

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ'NDE UZAKTAN ALGILAMA ÇALIŞMALARI

Yrd. Doç. Dr. Seniha Esen Yüksel, Sefa Küçük, Erdiç Güneş, Mustafa Boyacı, Kemal Gürkan Toker
Hacettepe Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Gelişen görüntüleme teknolojileri ile artık toprağın altını veya duvarların arkasını görebilmek mümkün. Hatta metrelerce uzaktan çekim yaparak, görüntülenen cisimlerin sadece neye benzediği değil, hangi materyalden (plastik, alüminyum, toprak bileşenleri, metal vb.) yapıldıkları bile büyük oranda tespit edilebiliyor. Bir nesne ile fiziksel temas halinde bulunmadan, o nesne hakkında bilgi çıkarma ile ilgili çalışmaların hepsi “uzaktan algılama” başlığı altında değerlendiriliyor. Bir nesneden uzaktan algılama ile toplanan verileri inceleme, bu verilerde belirli kalıplar ve motifler - ki bunlara örüntü deniyor - yakalama, bu nesnelerin ortak özelliklerini keşfetme ise örüntü tanımanın konusu.

Hacettepe Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği bünyesindeki Örüntü Tanıma ve Uzaktan Algılama Laboratuvarı'nda (Pattern Recognition and Remote Sensing Lab-PARRSLab), yere nüfuz eden radar, metal dedektörü, termal, hiperspektral ve LiDAR sensörleri ile hedef tespiti gibi çalışmaların yanı sıra uydu fotoğraflarının işlenmesi, medikal görüntüleme ile hastalık tespiti gibi konularda çalışılmaktadır. Bu yazıda da, faydalandığımız çeşitli sensörlerden ve bu sensörlerin kullanım alanlarından bahsettik kısaca.

Uzaktan algılama, ulaşılması zor alanların görüntülenmesine ve nesnelerin gözle görülemeyen özelliklerinin tespit edilmesine imkan sağlamaktadır. Yeryüzü deformasyonunun izlenmesinde, orman türlerinin belirlenmesinde ve haritalanmasında, tarım ürünleri gelişiminin izlenmesinde,

bitki türlerinin sınıflandırılmasında, toprak ve kayaç türlerinin ayırt edilmesinde, deniz kirliliğinin incelenmesinde, hedef tespitinde, arama/kurtarma faaliyetlerinde ve bunlara benzer birçok uygulamada uzaktan algılama etkili bir biçimde kullanılmaktadır.

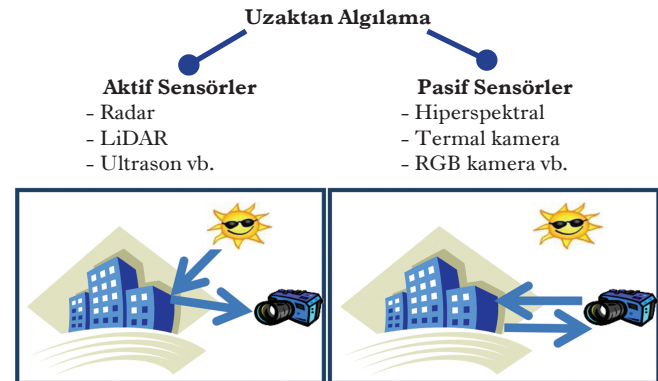
Uzaktan algılama, Şekil 1'deki gibi sensörlerin kullandığı enerjiye göre pasif ve aktif olmak üzere ikiye ayrılarak sınıflandırılabilir. Pasif algılamada sensörler güneş ışığının etkisiyle nesneden yansıyan enerjiyi kullanmaktadır. Aktif algılamada ise öncelikle nesneye bir enerji gönderilir, daha sonra bu enerjinin geri dönüşü ölçülür. PARRSLab'da da kullandığımız pasif sensörlere örnek olarak hiperspektral, termal ve RGB kameralar; aktif sensörlere örnek olarak da radar, LiDAR ve ultrason verilebilir.

1- Pasif Uzaktan Algılama

Yeterince güneş ışığı altında, nesnelerden yansıyan ışığın kamera lensine ulaşması ve bu ışık şiddetinin kaydedilmesi, pasif uzaktan algılama örneğidir. Nesnelerin farklı dalga boylarındaki tepkilerini toplayan hiperspektral sensörler ile LANDSAT, Geoeye, IKONOS gibi uydular pasif algılama yapmaktadır.

Hiperspektral görüntüleme: Son zamanda popülerliği hızla artan hiperspektral görüntüleme sistemleri, yüzlerce dalga boyu aralığından ölçüm almaktadır. Alınan ölçümlerden, her bir materyalin belirli dalga boylarında ışığı farklı şekilde yansıtmasına bağlı olarak, o materyallere ait parmak izleri çıkartılır. Bu parmak izleri kullanılarak, görüntü içerisindeki her bir pikselin hangi materyalden yapıldığı kestirilebilmektedir. Böylece sadece bir nesnenin şekli

Yeryüzü deformasyonunun izlenmesinde, orman türlerinin belirlenmesinde ve haritalanmasında, tarım ürünleri gelişiminin izlenmesinde, bitki türlerinin sınıflandırılmasında, toprak ve kayaç türlerinin ayırt edilmesinde, deniz kirliliğinin incelenmesinde, hedef tespitinde, arama/kurtarma faaliyetlerinde ve bunlara benzer birçok uygulamada uzaktan algılama etkili bir biçimde kullanılmaktadır.



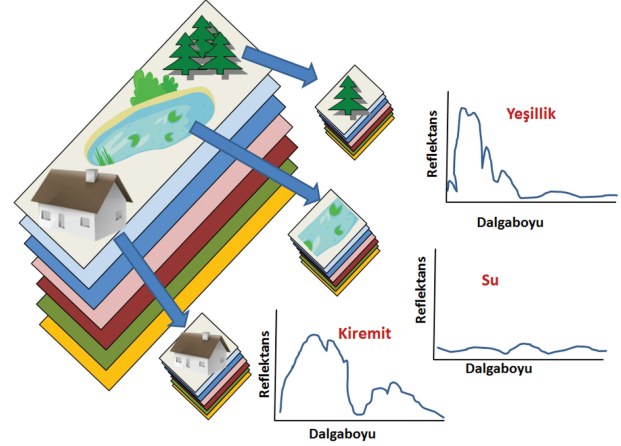
Şekil 1: Uzaktan algılamada pasif sensörler nesneden güneş ışığı dolayısıyla yansıyan enerjiyi kullanmaktadır. Aktif sensörler ise nesneye öncelikle bir enerji göndermekte, daha sonra bu enerjinin geri dönüşünü ölçmektedir.

hakkında bilgi verebilen ve bunu yapmak için de grup halinde duran birçok piksele ihtiyaç duyan RGB görüntülerin aksine, hiperspektral görüntüler, görüntülenen cisimlerin altın, demir, aliminyum, asfalt vb. gibi, hangi malzemeden yapıldığı hakkında bilgi vermekte ve bu işlemi tek bir piksel üzerinden gerçekleştirebilmektedir. Dolayısıyla hiperspektral görüntüleme nesnelerin tespit ve teşhisinde çok büyük fayda sağlamaktadır.

Şekil 2’de çok bantlı bir hiperspektral görüntü ve bu görüntünün içindeki saf maddelerin hiperspektral imzaları görülmektedir. Uçaktan veya uzaydan alınan görüntülerde, şekilde görülen ağaç, göl ve, ev tek bir pikselin içine düşmüş olabilir. Bu gibi durumlarda hiperspektral görüntü işleme araştırmaları her pikselin yüzde kaçının hangi materyalden yapıldığını söylemek ve görüntülenen alandan bir materyal haritası çıkartmak üzerine yoğunlaşmaktadır.

Hiperspektral görüntü algılayıcıları genel olarak dört dalga boyu aralığında görüntü toplamak için tasarlanmıştır. Bunlar:

- **Görünür ve Yakın Kızılötesi Bant (Visible & Near Infrared-VNIR):** 400-1000 nm aralığını kapsayan bant aralığında VNIR görüntüler çevre, gıda, şehir planlama, tarım gibi alanlarda,
- **Kısa Dalga Kızılötesi Bant (Short-Wave Infrared-SWIR):** 1000-2500 nm bant aralığını kapsayan SWIR görüntüler geri dönüşüm, arkeoloji, ilaç sanayi, nemlilik kontrolü, maden ve yeryüzü kaynaklarının aranması, tarım ve zirai alanlarda,
- **Orta Dalga Kızılötesi Bant (Mid-Wave Infrared-MWIR):** 3000-5000 nm bant aralığını kapsayan MWIR görüntüler jeolojide petrol, gaz, jeotermal araştırmaları, savunma sanayisinde hedef tespiti gibi alanlarda,
- **Uzun Dalga Kızılötesi Bant (Long-Wave Infrared-LWIR):** 8000-12000 nm bant aralığını kapsayan LWIR görüntüler deniz yüzeyi sıcaklık dağılımı, kamuflaj ve gaz tespiti, gömülü hedef tespiti, volkanik araştırma çalışmaları, mineral haritalama gibi birçok uygulama alanında kullanılmaktadır.



Şekil 2: Hiperspektral görüntüleme. Çok sayıda dalga boyundan reflektans ölçümü yapılarak her bir saf maddeye ait spektral imzalar elde edilir. Daha sonra bu spektral imzalar, görüntülenen alandan materyal haritası çıkartmak için kullanılır.

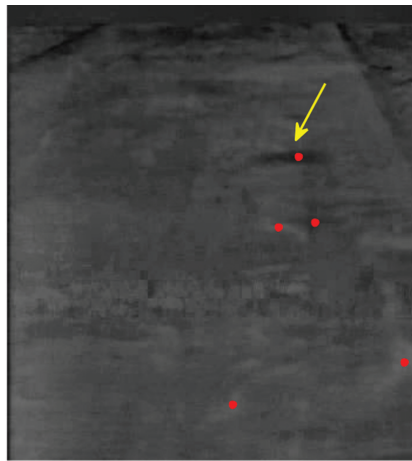
2- Aktif Uzaktan Algılama

Aktif algılama sistemlerinde, hedefe elektromanyetik dalga sinyali gibi bir sinyal gönderilir ve hedeften saçılan enerji algılanır. Radar ve LiDAR sensörleri aktif algılama sistemlerine örnektir. Şekil 3’te PARRSLab’da ilgilendiğimiz bir hedef tespit çalışması gösterilmektedir. Şekil 3(a)’da yere nüfuz eden radarın ve ona entegre olarak çalışan kızılötesi (termal) kameranın yukarıdan bir görüntüsü verilmiştir. Bu sistem yere gömülü cisimlerin üzerinden geçirilmiştir. Şekil 3(b)’de kızılötesi kameranın hedef üzerinden geçerken verdiği görüntü, Şekil 3(c)’de ise radarın verdiği görüntü görülmektedir.

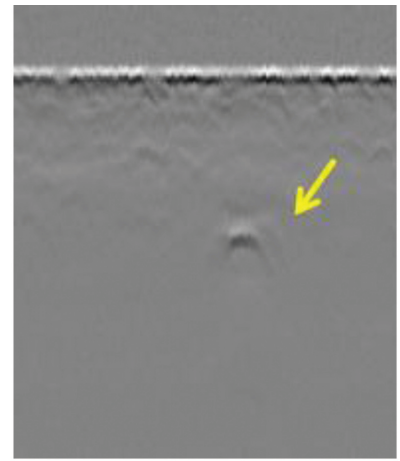
Yaptığımız çalışmalar tek bir sensörün çoğu zaman yetersiz kaldığını, farklı sensörlerden alınan bilgilerin bütünleyici olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Örnek olarak, Şekil 3’teki radar, gömülü cismin ve toprağın dielektrik farklılıklarını, termal kamera ise toprağın ve cismin sıcaklık farklılıklarını göstermektedir. Bu bilgiler birbirle-



(a) Radar



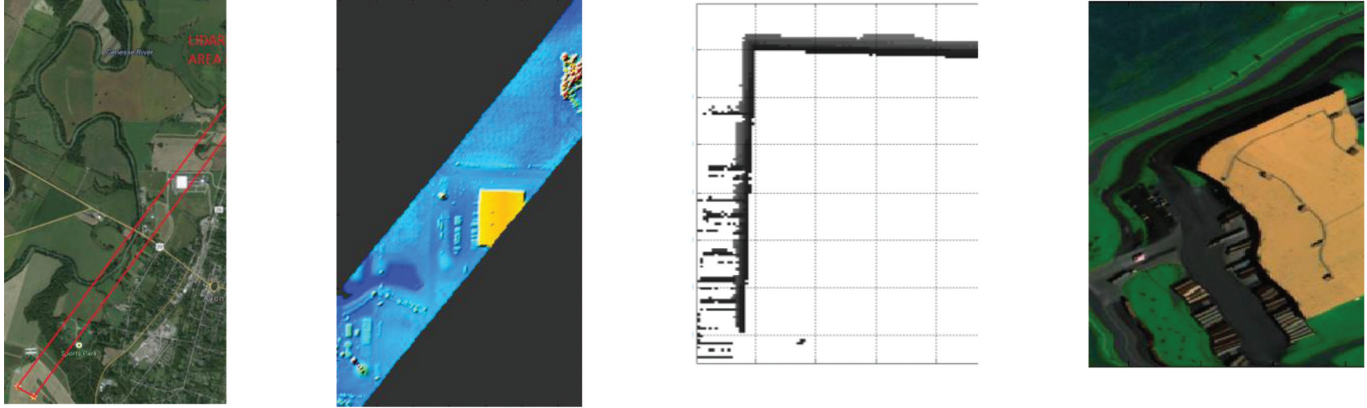
(b) Kızılötesi kamera görüntüsü



(c) Yere nüfuzlu radar görüntüsü

Şekil 3: Yere nüfuz eden radar ve kızılötesi kameranın birlikte çalıştığı bir sistem, yere gömülü hedefleri taramaktadır.

(a) Sistemin yukarıdan görüntüsü. (b) Gömülü cismin kızılötesi kamera ile görüntüsü. Hedef sarı ok ile, hedefin bulunabileceği potansiyel noktalar ise kırmızı noktalarla gösterilmiştir. (c) Yere nüfuzlu radarın hedefin üzerinden verdiği görüntü. Hedef sarı ok ile gösterilmiştir.



(a) Uçuş planı

(b) LiDAR yükseklik haritası

(c) LiDAR'dan gölge bulunması

(d) Aynı alanın hiperspektral görüntüsü

Şekil 4: LiDAR ve hiperspektral görüntülerin birlikte işlenmesi. (a) Üzerinden uçulan alanın Google Maps görüntüsü. Kırmızı ile gösterilen alan LiDAR uçuş planını göstermektedir. Uçuş planının ortasında beyaz bir bina göze çarpmaktadır. (b) Bu alandan çıkarılan LiDAR yükseklik haritası. Bir önceki resimdeki beyaz bina, burada sarı ile gösterilmiştir. (c) Binanın çevresindeki gölge haritası. (d) Aynı binaya denk gelen hiperspektral verinin üç banttan oluşturulmuş görüntüsü.

rini tamamlayıcı olup, hedefin tespit ve teşhisine ve yanlış alarmların ayıklanmasına olanak sağlamaktadır.

Farklı sensörlerden bilgi toplayarak başarılı sonuçlar elde ettiğimiz bir başka örnek de LiDAR ve hiperspektral verilerdir. Asfalt yol ve asfalt çatı gibi aynı malzemeden yapılmış farklı nesnelerin, malzemelerin doğası gereği hiperspektral tepkileri birbirine çok yakındır. Bu durumda bu farklı nesneleri ayırt edebilmek için LiDAR'dan alınan yükseklik farklılıkları kullanılmaktadır. Hiperspektral verileri kullanırken karşılaşılan diğer sorun ise gölgelerdir. Güneş ışığının direkt olarak ulaşamadığı gölgelik alanlardan alınan hiperspektral ölçümler gürültü seviyesinde kalmaktadır. Hiperspektral verileri kullanırken yaşanan bu sorun, yükseklik ve koordinat bilgisini içeren LiDAR verilerinin hiperspektral verilerine yardımcı olarak kullanılması ve LiDAR verilerinden gölgelik alanların tespiti ile aşılabılır. Buna örnek olarak, uçuş planı Şekil 4(a)'da kırmızı ile gösterilen alandan LiDAR ve hiperspektral sensörler ile veri toplanmıştır. Aktif uzaktan algılama sistemi olan LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging), ürettiği lazer ışınlarını nesnelerden yansıdıktan sonra hassas sensörler yardımıyla toplar. Lazer ışının üretilme/gönderilme ve alma süreleri arasındaki fark ile ışık hızı kullanılarak, ışının yansıyıp geldiği nesnenin yükseklik verisi hesaplanır ve kaydedilir. Şekil 4(b)'de uçuş planının bir kısmından üretilen yükseklik haritası gösterilmektedir. Ortadaki sarı binadan gölgenin nereye düştüğü bulunmuş (Şekil 4(c)) ve bu verilerin aynı alandan toplanan hiperspektral verilerle uyumuna bakılmıştır (Şekil 4(d)).

Uzaktan algılama, her geçen gün ucuzlayan ve gelişen sensörlerin de sayesinde, günümüzün en popüler alanlarından biri olmaktadır. Hem sivil alanlarda, hem de savunma alanında birçok çalışma bu sensörlerden faydalanmaktadır. Hacettepe Üniversitesi'nde de birçok sensörden gelen veriler işlenmekte, çeşitli sensörler birleştirilmekte ve birbirini bütünleyici olarak kullanılmaktadır. Bilim kurgu filmlerindeki kadar ilginç olabilecek birçok proje, lisans, yüksek lisans, doktora öğrencilerimize tez konusu olarak verilmektedir. Sizler de bu projelerin bir parçası olmak isterseniz, işbir-

likleri için bizimle iletişime geçebilirsiniz. İletişim için Yrd. Doç. Dr. Seniha Esen Yüksel'e eyuksel@ee.hacettepe.edu.tr adresinden bir e-posta atmanız yeterli.

Referanslar

- M. Boyacı, S.E. Yüksel, "Locating the shadow regions in LiDAR data: results on the SHARE 2012 dataset", SPIE Defense and Security: Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XXI, 2015.
- E. Güneş, S.E. Yüksel, "Effect of endmember clustering on proportion estimation: results on the Share 2012 dataset", SPIE Defense and Security: Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XXI, 2015.
- S.E.Yüksel, G.B. Akar, S. Yardımcı, "Fusion of forward-looking infrared camera and down-looking ground penetrating radar for buried target detection", SPIE Defense and Security: Detection and Sensing of Mines, Explosive Objects, and Obscured Targets XX, 2015.
- S.E.Yüksel, T. Dubroca, R.E. Hummel, P.D. Gader, "Differential Reflection Spectroscopy: A Novel Method for Explosive Detection," Acta Physica Polonica A, 2013
- S.E.Yüksel, J. Bolton, P. Gader, "Landmine Detection With Multiple Instance Hidden Markov Models," IEEE International Workshop on Machine Learning For Signal Processing (MLSP), 2012.
- C.I. Chang. Hyperspectral Imaging: Techniques for Spectral Detection and Classification. Number 1. c. in Hyperspectral Imaging: Techniques for Spectral Detection and Classification. Springer US, 2003.
- H. Grahn and P. Geladi. Techniques and Applications of Hyperspectral Image Analysis. Wiley, 2007.
- Bioucas-Dias, A. Plaza, M. P. Nicolas Dobigeon, Q. Du, P. Gader, and J. Chanussot, "Hyperspectral unmixing overview: Geometrical, statistical, and sparse regression-based approaches", IEEE Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations and Remote Sensing , no. 2, pp. 354-379, 2012.
- Kerekes, John P., et al. "SHARE 2012: subpixel detection and unmixing experiments." SPIE Defense, Security, and Sensing. International Society for Optics and Photonics, 2013. ■