

Yüzeysel toprak neminin belirlenmesinde SAR görüntülerinin katkısı

Yusuf KURUCU^{1*}, Füsun ŞANLI², M.Tolga ESETLİLİ¹, Mustafa BOLCA¹, Çiğdem GÖKSEL

¹ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

² YTÜ İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 34349, Beşiktaş, İstanbul

³ İTÜ İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Dünyamızı tehdit eden küresel ısınmanın ülkemizdeki en önemli etkisi iklimsel değişiklikler şeklinde kendisini göstermektedir. Bu bağlamda, ülkemizde kuraklık topraklar için önemli bir tehdit unsuru haline gelmiştir. Buna karşı geliştirilecek stratejiler içerisinde kuraklığın izlenmesi öncelikli aşamayı oluşturmaktadır. Geniş alanların gözlemlerinde önemli avantaj sağlayan uzaktan algılama tekniği, kuraklığın izlenmesinde önemli yetersizlikler ile karşı karşıyadır. Toprak nem düzeyinin sadece optik görüntüler ile izlenebilmesi özellikle doğal bitki örtüsü ve tarımsal ürün deseni nedeni ile engellenmektedir. Son yıllarda meteoroloji uyduları ile yapılan nem izlemleri de, ancak küçük ölçekli bilgiler üretilebilmektedir. Büyük ölçekli çalışmalarda ise özellikleri nedeniyle mikrodalga boyu enerjinin kullanılabilirliği önem kazanmaktadır. Bu araştırma ile değişik nem düzeylerini aynı anda gözlemleyebileceğimiz bir çalışma alanı seçilerek, SAR görüntülerinin nem gözlemlerine yapılabileceği katkılar araştırılmıştır. İzmir ili-Menemen ilçesi ova arazilerine ait, Mayıs-2006 tarihli RADARSAT-1 uydu görüntüsü ile aynı tarihli SPOT-2 uydu görüntüsünün bantları görüntü birleştirme tekniği ile bütünleştirilmiş ve her bir bantta yansıma değerlerinin değişimi incelenmiştir. Sonuçta PCI Geomatica yazılımının "Fuse" algoritması uygulanmış bantlarda, bitki örtüsüne rağmen toprağın nem içeriği gözlemlenebildiği belirlenmiştir. Bu bağlamda, gravimetrik yöntemle belirlenmiş toprağın değişebilir nem düzeyleri ile yansıma değerleri korale edilmiş ve sonuçta önemli düzeyde ilişki belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak nemi, SAR, Görüntü Birleştirme (Bütünleştirme), RADARSAT, SPOT.

Contribution of SAR Images to define soil surface moisture

Abstract

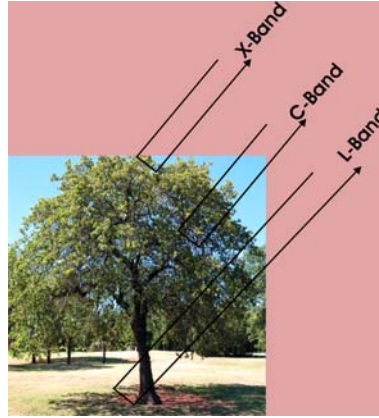
The major impact of the global warming on our country appears to be climate changes. In this respect, drought has become a serious threat for the country. Therefore, monitoring draughts takes the first place among the other strategies. The remote sensing technique has weaknesses in monitoring of draught. Monitoring moisture levels using merely optical images is inadequate due sometimes to the existence of natural plant cover and agricultural crop texture. In recent years, monitoring moisture level by meteorological satellites provides information only in smaller scales. Large-scale studies necessitate the use of active systems. In this study, choosing a study area that enables studying different levels of soil moisture simultaneously, the contribution of SAR images into moisture level observations is investigated. In this respect, a RADARSAT-1 image of May 2006 that belongs to the low lands of Menemen Town, Izmir was fused with a SPOT-2 satellite image of the same date, and the variation of gray values in each band was studied. Eventually, the moisture level of the soil could be observed despite the plant cover using "Fuse"; algorithm of the software PCI. Thus, the variable soil moisture levels that were determined using the gravimetric method were found highly correlated with the gray values obtained as a result of image fusion.

Keywords: Soil moisture, SAR, Image Fusion, RADARSAT-1 SPOT.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Yusuf KURUCU. yusuf.kurucu@ege.edu.tr; Tel: (232) 388 40 00/1510

Giriş

Değişen dünya iklimine koşut olarak ülkemizin iklim değerlerinde de kuraklık yönünde değişimler yaşanmaktadır. Doğal bir iklim olayı olarak karşımıza çıkan su kıtlığı yani kuraklığın tarım üzerine etkisi oldukça önemlidir. Ancak kuraklık kısa süre içerisinde ortaya çıkmamaktadır. İlk süreçlerinde yağış azalır ve bunun tersine buharlaşma artar. Kuraklık yağışlı bölgelerde de hissedilebilir ancak yarı-kurak veya kurak iklim kuşağındaki bölgelerde daha çok hissedilmektedir. Bu nedenle, büyük bir bölümü “arid” yani kurak iklim kuşağında olan ülkemiz dünyanın kuraklığa hassas bir bölgesinde yer almaktadır. İklim koşullarındaki dengesizlikler ile başlayan kuraklık, bir süre sonra yerini yıllık nem miktarındaki azalmalara ve en önemli doğal kaynaklarımızdan olan topraklarımızın nem içeriğinin düşmesine neden olur. Toprak verimliliği ile doğrudan ilişkili olan toprak nem değişikliklerinin bölgesel olarak izlenmesi, genel ürün deseni ve su kullanımının dinamik bir şekilde planlanması için önemli bir gereksinimdir. Günümüzde dünyamızı gözlemlediğimiz birbirinden farklı çok sayıda uydu bulunmaktadır. Bu uydulardan farklı zamanlarda, farklı çözünürlüklerde ve farklı frekanslarda verilerin elde edilebilmesi ve bu sayısal verilerin birleştirilmesi uzaktan algılama yöntemi ile veri üretimi becerisini artırmıştır. Optik uydular yardımı ile arazi örtüsünün ve bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi mümkündür. Ancak burada spektral ve mekansal çözünürlüklerden kaynaklanan sınırlamalar nedeni ile bazı güçlükler yaşanmaktadır. Radar görüntülerinin biyofiziksel ve jeofiziksel parametrelerinin toprak ve arazi örtüsünün belirlenmesindeki güçlükleri azalttığı bilinmektedir. Radar algılayıcı sistemleri, mikrodalga enerjini hedefe yollamakta ve bu yolladığı sinyalin geri saçılan miktarını kaydetmektedir. Bu aktif uzaktan algılama sistemlerinde kullanılan enerjinin dalga boyları, objelerin bu aralıklarda gösterdiği tepkilere göre değişmektedir. Örneğin, 2.4-3.75 cm dalga boyu aralığındaki X bant objelerin yüzeyinden yansımakta ve çoğunlukla askeri amaçlı kullanılmaktadır. 3.75-7.5 cm genişliğinde ki dalga boylarına sahip olan C bant ise objelerin yüzeye yakın bölgelerine ulaşabilmektedir. 15-30 cm dalga boyu aralığına sahip L bant ise özellikle bitki dokusunun altındaki zemin vb. gibi objelere ulaşabilmektedir (Şekil 1.).



Şekil 1. SAR görüntüleri oluşturulmasında kullanılan mikrodalgaların geri saçılım özellikleri

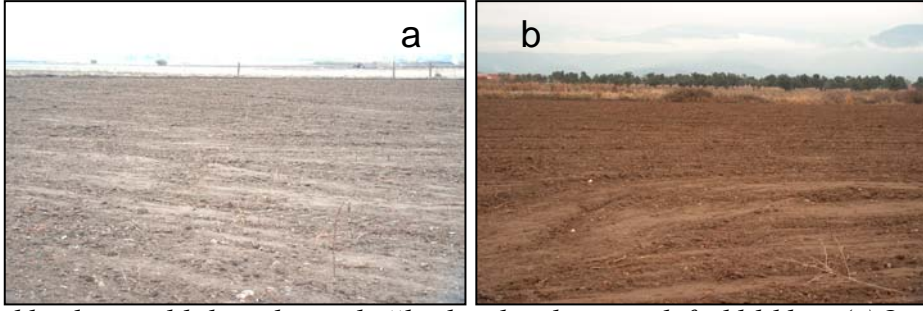
Uydular elektromanyetik tayfin farklı aralıklarında farklı zaman, mekan ve spektral çözünürlüklere sahip görüntüler sağlamaktadır. Farklı kaynaklardan elde edilen bu görüntülerden daha çok bilgi elde edebilmek amacı ile analitik ve sayısal görüntü birleştirme teknikleri geliştirilmektedir (Shen 1990). Veri/görüntü birleştirme, karar verme amacı ile farklı ve birden çok kaynaktan toplanmış veri ve bilgiden iyileştirilmiş ve geliştirilmiş yeni bir bilgi üretmek işlemidir (Hall, 1992). Görüntü birleştirme (Image Fusion) ise birbirinden farklı iki yada daha fazla görüntünün belirli bir algoritma kullanarak bütünleştirilmesi şeklinde tanımlanmıştır (Genderen vd.,1994).

Gelişen uydu teknolojileri ile birlikte SAR görüntülerinin toprak nemini belirlemek amacı ile optik görüntülere katkıları araştırılmaya başlanmıştır. Örneğin, ERS-2 ve Landsat TM uydu görüntüleri kullanarak yarı-kurak iklim kuşağındaki arazilerde toprak nemi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma ile üzerinde çöl bitkileri ve maki-fundalık bitki örtüsü olan arazilerde toprak neminin belirlenmesine engel olan parametrelerin etkisini azaltmak hedeflenmiştir (Cuizhen vd. , 2004). Radarsat-1 görüntüsü kullanılarak nemli ve tuzlu topraklarda di-elektrik özelliklerinin geri saçılmaya olan etkisi araştırılmıştır. Araştırmada, yöredeki bir tuz gölünden aldıkları nemli ve tuzlu toprakların di-elektrik özelliklerindeki değişimleri deneysel olarak incelemişler ve artan tuz ile birlikte geri saçılımda bir artış olduğunu belirlemişlerdir (Shao vd., 2003). Benzer konuda çalışma yapan Peplinski ve arkadaşları (1995), ise farklı toprakların di-elektrik özelliklerini ve geri saçılmaya olan etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada toprakların bünyesi, volümetrik nem içeriğinin di-elektrik katsayısına etkili olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, bu araştırmacılar toprakların di-elektrik katsayısının, kil tipine göre değiştiğini de vurgulamışlar ve kil spesifik yüzey alanı artışıyla di-elektrik geçirgenliklerinin doğrusal olarak arttığını belirtmişlerdir. Diğer bir araştırmaya ile 10 hektarlık çeltik tarımı yapılan ancak çalışma sırasında boş olan arazilerde RADARSAT-1 C bandını kullanarak toprak nemini tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu araştırmada, SAR verilerindeki geri saçılma katsayısı çalışma alanındaki toprakların 0-5 cm derinliğindeki volümetrik toprak nemine karşı hassas olduğunu belirlenmiştir. Gözlemler süresince, toprak nemi ile geri saçılma katsayısı arasında güçlü bir ilişki olduğu saptanmıştır (Romshoo, vd., 2002).

Aktif ve pasif uzaktan algılama uygulamalarında toprak özelliklerinin önemi

Topraklar, %45 oranında inorganik madde, %5 organik madde, %25 hava ve %25 su temel bileşenlerinden oluşur. Toprakların katı maddesini oluşturan organik ve inorganik maddeler toprağın bünyesini oluşturlar. Toprağın inorganik katı maddeleri kayaların çeşitli ayrışma ürünleri ile değişik irilik ve bileşime sahip mineraller ve kaya parçalarından oluşurlar (Altınbaş vd. 2004). Kum, mil ve kil olarak tanımlanan bu inorganik maddelerin, bir arada bulunma oranları toprağın bünyesini belirler. Kum tanelerinin çap büyüklükleri 2- 0,02mm arasında, mil taneciklerinin 0,02-0,002mm arasında ve kil taneciklerinin ise 0,002mm den küçük olduğu bilinmektedir. Uzaktan algılama tekniğinde toprak yansıtma değerlerinin yorumlanmasında yüzey toprağının tane büyüklüğü, boşluklar hacmi ve boşluk büyüklük oranı ve bu boşluklarda tutulan su miktarı oldukça önemlidir. Topraktaki boşluklar kum bünyelilerde makropor, kil bünyelilerde ise mikropor olarak tanımlanmaktadır. Kum bünyeli topraklarda boşlukların iri olmasına karşın, toplam boşluklar hacmi kil bünyelilerden azdır. Bunun yanında, toprak yüzeyinden elektromanyetik ışınımın yansımaları, arazi eğimi, yüzey rölyefi, toprağın strüktürü, organik madde içeriği, toprağı oluşturan taneciklerin büyüklük dağılımına, taşlılık, tuzluluk, demir oksit içeriği vb. özelliklerine de bağlıdır. Mikrodalga geri saçılımda toprağın di-elektrik içerikleri ayrıca önem taşımaktadır. Toprak bünyesi ve nemi toprakların di-elektrik içeriklerini belirleyen temel özelliktir. Örneğin toprakta kum miktarının diğerlerine göre daha fazla bulunması toprakların geçirgen ve su tutma kapasitelerinin düşük olmasını sağlarken, kil miktarının fazla olması ise geçirimsiz, su tutma kapasitesi yüksek, genellikle nemli olan koyu renkli toprakların oluşmasına neden olurlar. Su içeriğinin artması ise di-elektrik içeriğinin artmasına neden olur. Organik madde ve nem toprağın spektral özelliklerini etkileyen baskın bir toprak özelliğidir. Az ayrılmış organik maddeye sahip toprakların yansımaları özellikle yakın kızıl ötesi'nde yüksek, aşırı ayrılmış organik maddeye sahip toprakların yansımaları ise 0.5-2.3 µm dalga boylarının hepsinde düşüktür (Stoner vd., 1980).

Toprakların tanımlanmasında, diğer toprak özelliklerine göre daha fazla kullanılan morfolojik bir toprak özelliği olan toprak rengi, toprağın pek çok özelliği ile bilgi vermektedir (Şekil 2). Toprağın organik madde miktarı, doğal drenaj ve havalanma durumu, yıkanma ve birikme olayları, toprak bünyesi ile ilgili ön bilgiler toprak rengine bakılarak elde edilirler (Altınbaş ve ark. 2004).

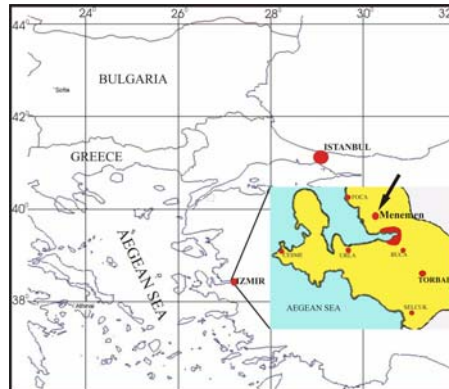


Şekil 2. Topraklarda temel bileşenlerine bağlı olarak gelişen renk farklılıkları. (a) Organik madde oranı düşük ve felsit minerallerin başat olduğu kumlu tın (SL) bünyeli topraklar, (b) organik madde ve demir oksitlerin daha yüksek olduğu, daha çok kil mineralleri içeren killi tın (CL) bünyeli topraklar

Demirli mineralleri içeren topraklar kalsite göre toprak üzerinde ışığı daha fazla absorbe ederler. Bu nedenle de yüksek demir içeriğine sahip topraklar uydu görüntüsünde daha koyu tonlarda görülürler (Fitzgerald, 1972).

Çalışma alanı yeri ve ürün deseni, jeomorfolojik özellikleri

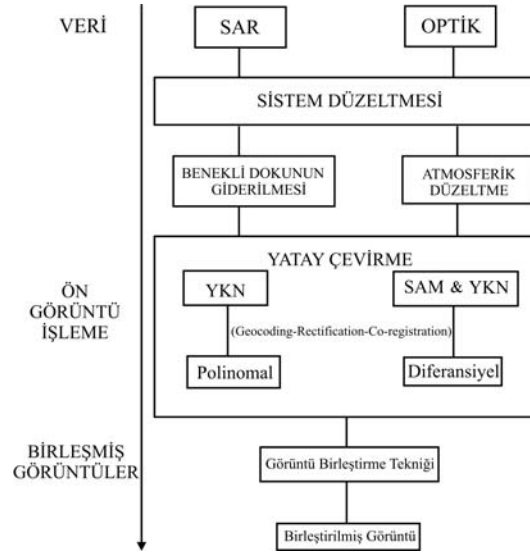
Araştırma alanını, Gediz havzası batı bölümünde yer alan Menemen (İzmir) ovası arazileri oluşturur ve yaklaşık 400 km² yüz ölçüme sahiptir. Kuzeyden Bakırçay, güneyden Küçük ve Büyük Menderes havzalarınca sınırlanan araştırma alanının Batısı Ege Denizi, Doğusu ise Manisa il sınırına dayanmaktadır (Şekil 3). Menemen Ovasında, yarı kurak - az nemli mezotermal iklim hüküm sürer ve 616 mm'lik yağışın büyük kısmı kış aylarında düşer. Bu nedenle yaz aylarında su eksikliği vardır. Yaz döneminde güneşlenme ve buharlaşma fazla, bağıl nem %50 dolaylarındadır. Ovada tüm tarla bitkileri yetiştirilebilmekteyse de başat olarak pamuk, mısır, bağcılık, tahıl üretimi yapılmaktadır. Denize yakın çok tuzlu ve bozuk drenajlı alanlar ise doğal mer'a konumunda olup otlak olarak kullanılmaktadır. Ova topraklarının tümü derin ve çoğunlukla karışık bünyelidir. Gediz ırmağı taşkınlarıyla çevresinde sedde (levee), taşkın düzlükleri ve depresyonik jeomorfolojik birimleri oluşturmuştur. Ovadaki toprak bünyesi ve toprak nem dağılımı bu jeomorfolojik birimler ile uyumludur. Depresyonik alanlarda kil bünye başat iken levee arazilerde kumlu, taşkın düzlüklerinde ise tın bünyeli toprakların yer aldığı görülmüştür. Bu şekli ile hafif dalgalı bir mikro rölyefe sahiptirler ancak genel eğim %1 civarındadır. Araştırma alanının çok büyük bir bölümünde mayıs ayı başında pamuk ve mısır tarımı için dikim öncesi tarla hazırlıkları tamamlanmış ve boş durumdadır. Tarla yüzeyindeki pürüzlülük özelliği tüm arazilerde benzer durumdadır. Bu tarihte mevcut ürün deseni ise büyük bir çoğunlukla buğday ve arpadan oluşmaktadır. Yağışın henüz tamamlanmış olması nedeniyle, topraklar su tutabilme yeteneklerine göre değişik düzeyde nem içerirler



Şekil 3. Araştırma yöresi yer bulduru haritası

Materyal ve Yöntem

Bu araştırmada Menemen ovası tarım arazilerini içeren, 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 uydu görüntüsü ile 14 Mayıs 2006 tarihli SPOT-2 görünür bölge ve kızılötesi (VIR) bantları kullanılmıştır. SAR görüntülerinin katkılarını incelemek için SPOT uydusu yakın kızılötesi (NIR) bandı ve RADARSAT ile birleştirilerek toprak nemi değerlendirilmiştir. Bölgeye ait SPOT uydu görüntülerinin geometrik düzeltilmesi, 1/5000 ölçekli kadastral haritalardan üretilmiş sayısal altlık ve 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılarak “haritadan-görüntüye” olarak yeterince yer kontrol noktası kullanılarak yaklaşık 10metre(~1 piksel) karesel ortalama hata (koh) ile gerçekleştirilmiştir. RADARSAT görüntüsü ise SPOT görüntüsü kullanılarak “görüntüden-görüntüye” homojen olarak dağılmış 40 yer kontrol noktası kullanılarak yaklaşık 1 piksel (6.25m) koh ile UTM projeksiyon sistemine dönüştürülmüştür. Görüntü birleştirme işlemi Şekil 4’te verilen akış diyagramına göre PCI-FUSE” algoritmalarına göre gerçekleştirilmiştir .



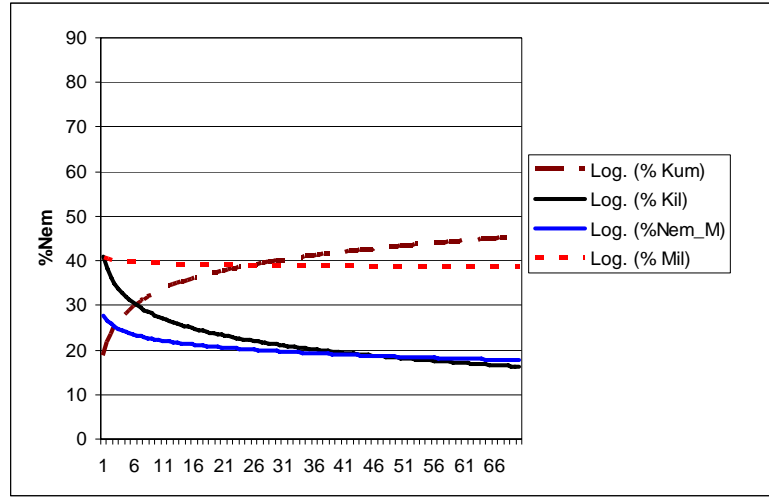
Şekil 4. Araştırmada uygulanan Pikel tabanlı görüntü birleştirme işlem akış diyagramı

Toprak özelliklerinin belirlenmesi için ovanın her yerine homojen dağılacak şekilde 135 nokta rasgele olarak seçilmiştir. Uyduların görüntüleme tarihinde örnekleme noktalarından 80 adetinde toprağın üzerinde bitki örtüsünün olmadığı yani yazlık ekim için hazır şekle getirildiği, 55 adetinde ise toprağın buğday ve arpa ile örtülü olduğu görülmüştür. Bazı topraklarda ise çiftçinin ekim öncesi toprak yüzeyini tohum dikimi için ve nem kaybını önlemek için baskı ile düzleyerek sertleştirdiği görülmüştür. Toprak nem ölçümleri için toprak örnekleri 100cm³ lük metal silindirler kullanılarak alınmış, Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü laboratuvarlarında “gravimetrik” yöntemle göre nem belirlemeleri yapılmıştır (Black, 1965). Alınan toprak örneklerinde yansıma değerleri ile korelasyonun yapılabilmesi için Hidrometre yöntemine göre toprak bünyesi yapılmıştır (Bouyoucous, 1951).

Araştırma bulguları

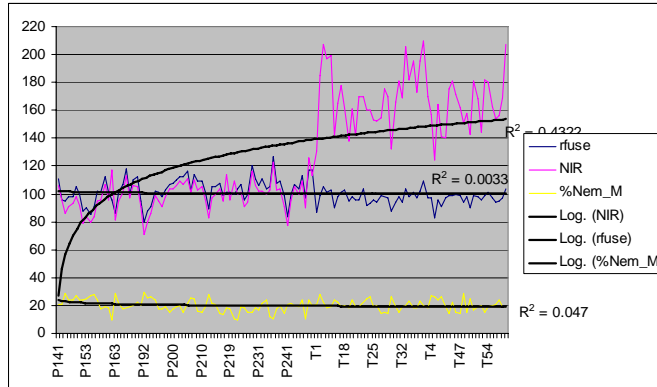
SAR görüntülerinin toprak neminin saptanmasında yapacağı katkıların belirlenmesinin amaçlandığı bu araştırmada, SAR görüntülerinin yüzey rölyefinden etkileşimleri dikkate alınarak, yüzey pürüzlülüğü veya engebe koşulları benzer bir bölge olan ova özellikli araziler araştırma yöresi olarak seçilmiştir. Arazi eğiminin düz-düze yakın olduğu araştırma yöresinde yansımayı etkileyecek yüzey taşlılığı ya da kayalılığı da yoktur. Yansımanın sadece toprak bünyesi ve nem değerlerinden etkilendiği düşünülmektedir.

Araştırma yöresinden alınan 135 adet toprak örneklerinin analizleri sonucunda, yansımayı doğrudan etkilediği bilinen nem içeriği ile diğer temel toprak parametrelerinden olan kil, mil ve kumun topraktaki bulunma oranı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Teorik olarak kil bünyenin su tutma kapasitesinin daha yüksek olduğu bilinmekle beraber araştırma yöresindeki durumun literatüre uygunluğunu belirlemek için yapılan bu korelasyon çalışmalarına göre kil-nem arasında 0,72 düzeyinde önemli bir ilişki belirlenirken kum oranı ile nem arasında 0,70 düzeyinde negatif bir ilişki bulunmuştur. Mil miktarının ise nem ile önemli bir ilişkisinin olmadığı görülmüştür (Şekil 5). Optik uydu görüntülerinin görülebilir bölge dalga boyundaki enerjiyi içeren bantların yanında yakın kızıl ötesi yansımalarında toprak nem düzeyine hassas olduğu bilinmektedir. Optik görüntülerin toprak yüzeyi mikro rölyefine hassasiyeti ise SAR görüntülerindeki kadar yüksek değildir. Bu nedenle SAR görüntülerinin bazı dezavantajlarının, optik görüntüler ile birlikte değerlendirilmesi ile azalacağı düşünülmektedir.



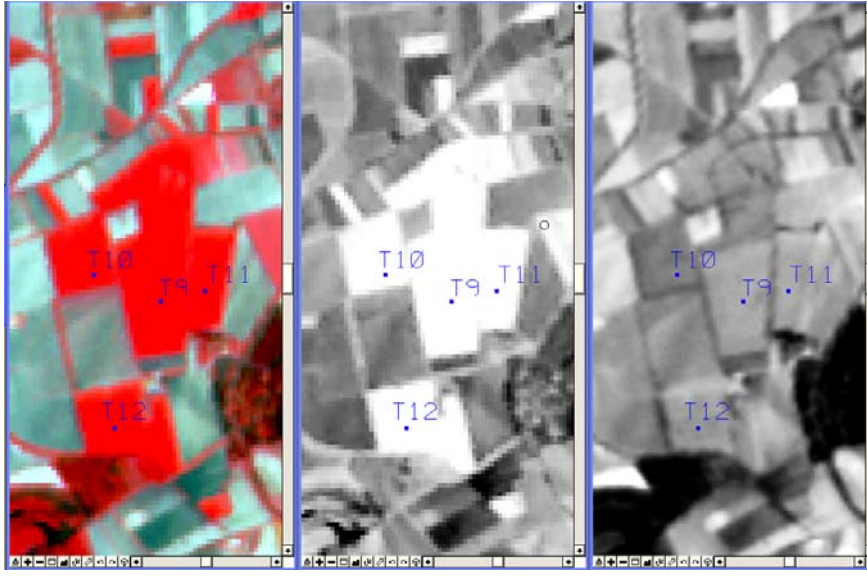
Şekil 5. Toprak örneklerindeki nem içeriğinin, topraktaki kil, mil ve kum miktarları ile ilişkisi

SPOT 2 uydusu 3. bandı ile RADARSAT-1 görüntüsü C bandının birleştirilmiş (bütünleştirilmiş) şekli ve sadece SPOT 2 uydusu 3. bandı (NIR) verilerinin toprak nem değerleri ile korelasyonu incelendiğinde, boş toprak örnekleme noktalarında NIR ve birleştirilmiş (FUSE) bant yansıma değerlerinin toprak nemine karşı davranışlarının benzer olduğu ve artan nem oranına ters olarak azaldığı saptanmıştır. Ancak bu ilişki toprak yüzeyinde bitki örtüsünün bulunduğu bölgelerde benzerliğini yitirmektedir (Şekil 6).

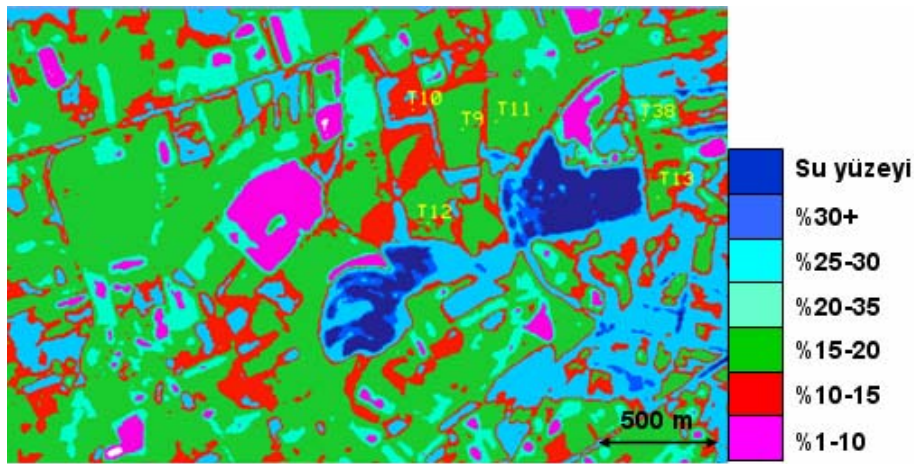


Şekil 6. Üzerinde bitki örtüsü bulunan ve bulunmayan tarlaların nem değerleri ile birleştirilmiş (FUSE) ve NIR görüntü yansıma değerleri arasındaki ilişki (P141-P241 numaralı örnekler boş toprak, T1-T57 numaralı örnekler ise buğday ve arpa bitki örtüsü altındadır).

NIR bant yansımalarının, bitki örtüsünün bulunduğu tarlalarda, toprak neminden bağımsız bir şekilde ancak yeşil dokunun yoğunluğuna bağlı olarak artışlar gösterdiği görülmüştür. NIR – yeşil doku yansıma değerleri arasındaki ilişki önceki çalışmalar ile de bilinmektedir. Ancak birleştirilerek üretilen görüntü yansımaları incelendiğinde, bitki örtüsü bulunan tarlalarda, bitki örtüsü etkisinin yansımada hissedilmediği ve toprak özelliklerine uyumlu yansıma değerlerinin elde edildiği görülmüştür (Şekil 6). SPOT-2 uydu görüntüsü “false color composite” renklendirilmiş görüntüsünde yeşil dokusuna bağlı olarak kırmızı renk ile görülen buğday bitki örtüsü, SPOT uydu görüntüsü (3.bant) NIR bandını içeren siyah beyaz görüntüde de yüksek yansıma değerleri ile belirlenebilmektedir. RADARSAT-1 C bandı ile NIR bandın birleştirilerek üretilen görüntüde ise bitki örtüsü altındaki toprak nem içeriğine göre yansıma değerlerinin algılanabildiği görülmüştür (Şekil 7). Toprak örneklerindeki nem içeriği ile uyum gösteren bu görüntünün piksel verileri, “density slicing” yöntemi ile sınıflandırılarak toprak nem haritası üretilmiştir (Şekil 8).



Şekil 7. Araştırma yöresine ait aynı alanın; (a)SPOT-2 uydu görüntüsünden üretilmiş “fals color composit” görünüşü, (b) SPOT-2 uydusu 3. (NIR) bant görünüşü ve (c) RADARSAT-1 uydusu C bandı ile SPOT-2 uydusu 3. bandın birleştirilmesi ile (FUSE) üretilen yeni görüntüsü (kırmızı renk buğday ve arpa bitki örtüsüne aittir)



Şekil 8. Toprak nem haritası

Sonuçlar

SAR görüntülerindeki X bandının içerdiği dalga boyundaki enerjinin ilk karşılaştığı yüzeyden geri saçıldığı, C bandın ise daha çok penetre olarak geri saçılımın ağaç dalları ve gövdesinde bulunan odunsu dokudan etkilendiği bilinmektedir. Birleştirilerek elde edilen görüntü geri saçılım değerleri incelendiğinde, arpa ve buğday bitki örtüsünden yansımanın etkilenmediği görülmüştür. Bu çalışmada, bitki örtüsünün varlığının yansımayı çok etkilediği görülen SPOT-2 uydusu NIR bandı görüntüleri ile birleştirilmesi ile hem optik hem de SAR özelliklerinin birlikte değerlendirilmesinin, toprak özelliklerinin incelenmesinde önemli düzeyde katkı sağladığı görülmüştür.

Toprak işleme tekniği yani toprağın sıkıştırılması yansımaya etki eden bir diğer unsur olarak arazi çalışmalarındaki tarla gözlemleri ile anlaşılmıştır. Yüzeyi baskı ile sıkıştırılarak düzleştirilen tarlalarda hem NIR hem de birleştirilmiş (FUSE algoritması uygulanmış) banttaki yansıma değerlerinde artışlar olduğu belirlenmiştir. SAR ve birleştirilmiş görüntülerde toprak bünyesi, boşluklar hacmi ve boşluklar büyüklüğü, nem içeriği ve toprak işleme tekniklerinin geri saçılım ile ilişkilerinin saptanabilmesi için yürütülmekte olan Tübitak Projesi kapsamında bu bildiride bir kısmı sunulan çalışmalar sürdürülecektir.

Kaynaklar

- Altınbaş, Ü., Çengel M., Uysal H., Okur B., Okur N., Kurucu Y., Delibacak, S., (2004), *Toprak Bilimi*, E.Ü. Basımevi, E.Ü.Z.F Yayınları No:557, Bornova-İzmir, Sayfa No: 113-149.
- Black, C.A. (1965). *Methods of Soil Analysis. Part 1*, American Soc. of Agron. , No 9.
- Bouyoucous, G.J., (1951)., *Soil Survey Staff. 1951. Soil survey manual. USDA Agric. Handb. 18.*
- Cuizhen, W., Qi, J., Moran, S., and Robin Marsett R., (2004). Soil moisture estimation in a semiarid rangeland using ERS-2 and TM imagery. *Remote Sensing of Environment* **90** pp178–189.
- Fitzgerald, E., (1972), *Multispectral Scanning Systems and Their Potential Application to Earth Resource Organization, ESRD.*, **2**, No. 1673..
- Genderen, J. L. Van ve Pohl, C., (1994). Image Fusion: Issues techniques and Applications, *Proceedings EARSeL Workshop, Strasburg, France, 11 September* edited by J.L.van Genderen and V. Capellini (Enschede: ITC), pp.18-26.,
- Hall, D. L., (1992).*Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion* .Norwood: Artech House Inc.
- Peplinski, N. R., Ulaby, F. T., and Dobson, M. C, (1995). Dielectric properties of soil in the 0.3-1.3 GHz range, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, **33** (3): 803–807.
- Romshoo, S. A, Taikan, O., and Katumi, M., (2002). C-band radar for soil moisture estimation under agricultural conditions. *Geoscience and Remote Sensing Symposium.*, IGARSS '02. IEEE International, **4**,pp: 2217- 2219.
- Shao Y, Q Hu, H Guo, Y Lu, Q Dong, Chunming Han, 2003. Effect of dielectric properties of moist salinized soils on backscattering coefficients extracted from RADARSAT image. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **41**: 1879–1888
- Shen, S. S., (1990), Summary of Types of Data Fusion Methods Utilized in Workshop Papers, *Multisource Data Integration in Remote Sensing Proceedings of Workshop, Maryland,U.S.A. 14-15 June 1990, NASA Conference Publication 3099*(Greenbelt, MD:NASA), pp.145-149.
- Stoner, E.R., M.F., Baumgardner, R.A., Weismiller, L.L., Biehl, B.F., Robinson, 1980c, Extension of Laboratory Measurement Soil Spectra to Field Conditions, *Soil Sci. Soc. of Am. Jour.* Vol. **45**, No:6, pp. 1161.