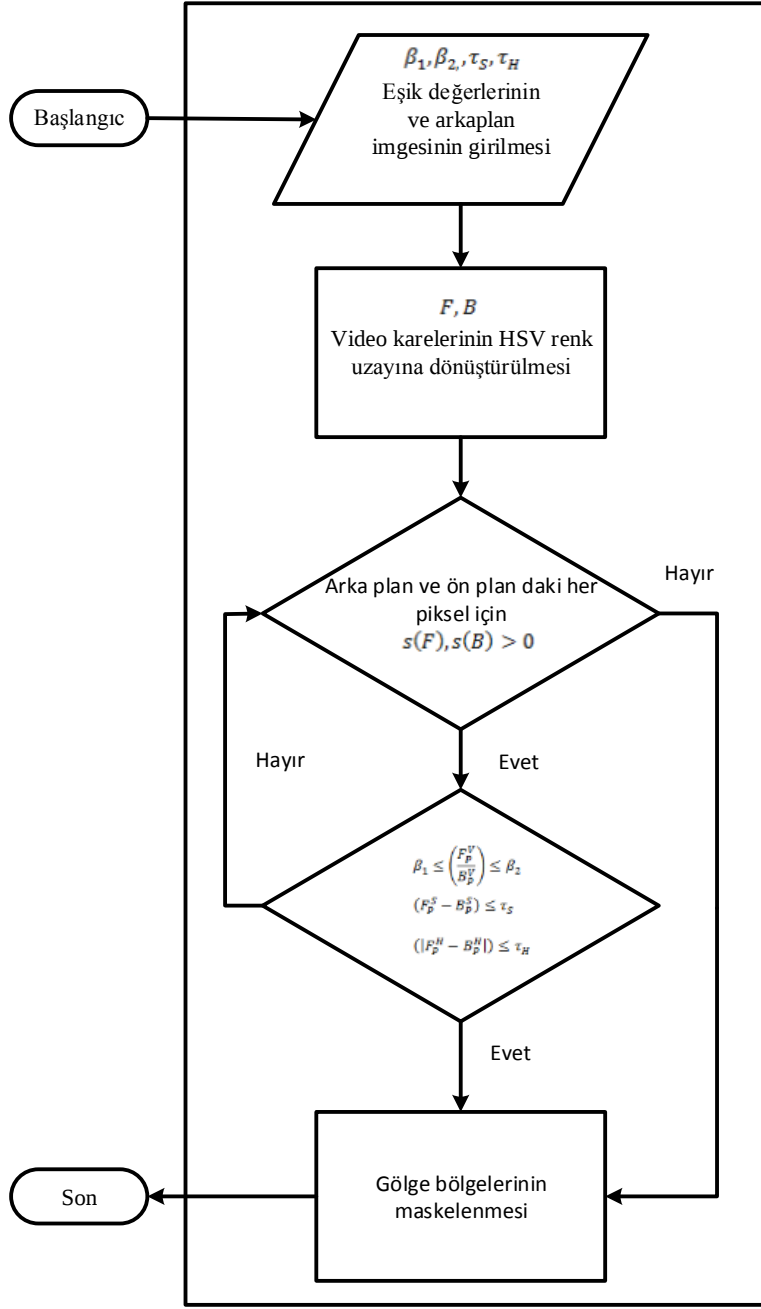
HSV renk uzayı, gölge bölgeleriyle cisim bölgeleri arasında bir ayırım gösterdiği Cucchiara vd. [8] tarafından ispatlanmıştır. Sahneler üzerinde yapılan deneyler sonucu V (Value) değerinin gölge bölgelerinde azaldığı, S (Saturation) değerinin arttığı ve genel olarak H (Hue) değerinin ise değişmediği gösterilmiştir [8]. Bu deneysel bilgilere dayanarak geliştirilen algoritmanın akış şeması Şekil 3.6’da gösterilmiştir. Algoritma daha önceden deneysel sonuçlarla belirlenen ve sahneden sahneye değişiklik gösterebilen eşik değerlerle gölge piksellerinin aşağıdaki denklemleri sağlaması gerektiği öngörüsünde bulunmuştur [8].

$$\beta_1 \leq \left(\frac{F_p^V}{B_p^V} \right) \leq \beta_2 \quad (3.1)$$

$$(F_p^S - B_p^S) \leq \tau_S \quad (3.2)$$

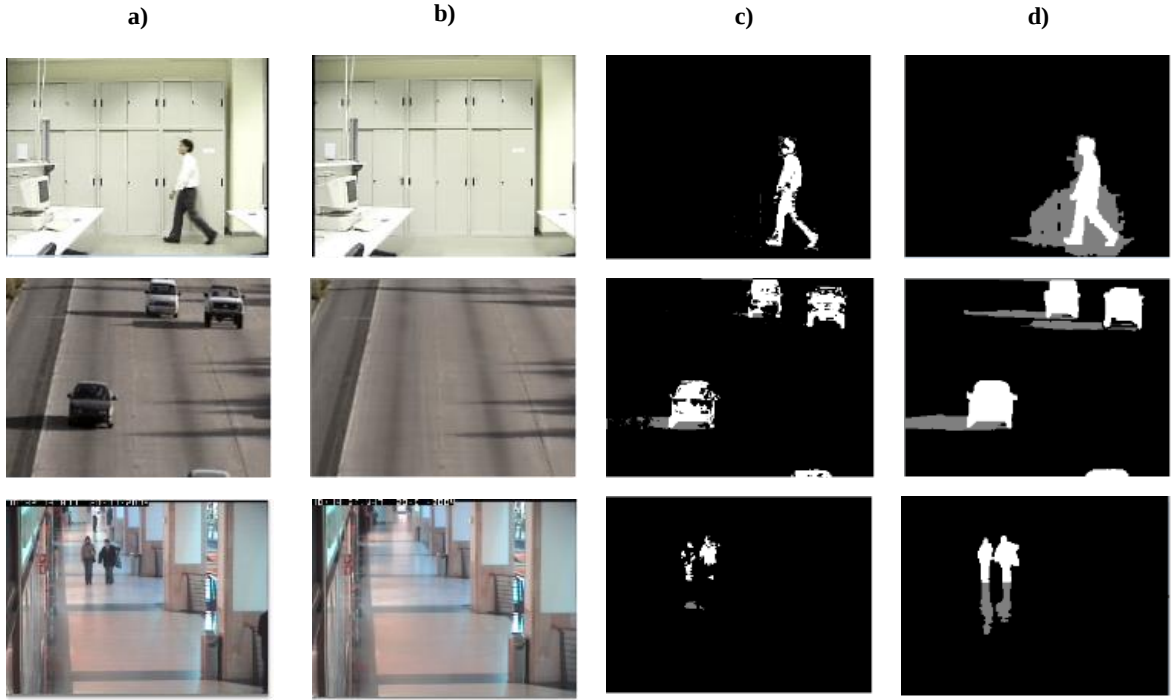
$$(|F_p^H - B_p^H|) \leq \tau_H \quad (3.3)$$

Yukarıdaki denklemlerde $\beta_1, \beta_2, \tau_S, \tau_H$ eşik değerleri göstermektedir. F_p^V, F_p^S, F_p^H , ÖP ve B_p^V, B_p^S, B_p^H , AP deki piksellerin HSV renk uzayındaki H,S,V değerlerini temsil eder. Renklilik tabanlı algoritmalar gürültü duyarlılığı, eşik değerlerin belirlenmesi, ani aydınlanma değişiklikleri ve koyu cisim bölgelerinin belirlenmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Fakat piksel bazlı işlem yapan bu algoritmalar hızlı çalışan ve genellenebilir özelliklere sahiptir.



Şekil 3.6. Akış diyagramı [8]

Cuhiccia vd. önerdiği HSV tabanlı bu algoritma bazı doku tabanlı algoritmanın temelini oluşturmaktadır [21]. Gürültü hassasiyeti ve bu gürültü hassasiyetinden dolayı doğruluk oranı kriterlerinde iyi sonuçlar vermemesine rağmen hızlı ve kolay uygulanabilir bir yöntemdir. Farklı sahnelerdeki algoritmanın sonuçları Şekil 3.7’da gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Renklilik tabanlı algoritmanın farklı sahnelerdeki sonuçları (a) Video sahneleri [38-40] (b) Sahnelerin arka plan görüntüsü (c) Renklilik tabanlı yöntemin gölge tespit sonucu (d) Algoritmaların uygulandığı nesne-gölge maskesi.

3.2.2. Fizik tabanlı yöntemler

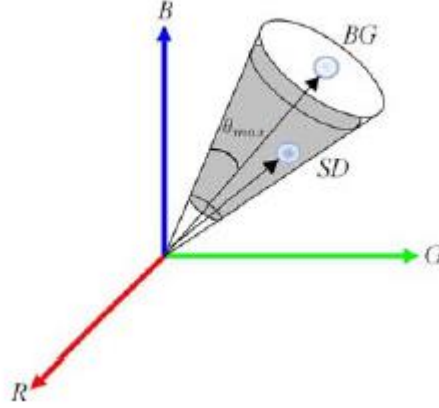
Fizik tabanlı yöntemler sahnelerin yansıma ve aydınlanma bileşenlerini tahmin ederek gölge bölgelerinin tespit edildiği yaklaşımlardır. Literatürde yansıma ve aydınlanma modeli farklı öğrenme yaklaşımlarıyla sunulmaktadır. Tablo 3.2 de literatürde sunulan farklı fiziksel yöntemler ve özellikleri verilmektedir.

Tablo 3.2. Fizik tabanlı yöntemler.

Fizik tabanlı yöntemler	Yansıma ve Aydınlanma Modeli
Nadimi ve Bhanu [13]	Dikromatik yansıma modeli
Hueng ve Chen [14]	-
Liu vd. [44]	Genel yansıma modeli

Fizik tabanlı gölge tespit algoritmalarından olan Huang vd. [14] önerdiği GMM (Gaussian Mixture Metod) öğrenme tabanlı yöntem yüksek gölge tespit oranıyla öne çıkmaktadır. Bu yöntem ilk olarak ÖP sahnesinden aday gölge bilgilerini öğrenmektedir. Bunun için eşikleme yardımıyla nesne bölgesinin piksellerin R,G,B değerleri koordinat sisteminin düzlemleri olmak üzere her pikselin açısall değerinden oluşan gölge modelini

belirlemektedir. Denklem (3.4) (3.5) de ve Şekil 3.8’de bu durum ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Zayıf gölge detektörü [14].

$$\theta = \arccos \left(\frac{\sum_{c=R,G,B} \ddot{O}P(c) + AP(c)}{\sqrt{\sum_{c=R,G,B} \ddot{O}P(c)^2 * AP(c)^2}} \right) \quad (3.4)$$

$$r = \frac{\ddot{O}P_{R,G,B} * \cos(\theta)}{\|AP_{R,G,B}\|} \quad (3.5)$$

θ , r belirli bir eşikleme değerleri arasında ise piksel aday gölge pikseli olarak ifade edilmektedir. Şekil 3.7’ de zayıf gölge detektörü gösterilmektedir.

Yöntemin ikinci aşamasında ise üç boyutlu $x(p) = [\alpha(p), \theta(p), \phi(p)]$ şeklinde sahnenin her p pikselini modellenmiştir Burada $\alpha(p)$ aydınlanma zayıflığını Denklem (3.6) , $\theta(p)$, Denklem (3.7) ile $\phi(p)$, Denklem (3.8) RGB renk uzayındaki her pikselin $v(p)$ değerini açısal olarak yönünü göstermektedir.

$$\alpha(p) = \|v(p)\| / \|AP(p)\| \quad (3.6)$$

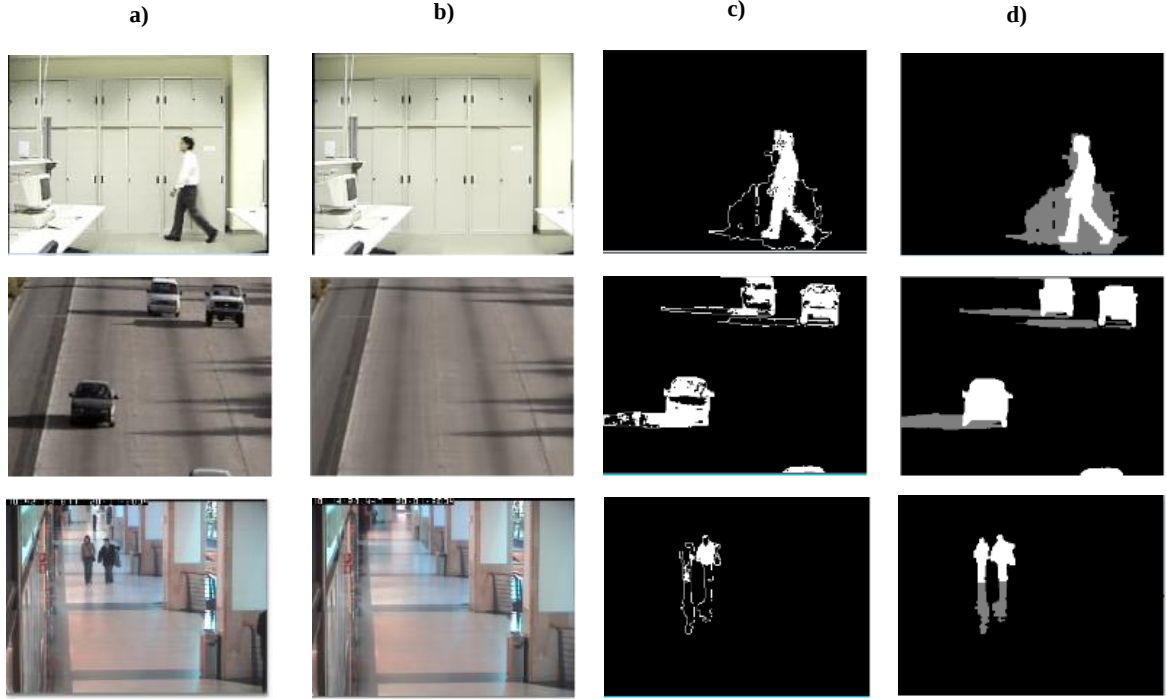
$$\theta(p) = \arctan(v^G(p) / v^R(p)) \quad (3.7)$$

$$\phi(p) = \arccos(v^B(p) / \|v(p)\|) \quad (3.8)$$

Yukarıdaki denklemde BG, AP değerini gösterir. $x(p)$ nin bileşenleri piksellerin gölge özelliklerini gösterir. Üç boyutlu piksel modelinin belirlenmesinden sonra $x(p)$ ye GMM

öğrenme ve değişimlerin belirlenmesi için uygulanır. Sahne değişimleri GMM ile öğrenilir ve eşik değerlerin altında olan noktalar gölge bölgesi olarak belirlenir.

Fizik tabanlı algoritmanın farklı sahnelerdeki gölge tespit başarımı Şekil 3.9’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Fizik tabanlı algoritmanın farklı sahnelerdeki gölge tespit sonuçları (a) Video sahneleri [38-40] (b) Sahnelerin arka plan görüntüsü (c) Fizik tabanlı yöntemin gölge tespit sonucu (d) Algoritmaların uygulandığı nesne-gölge maskesi.

3.2.3. Geometrik tabanlı yöntemler

Nesnelerin gölgeleri ışığın geliş acısı, ışık kaynağının sayısı gibi değişkenlere göre geometrik bir özellik göstermektedir. Gölgenin geometrik özelliklerinden faydalanan algoritmalar genel olarak aşağıdaki temel adımları izlemektedir.

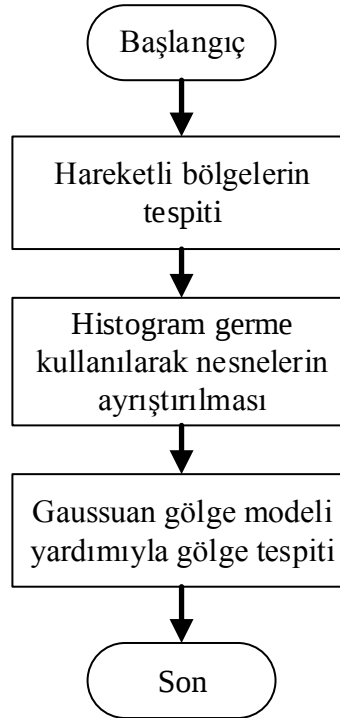
1. Video sahnelerinde tespit edilen bölgeleri, insan ve insanın uzanmış gölgesi olduğunu varsayar.
2. İnsanların yalnızca tek bir gölgesi olduğunu ve sahnede tek bir ışık kaynağının bulunduğunu öngörüsünde bulunur.

Geometrik tabanlı algoritmalarından bazıları aşağıda verilmektedir.

- Hsieh vd. [17] önerdiği insanların oluşturduğu sahneler geliştirilen model tabanlı yöntem.
- Fang vd. [47] önerdiği trafik analizi gibi uygulamalar için kullanılabilir olan taşıtlardaki gölgelerin tespiti için geliştirilmiş model tabanlı yöntem.

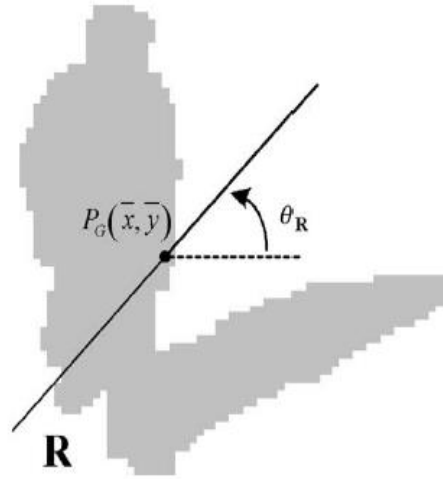
Geometrik gölge tespit yöntemleri sadece belirli bir cisme özel geliştirildikleri için genelleştirilemezler. Ancak özelleştirilmiş cisimler (insan, taşıt gibi) üzerinde en iyi tahmin sonuçlarına sahiptirler.

Hsieh vd. [17] tarafından önerilen yöntem şu ana kadar geliştirilen en yüksek tahmin sonuçlarına sahip yöntem olması sebebiyle ilgili algoritmayı inceleyeceğiz.

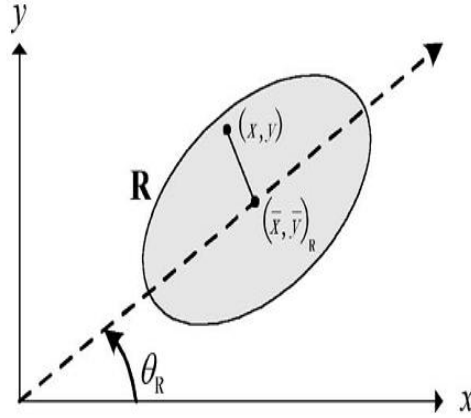


Şekil 3.10. Geometrik tabanlı gölge tespit algoritması akış diyagramı [17].

Algoritma Şekil 3.10’da görüldüğü gibi ilk olarak video karesi arkaplana dahil olmayan bölgeleri tespit eder. Tespit edilen bölgeler öncelikle içerisindeki nesne bölgeleri ayrılır. Daha sonra ayrılan nesne bölgelerinin dikey zirve noktaları insanların baş bölgesi olarak alınır. Gölge tespitinin ilk adımı olan baş gölgesinin bulunması ve gölge tespiti Şekil 3.11’ da gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Geometrik sahne yorumu [17].



Şekil 3.12. Nesne bölgesi R için $(\bar{x}, \bar{y})$ ağırlık merkezi koordinatları ve θ açısı [17].

Şekil 3.11’ deki sahne koordinat sistemine aktarıldığında Şekil 3.12’ de R nesne bölgesi, θ açısıyla $(\bar{x}, \bar{y})$ yönlendirilmiş gölge bölgesinin tespiti için gerekli parametrelerin hesabı aşağıda verilmiştir.

$$(\bar{x}, \bar{y}) = \left(\frac{1}{|R|} \sum_{(x,y) \in R} x, \frac{1}{|R|} \sum_{(x,y) \in R} y \right) \quad (3.9)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{2\mu_{1,1}}{\mu_{2,0}\mu_{0,2}} \right) \quad (3.10)$$

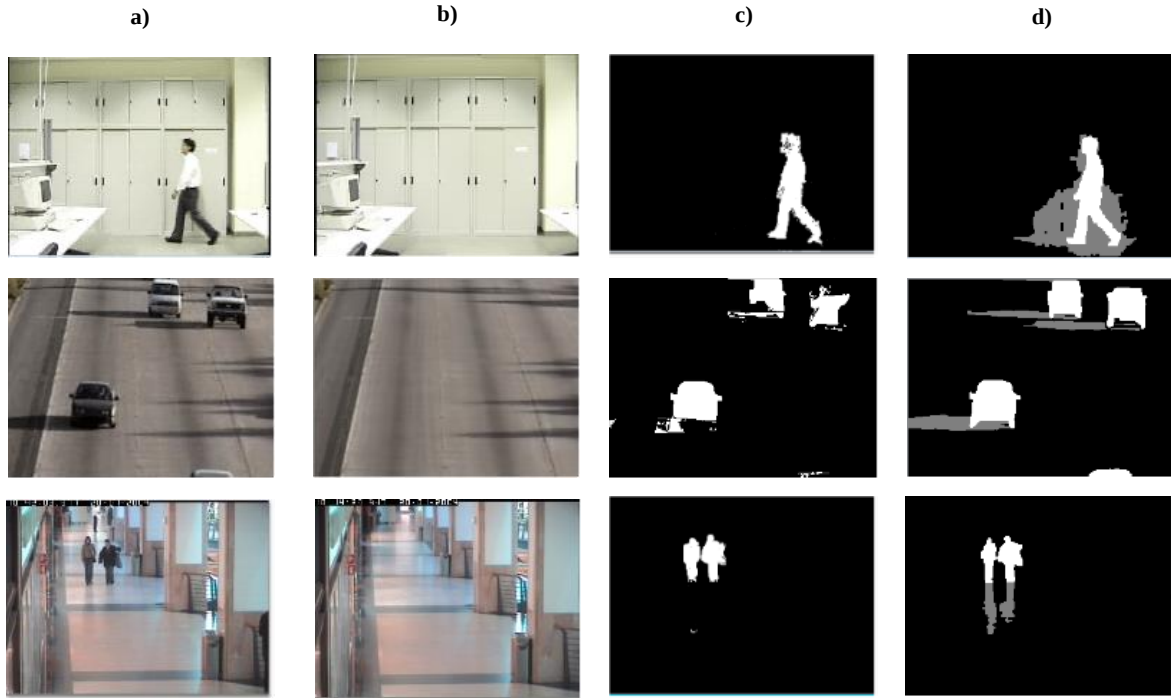
Denklem (3.9) ve (3.10)’ da belirtilen $|R|$ piksellerin bulunduğu bölgenin alanı $\mu_{p,q}$ moment merkezinin rastgele değerini göstermektedir. θ açısıyla yönlendirilmiş R_2 aday

gölge bölgesinin GMM istatistiksel dağılım yaklaşımı yardımıyla hesaplamak için gerekli matematiksel model Denklem (3.11)' de verilmektedir.

$$G(s, t, g) = \exp \left[- \left(\frac{w_s s^2}{\sigma_s^2} + \frac{w_t t^2}{\sigma_t^2} + \frac{w_g (g - \mu_g)^2}{\sigma_g^2} \right) \right] \quad (3.11)$$

Denklem (11)' de s, t değeri piksellerin koordinatları olup g pikselin değerinin sahne içindeki yoğunluğunu gösterir. GMM dağılımına göre her piksel gölge ya da gölge olmayan bölge olarak eşikleme değerine göre sınıflandırılır.

Yöntemin farklı sahnelerdeki gölge tespit sonucu Şekil 3.13' de detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Geometrik tabanlı algoritmanın farklı sahnelerdeki gölge tespit sonuçları (a) Video sahneleri [38-40] (b) Sahnelerin arka plan görüntüsü (c) Geometrik tabanlı yöntemin gölge tespit sonucu (d) Algoritmaların uygulandığı nesne-gölge maskesi.

3.2.4. Doku tabanlı yöntemler

Doku tabanlı algoritmalar sahneler üzerinde birbirleriyle komşuluk ve benzerlik gösteren pikselleri ilişkilendirerek sonuca ulaşmayı hedeflemektedir. Dokuların belirlenmesindeki yöntemler algoritmanın performansını ve verimi üzerinde etkisi olan en

önemli faktördür. Literatürde gölgeleri renk, fizik ve zamana ait özelliklerinde yola çıkarak birçok etkili yöntem geliştirilmiştir [20, 21, 49].

Doku tabanlı yöntemler arasında Sanin vd. önerdiği yöntem yüksek gölge tespit ve gölge nesne ayırım oranıyla öne çıkmaktadır. Bu yöntem öncelikle aday gölge dokularını bulabilmek için Chucihara vd. [8] önerdiği ve renklilik tabanlı yöntemi kullanmaktadır. Denklem (12)(13)(14)' de renklilik tabanlı yöntemin HSV renk uzayındaki piksel tabanlı arkaplan ve önplan eşiklemeli gölge tespit yöntemi gösterilmiştir.

$$\beta_1 \leq \left(\frac{F_P^V}{B_P^V}\right) \leq \beta_2 \quad (3.12)$$

$$(F_P^S - B_P^S) \leq \tau_S \quad (3.13)$$

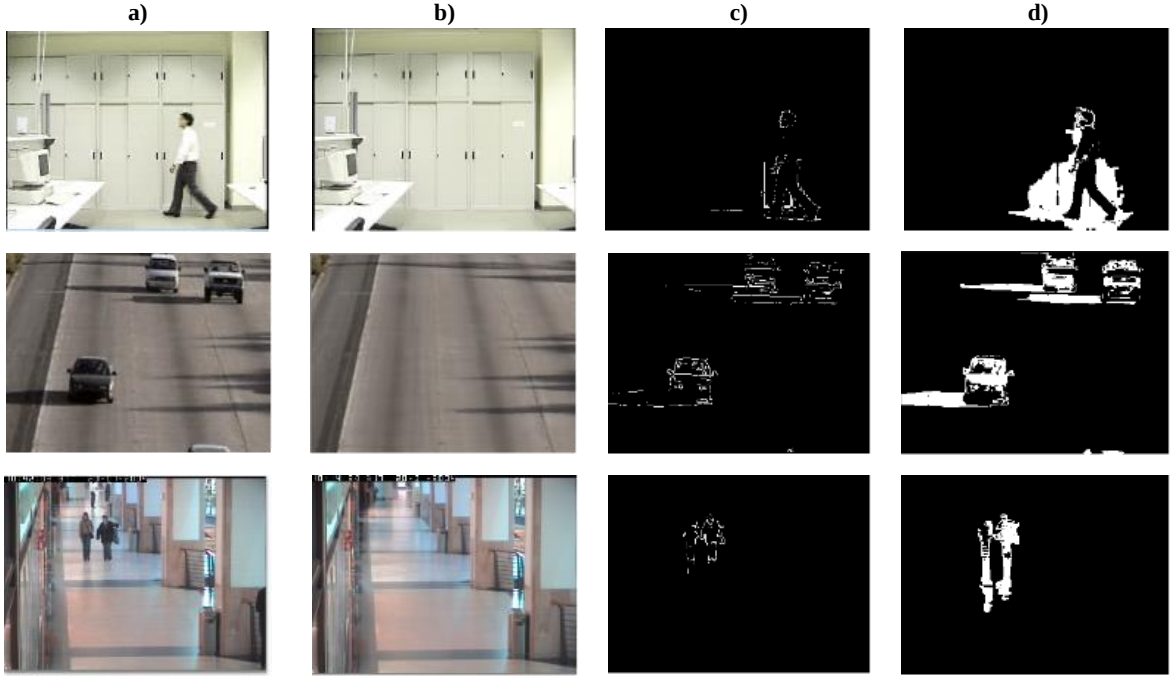
$$(|F_P^H - B_P^H|) \leq \tau_H \quad (3.14)$$

Yukarıdaki denklemlerde $\beta_1, \beta_2, \tau_S, \tau_H$ eşik değerleri doku tabanlı metot için düşük alınarak gölge ihtimali yüksek olan piksellerin tespiti sağlanmaktadır. Şekil 3.14' de eşik değerlerin düşük belirlenmesinde (a) yüksek belirlenmesinde (b) durumu gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Doku tabanlı gölge tespit algoritması için aday gölge tespiti (a) Düşük eşik değeri belirlendiğinde sahne durumu (b) Yüksek eşik değeri belirlendiğinde sahne durumu [21][38].

Yöntem daha sonra bağlı bileşenleri belirlenmektedir. Bağlı bileşenlerin belirlenmesinde canny kenar belirleme yöntemiyle ön plan ve arka plan resminin kenarları arasındaki fark alınır. Şekil 3.15' de (a) Cavair veri setindeki rastgele seçilmiş bir sahneyi, (b) arkaplan imgesinin (c) Cavair veri setindeki canny kenar farkları gösterilmektedir. Kenar belirleme ve fark işleminden sonra aday gölge bölgesi ile kenar farkları dışında kalan piksel bölgeleri bağlantılı bölge olarak Şekil 3.15 (d)' de aday gölge bölgelerine ayrılmaktadır.



Şekil 3.15. İlişkili dokuları belirlemesi (a) Video sahneleri [38-40] (b) Sahnelerin arka plan görüntüsü (c) Doku tabanlı yöntemin kenar farkları sonucu (d) Algoritmanın ilişkili aday gölge bölge tespit sonucu.

İlişkili bölgelerin tespitinden sonra bu bölgelerde gürültü azalmak ve ilişkili bölgelerin kenarlarına yakın piksellerin tespitini yapabilmek için gradyan yönü ve şiddeti hesaplanmaktadır. Denklem (3.15) ve (3.16)' da ilişkili bölgelerin tespiti için gereken denklemler gösterilmektedir.

$$|\nabla_p| = \sqrt{\nabla_x^2 + \nabla_y^2} \quad (3.15)$$

$$\theta_p = \arctan2(\nabla_y + \nabla_x) \quad (3.16)$$

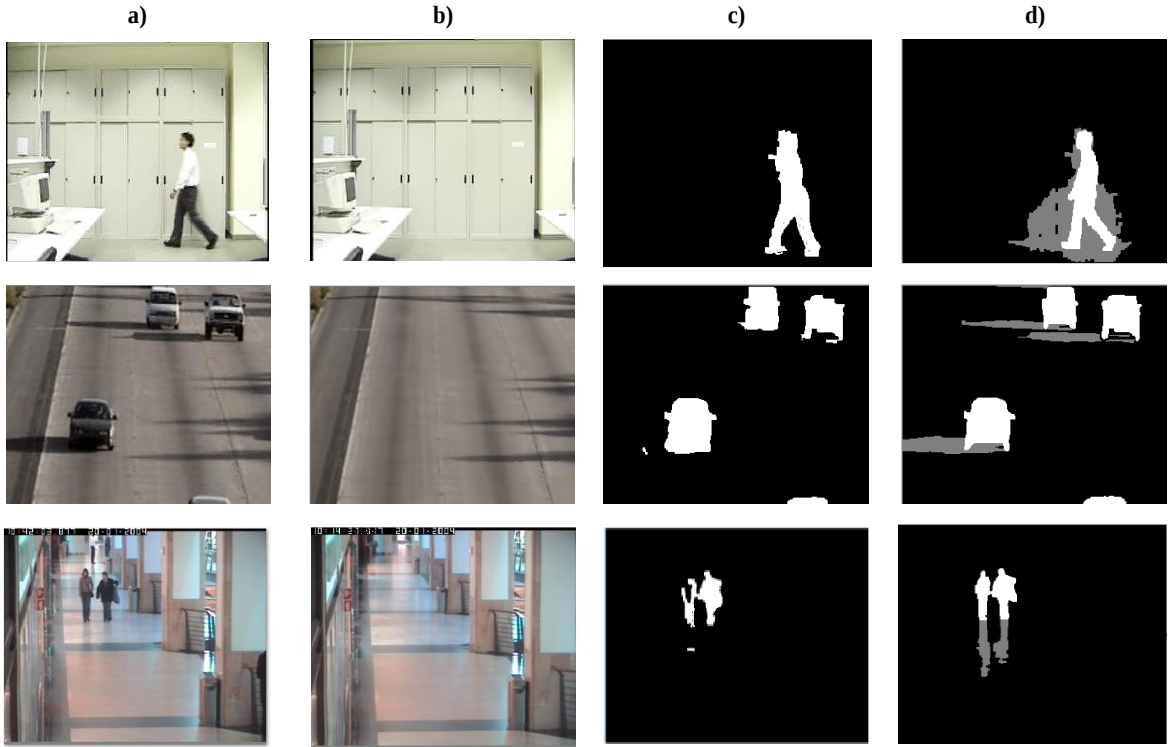
Burada $|p|$ gradyan şiddetini göstermektedir. Gradyan şiddeti bir pikseli yatayda (x ekseninde) ve dikeyde (y eksenindeki) komşularının gri formattaki kareleri toplamının kareköküdür. θ ise gradyan yönünü göstermektedir. Gradyan yönü ise ilgili pikselin koyuluk yönünü vermektedir. İlişkili bölgelerin gradyan yönü ve şiddeti tespit edildikten sonra arka plan ve ön planında içinde bulunduğu bir uyarlamalı gradyan yönünü tespit etmektedir. Bu işlem için aşağıdaki denklemi kullanmaktadır.

$$\Delta\theta_p = \arccos \left[\frac{\nabla_x^F \nabla_x^B + \nabla_y^F \nabla_y^B}{\left\{ (\nabla_x^{F^2} + \nabla_y^{F^2}) (\nabla_x^{B^2} + \nabla_y^{B^2}) \right\}^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (3.17)$$

Burada $\Delta\theta_p$ ilişkili bölgenin gradyan yönüdür. Her pikselin gradyan yönü $H(.)$ adım fonksiyonu ile τ_a eşikleme değerleri toplamını ortalaması ilişkili bölgenin kesirli değeri olarak Denklem (3.18)' de gösterilmektedir.

$$c = \frac{\{\sum_{p=1}^n H(\tau_a - \Delta\theta_p)\}}{n} \quad (3.18)$$

Burada ilişkili bölge için c değeri eşikleme değerinden büyük ise gölge aksi durumda nesne parçası olarak görülür. Önerilen yöntemin farklı veri setlerindeki sonuçları Şekil 3.16' de gösterilmektedir [21].



Şekil 3.16. Doku tabanlı algoritmanın farklı sahnelerdeki gölge tespit sonuçları (a) Video sahneleri [38-40] (b) Sahnelerin arka plan görüntüsü (c) Doku tabanlı yöntemin gölge tespit sonucu (d) Algoritmaların uygulandığı nesne-gölge maskesi.

3.3. Deneysel Sonuçlar

Videolardaki gölge, nesne takip ve izleme sistemlerinde nesneyle aynı fiziksel özellik gösterir. İzleme sisteminin performansını düşüren bu nedenden dolayı gölge tespiti önemli problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gölge tespiti için geliştirilen algoritmalar performans ve doğruluk incelemesi için Prati vd. [7] tarafından önerilen yöntem genellikle kullanılmaktadır. Yöntemin detayları Denklem (19) ve (20)'de gösterilmiştir.

$$\eta = \frac{TP_S}{TP_S + FN_S} \quad (3.19)$$

$$\xi = \frac{TP_F}{TP_F + FN_F} \quad (3.20)$$

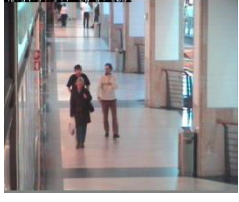
Burada η gölge tespit oranını ξ nesne-gölge ayırtma oranını temsil eder. TP_S, FN_S gölge bölgesinde tahmin edilen sırayla doğru ve yanlış piksel sayısıdır. TP_F, FN_F ise nesne piksellerinin sırasıyla doğru ve yanlış tahmin sayısını vermektedir. Yürütülme zamanı $t(milise)$ algoritmaların nesne bölgesinden gölgeleri belirleyene kadar geçen süre olarak tanımlanmaktadır. “Intel i7 5500 3.0 GHz 2 Gb ekran kartı” özelliklerine sahip bilgisayarda video senaryoları için önerilen yöntem, Opencv kütüphanesiyle C++ programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Literatürdeki veri setindeki rastgele seçilen video karesi üzerindeki başarımların karşılaştırmalı sonucu Tablo 3.3’de gösterilmektedir.

Tablo 3.3’de η ve ξ değeri yüzde hesaplanarak yansıtılmıştır. Yani $[0,1]$ aralığındaki η ve ξ değeri yüzdelik olarak tabloya yansıtılmaktadır. Yürütülme zamanı (t) ise algoritmaların ortalama olarak bir video sahnelerini işleme süresi olarak verilmektedir.

İlk senaryo Caviar [38] veri setinde bulunan 384x288 çözünürlükteki iç mekan video sahneleridir. İkinci senaryo Aton veri setindeki Highway [40] veri setindeki 320x240 çözünürlükteki dış mekan senaryolarıdır. Son sahne ise Lab [39] veri setindeki 320x240 çözünürlükteki iç mekan senaryosudur.

Veri setlerinde Caviar ve Highway veri setlerinde gürültü faktörü Lab veri setine göre fazladır. Ayrıca Lab ve Caviar veri setinde aydınlanma değişimi, Highway veri setine göre düşüktür.

Tablo 3.3. Algoritmaların iç ve dış mekan sonuçları

	İç mekan senaryosu [38]			Dış mekan senaryosu [40]		
						
Algoritmalar	$\eta(\%)$	$\xi(\%)$	Yürütülme zamanı	$\eta(\%)$	$\xi(\%)$	Yürütülme zamanı
Renklilik Tabanlı [8]	90	71	6.8 msn	93	57.8	20 msn
Fizik Tabanlı [14]	85	80	15.6 msn	67	80	22.3 msn
Geometrik Tabanlı [17]	70	73	6.2 msn	71	77	15.4 msn
Doku Tabanlı [21]	73	99	30 msn	83	93	98.7 msn
	İç mekan senaryosu [39]					
						
Algoritmalar	$\eta(\%)$	$\xi(\%)$	Yürütülme zamanı			
Renklilik Tabanlı [8]	92	81	7 msn			
Fizik Tabanlı [14]	70	88	13 msn			
Geometrik Tabanlı [17]	79	74	5 msn			
Doku Tabanlı [21]	76	93.1	48 msn			

Tabloda da görüldüğü gibi Sanin vd. [1] yaptığı karşılaştırılmalı gruplamada en iyi gölge nesne ayırma sonucunu doku tabanlı algoritma sağlamaktadır. Bu tez çalışmasında özellik tabanlı sınıflandırmadaki renklilik, geometrik fizik tabanlı yöntemlerin doku tabanlı yöntemlere göre gölge ve nesne tespit oranının düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanında renklilik tabanlı algoritmalar uygulanma kolaylığı, fizik tabanlı algoritmalar dış

mekan ve iç mekan sahnelerinde genellenebilir olması ve geometrik tabanlı algoritmalar ise sahne özellikleri bilindiğinde tercih edilebilecek üstünlüklerinin olduğu açıklanmıştır.

3.4. Bölüm Değerlendirmesi

Literatürde sunulan gölge tespit algoritmaları genelde statik ve hareketli gölgeler için olmak üzere iki genel grupta toplanmaktadır. Statik gölge tespit algoritmaları imgeler üzerinde yürütülmektedir. İmgeler üzerindeki gölgelerin tespit edilmesi ve kaldırılması nesne tanıma, fotoğrafçılık ve imge bölütleme uygulamaları için performans ve doğruluğunu arttırmaktadır. Hareketli gölge tespit algoritmaları video ve ya kamera sahnelerinden alınan görüntüler için kullanılan yöntemlerdir. NTT, nesne tanıma gibi uygulamaların doğruluğunu arttırmaktadır.

Hareketli gölgelerin tespit edilmesi ile ilgili yöntemlerin gölgenin tespit edilmesinde kullanılan özellikler göz önüne alınarak literatürde dört ana grupta toplanmaktadır. Bu algoritmalarından olan renklilik tabanlı yöntemler sahnelerdeki gölgenin farklı renk uzaylarındaki renk bilgileri temel alınarak geliştirilmiştir. Gölgelerin renk bilgileri farklı renk uzaylarındaki değişimi, gölge nesne ayrımı için önemli ipuçları vermektedir. Bu yöntemler videolardaki gürültü hassasiyetleri yüksektir. Fakat piksel tabanlı çalışan bu metotlar genel olarak uygulanması kolay ve hızlı sonuçlar üretmektedir.

Fizik tabanlı yöntemler ışık kaynağının sahneye olan etkisinin farklı şekilde modellenmesiyle ortaya çıkmaktadır. Yüksek gölge tespit oranına sahip olan bu gruptaki yöntemler nesne bölgesi AP ile benzerlik gösteren durumlarda yanlış sonuçları verebilir.

Gölgenin geometrisinin kullanıldığı yöntemler genel olarak model tabanlıdır. Video sahnesinde ışığın geliş açısının, yönünün ve sahnedeki nesnelerin sayısı ve ya türü bilindiği durumlarda nesne ait gölgenin şekli ve yönü hesaplanabilir. Bu tür varsayımları kullanan model tabanlı uygulamalar farklı sahnelere genellenebilir değildir.

Pikseller gradyan yönü, renk değeri gibi değerlere göre gruplanarak dokuları oluştururlar. Dokular birçok benzer özellikler göstermektedir. Gölge tespitinde bu piksel topluluklarından faydalanan doku tabanlı algoritmalar mevcuttur. Bu algoritmalar pikselleri bir ya da birden fazla özellikleri yardımıyla gruplamaktadır. Gruplanan bölgeler eşikleme değeri, özelleştirilmiş filtre gibi bir yöntemle gölge ya da nesne olarak ayrılmaktadır. Bu tür algoritmalar en yüksek gölge tespit sonucu veren yöntemlerdir. Bunun yanında algoritmalar yürütülme zamanı diğer algoritmalara göre yüksektir.

4. ÖNERİLEN GÖLGE TESPİT ALGORİTMALARI

Tez çalışmasının bu bölümünde hareketli gölgelerin tespiti için uyarlamalı iki farklı hesapsal zeka kullanan yöntem gerçek zamanlı sistemler için önerilmektedir. Video karelerindeki gölge tespit yöntemleri arasından hesapsal zeka yaklaşımları son yıllarda etkili gölge tespit yöntemleri olarak sunulmaktadır. Granül bulanık min-max doğal ağ kullanılarak imgelerdeki gölgelerin tespiti ve kaldırılması için alternatif bir sınıflandırıcı önerilmiştir [33]. Başka bir çalışmada ise bulanık mantık tabanlı bir gölge sınırlarını belirleyen yaklaşım video karelerine uygulanmakta ve yüksek gölge tespit oranı vermektedir [34]. Literatürdeki bir diğer çalışmada uzman ağı yardımıyla yarı öğrenme tabanlı uzman ağı video karelerini önce eğitim verilerini kullanarak çevresel değerlerini belirlemektedir. Daha sonra gölge bölgelerini tespit etmektedir [32].

Önerilen yöntemlerin ilki yapay bağışık sistem tabanlı bir gölge tespit yöntemidir. Negatif seçim algoritmasından esinlenerek uyarlanan algoritma hız ve doğruluk açısından literatür algoritmaları ile kıyaslanarak deneysel sonuçlar verilmektedir. Önerilen ikinci yöntem de bulanık mantık tabanlı bir karar verici sistem ile PV paneller için temassız bir gölgelenme tespiti sağlanmaktadır. Bu algoritma literatürde gölge tespit için kullanılan ve sahnelerin ve gölgelerin özelliklerinin belirlendiği denklemlerle ilişkili dokuları bulanık bir karar verici yardımıyla tespit edildiği uyarlamalı bir yöntem olarak literatüre sunulmaktadır.

Bu bölümde sunulan algoritmalar gerçek zamanlı ve deneysel sonuçları Opencv 2.4.10 kütüphanesi ile C++ programlama dili ve Matlab 2009 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aşağıda ilk olarak yapay bağışık sistem tabanlı gölge tespitinden daha sonra ise bulanık karar verici tabanlı gölge tespit algoritması deneysel sonuçları verilmiştir.

4.1. Yapay Bağışık Sistem Tabanlı Gölge Tespit Algoritması

4.1.1. Yapay Bağışıklık Sistemi

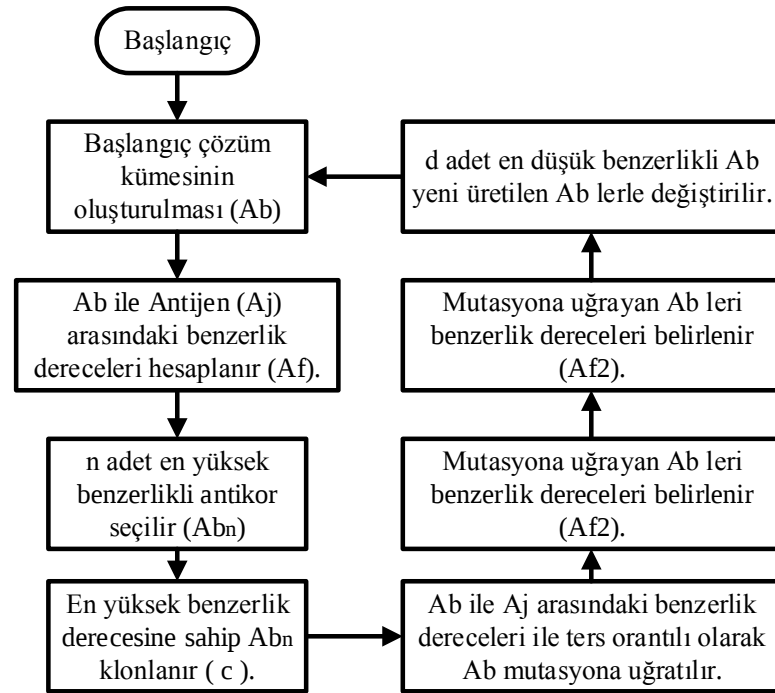
İnsan bağışıklık sistemi temel görevi vücuttaki hücrelerin tanınması ve tanınmayan hücreler ile karşılaştığında ise bu hücreleri tespit etmesi ve koruma önlemlerini almasıdır. Doğal bağışıklık sistemi insanların doğuştan kazandığı ve yabancı hücrelere karşı

oluşturduğu ilk bağışıklık yapısıdır. Kazanılmış bağışıklık sistemini aktif edecek sinyaller üretir. Doğuştan kazanılan bu sistem hafıza olmayıp etkili bir ilk koruma sistemidir [57].

Kazanılmış bağışıklık sistemi ise; doğal bağışıklık sisteminin uyarmasıyla harekete geçerek öncelikle yabancı hücreleri tanır ve tekrardan karşılaştığında aynı tepkiyi vermek üzere hafıza yapısı geliştirir [58].

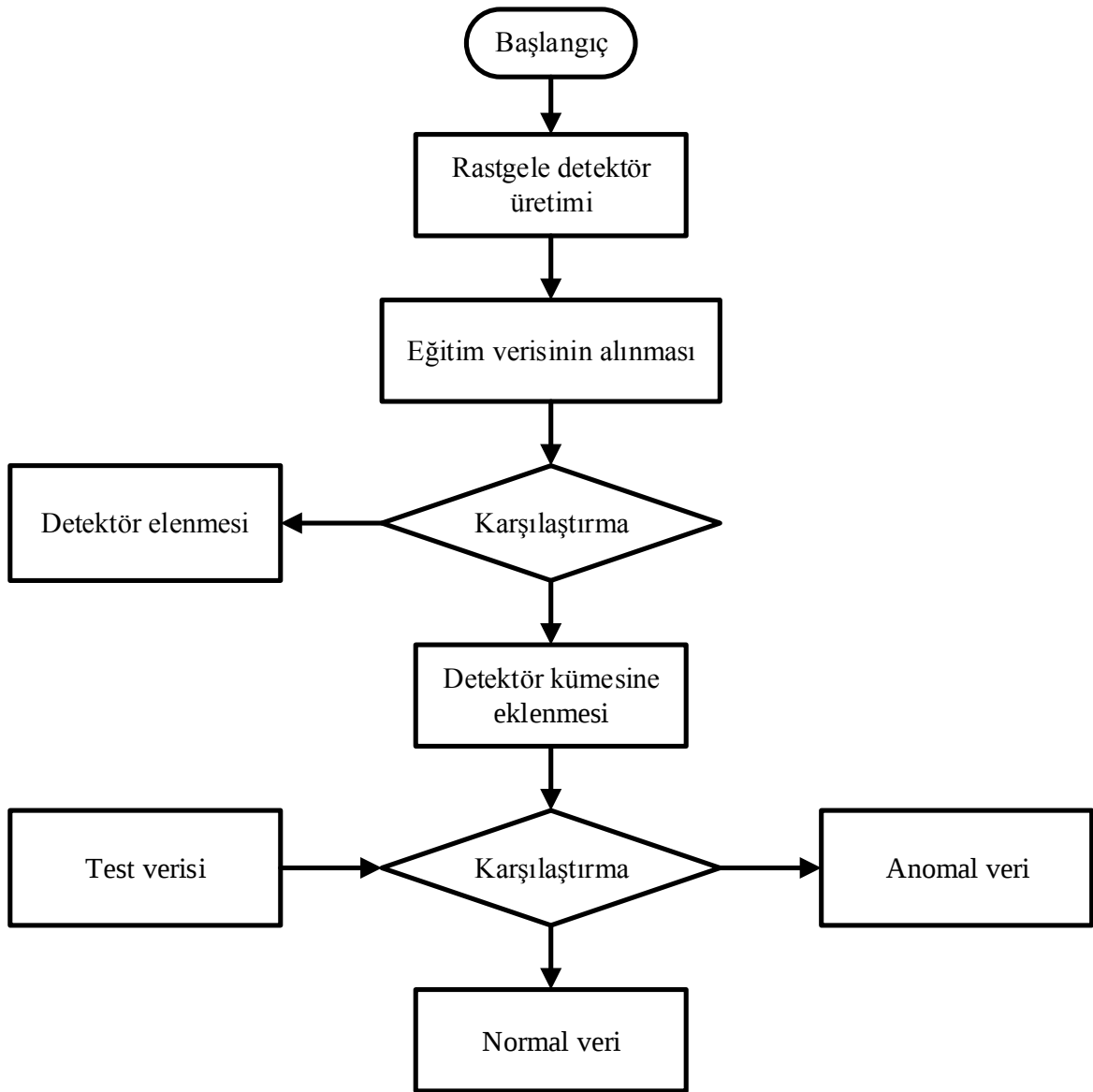
Yapay bağışıklık sistemleri insanlardaki bağışıklık sistemini örnek alarak mühendislik problemlerinin çözümü için sunulan yumuşak hesaplama yaklaşımıdır [59]. Bu matematiksel modelde antikor, sistemin istenen ve ya istenmeyen durumları tanınması için üretilen kodlamadır. Antijen ise sisteme gelen matematiksel kodlamalara verilen isimdir. Yapay bağışıklık sistemi antijenlerin antikorlar arasında tanımlanan işlemlerin farklılıklarına göre negatif ve klonal seçim algoritmaları tanımlanmaktadır. Optimizasyon ve örüntü tanıma işlemlerinde yapay bağışıklık sistemin klonal seçim yaklaşımı, anomali tespitinde ise negatif seçim yaklaşımı sayısal olarak modellenmektedir [59,60].

Klonal seçim yaklaşımı bilinmeyenin değişkenlik gösterdiği ortamlarda ve yabancı modellerin tespit edildiğinde sistemin vereceği cevabı tanımlanmak için kullanılır [57]. Klonal seçim algoritmasının akış diyagramı Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Klonal seçim algoritması [59, 60]

Anomali, kararlı sistemler için istenmeyen bir durumdur. Yapay bağışıklık sistemlerinin negatif seçim algoritması, mühendislik problemlerindeki anomali tespiti için basit bir matematiksel yaklaşım sunmaktadır. Motor sistemlerindeki arızaların [60], bilgisayar sistemlerindeki virüs yazılımlarının ve bilgisayar iletişim ağlarındaki saldırıların tespiti uygulamalarında negatif seçim algoritması kullanılmaktadır. Negatif seçim algoritmasının adımları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Negatif seçim algoritması [59,60].

Negatif seçim algoritması rastgele üretilen detektörler ile eğitim kümesi arasında yapılan karşılaştırma sonunda detektörler arasında eleme yapar. Karşılaştırma, afinite olarak bilinen benzerlik fonksiyonlarıyla yapılır. Benzerlik fonksiyonu Öklit mesafe ölçümü temelli afinite fonksiyonu Denklem (4.1) ve (4.2)'de gösterilmektedir. Denklem (1) (2)'de n uzunluklu E eğitim veri kümesi (öz veri kümesi) ve D rastgele üretilen detektör kümesi için i . Elemanın karşılaştırma hesabı gösterilmiştir [60].

$$Uzaklık(D, E) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - E_i)^2} \quad (4.1)$$

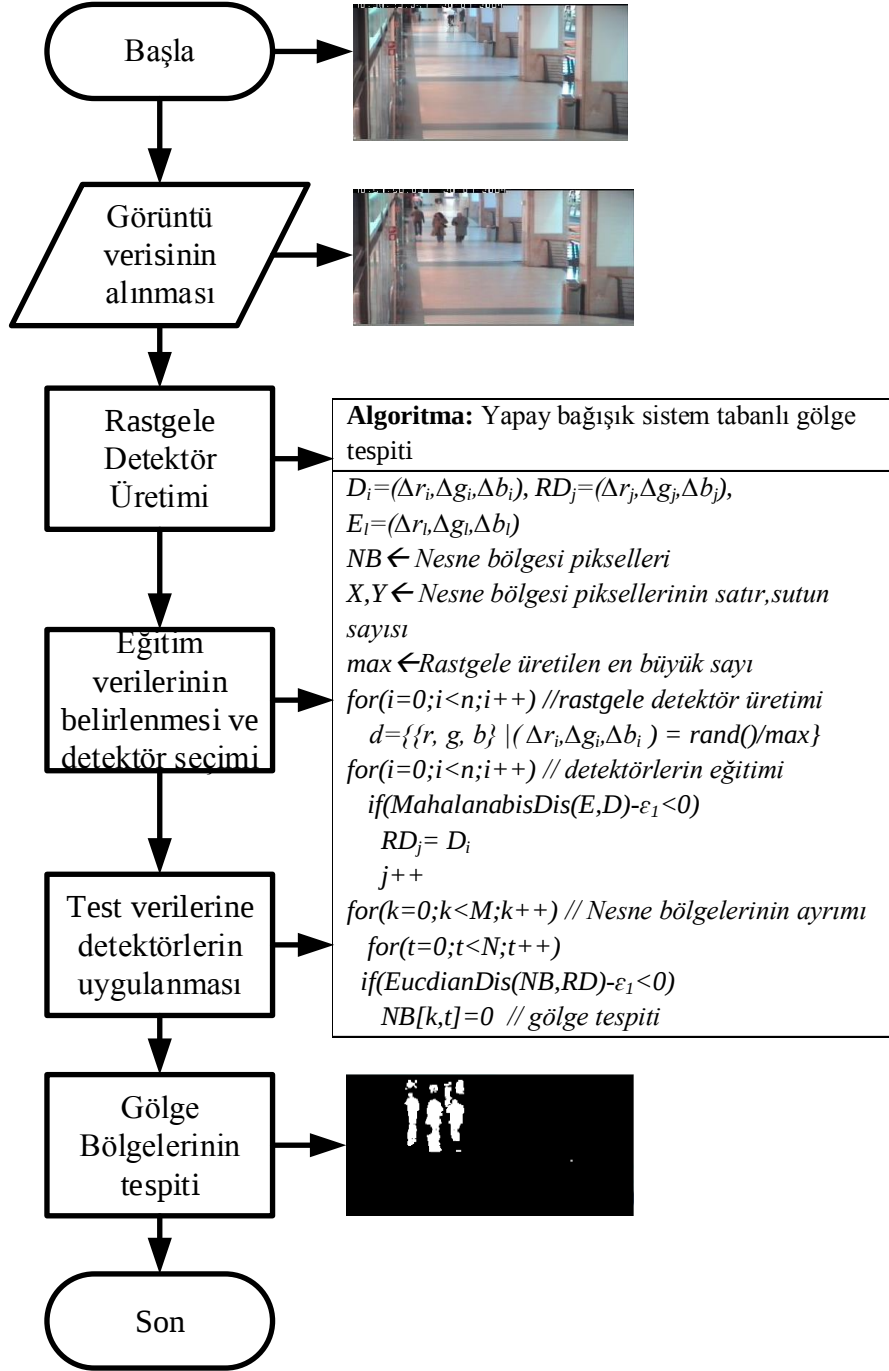
$$A = Uzaklık(D(i), E(n)) - \varepsilon \quad (4.2)$$

Burada A afinite değeri ε eşikleme değeri ve Dis fonksiyonunun değerinin durumuna göre belirlenmektedir. A değeri sıfırdan küçük bir değerse rastgele üretilen detektör eklenir. Aksi durumda detektör, gerçek detektör kümesine eklenir. Anomali durum ile normal durum arasındaki seçim yine benzer olarak yapılmaktadır.

4.1.2. Önerilen Yöntem

Bu bölümden video karelerinde anomali bir durum olarak tespit edilen gölge bölgeleri, yapay bağışıklık sistem tabanlı bir yöntemi (YBSTGT) ile tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Önerilen yöntem Caviar [38], Lab [39] veri setindeki iç mekan sahneleri ve PV panel, Highway [40] dış mekan sahneleri kullanarak sonuçlar analiz edilmiştir. Önerilen yaklaşımın blok diyagramı Şekil 4.3'de gösterilmektedir.

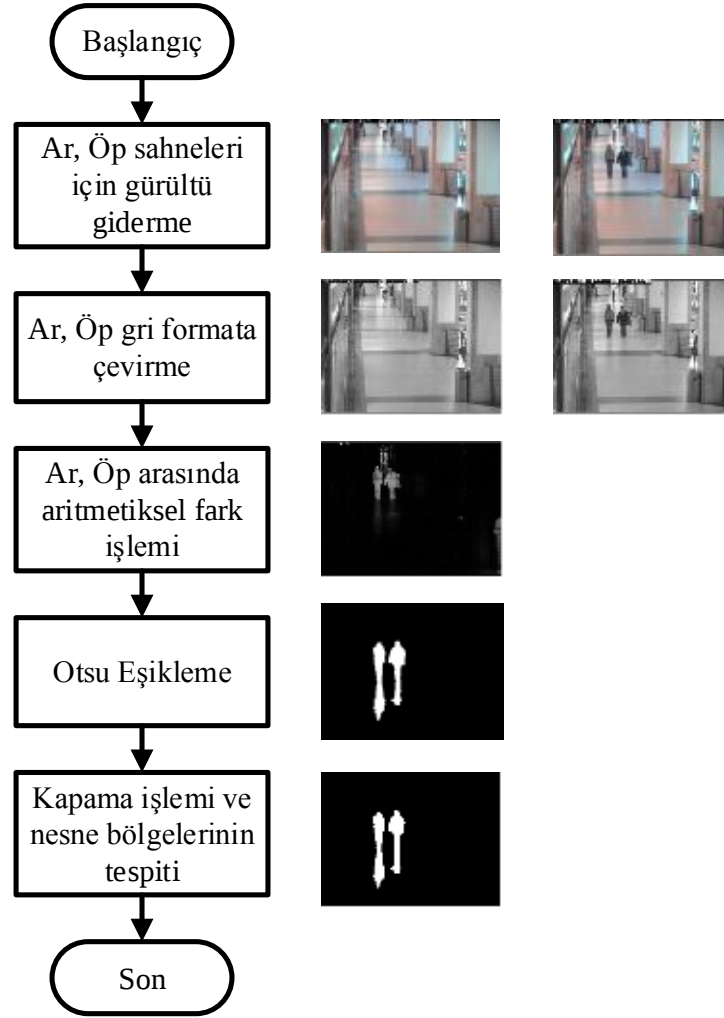
Algoritma özet olarak öncelikle rastgele detektörleri üretir. Daha sonra gölgenin renklilik ve parlaklık özelliklerindeki zayıflama modelinden yola çıkarak eğitim verileri oluşturulmaktadır. Eğitim verileri ile rastgele üretilen detektör kümesi arasında oluşturulan matematiksel model yardımıyla detektörler seçilir. Bu seçim sunulan matematiksel modele göre yüksek benzerlik oranı ve ya düşük benzerlik oranı ile doğru orantılı olarak gerçekleştirilmektedir. Seçilen detektör kümesindeki elemanlar test verilerine uygulanarak anomali durum olan gölge bölgeleri tespit edilmektedir.



Şekil 4.3. Geliştirilen negatif seçim tabanlı gölge tespit algoritması akış diyagramı ve sözde kodu.

Önerilen yaklaşım ilk olarak video sahnelerinden nesne tespiti için uyarlamalı bir yöntem sunmaktadır. Kamera açısının sabit olduğu durumlar için AP, nesne bölgeleri içermeyen kamera karesidir. ÖP ise kameranın nesne bölgelerini tespit etmeye başladığı andan itibaren arkaplana göre değişkenlik gösteren karedir. Sistem için arkaplan imgesi

videoda nesnelerden arındırılmış kare olarak tanımlanır Nesne bölgelerinin tespiti için Şekil 4.4’de gösterilen arkaplan çıkarımlı nesne tespit yöntemi [61]’de önerilen yöntem temel alınarak geliştirilmiştir.



Şekil 4.4. Nesne tespit algoritması.

Nesne bölgelerinin tespit için öncelikle sabit arkaplan imgesi ve kameradan gelen ÖP imgesi için gürültü azaltıcı Blur filtresi uygulanmaktadır. Daha sonra ÖP ile AP imgesi gri formatta dönüştürülüp fark işlemi ile gri formatta bir maske elde edilmektedir. Fark işlemin ardından Otsu eşikleme metodu ile gri formattaki maske ikili resme dönüştürülmekte ve son olarak ikinci bir gürültü azaltıcı yöntem kapama işlemi ikili resme uygulanmaktadır. Son olarak nesne ve gölge bölgeleri arka plan çıkarmalı olarak tespit

edilmektedir. Aydınlanma değerinin değışkenlik gösterdiği sahneler için arka plan modeli belirli zamansal aralıklarla yenilenmelidir. Leone vd. [49] tarafından arka plan modelinin zamana göre güncellenmesi açıklanmaktadır. Denklem (4.3)'de ayrıntılı olarak arkaplan modelinin değışimi gösterilmektedir [49].

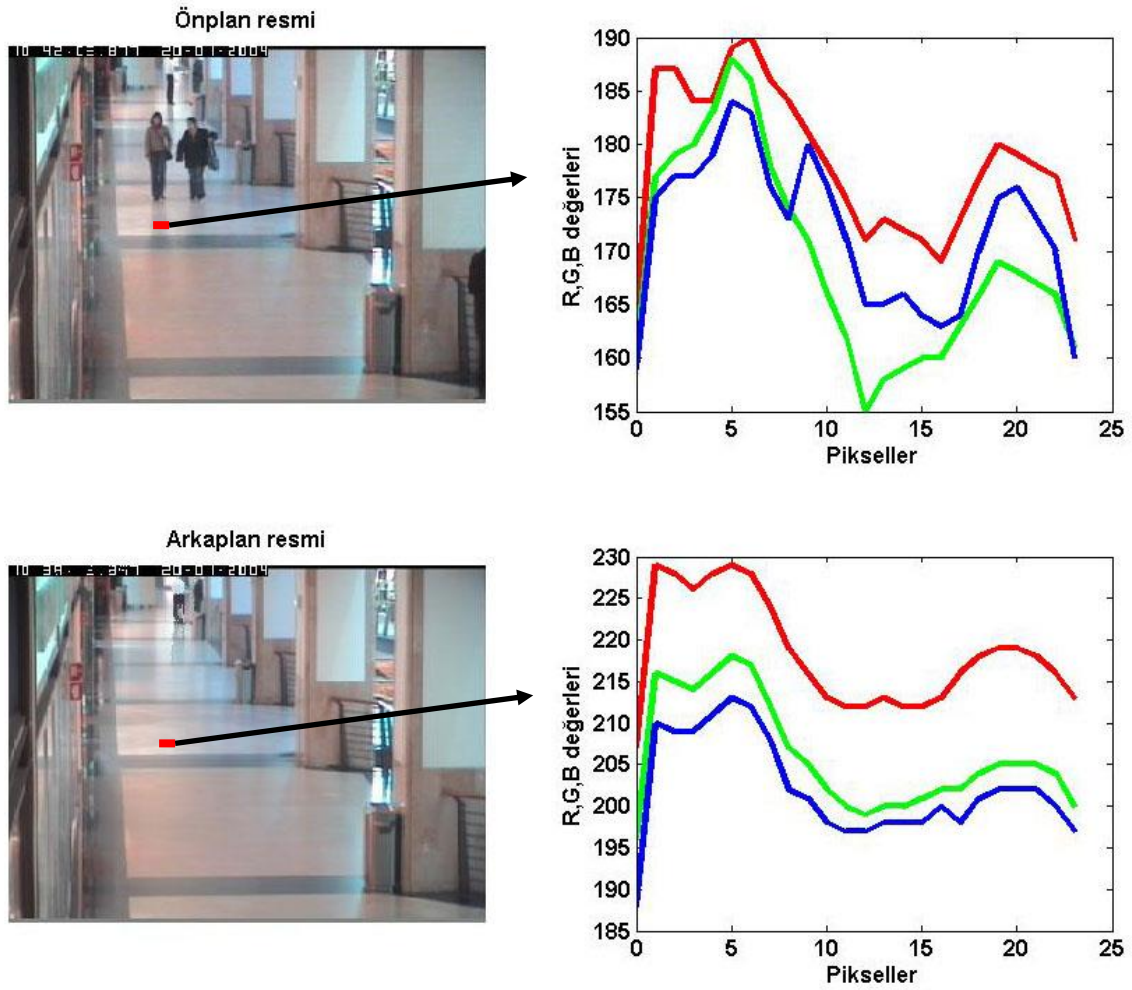
$$AP_{t+n} = \begin{cases} b(AP_t) + (1 - b)I_{t+n}, & I_{t+n} - I_t > \varepsilon_t \\ AP_t, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.3)$$

Denklem 4.3' de sahnenin aydınlanma durumunun değışimine duyarlı bir arkaplan modeli sunulmaktadır. Leone vd. [49] tarafından sunulan bu yöntemde I_{t+n} ve I_t , t+n ve t zamanında ÖP pikselinin gri değeri ifade etmektedir. Denklem (4.3)'deki b değeri ise sahnenin aydınlanma değışimini öğrenmek için kullanılır. Önerdiğimiz yöntem arka plan güncelleme işlemini, Leone vd. önerdiği yaklaşım ile gerçekleştirmektedir.

AP seçilen n örnek piksel değeri t zamanıyla t+n zamanındaki değışimi arasındaki fark ε_t eşikleme değeri büyük ise AP güncelleme işlemi yapılır. Aksi durumda ise güncelleme işlemi gerçekleşmez ve t zamanındaki AP değeri kullanılır.

Nesne bölgesi tespit edildikten sonra yapay bağışıklık sisteminde detektör eğitimi için gerekli verilerin alınması işlemi yapılmaktadır. T zaman periyodunda sahnenin aydınlanma değeri göre uygun eğitim verileri sisteme yüklenmektedir. Eğitim verileri az aydınlanmalı, orta aydınlanmalı ve yüksek aydınlanmalı olarak üç veri kümesi olarak ayrılmaktadır. Nesne tespiti gri formata dönüştürülen ÖP sahnesi ortalama gri değeri 0 ila 85 arası az aydınlanmalı, 85 ila 170 arası orta aydınlanmalı ve 170 ila 255 arası yüksek aydınlanmalı olarak veri seti yüklenmesi için kullanılmaktadır. Üç farklı eğitim veri seti arasında t zamanında gri formattaki imgenin aydınlanma değeri göre eğitim verisi yüklenmektedir. Eğitim veri setinden oluşturduğu gerçek detektörler, önceki detektörlerle değıştirilerek sistemin kararlı çalışması sağlanmaktadır. Sistem bütün eğitim verileri ile önceden eğitilerek farklı aydınlanma durumlarına göre farklı gerçek detektörler elde edilmiştir. Gölge tespiti yapılmadan önce sistem eğitime tabi tutulur ve böylece gölge tespit sırasında eğitim için ekstra süre harcanmaz.

Nesne ve gölge bölgeleri tespit edilen ön plan imgesinin, gölge bölgelerindeki piksellerin renklilik değeri zayıflamalar Şekil 4.5'de ayrıntılı şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Renklilik değerinin lineer zayıflaması.

Şekil 4.5' de gölge bölgesi ile arka plan arasındaki ilişki RGB renk uzayında ifade edilmektedir. Lineer olarak renklilik değerlerindeki zayıflama, sahnedeki ışık kaynağının analiz edilen bölgeye olan durumuna göre değişkenlik gösterdiği Denklem (4.4)'de gözlemlenmektedir [4].

$$\begin{aligned}\Delta_c(i, t) &= \ddot{O}P_c(i) - AP_c(i), c \in \{R, G, B\} \\ \Delta_c(i, t) &= \Delta_c(i, t + 1) + a, c \in \{R, G, B\}, a \in \mathbb{Z}^-\end{aligned}\tag{4.4}$$

Burada i . pikselin R,G,B renk uzayında $AP_c(i)$ arkaplan, $\ddot{O}P_c(i)$ önplan değeridir. $\Delta_c(i, t)$ ise önplan ile arkaplan arasında t zamanındaki aritmetiksel fark işlemini göstermektedir. Gölge bölgelerdeki renklilik değerinin değişimi t zamanından $t+1$ zamanı

arasında a tam sayısı kadar sapma göstermektedir. Sapma değeri a matematiksel olarak hesaplama ışık kaynağının aydınlanma değerlerinin bilinmediği ortamlarda karmaşık bir hesaplama yaklaşımı gerektirmektedir [14].

Renk değerlerinin değişiminden faydalanılarak oluşturulan D detektör kümesi Denklem (4.5)'de gösterilmektedir.

$$D(i) = \{ \ddot{O}P_c(i) - AP_c(i) | c \in \{R, G, B\} \} \quad (4.5)$$

Rastgele detektörler, negatif seçim yapılması için CAVAIR veri setinde gölge bölgeleri daha önceden belirlenen farklı aydınlanma koşullarında alınan eğitim veri kümesi E ile Mahalanabis uzaklık ölçümü Denklem (4.6)'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} Mahalanabis_uzaklığı(D, E) &= \sqrt{[\mu_E - \mu_D] S^{-1} [\mu_E - \mu_D]^T} \\ |M_u(D(i), E(n))| &< \varepsilon_1 \end{aligned} \quad (4.6)$$

Burada μ_E , eğitim veri kümesinin ortalama R,G,B değerlerini, μ_D ise aday detektör kümesinin R,G,B değerini ifade etmektedir. Sıfırdan farklı her uzaklık eğitim kümesi ile detektör arasındaki farkı göstermektedir. Uzaklık değeri ε_1 eşik değerinden küçük ise detektör, gerçek detektör kümesine atılır. Aksi durumda ise rastgele üretilen aday detektör elenir. Gerçek detektör (GD) kümesinin oluşturulmasından sonra izleme sisteminin her karesindeki nesne bölgesi (NB) için detektörler gölge piksellerinin tespitini Denklem (4.7)'deki karşılaştırma hesabına göre yapmaktadır.

$$A = \ddot{O}klid_uzaklığı(GD(i), NB(n)) - \varepsilon_2 \quad (4.7)$$

Denklem (4.7)'de Öklid uzaklığına göre nesne pikseli ile detektör ε_2 eşik değeri ile karşılaştırılarak eşleştirilir. $A > 0$ ise detektör, pikseli gölge olarak tanımlanmaktadır.

4.1.3. Deneysel Sonuçlar

Yapay bağışık sistemin negatif seçim yaklaşımını temel alan yöntem iç mekan ve dış mekan sahnelerine uygulanarak uygulama sonuçları detaylı olarak bu bölümde sunulmaktadır.

Prati vd. [7] önerdiği gölge tespit performansı analiz kriterleri daha önceki bölümlerde anlatmıştık. Yapay bağışıklık sistem tabanlı algoritma farklı eşikleme ve aday detektör kümeleriyle, Cavair [38], Highway [40], Lab [39] ve PV dizi sahnelerine uygulanarak sonuçların analizi açıklanmaktadır.

Tablo 4.1’de sahne bilgisi ve özellikleri verilen farklı sahneler, Intel i7 5500u işlemcili ve 2 Gb ekran kartına sahip bilgisayarla deneysel olarak gerçekleştirilerek analiz edilmiştir. Bunun yanında ek-1 de gösterilen Beagle board Arm tabanlı kartla gerçek zamanlı olarak analiz edilerek deneysel sonuçlar doğrulanmaktadır.

Tablo 4.1’de s(E) eğitim veri kümesi, s(RD) Rastgele üretilen detektör sayısı, s(D) detektör veri kümesi, ε_1 detektör ile eğitim veri kümesi arasındaki eşikleme değeri ε_2 ise detektör ile aday gölge pikselleri arasındaki benzerlik eşik değeridir. Ayrıca video içerisindeki sahnelerin ortalama η gölge tespit oranı, ξ nesne gölge ayırım oranı ve t değeri ise yürütülme zamanı olarak gerçekleştirilen algoritmanın karşılaştırma ve deneysel sonuçları Tablo 4.1’de verilmektedir.

Tablo 4.1. YBSTGT iç ve dış mekan sonuçları.

CAVIAR VERİ SETİ [38] – SAHNE-1		İç mekan sahne bilgisi								
		Çözünürlük: 384x288 Video Kare Hızı: 25 fps								
	Deneysel sonuçlar	s(E)	s(RD)	s(D)	ε_1	ε_2	$\eta(\%)$	$\xi(\%)$	t (msn)	En iyi sonuç
	Renk tabanlı [8]	-	-	-	-	-	90	71	6.8 msn	-
	Fizik tabanlı [14]	-	-	-	-	-	85	80	15.6 msn	-
	Doku tabanlı [21]	-	-	-	-	-	73	99	30 ms	ξ
	Geometrik tabanlı [17]	-	-	-	-	-	70	73	6.2 ms	-
	YBST	1211	13000	8	5	20	92	81	6 ms	η

Tablo 4.1. YBSTGT iç ve dış mekan sonuçları.(devam)

LAB VERİ SETİ [39] – SAHNE-2		İç mekan sahne bilgisi Çözünürlük: 320x240 Video Kare Hızı: 10 fps								
	Deneyisel sonuçlar	s(E)	s(RD)	s(D)	ε_1	ε_2	η	ξ	t (msn)	En iyi sonuç
	Renk tabanlı [8]	-	-	-	-	-	73	67	5.3 msn	
	Fizik tabanlı [14]	-	-	-	-	-	65	88	11.9 msn	
	Doku tabanlı [21]	-	-	-	-	-	77	95	18 msn	ξ
	Geometrik tabanlı [17]	-	-	-	-	-	61	74	3 msn	
	YBSTGT	4124	10000	20	10	15	77.64	81	2 msn	η

OTOYOL VERİ SETİ [40] – SAHNE-3		İç mekan sahne bilgisi Çözünürlük: 320x240 Video Kare Hızı: 14 fps								
	Deneyisel sonuçlar	s(E)	s(RD)	s(D)	ε_1	ε_2	η	ξ	t (msn)	En iyi sonuç
	Renk tabanlı [8]	-	-	-	-	-	93	57	17.4 msn	
	Fizik tabanlı [14]	-	-	-	-	-	62	80	24 msn	
	Doku tabanlı [21]	-	-	-	-	-	80	93	100 msn	ξ
	Geometrik tabanlı [17]	-	-	-	-	-	60	72	15 msn	
	YBSTGT	2171	30000	23	7	15	93	75	14 msn	η

Tablo 4.1. YBSTGT iç ve dış mekan sonuçları.(devam)

PV DİZİ VERİ SETİ – SAHNE-4		Dış mekan sahne bilgisi Çözünürlük: 640x480 Video Kare Hızı: 29 fps								
	Deneyisel sonuçlar	s(E)	s(RD)	s(D)	ε_1	ε_2	η	ξ	t (msn)	En iyi sonuç
	Renk tabanlı [8]	-	-	-	-	-	88	-	24 msn	
	Fizik tabanlı [14]	-	-	-	-	-	70	-	54 msn	
	Doku tabanlı [21]	-	-	-	-	-	91	-	30 msn	η
	Geometrik tabanlı [17]	-	-	-	-	-	32	-	16 msn	
	YBSTGT	4861	50000	85	5	20	80	-	5 msn	

Tablo 4.1'in ilk veri seti Caviar bir iç mekan senaryodur. Gerçekleştirilen beş farklı algoritmada gölge tespit sonucu ve yürütülme zamanı en iyi olan YBSTGT algoritmasıdır. Doku tabanlı algoritma [21] en iyi nesne gölge ayrıştırma oranı ile öne çıkmaktadır. İkinci veri seti Lab bir iç mekan senaryosu olup Caviar veri seti ile benzer sonuçlar vermektedir. Sahne 3 ve sahne 4 dış mekan senaryolarıdır. Bu veri setlerinde aydınlanma değişimi ve gürültü faktörü yüksektir. Sahne 3 de en iyi gölge tespit sonucu YBSGT, en iyi nesne gölge ayrıştırma oranı doku tabanlı [21] yöntemine aittir. Sahne 4 de ise en iyi gölge tespit oranı doku tabanlı algoritmanındır.

4.2. PV Diziler için Bulanık Mantık Kullanan Model Tabanlı Gölge Tespit Algoritması

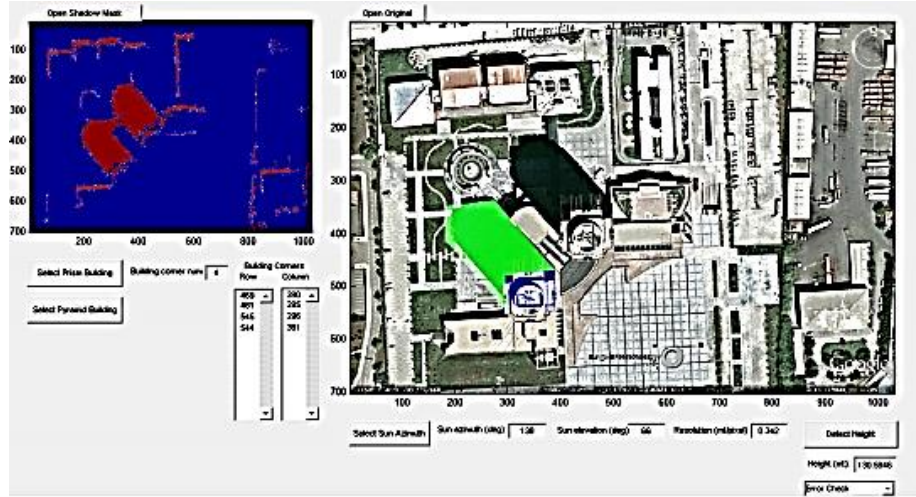
4.2.1. Model Tabanlı Gölge Tespiti

Gölge tespit yöntemleri arasında kullanılan sahnenin renk, ışıklılık, aydınlanma bileşeni sayısı ve yönü gibi özelliklerin önceden bilindiği model tabanlı algoritmalar bulunmaktadır. Bu algoritmalar sahne hakkındaki bilgilerden yola çıkarak en iyi gölge tespit yöntemini ve çıkarım mekanizmasını önermeye çalışmaktadır.

Uydu sahnelerini kullanarak güneş ışığının sahnenin alındığı o anki aydınlatma açısından bina uzunluklarının kullanıldığı model tabanlı yöntem literatürde mevcut birçok

yöntemden biridir [41]. İlgili yöntemin uygulandığı örnek bir uydu fotoğrafı ve bina yükseklik hesabının verildiği literatürde sunulan örnek program ve çıktısı Şekil 4.6'da sunulmaktadır.

İlgili yöntem bina yüksekliklerini hesaplamak için uydudan alınan sahneler üzerinde gölge tespiti yapmaktadır. Daha sonra binaya gelen güneş ışığının geliş açısı ve yönünü hesaba katarak bina yüksekliğini hesaplamaktadır.



Şekil 4.6. Literatürdeki örnek model tabanlı uygulama [41].

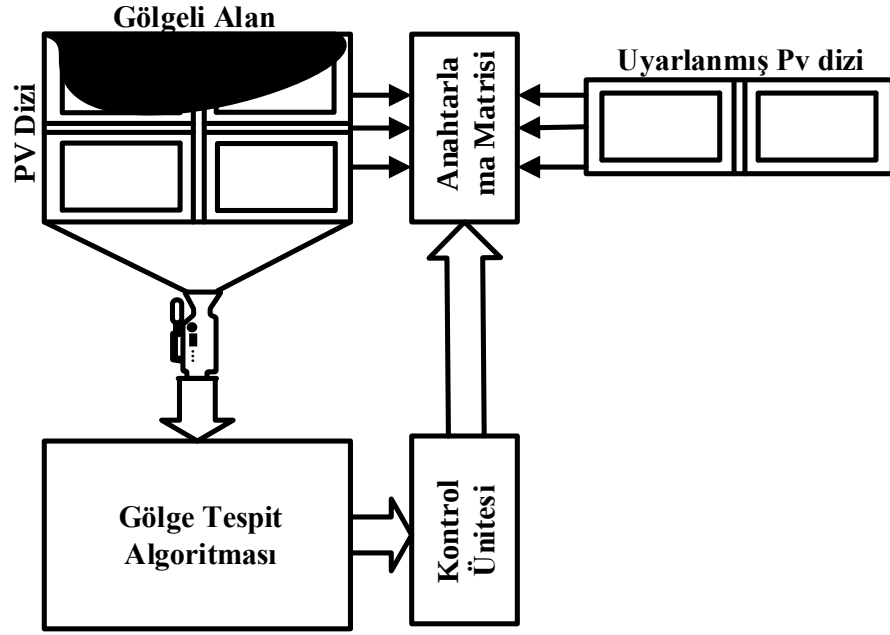
Yukarıda anlatılan örnek uygulamadan da anlaşılacağı gibi gölge bölgelerinin tespitinde önceden bilinen verilerin kullanılması model tabanlı uygulamaların genel özellikleri olarak söylenebilir.

Bulanık mantık kullanan model tabanlı yöntem bulanık üyelik fonksiyonlarının eşik değerlerinin belirlenmesi ve sahnenin gölge üzerine düşecek kısmın koyu mavi, beyaz renk tonunda olduğunun bilinmesi önerilen yöntemin model tabanlı olarak kategorize etmemiz için yeterli kriterlerdir.

Tez çalışmasının aşağıdaki bölümlerinde anlatılacak bulanık mantık kullanan yöntem PV dizi sahneleri üzerinde uygulanarak etkili bir gölge tespiti yapması amaçlanmaktadır. Bu amaçla bulanık üyelik fonksiyonları ve arkaplan çıkarım yöntemleri uygulanacak modele uygun seçilmiştir. İleriki bölümlerde önerilen yöntemin detaylarından bahsedilecek ve sonra ilgili yönteme ait deneysel sonuçlar verilerek genel bir bölüm değerlendirmesi yapılacaktır.

4.2.2. Önerilen Yöntem

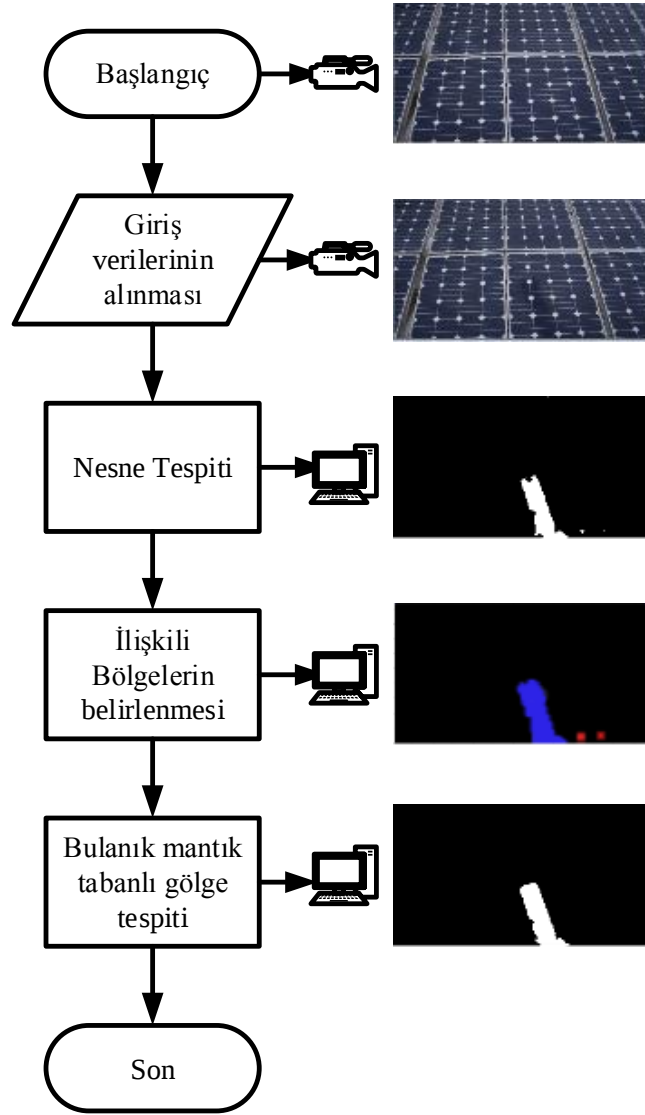
Etkili bir gölge tespit algoritması PV dizilerin yeniden düzenleşim için kritik öneme sahiptir. Çünkü yeniden düzenleşim yaklaşımlarının bazıları PV diziler üzerindeki gölgeli bölgeleri giriş parametresi olarak kullanmaktadır [29]. Şekil 4.7’de gölge bölgelerini giriş parametresi olarak kullanan yeniden düzenleşim yaklaşımı gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Örnek bir yeniden düzenleşim modeli.

Bu çalışmada, PV dizilerin yeniden düzenleşimi için kullanılan gölgelenme bölgelerinin tespiti için etkin bir görüntü işleme tabanlı gölge tespit yaklaşımı sunulmaktadır. Önerilen yöntemin adımları Şekil 4.8’de gösterilmektedir.

Önerilen yöntem ilk olarak kameradan alınan görüntüler üzerinde arkaplan tespiti yapmaktadır. Daha sonra arkaplan ve önplan imgesini gri imge formatına dönüştürerek, arkaplan çıkarım tabanlı bir nesne tespit yöntemini sahneye uygulamaktadır. Kameralardan alınan görüntü verileri üzerindeki nesne bölgelerinin tespiti ile ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Benezeth vd. [62] arka plan çıkarım tabanlı nesne tespit metotlarını inceleyerek Denklem (4.8) deki gibi genel bir yapı sunmaktadır.



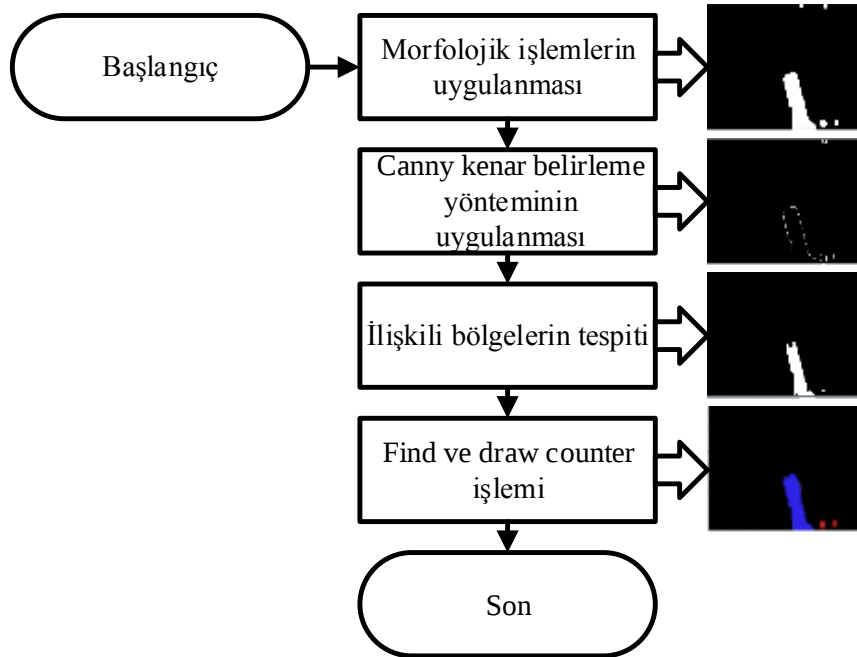
Şekil 4.8. Bulanık mantık tabanlı gölge tespit algoritması akış diyagramı.

$$N_t(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } Fark(AP_t, \ddot{O}P_t) > T \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.8)$$

Burada AP_t , t zamanında arkaplan karesini, $\ddot{O}P_t$, ise t zamanında önplan karesini göstermektedir. Arkaplan ile önplan arasındaki uzaklık fonksiyonunun sonucu T değerinden büyük olan pikseller $N_t(x)$ nesne maskesine atanmaktadır. Önerdiğimiz yöntem nesne tespitinde Cheung vd. [61] tarafından literatürde sunulan yöntemden faydalanılarak geliştirilmiştir. Yöntem YBSTGT’de kullanılan nesne tespit yöntemi kullanılmaktadır.

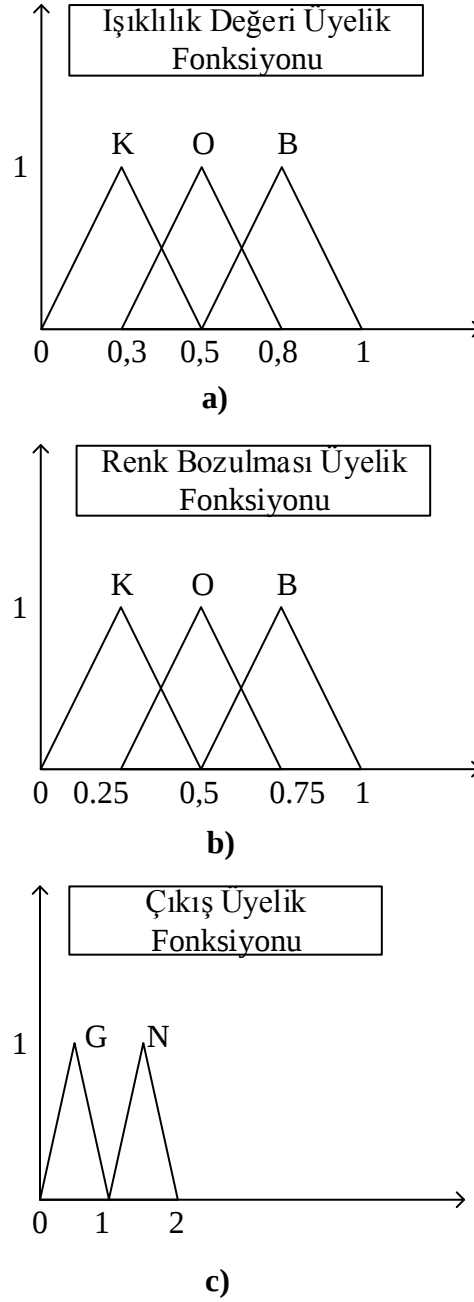
Nesne tespit yöntemi öncelikle AP ve ÖP sahnelerini kamerayla alındıktan sonra iki sahneye de gürültü azaltmak için ortalama filtresi kullanılmaktadır. ÖP ile AP RGB renk uzayından gri renk uzayına dönüştürülür. Daha sonra ÖP ve AP pikselleri arasında fark işlemi uygulanmaktadır. Ortaya çıkan gri seviyesindeki maskenin ikili maskeye dönüştürülür. İkili maske OTSU dinamik eşikleme yaklaşımıyla elde edilir. Eşikleme yaklaşımı sahnede gri seviyedeki pikselleri ortalama gri değeri tekrarlama sayısı ve varyans değerine göre ikili resme dönüştürür. Elde edilen ikili maske gürültü azaltıcı kapama işleminden sonra nesne bölgeleri tespiti yapılmaktadır.

Arkaplan çıkarımı ve aydınlanma değişimine göre güncellenme yaklaşımı belirlendikten sonra nesne bölgelerinin sınırları tespit edilmektedir. Nesne bölgelerinin sınırlarının tespiti ÖP için imgesi için kullanılmaktadır. Daha sonra ise Canny kenar belirleme yaklaşımı ile ikili imge üzerindeki nesnelerin kenarları belirlenmektedir. Nesne sınırlarının bulunmasından sonra find ve draw contour işlemi ile imgedeki ilişkili nesne bölgelerinin belirlenmesidir. Kenar bilgileri belirlenen her bölge bir ilişkili piksel bölgesi olarak gruplandırılmaktadır. Görüntü işleme tabanlı ilişkili bölge bulma yaklaşımı Sanin vd. [21] önerdiği ilişkili bölgelerin tespitinden faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.9’ da ilişkili bölge bulma yöntemi özetlenmiştir.



Şekil 4.9. İlişkili bölge tespiti

İlişkili bölgelerin tespit edilmesinden sonra bulanık mantık yaklaşımıyla gruplama işlemi yapılmaktadır. Bulanık mantık yaklaşımı giriş parametresi olarak ilişkili nesnelerin ışıklılık (İŞ) ve renk bozulması (RB) değerini alır. Yöntem çıkış olarak ise nesne ve gölge bölgelerini ayırmaktadır. Bulanık mantık işleminin giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları şekil 4.10' te, kural tablosu ise Tablo 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.10. Bulanık mantık üyelik fonksiyonları a) Işıklılık değeri (İŞ) (B: Büyük, O: Orta, K: Küçük) b) Renk Bozulması (RB) (B: Büyük, O: Orta, K: küçük) c) Çıkış üyelik fonksiyonu (G: Gölge, N: Nesne)

Tablo 4.2. Kural tablosu

No	Kurallar
1	$I\mathcal{S} = B \ \& \ RB = B \Rightarrow \mathcal{C} = N$
2	$I\mathcal{S} = B \ \& \ RB = O \Rightarrow \mathcal{C} = N$
3	$I\mathcal{S} = B \ \& \ RB = K \Rightarrow \mathcal{C} = N$
4	$I\mathcal{S} = O \ \& \ RB = B \Rightarrow \mathcal{C} = N$
5	$I\mathcal{S} = O \ \& \ RB = O \Rightarrow \mathcal{C} = G$
6	$I\mathcal{S} = O \ \& \ RB = K \Rightarrow \mathcal{C} = G$
7	$I\mathcal{S} = K \Rightarrow \mathcal{C} = G$

Mamdani bulanık sistemin giriş değeri olan ışıklılık değeri ($I\mathcal{S}$) ile renk bozulması (RB) Boroujeni vd. [32] tarafından önerilen yaklaşımın parametreleri temel alınarak yorumlanmaktadır. $I\mathcal{S}$ değeri PV dizi sahnelerinin aydınlanma değerlerini en iyi açıklamak için oluşturulmuştur. R , G , B değerlerinin katsayıları güneş ışığının PV dizilerin dış mekanda güneş ışığından ve bulutlardan gelen yansımaları en iyi şekilde modellemek için B değerinin katsayısını büyük olarak almıştır. Çünkü güneşin bulut arkasına girmesi gibi durumlarda sahnenin B değeri diğer R , G değerlerine göre daha fazla artmaktadır. Bu durumun daha iyi algılanması için bulanık mantık ilk giriş parametresi $I\mathcal{S}$ belirlenmiştir. RB ise nesnelerin AP üzerinde oluşturduğu renk değişimidir. Gölge renk değerini azaltıcı yönde etkisini vardır. Fakat gölge genel olarak AP renk değeri üzerinde büyük bir bozulmaya neden olmamaktadır. Denklem (4.9) ve (4.10) $I\mathcal{S}$ ve RB değerlerinin hesaplaması $[0,1]$ aralığında normalleştirilmiş R,G,B değerleri kullanılarak gösterilmektedir.

$$I\mathcal{S}_j = \frac{\sum_{i=1}^m 0.3R_i + 0.3G_i + 0.4B_i}{m} \quad (4.9)$$

$$RB_j = \text{Öklid_Uzaklığı}(ORT(RGB(IB_j)), ORT(AP_j)) \quad (4.10)$$

Denklem (4.9) ve (4.10)' deki $I\mathcal{S}_j$, j . ilişkili bölgenin ışıklılık değerini temsil etmektedir. RGB renk uzayındaki m pikselin sayısına sahip ilişkili bölgenin ağırlıklı ortalama değeri $I\mathcal{S}$ olarak hesaplanmaktadır. Renk bozulması RB_j ise j . ilişkili bölgenin (IB_j) R,G,B değerlerinin aritmetik ortalaması ile arka plan (AP_j) sahnesindeki piksel kümesi ortalama renk değerleri arasındaki Öklid uzaklığı olarak tanımlanmaktadır.

Öklid uzaklığında iki nokta arasındaki mesafenin sonucu bulmaktadır. Veri kümesi İB ile AP pikselleri arasındaki Öklid uzaklığı de μ_{IB}, μ_{AP} değerleri sırasıyla İB ve AP piksellerinin R,G,B değerinin aritmetik ortalaması olarak denklem (4.11)'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

$$\text{Öklid_uzaklığı}(IB, AP) = \sqrt{(\mu_{IB} - \mu_{AP})^2} \quad (4.11)$$

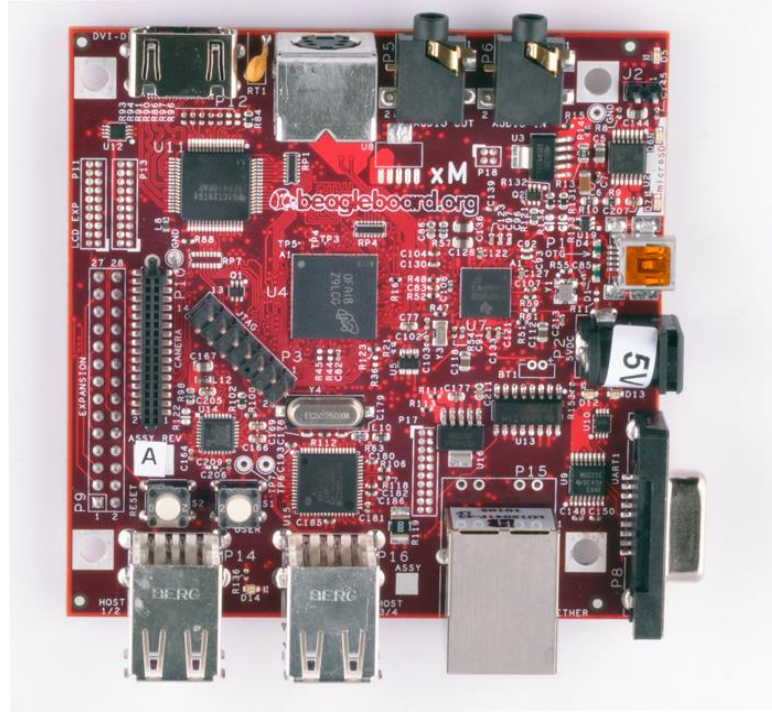
Bulanık mantık işlemini kurallar arasındaki 've' işlemi için skaler çarpma değer seçimi işlemi uygulanmaktadır. Bulanıklaştırma işlemi için kesme modeli (Truncation Method) ve son olarak durulaştırmak için ise çıkış fonksiyonu üzerinde ağırlık merkezi işlemi uygulanarak sonuç gerçekleştirilmektedir.

Bulanık karar yaklaşımı PV sahnesi üzerinde oluşan gölge bölgelerini tespit etmektedir. PV dizilerin elektrik üretim performansını arttırmak için kullanılan tekrar ayarlamalı yaklaşımlarının giriş parametresi olarak gölge tespit yönteminin sonucu kullanılmaktadır. Böylelikle tekrar ayarlama yaklaşımının giriş parametresi gölge koordinatları ve koyuluk değeri olarak belirlenir.

4.2.3. Deneysel Sonuçlar

Tez çalışmasının bu bölümünde bulanık mantık tabanlı gölge tespit algoritmasının deneysel ve gerçek zamanlı sonuçları verilecektir. Algoritma öncelikle deneysel olarak Intel i7 5500u 3.0 Ghz işlemcili, 2Gb ekran kartlı bilgisayarda gerçekleştirilerek karşılaştırma sonuçları sağlanmaktadır. Daha sonra algoritmalar Beagle board-xm Arm işlemci tabanlı single board computer kartı ile gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilerek performans sonuçları doğrulanmaktadır.

Beagle board-xm Arm tabanlı işlemci düşük enerji tüketimli açık kaynak kodlu donanım ve yazılım desteğine sahip tek kart bilgisayardır [63]. Şekil 4.11' de beagle board-xm kartı ve ek-1 de ise donanımsal bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Beagle board-xm kartı.

Beagle board-xm kartı kullanılarak literatürde öne çıkan renklilik tabanlı algoritma [8], fizik tabanlı algoritma [14], geometrik tabanlı algoritma [17] ve doku tabanlı algoritma [21] ile önerilen yöntemler doğruluk ve çalışma zamanı kriterlerinde test edilmektedirler.

Çeşitli PV dizi sahnelerinde veriler altı farklı algoritma uygulanarak Tablo 4.3' de gösterilmektedir. Tablo 4.3' de sahne bilgileri verilen farklı PV diziler için gerçek zamanlı ve deneysel olarak gerçekleştirilen sonuçlar sunulmaktadır. Bunun yanında önerilen yöntem, literatürde öne çıkan algoritmalarla karşılaştırılmalı değerlendirmesi detaylandırılacaktır. Tabloda η gölge tespit oranı yüzdelik olarak, ξ nesne gölge ayırım oranı yüzdelik olarak ve t değeri rastgele seçilen video sahnesinin ortalama yürütülme zamanıdır.

Tablo 4.3'de gösterilen sahneler dış mekan sahnesi olup gürültü ve aydınlanma değişiminde etkilenmektedir. Sahne-1 için en iyi gölge tespit sonucunu doku tabanlı yöntem vermektedir. Sahne-2 de yakın çekim yapılan ve aydınlanma değeri düşük bulutluluk değeri yüksek olan bir havada alınan dış mekan sahnesidir. Bu sahnede en iyi gölge tespit sonucu bulanık mantık kullanan yöntem aittir. Sahne-3'de sahne-2 gibi dış çekim sahnesidir. Bu sahnedeki en iyi gölge tespit sonucu bulanık mantık tabanlı gölge tespit algoritmasıdır.

Tablo 4.3. Farklı PV veri setlerinde bulanık mantık kullanan yöntem sonuçları

PV DİZİ VERİ SETİ – SAHNE-1		Sahne bilgileri Çözünürlük: 640x480 Video Kare Hızı: 29 fps Sahne gölgelenme yüzdesi: % 10								
	Deneysel sonuçlar	s(E)	s(RD)	s(D)	ε_1	ε_2	η	ξ	t (msn)	En iyi sonuç
	Renk tabanlı [8]	-	-	-	-	-	88	-	24 msn	
	Fizik tabanlı [14]	-	-	-	-	-	70	-	54 msn	
	Doku tabanlı [21]	-	-	-	-	-	91	-	30 msn	η
	Geometrik tabanlı [17]	-	-	-	-	-	32	-	16 msn	
	YBST	4861	50000	85	5	20	80	-	5 msn	
	Bulanık gölge tespiti	-	-	-	-	-	82	-	25 msn	

PV DİZİ VERİ SETİ – SAHNE-2

	Sahne bilgisi Çözünürlük: 320x240 Video kare hızı: 25 fps Sahnenin gölgelenme yüzdesi: %10									
Deneysel sonuçlar	s(E)	s(RD)	s(D)	ε_1	ε_2	η	ξ	t (msn)	En iyi sonuç	
Renk tabanlı [8]	-	-	-	-	-	86	-	9 msn		
Fizik tabanlı [14]	-	-	-	-	-	83	-	17 msn		
Doku tabanlı [21]	-	-	-	-	-	87	-	6 msn		
Geometrik tabanlı [17]	-	-	-	-	-	70	-	4 msn		
YBST	2243	10000	3	5	30	86.89	-	2 msn		
Bulanık gölge tespiti	-	-	-	-	-	88	-	8 msn	η	

Tablo 4.3. Farklı PV veri setlerinde bulanık mantık kullanan yöntem sonuçları (devam).

PV DİZİ VERİ SETİ – SAHNE-3		Sahne bilgileri Çözünürlük: 320x240 Video kare hızı: 25 fps Sahnenin gölgelenme yüzdesi: %8								
	Deneysel sonuçlar	s(E)	s(RD)	s(D)	ε_1	ε_2	η	ξ	t (msn)	En iyi sonuç
	Renk tabanlı [8]	-	-	-	-	-	85	-	5.3 msn	
	Fizik tabanlı [14]	-	-	-	-	-	80	-	14.8 msn	
	Doku tabanlı [21]	-	-	-	-	-	86	-	6 msn	
	Geometrik tabanlı [17]	-	-	-	-	-	23	-	3 msn	
	YBST	2993	12000	2	5	30	85.44	-	2 msn	
	Bulanık gölge tespiti	-	-	-	-	-	86	-	7 msn	η

4.3. Bölüm Değerlendirmesi

Tez çalışmasının bu bölümünde literatüre farklı iki gölge tespit yöntemi sunulmuştur. Yöntemlerin ilki yapay bağışık sistem tabanlı gölge tespit yöntemi diğeri ise bulanık mantık kullanan model tabanlı gölge tespit yöntemidir.

Literatürde gölge tespit algoritmaları gölgenin matematiksel, fiziksel gibi birçok model ve özelliklerini kullanmaktadır. Sahne özelliklerinin değişkenlik gösterdiği bu yaklaşımlarda gölge özellikleri değişkenlik göstermektedir. Bu değişken durumlar gölge tespit yöntemlerinin performansını ve doğruluğunu etkilemektedir. Gölge ortamın aydınlanma değişimi, ışık kaynağının sayısı ve sahnedeki konumuna göre değişkenlik göstermektedir. Bu değişken yapının ışığında sezgisel yaklaşımlar gölge bölgelerine uygulanmaya başlanmıştır.

Yapay bağışıklık sistem tabanlı gölge tespit yöntemi renklilik özelliklerini temel olarak geliştirilmiştir. Gölge bölgesindeki lineer zayıflamadan yola çıkarak detektör kümesinin eğitimini gerçekleştirmiştir. Daha sonra detektörleri benzerlik ölçüsüne göre belirlenerek sisteme uygulanıp gölge tespiti gerçekleştirmektedir. Eğitim veri kümesinin özellikleri, rastgele üretilen detektörlerin sayısı ve değerleri, algoritmanın performans ve

doğruluğunu etkilemektedir. Algoritma, video sahnelerindeki gürültüden etkilenmemesi için gürültü azaltıcı ortalama filtresi ve kapama işleminden geçirilerek nesne gölge bölgeleri tespit edilmiştir. Algoritma hızlı çalışma zamanı ve ortalama düzeydeki gölge tespit oranı ile literatüre sunulmuştur. Algoritmanın yürütülme zamanında sağladığı performans, aydınlanma değerinin değişmesiyle değişkenlik gösteren eğitim verilerinin sisteme yüklenmesi, detektörlerin eğitim aşaması göz ardı edilerek sunulmaktadır.

Bulanık mantık kullanan model tabanlı uygulama PV dizi sahnelerinden alınan görüntü verileri üzerinde kullanılarak paneller üzerindeki gölgeleri tespit etmektedir. PV diziler üzerindeki gölgelerin tespiti için öncelikle etkili bir piksel tabanlı nesne tespiti yapılmıştır. Nesne tespiti yapılan sahneler için ilişkili bölgelerin tespiti literatürdeki ilişkili bölge tespit yöntemleriyle yapılmaktadır. Son aşamada ise gölge tespiti için bulanık mantık tabanlı bir karar verme sistemi ile gölge nesne ayrımı yapılmaktadır. Literatürdeki farklı gölge tespit yaklaşımlarına göre yüksek gölge tespit oranı sunan algoritma deneysel ve gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilip sonuçları verilmektedir.

Önerilen yöntemler literatürdeki farklı veri setlerine uygulanmış ve sonuçları ayrı ayrı analiz edilerek verilmiştir. Model tabanlı bulanık mantık kullanan yöntem PV dizi sahneleri için yüksek gölge tespit sonucu vermektedir. YBSTGT ise farklı sahnelerde genellenebilir bir yaklaşım olmasının yanında yüksek gölge tespit oranı ve düşük yürütülme zamanına sahiptir. Her iki yöntemde gerçek zamanlı sistemler yürütülecek kadar hızlı ve ortalama doğruluk oranına sahiptir.

5. PV DİZİLERDE YENİDEN DÜZENLEŞİM İÇİN GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI GÖLGE TESPİTİ

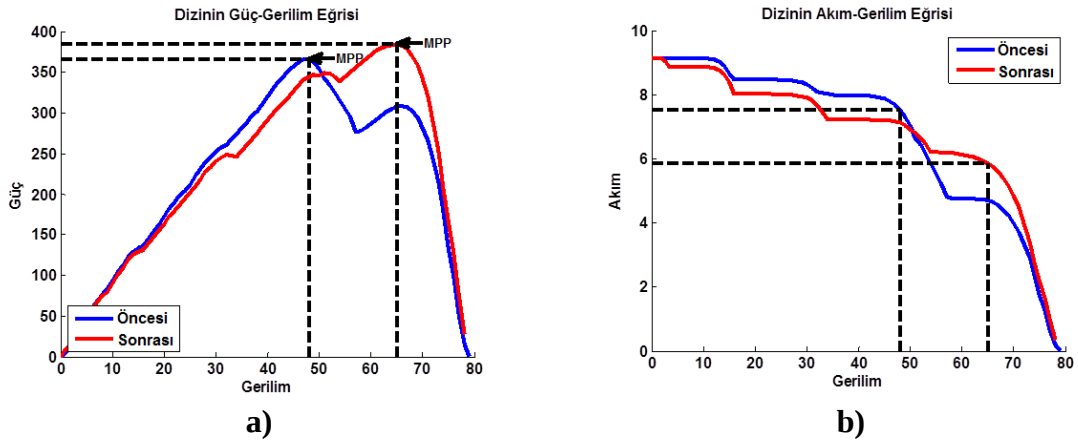
5.1. PV Dizilerde Yeniden Düzenleşim

Alternatif enerji kaynaklarından olan PV paneller, güneş enerjisini yarı iletkenler yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Panellerin elektrik üretim performansı, hava koşulları ve dış etmenler tarafından etkilenmektedir [64]. PV panellerin elektrik üretim performansını olumsuz olarak etkileyen önemli etkenlerden biri paneller üzerinde oluşan tam ve ya parçalı gölgedir. Bu gölgelenmeler genellikle bulut, ağaç ve bina kaynaklıdır. Farklı dış çevre koşullarında ve farklı panel bağlantı türlerinde gölgelenmenin enerji üretimine etkisi literatürde açıklanmaktadır [30].

PV paneller temel olarak birbirlerine SP (Series-Parallel) veya TCT (total-cross-tied) olarak bağlanarak PV dizileri oluştururlar. PV dizilerde enerji üretim verimliliği MPPT (Maximum Power Point Tracking) algoritmaları tarafından tespit edilmektedir. MPPT algoritmalarının kullandığı P-V ve I-V eğrileri, PV diziler üzerinde gölge bulunmadığı durumlarda lineer bir değişim göstermektedir. Fakat PV dizilerin gölgelenmesi durumlarda ise eğriler lineer olmayan değişim göstermektedir. Eğriler üzerindeki bu durum global maksimum güç noktasını arayan MPPT algoritmalarının yerel maksimumlara takılarak sistem performansını analiz etmesine engel olmaktadır. Bu sebeple PV diziler üzerindeki gölgeler, MPPT algoritmalarının çalışma verimliliği azaltan önemli etkenlerdir. PV dizilerdeki sistem performansının izlendiği MPPT algoritmaları ile yeniden düzenleşim yaklaşımları, sistem performansının tespit edilip artırılmasını amaçlayan algoritmalar olarak literatürde sunulmaktadır [65]. Örnek bir PV dizi için gölgelenme altındaki MPP (Maximum Power Point) değişimi Şekil 5.1’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

PV dizilerde enerji üretim verimliliğini ve performansını arttırmak için yeniden düzenleşim yaklaşımı kullanılmaktadır. Literatürde birçok yeniden düzenleşim yaklaşımı PV dizilerin gölgelenme durumuna göre değişen P, V, I değerlerini kullanarak yeniden düzenleşim yapmaktadır. Bunun yanı sıra gölge bölgelerini giriş parametresi olarak kullanan yeniden düzenleşim yaklaşımları da bulunmaktadır.

Etkili bir gölge tespit algoritması PV dizilerin yeniden düzenleşim için kritik öneme sahiptir. Çünkü yeniden düzenleşim yaklaşımlarının bazıları PV diziler üzerindeki gölgeli bölgeleri giriş parametresi olarak kullanmaktadır [29].

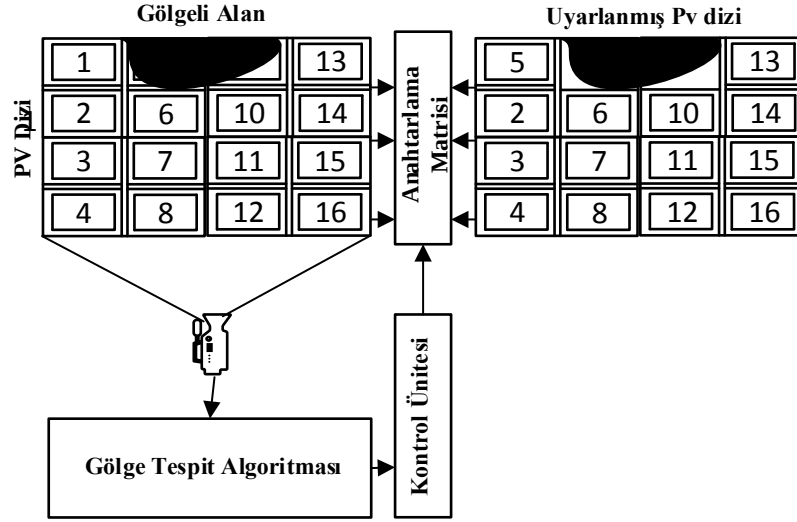


Şekil 5.1. MPP değişimi [29] (a) Güç-Gerilim grafiği (b) Akım-Gerilim grafiği.

Literatürde bulanık mantık tabanlı yeniden ayarlama yaklaşımı, PV dizi sistemine bağlı anahtarlama modülüne giriş olarak gelen gölge bölgelerinin durumunu en iyi panel ayarlaması yapmak için kullanılmaktadır [29]. Farklı bir yaklaşımda ise, PV diziler için üzerinde gölge olmayan panellerden en fazla enerji üretimi sağlayacak arama işlemi yapan genetik algoritma tabanlı bir yeniden düzenleme metodu sunulmaktadır [31]. Gölgeleme oranını kullanan bir başka yaklaşım; PV diziler üzerindeki gölgeleri koyuluklarına göre ayırarak, adaptif bir yeniden düzenleme yapmaktadır [66].

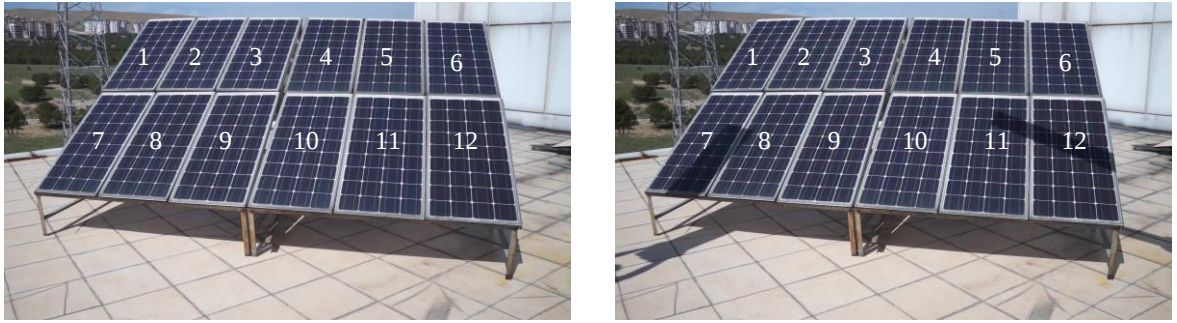
5.2. Deneysel Sonuçlar

PV dizilerin üzerinde oluşan gölgelemenin enerji üretim verimliliğini olumsuz olarak etkilediği önceki bölümlerde değinilmektedir. Bu bölümde gölge tespit yöntemleriyle PV dizi sahnelerinde gölgelerin belirlenmesi ve daha sonra elde edilen gölge tespit bilgileriyle PV dizilerin yeniden düzenlemesi yapılarak enerji üretim performansının artışıyla alakalı deneysel sonuçları sunulmaktadır. Şekil 5.2’de gerçek zamanlı bir PV dizi sisteminde gölgelerin belirlenip yeniden düzenlemesini yapan sistem modeli verilmektedir. Bu sistem PV panellerde gölge bölgelerinin belirlenmesinde temassız bir yöntem sunmaktadır. Kameradan alınan PV dizi görüntüleri üzerinde gölgeli bölgeler tespit edilerek yeniden düzenleme yaklaşımına gönderilmektedir. Gölge bilgisiyle panellere düşen ışınma değerlerini ayarlayan yeniden düzenleme yaklaşımı gölgenin konumunu ve koyuluk değerini kriter olarak kullanmaktadır.



Şekil 5.2. Tasarlanan örnek bir sistem modeli.

PV dizilerde alınan görüntüler üzerinde gölge tespit ve yeniden düzenleme yapılabilmesi için diziyi oluşturan panellerin görüntü üzerinde belirlenmesi gerekmektedir. Alınan görüntüler sahnenin durumu ve panellerin yerleşimine göre numaralandırılmış görüntüsü Şekil 5.3’de gösterilmektedir.



a)

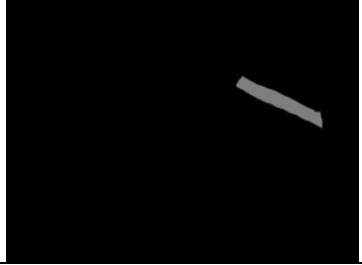
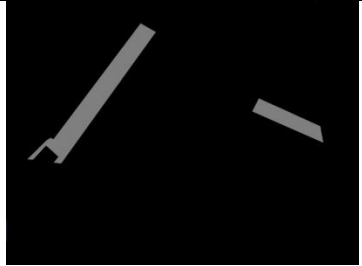
b)

Şekil 5.3. Örnek PV dizi sahnesi. a) Gölgesiz dizi sahnesi. b) Gölgelemiş dizi sahnesi

Şekil 5.3 (a)’ da sabit arkaplan görüntüsü (b)’de ise panel sahnelerindeki görüntüde birbirine SP bağlı paneller numaralandırılmaktadır. Numaralandırılmış ızgara görüntüsü gölge bölgelerinin koordinat ekseninde gösterilip hangi panele ne kadar gölge düştüğünü göstermek için bize yardımcı olacaktır. Model tabanlı yapılan numaralandırma arkaplan resminden panellerin sahne üzerindeki koordinat bilgileri ile panel başlangıç ve bitiş değerleri bilindiğinden dolayı gölgeleme durumunda hangi panelde ne kadar gölge

düştüğü kolaylıkla hesaplanmaktadır. Örnek bir PV dizi üzerine düşen gölgelerin, bulanık mantık kullanan gölge tespit yöntemiyle tespit sonucu Tablo 5.1’ de verilmektedir.

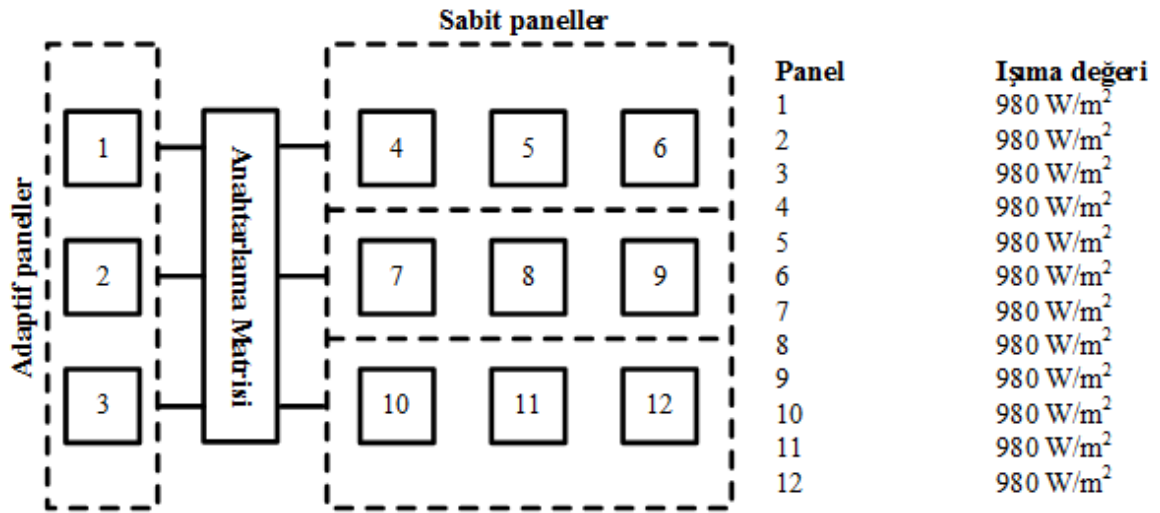
Tablo 5.1. PV dizi sahnesinin ardışık video karelerinin gölge tespit sonucu

 Sahne Bilgisi: Çözünürlük: 640x480 Video Kare Hızı: 29 fps Sıcaklık: 25 °C Hava: Açık ve güneşli Gölgenin koyuluk derecesi ortalama: %89		
172. Sahne AP sahnesi	172. Sahne	Gölge Tespit Sonucu
		
607.Sahne AP sahnesi	607.Sahne	Gölge Tespit Sonucu
		
900. Sahne AP sahnesi	900. Sahne	Gölge Tespit Sonucu
		

Farklı PV dizi sahneleri için gölgelerin tespiti, gölge bilgileriyle dizilerin yeniden düzenlenişinden sonraki enerji üretim verimliliğinin değişimi, panellerin ışıma değerleri, gölge bölgelerinin koordinatları, gölge koyuluk değerleri Tablo 5.1’ de gösterilmektedir.

Gölge koyuluk değeri, gri formattaki imge için 0 değeri %100 koyu 255 değeri %0 koyuluk diye ayrıldığını varsayarsak gölge bölgelerindeki piksellerin gri değerdeki ortalaması olarak verilmektedir.

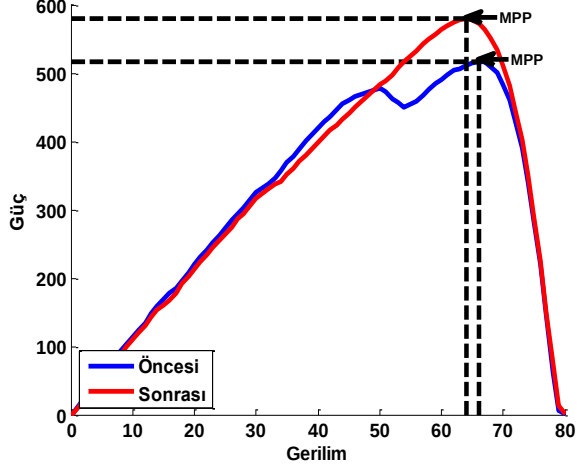
Panel ışıma değeri ise panel başına düşen gölgeli bölgenin gölgesiz panel değerinden (%100 ışıma değeri) düşürülmesi ile hesaplanmaktadır. SP bağlantı türünde 3x4 şeklinde bağlanan farklı PV dizi senaryolarının yeniden düzenleşim blok modeli Şekil 5.4’de gösterilmektedir. Gölge tespiti ve sonrasında yapılan yeniden düzenleşim sisteminin enerji üretim performansında sağladığı değişimler ile PV dizi sisteminin panel ışıma değerleri ve numaralandırma değerleri Tablo 5.2, 5.3, 5.4’de gösterilmektedir.



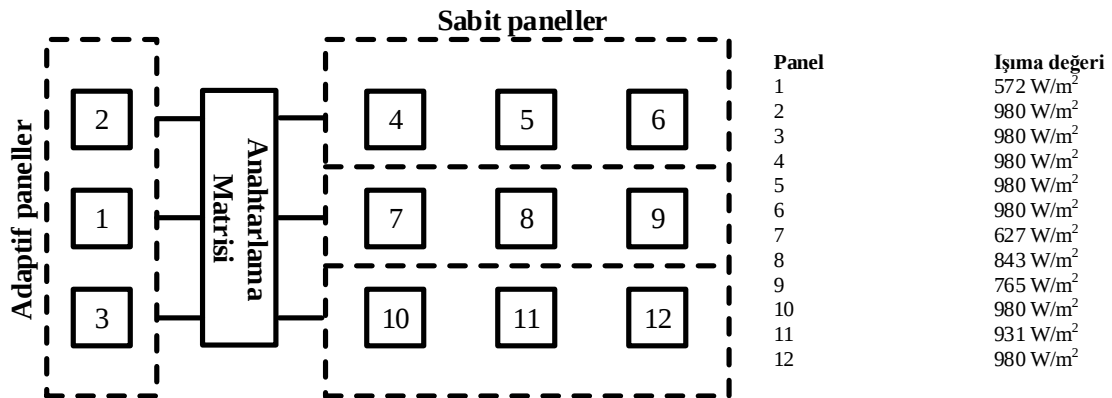
Şekil 5.4. Tasarlanan yeniden düzenleşim sistem modeli.

Şekil 5.4’deki blok modelinde görüldüğü gibi 3x4 şeklinde SP bağlantı türüne göre adaptif paneller 1,2,3 olarak 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 deki paneller ise sabit olarak anahtarlama matrisine bağlanmaktadır. Böylece değişmeli paneller gölgelenme durumuna göre ayarlanarak PV dizi enerji üretim performansı arttırılmaya çalışılmaktadır. SP bağlı PV dizideki yeniden düzenleşim sistemi aynı satırdaki dizileri panellerinin ışıma değerlerini birbirine yakın hale getirerek enerji üretim performansında artışlar sağlamayı amaçlamaktadır. Yeniden düzenleşim sistemi giriş parametresi olarak kontrol ünitesinde aldığı gölge tespit değerlerine göre PV dizi sistemini ayarlamaktadır.

Tablo 5.2. PV dizi sahne-1 gölge tespit sonuçları.

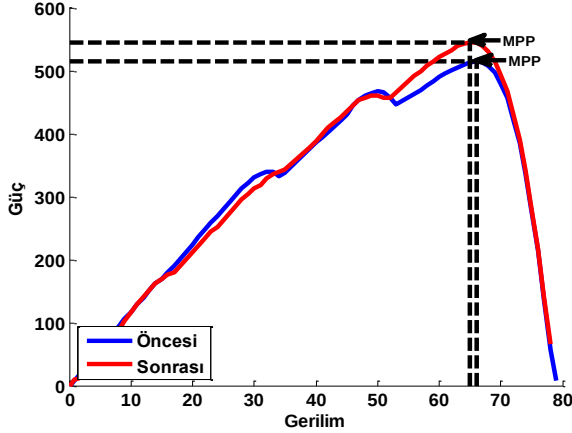
PV sahne-1	Gölgeli PV dizi için enerji üretimi: mavi grafik PV dizideki gölge tespiti ve yeniden düzenleme sonra enerji üretimi: kırmızı grafik				
	Dizinin Güç-Gerilim Eğrisi 				
Sahne bilgisi	Gölge Tespit Sonuçları				
Çözünürlük: 640x480 Video Kare Hızı: 29 fps Sıcaklık: 25 °C Hava: Açık ve güneşli Gölgenin koyuluk derecesi %88 Gölge merkez koordinatları (x,y): {138,156}, {222,203}, {432,304} Yeniden düzenleme sonucu enerji üretim verimliliği: %17	Algoritma	Gölgeli paneller	Gölge oranı (%)	Ortalama gölge tespit yüzdesi (%)	Panel Işıma (%)
	YBSGT	1, 7, 8, 9, 11	42, 36, 14, 22, 5	87	58, 64, 86, 78, 95
	Bulanık Mantık kul. yön.	1, 7, 8, 9, 11	11, 36, 14, 22, 5	88	89, 64, 86, 78, 95

Tablo 5.2’de görüldüğü gibi 1, 7, 8, 9, 11 panellerde gölgelenmeler tespit edilmektedir. Anahtarlama matrisinin PV dizi sistemindeki panellerin yerlerini değiştirerek Şekil 5.5 deki düzeni gerçekleştirmektedir. Böylece aynı satıra gelen düşük ışımalı paneller sistemin enerji üretim verimliliğinde %17 oranında artış sağlamaktadır.

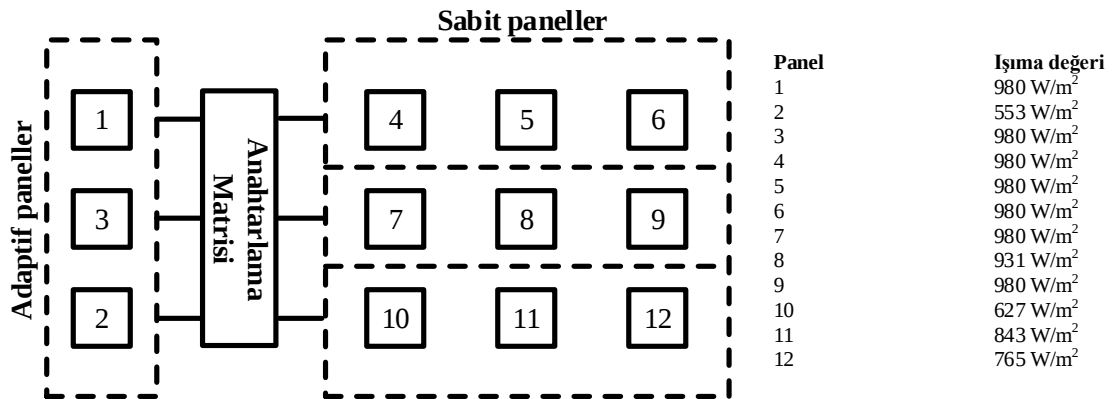


Şekil 5.5. PV sahne-1 yeniden düzenleme sonucu.

Tablo 5.3. PV dizi sahne-2 gölge tespit sonuçları

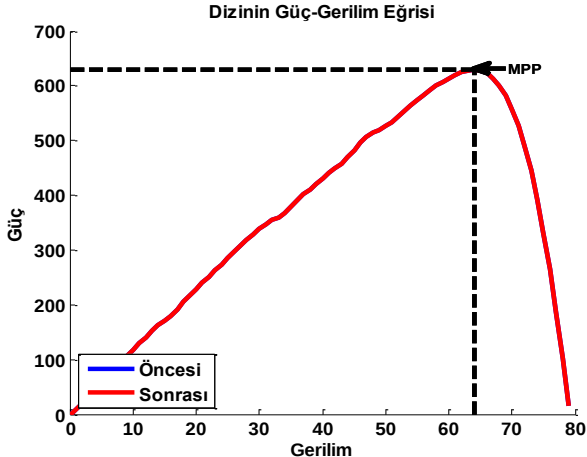
PV sahne-2	Gölgeli PV dizi için enerji üretimi: mavi grafik PV dizideki gölge tespiti ve yeniden düzenleşim sonra enerji üretimi: kırmızı grafik				
	Dizinin Güç-Gerilim Eğrisi 				
Sahne bilgisi	Gölge Tespit Sonuçları				
Çözünürlük: 640x480 Video Kare Hızı: 29 fps Sıcaklık: 24 °C Hava: Açık ve güneşli Gölgenin koyuluk derecesi %88 Gölge merkez koordinatları (x,y): {171,160} , {512, 214} Yeniden düzenleşim sonucu enerji üretim verimliliği: %8	Algoritma YBSGT Bulanık Mantık kul. yön.	Gölgeli paneller 2, 7, 8, 11, 12 2, 7, 8, 11, 12	Gölge oranı (%) 44, 37, 22, 5, 23 13, 37, 22, 5, 23	Ortalama gölge tespit yüzdesi (%) 80 82	Panel Işıma (%) 56, 63, 78, 95, 77 87, 63, 78, 95, 77

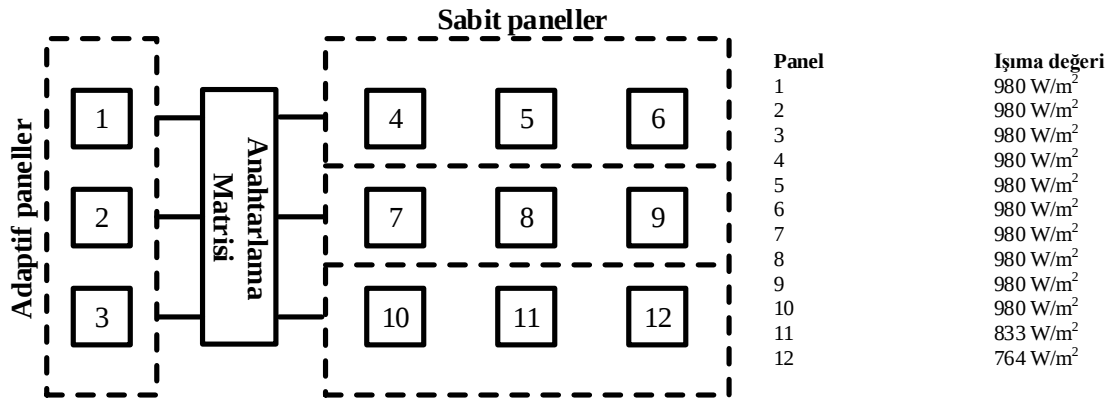
Tablo 5.2’de görüldüğü gibi 2, 7, 8, 11, 12 panellerde gölgelenmeler tespit edilmektedir. Anahtarlama matrisinin PV dizi sistemindeki panellerin yerlerini değiştirerek Şekil 5.6 deki düzeni gerçekleştirmektedir. Böylece aynı satıra gelen düşük ışımalı paneller sistemin enerji üretim verimliliğinde %8 oranında artış sağlamaktadır.



Şekil 5.6. PV sahne-2 yeniden düzenleşim sonucu.

Tablo 5.4. PV dizi sahne-3 gölge tespit sonuçları.

PV sahne-3	Gölgeli PV dizi için enerji üretimi: mavi grafik PV dizideki gölge tespiti ve yeniden düzenleşim sonra enerji üretimi: kırmızı grafik				
	Dizinin Güç-Gerilim Eğrisi 				
Sahne bilgisi	Gölge Tespit Sonuçları				
Çözünürlük: 640x480 Video Kare Hızı: 29 fps Sıcaklık: 24 °C Hava: Açık ve güneşli Gölgenin koyuluk derecesi %88 Gölge merkez koordinatları (x,y): {194,184} Yeniden düzenleşim sonucu enerji üretim verimliliği sağlanamamıştır.	Algoritma	Gölgeli paneller	Gölge oranı (%)	Ortalama gölge tespit yüzdesi (%)	Panel Işıma (%)
	YBSGT	11,12	15, 22	83	85, 78
	Bulanık Mantık kul. yön.	11,12	15, 22	85	85, 78



Şekil 5.7. PV sahne-3 yeniden düzenleme sonucu.

Tablo 5.4’de 11 ve 12 panellerde gölgelenme olan PV dizi sisteminin gölge tespiti yapıldıktan sonra yeniden düzenleme öncesi ve sonrası enerji üretim grafiği verilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi anahtarlama matrisinin durumuna göre aynı satırda bulunan

paneller yeniden düzenleşim metodunda yer değiştirilmemiştir. Böylece ilk panel bağlantı ayarlamasında bulunan sistemde enerji üretim verimliliği sağlanamamıştır.

Yukarıdaki tablolarda sahne bilgisi verilen sistemlerin panellerinde gölgelenme olduğunda tez çalışmasında önerilen yöntemler kullanılarak %80 ile %88 arasında tespit yapılmaktadır. Ayrıca gölgenin panel ışmasına etkisi yüzde olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi SP bağlantı düzenine göre bağlanan panel sisteminin gölge tespit ve yeniden düzenleşim sisteminin başarımına paralel olarak enerji üretim verimliliği artmaktadır.

5.3. Bölüm Değerlendirmesi

PV diziler, enerji üretim sistemleri arasında yenilenebilir güneş enerjisi kullanması öne çıkmaktadır. PV dizi sistemlerinin enerji üretim performansını etkileyen başlıca nedenlerden olan gölgenin tespit edilmesi ve yeniden düzenleşim sistemlerinin giriş parametresi olarak verilmesiyle panel bağlantıları değiştirilerek enerji üretim sisteminin performansında artış sağlanmaktadır.

Yeniden düzenleşim metotları genellikle PV dizilerin P, I, V bilgisini kullanarak gölgelenme bölgelerini tespit etmektedir. Bu yöntemler uygulanması maliyetli ve karmaşık işlemlerdir. Kameradan alınan görüntüler üzerinde gölge bölgelerinin tespiti ve yeniden düzenleşim sistemlerine giriş parametresi olarak verilmesi uygulama kolaylığı ve işlem maliyeti acısından kolaylıklar sağlamaktadır.

Farklı gölgelenme senaryolarında PV dizi sahnelerindeki enerji üretim değerleri, gölge tespiti ve yeniden dzenleşimden sonraki ve önceki durumları detaylı olarak verilmiştir. SP bağlantı türündeki PV diziler üzerindeki gölgelenme dizilerdeki panel sisteminin güneş ışığını almasını etkilediği için enerji üretim verimliliğini düşürür. Gerçek zamanlı gölge tespiti yapabilmek için geliştirilen yapay bağışık sistem tabanlı gölge tespiti ve bulanık mantık kullanılarak model tabanlı gölge tespit yöntemi ile etkili bir gölge tespiti yaparak, yeniden düzenleşim sonrası ortalama %10-%15 oranında enerji üretim verimliliği sağlamaktadır.

6. SONUÇLAR

Tezin bu bölümünden yapılan çalışmalar ile ilgili değerlendirmeler yapılacaktır. Bu değerlendirme sonucunda gölge tespit çalışmalarının nasıl daha fazla geliştirileceği hakkında önerilerde bulunulacaktır.

Gölge, video sahnelerinde kullanılan nesne takip ve tespit, nesne tanıma ve imge bölütleme yöntemlerinin doğruluk ve performansını etkileyen önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Hareketli gölgelerin tespiti birçok gerçek yaşam probleminin çözümünde önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu kapsamda tez çalışmasında PV dizi görüntülerinden dizi üzerinde oluşan gölgelenmeler tespit edilerek yeniden düzenleme yöntemlerine giriş parametresi olarak verilmektedir. Böylece PV dizilerdeki enerji üretim performansında önemli artışlar sağlanmaktadır.

Tez çalışmasında literatürde hareketli gölgelerin tespiti için önerilmiş farklı özellikteki dört algoritma incelenmiştir. Bu algoritmalara ek olarak farklı video sahnelerinde gölge tespiti yapmak amacıyla hesapsal zeka yöntemlerinden olan yapay bağışıklık sistemi ve bulanık mantık kullanan iki farklı yöntem sunulmaktadır. Bu yöntemlerden ilki yapay bağışık sistem tabanlı gölge tespit yöntemi anomali bir durum olarak nitelendirilen gölge bölgelerini negatif seçim yaklaşımıyla belirlemektedir. Bu işlem sırasında gölgenin video sahnesindeki renk özelliklerinden yola çıkarak oluşturulan matematiksel modelden faydalanılmaktadır. İkinci yöntem olarak PV panel dizileri için uyarlanmış bir bulanık mantık tabanlı gölge tespit yöntemi gölge bölgelerinin tespitinde model tabanlı bir çözüm sunmaktadır. PV dizi sahnelerine ait parlaklık, renk ve dokusal özelliklerden faydalanılarak oluşturulan özellik tabanlı matematiksel model bulanık mantık yardımıyla sahnelerdeki nesne-gölge ayırımına karar vermektedir. Önerilen yöntemler literatürde öne çıkan yöntemlerle farklı veri setlerinde karşılaştırılarak, yapay bağışıklık tabanlı yöntemin yüksek hızlı ve uygulanma kolaylığı açısından önemli üstünlükleri olduğu ve model tabanlı bulanık mantık kullanan gölge tespit yönteminin ise PV dizi sahneleri için yüksek doğruluk verdiği gösterilmektedir.

Hesapsal zeka, matematiksel olarak modellenmesi zor olan gölge bölgelerinin tespit edilmesi için alternatif yaklaşımlar olarak tez çalışmasında önerilmektedir. Yapılan deneysel çalışmalarda da görüldüğü gibi etkili bir detektör kodlaması ve eğitim verileri yardımıyla yapay bağışıklık sisteminin negatif seçim algoritması gölge tespitinde önemli

doğruluk ve performans sonuçlarına ulaşabilmektedir. Bunun yanında PV dizi sahnelerinde kullanılan görüntü işleme tabanlı bulanık mantık kullanan yöntemin karar verici yapısındaki giriş verilerinin uygun seçilmesi halinde yüksek gölge tespit başarımı sağladığı gösterilmiştir.

Hesapsal zeka yaklaşımları matematiksel olarak modeli sahnenin durumuna göre değişkenlik gösteren gölge bölgeleri için kullanılarak etkili gölge tespit sonuçları elde edilebilir. Gelecekte yapay bağışıklık sistemi tabanlı gölge tespit yöntemindeki detektör kodlamasının farklı gölge özellikleri göz önüne alınarak değiştirilmesi, bulanık mantık kullanan gölge tespit yönteminin giriş parametrelerinin gölge özelliklerini daha iyi karşılayacak bir denklem modeli ile sunulması ve ya farklı sezgisel yöntemlerin gölge tespitinde kullanılması ile hızlı, uygulanması kolay, etkili ve kullanışlı gölge tespit yöntemleri geliştirilebilir.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında aşağıdaki çalışmalar ve katkılar yapılmıştır.

- Karaköse M., Fırıldak K., 2015. A Shadow Detection Approach Based on Fuzzy Logic Using Images Obtained from PV Array, ICMSAO, İstanbul, Turkey, 27-29 May,
- Fırıldak K., Karaköse M., 2015. Negatif Seçim Tabanlı Gölge Tespiti, SIU 2015, Malatya, 16-18 Mayıs.

KAYNAKLAR

- [1] **Sanin, A., Sanderson, C. and Brian, C. L.**, 2012. "Shadow detection: A survey and comparative evaluation of recent methods", *Pattern Recognition* 45 1684–1695.
- [2] **Salvador, E., Cavallaro, A. and Ebrahimi, T.**, 2001. "Shadow Identification And Classification Using Invariant Color Models", *ICASSP*.
- [3] **Scanlan, J. M., Chabries, D. M. and Christiansen, R. W.**, 1990. "A Shadow Detection and Removal Algorithm for 2D Images", *International Conference on Acoustics Speech, and Signal Processing (ICASSP)*.
- [4] **Jiang, C. and Ward, M. O.**, 1992. "Shadow Identification", *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (ICCVPR)*.
- [5] **Sarabandi, P., Yamazaki, F., Matsuoka and M., Kiremidjian, A.**, 2004. "Shadow Detection And Radiometric Restoration In Satellite High Resolution Images", *IGARS*.
- [6] **Etemadnia, H. and Alsharif, M. R.**, 2003. "Automatic Image Shadow Identification using LPF in Homomorphic Processing System", *VII. Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)*.
- [7] **Prati, A., Mikic, I., Trivedi, M. and Cucchiara, R.**, 2003. "Detecting moving shadows: algorithms and evaluation", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 25 (7) 918–923.
- [8] **Cucchiara, R., Grana, C., Piccardi, M. and Prati, A.**, 2000. "Detecting moving objects, ghosts, and shadows in video streams", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 25 (10) 1337–1342.
- [9] **Salvador, E., Cavallaro, A. and Ebrahimi, T.**, 2005. "Shadow-aware object-based video processing", *IEEE Proceedings on Vision, Image and Signal Processing* 152 (4) 398–406.
- [10] **Chen, C.T., Su, C.Y. and Kao, W.C.**, 2010. "An enhanced segmentation on vision-based shadow removal for vehicle detection", in: *International Conference on Green Circuits and Systems* pp.679–682.
- [11] **Salvador, E., Cavallaro, A. and Ebrahimi, T.**, 2004. "Cast shadow segmentation using invariant color features", *Computer Vision and Image Understanding* 95 (2) 238–259.

- [12] **Sun, B. and Li, S.**, 2010. "Moving cast shadow detection of vehicle using combined color models", in: Chinese Conference on Pattern Recognition, 2010, pp.1–5.
- [13] **Nadimi, S. and Bhanu, B.**, 2004. "Physical models for moving shadow and object detection in video", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 26 (8) 1079–1087.
- [14] **Huang, J.B. and Chen, C.S.**, 2009. "Moving cast shadow detection using physics-based features", in: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 2310–2317.
- [15] **Joshi, A. and Papanikolopoulos, N.**, 2008. "Learning to detect moving shadows in dynamic environments", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 30 (11) 2055–2063.
- [16] **Chen, C.C. and Aggarwal, J.**, 2010. "Human shadow removal with unknown light source", International Conference on Pattern Recognition, pp. 2407-2410.
- [17] **Hsieh, J.W., Hu, W.F., Chang, C.J. and Chen, Y.S.**, 2003. "Shadow elimination for effective moving object detection by Gaussian shadow modeling", Image and Vision Computing 21 (6) 505–516.
- [18] **Nicolas, H. and Pinel, J.M.**, 2006. "Joint moving cast shadows segmentation and light source detection in video sequences", Signal Processing: Image Communication 21 (1) 22–43.
- [19] **Tian, Y.L., Lu, M. and Hampapur, A.**, 2005. "Robust and efficient foreground analysis for real-time video surveillance", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, pp. 1182–1187.
- [20] **Javed, O. and Shah, M.**, 2002. "Tracking and object classification for automated surveillance", Proceedings of European Conference on Computer Vision, vol. 4, pp. 343–357.
- [21] **Sanin, A., Sanderson, C. and Lovell, B.**, 2010. "Improved shadow removal for robust person tracking in surveillance scenarios", in: International Conference on Pattern Recognition, pp. 141–144.
- [22] **Qin, R., Liao, S., Lei, Z. and Li, S.**, 2010. "Moving cast shadow removal based on local descriptors", in: International Conference on Pattern Recognition, pp. 1377–1380.

- [23] **Ocakli, M.**, 2007. "A video tracker system for traffic monitoring and analysis", Middle East Technical University, Yüksek Lisans Tezi.
- [24] **Bas, E., Salman, S., and Tekalp, A.M.**, 2007. "Automatic Vehicle Counting from Video for Traffic Flow Analysis", Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Istanbul, Turkey.
- [25] **Talu, M.F., Soyguder, S., and Aydogmus, O.**, 2010. "An implementation of a novel vision-based robotic tracking system", Sensor Review, Vol:30, Issue:3, pp. 225-232.
- [26] **Akın, M.A.**, 2013. "Video tabanlı ziyaretçi sayma sistemi", Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [27] **Yüksel, B.**, 2012. "Gölge bilgisi kullanılarak uydu görüntülerinden otomatik bina tespiti", Yüksek Lisans Tezi, O.D.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [28] **Karaköse, M. and Baygin, M.**, 2014. "Image Processing Based Analysis of Moving Shadow Effects for Reconfiguration in PV Arrays", ENERGYCON, Dubrovnik, Croatia, May.
- [29] **Murat, K.**, 2014. "Yeniden düzenleşim için entropi tabanlı arama algoritmalarının geliştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [30] **Karatepe, S.E. and Hiyama, T.**, 2012. "Performance enhancement of photovoltaic array through string and central based MPPT system under nonuniform irradiance conditions", Energy Conversion and Management, 62, 131-140.
- [31] **Karaköse, M., Baygin, M., Baygin, N., Murat, K. and Akın, E.**, 2014. "An Intelligent Reconfiguration Approach Based on Fuzzy Partitioning in PV Arrays", IEEE International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (IEEE INISTA 2014), Alberobello, Italy, June.
- [32] **Boroujeni, H.S. and Charkari, N.M.**, 2012. "Robust moving shadow detection with hierarchical mixture of MLP experts", SIViP, 8:12911305.
- [33] **Nandedkar, A.V.**, 2012. "An Interactive Shadow Detection and Removal Tool using Granular Reflex Fuzzy Min-Max Neural Network", Proceedings of the World Congress on Engineering, Vol II WCE 2012, July 4 - 6, 2012, London, U.K.

- [34] **Niranjil, K. A. and Sureshkumar, C.,** 2014. "Fuzzy Based Shadow Removal and Integrated Boundary Detection for Video Surveillance", J Electr Eng Technol Vol. 9, No. 6: 2126-2133.
- [35] **Fırıldak K.,** 2014. "Gölge Tespit Algoritmaları", Yüksek Lisans Semineri, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [36] **Al-Najdawi N., Helmut E. B., Jyoti S. and Eran.A. E.,** 2012. "A survey of cast shadow detection algorithms", Pattern Recognition Letters 33 752–764.
- [37] **Taşkın G.,** 2011. "Kontrast ve Parlaklık Ayarlı Gölge Modeli ile Gölgelelerin Kaldırılması", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- [38] <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CAVIARATA1/> Erişim tarihi: 12 Eylül 2014.
- [39] <http://vision.gel.ulaval.ca/CastShadows/> Erişim tarihi: 12 Eylül 2014.
- [40] <http://cvrr.ucsd.edu/aton/shadow/> Erişim tarihi: 12 Eylül 2014.
- [41] **Şeref A.,** 2010. "Hava Fotoğraflarında Gölge Tespiti ve Düzeltilmesinin Bina Yüksekliği Hesaplamasına Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, O.D.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [42] **Aytekin, Ç., ve Alatan, A.A.,** 2010. "Atmosferik Etkilere Dayalı Yeni Bir Gölge Tespit ve Onarım Algoritması", IEEE 18. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, Diyarbakır.
- [43] **Yuan, XS., Ebner, M., Wang, ZZ.,** 2015. "Single-image shadow detection and removal using local colour constancy computation", IET IMAGE PROCESSING, vol. 9, pp. 118-126.
- [44] **Liu Z., Huang K., Tan T. and Wang L.,** 2007. "Cast shadow removal combining local and global features", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.1–8.
- [45] **Martel-Brisson N. and Zaccarin A.,** 2007. "Learning and removing cast shadows through a multidistribution approach", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 29 (7) 1133–1146.
- [46] **Porikli, F. and Thornton, J.,** 2005. "Shadow flow: a recursive method to learn moving cast shadows", Tenth IEEE International Conference on Computer Vision, vol. 1, 2005, pp. 891–898.
- [47] **Fang, L.Z., Qiong ,W.Y. and Sheng, Y.Z.,** 2008. "A method to segment moving vehicle cast shadow based on wavelet transform", Pattern Recognition Letters 29 (16) 2182–2188.

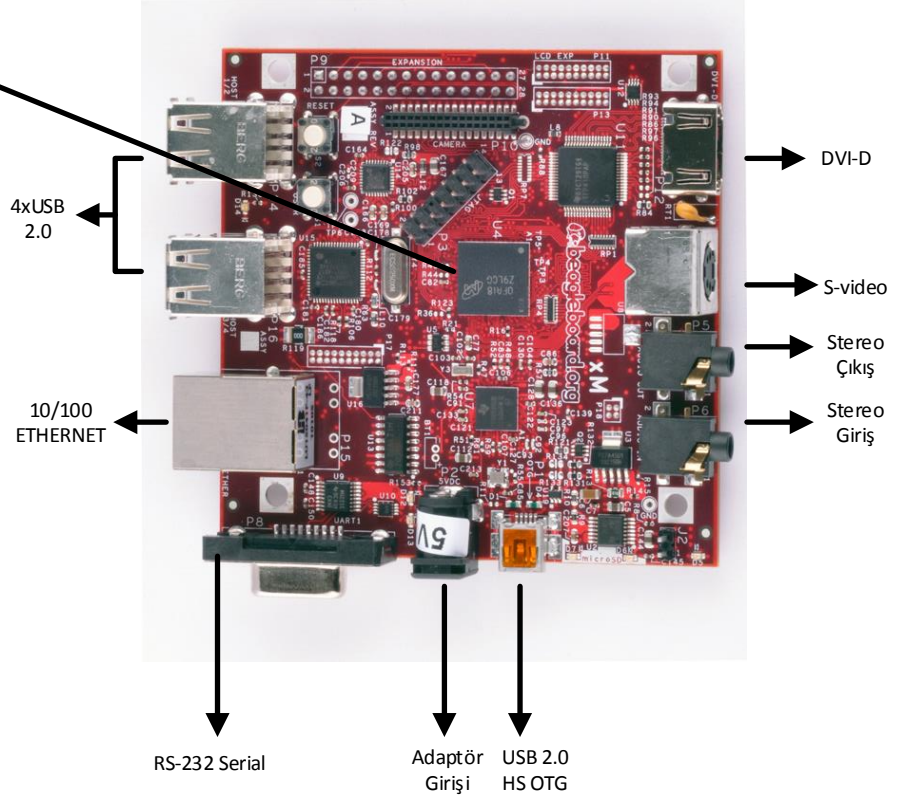
- [48] **Zhang, W., Fang, X.Z. and Xu, Y.,** 2006. "Detection of moving cast shadows using image orthogonal transform", International Conference on Pattern Recognition, vol. 1, pp. 626–629.
- [49] **Leone, A. and Distanto, C.,** 2007. "Shadow detection for moving objects based on texture analysis", Pattern Recognition 40 (4) 1222–1233.
- [50] **Zhang, S., Wang, C., Chan, S-C., Wei, X. and Ho, C-H.,** 2015. "New Object Detection, Tracking and Recognition Approaches for Video Surveillance Over Camera Network.", IEEE SENSORS JOURNAL, vol. 15, pp. 2679-2691.
- [51] **Mikic, I., Cosman, P.C., Kogut, G.T. and Trivedi, M.M.,** 2000. "Moving shadow and object detection in traffic scenes.", In: Proceedings of IEEE International Conference on Pattern Recognition. vol. 1, pp. 321324.
- [52] **Siala, K., Chakchouk, M., Chaieb, F. and Besbes, O.,** 2004. "Moving shadow detection with support vector domain description in the color ratios space.", In: ICPR, pp. 384387.
- [53] **Wang, C., Huang, L. and Rosenfeld, A.,** 1991. "Detecting clouds and cloud shadows on aerial photographs. In: PRL 12, 5564.
- [54] **Koller, D., Weber, J., Huang, T., Malik, J., Ogasawara, G., Rao, B., Russell, S.,** 1994. "Towards robust automatic traffic scene analysis in real-time.", In: Proceedings of ICPR94, pp. 126131.
- [55] **Hsieh, J.W., Yu, S.H., Chen, Y.S. and Hu, W.F.,** 2006. "Automatic traffic surveillance system for vehicle tracking and classification.", IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 7(2), 175187.
- [56] **Mori, H. and Charkari, N.M.,** 1993. "Shadow and rhythm as sign patterns of obstacle detection." ,In: International Symposium on Industrial Electronics, pp. 271277.
- [57] **De Castro, L.N. and Von Zuben F.J.,** 1999. "Artificial Immune Systems:Part I – Basic Theory And Applications", Technical Report, Tr – Dca 01/99 December.
- [58] **Dasgupta, D.,** 2006. "Advances in artificial immune systems", IEEE Computational Intelligence Magazine, 1 (4), 40–49.

- [59] **Aydın, İ., Karaköse, M. and Akın, E., 2010.** “The fault diagnosis model based on artificial immune system using genetic algorithm,” *Deu Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11 (31).
- [60] **Aydın, İ., Karaköse, M. and Akın, E., 2010.** “An adaptive artificial immune system for fault classification,” *Deu Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11 (31).
- [61] **Cheung, S. and Kamath, C., 2004.** “Robust techniques for background subtraction in urban traffic video,” *Video Communications and Image Processing, SPIE Electronic Imaging, San Jose, UCRL-JC-153846-ABS, UCRL-CONF-200706.*
- [62] **Benezeth, Y., Jodoin, P. M., Emile, B., Laurent, H. and Rosenberger, C., 2008,** “Review and evaluation of commonly-implemented background subtraction algorithms ,” In: *19th Int. Conf. of Pattern Recognition*, p.1-4, doi: 10.1109/ICPR.2008.4760998.
- [63] http://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_computer Erişim Tarihi:12.04.2015.
- [64] **Midtgard, O.M., Saetre, T.O., Yordanov, G., Imenes, A.G. and Nge, C.L., 2010.** “A qualitative examination of performance and energy yield of photovoltaic modules in southern Norway,” 35, 1266-1274.
- [65] **Wang, Y.J. and Hsu, P.C., 2011.** “ An investigation on partial shading of PV modules with different connection configurations of PV cells,” *Energy*, 36: 3069-3078.
- [66] **Karaköse, M., Murat, K., Akın, E., Parlak, K.S., 2014.** “A New Efficient Reconfiguration Approach Based on Genetic Algorithm in PV Systems,” *IEEE International Symposium on Industrial Electronics (IEEE ISIE 2014)*, İstanbul, Turkey, June.

EK-1

BeagleBoard-xM Tek Kart Bilgisayarı

- ARM Cortex -A8
- 512 MB LPDDR RAM



Özellikleri:

- İşlemci: ARM Cortex-A8 1GHZ
- Ram: 512MB
- Ram Hızı: 166MHZ
- USB PORT: 4xUSB 2.0
- Güç: Minimum 5V-1.2Amp
- Ağ Arabirimi: 10/100 Ethernet
- Görüntü Çıkış: DVI-D

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı : Kazım
Soyadı : FIRILDAK
Doğum Tarihi : 26.01.1988
E-mail : kazimfirildak@hotmail.com
Adres : Özalper Mah. Aliya Sok. Oran4 sitesi
Tel : 0535 894 75 55



ÖĞRENİM DURUMU

Lisans : Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği-2010
Ortalama : 3.15
Y. Lisans : 2011-Devam ediyor.

STAJ YAPTIĞI YERLER

- T.C. Sağlık Bakanlığı BİDB (2008 Yaz Dönemi)
- NCS Yazılım Danışmanlık Bilkent/Cyberpark 2009 (2009 Yaz Dönemi)

YAPILAN ÇALIŞMALAR (Öğrencilik Dönemi)

- C# Asp.net WebSite ve SQL server kullanılarak Mezunlar Sitesi gerçekleştirildi
- Java görsel kullanılarak Santraç oyunu gerçekleştirildi.
- K-means kümeleme algoritması ve Hastalık Tespitinde Kullanılması. (Bitirme tezi)

İŞ TECRÜBESİ

- Erzincan Üniversitesi BİDB (21.03.2011 – 03.09.2013)
 - Erzincan Üniversitesi Web Sitesinin geliştirilmesi(2012-2013)
 - Erzincan Üniversitesi Lojman otomasyonun gerçekleştirilmesi(2013)
 - Erzincan Üniversitesi Yalnızbağ kampüsü Network altyapısının tasarlanması.
 - PFSENSE Firewall kurulması ve network yapısı üzerinde test edilmesi
- İnönü Üniversitesi İnuzem (03.09.2013 – 25.02.2015.)
 - İnönü Üniversitesi İNUZEM elektronik sınav belgeleri modülünün geliştirilmesi
- İnönü Üniversitesi BİDB (25.02.2015 – Devam ediyor.)

YABANCI DİL

İngilizce