

## **ÖZET**

### **KIZILÖTESİ KAMERA GÖRÜNTÜLERİNDEN KENEVİR TESPİTİ İÇİN BİR YÖNTEM**

5 Buluş konusu yöntem çeşitli bant aralıklarında görüntü alan kameralardan gelen görüntüleri kullanarak kenevir bitkisinin varlığını tespit etmek için tasarlanmış olup, bir bilgisayar üzerinde çalışır. Kamera görüntüsünün okunması ile başlayan ve çeşitli işlem adımları ile görüntü üzerinde kenevir izi olup olmadığının tespitini yaparak kullanıcıya bilgi verir.

## İSTEMLER

1. Buluş konusu ürün hiperspektral kamera görüntülerinden kenevir tespiti için bir yöntem olup özelliği;
  - a. kamera görüntüleri üzerinde radyometrik düzenlemelerin yapılması (101);
  - b. düzenlenen görüntülerin okunması (102);
  - c. bir önceki adımda işlenen VNIR kamera görüntü bölgesi için görüntü üzerinde atmosferik gazların atılması (103);
  - d. bir önceki adımda işlenen VNIR kamera görüntü bölgesi için görüntü üzerinde spektral normalizasyon yapılması (104);
  - e. bir önceki adımda işlenen VNIR kamera görüntü bölgesi için görüntü üzerinde bant düşürme işleminin yapılması (105);
  - f. bir önceki adımda işlenen VNIR görüntü bölgesi için görüntü üzerinde tüm görüntü için imza benzerlik yöntemleri uygulanması (106)
  - g. bir önceki adımda işlenen VNIR görüntü bölgesi için görüntü üzerinde belirli bantlar için imza benzerlik yöntemleri uygulanması (106)
  - h. bir önceki adımda işlenen VNIR görüntü bölgesi için görüntü üzerinde türev imzaları için imza benzerlik yöntemleri uygulanması (106)
  - i. bir önceki adımda işlenen VNIR görüntü bölgesi için görüntü üzerinde pencere tabanlı güven aralığı analizi (107) yapılması;
  - j. bir önceki adımda işlenen VNIR görüntü bölgesi için görüntü üzerinde istatistiksel yöntemler ile hedef tespiti (108) yapılması;
  - k. bir önceki adımda işlenen VNIR görüntü bölgesi için görüntü üzerinde VNIR sonuç tespit haritası oluşturulması (109);

- 5
1. (e) adımında eşiklenen görüntü üzerinde VNIR görüntü bölgesi için VNIR verisinden 6. Bant ile 1. Bant kullanılarak NDVI indeksi hesaplanarak NDVI haritası çıkarılması (201)
- m. (b) adımında okunan kamera görüntüleri üzerinde SWIR görüntü bölgesi için kenevir bitkisinin diğer bitki türlerinden farklı spektral bilgi içerdiği 3 bandın SWIR görüntüsü içinden seçilerek özel bant seçimi (202) yapılması;
- 10 n. bir önceki adımda işlenen SWIR görüntü bölgesi için görüntü üzerinde SWIR hiperspektral verisinden elde edilen bantların belirlenen eşik değerleriyle karşılaştırılması ile bantların enerji analizi (203) tespitinin yapılması;
- o. (k) ve (n) adımında üretilen sonuç haritalarının birleştirilmesi (204) ve kullanıcıya sunulması ile karakterize edilmesidir.
- 15 2. İstem 1’de bahsedilen yöntem olup özelliği, görüntülerin bütünleşik olarak alınmış görüntüler olup, dalga boylarına göre yakın ve görünür kızılötesi (VNIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) olarak ikiye ayrılması ve ayrı ayrı işlenmesi ile karakterize edilmesidir.

## TARİFNAME

### KIZILÖTESİ KAMERA GÖRÜNTÜLERİNDEN KENEVİR TESPİTİ İÇİN BİR YÖNTEM

#### **Teknik Alan**

- 5 Buluş konusu ürün ekimi izne tabi bulunan kenevir bitkisinin hava görüntülerinden tespiti sorununa bir çözüm önermektedir. Görüntüler üzerinde döndürülecek bir işlem dizisi sayesinde bu görüntülerden kenevir tespiti yapılması ve yapılan tespitin kullanıcıya sunulması için bir yöntemden ibarettir.

#### **Buluşun Kısa Açıklaması**

- 10 Buluş konusu yöntem çeşitli bant aralıklarında görüntü alan kameralardan gelen görüntüleri kullanarak kenevir bitkisinin varlığını tespit etmek için tasarlanmış olup, bir bilgisayar üzerinde çalışır. Kamera görüntüsünün okunması ile başlayan ve çeşitli işlem adımları ile görüntü üzerinde kenevir izi olup olmadığının tespitini yaparak kullanıcıya bilgi verir.

#### **15 Buluşun Ayrıntılı Açıklaması**

- Buluş konusu yöntem çeşitli bant aralıklarında görüntü alan kameralardan gelen görüntülerden kenevir tespiti yapmak için bir yöntemdir. Buna göre çoklu spektral aralıklarda alınmış görüntüler (örneğin VNIR ve SWIR adı verilen kızılötesi bölgeler) öncelikle bir sunucu üzerine alınır. Burada esasen görüntülerin hangi  
20 kaynaktan geldiğinin, ne zaman alındığının ve diğer değişkenlerinin buluş konusu yöntemin uygulanması için bir önemi olmamakla beraber, buluş konusu yöntem bir hava aracından alınan görüntülerin anlık olarak işlenip istihbari bilgiye çevrilmesine olanak tanır. Dahası, bu işlemin bir hava aracı içerisinde rahatlıkla yapılmasını sağlar. Fakat kullanıcı tercihlerine bağlı olarak örneğin bir hava aracı  
25 tarafından çekilen görüntülerin arşivlenip bir zaman sonra buluş konusu yöntem

üzerinde işlenmesi mümkündür. Dahası, görüntülerin hava araçları tarafından çekilmiş olması da bir zorunluluk olmayıp işlem kolaylığı açısından örnek teşkil etmektedir, örneğin kara taşıtları tarafından çekilen görüntülerin işlenmesinde de herhangi bir sorun gözlenmemiştir.

- 5 Elbette hava araçları ile çekim yapmak belli avantajlar sağladığı için tercih konusudur. Bunlardan bazıları yerleşim yerleri içine gizlenen, diğer bitkilerle sarılarak gizlenen, uzak bölgelerde ekimi yapılan ve benzeri kenevirlerin de tespit edilebilmesini sağlamaktır. Bu sebeple buluş konusu ürünün kullanımında tercihen İHA, insanlı uçak ve benzeri kaynaklardan elde edilen hava görüntüleri kullanılır.
- 10 Böylelikle buluş konusu ürün, diğer yöntemlere göre maliye etkin olması yönüyle öne çıkar. Diğer bir husus ise terör örgütlerinin maddi gelir kaynaklarını teşkil etmesidir. Bu sebeple kenevir taramaları sıklıkla yapılarak izinli ekilen kenevir ile kaçak ekilen kenevirin tespiti gerektiğinden, bu tespitin havadan yapılması istenen sıklıkta, uygun maliyetli ve etkin bir tarama olanağı sağlar.
- 15 Tarifname boyunca iki kameralı bir sistem örnek olarak anlatılmıştır. Bu VNIR (Visible and Near Infrared / Görünür ve Yakın Kızılötesi) ve SWIR (Short Wave Infrared / Kısa Dalga Kızılötesi) olarak ikiye ayrılmıştır. Buluş konusu ürün gerçekten bu biçimde alınmış görüntülerle çalışabileceği gibi, bu bir sınırlama olarak algılanmamalıdır. VNIR genellikle 400-1100 nanometre dalga boyu
- 20 aralığında alınan görüntüleri, SWIR ise genellikle 900-1700 nanometre dalga boyu aralığında alınan görüntüleri işaret etmektedir. Bu iki kamera eşgüdümlü olarak kullanılabilmesi gibi, tek bir kamera ile alınan görüntülerin iki farklı küme olarak işlenmesi ile de aynı ayırım elde edilebilir. Tarifname boyunca anlatım kolaylığı ve ekonomik avantajı sebebiyle farklı dalga boylarında gelen görüntüler farklı kamera
- 25 ile çekilmiş biçimde bahsedecektir. Tek bir kamera ile 400-1700 nanometre dalga boyunun çekilmesi durumunda bu görüntünün bahsedilen dalga boylarına göre bölünmesi teknikte uzman bir kişinin kolaylıkla yapacağı bir işlem olduğundan,

işlem dizisi içerisinde ayrıca verilmemiş olup, ihtiyaç halinde bu bölüntüleme kolaylıkla yapılabilir.

Bunu sağlamak için buluş konusu yöntem öncelikle hiperspektral görüntünün okunması ile başlar. Burada çeşitli spektral aralıklarda alınan veriler bir sunucu üzerine diğer bilgiler ile eşlenik olarak alınır, radyometrik düzenlemelerin yapılmasının (101) ardından görüntülerin okunması ve atmosferik bantların atılması (103) işlemi yürütülür. Buna göre VNIR kamera görüntüsünden atmosferik bantların etkili olduğu bantlar gürültüye sebep olduğundan atılmaktadır. Bu bantlar atmosfer koşullarına göre değişiklik gösterdiği için her örnekte farklı aralıklara denk gelebilmektedir. Açık havada 760-780 nanometre dalga boyuna karşılık gelen bantlar bu kapsamda atılmakta, kalanlarla işlem dizisine devam edilmektedir.

Bunun ardından spektral normalizasyon (104) işlemi ile devam edilir. Buna göre VNIR verisinde ait piksel imzaları ile referans kütüphane kenevir imzaları arasındaki genlik farkının giderilmesi amacıyla vektörel normalizasyon işlemi uygulanmaktadır. Spektral normalizasyon (104) sonrasında spektral imzalar üzerinden hedef tespiti gerçekleştirilmektedir. Hiperspektral görüntü ile dalga boylarına göre yansıma elde edilmektedir. Yansıma spektrumlarında ötelenme ve düzgün dağılmayan ışıklılıktan kaynaklanan hatalar gözlenmektedir. Normalizasyon işlemi ile meydana gelen farklılıkların belirli oranda giderilmesi amaçlanmaktadır. Verideki az ışıklı piksel ile çok ışıklı piksel arasındaki genlik farkının giderilmesi amacıyla vektörel normalizasyon işlemi yapılmaktadır.

$$\tilde{y} = \frac{y}{\|y\|_1} \quad (1)$$

Burada  $\|y\|_1$  sembolü L-1 normunu,  $\tilde{y}$  ise normalize edilmiş spektral imzayı temsil etmektedir. N bantlı bir spektral imzanın L-1 normu şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$\|y\|_1 = \sum_{r=1}^n |y_r| \quad (2)$$

Normalizasyon sonrasında spektral imzalar üzerinden hedef tespit işlemi yapılmaktadır. Verilen şekilde de görüldüğü gibi normalize edilmemiş imzalar arasındaki genlik farkı normalize işlemi ile giderilmektedir.

L-1 norm yerine L-2 norm da kullanılarak normalizasyon işlemi yapılabilir.

- 5 Spektral normalizasyon (104) işleminin ardından, bant düşürme (105) işlemi uygulanır. Buna göre sınıflandırmada yapılan bant sayısındaki artış sahnedeki objelere detaylı bilgiler sunmasına karşı, karmaşık ve yoğun miktarda bilgi içeren veri setlerinin analizi ve işlenmesi problemini ortaya çıkarmaktadır. Teorik olarak sınıflandırma işleminde spektral çözünürlük ve kullanılan bant sayısı arttıkça
- 10 sınıflandırmaya esas piksellerin birbirinden daha kolay ayırt edilebileceği öngörülmüş olsa da, çalışmalarımız bu durumun her zaman geçerli olmadığını göstermektedir. Bunun temel nedeni yüksek spektral çözünürlüğe sahip veri setlerinin birbiri ile korelasyonu, gürültülü, tekrarlı ve gereksiz bilgiler içeren bantlara sahip olmasıdır. Boyutsallık problemi ve Hughes fenomeni veri boyutunun
- 15 artmasıyla ortaya çıkan önemli bir problem olarak bilinmektedir.

- Bu sebeplerden dolayı kenevir tespitinde hiperspektral kameralardan elde edilen görüntüler bant düşürülmesi sonucunda 8 banda indirilmektedir. Boyut düşürmenin hedef tespit algoritmalarına olumlu katkıları olduğu gözlenmiştir. Bant sayısının azalmasının kenevir hedefinin diğer bitki türlerinden ayırt edilebilirliğini artırdığı
- 20 gözlenmiştir. Hedef tespit algoritmalarının sonuçlarındaki kontrastın daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca çok sayıda banttan 8 banda boyut indirgenmesi veri büyüklüğünü ciddi oranda düşürdüğü için algoritmaların koşum hızlarını artırarak daha kısa sürede sonuç elde edilebilmesini sağlamaktadır.

- Bu aşamadan sonra imza benzerlik yöntemleri uygulanması (106) işlemine geçilir.
- 25 Buluş konusu yöntem kapsamında imza benzerlik yöntemi olarak Spektral Açık Eşleyicisi [1] tercih edilmiştir. Spektral Açık Eşleyicisi (SAM) hiperspektral görüntülerin sınıflandırılmasında en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bu

yöntem, referans spektrum ile test spektrum arasındaki açının hesaplanması esasına dayanır. Referans spektrumumuz ile bilinmeyen spektrum arasındaki açı denklemdeki formül kullanılarak hesaplanır. x test pikselin spektrumunu, y ise daha önceden bildiğimiz referans spektrumu temsil etmektedir. Hesaplanan açı ne kadar küçük ise test spektrumu referans imzamıza o kadar benziyor anlamına gelir. SAM algoritma sonucu daha önceden belirlenen eşik değeri ile karşılaştırılarak sınıflandırma işlemi yapılmaktadır. SAM algoritmasında açı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{\langle x,y \rangle}{\|x\| \|y\|}\right) \quad (3)$$

10 SAM algoritması sonucunun en düşük skorlu ilk N pikseli alınmaktadır. Yüksek skorlu her bir pikselin kenevir olup olmadığı aşağıdaki ölçütler ile karşılaştırılmaktadır.

- Pikselin SAM sonucu önceden belirlenmiş eşik değerinden yüksek mi?
- Belirli Bantlar için İmza Benzerlik Yöntemlerinin Uygulanması: Eğer yüksek ise piksel imzasının 3. ve 7. bant aralığının SAM sonucu önceden belirlenmiş eşik değerinden yüksek mi?
- Türev İmzaları için İmza Benzerlik Yöntemlerinin Uygulanması: Eğer yüksek ise piksel imzasının türevi ile kütüphane imzasının türevi arasındaki SAM sonucu önceden belirlenen eşik değerinden yüksek mi?
- Bölüt Piksel Sayısı Analizi: Pikselin ait olduğu uzamsal bölüt yeterli büyüklükte mi? Buna bölütteki toplam piksel sayısını önceden belirlenen ve yüksekliğe bağlı olarak değişen eşik değeriyle karşılaştırılarak karar verilmektedir. Burada eşik değeri sonucu üzerinde önceden kaydedilmiş sabit bir değer olup, kullanıcı tarafından değiştirilebilir.

25 İmza benzerlik yöntemlerinin uygulanması (106) işlemi yukarıda da anlatıldığı gibi görüntünün tamamına, bir kısmına veya türetilen kısımlarına uygulanabilir. Burada

öngörülen, öncelikle türev imzalar için, ardından belirli bantlar için, son olarak da türev imzaları için aynı işlemin sırasıyla döndürülmesidir.

Bunun ardından, VNIR verisine pencere tabanlı güven aralığı analizi (107) işlemi uygulanır. Buna göre öncelikle belirlediğimiz pencereyi gezdirebileceğimiz bir binary (ikili) harita oluşturulur. Bu haritayı oluşturmak için görüntüye kütüphane imzasını kullanarak imza benzerlik yöntemleri uygulanır. Burada imza benzerlik yöntemi olarak SAM algoritması kullanılmıştır. Elde edilen SAM sonucu en düşük değerden en yüksek değere göre sıralanır. Ardından yüksekliğe bağlı olarak daha önceden belirlenen eşik değerine göre en yüksek skorlu ilk N piksel alınır. Bu eşik değeri görüntü yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Eşiklenen SAM sonucunda ikili harita elde edilmektedir. Elde edilen bu harita pencere gezdirmede kullanılacaktır. Daha sonra en yüksek skorlu pikselden başlayarak her bir pikselin konumu merkezde olacak şekilde etrafından bir kare çizilir. Çizilen karenin içi ikili harita üzerinde yoğun miktarda eşiklenmiş piksel içeriyorsa o piksel güvenilir piksel olarak kabul edilmektedir. Piksel eğer bir tarlanın içerisindeyse karenin içerisinde yoğunluk beklenmektedir. Fakat piksel hedef olmayıp küçük bir alanın içerisindeyse (ağaç vs.) karenin içerisinde yoğunluk değil az bir kısmının dolu olması beklenmektedir. Bu özellikte olan pikseller güvenilir piksel olarak değerlendirilmemektedir.

Ardından, VNIR bölgesi görüntüsü üzerinde istatistiksel yöntemler ile hedef tespiti (108) işlemi koşturulur. Buna göre seçilen güvenilir kenevir piksel imzaları daha sonra hedef tespit algoritmaları kullanılarak görüntüde aranmaktadır. Uzaktan algılama alanında hedef tespitine yönelik kullanılan, işaret tespit ve kestirim teorisine dayanan çeşitli istatistiksel tabanlı tespit algoritmaları mevcuttur. Yani hedef tespit algoritması olarak Adaptive Cosine Estimator (Adaptif Kosinüs Kestiricisi / ACE), Genelleştirilmiş Olabilirlik Test Oranı (GLRT) gibi istatistiksel tespit yöntemleri kullanılabilir. Geliştirilen algoritmada GLRT yöntemi hedef

tespitinde kullanılmıştır. Genelleştirilmiş Olabilirlik Oran Testi (GLRT) algoritmaları yaygın olarak kullanılan istatistiksel tespit algoritmalarındandır. [2]

Bu noktada iki durum bulunmaktadır: Sadece gürültü  $H_0$  hedefin ana huzmede olduğu yan huzmede karıştırıcının olmadığı durum  $H_0$ , karıştırıcının yan huzmede olduğu hedefin ana huzmede olmadığı durum  $H_1$ .

$$H_0 : \text{gürültü (Hedef yok)}, \quad \text{gürültü} \sim N_p(0, \Sigma_b) \quad (4)$$

$$H_1 : \text{hedef + gürültü (Hedef var)} \sim N_p(a_s, \Sigma_b), a > 0 \quad (5)$$

Bu denklemde  $N_p(0, \Sigma_b)$  ana ve yardımcı kanaldaki alıcı gürültülerini sırasıyla göstermektedir. Burada,  $N_p(0, \Sigma_b)$  ortalaması sıfır ve varyansı olan dairesel simetrik karmaşık Gauss rasgele değişkeni göstermektedir.

$H_0$  ve  $H_1$ , hipotezlerini ayırabilmek amacıyla olabilirlik oran testi (LRT) aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\Lambda(\tilde{r}, \tilde{s}) = \frac{f_x(x; H_1)}{f_x(x; H_0)} \underset{H_0}{\overset{H_1}{\geq}} \eta \quad (6)$$

Burada  $H_i$  hipotezi altında  $X$ 'in olasılık yoğunluk fonksiyonu (7):

$$f_x(x; H_i) = \frac{1}{\pi^2 |C_i|^2} \exp(-X^H C_i^{-1} X), \quad i = \{0, 1\} \quad (7)$$

Şeklinde oluşmakta olup  $C_i$  matrisi aşağıdaki (8) formülü ile hesaplanmaktadır:

$$C_i = E[XX^H; H_i], i = \{0, 1\} \quad (8)$$

Daha sonra her bir güvenilir kenevir pikseli için elde edilen GLRT sonucu önceden kaydedilmiş bir sabitle eşiklenerek görüntüdeki kenevir alanları tespit edilmektedir.

Bu tespit edilen alanlar birleştirilerek olası kenevir VNIR sonuç tespit haritası (109) oluşturulmaktadır. Bunun için hedef tespiti yapılmış bulunan görüntü içinde

belirtilen koşullara uygun ve kütüphane imzasına benzer nitelikte bulunan imzalar görüntü içinde tekrardan hedef tespit algoritmaları ile aratılır. Elde edilen sonuç tespit haritaları birleştirilerek tek bir sonuç haritası elde edilir. Elde edilen sonuç haritası belirlenen eşik değeri ile karşılaştırılır ve VNIR sonuç tespit haritası (109) elde edilmiş olur.

Bu aşamada buluş konusu yöntem bant düşürme (105) işleminden gelen görüntüye tekrar döner. Bu verileri alıp NDVI haritası çıkarılması (201) işlemine alarak görüntü için NDVI indeksi hesaplar. Hesaplanan NDVI skorları önceden kaydedilmiş bir sabitle eşiklenerek olası hedef alanları bulunmaktadır.

$$NDVI = \frac{Bant6 - Bant1}{Bant6 + Bant1} \quad (9)$$

Denklem (9) verilen formüle göre NDVI indeksi hesaplanmaktadır. Elde edilen 8 bantlık VNIR verisinden 6. Bant ile 1. Bant kullanılarak indeks hesaplanmıştır. Hesaplanan NDVI değerleri belirlenen eşik değeriyle karşılaştırılarak NDVI sonuç haritası elde edilmektedir.

Bu aşamada SWIR bölgesi görüntüsü içerisinde özel bant seçimi (202) işlemi yürütülerek kenevir bitkisinin diğer bitki türlerinden farklı spektral bilgi içerdiği bantlar seçilerek tespit için kullanılmaktadır. Belirlenen dalga boylarındaki 3 bant tüm SWIR görüntüsü içinden seçilir. Bu bantlardaki enerji değerleri üzerinden hedef tespiti yapılmaktadır.

Özel bant seçimi (202) işleminin ardından bantların enerji analizi (203) işlemi yapılır. Buna göre SWIR hiperspektral verisinden elde edilen bantlar belirlenen eşik değerleriyle karşılaştırılır. Elde edilen sonuç ile elde edilen NDVI sonuç haritası ile çarpılarak SWIR kamerası tespit sonuçları elde edilmiş olur.

Son aşamada ise, VNIR bölgesinde yapılan işlemlerin sonucu ile SWIR bölgesinde yapılan işlemlerin sonuçları sonuç haritalarının birleştirilmesi (204) işlemi ile birleştirilir. Buna göre VNIR kamerasından elde edilen hedef tespit sonucu ile

SWIR kamerasından elde edilen sonuç haritası çarpılarak nihai sonuç haritası elde edilmiş olmaktadır. Böylece sadece VNIR kamerası kullanılmasıyla elde edilen sonuçlardaki yanlış alarmların büyük çoğunluğunun VNIR ve SWIR kamera bilgilerini beraber kullanılmasıyla elendiği görülmektedir. Birleştirilen sonuç haritaları, işlemlerin yapıldığı sunucu üzerinde kullanıcıya sunulabileceği gibi, başka bir başka bir cihaza da aktarılabilir.

Böylelikle hiperspektral kamera görüntüleri önce ikiye bölünüp ardından iki farklı spektrum aralığında yürütülen işlem dizileri birlikte değerlendirilerek kenevir tespiti hızlı, etkin ve güvenilir bir biçimde yapılarak kullanıcıya sunulmuş olur.

10 Bu buluşun amaçlarına ulaşmak için gerçekleştirilen kızılötesi kamera görüntülerinden kenevir tespiti için bir yöntem ekli şekilde gösterilmiştir.

Bu şekil;

**Şekil 1:** Buluş konusu yöntemin çalışma biçiminin şematik bir gösterimidir.

15 Tarifname ekinde verilen çizimlerde kullanılan referans işaretlerinin açıklamaları ise şöyledir;

101- Radyometrik düzenlemelerin yapılması:

102: Görüntülerin okunması:

103: Atmosferik gazların atılması:

104: Spektral normalizasyon:

20 105: Bant düşürme

106: İmza benzerlik yöntemleri uygulanması

107: pencere tabanlı güven aralığı analizi

108: istatistiksel yöntemler ile hedef tespiti

109: VNIR sonuç tespit haritası oluşturulması

201: NDVI haritası çıkarılması

202: Özel bant seçimi

5 203: Bantların enerji analizi

204: Sonuç haritalarının birleştirilmesi

Atıf yapılan patent dışı referanslar şöyledir;

[1]: Demirel, B., Özdil, Ö., & Esin, Y.E. (2016, May). Hyperspectral image segmentation based on spatial model. In 2016 24th Signal Processing and  
10 Communication Application Conference (SIU) (pp. 1249-1252). IEEE

[2]. D. Manolakis and G. A. Shaw, "Detection algorithms for hyperspectral imaging applications," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 19, no. 1, pp. 29–43, 2002.

Şekil 1

