

## Toprak nemi tahmini için Radarsat-2 verisinden çoklu saçılma katsayılarının elde edilmesi

Mehmet Sıraç ÖZERDEM<sup>\*1</sup>, Emrullah ACAR<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

<sup>2</sup> Batman Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Batman

Makale Gönderme Tarihi: 02.02.2017

Makale Kabul Tarihi: 03.04.2017

### Öz

*Uzaktan algılama teknikleri ile tarımsal alanların kontrolü, GPS (Küresel Konumlama Sistemi) teknolojisiyle beraber kullanıldığında, standart toprak ölçümlerine nazaran daha az bir maliyet ve zamanla, daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada, uzaktan algılama teknikleri ile toprak karakteristikleri (toprak nemi, dielektrik katsayısı gibi) arasında bir ilişkinin kurulabilmesi için Radarsat-2 verisinden çoklu saçılma katsayılarının çıkarılması amaçlanmıştır.*

*Çalışma, Dicle havzasında yer alan Dicle Üniversitesi kampüsündeki tarımsal alanlar üzerinde gerçekleştirilmiş ve Radarsat-2 verisinden saçılma katsayılarının hesaplanması işlemi, birkaç aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada, uydunun bölgeden geçiş dönemi dikkate alınarak yoğun vejetasyonlu tarımsal arazilerden 8 Nisan 2015 tarihinde bir Radarsat-2 verisi elde edilmiş ve bu araziler üzerinde eş zamanlı olarak yersel ölçümler yapılmıştır.*

*İkinci aşamada, Radarsat-2 verilerinin bozukluklardan arındırılması için çeşitli ön işlemler uygulanmış ve arazilerin gerçek bir harita koordinat sistemi üzerine oturtulması için de arazi düzeltme işlemi sağlanmıştır. Daha sonra her bir yersel toprak nem ölçümünün alındığı noktaların GPS koordinatları bu veriye aktarılmıştır.*

*Son aşamada ise yoğun bitki örtüsünün hâkim olduğu çalışma alanlarına ait çoklu saçılma katsayılarını hesaplamak için ön işlemler tamamlanmış 8 Nisan 2015 tarihli Radarsat-2 verisine standart sarı geri saçılma tekniği uygulanmış ve her bir ölçüm noktasına karşılık gelen parsellerden dört adet sigma geri saçılma parametresi ( $\sigma_{hh}$ ,  $\sigma_{hv}$ ,  $\sigma_{vh}$ ,  $\sigma_{vv}$ ) hesaplanmıştır. Ardından, bu katsayılar bütün ölçüm noktaları için hesaplanarak bu döneme ait bir veri matrisi oluşturulmuştur.*

**Anahtar Kelimeler:** Radarsat-2; Toprak Nemi; Çoklu Saçılma; GPS;

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Mehmet Sıraç ÖZERDEM. sozerdem@dicle.edu.tr; Tel: (412) 241 10 00 (3508)

## Giriş

Toprak nemi genellikle toprak parçacıklarındaki su miktarı olarak tanımlanmakta ve kuraklığın zararlı etkilerini en aza indirmeye, aşırı suyun neden olduğu tuzluluğu önleme, tarım arazilerini koruma ve sulama sistemlerini etkin bir şekilde kullanma için çok önemli bir parametredir (Shang vd., 2007). Bu nedenle, bitkiler tarafından kullanılan topraktaki mevcut su miktarının belirlenmesi için toprak neminin ölçülmesi gerekmektedir.

Toprak neminin geniş araziler üzerinde gravimetrik yöntemler ve modern ölçüm aletleri ile ölçülmesi zaman alıcı, masraflı ve yoğun bir emek gerektiren bir iştir. Günümüzde dijital cihazlarla toprak nem ölçümünün avantajları yanında birçok dezavantajı da vardır. Bu dezavantajlardan bazıları, dijital cihazlar ve doğrudan gravimetrik metotların kalibrasyona ihtiyaç duyması, yersel toprak nemi ölçümlerinde her bir ölçümün sadece küçük bir alana ait toprak nem değerini temsil etmesi gibi durumlar sayılabilmektedir (Musaoğlu 1999).

Fakat uzaktan algılama tekniklerinin kullanılmasıyla birlikte geniş araziler üzerinde daha kısa sürede daha düşük maliyetli sonuçlar elde edilebilmektedir (Hajsek vd., 2009). Ayrıca, elektromanyetik spektruma ait mikrodalga bölgesi, uzaktan algılama teknikleri ile toprak neminin kestirilmesi için kullanılmaktadır (Gorrab vd., 2015). Bu nedenle, aktif mikrodalga sensörleri arasındaki Sentetik Açıklı Radarı (SAR) sensörü tarımsal izleme, bitki gelişimi, rekolte, haritalandırma ve toprak nem tahmini için önemli bir rol oynamaktadır (Zhang vd., 2016).

Günümüze kadar gelişmekte olan ENVISAT-ASAR, ERS-1/2, Radarsat-1, Radarsat-2 gibi farklı SAR sensörleri, geniş ölçekli araziler üzerindeki toprak nemi tahminlerinde çok büyük bir etkiye sahiptir (Moran vd., 2004). Ayrıca, polarimetrik SAR ile tek kutuplu SAR' a nazaran çok daha iyi bilgiler elde edilebilmekte

ve hava koşullarından daha az etkilenip tarımsal izleme amacıyla daha yüksek çözünürlüklü görüntüler üretebilmektedir. Dahası, polarimetrik SAR, çoklu polarizasyonlar (hh, hv, vh, vv) ile daha fazla bilgi sağlayabilmekte ve bitki örtüsünün hakim olduğu kanopilere nüfuz edebilmektedir. Bu nedenle, çıplak toprak yüzeyi ile bitki örtülü araziler üzerindeki toprak nemi tahmininde polarimetrik SAR verileri başarılı sonuçlar vermektedir.

Literatürde, Radarsat-2 verilerinden hesaplanan çoklu geri saçılma katsayıları ile toprak karakterisitiklerinin tahmini için birçok çalışma yapılmıştır. (Peplinski vd., 1995); (Quesney vd., 2000); (Zribi vd., 2005); (Alvarez- Mozoj vd. 2005); (Baghdadi vd., 2006); (Pierdicca vd. 2008); (Srivastava vd., 2009); (Baghdadi vd. 2012); (Bourgeau-Chavez vd. 2013); (Özerdem vd., 2017).

Bu çalışmada, uzaktan algılama verileri ile yersel toprak nemi ölçümleri arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için tam polarimetrik (vv, vh, hv, hh) ve çift bakışa sahip bir SAR radarı olan Radarsat-2 verisi kullanılmıştır. Bu veri daha sonra çeşitli önışlemlerden geçirilmiş ve gerçek bir harita koordinat sistemi üzerine oturtulmuştur. Çok büyük boyutlardaki Radarsat-2 uydu verisinden çoklu saçılma parametrelerinin hesaplanması için toprak numunelerinin alındığı noktalara ait GPS değerleri Radarsat-2 verisine aktarılmıştır. Sonuç olarak, bu noktalara karşılık gelen her bir piksel hücrelerinden 4 adet çoklu frekans SAR geri saçılma katsayısı (σ<sub>hh</sub>, σ<sub>hv</sub>, σ<sub>vh</sub> ve σ<sub>vv</sub>) hesaplanmış ve bu katsayılar yardımıyla bütün yersel ölçüm noktaları için bir veri matrisi oluşturulmuştur.

## Materyal ve Yöntem

Radarsat-2 verisinden çoklu saçılma katsayılarının hesaplanması işlemi birkaç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla çalışma alanı, veri toplama ve önışlem adımlarından oluşmaktadır.

### Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Şekil 1'de gösterildiği gibi Diyarbakır ili Dicle Üniversitesi sınırları içerisindeki iki farklı tarımsal araziden oluşmaktadır.



Şekil 1. Çalışma Alanına ait Çalışma Alanına ait Google Earth Uydu Görüntüsü

Çalışma alanının ortalama eğimi %3.05 olup ortalama yükseltisi 650 m'dir. Ayrıca, yıllık en yüksek ortalama sıcaklık 34.5 °C iken en düşük sıcaklık ise 8.2 °C'dir. Ortalama yıllık sıcaklık 23.8 °C olup ortalama yıllık yağış miktarı ise 496.0 mm'dir.

### Veri Toplama

Bu çalışmada, yoğun bitki örtüsünün hâkim olduğu 8 Nisan 2015 yılında multi-zamanlı tam polarimetrik Radarsat-2 fine mod uydu görüntüsü temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan Radarsat-2 ürünleri, SAR verilerinin çözünürlük, faz ve genlik bilgilerini tutan tek görünümlü karmaşık (SLC) veri formatında olup 5.83 m'lik bir uzaysal çözünürlüğe ve 30 km x 30 km'lik kapsama alanına sahiptir.

### Arazi Ölçümleri

Arazi üzerindeki yersel ölçümler için çalışma alanı ilk olarak 100x100 metrelik parsellere bölünmüş ve her bir parselden en az bir adet toprak numunesi alınmıştır. Bu numuneler, uydu görüntüsünün kayıt altına alındığı saatler ile eş

zamanlı olarak metal silindirlere doldurulmuş ve toplamda 285 adet toprak numunesi elde edilmiştir. Dahası, bu örneklerle ait konum bilgileri GPS cihazı yardımıyla kayıt altına alınmıştır.

Son olarak, toprak numunelerine ait toprak nem değerleri, gravimetrik yöntemler ile Dicle Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü (DÜPTAM) Tarımsal Test ve Analiz laboratuvarında hesaplanmıştır. Bu döneme ait istatistiksel gravimetrik toprak nem ölçüm bilgileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yersel Toprak Nemi (TN) ölçümleri hakkında genel bilgiler

Yersel Ölçüm Dönemi	Min TN (%)	Max TN (%)	Ortalama TN (%)	S. Sapma TN (%)
08 Nisan 2015	20.2	41.3	30.3	3.9

### Önişlem

8 Nisan 2015 tarihli Radarsat-2 görüntüsüne ait önişlem adımları aşağıdaki sıraya göre gerçekleştirilmiştir (Engdahl ve ark. 2012), (Array, 2015).

#### Radarsat-2 ürününün okutulması

Bu çalışmada SAR verilerinin okutulması için Sentinel-I yazılımı kullanılmıştır (ESA, 2016). Şekil 2'de, Diyarbakır iline ait 8 Nisan 2015 tarihli Radarsat-2 görüntüsüne ait dört farklı (HH, HV, VH, VV) banttan sadece VH polarizasyonlu band okutulmuştur. Bu görüntü SLC eğik mesafe görüntüsü olup çoklu-bakış uygulanmamıştır. Radarsat-2 SLC görüntüsü azimut yönünde (y eksen) gerilmiş görünüş bir sürü görüntü içerebilmektedir.

#### Verilerin Kalibrasyonu

Radarsat-2 verilerinin doğru bir şekilde çalışması için bu verilere ilk olarak kalibrasyon işlemi uygulanmalıdır. Bu işlem, SAR tabanlı Radarsat-2 görüntülerini radyometrik olarak düzeltmekte ve böylece piksel değerleri, gerçek

anlamda yüzeyden yansıyan radar dalga saçılmasını temsil etmektedir (Array, 2015). Şekil 3'te Diyarbakır iline ait 27.02.2015 tarihli ve VH polarizasyonlu Fine-Quad Radarsat-2 verisinin kalibrasyon sonrası görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 2. 08.04.2015 tarihli ve vh polarizasyonlu Radarsat-2 SLC görüntüsü



Şekil 3. 08.04.2015 tarihli ve vh polarizasyonlu Radarsat-2 görüntüsünün kalibrasyonu

#### Çoklu-Bakış

Çoklu-bakış işlemi, SAR verilerinde nominal piksel boyutunda bir ürün oluşturmak için kullanılmaktadır. Bu işlem sonucunda, radyometrik çözünürlüğü artırılmış; uzaysal çözünürlüğü azaltılmış bir görüntü elde edilmekte ve daha az gürültülü bir görüntü

oluşmaktadır. Çoklu-bakış işlemi, SAR tabanlı uydu görüntülerine ait arazi düzeltmelerinde zorunlu bir adım olmadığı için isteğe bağlı olarak gerçekleştirilmektedir (Array, 2015).

#### Gürültü Azaltımı

Uydu görüntüsündeki gürültüler, tuz ve biber gürültüleri nedeniyle oluşmaktadır. Radarsat-2 verisinde meydana gelen bu gürültü ve benek miktarını azaltmak için genellikle benek filtreleri kullanılmaktadır (Array, 2015). Bu çalışmada Radarsat-2 verisi üzerindeki gürültü ve benek miktarlarının düşürülmesi için rafine edilmiş Lee filtresi tercih edilmiştir. Bu filtre görüntünün kenarlarını koruyarak görüntü içindeki piksellerin ortalamasını almaktadır. Şekil 4'te Diyarbakır iline ait 08.04.2015 tarihli, VH polarizasyonlu Radarsat-2 görüntüsünün filtrelenmiş hali sunulmuştur.

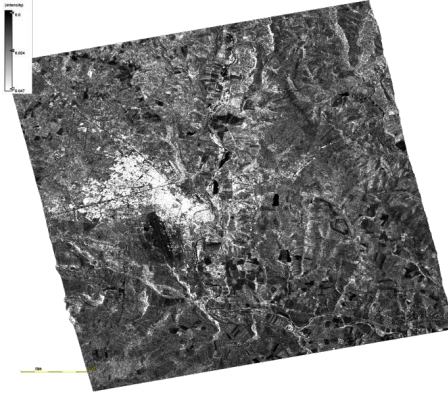


Şekil 4. 08.04.2015 tarihli ve vh polarizasyonlu Radarsat-2 görüntüsünün filtrelenmiş hali

#### Arazi Düzeltme

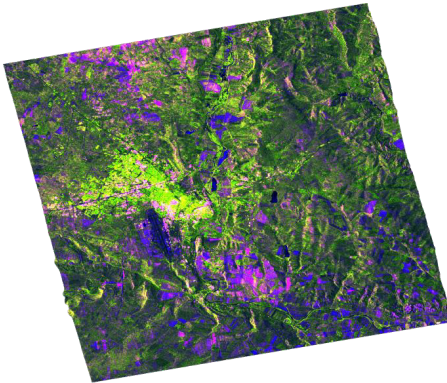
Bu adımda, dijital yükseklik modeli ile Radarsat-2 verisine ait geometrik bozulmalar düzeltilmekte ve bu verinin coğrafi kodlaması yapılmaktadır. Coğrafi kodlamada uydu verisi eğik ya da yatay uzaklıktan bir harita koordinat sistemine dönüştürülmektedir (Array, 2015). Bu çalışmada arazi düzeltme adımı için SRTM 3sn dijital yükseklik modeli kullanılmış ve harita çıkış projeksiyonu olarak da evrensel çapraz merkator (UTM), WGS84 olarak seçilmiştir.

Şekil 5'te, arazi düzeltme işlemi sonucu elde edilen 27.02.2015 tarihli, VH polarizasyonlu Radarsat-2 verisi gösterilmiştir.



Şekil 5. Arazi düzeltme işlemi sonucu elde edilen 08.04.2015 tarihli ve vh polarizasyonlu Radarsat-2 görüntüsü

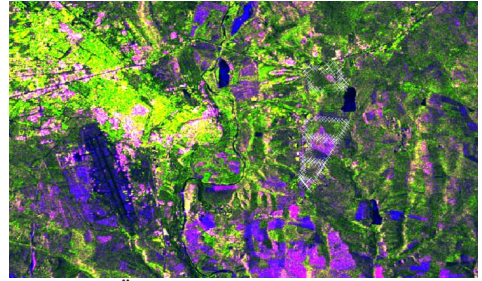
Arazi düzeltme adımından sonra, 08.04.2015 tarihli Radarsat-2 veri polarizasyonlarını kapsayan üç farklı bandın ( $r=hh$ ;  $g=vh$ ;  $b=hh/hv$ ) birleştirilmesiyle Dual-Pol  $hh+vv$  rgb görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. 08.04.2015 tarihli arazi düzeltme işlemi yapılmış vh polarizasyonlu Radarsat-2 verisine ait üç farklı bandın ( $r= hh$ ;  $g= vh$ ;  $b= hh/hv$ ) birleştirilmesiyle elde edilen rgb görüntüsü

#### GPS Değerlerinin Aktarılması

Arazi üzerindeki toprak numunelerinin alındığı koordinatlara ait GPS değerleri ARCGIS 10.2 yazılımı kullanılarak shp uzantılı veri formatına dönüştürülmüş ve bu veriler önışlemi bitmiş Radarsat-2 görüntülerine aktarılmıştır. Şekil 7'de, 08.04.2015 tarihli Radarsat-2 verisine ait RGB görüntüsü ve bu görüntü içine aktarılan GPS noktaları gösterilmiştir.



Şekil 7. Önışlemi tamamlanmış 08.04.2015 tarihli rgb görüntüsü ve çalışma alanına ait gps noktaları

#### Özellik Çıkarma

Radarsat-2 gibi çok boyutlu ham verilerin işlenmesi hem zaman almakta hem de bu verilerin sınıflandırma, tahmin sistemlerinde doğrudan kullanımları büyük sorunlar yaratmaktadır. Dolayısıyla, uydu verilerini iyi tanımlayan özellik parametreleri imgerin kendisinden doğrudan elde edilebileceği gibi çoklu yapılandırma (Çoklu Frekans, Çoklu Açı, SAR geri saçılma tekniği kullanılarak da hesaplanabilmektedir.

Bu çalışmada, çoklu saçılmayı tanımlayan çoklu polarizasyon geri saçılma katsayıları aşağıdaki bölümde açıklanmıştır.

#### SAR Çoklu Saçılma Katsayıları

Bir radar çeşidi olan Sentetik Açıklı Radar (SAR), mikro dalgaları dikey ve yatay kutuplaşma ile hedefe gönderip hedeften geri saçılan dalgaların faz, polarizasyon ve yoğunluğunu ölçmektedir. Polarimetrik SAR ise çok kutuplu 4 farklı banttan ( $hh$ ,  $hv$ ,  $vh$  ve  $vv$ ) oluşmakta ve bu sistemde, gelen ile geri saçılan dalga arasındaki bilgi, odaktaki nesne hakkında

bilgi vermektedir (Sakshaug 2013).

Bu çalışmada, önışlemleri tamamlanmış çok büyük boyutlardaki Radarsat-2 uydu verisinden çoklu saçılma parametrelerinin hesaplanması için yersel toprak numunelerinin alındığı parsellere ait GPS değerleri Radarsat-2 verilerine aktarılmıştır. Bu değerlere karşılık gelen pikseller daha sonra pencerelemiş ve bu noktalar, yeni hücreler (3x3 piksel) ile temsil edilmiştir. Sonuçta, Radarsat-2 verisine ait farklı kutuplardaki geri saçılma katsayıları, hücre içerisindeki piksellere ait saçılma katsayılarının ortalamasıyla hesaplanmıştır.

## Uygulama ve Başarımlar

Bu aşamada, yoğun bitki örtüsünün hâkim olduğu araziler üzerinden çoklu saçılma katsayılarını hesaplamak için önışlemeden geçirilmiş 8 Nisan 2015 tarihli Radarsat-2 verisine standart sigma geri saçılma tekniği uygulanmış ve her bir gps noktasına karşılık gelen hücrelerden dört farklı sigma geri saçılma katsayısı ( $\sigma_{hh}$ ,  $\sigma_{hv}$ ,  $\sigma_{vh}$ ,  $\sigma_{vv}$ ) hesaplanmıştır. Bu işlemler, 8 Nisan 2015 tarihinde elde edilen 285 ölçüm noktası için tekrarlanmış ve sonuç olarak 285x4 uzunluğunda bir veri matrisi oluşturulmuştur. Tablo 2’de, bu veri matrisinden hesaplanan geri saçılma değerlerine ait istatistiksel ölçümler verilmiştir.

**Tablo 2.** 8 Nisan 2015 tarihli Radarsat-2 verisinin geri saçılma istatistiksel özellikleri

Kanal No.	Polarizasyon	Geri Saçılma Katsayısının İstatistiksel değeri (dB)			
		Minimum	Maksimum	Ortalama	Standard Sapma
1	HH	-11.720	-1.469	-7.208	1.936
2	HV	-23.477	-12.662	-18.191	1.628
3	VH	-22.710	-11.813	-18.255	1.641
4	VV	-14.966	-1.692	-9.315	2.746

## Sonuçlar ve Tartışma

Sonuç olarak, Diyarbakır ili Dicle Üniversitesi Kampüs sınırları üzerindeki tarımsal arazilere ait toprak nem değerleri ile Radarsat-2 verisi arasında bir ilişkinin kurulması için 8 Nisan 2015 tarihli Radarsat-2 verisi önışleme tabii tutulmuş ve yersel ölçüm yerlerine ait GPS noktaları, bu verilere başarıyla aktarılmıştır.

Sonraki çalışmalarımızda, farklı saçılma katsayıları kullanılarak oluşturulan veri setleri ile yersel toprak nem değerleri arasında bir ilişki saptanarak tarımsal araziler üzerindeki toprak neminin tahmini için bu ilişkiye dayalı bir tahmin modeli gerçekleştirilecektir. Bu tahmin modeli için farklı inversiyon modelleri kullanılarak hesaba dahil edilmeyen yersel

noktalara ait nem değerinin tahmin edilmesi planlanmaktadır.

Ayrıca, çalışmamızın devamında 114E543 numaralı TÜBİTAK araştırma projesi ve TARBİL eklem projesi kapsamında planlanan hedef çıktılardan biri de, gelecekte farklı frekanslardaki SAR uydu verileri ile birlikte farklı özellik çıkarma teknikleri ve inversiyon modellerinin kullanılmasıyla iyi bir toprak nem tahmin modelinin geliştirilmesidir.

## Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 114E543 nolu araştırma projesi ve TARBİL (Tarımsal İzleme ve Bilgi Sistemleri) projesi kapsamında desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Alvarez-Mozos J, Casali J, Gonzalez-Audicana M, Verhoest, NEC., (2005). Correlation between ground measured soil moisture and RADARSAT-1 derived backscattering coefficient over an agricultural catchment of Navarre (North of Spain). *Biosystems Engineering*, 92(1): 119-133.
- Array Systems Computing Inc. (2015). Sentinel-1 Toolbox, SAR Basic Tutorial. Page, 2-19. Retrieved from <http://step.esa.int>.
- Baghdadi, N., Holah, N., Zribi, M., (2006). Soil moisture estimation using multi-incidence and multi-polarization ASAR data. *Int. J. Remote Sens.*, 27, 1907-1920.
- Baghdadi, N., Cresson, R., Pottier, E., Aubert, M., Zribi, M., Jacome, A., Benabdallah, S.A., (2012). Potential use for the C-band polarimetric SAR parameters to characterize the soil surface over bare agriculture fields. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 50, 3844-3858.
- Bourgeau-Chavez, L.L., Leblon, B., Charbonneau, F., Buckley, J.R., (2013). Evaluation of polarimetric Radarsat-2 SAR data for development of soil moisture retrieval algorithms over a chronosequence of black spruce boreal forests. *Remote Sens. Environ.*, 132, 71-85.
- European Space Agency (ESA). Available online: <https://earth.esa.int> (13.02.2017).
- Gorab, A.; Zribi, M.; Baghdadi, N.; Mougenot, B.; Fanise, P.; Chabaane, Z.L., (2015). Retrieval of both soil moisture and texture using TerraSAR-X images. *Remote Sens.*, 7, 10098-10116.
- Hajsek, I., Jagdhuber, T., Schon, H., Papathanassiou, K.P., (2009). Potential of estimating soil moisture under vegetation cover by means of PolSAR. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 47, 442-454.
- Moran, M .S., Perts-Lidard, C. D., Watts, J. M. ve McElroy, S. (2004). Estimating soil moisture at the watershed scale with satellite based radar and land surface models. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 30(5), 805-826.
- Musaoğlu, N., (1999). Elektro-Optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılardan Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşçere Tiplerinin ve Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Quesney, A., Le He'garat-Masclé, S., Taconet, O., Vidal-Madjar, D., Wigneron, J. P., Loumagne, C. ve ark., (2000). Estimation of watershed soil moisture index from ERS/SAR data. *Remote Sensing of Environment*. 72(3), 290-303.
- Özerdem, M.S.; Acar, E.; Ekinçi, R., (2017). Soil Moisture Estimation over Vegetated Agricultural Areas: Tigris Basin, Turkey from Radarsat-2 Data by Polarimetric Decomposition Models and a Generalized Regression Neural Network. *Remote Sens.*, 9, 395.
- Peplinski, N.R., Ulaby, F.T. and Dobson, M.C., (1995). Dielectric Properties of Soils in the 0.3-1.3-GHz Range. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33, 803-807.
- Pierdicca, N., Castracane, P., Pulvirenti, L., (2008). Inversion of electromagnetic models for bare soil parameter estimation from multifrequency polarimetric SAR data. *Sensors*. 8, 8181-8200.
- Sakshaug, Stein Erik Høvik. Evaluation of Polarimetric SAR Decomposition methods for tropical forest analysis. MS thesis. University of Tromsø, 2013.
- Shang, K. Z., Wang, S. G., Ma, Y. X., Zhou, Z. J., Wang, J. Y., Liu, H. L., & Wang, Y. Q., (2007). A scheme for calculating soil moisture content by using routine weather data. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7(19), 5197-5206.
- Srivastava, H.S., Patel, P., Sharma, Y., Navalgund, R.R. 2009. Large-area soil moisture estimation using multi-incidence-angle RADARSAT-1 SAR data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 47, 2528-2535.
- Zhang, X., Chen, B., Fan, H., Huang, J., & Zhao, H., (2016). The Potential Use of Multi-Band SAR Data for Soil Moisture Retrieval over Bare Agricultural Areas: Hebei, China. *Remote Sensing*, 8(1), 7.
- Zribi, M., Baghdadi, N., Holah, N., Fafin, O., (2005). New methodology for soil surface moisture estimation and its application to ENVISAT-ASAR multi-incidence data inversion. *Remote Sens. Environ.* 96, 485-496.

## Obtaining multiple scattering coefficients from Radarsat-2 data for soil moisture estimation

### Extended abstract

The control of agricultural areas with the aid of remote sensing techniques and GPS technology yields better results with less cost and time when compared to standard soil measurements. In this study, it is aimed to extract multiple scattering coefficients from Radarsat-2 data in order to establish an association between remote sensing techniques and soil characteristics (soil moisture, dielectric coefficient, etc.).

Different regions of the electromagnetic spectrum are being studied for the purpose of estimating soil moisture with remote sensing data. Because microwave sensors are sensitive to changes in soil moisture content, it is more appropriate to use these sensors in soil moisture estimation. Therefore; synthetic aperture radar (SAR) sensor operating in the microwave range of the electromagnetic spectrum is capable of producing appropriate images with high resolution for agricultural purpose soil monitoring. Moreover, it is used for agricultural monitoring, plant growth, yield, mapping and estimation of soil moisture (Tehrani 2014).

Among the different types of remote sensing sensors, SAR sensors (Radarsat-1, Envisat-Asar, Radarsat-2, and ERS-1/2) have a great potential in basin-scale soil moisture estimates (Moran ve ark. 2004). In addition, with polarimetric SAR, much better information can be obtained than with single band SAR. Furthermore, polarimetric SAR can provide more information with multiple polarizations (hh, hv, vh, vv) and penetrate into canopy where plant cover is dominant. For this reason, polarimetric SAR data gives a good result in estimating soil moisture on bare soil and vegetated areas.

The experiments were carried out on agricultural sites in the Dicle University campus and calculation of scattering coefficients from the RadarSat-2 data consisted of several steps.

At the first stage, a Radarsat-2 data was obtained from densely vegetated study area on April 8, 2015 and simultaneous local measurements were made on this area.

In the second stage, various pre-processing steps (calibration, filtering, and terrain correction) have been employed to remove disorders from the Radarsat-2 data and the terrain correction process has been provided for fitting the terrain onto a real map coordinate system.

At the other stage, the GPS coordinates of the points at which each ground moisture measurement was taken, were transferred to Radarsat-2 data.

In the last stage, a standard SAR backscattering technique was applied to the Radarsat-2 data of April 8, 2015 in order to calculate multiple scattering coefficients over the study areas dominated by dense vegetation cover. Then, four different backscattering parameters ( $\sigma_{hh}$ ,  $\sigma_{hv}$ ,  $\sigma_{vh}$ ,  $\sigma_{vv}$ ) were calculated from the parcels corresponding to each ground measurement point.

Finally, these operations were repeated for 285 measurement points obtained on April 8, 2015 and a data matrix of 285x4 lengths was generated to evaluate the effect of vegetation cover. Furthermore, the statistical measurements of multi scattering coefficients were computed from this data matrix.

**Keywords:** Radarsat-2; Soil Moisture; Multi Scattering; GPS;