

ÖZET

ÇEŞİTLİ ARAÇ PLATFORMLARI İÇİN HİPERSPEKTRAL KAMERA KULLANARAK KAMUFLAJ TESPİTİ İÇİN BİR YÖNTEM

- 5 Buluş konusu yöntem bir görüntü işleme yöntemi olup, çeşitli araçlar üzerinde hareketli bir platforma takılı bulunan bir hiperspektral kameradan alınan görüntüler üzerinde görüntü işleme işlemleri ile atmosfer gazlarının etkin olduğu alanların çıkarılmasını, spektral normalizasyon işlemi yapılmasını ve ardından spektral kütüphaneden alınan veriler ile istatistiksel yöntemler kullanılarak skorlanmış bir sonuç haritası elde edilmesini ve bu sonuç
- 10 haritası üzerinde bağlı piksel grubu analizi yapılarak ilgili alanın tespit edilerek görüntü üzerinde işaretlenmesi yoluyla kamuflaj tespiti yapılmasından oluşmaktadır.

İSTEMLER

1. Buluş konusu yöntem muhtelif araç platformlarında yerleşik kamera düzeneklerinden alınan görüntü dizisi üzerinde kamuflaj tespiti için bir yöntem olup, özelliği;
 - a. hiperspektral görüntü üzerinde radyometrik düzenlemeler yapılması;
 - 5 b. hiperspektral görüntünün metaveri ile eşlenik olarak alınması; alınan hiperspektral görüntü ve metaverinin eşlenik olarak kaydedilmesi;
 - c. atmosfer gazlarının etkili olduğu bantların hiperspektral görüntü içerisinde çıkarılması;
 - d. hiperspektral görüntü üzerinde spektral normalizasyon amacıyla vektörel
10 normalizasyon yapılması;
 - e. hedef tespit algoritması döndürülmesi; bu hedef tespit algoritması içerisinde uyarlanabilir eşikleme veya sabit eşikleme yapılması; elde edilen sonuçların bir kütüphane içerisine kaydedilmesi;
 - f. kaydedilen kütüphane içerisinde her bir görüntü için kamuflaj tespiti yapılarak
15 sonuçlarının kullanıcıya sunulması ile karakterize edilmesidir.
2. İstem 1’de bahsedilen yöntem olup özelliği, görüntülerin en az bir kamera içeren bir kamera dizisinden gelmesi; görüntülerin farklı spektral aralıklara bakan kameralardan gelmesi; bu durumda spektral izlerin birleştirilerek işlenmesi ile karakterize edilmesidir.
3. İstem 1’de bahsedilen yöntem olup özelliği, atmosfer etkisini gidermek için çıkarılan
20 bantların 760-780 nanometre dalga boyuna karşılık gelen bantlar olması ile karakterize edilmesidir.
4. İstem 1’de bahsedilen yöntem olup özelliği, hedef tespit algoritması olarak uyarlayıcı kosinüs tahmini veya tercihen genelleştirilmiş olabilirlik test oranı algoritması kullanılması için;

a. öncelikle hedef olan ve olmayan görüntülerin dağılım fonksiyonlarının ayrı ayrı yazılması; hedef olmayan görüntüye H_0 , hedef olan görüntüye ise H_1 fonksiyonunun atanması; aralarında \wedge ile ifade edilen bir katsayı tanımlanması;

5

b. bu tanımlanan \wedge katsayısının iki fonksiyonun birbirine bölümü ile elde edilmesi;

c. bu oran üzerinden hedef için bir

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

üzerinde $C_i = E[XX^H; H_i], i = \{0, 1\}$ olacak biçimde bir yoğunluk fonksiyonu

10

tanımlanması;

d. bu tanımlı yoğunluk fonksiyonunun önceden belirlenmiş bir değer ile eşiklenmesi; eşik üstü değerler için hedef tespiti yapılması ile karakterize edilmesidir.

TARİFNAME

ÇEŞİTLİ ARAÇ PLATFORMLARI İÇİN HİPERSPEKTRAL KAMERA KULLANARAK KAMUFLAJ TESPİTİ İÇİN BİR YÖNTEM

5 TEKNİK ALAN

Buluş konusu yöntem görüntülerin işlenmesi ve bir kütüphane oluşturularak bu kütüphane ile kıyaslama sonucunda desenin tespiti konusunda bir çözüm önermektedir. Buna göre değişken bir desen olan kamuflajın o an kullanılan varyasyonları olmasına rağmen bu varyasyonların hiperspektral kameralar ile tespiti ve tespit edilen kamuflajların yerini işaretleme sorunu ile ilgilidir.

BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

15 Buluş konusu yöntem bir görüntü işleme yöntemi olup, çeşitli araçlar üzerinde hareketli bir platforma takılı bulunan bir hiperspektral kameradan alınan görüntüler üzerinde görüntü işleme işlemleri ile atmosfer gazlarının etkin olduğu alanların çıkarılmasını, spektral normalizasyon işlemi yapılmasını ve ardından spektral kütüphaneden alınan veriler ile istatistiksel yöntemler kullanılarak skorlanmış bir sonuç haritası elde edilmesini ve bu sonuç haritası üzerinde bağlı piksel grubu analizi yapılarak ilgili alanın tespit edilerek görüntü 20 üzerinde işaretlenmesi yoluyla kamuflaj tespiti yapılmasından oluşmaktadır.

TEKNIĞİN BİLİLEN DURUMU

Tekniğin bilinen durumunda kamuflaj tespiti için birden fazla yöntem kullanılmaktadır.

Örneğin CN106952282 numaralı Çin patentinde polarizasyona bakarak malzeme farklarını

5 tespit ederek kamuflaj tespiti için bir yöntem önerilmektedir. Buna göre multispektral sensör görüntüleri üzerinde Müller matrixleri oluşturularak görüntü alanında malzeme geçişlerine bakma yoluna gitmektedir. Fakat bu yöntem ancak kamuflaj ve arka plan arasında küçük bir fark olması durumunda çalışır. Aradaki mesafenin kayda değer olması durumunda ise hem gelen elektromanyetik dalga şiddetinde hem de yer yer frekansında kaymalar olması muhtemel olduğundan, sağlıklı bir tespit yapmak mümkün olmaz. Kimi coğrafi ortamlar için kısmen kullanılabilir olsa da kullanılabileceği coğrafi alan kısıtlıdır. Dahası, işlemler bir araç üstü platformda yapılamayacak kadar karmaşık olduğundan, anlık bilgi vermesi olanaklı görülmemektedir. Bu yüzden de verdiği sonuçların değeri düşmekte, geçen zaman araçların saldırıya uğraması ihtimalini artırmaktadır.

15 EP1290624 numaralı Avrupa patentinde ise yansımalarla bakarak insan yüzünden yansıyan ışığı tespit etmek için belli dalga boyları arasında bulunan radyasyonun takibi öngörülmektedir. Bunun için insan kafa bölgesinden, saç veya bunların kaplayan malzemedeki geçen ışık düzeylerinin tespiti için bir yöntem önermektedir. Fakat günümüzde birçok kamuflaj öncelikle hedefin yüz ve kafa bölgesini kapatmak üzerine kuru olduğundan 20 böylesi bir yöntemle etkili sonuç almak mümkün olmaz. Dahası, kamuflaj sadece insanı kamufle etmek için kullanılmaz; uzaktan kumandalı patlayıcılar, tuzaklar, otomatik silahlar ve benzeri tahrip unsurları da kamuflaj arkasına gizlenebilir. Bu durumlar sıklıkla yaşanmakta ve birliklerimizi tahrip etmektedir. Dolayısıyla anılan dokümanda bahsedilen yöntem ihtiyaçların ciddi bir bölümünü karşılamadığından benzer olarak değerlendirilmemiştir.

US4223345 numaralı ABD patentinde ise radyo sinyallerinin izlenmesi ile bir iz tespiti ve bu tespite dayalı bir kamufraj tespitinden söz edilmektedir. Elbette dalga boyu uyumsuzluğu sebebiyle bu sinyallerden bir tespit yapmanın olanaksız olduğu açıktır. Her ne kadar bahsedilen yöntemin etkili olduğu iddia edilse de, radyo frekanslarını Fourier dönüşümleri ile analiz ederek bahsedilen sonuca ulaşmak olanaklı değildir. Dolayısıyla buluş konusu yöntem ile aralarında bir benzerlik değerlendirilmemiştir.

BULUŞUN AYRINTILI AÇIKLAMASI

10 Buluş konusu yöntem muhtelif araç platformları için bir görüntü işleme yöntemidir. Buna göre bir hiperspektral kameradan alınan görüntü veya görüntü dizisi üzerinde çalışmak üzere hazırlanmış bir yöntemdir. Burada hiperspektral kamera olarak adlandırılan kamera tek bir kamera değil, birden fazla kamera ile çoklu spektruma bakan bir düzenek de olabilir. Bu durumda bahsedilen görüntü veya izlerin birleştirilerek görüntü alınan spektrumu kapsayan bir görüntü haline getirilmesi tarifname boyunca bahsedilen görüntüyü oluşturur. Bunun yanında sensör tipleri, görüntü alma biçimleri, görüntü sıkıştırma formatları ve benzeri aparat ve yöntemler farklılık gösterebileceği için öncelikle gelen görüntü üzerinde radyometrik düzenlemeler yapılır. Bu radyometrik düzenlemeler teknikte bilinen yollarla uzman bir kişi tarafından çeşitli biçimlerde yapabileceği için tarifname boyunca detayları verilmemiştir. Buluş konusu yöntem açısından radyometrik düzenlemenin nasıl yapıldığının bir önemi yoktur. Dahası radyometrik düzenlemeler görüntü alınan coğrafi bölgelere göre değişiklik gösterebileceği için kullanım alanına özel düzeltmeler yapılabilir. Diğer taraftan meta veri de alınır ve düzeltilmiş görüntü ile eşlenik olarak tutulur.

20 Buluş konusu yöntem bunun ardından hiperspektral verinin ve meta verinin alınması işlemini yürütür. Buna göre bir yandan radyometrik düzenlemeler yapılmış bulunan ve meta veri ile

eşlenik olarak tutulan hiperspektral görüntüyü alır ve okur. Hiperspektral görüntü esas olarak bir alandan gelen çeşitli dalga boylarındaki elektromanyetik ışımının spektrum boyunca değişim grafiği içerdiğinden, hiperspektral kamera tarafından alınan verinin düzeltilmiş halde tam ve eksiksiz olarak alınması kritik bir işlemdir. Bu aynı zamanda eşlenik olarak tutulan meta verinin alınmasını da içeren bir işlemdir. Bunun dışında kamera veya 5 bağlı araçlardan gelen başka veri olması durumunda (ör. konum, vb.) bu veri de sunucu üzerinde tutulur ve görüntü ile ilişkilendirilir.

Bunun ardından, atmosferik gazların etkili olduğu bantların alınması işlemi yürütülür. Hiperspektral görüntülerde atmosferik etkilerden dolayı spektral boyutta farklı seviyelerde 10 gürültüler meydana gelmektedir. Bu gürültüler yansıtıcı spektral bant bölgelerinde atmosferde yaygın olarak bulunan gazların varlığından kaynaklanır ve kamuflaj tespiti için herhangi bir bilgi taşımaz. Bu gürültülerin varlığı görüntü üzerinde sırasıyla gerçekleşecek işlemlerde performans düşüklüğüne sebep olduğundan, hiperspektral görüntüdeki atmosferik bantları almak veri kalitesinin artırılması için önem arz etmektedir. Atmosfer 15 koşullarına (örneğin toz, ortamda farklı bir gaz bulunması vb.) göre zaman zaman değişiklik gösterebilse de, yapılan çalışmalar 760-780 nm dalga boyuna aralığında bulunan verilerin temizlenmesinin faydalı olduğunu göstermiştir.

Temizlenen veriler üzerinde spektral normalizasyon işlemi yürütülür. Buna göre veriye ait piksel imzaları ile referans kütüphane imzaları arasındaki genlik farkının giderilmesi amacıyla 20 vektörel normalizasyon işlemi uygulanır. Bu spektral normalizasyon işleminde amaç, dalga boylarına göre elde edilen yansıma spektrumlarında ötelenme ve düzgün yapılmayan ışıklılıktan kaynaklı hataların düzeltilmesidir. Bunun için az ışıklı pikseller ile çok ışıklı piksel arasındaki genlik farkının giderilmesi için vektörel normalizasyon işlemi yapılır. Vektörel normalizasyon işlemi için bir pikselde bulunan genlik, kendisinden bir önceki normun genlik

değerine bölünerek bulunabilir. Bu sayede tüm genlik değerleri 0-1 arasında dağılacaktır. Bu işlem için kullanılan yöntem denklem 1 ile gösterilmiştir.

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

Görüntü bir pikselden değil bir piksel dizisinden oluştuğu için, aynı işlemi tüm piksel dizisi üzerinde yapılması gerekir. Dolayısıyla spektral normalizasyon sonrası N bantlı bir imzanın L-1 normunun hesaplanması için denklem 2 kullanılır.

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

Bu denklemlerde kullanılan sembollerin karşılıkları şöyledir;

\tilde{y} :

10 y:

$\|y\|_1$:

$|y|_1$:

$|y_r|$:

r:

15 Bu denklemlerde ayrıca L-1 norm kullanılarak spektral normalizasyon yapılması tercih edilmiştir. Fakat bunun yerine L-2 norm kullanılarak aynı biçimde spektral normalizasyon işlemi yapılması da mümkün olup böyle bir işlem teknikte uzman bir kişi tarafından rahatlıkla gerçekleştirilebilir.

Spektral normalizasyon işleminin ardından spektral kütüphane oluşturulması işlemine geçilir.

20 Bu aşamada tespiti yapılacak kamuflej hedeflerinin spektral imzaları spektrometre veya kamera görüntüleri üzerinden toplanarak spektral kütüphane imzaları elde edilir. Bu imzalar hedef tespit algoritmalarına girdi olarak verilir. Burada önemli olan husus şudur; hedef tespit algoritmaları bahsedilen imzalara en yakın olan imzaları görüntü üzerinde tespit eder.

Uyarlanabilir veya sabit eşikleme yoluyla hedef olup olmadığına karar verir ve hedef olması durumunda imzaları bir kütüphane oluşturacak biçimde saklar. Buluş konusu yöntemin kullanımı boyunca tespit edilen örnek imzalar bir kütüphanede toplanır ve bu kütüphanede düzenli olarak tutulur ve biriktirilir. Bu kütüphane, buluş konusu yöntemin birden fazla noktada uygulanması durumunda uygulama noktaları arasında paylaşılarak birliklerin yaptıkları tespitler arasında bir eşgüdüm sağlanmış olur; her defasında sıfırdan kütüphane oluşturmaya gerek kalmaz. Böylelikle değişen kamufllara dair farkındalık da buluş konusu yöntem içerisine geliştirilmiş olur.

Spektral normalizasyon işleminden elde edilen imza ile oluşturulan kütüphane imzaları bir arada kullanılarak hedef tespiti yapılır. Bu hedef tespiti farklı işlevler için tasarlanmış bulunan matematiksel yöntemler kullanılarak yapılır. Bu yöntemlerden en belirginini Uyarlayıcı Kosinüs Tahmini (Adaptive Cosine Estimator, ACE) olarak kullanılabilir. Bunun yanında hedef tespit algoritması olarak Genelleştirilmiş Olabilirlik Test Oranı (GLRT) gibi istatistiksel tespit yöntemleri kullanılabilir. Geliştirilen algortmada GLRT yöntemi hedef tespitinde kullanılmıştır. Genelleştirilmiş Olabilirlik Oran Testi (GLRT) algoritmaları yaygın olarak kullanılan istatistiksel tespit algoritmalarındandır. Bu yöntemlerin detayları Manolakis ve ekibi [1] tarafından yapılan çalışmada detayları ile anlatılmıştır. Bu yöntemin kullanımında önemli husus şudur; Sadece gürültü H_0 hedefin ana hüzmeye olduğu yan hüzmeye karıştırıcının olmadığı durum H_0 , karıştırıcının yan hüzmeye olduğu hedefin ana hüzmeye olmadığı durum H_1 .

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

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

25

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

5 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):

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

10 şeklinde oluşmakta olup C_i matrisi aşağıdaki (8) formülü ile hesaplanmaktadır:

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

Burada elde edilen GTLR sonucu önceden belirlenmiş bir değer ile kıyaslanması suretiyle eşiklenerek kamufraj tespiti yapılmaktadır.

15 Bu aşamada durum kısaca şudur; tek tek her bir piksel için bir takım istatistiksel yöntemler uygulanarak bir matris ve bu matris üzerinden hesaplanan bir takım değerler ile tek bir piksel için bir hesap yapılmış durumdadır. Fakat etkin bir kamufraj tespiti için tek bir piksel üzerinde yapılacak hesabın yeterli olmayacağı açıktır. Bu sebeple elde edilen skorlanmış tespit sonuç haritasına bağlı piksel grubu analizi ve morfolojik işlemler uygulanmaktadır. Bağlı piksel

20 grubu analizi eşiklenmiş istatistiksel tabanlı hedef tespit algoritmasının sonuçlarındaki tek ve çok küçük piksel gruplarını elemeye kullanılmaktadır. Bu aşamadan sonra anlamlı ve büyük piksel grupları kalmaktadır. Daha sonra elde edilen sonuçta bulunan birbirine uzamsal olarak yakın olan piksel grupları genişleme hareketleriyle birleştirilmektedir. Bu sayede gerçek hedef bütünlüğü ve sınırları elde edilmektedir.

25 Böylelikle hedef görüntüde kamufraj olup olmadığı etkin bir biçimde tespit edilmiş olur. İstatistiksel yöntemler ile lokal olarak ortaya çıkabilecek hatalar da giderilerek, görüntü

üzerinden isabetli bir biçimde tespit yapılması tamamlanır. Yapılan bu tespit kullanıcıya doğrudan sunulabilir veya teknikte bilinen yollarla başka bir cihaza nakledilebilir.

Buluş konusu yöntemin en önemli özelliği şüphesiz etkin ve yüksek doğrulukla kamuflaj tespiti yaparak hedefleri tespit etmesidir. Bunun yanında buluş konusu yöntem bu tespitin 5 sahada taşınabilen cihazlarla anlık olarak yapılmasını mümkün kılar ve kamuflajın operasyon esnasında anında tespitine olanak tanır. Böylelikle küçük bir cihaz ile sahada bulunan ekiplere anlık istihbarat sağlar ve sahada doğrudan bilgi verir. Buluş konusu yöntemi benzerlerinden ayıran önemli hususlardan biri budur.

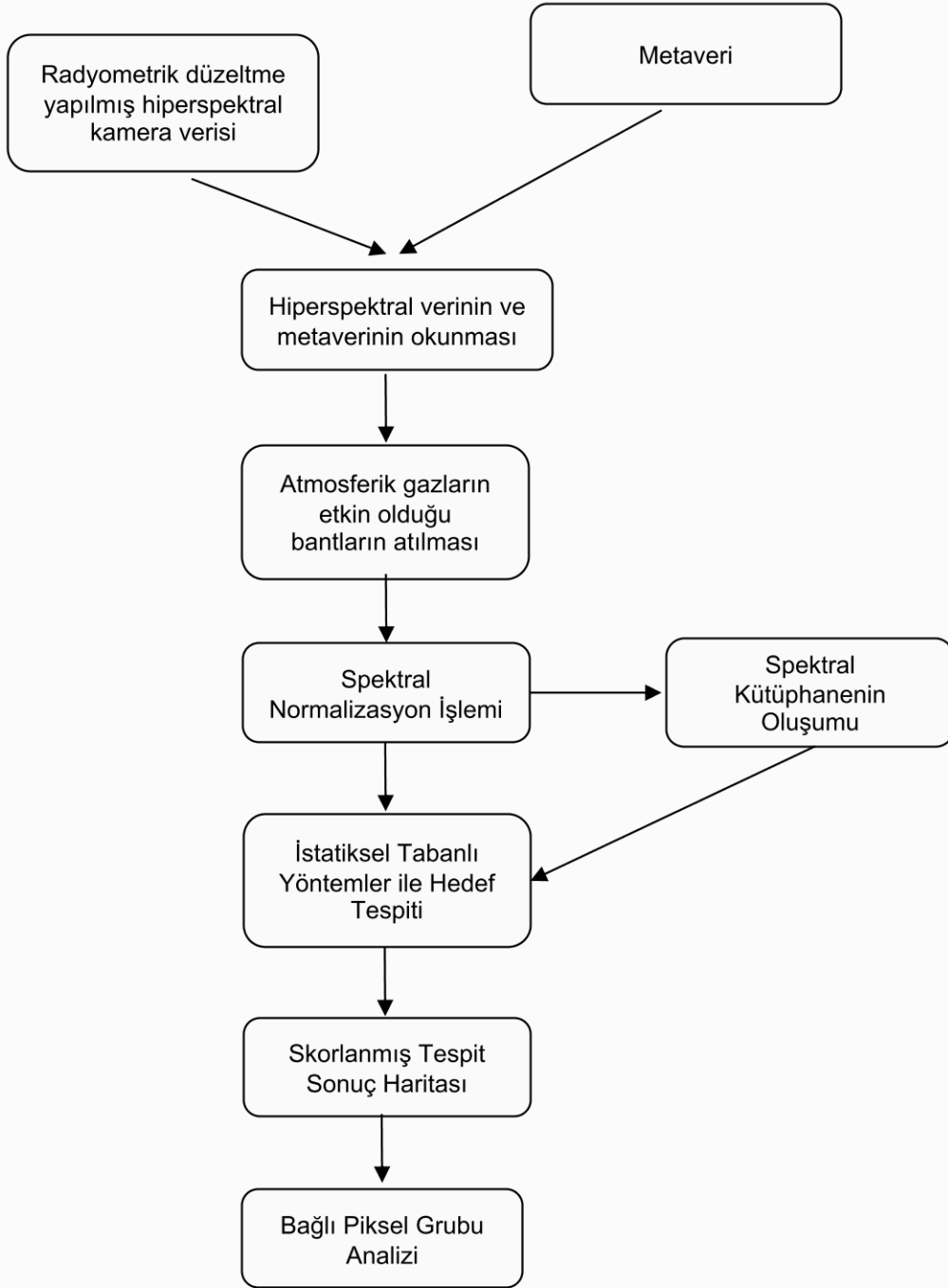
Buluş konusu yöntem bir görüntü kümesi üzerinde çalışmaktadır; bu görüntü kümesi hava 10 araçlarından alınan görüntüler olabileceği gibi, kara araç platformları üzerine yerleştirilen kameralardan alınan görüntüler veya elde taşınan kameradan alınan görüntüler de olabilir. İHA, uydu, sabit kamera ve benzeri platformlar üzerine yerleşik kameralardan alınan görüntüler üzerinde de etkin bir biçimde çalışır ve sonuç verir. Ayrıca özelliği bakımından küçük hava araçları ile (drone vb.) saha taraması için de kullanılabilir.

15 Tarifname ekinde verilen çizim buluş konusu yöntemin çalışma biçimini anlatan şematik bir gösterimdir. Buna göre öncelikle kamera verisi alınır ve metaveri ile eşlenik olarak okunur. Bunun ardından atmosferik gazların etkili olduğu bantlar atılır ve spektral normalizasyon işlemi yapılır. Normalize edilen veri üzerinde hedef tespit algoritması döndürülür ve buradan spektral kütüphane oluşturulur. Bunun ardından skorlanmış sonuç haritası oluşturulur ve 20 bağlı piksel grubu analiz edilerek kullanıcıya sunulur.

Tarifname ekinde verilen çizim, buluş konusu yöntemin çalışma biçiminin şematik bir gösterimidir. Buna göre çizim, işlem adımlarının sırası ile gösterilmesi yoluyla anlatım kolaylığı sağlamayı hedefler.

Patent Dışı Kaynaklar;

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



Çizim 1