

[993]

# LANDSAT-8 GÖRÜNTÜLERİNDEN GÖLGE VE BULUT BELİRLEME

Kaan KALKAN<sup>1</sup>, Derya MAKTAV<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, [kalkank@itu.edu.tr](mailto:kalkank@itu.edu.tr)

<sup>2</sup>Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, [maktavd@itu.edu.tr](mailto:maktavd@itu.edu.tr)

## ÖZET

Uzaktan algılama uydu görüntülerinde atmosfer etkilerinden kaynaklı olarak bulunan bölgesel bulutlar ve bu bulutların gölgeleri, yapılan uygulama çalışmalarında problem oluşturan temel gürültü kaynağıdır. Değişiklik analizi, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) hesaplama gibi önemli dijital işlemlerde bulut ve gölge bölgeleri, genel olarak yanıltıcı sonuçlar veren bölgeler olduğundan işlem çoğu zaman maskelenerek gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, Landsat 8 görüntüleri kullanılarak, bulut ve gölge bölgeleri, görüntü bölütlenmesinin ardından bir kural dizisi oluşturularak belirlenmiştir. Bulut ve gölge belirlemede, görüntülerin spektral özelliklerinin yanı sıra, doku, alan, uzunluk, vb. gibi yapısal özellikler de kullanılmıştır. Geliştirilen özel bant oranlamaları ile bulut ve gölge yapısını belirleyen özellikler ortaya çıkarılmıştır. Oluşturulan kural dizisi, birçok bölgede çalışması amaçlanarak transfer edilebilir bir yapıda tasarlanarak, test görüntülerinde transfer edilebilirliği test edilmiş ve literatürdeki diğer yöntemlere olan üstünlükleri ve eksiklikleri gösterilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Çok zamanlı uydu görüntüleri, bulut belirleme, bölütleme, eşik değeri, kural dizisi.

## ABSTRACT

### CLOUD AND SHADOW DETECTION FROM LANDSAT-8 SATELLITE IMAGERY

One of the main noise in remote sensed imagery is regional clouds and shadows of these clouds occurs according to different meteorological conditions. These clouds and shadows are masked in many studies to decrease effects of misclassification and deficiency in different analyses such as change detection and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). In this study, clouds and shadow patches are classified by using a rule set after segmentation process of image. Not only spectral characteristics, but also structural parameters like pattern, area and dimension are used to detect clouds and shadows. Special band ratios are used to distinguish clouds and shadows from other land-use and land-cover types. Ruleset of classification is developed within a transferable approach to reach a scene independent method. Results are tested with different satellite imageries from different areas to test transferability and compared with other state-of-art methods in literature.

**Keywords:** Multi-temporal satellite imagery, cloud detection, segmentation, threshold, ruleset

## 1.GİRİŞ

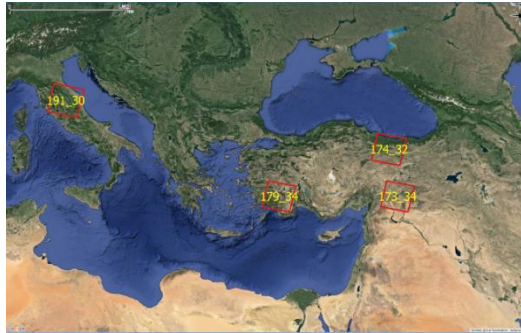
Optik uzaktan algılamanın önemli kısıtlamalarından biri, görüntü alımı sırasındaki atmosfer koşullarından kaynaklanan hassasiyetlerdir. International Satellite Cloud Climatology Project-Flux Data (ISCCP-FD) verilerine göre dünya çapında yıllık bulut oranı %68 civarındadır (Zhang vd. 2004). Bulutların oluşturduğu parlaklık ve gölgelerinin oluşturduğu kararmalar birçok veri analizini olumsuz etkilemektedir. Bu etkiler, atmosferik düzeltmede oluşacak zorluklar, NDVI değerlerinin yükselmesi, sınıflandırmadaki hatalar ve değişim analizinin yanlış gerçekleştirilmesi şeklinde olabilir (Zhu ve Woodcock, 2012). Tüm bu etkilerin doğrultusunda, uzaktan algılama görüntülerinde bulutlar ve gölgeleri önemli bir gürültü kaynağı olduğundan bunların dijital işlemlerden önceki ilk aşamada belirlenmesi önem taşımaktadır (Arvidson vd., 2001)(Irish, 2000). Çok zamanlı görüntüleme şansı bulunmayan durumlarda, uydu görüntülerindeki bulutlar önemli bir sorun haline gelerek, sınıflandırma ve görüntü yorumlama işlemlerinde yanlış sonuçlar alınmasına sebep olmaktadır (Zhang vd, 2010).

Bu çalışmada, Landsat-8 görüntüleri kullanılarak ve mevcut ısı bantlarının da yardımıyla, bulut ve gölgelerinin belirlenmesi için bölütleme tabanlı bir kural dizisi ile uygulanan bir yöntem önerilmiş ve test edilmiştir. Çalışmaya temel olan bulut belirleme algoritması, ACCA ve Fmask algoritmalarının geliştirilmiş, sadeleştirilmiş, otomatize edilmiş ve bölütleme tabanlı uyarlanmış bir sürümü olarak değerlendirilebilir (Zhu ve Woodcock, 2012)(Irish vd., 2006). Bu yöntem sayesinde, spektral özellikler ve geometrik özellikler bir arada kullanılarak Landsat 8 görüntülerinden bulut ve bulut gölgeleri belirlenmiştir. Spektral ve geometrik özelliklerin yanı sıra Landsat ısı bant verileri ile, bulut-gölge ve soğuk yüzey (kar, buz) ayırımı güçlendirilmiştir. Komşuluk ilişkileri kullanılarak, belirlenen bulut alanları etrafındaki bulut gölgelerinin belirleme doğruluğu artırılmıştır. Geliştirilen algoritma, dört farklı bölge için farklı zamanlarda çekilmiş Landsat görüntüleri üzerinde test edilerek değerlendirilmiştir.

## 2.YÖNTEM

Bulut belirleme algoritmasında temel olarak Landsat 8 görüntülerinin OLI (Operational Land Imager) ve ısı bantları kullanılmaktadır. Landsat-8 verileri, DN (Digital Number) değerler olarak işlenmemiş halde sağlanmaktadır. Bu veriler, Landsat verileri ile birlikte gelen meta veri dosyasında (MTL) verilen oranlama katsayıları ile atmosfer üstü yansıtım değerlerine ve radyans değerlerine dönüştürülebilmektedir. Böylece veriler fiziksel anlamı olan birimlere dönüştürülmüş olur. Meta veri dosyasında sağlanan ısı bant katsayıları ile ısı bant verileri, parlaklık sıcaklığı bilgisine dönüştürülebilmektedir. OLI bantları atmosfer üstü yansıtım değerlerine (ToA: Top of Atmosphere), ısı bantları ise parlaklık sıcaklığına dönüştürülerek algoritmada kullanılmıştır (USGS, 2015). Yansıtım değerlerine dönüştürülen görüntülerde bulut alanlarının belirlenmesi için öncelikle bölütleme algoritması ile görüntü süper-piksellere ayrılmış ve kural tabanlı bir sınıflandırma dizisi uygulanarak bulut alanları görüntü üzerinden belirlenmiştir. Bulut alanlarının belirlenmesinden sonra, spektral testler ve bulut alanlarının komşuluk ilişkileri değerlendirilerek bulut gölgesi alanları da belirlenmiştir. Geliştirilen algoritma temel olarak ACCA ve Fmask algoritmalarının basitleştirilmiş bir halidir. ACCA algoritması bulut belirleme işlemini iki farklı aşamada on ayrı filtre kullanarak gerçekleştirmektedir (Irish, 2000). Fmask algoritmasında ise yine birden fazla farklı filtre kullanılarak, hem bulut, hem de gölge alanları Landsat 8 görüntülerinden belirlenmektedir (Zhu ve Woodcock, 2012). Fmask ile elde edilen bulut ve gölge maskeleri ile, algoritma sonucu elde edilen bulut ve gölge maskesi karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışma alanı olarak, farklı yeryüzü karakteristiklerine sahip dört farklı bölgeden, bulut oranları %10 ile %30 arasında değişen Landsat-8 görüntüleri seçilmiştir. Algoritmanın farklı görüntülerde ve farklı yeryüzü karakteristiklerine sahip bölgelerde test edilmesi algoritmanın transfer edilebilirliğinin test edilmesi açısından önemlidir. Şekil 1’de, seçilen görüntülerin dağılımı görülmektedir.

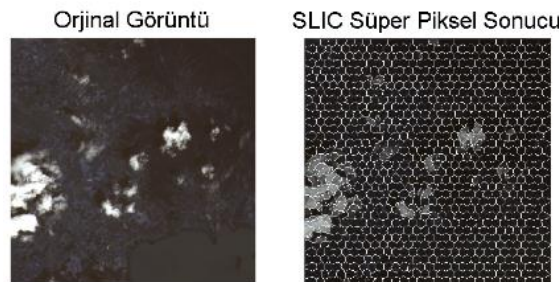


Şekil 1. Çalışma alanı olarak seçilen görüntülerin dağılımı

### 2.1.Bulut ve Gölge Alanlarının Belirlenmesi

#### Bölütleme

Süper pikseller, pikselleri anlamlı gruplar halinde birleştirerek, piksel grupları oluşturmak için kullanılmaktadır. Görüntüdeki aynı bilgiye sahip olan piksellerin birleştirilmesi ile görüntü işleme amaçlı işlemlerin hızı da yüksek oranda artmaktadır. K-ortalamlar (K-means) yönteminin mekânsal özelliklerini de kullanan bir uyarlamasını temel alarak süper pikselleri üreten SLIC (simple linear iterative clustering) algoritması da bu amaçla kullanılan etkin yöntemlerden biridir. Bu algoritmanın diğerlerine göre olan farklı ve temel özellikleri Achanta vd. tarafından 2012’de değerlendirilmiştir. Bulut görüntüsüne uygulanan SLIC algoritmasının sonuçları Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Bulutlar için SLIC süper piksel bölütleme algoritmasının sonucu

## Bulut Belirleme

Görüntülerden bulut alanlarının belirlenmesi için, bulutların spektral karakteristiğinin belirlenmesi ile işleme başlanmıştır. Görüntü üzerinden toplanan bulut noktalarının spektral imzaları karşılaştırılmıştır. Algoritma bu imzalar temel alınarak geliştirilmiştir.

Bulut alanları yakın kızılötesi (bant 5) ve kısa dalga kızıl ötesi (bant 7) bantlarında ayrışabilecek şekilde yüksek yansıtım değerleri göstermektedir. Parlak cisimlerin mavi bantta yüksek yansıtım göstermesi bilgisi de bu bilgiye eklenerek bu üç farklı bantta ait değerler birbiriyle çarpılmıştır. Bulut özellikleri ısı bantta düşük sıcaklık değerlerine sahip olduğundan, bu çarpım, ısı bant değerine bölünerek bulut bölgelerinin ayrışması sağlanmıştır (1). Isıl bant kullanımının sağladığı avantajın yanında, karla kaplı bölgelerde kar örtüsünün, hem parlak, hem de düşük sıcaklık bilgisi taşıyor olmasından dolayı oluşturacağı zorlukların üstesinden, NDSI bilgisi ek bir katman olarak eklenerek aşılmıştır (2). Bu indeks sayesinde karla kaplı alanlar bulut alanlarından ayrıştırılmaktadır (Hall ve Riggs, 2011).

$$Indeks_{bulut} = \frac{Kırmızı * Kısa Dalga Kızılötesi 2 * Mavi}{Isıl Kanal 2} \quad (1)$$

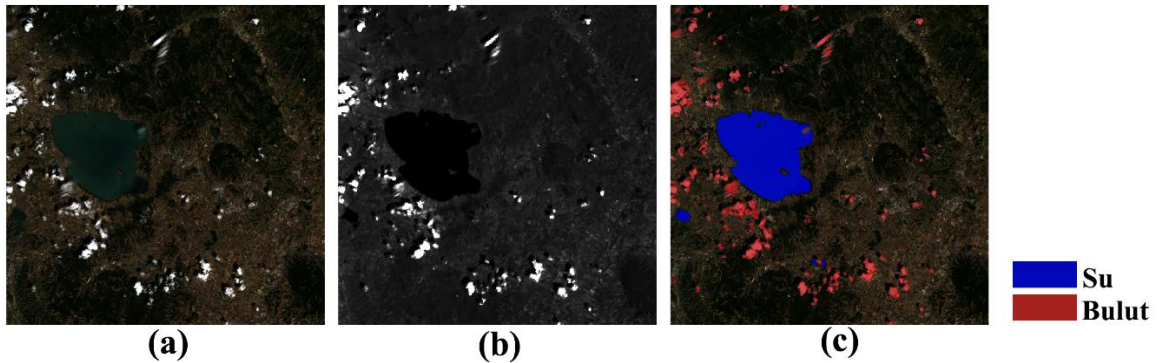
$$NDSI = \frac{Yeşil - SWIR 1}{Yeşil + SWIR 2} \quad (2)$$

(Kar ayırımı için NDSI > 0.6)

Isıl bant kullanımı opak bulutların sınıflandırılmasında da kolaylık sağlamaktadır. Bu sayede görüntüdeki bulut piksellerinin bant oranlaması sonucu değerleri diğer arazi örtüsü özelliklerine göre yüksek bir artış göstermekte ve kolay bir biçimde eşiklenip, bulut alanları belirlenebilmektedir. USGS'in kabulü olan görüntülerdeki bulut sıcaklıklarının 300 K altı değerlere sahip olduğu bilgisi de bulut sınıflandırmasına eklenerek Çizelge 1'de görülen çok kriterli yapı oluşturularak bulut sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).

Çizelge 1. Bulut sınıflandırma kriterleri

NDSI	Kar değil
Isıl Bant	<300 Kelvin
Bulut Belirleme İndeksi	Dinamik eşik değeri (görüntüdeki en parlak cisimlerin oluşturduğu küme sınıfı)



Şekil 3. (a) Orijinal görüntü (b) Bulut belirleme indeksi (c) Sınıflandırılmış bulut alanları

## Gölge Belirleme

Bulut özelliklerine benzer şekilde, bulut gölgesi alanlarının sınıflandırılmasında da, görüntü üzerinden toplanan bulut noktalarının spektral imzalarının yorumlanmasını temel alan bir yöntem ile ısı bantı devredışı bırakan bir bant oranlama indeksi geliştirilmiştir (3). Bu indeks ile gölge alanlarının değeri diğer arazi örtüsü özelliklerinden keskin bir şekilde ayrıldığından eşik değeri belirlenmesi dinamik olarak gerçekleştirilebilmektedir.

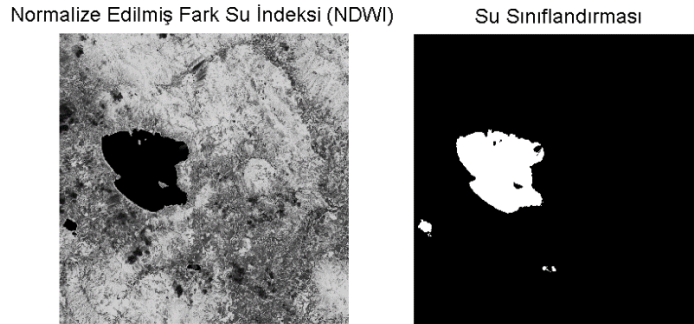
$$Indeks_{gölge} = \frac{Yakın Kızılötesi * Kısa Dalga Kızılötesi 1}{Kırmızı} \quad (3)$$

Gölge alanları, yalnızca görüntüdeki bulutların oluşturduğu alanlar değildir, yüksek binalar, tepeler vb. gibi yükselti farkı oluşturan etmenlerin, güneşin açısına göre görüntüde gölge oluşturması da muhtemeldir. Gölge ve su alanları koyu özellik gösterdiğinden birbirine karışabilir. Bu çalışmada yanlış sınıflandırmaya sebep olabilecek bu iki farklı etmen, NDWI (Normalized Difference Water Index / Normalized Edilmiş Fark Su İndeksi) ve bulut izdüşümü yöntemleri ile aşılmıştır (4) (Gao, 1996).

Gölge alanlarının sulak alanlar ile karışmasını önlemek amacıyla görüntüde NDWI hesaplanmıştır. Sabit bir eşik değeri verilerek görüntüdeki su alanları otomatik bir şekilde sınıflandırılmıştır (Şekil 4).

$$NDWI = \frac{Yakın\ Kızılötesi - Yeşil}{Yakın\ Kızılötesi + Yeşil} \quad (4)$$

(Sulak Alanlar - NDWI < -0.2)



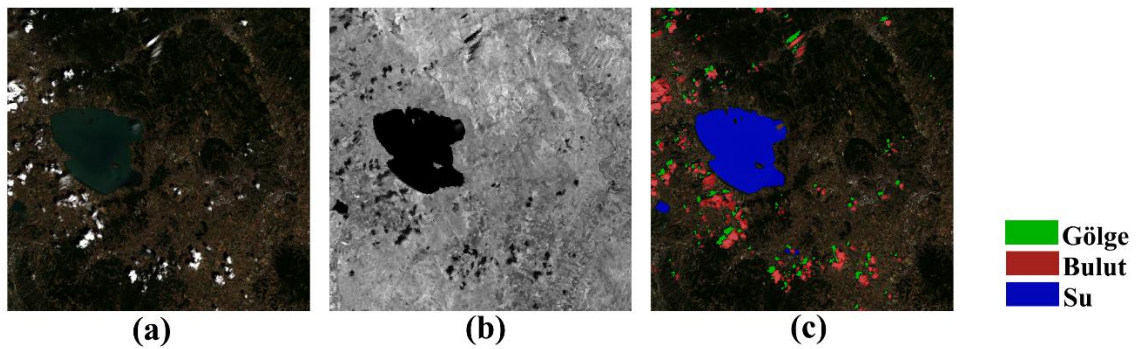
Şekil 4. NDWI görüntüsü ve su sınıflandırması

İkinci olarak, farklı gölge alanlarının, bulut gölgeleri ile karışmasını önlemek amacıyla görüntü özneliklerinden olan güneş azimut açısı kullanılarak tüm bulut bölgelerinin bu açı ile doğru orantılı şekilde belli bir uzaklıkta izdüşümü alınmıştır. Güneş azimut açısı, güneşin görüntü çekim anındaki konumunun kuzeyden olan saat yönündeki açısıdır. Bu izdüşüm alanlar, potansiyel gölge alanlarını ifade etmektedir, Formül (3) ile belirtilen gölge alan belirleme indeksi sonucu ile bu izdüşüm alanların kesişimi final gölge bölgelerinin sınıflandırılmasında kullanılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Gölge Sınıflandırma Kuralları

NDWI	Su değil
Bulut Potansiyel Projeksiyonun	Kesişim
Gölge Belirleme İndeksi	Dinamik eşik değeri (görüntüdeki en koyu cisimlerin oluşturduğu küme sınıfı)

Tüm bu bulut ve gölge alanlarının belirlenmesinin ardından, sınıflandırılmış bulut ve gölge piksellerinin kenarlarında bulunan süper pikseller için bir alan büyütme uygulanarak yakın komşu süper pikseller de bu sınıflara dahil edilerek bulut ve gölge alanlarının sınıflandırılması tamamlanmıştır (Şekil 5).

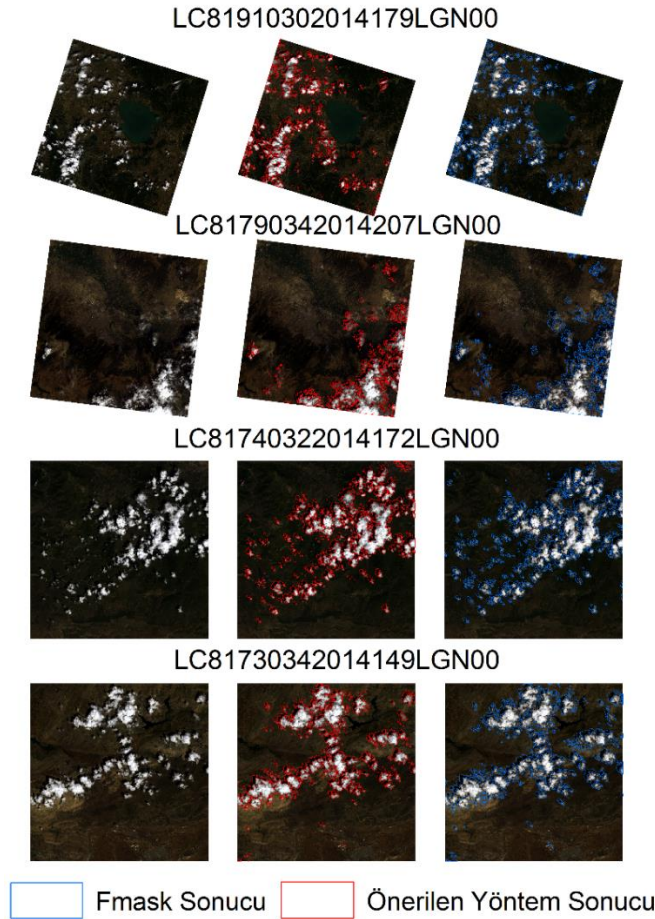


Şekil 5. (a) Orijinal görüntü (b) Gölge belirleme indeksi (c) Sınıflandırılmış gölge alanları

## 2.2. Transfer Edilebilirlik

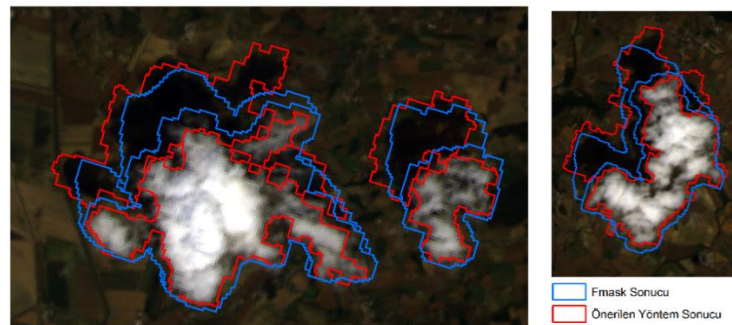
Geliştirilen algoritmanın, çalışma alanı olarak seçilen dört farklı bölgede yapılan uygulaması ile, literatürde Landsat-8 görüntülerinden bulut ve gölge belirlemede en kabul görmüş yöntem olan Fmask yönteminin sonuçları Şekil 6'da gösterilmiştir.





Şekil 6. Önerilen yöntemin farklı görüntülerde uygulanması ve karşılaştırma

Sonuçlar, Şekil 9’da verilen yakınlaştırma seviyesinde küçük detaylar fark edilmediğinden, Şekil 7’de bazı bölgelerden alınan yakınlaştırılmış görüntüler üzerinde incelenmiştir. Temel olarak, bu çalışmada önerilen yöntem ve Fmask yöntemi, görüntü üzerindeki bulutların ve gölgelerin belirlenmesine etkin bir şekilde sonuç vermektedir. Görüntüdeki bulut için bir yer gerçeği verisi olmadığından burada iki yöntemin de bulut ve gölge belirlemedeki sayısal doğruluğu verilememektedir. Şekil 10’da görülebileceği gibi bu çalışmada önerilen yöntem, bölütleme tabanlı çalıştığından birçok bulut ve gölge alanını Fmask yöntemine göre daha etkin bir şekilde sınıflandırabilmiştir. Hem spektral, hem de mekânsal bilgi kullanarak oluşturulan piksel grupları, piksel tabanlı yöntemlere göre daha başarılı bir sınıflandırma yapılmasını sağlamıştır. Ayrıca, gölge belirlemede kullanılan bulut izdüşümü yöntemi, gölge bulut şekilleri arasındaki mekânsal ilişkiyi de kullanarak, önerilen yöntemin başarısını arttırmıştır. İki yöntem de geri getirmede başarılı sonuçlar vererek tüm görüntülerdeki bulut ve gölge özelliklerini sınıflandırmayı başarmıştır, fakat temel olarak bu sınırları oluşturmada Fmask algoritmasının uyguladığı ve güven aralığını büyütme amaçlı alan büyütme (region growing) oranı birçok bölgede bulut ve gölge dışı yerlerin de bu sınıfa eklenmesi ile sonuçlanmıştır.



Şekil 7. Çalışma sonucu detaylı görüntüler

### 3.TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bulut ve gölgelerinin belirlenmesi, uzaktan algılamada uzun zamandır üzerinde çalışılan ve birçok yöntemin

geliştirildiği bir konudur. Bu yöntemler kimi zaman yeterli doğrulukta sonuçlar verirken, kimi zaman da yeterli doğruluğu sağlayamamaktadır. Piksel tabanlı yöntemlerin yanı sıra, görüntüyü süper-piksellere ayıran bölütleme tabanlı yöntemlerin bulut ve gölge belirlemede kullanılması yeni bir konudur. Bu şekilde, görüntü, homojen özellikler sergileyen piksel gruplarına ayrılarak, hem hesaplama gücü azaltılmakta, hem de nesne tabanlı bir yaklaşım sergilendiğinden, sınıflandırılması hedeflenen özellikler geometrik karakteristikleri bakımından etkin bir şekilde görüntü üzerinden elde edilebilmektedir. Bu çalışmada geliştirilen bulut ve gölge belirleme algoritmaları ile bölütleme tabanlı bir yaklaşım bu kapsamda uygulanmıştır. İlk aşamada elde edilen süper-piksellerin doğruluğu sınıflandırma doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle küçük bir ölçek parametresi seçilerek süper-piksellerin boyutları küçük tutulmuş ve piksel gruplamaları homojen tutularak, heterojen süper-piksellerin oluşması olasılığı azaltılmıştır. Bulut ve gölge gibi nesnelere, parlak ve koyu yansıtım değerleri nedeniyle görüntü üzerindeki spektral karakteristikleri belirgin bir şekilde oluşan özelliklerdir. Bu bilgiler esas alınarak SLIC algoritması ile etkin bir bölütleme uygulanarak bulut ve gölge alanları süper-piksellere ayrılmıştır. Spektral tabanlı bir yaklaşımla geliştirilen indeksler ile kural seti şeklinde bir yapı kurularak; parlaklık sıcaklığı, güneş açısı, NDSI, NDWI gibi özellikler de sınıflandırma kural setine eklenerek, çok kriterli bir yapıda bulut ve gölge alanları görüntü üzerinden belirlenmiştir. Burada yeni bir yaklaşım olan bulut-gölge izdüşümü yaklaşımı ile bulut ve gölge arasındaki geometrik bağıntı kullanılarak gölge sınıflandırması doğruluğu artırılmıştır. Tüm bu sonuçlar farklı bölgelerden alınmış görüntüler üzerindeki aynı parametreler ile koşturularak, yöntemin transfer edilebilirliği test edilmiştir. ACCA, Fmask gibi algoritmaların yanında, burada geliştirilen algoritma, transfer edilebilirliği, süper-piksel tabanlı olması sebebiyle getirdiği işlem kolaylığı ve basitleştirilmiş işlem adımları ile kullanışlılığını kanıtlamıştır.

## KAYNAKLAR

- Achanta, R., Shaji, A., Smith, K., Lucchi, A., Fua, P., & Süsstrunk, S.,** 2012, SLIC superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 34(11), 2274–2281.
- Arvidson, T., Gasch, J., & Goward, S. N.,** 2001, Landsat 7's long-term acquisition plan - An innovative approach to building a global imagery archive, *Remote Sensing of Environment*, 78(1-2), 13–26.
- Gao, Bo-cai.,** 1996, NDWI—A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space,
- Hall, D. K., & Riggs, G. A.,** 2011, Normalized-Difference Snow Index (NDSI), *Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers* (pp. 779–780).
- Irish, R. R.,** 2000, Landsat 7 automatic cloud cover assessment, In S. S. Shen & M. R. Descour (Eds.), *AeroSense 2000* (Vol. 4049, pp. 348–355).
- Irish, R. R., Barker, J. L., Goward, S. N., & Arvidson, T.,** 2006, Characterization of the Landsat-7 ETM+ Automated Cloud-Cover Assessment (ACCA) Algorithm, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(10), 1179–1188.
- USGS.,** 2015, Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, *Earth Resources Observation and Science (EROS) Center*, 8(June), 97.
- Zhang, X., Qin, F., & Qin, Y.,** 2010, Study on the Thick Cloud Removal Method Based on Multi-Temporal Remote Sensing Images, *2010 International Conference on Multimedia Technology* (pp. 1–3). IEEE.
- Zhang, Y., Rossow, W. B., Lacis, A. A., Oinas, V., & Mishchenko, M. I.,** 2004, Calculation of radiative fluxes from the surface to top of atmosphere based on ISCCP and other global data sets: Refinements of the radiative transfer model and the input data, *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 109(19), D19105.
- Zhu, Z., & Woodcock, C. E.,** 2012, Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery, *Remote Sensing of Environment*, 118, 83–94.