

ÇELTİK TARLALARINDA GELİŞİM EVRESİNİN BELİRLENMESİ: İLK SONUÇLAR

Onur YÜZÜGÜLLÜ¹, Esra ERTEN², Irena HAJNSEK³

¹MSc., ETH Zürih Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Zürih, İsviçre, yuzugullu@ifu.baug.ethz.ch

²Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, eerten@itu.edu.tr

³Prof. Dr., ETH Zürih Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Zürih, İsviçre, hajnsek@ifu.baug.ethz.ch

ÖZET

Sunulan çalışmanın amacı çeltik tarlalarının büyüme evrelerinin verimli bir şekilde modellenebilmesi için polarimetrik yapay açıklıklı radar (PoLYAR) verilerinin analizine dayanmaktadır. Önerilen yöntem iki ana parçadan oluşmaktadır: teorik bir geri saçılım modeli ve önerilen çözüm uzayı arama algoritması. Çözüm uzayı fiziksel saçılım modelinin farklı doğrusal polarizasyonlar için uygulanması ile oluşturulmaktadır. Sonraki basamakta, YAR verilerinin genlik değerleri temel alınarak farklı bitkisel yapılar elelenmektedir. Bu yapılar morfolojik tutarlılığın sağlanması amacıyla farklı polarizasyonlardaki yapılarla karşılaştırılmakta ve biyolojik büyüme kıstaslarının yardımıyla kontrol edilmektedir. Son olarak, belirlenen yapılar BBCH göstergesine göre değerlendirilip tarlaların büyüme evreleri belirlenmektedir. Önerilen yöntem TerraSAR-X uydu verileri ile test edilmiş olup, tek bir uydu görüntüsü üzerinden başka bir veriye ihtiyaç duymadan uygulanabilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Çeltik, geri-saçılım, bitki morfolojisi, ikili polarizasyon, YAR

ABSTRACT

GROWTH STAGE DETERMINATION OF RICE FIELDS: PRELIMINARY RESULTS

The objective of this study is to provide an efficient method to determine the growth stages of rice fields by polarimetric SAR (PoLSAR). The proposed approach is based on two main components: a theoretical back scattering model and a proposed solution-space search algorithm. The solution-space is generated using the scattering model for different linear polarization settings. Later, sets of structures are filtered using the intensity values of the acquired SAR data. Next, filtered values of different polarizations are matched for their morphological consistencies. Then, resulting set of structures are confirmed with respect to growth constraints. Finally, the growth stages of fields are determined by means of the BBCH scale. Proposed method is tested over co-polar (HH, VV) TerraSAR-X (TSX) data. Also the proposed algorithm is carried out by exploiting a single acquisition, without other additional information.

Keywords: Paddy rice, backscattering, plant morphology, dual polarization, SAR

1. GİRİŞ

Çeltik tahıl olarak tarih boyunca dünya ekonomisindeki en önemli ürünlerden biri olmuştur. Bu nedenle çeltik tarlalarının uzaktan algılama yöntemleri ile izlenmesi, hassas tarımın önemli bir çalışması haline gelmiştir. Sonuç olarak bu yöntemle tarlaların büyüme evresi, toplam ürün miktarı ve hastalık durumu gözlenebilmektedir.

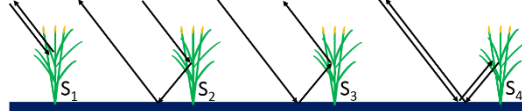
Bu çalışma morfoloji etkisinde olan bir saçılım modelinin yardımıyla çeltik tarlalarının büyüme evrelerinin belirlenmesi üzerine gerçekleştirilmektedir. Bu amaç dâhilinde daha önce gerçekleştirilmiş analize (Erten v.d., 2014) ek olarak, aynı amaç için çözüm uzayı arama algoritması önerilmektedir. 2013 yılında elde edilen ikili polarizasyona (YY, DD) sahip TerraSAR-X görüntüleri algoritmanın geliştirilmesi ve kontrol edilmesinde kullanılmış olup aynı zaman zarfında temin edilen yerel referans verileri ile simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.

Sunulan çalışmanın orijinalliği dünya üzerinde kullanılmakta olan farklı tarımsal yöntemlerden gelmektedir. Bitkisel morfolojiye bağlı olan geri saçılım modelinin kullanılması ile çevresel etkileri minimize etmekte ve sadece bitkinin yapısına yoğunlaşmayı sağlamaktadır. Ancak, aynı bitkilerde olduğu gibi karmaşık modellerin de çok sayıda parametresi bulunmaktadır. Bu nedenle analitik bir çözüm sunmak mümkün olmamaktadır. Önerilen algoritma her morfolojik parametreyi ve farklı doğrusal hesaplanan saçılım genliklerini içeren bir çözüm uzayı oluşturmaktadır.

Bu çalışma 3 bölümde gruplanabilir. 2. Kısım'da büyüme evresinin belirlendiği algoritma özetçe açıklanmış olup, 3. Kısımda ise çalışma alanı ve analiz sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 1. BBCH göstergesi açıklaması

BBCH	Açıklama	BBCH	Açıklama
00-09	Çimlenme	50-59	Baş bağlama
10-19	Yaprak gelişimi	60-69	Çiçeklenme
20-29	Kardeşlenme	70-79	Meyve oluşumu
30-39	Gövde uzaması	80-89	Olgunlaşma
40-49	Açılış evresi	90-99	Aşırı olgunlaşma



Şekil 1. Modelde bulunan saçılım mekanizmaları

2. BÜYÜME EVRESİNİN BELİRLENMESİ

2.1 Büyüme Evresi Yönergesi: BBCH

Çeltik bitkisinin büyüme süresinde üç ana evre mevcuttur. Bu evreler sırasıyla vejetatif, üreme ve olgunlaşmadır. Her bir evre kendisine özel morfoloji ve fenolojiye sahiptir. Ortak bir değerlendirme yapabilme amacı ile tüm tahıl türleri için BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) göstergesi önerilmiştir (Lancashire v.d. 1991). Bu gösterge 0'dan 99'a kadar değişim göstermektedir. İlgili gösterge çizelge 1'de sunulmuştur. Bahsi geçen BBCH göstergesinin özelliği morfolojik özelliklere dayalı olmasıdır. Ayrıca, bir tarlaya büyüme evresinin atanması durumunda, BBCH göstergesi gereği bu evrenin bitkilerin %50'si için geçerli olması gerekmektedir (Meier, 2001).

2.2 Teorik Geri Saçılım Modeli

Belirlenen bölge homojen bir biçimde dağıtılmış bitkiler ve zemini oluşturan su yüzeyi olarak modellenmiştir. Her bitki gövde, kardeş, yaprak ve salkımlardan oluşmaktadır. Modele dâhil edilen bu yapılan BBCH göstergesine uyumlu olması amacıyla seçilmiştir. Model içinde gövde, kardeşler ve salkımlar sonlu silindir (Karam v.d., 1988) olarak, yapraklar ise eliptik disk (Karam v.d., 1989) şeklinde göz önüne alınmıştır.

Toplam saçılım miktarı, farklı saçılım mekanizmalarından gelen etkilerin koherent toplamı ile elde edilmektedir. Sonraki basamakta ise Monte Carlo yaklaşımı kullanılarak ortalama değer hesaplanmaktadır. Bu çalışmada 100 farklı gerçekleştirme kullanılmıştır.

Modelde (θ_i, φ_i) açılarında gönderilen elektromanyetik dalga \bar{E}^i ile geri gelen \bar{E}^s arasındaki ilişki saçılım mekanizmaları ile açıklanmaya çalışılmaktadır.

$$E_q^s(\vec{r}) = \frac{e^{ikr}}{r} (S_1 + S_2 + S_3 + S_4) E_p^i \quad (1)$$

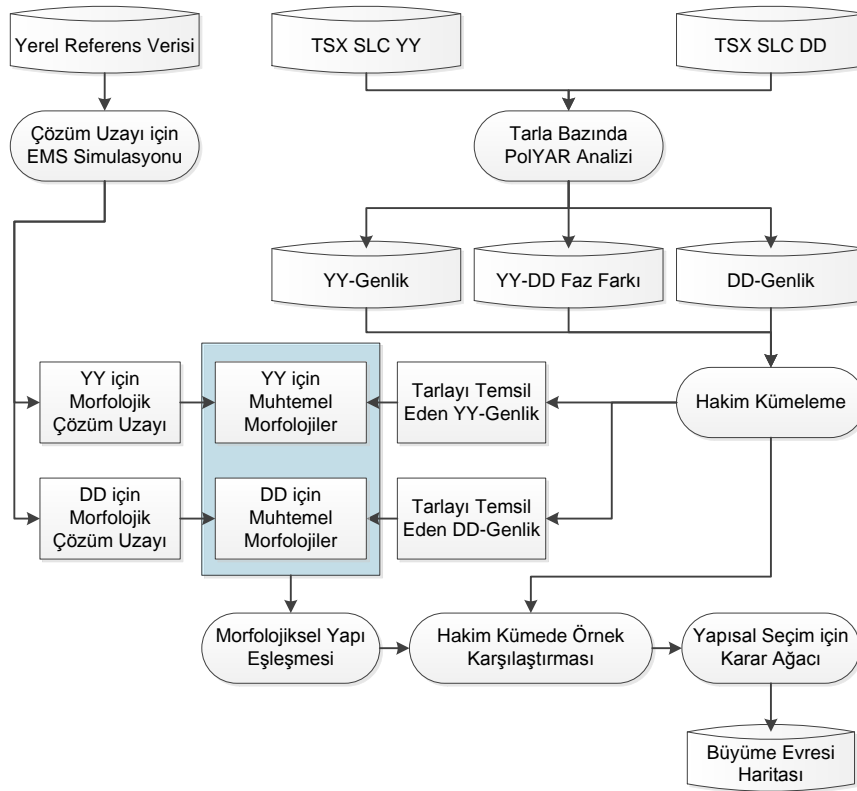
Yukarıda yer alan (1) numaralı denklemde S_n ifadeleri Şekil 1'de de gösterildiği üzere farklı saçılım mekanizmalarını temsil etmektedir. Bunlar: hacim saçılımı (S_1), çift sekme (S_2, S_3) ve üçlü sekme (S_4) saçılımlarıdır. İlgili saçılımların fonksiyonları ise (2-5) nolu denklem grubunda sunulmuştur.

$$S_1 = \sum_{st} \sum_{j=1}^{N_{st}} f_{qp}^{st}(\pi - \theta_i, \pi + \varphi_i; \theta_i; \varphi_i) e^{i[\bar{k}_p^i - \bar{k}_q^s] \cdot \vec{r}_j^{st}} \quad (2)$$

$$S_2 = \sum_{st} \sum_{j=1}^{N_{st}} R_q(\theta_i) f_{qp}^{st}(\theta_i, \pi + \varphi_i; \theta_i, \varphi_i) e^{i[\bar{k}_p^i - \bar{k}_q^s] \cdot \vec{r}_j^{st}} \quad (3)$$

$$S_3 = \sum_{st} \sum_{j=1}^{N_{st}} f_{qp}^{st}(\pi - \theta_i, \pi + \varphi_i; \pi - \theta_i, \varphi_i) R_p(\theta_i) e^{i[\bar{k}_p^i - \bar{k}_q^s] \cdot \vec{r}_j^{st}} \quad (4)$$

$$S_4 = \sum_{st} \sum_{j=1}^{N_{st}} R_q(\theta_i) f_{qp}^{st}(\theta_i, \pi + \varphi_i; \pi - \theta_i, \varphi_i) R_p(\theta_i) e^{i[\bar{k}_p^i - \bar{k}_q^s] \cdot \vec{r}_j^{st}} \quad (5)$$



Şekil 2. Önerilen yaklaşımın akım şeması

Denklem 2-5'te;

- st : Saçılgaç türü (gövde, kardeş, yaprak ve salkım),
- N_{st} : İlgili saçılgaç sayısı,
- f_{qp}^{st} : Saçılım matrisinin, q ve p polarizasyon biçiminin elemanı,
- $k_{qp}^{i,s}$: Geri saçılım dalgasında yer alan yayılım vektörü
- r_j^{st} : Konum vektörü
- $R_{qp}(\theta_i)$: Fresnel katsayısı

Bitki tabakasının gerçekleştirilmesinde, bitkilerin piksel içindeki konumları homojen dağılım takip edilerek rasgele belirlenmiştir. Son basamakta, geri-saçılım katsayısı denklem 6 ile hesaplanmaktadır.

$$\sigma_{qp} = \frac{4\pi r^2 \langle |E_q^s|^2 \rangle}{A |E_p^i|^2} \quad (6)$$

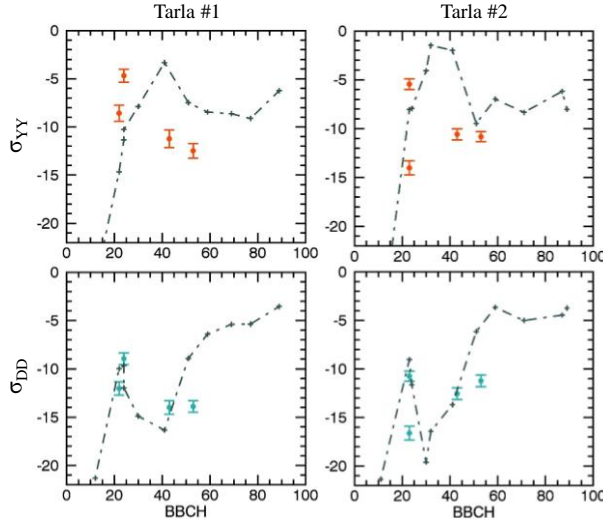
Yukarıda yer alan 6 nolu denklemde A, çalışma alanının boyutunu temsil etmektedir. Geri-saçılım katsayısının belirlenebilmesi için:

- Gövde ve kardeşler: Su yüzeyi üstünde kalan gövde boyu (h), gövde çapı (d), dielektrik katsayısı (ϵ_s), eğilim açıları, m² başına düşen bitki sayısı (n_s) ve bitki başına düşen kardeş sayısı (n_T).
- Yapraklar: Yaprak genişliği (w), yaprak uzunluğu (l), yaprak kalınlığı (t), dielektrik katsayısı (ϵ_l), eğilim açıları, kardeş başına düşen yaprak sayısı (n_L)

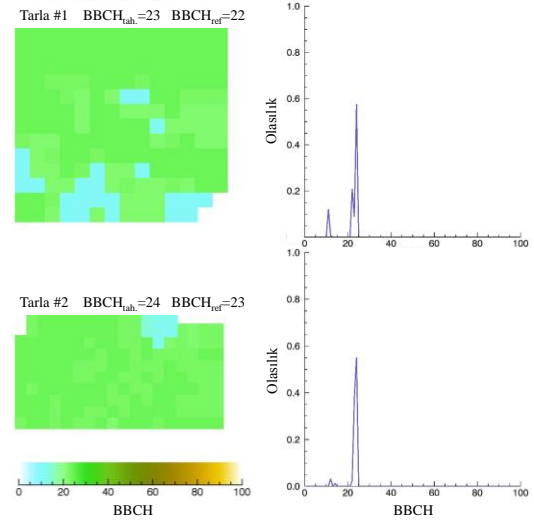
2.3 Önerilen Çözüm Uzayı Arama Metodu

Bu çalışma çeltik bitkisinin büyüme evrelerinin belirlenmesi konusuna yoğunlaşmaktadır. Bu amaçla, istatistiksel yöntemlerden farklı olarak (Lopez-Sanchez v.d., 2012) elektromanyetik dalganın saçılımına bağlı olarak bir yöntem kullanılmıştır. Bu tip modellerde bitkinin sahip olduğu karmaşık morfolojiden ötürü analitik bir inversiyon mümkün olmamaktadır.

Önerilen yaklaşımda problemi basitleştirmek üzere 6 farklı morfolojik parametre seçilmiştir. Bu parametreler: Bitkinin su yüzeyindeki boyu, gövdenin çapı, yaprak genişliği, yaprak uzunluğu ve bitki başına düşen kardeş ve yaprak sayılarıdır. Bunlara ek olarak hesaplama maliyetini azaltmak üzere diğer parametreler ya sabit olarak kabul edilmiş ya da model parametrelerinden biri ile arasında yüksek bağlantı olması durumunda bu ilişkiden yararlanılarak hesaplanmıştır. Önerilen yaklaşımın temel basamakları Şekil 2'de yer alan akım şemasında özetlenmiştir.



Şekil 3. Yerel referans verilerinden YAR geri saçılım genliklerinin zamansal davranışı.



Şekil 4. Tahmin edilen BBCH evresi. Gürültüyle önmek amacı ile 9x9 piksellik bir yumuşatma yapılmıştır.

Önerilen çalışma ilk başında iki ana koldan oluşmaktadır: Yerel verilerin simülasyonu ve uydu görüntülerinin analizi. Yerel verilerin simülasyonu kısmında öncelikle elektromanyetik saçılım modeli kullanılarak her polarizasyon için 7 boyutlu çözüm uzayı yaratılmaktadır. Bu çözüm uzayında morfolojik parametreler ve onlara karşılık gelen geri saçılım genliği yer almaktadır. YAR görüntülerinin analizi kısmı ise PolYAR analizi ile başlamaktadır. Bu analiz basamağında YY (yatay-yatay) ve DD (dikey-dikey) genlik değerleri ile bu polarimetrik kanallar arasında faz farklı hesaplanmaktadır. Bu üç açıklayıcı parametre ile oluşturulan uzayda tarla ile ilgili olan elimizde olan tüm saçılım bilgileri yer almaktadır. Sonraki basamakta, büyüme evresinin BBCH göstergesine uygun olarak belirlenmesi amacıyla tarla dâhilinde yer alan baskın morfolojiye ulaşılması gerekmektedir. Bu amaçla polarimetrik açıklayıcı uzayı K-ortalama yöntemi ile kümelere ayrılmış olup baskın olan kümeye ulaşılmıştır. Bahsi geçen kümeleme yaklaşımı ile hem tarla bazındaki varyans azaltılmış hem de sadece belirli bir morfolojiye yoğunlaşmaya çalışılmıştır. Önerilen analizin bundan sonraki basamaklarında tarlalar için bu baskın kümeye dâhil olan pikseller üzerinden hesaplanan genlik değerleri kullanılmıştır. Önerilen yöntemin devamında referans verileri kullanılarak yaratılmış olan çözüm uzayı ile tarlaları temsil eden genlik değerleri karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sırasında genlik değerinin sahip olduğu değer ve tarlanın ilgili polarizasyonda sahip olduğu genliğin varyansı kullanılarak bir ilgili çözüm uzayında bir bant yaratılmakta ve bu bant içerisinde kalan morfoloji vektörleri sonraki basamaklar için saklanmaktadır. Bir sonraki basamak olan tutarlılık kontrolü, önerilen algoritmada ayrı bir öneme sahiptir. Bilinmektedir ki gönderilen dalga hangi polarizasyona sahip olursa olsun aynı fiziksel hedef ile etkileşime girmektedir. Bu yüzden farklı polarizasyonlardan elde edilen muhtemel morfolojik yapıların birbirleri ile tutarlı olmaları gerekmektedir. Bu noktada YY ve DD'nin genlik değerleri tarafından kısıtlanmış çözüm uzayına ait olan morfolojik yapılar karşılaştırılarak ortak fiziksel yapılarla ulaşılmaktadır. İlgili genlik değeri için elde edilen fiziksel yapı sayısının birden fazla olma ihtimali göz önüne alınarak hâkim kümede morfolojiksel karşılaştırma basamağı uygulanmaktadır. Bu basamak sırasında tüm piksellerin analizi ile elde edilen morfoloji kümeleri karşılaştırılmakta ve olasılık ile fiziksel benzerlik analizleri sayesinde en mümkün olan morfoloji seçilmektedir. Son olarak da bu seçilmiş olan morfolojik yapı BBCH göstergesinin belirlediği kısıtlara göre büyüme evresi olarak yorumlanmaktadır.

3. DENEYSEL ÇIKTILAR VE SONUÇLAR

Çalışma Edirne ilinin İpsala ilçesinde yer alan çeltik tarlalarında gerçekleştirilmiştir. Bölgedeki çeltik tarımı genel olarak Mayıs ve Eylül arasında yapılmaktadır. Bu bildiriye sunulan çalışmada 2013 yılına ait olan saha ve uydu verisi kullanılmıştır. İkili polarizasyona (YY-DD) sahip olarak sipariş edilen uydu görüntüleri toplam 4 adet olmak üzere sadece vejetatif (2), ve üreme evrelerinde (2) temin edilebilmiştir.

Elektromanyetik geri-saçılım modeli temel alınarak gerçekleştirilen simülasyonlar 9.65 GHz frekansında (X-Bant) ve 31°'lik bir bakış açısı ile tamamlanmıştır. Bu simülasyonların sonuçları Şekil 3'de verilmektedir. YY polarizasyonun hesaplanmış zamansal davranışı incelendiğinde üreme evresi (BBCH 40-69) süresince olması gerekenden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ancak vejetatif evre süresince her iki polarizasyon da ümit verici sonuçlar vermektedir. Buna ek olarak unutulmaması gereken bir diğer nokta da analizler boyunca sabit tutulan parametrelerin geri-saçılım genlikleri üzerindeki etkileridir. Bu parametrelerin etkileri 2014 yılındaki çalışmalar sonrasında değerlendirilecektir.

Önerilen yöntemin sonucunda elde edilen büyüme evresi haritaları Şekil 4’te sunulmuştur. Bu sonuçlar bu çalışma dâhilinde önerilen yöntemin büyüme evrelerini vejetatif evrede etkili bir biçimde tahmin ettiğini göstermektedir. Ayrıca, tarlaların içinde yer alan heterojen fiziksel yapı dağılımı gözlemlenebilmektedir. Tarla bazında görülmekte olan bu fiziksel düzensizlik rüzgâr gibi çevresel faktörlerden ya da bitkilerin sahip olduğu büyüme hızlarındaki farklılıklardan kaynaklanabilmektedir.

Sonuç olarak, sunulmakta olan bu bildirinin ana fikri çeltik tarlalarının büyüme evrelerinin tahmin edilmesidir. Bu amaçla önerilen yöntem farklı polarizasyonlar için geri saçılım değerlerinin elektromanyetik saçılım modeline bağlı olarak hesaplanmasıyla ve çözüm uzayının hazırlanmasıyla başlamaktadır. Devamında temin edilmiş olan YAR görüntüsünün de kullanılmasıyla bu çözüm uzayının örnekleri eksiltilmekte ve son olarak büyüme evreleri olasılık bazında her piksel için belirlenmektedir.

Gelecekte planlanmakta olan çalışmalarda öncelikle modelin tüm büyüme evrelerini kapsamaya sağlanacaktır. Buna ek olarak salkımların neden olduğu saçılım, bitkilerdeki nem içeriği ve son evredeki yüzey etkisi 2014 yılındaki çalışma sonrasında eklenecektir. Ayrıca önerilmekte olan algoritma RADARSAT-2 uydusundan alınacak olan C-Bandında olan veriler ile de denenecektir.

Görülmektedir ki bu çalışma ile çeltik tarlalarındaki hastalıklı bölgeler, hasat miktarı veya gelişme problemi yaşayan bölgeler mekânsal analizler sonrasında belirlenebilecektir. Ayrıca, son zamanlardaki iklim değişikliği konusundaki eğilime bağlı olarak, metan gazının kaynaklarından biri olan çeltik tarlalarının sahip olduğu salım akısı hesaplanabilecektir. Bu gelişme ile hem tarlalar üzerinde tarımcıların kontrolü artmış olacak hem de yerel ve bölgesel yönetimlerin ürünler ile ilgili detaylı bilgilere kolaylıkla ulaşması sağlanacaktır.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 113Y446 nolu proje ve Alman Uzay Ajansı XTILAND1476 nolu proje ile desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Erten, E., Yuzugullu, O.,** 2014. “Observation of phenological changes by using dual polarization SAR data.” *In Signal Processing and Communications Applications Conference, IEEE (SIU)*, 2014 22nd, 116-119.
- Karam, M. A., & Fung, A. K.,** 1989. Leaf-shape effects in electromagnetic wave scattering from vegetation. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 27(6), 687-697.
- Karam, M. A., Fung, A. K., & Antar, Y. M.,** 1988. Electromagnetic wave scattering from some vegetation samples. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 26(6), 799-808.
- Lancashire, P. D., Bleiholder, H., Boom, T. V. D., Langelüddeke, P., Stauss, R., Weber, E., Witzemberger, A.,** 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*, 119(3), 561-601.
- Lopez-Sanchez, J. M., Cloude, S. R., & Ballester-Berman, J. D.,** 2012. “Rice phenology monitoring by means of SAR polarimetry at X-band”, *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 50(7), 2695-2709.
- Meier, U.,** 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants. BBCH monograph. *German federal biological research centre for agriculture and forestry, Berlin*.