

ÇUKUROVA BÖLGESİNDE BUĞDAY VERİMLİLİĞİNİN KONUMSAL BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA MODELLENMESİ

Onur ŞATIR* ve Süha BERBEROĞLU*

* Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü 01330 Adana, E-mail: osatir@cu.edu.tr, suha@cu.edu.tr.

ANAHTAR KELİMELELER: Buğday verimliliği (rekoltesi) tahmini, vejetasyon indisleri, dönemsel yağış, adimsal regresyon, Çukurova Bölgesi.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Çukurova Bölgesi'nde Aşağı Seyhan Ovası'nda (ASO), buğday verimliliğinin adimsal regresyon yöntemiyle modellenerek gerçek hasat verileri ile sonuçların test edilmesidir. Ayrıca ASO ve yakın çevresindeki iklim istasyonlarından alınan yağış verilerinin, buğday verimine olan etkisi de ortaya konmuştur. Bu çerçevede, Landsat TM/ETM+ verilerinden üretilen vejetasyon indisleri (NDVI, SAVI, GVI, PVI, WdVI, NDWI, TasscapMOIST) ve iklim verileri kullanılarak buğdayın büyüme periyodları ile ilişkilendirilerek buğday verimliliği tahmin edilmiştir. Çalışma alanı çevresindeki 13 meteoroloji istasyonundan alınan yağış verileri, buğdayın gelişme dönemlerindeki toplam yağış, diğer çevresel veriler ile birlikte co-kriging yöntemiyle haritalanarak modelde kullanılmıştır. Bölgedeki buğday verimi, ortalama %7.6'lık (39 kg/da) hatayla tahmin edilmiştir. Dönemsel yağış verilerinin büyüme periyodları ile ilişkilendirilmesi sonucunda yağışın zamansal dağılımının buğday verimine olan etkisi saptanmıştır.

1. GİRİŞ

Mevcut tarımsal peyzajın korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilirliği, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ciddi bir sorun olmuştur. FAO (2013) verilerine göre, Türkiye, halen ürettiği buğdayın iki katından fazlasını üretebilecek bir potansiyele sahiptir. Bu üretimin yapılamamasının nedenleri, tarım alanlarının bölünmesi, tarımsal maliyetlerin fazla olması ve çiftçiliğin giderek azalması gösterilebilir. Buna, tarım arazilerinin tarım dışı kullanılması sorununu da eklediğimizde tarımsal alan kullanımının planlanması konusunun önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

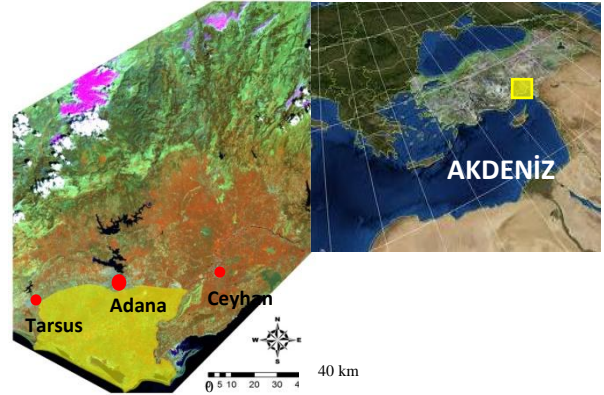
Tarımsal verimliliğin doğru bir şekilde belirlenmesi ve verime dayalı bir yönetim modeli oluşturulması, bu kapsamda da iklimsel etkiler gibi bölgesel değişkenlerin etkilerinin ortaya konması doğru yönetim sistemlerinin oluşturulması için gereklidir.

Uzaktan algılama ve küresel konumlandırma teknolojileri ürün verimliliğindeki yersel değişkenliklerin değerlendirilmesinde kullanılabilir (Taylor ve ark. 1997). Ürün verimliliğinin ve fenolojisinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda ağırlıklı olarak optik uzaktan algılama sistemlerinden alınan vejetasyon indislerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu indislerin bir kısmı doğrudan deneysel modeller yardımıyla bir kısmı ise mekanik veya işlem tabanlı modellerde altlık olarak kullanılmıştır. (Singh ve ark. 2001 Lobell ve ark., 2003).

Bu çalışmada, Landsat TM/ETM uydu verileri ve adimsal regresyon yöntemi kullanılarak Aşağı Seyhan Ovası (ASO) bölgesinde buğday verimliliği tahmin edilmeye ve dönemsel yağış rejiminin buğday verimliliğine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı, Türkiye'nin en verimli ovalarından birisi olan Çukurova'nın Aşağı Seyhan Ovası (ASO) olarak adlandırılan bölümüdür. Doğuda, Ceyhan Nehri, batıda Berdan Nehri, kuzeyde Tarsus-Adana-Gaziantep Otoyolu ve güneyde Akdeniz arasında kalan yaklaşık 220.000 ha'lık alanı kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanının Konumu

Bu bölge, ekme-kaliteli buğdayın yanı sıra, pamuk, mısır, karpuz ve narenciye üretiminde de Türkiye'nin en verimli bölgelerindedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

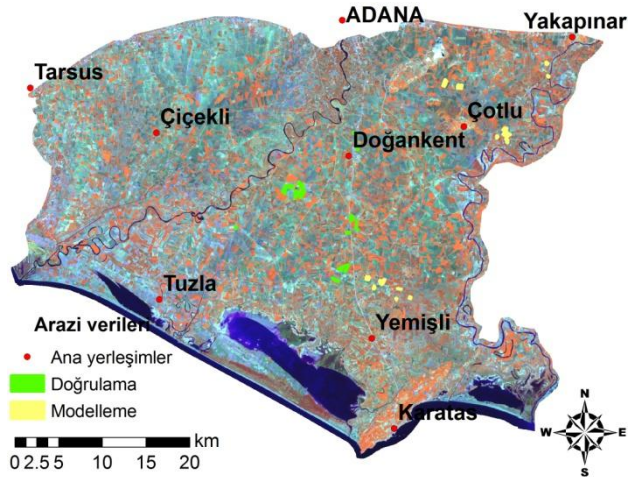
Bu çalışmada, toplamda 3 temel veri kullanılmıştır. Bunlar: i) 24 Mart 2011 Landsat TM/ETM verisi; ii) Çiftçi anketlerinden elde edilen buğday ürün rekoltesi ve iii) ürün dönemleri verileriyle çalışma alanı içi ve çevresindeki iklim istasyonlarından temin edilmiş yağış verileridir.

3.1.1. Landsat TM/ETM Verisi

Araştırmada tek zamanlı 2011 yılına ait Landsat verisi kullanılmıştır. Bu verinin zamanı ASO bölgesindeki buğdayın en belirgin olduğu zaman aralığında alınmıştır. Bu dönem 20 Mart – 10 Nisan arasındadır. Bu tarih aralığında belirlenen en uygun Landsat verisi 24 Mart 2011 tarihinde çekilmiştir. Landsat verileri geniş arşiv olanakları, ücretsiz olmaları ve tarımsal verimlilik konusunda ideal yersel çözünürlükte (30X30) olması açısından ön plana çıkmaktadır. Ayrıca Landsat 8 verisi Şubat 2013 içerisinde fırlatılmış ve Haziran 2013'de bilimsel çalışmalarda ücretsiz olarak kullanıma açılması hedeflenmektedir. Bu nedenle, gelecekteki çalışmalarda da benzer yöntemlerle kullanılabilirliği açısından Landsat verisi seçilmiştir.

3.1.2. Hasat ve Yönetsel Veriler

Çalışma alanının en verimli ve verimsiz bölgelerinden toplamda 40 parselden hasat ve yönetsel veriler toplanmıştır. Buğdayın ekim ve hasat zamanları ve ara gelişim dönemlerinin zamansal dağılımları ile ilgili veriler arazi çalışmalarıyla birlikte çiftçiler ile yapılan mülakatlar sonucu elde edilmiştir. Buna göre, çimlenme, kardeşlenme, sapa kalkma, başaklanma ve olgunlaşma olarak 5 farklı zamanda, buğdayın toplam yağışa verdiği tepkiler değerlendirilmiştir. Ayrıca 33 parselden rekolte değerleri kg/da cinsinden ortalama olarak toplanmış ve Landsat verisiyle ilişkilendirilerek, doğrusal bir verim tahmin modeli geliştirilmesinde kullanılmıştır. Bu verilerden 22 parsel modeli oluşturmada, 11 parsel ise tahminlerin doğrulukların test edilmesinde kullanılmıştır (Şekil 2).

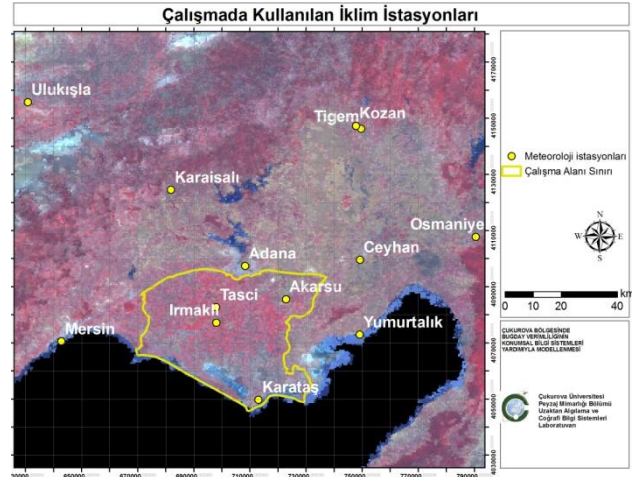


Şekil 2. Rekolte verilerinin toplandığı parseller ve konumsal dağılımları

3.1.3. Yağış Verileri

Çalışma alanı ve çevresindeki 13 iklim istasyonundan alınan aylık toplam yağış verileri buğdayın gelişme zamanlarına göre ANUSPLIN yazılımı kullanılarak haritalanmıştır. Bu kapsamda, 10 yağış verisi devlet meteoroloji istasyonlarından, geriye kalan

3 tanesi ise çiftçilerin kurduğu istasyonlardan temin edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. İklim istasyonlarının konumları

3.2. Yöntem

Çalışma 5 farklı aşamadan oluşmaktadır. i) Buğday alanlarının belirlenmesi için parsel tabanlı sınıflamanın yapılması, ii) vejetasyon indislerinin üretilmesi, iii) yağış verilerinin haritalanması, iv) verim tahmin modelinin geliştirilmesi ve v) yağış verim ilişkilerinin tahmini.

3.2.1. Buğday Alanlarının Haritalanması

Buğday alanlarının belirlenmesinde, buğdayın en yeşil olduğu zaman ve hasat edildiği zamana ait Mart ve Haziran 2011 yılı Landsat verileri obje tabanlı olarak sınıflanmıştır. Objeye tabanlı sınıflama yöntemi benzer yansıma özelliklerine sahip pikselleri homojen alanlara dönüştürerek görüntüyü obje tabanlı olarak sınıflar. Özellikle belirli bir şekle ve bütünlüğe sahip alanların sınıflanmasında (tarım, yerleşim, yol vb.), piksel tabanlı oluşan sorunların giderilmesinde çok başarılı olduğu bilinen bir sınıflama yaklaşımıdır (Şatır ve Berberoğlu 2012). Uygulanan yöntem 3 aşamadan oluşmakta; bölütleme (segmentasyon), sınıflama ve düzeltme. Bölütleme aşamasında, ölçek faktörü, karmaşıklık ve şekil faktörleri her bir görüntü objesinin niteliğini belirler. Ölçek faktörü bir objedeki en az piksel sayısını, şekil faktörü her bir oluşacak objenin, mevcut görüntüdeki şekilsel bütünlüğünün ne kadar dikkate alınması gerektiğini, karmaşıklık faktörü ise her bir obje belirlenirken yansıma farklılıklarının ne kadar hassas olması gerektiğini belirler. Bu değerler her bir çalışma için farklı olup, kullanıcı tarafından alana özgü olarak denemelerle belirlenebilir.

3.2.2. Vejetasyon İndislerinin Üretilmesi

Buğday ürün verimliliğinin belirlenmesinde Landsat uydu verisinden üretilen 7 farklı indis kullanılmıştır. Literatürde, buğday ürün verimliliğinin belirlenmesinde en çok kullanılan NDVI, dikey vejetasyon indeksinin (PVI) ve yeşil vejetasyon indeksinin (GVI) (Singh ve ark. 2006) yanı sıra, verime etkisi olan bitki ve toprak değişkenleriyle ilişkili normalize edilmiş su indeksi (NDWI), Landsat nem indeksi (tasscapMOIST), toprak

etkisi azaltılmış vejetasyon indeksi (SAVI) ve ağırlıklandırılmış fark vejetasyon indeksleri de (WDVI) istatistiksel tahmin modelinin oluşturulmasında girdi verileri olarak kullanılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Verim tahmininde kullanılan Vejetasyon indisleri ve özellikleri

İndeks	Hesaplama eşitliği	Özellik	Kaynak
NDVI	$b4 - b3 / b4 + b3$	Bitki klorofil içeriği	Rouse ve ark. (1973)
NDWI	$b4 - b5 / b4 + b5$	Bitki su içeriği	Gao (1996)
SAVI	$(b4 - b3 / b4 + b3 + L) * (1 - L)$	Bitki klorofil içeriği	Huete (1988)
PVI	Pisagor teorisi (toprak çizgisine dikey uzaklıklar farkı)	Fotosentez miktarı	Thiam (1999)
WDVI	$b4 - S_L * b3$	Bitki klorofil içeriği	Richardson ve Wiegand (1977)
GVI	$(b1 * -0.2848) + (b2 * -0.2435) + (b3 * 0.5436) + (b4 * 0.7243) + (b5 * 0.0840) + (b7 * -0.1800)$	Bitki yeşil aksanı	Mather (1999)
MOIST	$(b1 * 0.2626) + (b2 * 0.2141) + (b3 * 0.0926) + (b4 * 0.0656) - (b5 * 0.7629) - (b7 * 0.5388)$	Toprak su içeriği	Huang ve ark. (2002)

3.2.3. Yağış Verilerinin Haritalanması

Yağış verilerinin haritalanmasında ANUSPLIN paket yazılımı kullanılmıştır (Hutchinson, 2004). Bu yazılım Hutchinson (1995) tarafından geliştirilen ince yüzey yumuşatma şeritleri algoritmasını kullanarak çalışmaktadır. Bu yöntemin farklı uygulama şekilleri vardır. Bu kapsamda en az hatayı veren 3 bağımsız değişkenli kombinasyonu içeren (SplineB) modülü kullanılmıştır (New ve ark., 1999, 2002). Bu kapsamda enlem, boylam ve yükseklik verilerine dayalı olarak haritalama işlemi yapılmıştır. Ayrıca bu yöntemin kullanılması kolay ve veri seti büyük olsa da haritalama hızı yüksektir.

3.2.4. Verim Tahmin Modelinin Geliştirilmesi

Regresyon bir bağımlı değişken olan Y ve tahmin edici bağımsız değişkenler olan x_1 den oluşmaktadır (Chatterjee and Price, 1991):

$$Y = b_0 + b_1.x_1 + b_2.x_2 + \dots + b_p.x_p \quad (1)$$

b_0 sabit değeri ve b_1 de x_1 (yansıma bandı) in katsayısını ifade etmektedir. Doğrusal regresyonun en önemli avantajı kolay uygulanabilir olmasıdır. Çoklu regresyon yöntemi, uygulanabilir ve güvenilir bir yöntem olmasına karşın tüm tahmin değişkenlerinin birlikte kullanılması, sonucu olumsuz etkileyebilmektedir (Berberoglu ve ark. 2009). Bu nedenle bazı değişkenler adimsal regresyon yöntemleri kullanılarak elimine

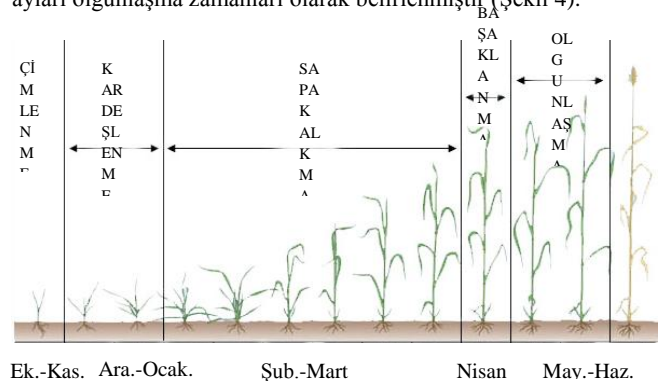
edilmiştir. En anlamlı ve doğru model detereminasyon katsayıları ve tanımlama değerleri (alpha "p") göz önünde bulundurularak seçilmiş ve buğday ürün verimliliğinin tahmininde kullanılmıştır.

3.2.5. Yağış Verim İlişkilerinin Saptanması

Buğdayın 5 farklı gelişim dönemindeki toplam yağış verileri, tüm alandaki buğday verimiyle ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkilendirmede, buğday verimine göre en azdan maksimuma 5 farklı kategoride yeniden sınıflama yapılmıştır. Her bir kategorideki ortalama toplam yağış ve ortalama verim ilişkilendirilmiştir. Bu kapsamda pearson korelasyonuna dayalı ikili değerlendirme matrisi yapılmış ve gelişme dönemlerindeki yağışların verim üzerindeki ilişkisi genel olarak saptanmıştır.

4. BULGULAR

Çiftçi anketleri verilerine göre buğdayın gelişimi Çukurova Bölgesi'nde Ekim ayı itibarıyla başlamaktadır. Ekim ve Kasım ayları çimlenme, Aralık-Ocak ayları kardeşlenme, Şubat-Mart ayları sapa kalkma, Nisan ayı başaklanma ve Mayıs-Haziran ayları olgunlaşma zamanları olarak belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Çukurova Bölgesi buğday gelişme dönemleri 2010-2011 dönemi

Yağış verilerinin haritalanması, verimle ilişkilendirilmesi ve değerlendirilmesi bu gelişme dönemlerine göre yapılmıştır. Buğday Çukurova Bölgesinde sulanmadan tarımı yapılan bitkilerdendir. Çalışma alanındaki yağış verilerine göre buğday gelişme döneminde çalışma alanına düşen en fazla yağış 800 mm en az yağış 610 mm'dir.

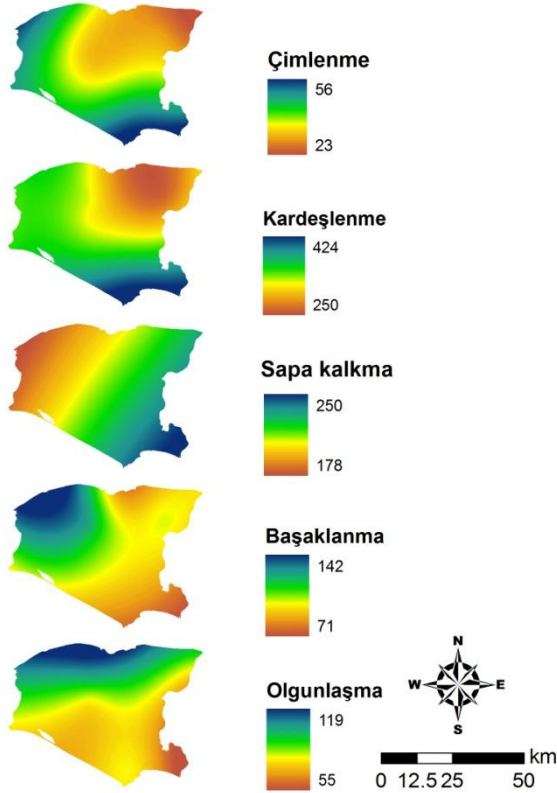
4.1. Yağış Haritaları

13 farklı istasyondan alınan yağış verileri gelişim dönemlerine göre konumsal olarak haritalanmıştır. Bu kapsamda 5 farklı harita oluşturulmuştur (Şekil 5). En fazla yağış kardeşlenme döneminde, en az yağış çimlenme döneminde ovaya düşmüştür (Çizelge 2).

Çizelge 2. Gelişme dönemleri ve yağış 2010-2011

Dönemler	Çim.	Kar.	S.K.	Baş.	Olg.	Top
*Yağış (mm)	39	323	212	101	87	718

* Tüm alandaki ortalama toplam yağış



Şekil 5. Buğday gelişim dönemlerindeki toplam yağışın alansal dağılım haritası (mm)

4.2. Buğday Alanları ve Verimin Haritalanması

ASO'daki buğday alanları, çok zamanlı Landsat verileri yardımıyla obje tabanlı sınıflama yöntemi kullanılarak %98 kappa doğruluğunda belirlenmiştir.

Verim tahmini için Landsat verisinin Mart ayından üretilen 7 vejetasyon indisi kullanılmıştır. Doğrudan Landsat yansıma bantları kullanılmamıştır. Bunun nedeni, atmosferik etkilerden kaynaklanan görüntü kirliliğini azaltmak, gölge etkisini en aza indirmek ve üretilen modelin, belirli standartlardaki verilerin kullanılmasıyla gelecek ve geçmiş yıllara da uygulanabilirliğini sağlamaktır.

Bu çerçevede, modelleme için toplanan hasat verileri, üretilen vejetasyon indisleriyle adımsal regresyon yöntemi kullanılarak ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkilendirmeden çıkan en iyi tahmin modeli seçilerek, tüm buğday alanlarındaki ürün tahmininde kullanılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Verim modeli ve geçerliliği

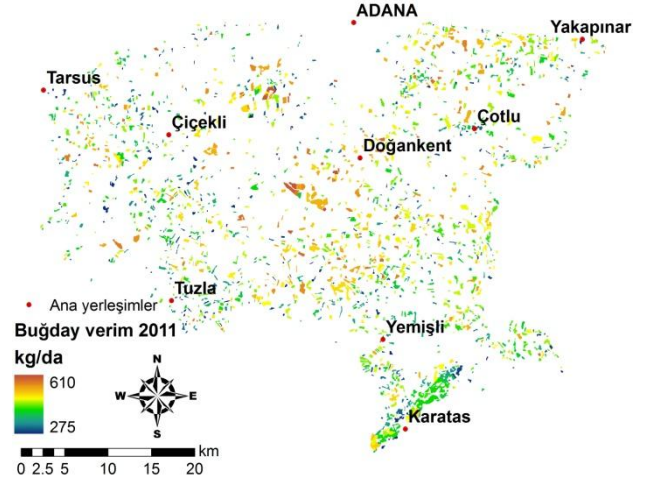
Yöntem	R	R ²	RMSE	F	P
BLR*	0.82	0.67	54.84	7.9	0.003

*BLR (Tümevarım Doğrusal Regresyon)

BLR yöntemiyle elde edilen verim tahmin modelinde en iyi kombinasyon NDVI, NDWI ve MOIST indisleri kullanılarak elde edilen model eşitliğidir. Buna göre, buğdayın su içeriği, toprak nemi ve bitki klorofil miktarı verimle doğrudan ilişkilidir ve bu ilişkiyi en iyi tanımlayan eşitlik ve katsayılar aşağıdaki gibidir:

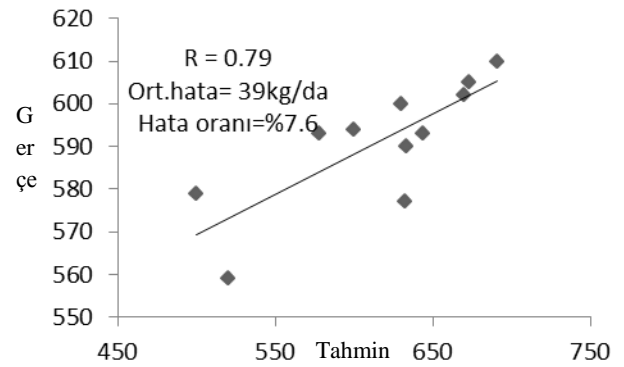
$$\text{Verim} = 166.277 + 30.128 * \text{NDWI} + 631.257 * \text{NDVI} + 903.214 * \text{MOIST} \quad (2)$$

ASO bölgesindeki 2011 buğday verim haritası ve sınıflama sonuçlarına göre; toplamda 18093 ha alanda buğday tarımı yapılmıştır. Tüm bölgedeki ortalama buğday verimi 506 kg/da olarak saptanmıştır. En yüksek verim 610 kg/da ve en düşük verim 275 kg/da olmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. ASO 2011 buğday verimliliği haritası

Modelin tanımlanmasında 22 parselden toplanan hasat verileri kullanılmıştır. 11 parselden toplanan hasat verileri ise yapılan verim tahmininin doğrulanmasında kullanılmıştır. Doğrulama sonuçlarına göre, buğday verim tahmininin ortalama hatası 41 kg/da, hata oranı ise %7.9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 7).

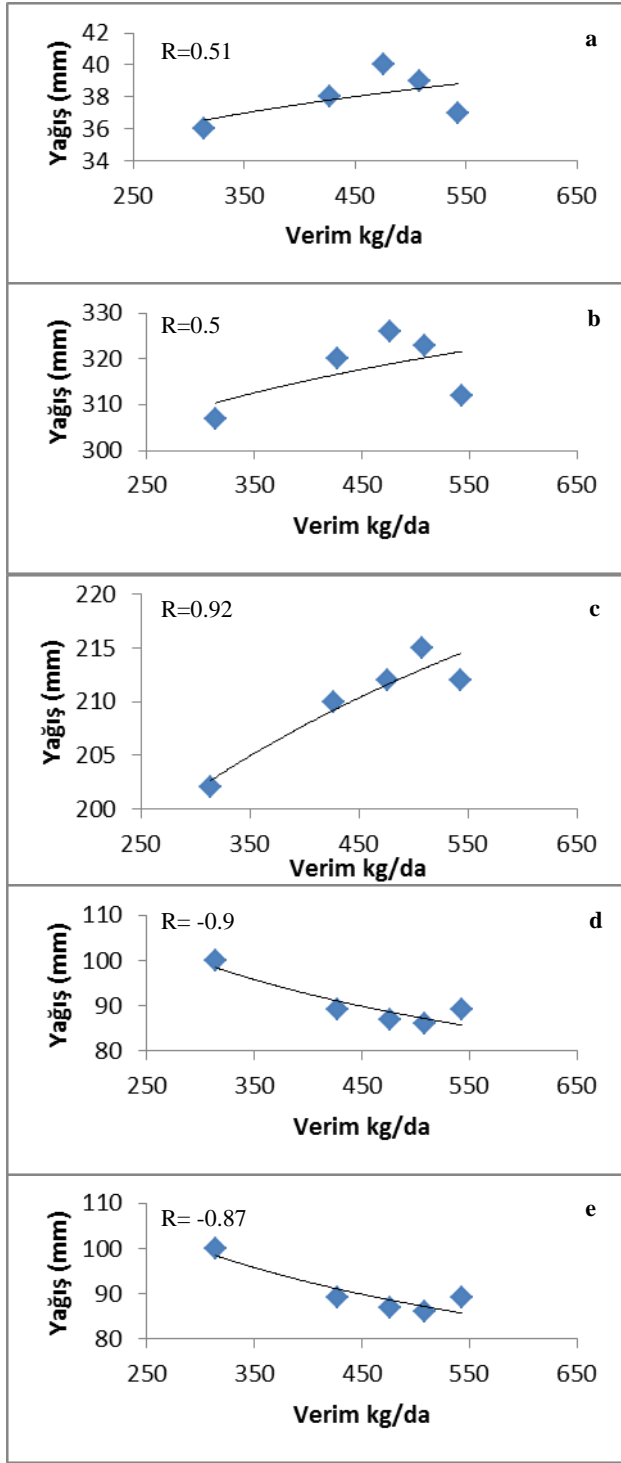


Şekil 7. Verim tahmin doğruluğu

4.3. Dönemsel Yağışın Buğday Verimi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Buğdayın gelişme dönemlerine ait yağış haritaları ve üretilen buğday verimliliği, 5 farklı kategorik verim bölgesinde ortalama dönemsel toplam yağış ilişkileri ele alınarak değerlendirilmiştir. Buğday verimliliği haritası verim miktarına göre eşit olarak en düşükten en yüksek değere, 5 farklı kategoride yeniden sınıflanmıştır. Her bir kategorideki buğday alanlarının verim ortalamaları ve toplam yağış ortalamaları karşılaştırılmıştır.

Bu karşılaştırmalara göre; Buğdayda yağışın verime en olumlu etki ettiği dönem sapa kalkma dönemi, en olumsuz etki ettiği dönemse başaklanma dönemi olarak saptanmıştır. Bu saptamalar, hasat ve dönemsel yağış arasındaki ikili karşılaştırmalar sonucunda ortaya çıkan korelasyon katsayılarına dayalı olarak yapılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Dönemsel yağış verim ilişkisi (a: Çimlenme, b: Kardeşlenme, c: Sapa kalkma, d: Başaklanma, e: Olgunlaşma dönemleri).

Dönemsel yağış ve verim arasındaki ilişki incelendiğinde, buğday gelişiminin çimlenme, kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde aldığı yağışların verime etkisinin olumlu olduğu belirlenmiştir. Başaklanma ve olgunlaşma dönemlerinde ise buğday kurak sezon istemektedir. Yağışın verime olumlu yönde en çok etki ettiği dönem sapa kalkma dönemidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Çukurova Bölgesinin bir parçası olan ASO'sındaki 2011 yılı buğday verimliliği ve buğday gelişim dönemlerindeki yağış rejimi karşılaştırılmıştır.

Buğday veriminin tahmininde, istatistiksel doğrusal regresyon yöntemlerinden adimsal regresyon yöntemi seçilmiştir. Bu yöntem, hasat tahmini için girilen girdi verileri içerisinde aynı nitelikte olanları ve gereksiz olanları eleyebilen bir teknik olduğu için tercih edilmiştir. Bağımlı değişken olarak Landsat verisinden üretilen vejetasyon indisleri kullanılmıştır.

Yapılan tahminlerden elde edilen sonuçlara göre buğday veriminin tahmininde kullanılan yöntemin etkili ve geçerli bir yöntem olduğu saptanmıştır.

Buğday üretimi Çukurova Bölgesi'nde sulamaya çok kurak geçen sezonlar dışında gerek duyulmadan yapılabilmektedir. Bu nedenle, yağışların doğrudan verim üzerine etkisini saptamak mümkündür. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, buğday yeşil kaldığı dönemlerde belirli bir olgunluğa gelene kadar yağışa ihtiyaç duymaktadır. Çimlenme ve kardeşlenme dönemlerinde her ne kadar yağış ve verim arasındaki ilişki doğru yönde olsa da, alandaki toplam buğday verimine en çok olumlu etki sapa kalkma döneminde saptanmıştır.

Başaklanma ve olgunlaşma dönemindeki yağışlar ise verime olumsuz yönde etki etmektedir. Çünkü buğday kök gelişiminin yeterli düzeyde olabilmesi ve olgunlaşması için kurak sezon istemektedir. Bu dönemlerdeki yağışlı sezonlar hasat zamanını geciktirdiği gibi, tane nem miktarını arttırmakta ve buğday kalitesini düşürebilmektedir. Hasat zamanının gecikmesi, Çukurova Bölgesi'ndeki ikincil ürün ekim tarihini de etkilemekte ve ikincil ürünlerde de dönemlerin kaymasından dolayı verim kaybına yol açabilmektedir.

6. Kaynaklar

Berberoglu, S., Satir, O. ve Atkinson., P. M. 2009, Mapping percentage tree cover from Envisat MERIS data using linear and nonlinear techniques, *International Journal of Remote Sensing*, 30: 18, 4747 — 4766.

Chatterjee, S., Price, B. 1991, Regression analysis by example. Wiley: NewYork.

FAO 2013. Economic and Social Development Department "World agriculture towards 2015 – 2030 summary report.

Gao, B. G., 1996. NDWI A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space, *Remote Sensing of Environment* 58 pp. 257 – 266.

Huang, C., Wylie, B., Yang, L., Homer, C. and Zylstra, G. 2002, Derivation of a tasselled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance', *International Journal of Remote Sensing*, 23: 8, 1741 — 1748

Huete, A. R. 1988, A soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment* 17, pp. 37 – 53.

Lobell D.B., Asner, P.G., Monasterio, J.I.O., Benning, T.L. 2003. Remote sensing of regional crop production in Yaqui Vaşşey Mexico: estimates and uncertainties. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 94, pp. 205 – 220.

Mather, P. M., 1999, Computer Processing of Remotely-sensed Images: An Introduction (second edition) (New York: Wiley), ISBN 0-471-98550-3.

Taylor, J.C., Wood, G.A., Thomas, G. 1997. Mapping yield potential with remote sensing. *Precis. Agric.* 1, 713-720.

Richardson, A.J., ve C.L., Wiegand, 1977, Distinguishing vegetation from soil background information, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(2): 1541-1552.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A. ve Deering, D. W. 1973, Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: ERTS Symposium, Third (NASA SP-351 Washington, DC) 1, pp. 309 – 317.

Singh, S.P., Bishnoi, O.P., Niwas, R. ve Singh, M. 2001. Relationship of wheat grain yield with spectral indices. *J.of ISRS*. 29 (1&2) pp. 93-96.

Singh M., Niwas R., Khichar, M.L. ve Yadav, M.K., 2006. Spectral Models For Estimation Of Chlorophyll Content, Growth And Yield Of Wheat Crop, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 34, pp, 1-5.

Şatır, O., Berberoğlu, S., 2012, Land Use/Cover Classification Techniques Using Optical Remotely Sensed Data in Landscape Planning. Landscape Planning Book Ed. Murat Ozyavuz INTECT ISBN 978-953-51-0654-8.

Thiam A. K., 1997. Geographic information systems and remote sensing methods for assessing and monitoring land degradation in the Sabel: The case of southern Mauritania. Doctoral Disortation, Clark University, Worcester Massachusetts.