

UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE TRAKYA BÖLGESİNDE
BUĞDAY EKİM ALANI VE ÜRETİM TAHMİNLERİ

Doç.Dr. A.Nejat EVSAHİBİOĞLU
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
Ankara

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the potential of remotely-sensed data and computer-aided analysis for crop species identification and wheat acreage estimations. Final wheat yields were then predicted by using agro-climatological approaches. Wheat acreages and yield values led to wheat production levels.

In this research, LANDSAT 5 TM (Thematic Mapper) data which was acquired in 1992 covering Tekirdağ, Marmara Ereğli and Ulaş provinces in Trace region was utilized as research material. Reference data used to support the analysis was consisted of 1/500.000, 1/100.000 and 1/25.000 scales of maps. For computer analysis ERDAS (Earth Resource Data Analysis) software system was used. Supervised and Unsupervised approaches were utilized for classification.

Research results revealed that remote sensing techniques utilizing computer-aided image analysis methods can be used to identify the crop pattern and wheat acreages in the study area.

Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği "II. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri",
16-22 Mayıs 1994, Bursa.

1. GENEL KAPSAM VE AMAÇ

Hızla artan dünya nüfusu ve bunun sonucunda ortaya çıkan tarımsal gıda kaynaklarındaki yetersizlik, günümüz ekonomisinde tarımsal ürünlerin üretimine ilişkin, zamanlaması uygun ve doğru bilgiyi gerekli kılmaktadır. Sözkonusu ürünler uluslararası ticaret içinde yer aldığı anda, bitkisel üretim tahminleri hayati önem kazanmaktadır. Üretim tahminleri, bitkisel üretimin depolama ve nakliye faaliyetlerinin planlanması yanında ürün fiyatlarının belirlenmesinde de bir araç olarak kullanılmaktadır. Buna ilave olarak birçok ülke bu tür bilgiden, dış-alım ve dış-satım politikalarını belirlemek amacı ile de yararlanmaktadır. Geçmiş deneyimler bu amaçla kullanılan geleneksel yöntemlerin yetersiz kalabildiğini ortaya koymuştur. Uzaktan algılama teknolojisi, ulusal ve uluslararası bitkisel üretime ilişkin bilginin kalitesini (elde edilebilirlik, zamanlama ve doğruluk yönünden) artırma ve böylece önemli ekonomik ve sosyal yararlar sağlama açısından büyük bir potansiyele sahip bulunmaktadır (Hayami ve Peterson, 1972; Hixon ve ark., 1981).

Geçtiğimiz son yirmi yıllık süre içerisinde özellikle uydudan alınan görüntülerle yapılan uzaktan algılama çalışmaları, gitgide artan biçimde tarım alanlarında yeralan bitkilerin belirlenmesi ve ekim alanlarının saptanması konusunda güvenilir bir araç niteliği kazanmış bulunmaktadır (Hixson ve ark., 1979). A.B.D.'de Nasa, Tarım Bakanlığı ve NOAA'nın işbirliği ile 1974-77 yılları arasında gerçekleştirilen LACIE projesi (MacDonald ve Hall, 1980); Avrupa Birliği, İtalya ve Fransa'daki araştırma enstitülerinin ortaklaşa yürüttükleri AGRESTE projesi ile Bauer ve ark. (1978), Hanuschak ve ark. (1979) ve Hixson ve ark. (1980) tarafından yürütülen çalışmalar benzer ümit verici sonuçlar ortaya koymuşlardır.

Ülkemizde de TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ile Tarım ve Orman Bakanlığı arasında 1982 yılında UZALBEK adı

altında uzaktan algılama teknikleri ile buğday ekim alanlarının belirlenmesine yönelik bir proje başlatılmıştır. Proje alanı olarak Polatlı, Altınova, Gözlü ve konuklar Devlet Üretim Çiftliklerine ilişkin alanlar seçilmiştir. Çalışmada LANDSAT uydusundan sağlanan görüntüler bilgisayar yöntemleri ile sınıflandırılarak elde edilen ekim alanlarına ilişkin sonuçlar, harita ve hava fotoğrafları ile karşılaştırılmıştır. Her iki kaynak arasındaki farklılığın % 1-7 arasında bulunması, tahıl ekim alanlarının belirlenmesinde uzaktan algılama teknolojisinin fizibilitesini ortaya koymuştur (Anonymous 1982).

Bu çalışmanın amacı, Trakya bölgesindeki Tekirdağ, Marmara Ereğlisi ve Ulaş yörelerini içeren alanda Uzaktan Algılama tekniklerini uygulayarak bitki deseni ve bu desen içerisinde buğday ekim alanlarının belirlenmesi, agroklimatolojik yaklaşımlarla buğday veriminin tahmin edilmesi ve bu değerler yardımı ile buğday üretim düzeylerinin ortaya konulmasıdır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak TÜBİTAK-MAM tarafından sağlanan ve LANDSAT 5 uydusu tarafından algılanmış olan BSQ (Band Sequential) formatındaki (Yörünge ve Satır No: 181-31) sayısal görüntü kullanılmıştır. Ancak çalışma alanı bu uydu görüntüsü içerisinde Trakya bölgesindeki Tekirdağ, Marmara Ereğlisi ve Ulaş bölgelerini içeren, (1024 x 1024 piksel = 30 km x 30 km) genişliğindeki bir yöreyi kapsamaktadır. Görüntü TM (Thematic Mapper) tarafından algılanmış olup yedi band içermektedir.

Çalışma, A.Ü.Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uzaktan Algılama Laboratuvarında yer alan bilgisayar donanım ve yazılım sistemlerinde yürütülmektedir. Donanım sistemleri, görüntü analizi amacı ile kurulmuş bir PC

ve yardımcı elemanlarından oluşmaktadır. Sistemde 80386 Mikroişlemci, 80387 Matematik İşlemci, 1024 x 768 VGA kart, 338 MB Sabit Disk, 8 MB RAM, 1024 x 768 20 inç Renkli Ekran, Yazıcı, 3.5 ve 5.25 inç Disket Sürücüler ve 120 MB Kartuş Sürücü Üniteleri yer almaktadır.

Görüntü analiz işleminde ERDAS 7.4 yazılım paketi kullanılmaktadır. Yazılım, görüntü analizi içinde yer alan, görüntü düzeltme, zenginleştirme, tayfsal biçim tanıma (Test alanı seçimi, çeşitli eğitilmiş ve eğitimsiz sınıflandırma teknikleri, sınıflandırma sonrası değerlendirme, geometrik ve radyometrik düzeltmeler), tarama coğrafik bilgi sistemleri, veri çevrimi, baskı, masada sayısallaştırma, topografik ve 3 boyutlu arazi modellerine ilişkin alt programlardan oluşan geniş kapsamlı ve etkin bir sistemdir.

Çalışmada ayrıca referans ve baz harita olarak tüm çalışma alanına ilişkin 1/500.000, 1/100.000 ve test alanlarına ilişkin 1/25.000 ölçekli haritalardan yararlanılmıştır.

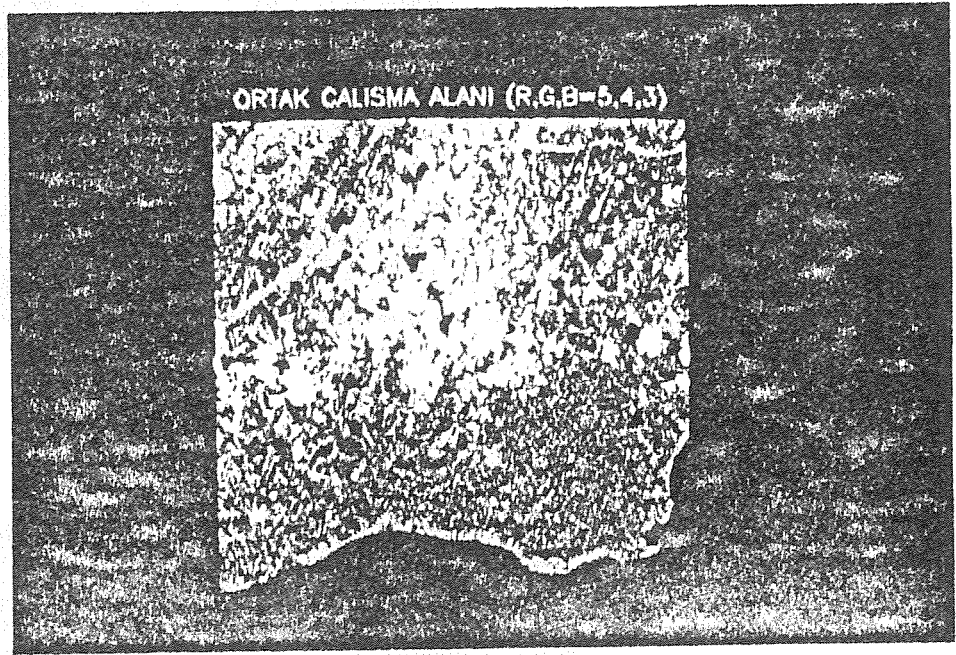
2.2. Yöntem

2.2.1. Data Düzenleme

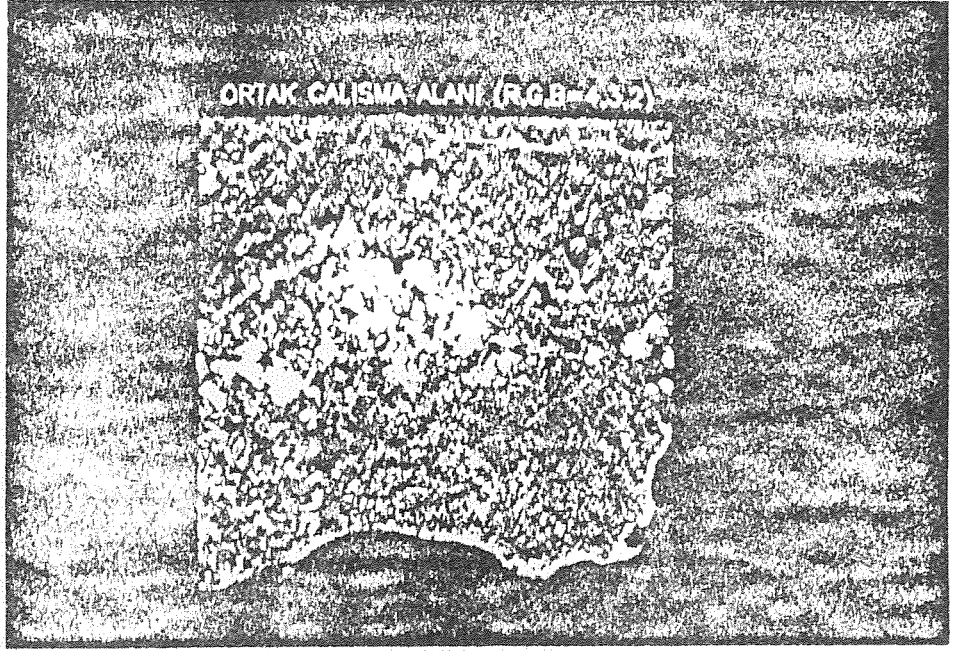
Görüntüye ilişkin her bir TM bandı ayrı bir 3.5" HD diskette geldiği için öncelikle her band imaj analiz sistemi sabit diskinde transfer edilmiştir. Daha sonra EBCDIC formatındaki data matrisleri, Bölümümüz tarafından kullanılmakta olan ERDAS imaj analiz yazılımı içerisinde yer alan uygun alt yazılımlar yardımı ile kullanılan yazılım formatına dönüştürülmüştür. Böylece görüntülerin ekranda display edilmesi yada tekrar sayısal forma dönüştürülmesi olanağı yaratılmıştır.

Daha sonra mevcut yedi banddan üçer adet seçilerek farklı bantlar arasında Renk Bileşimleri (Color Composite) oluşturulmuştur. Böylece farklı yeryüzü sınıfları arasında en uygun ayırte diledirliğe (Discrimination) olanak verecek

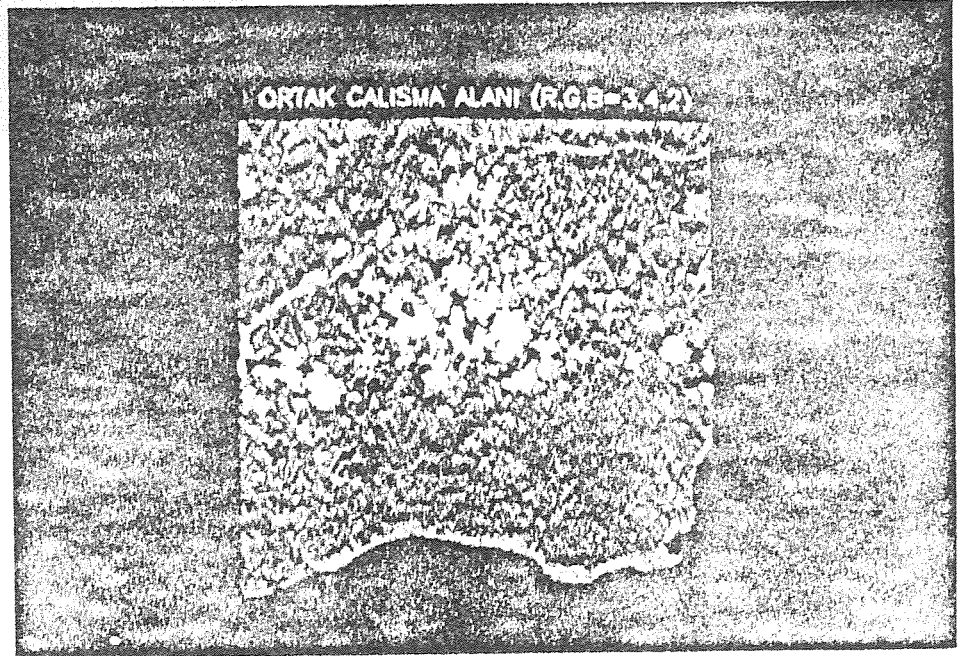
renk bileşimleri oluşturulmuştur. Sözü edilen bu işlem aynı zamanda imaj analizinde görüntü kuvvetlendirme (Enhancement) tekniklerinin de ilk basamağını oluşturmakta, böylece görsel yorumlama (Visual Interpretation) için ilk adımları meydana getirmektedir (Lillesand and Kiefer 1979). Şekil 1, 2, 3 ve 4 de sırası ile TM 5-4-3, TM 4-3-2, TM 3-4-2 ve TM 4-3-1 band kombinasyonlarına ilişkin görüntüler verilmiştir.



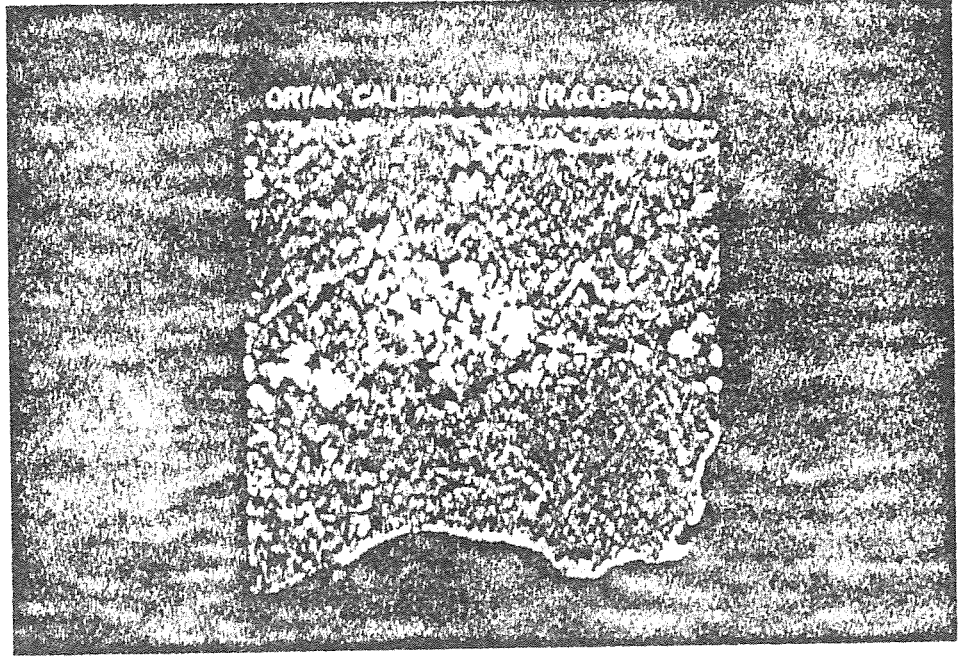
Şekil 1. Çalışma alanı TM 5-4-3 band kombinasyonu



Şekil 2. Çalışma alanı TM 4-3-2 band kombinasyonu



Şekil 3. Çalışma alanı TM 3-4-2 band kombinasyonu



Şekil 4. Çalışma alanı TM 4-3-1 band kombinasyonu

Band kombinasyonlarından TM 5-4-3 TÜBİTAK-MAM tarafından tarafımıza gönderilen ekran fotoğraflarında eğitimli sınıflandırmada test alanlarını seçmede kolaylık sağlayabileceği düşüncesi ile simülasyon amacı ile oluşturulmuştur. TM 4-3-2 kombinasyonu, özellikle 4. band ($0.76 - 0.90 \mu\text{m}$) biomass analizleri için, 3. band ($0.63 - 0.69 \mu\text{m}$) bitki türlerinin ayırte edilmesinde klorofil absorpsiyon bandı olduğu için ve 2. band ($0.52 - 0.60 \mu\text{m}$) sağlıklı bitki örtüsünün yeşil ışığı yansıtma bandı olduğu için oluşturulmuştur. TM 3-4-2 kombinasyonu doğal renklendirmeye (Natural Color Composite) en yakın kombinasyon olması nedeni ile oluşturulmuştur. TM 4-3-1 kombinasyonu ise vejetasyonla kaplı alanlarla yerleşim bölgelerini ayırt etme amacı ile oluşturulmuştur.

2.2.2. İmaj Analizi

2.2.2.1. Görüntü Kuvvetlendirme (Enhancement)

Bu aşamada öncelikle görüntü kuvvetlendirme teknikleri uygulanmış ve görüntüler görsel analiz ve yorumlamaya uygun biçime dönüştürülerek yeryüzü sınıflarının daha kolay ayırtebilebilirliği sağlanmıştır. Bu amaçla özellikle bu çalışmada ana amaç olan bitki paterninin belirlenmesinde turgorunu muhafaza eden sağlıklı bitki populasyonları ile su eksikliğinin neden olduğu bitki su gerilimi (Plant Water Stress) belirtilerini içeren yada hasat edilmiş alanlarla vejetasyon dışında diğer yeryüzü şekilleri tarafından işgal edilmiş alanları ayırtetmek için bitki indeksi (Vejetation Index) yaklaşımları uygulanmıştır. Bu çalışmada sözü edilen yaklaşımlardan Radyans Oranı (RO) (Tucker 1979), Vejetasyon İndeksi (VI) (Curran 1982), Dik Vejetasyon İndeksi (PVI) (Pollock ve Kanemasu 1979) ve Transforme Vejetasyon İndeksi (TVI) (Rouse ve ark. 1973) yöntemleri uygulanmıştır. Sözü edilen yaklaşımlar sırası ile aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır.

a) Radyans Oranı (RO)

$$RO = TM4 / TM3$$

b) Vejetasyon İndeksi (VI)

$$VI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$$

c) Dik Vejetasyon İndeksi (PVI)

$$PVI = \left\{ \left[(0.851 \times TM3) + (0.355 \times TM4) - TM3 \right]^2 + \left[(0.355 \times TM3) + (0.148 \times TM4) - TM4 \right]^2 \right\}^{0.5}$$

d) Transforme Vejetasyon İndeksi (TVI)

$$TVI = \left\{ \left[(TM4 - TM3) / (TM4 + TM3) \right] + 0.5 \right\}^{0.5}$$

Görüntü kuvvetlendirme aşamasının ikinci bölümünde ise data matrisi piksel değerlerinin gri tonunun tüm spektrumunu kullanabilmeleri için diğer bir deyişle dar bir alana sıkışmış piksel değerleri arasındaki zıtlıkları genişletip cisimlerin ayırtedilebilirliğini artırmak amacıyla zıtlık genleştirme (Contrast Stretch) tekniği uygulanmıştır.

2.2.2.2. Görüntü Sınıflandırma (Classification)

Bu çalışmada eğitimli sınıflandırma teknikleri uygulanmıştır. Bu amaçla MAM tarafından gönderilen fotoğraflar ve band kombinasyonlarına ilişkin görüntülerden yararlanarak, Buğday (BUG), Ayçiçeği (AYC), Bulut (BUL), Su Yüzeyleri (SUY) ve Diğer (DGR) (Yerleşim Yerleri, Yollar, Kireç Ocağı, Nadas v.b.) olmak üzere beş ana sınıf oluşturulmuştur. Şekil 1,2,3, ve 4 de gösterildiği gibi görüntüler üzerinde bulut alanları yer almaktadır. Bulut altında yeralan yeryüzü bölümlerinin sınıflandırılması mümkün olmadığı için bulutla kaplı alanlar ayrı bir sınıf olarak alınmış ancak bulut gölgeleri belirli düzeyde doğal yeryüzü materyaline ilişkin yansıma sağladıkları için ayrı bir sınıf kabul edilmemiştir.

Ön sınıflandırma aşamasında öncelikle belirlenen sınıflara ait test alanları tesbit edilmiştir. Test alanlarının kendi içlerindeki homojenlikleri (normal dağılıma uygunlukları) belirlenmiş ve bu özelliğe uygunluk göstermeyen test alanları anahtar alan olarak kullanılmamıştır. Daha sonra, oluşturulan test alanlarının birbirlerinden ayırtedilebilirlikleri Contingency Matris tabloları ile analiz edilmiş ve piksellerin "beklenen sınıflar" içinde yer alabilme olasılıkları saptanmıştır. Bu aşamada ayrıca farklı bandlar arasında, belirlenen test alanlarına ilişkin piksel değerlerinin 2 boyutlu elips dağılım diyagramları çizilerek signatürlerin ayırtedilebilirlikleri araştırılmış

ve sınıflandırma için en uygun bandlar tesbit edilmiştir. Bu sonuca göre sınıflandırmada 1-3-4-5-6 ve 7. bandlar kullanılmıştır.

Çalışmada eğitilmiş sınıflandırmaya ilişkin en yüksek olasılırlık (Maximum Likelihood) ve ortalamaya en az uzaklık (Minimum-Distance To Means) yaklaşımları uygulanmıştır.

2.2.2.3. Doğruluk Analizi (Accuracy Assessment)

Uygulanan sınıflandırma yöntemlerinin istatistiksel olarak güven sınırları içinde yer alma olasılıklarını belirlemek amacı ile doğruluk analizleri yapılmıştır. Bu amaçla her sınıfa ilişkin gruplardan tesadüfi örnekleme yolu ile pikseller seçilmiş ve bunların doğru sınıflandırılma yüzdeleri karışma matrisi tablolarında analiz edilmiştir. Çizelge 1 ve 2 de sırası ile en yüksek olasılırlık ve ortalamaya en az uzaklık yöntemleri ile elde edilen sınıflandırma performansları verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışma Alanında En Yüksek Olasılırlık Yöntemi ile Yapılan Eğitilmiş Sınıflandırma Performansı

Sınıf türü	Landsat Sınıflandırma								
	BUG	AYC	BUL	SUY	DGR	TOP.	Doğ. %	Yok say. hat.	Com. hatası
BUG	193	2	33	7	25	260	74.2	25.8	18.6
AYC	8	97	4	3	12	124	78.2	21.8	4.9
BUL	18	2	22	2	3	47	46.8	53.2	67.6
SUY	4	1	0	35	9	49	71.4	28.6	49.3
DGR	14	0	9	22	649	694	93.5	6.5	7.0
TOPLAM	237	102	68	69	698	1174			
Doğruluk Yüzdesi	81.4	95.1	32.4	50.7	93.0		84.8		15.2

Çizelge 2. Çalışma Alanında Ortalamaya En Az Uzaklık Yöntemi ile Yapılan Eğitilmiş Sınıflandırma Performansı

Sınıf türü	Landsat Sınıflandırma								
	BUG	AYC	BUL	SUY	DGR	TOP.	Doğ. %	Yok say. hat.	Com. hatası
BUG	185	5	40	9	21	260	71.2	28.8	22.3
AYC	11	92	9	2	10	124	74.2	25.8	8.9
BUL	17	1	20	4	5	47	42.6	57.4	74.4
SUY	3	1	1	31	13	49	63.3	36.7	53.0
DGR	22	2	8	20	642	694	92.5	7.5	7.1
TOPLAM	238	101	78	66	691	1174			
Doğruluk Yüzdesi	77.7	91.1	25.6	47.0	92.9		82.6		17.4

Çizelge 1 ve 2 den elde edilen sonuçlara göre farklı eğitilmiş sınıflandırma yöntemlerinin karşılaştırılması Çizelge 3 de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Çalışma Alanına İlişkin Farklı Sınıflandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Sıra	Sınıflandırma yöntemi	Doğruluk yüzdesi	Commission hata yüzdesi	Kappa
1	En yüksek olabilirlik	84.8	15.2	0.742
2	Ortalamaya en az uzaklık	82.6	17.4	0.707

Değerlendirme sonuçlarına göre en yüksek olabilirlik yöntemi, ortalamaya en az uzaklık yöntemine göre daha yüksek doğruluk derecesi sağlamıştır. Bu nedenle çalışma alanında sınıflandırma sonuçlarının belirlenmesinde en yüksek olabilirlik yöntemi esas alınmıştır. Buna göre çalışma alanında elde edilen sınıflandırma deseni çizelge 4 de verilmiştir.

Çizelge 4. Çalışma Alanına İlişkin Sınıflandırma Deseni

No	Sınıf türü	Piksel Sayısı	Alan (ha)	%
1	Buğday (BUG)	397383	35764.47	37.90
2	Ayçiçeği (AYC)	181568	16341.12	17.32
3	Bulut (BUL)	109443	9849.87	10.44
4	Su Yüzeyleri (SUY)	85176	7665.84	8.12
5	Diğer (DGR)	275006	24750.54	26.23
	TOPLAM	1048576	94371.84	100.00

2.2.3. Parsel Büyüklerine İlişkin Çalışmalar

Çalışma alanında yapılan sınıflandırma sonucunda elde edilen sınıflandırılmış görüntü üzerinde buğday olarak tanımlanmış alanda piksel sayıları esas alınarak, bilgisayara bir kalibrasyon uzunluğu tanımlanmıştır. Daha sonra bu uzunluk esas alınarak sınıflandırılmış buğday ve ayçiçeği parsellerinin en büyük ve en küçükleri arasından tesadüfi olarak 100'er adet parsel seçilmiş ve bu parsellerde parsel genişlikleri sayısallaştırma tekniği ile belirlenmiştir. Buna göre çalışma alanında buğday parsel büyüklerinin 0.3 ha ile 66.0 ha arasında, ayçiçeği parsellerinin ise 0.4 ha ile 76.0 ha arasında değiştiği tahmin edilmiştir.

2.2.4. Verim ve Üretim Tahmini Çalışmaları

Uzaktan algılama teknikleri ile bitkisel üretim tahminleri iki safhada gerçekleştirilmektedir. Birinci safhada bitki ekim alanları tahmin edilmektedir. Üretim tahminlerinin ikinci aşaması olan verim tahminleri ise iki ayrı yöntemle yapılabilmektedir. Bu yöntemlerden birincisi verim tahminlerinin de uzaktan algılama teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmesidir. Ancak bu yöntem ya, bitki gelişme süresi boyunca en az ayda bir kez alınan birbirini

izleyen görüntülerin analizi (Radyans Oranı, Vejetasyon İndeksi, Transforme ve Dik Vejetasyon İndeks değerlerinin tahmini) ile yada bitki gelişme süresi boyunca haftada en az bir kez spektrometre ile alınacak bitki spektral yansımalar değerleri ile gerçekleştirilebilmektedir. Sözü edilen spektral ölçümler, biyolojik bir sistem olan bitkisel üretimin doğal dinamik yapısı nedeniyle madde-enerji (bitki-güneş radyasyonu) etkileşimi üzerinde rol oynayan bitki fizyolojik karakterlerinin zaman boyutundaki değişiminin gözlenmesi açısından gerekli olmaktadır. Bu ise uydu görüntüleri kullanılması koşulunda çok sayıda uydu verisini zorunlu kılmakta ve doğal olarak bu yöntemin maliyeti yükselmektedir. Spektral radyometrik ölçümlerin alınması koşulunda ise bu ölçümlerin hasattan önceki dönemleri içeren bitki gelişme süresi içinde yapılması gerekmektedir. Oysa yürütülen ortak çalışmada spektrometrik ölçümlerin alınması doğal olarak mümkün olmamıştır.

Bitkisel verim tahminlerinde ikinci ve yaygın yöntem agroklimatolojik yaklaşımdır. Bitkisel üretim tahminlerine yönelik çoğu projede bu yaklaşımın uygulandığı görülmektedir. Bunlar içerisinde en iyi bilineni Amerika Birleşik Devletleri tarafından NASA, Tarım Bakanlığı ve NOAA'nın işbirliği ile 1974-77 yılları arasında gerçekleştirilen ve başlıca buğday üreticisi ülkelerdeki buğday üretimini saptamayı amaçlayan LACIE (Large Area Crop Inventory Experiment) projesidir (MacDonald ve Hall, 1980). Benzer yöntemi kullanan bir diğer proje ise Avrupa Birliği, İtalya ve Fransa'daki araştırma enstitülerinin ortaklaşa yürüttükleri yapay ve doğal ekosistemlerdeki bitkisel üretim tahminlerine yönelik AGRESTE projesidir (Anonymous, 1982).

Yürütülen bu çalışmada da belirlenen buğday ekim alanlarındaki verim değerleri, Bölümümüzde Türkiye çapında buğday üretiminde üst sıralarda yer alan iller için ayrı ayrı geliştirilen buğday verimini tahmine yarayan eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

Buğday verimi üzerine etki eden faktörler, iklim faktörleri, üretim girdileri ve tarım tekniği olarak üç grupta incelenmektedir. Üretim girdileri ve tarım tekniğine ilişkin bilgilerin yörelere göre ve geçmiş dönemler için elde edilmesi çok güç olduğundan, buğday veriminin tahminine yönelik çalışmalarda genellikle iklim faktörlerinden yararlanılmaktadır. Üretim girdilerinin ve tarım tekniğinin yıldan yıla değişiminin buğday verimi üzerindeki etkisi ise bir zaman (yıl) faktörü ile değerlendirilmektedir (Kodal ve ark., 1987; Aküzüm ve Kodal, 1988).

Bu çalışmada Tekirdağ ili için buğday veriminin tahmininde, zaman faktörü ve iklim faktörleri ile verim arasında geliştirilen çoklu regresyon ilişkilerinden yararlanılmıştır. Buğday verimi bağımlı değişken, zaman faktörü ile çeşitli aylara ilişkin yağış, yağışlı günler sayısı, en yüksek sıcaklık, en düşük sıcaklık, en düşük toprak sıcaklığı (5 cm derinlikte), ortalama nisbi nem, ortalama güneşlenme süresi, ortalama güneş ışınları şiddeti gibi iklim faktörleri bağımsız değişkenler olarak alınmış, çoklu regresyon eşitliklerini geliştirilmesinde Aşamalı Çoklu Regresyon Yöntemi (Stepwise Multiple Regression Method) kullanılmıştır (Benli ve ark., 1990). Bu yöntemde sonuca aşamalar halinde ulaşılmakta, ilk aşamada bağımlı değişken olan buğday verimi üzerine en etkili olan bağımsız değişken seçilmekte ve ikisi arasında bir regresyon eşitliği kurulmaktadır. Seçilen ilk bağımsız değişken, buğday verimindeki değişimin bir kısmını açıklayabilmektedir. İkinci aşamada, buğday verimindeki değişimin açıklanamayan kısmı ile diğer bağımsız değişkenler karşılaştırılmakta ve bağımsız değişkenlerden en etkili olanı seçilmektedir. Birinci ve ikinci aşamada seçilen iki bağımsız değişken ile verim arasında yeni bir regresyon eşitliği kurulmaktadır. Benzer şekilde sonraki aşamalara devam edilmekte, bu arada daha önceki aşamalarda önemli bulunarak regresyon eşitliğine giren, ancak sonraki aşamalarda eşitliğe alınan yeni değişkenler nedeniyle önemi azalan herhangi bir değişken olup

olmadığı araştırılmakta, eğer varsa bu değişken regresyon eşitliğinden çıkartılmaktadır (Drapper ve Smith, 1968).

Söz konusu iller için buğday veriminin tahmininde kullanılacak eşitliğin belirlenmesinde, 1964-87 yıllarına ilişkin veriler kullanılmış, hesaplamalarda SYSTAT isimli bir bilgisayar yazılım paketinden yararlanılmıştır.

Tekirdağ ili için buğday veriminin tahmini amacıyla geliştirilen eşitlik aşağıda belirtilmiştir:

Tekirdağ ili için:

$$\begin{aligned} V_T = & 4450.7 - 111.27 (C4) - 43.73 (C11) + 2.13 (Y11) \\ & - 15.85 (A10) + 13.86 (B1) - 26.37 (C10) + 1.13 (Y12) \\ & - 0.36 (TY2) \end{aligned}$$

Düzeltilmiş çoklu belirtme katsayısı = 0.979

Eşitlikte;

V_T = Tekirdağ ili buğday verimi, kg/ha

A10 = Ekim ayı en yüksek sıcaklığı, °C

B1 = Ocak ayı en düşük sıcaklığı, °C

C4 = Nisan ayı en düşük toprak sıcaklığı(5 cm), °C

C10 = Ekim ayı en düşük toprak sıcaklığı(5 cm), °C

C11 = Kasım ayı en düşük toprak sıcaklığı(5 cm), °C

TY2 = Eylül ve Nisan ayları toplam yağış miktarı, mm

Y11 = Kasım ayı yağış miktarı, mm

Y12 = Aralık ayı yağış miktarı, mm

değerlerini göstermektedir. Bu eşitlikle 1992 yılı için buğday verimi tahmin edilirken, Eylül-Aralık aylarına ilişkin iklim faktörlerinin buğday ekiminin yapıldığı 1991 yılına ilişkin değerleri, Ocak-Nisan aylarına ilişkin iklim faktörlerinin ise buğday hasadının yapıldığı 1992 yılına ilişkin değerleri kullanılmıştır. Çizelge 5 de Tekirdağ ili için yukarıda sözü edilen eşitlikde kullanılan meteorolojik parametreler verilmiştir.

Çizelge 5. Tekirdağ İli İçin Geliştirilen Buğday Verim Tahmini Eşitliklerinde Kullanılan 1991 ve 1992 Yılları İklim Parametreleri

METEOROLOJİK ELEMENLAR	TEKİRDAĞ
Ekim ayı en yüksek sıcaklık (°C)	26.4
Ocak ayı en düşük sıcaklık, °C	-4.9
Ekim ayı en düşük toprak sıcaklığı(5 cm), °C	5.4
Kasım ayı en düşük toprak sıcaklığı(5 cm), °C	4.0
Nisan ayı en düşük toprak sıcaklığı(5 cm), °C	4.4
Eylül ve Nisan ayları toplam yağış miktarı,mm	54.1
Kasım ayı yağış miktarı,mm	30.9
Aralık ayı yağış miktarı,mm	30.6

Tekirdağ ili için yukarıda belirtilen iklim ve zaman faktörleri ile ilgili eşitlik kullanılarak buğday verimi $V_T = 3170$ kg/ha olarak tahmin edilmiştir.

Çalışma alanı için uzaktan algılama tekniklerinden yararlanılarak belirlenen buğday ekim alanı ve Tekirdağ ili için agrometeorolojik yaklaşımla belirlenen buğday verimi değerleri kullanılarak buğday üretimi hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 6 da verilmiştir.

Çizelge 6. Çalışma Alanı Buğday Üretim Tahminleri

Çalışma alanı	Ekim alanı(ha)	Verim(kg/ha)	Üretim(ton)
Tekirdağ yöresi ortak çalışma alanı	35764.47	3170	113373

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Aküzüm, T. ve S.Kodal, 1988. Orta Anadolu Koşullarında Arpa Veriminin Meteorolojik Faktörler Yardımıyla Tahmini. A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları: 1103, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 601, Ankara.
- Anonymous, 1982. Uzalbek Projesi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Enstitüsü 1982 Yıllı Ara Raporu, 33 s.
- Bauer, M.E., M.M.Hixson, B.J.Davis ve J.B. Etheridge, 1978. Area Estimation of Crops By Digital Analysis of Landsat Data. Photogr. Engin. 44:1033-1043.
- Benli, E., A.Balaban, S.Kodal, M.A.Tokgöz, M.Olgun, F.Öztürk, M.F.Selenay, Y.E.Yıldırım ve L.Şaylan, 1990. Türkiye Buğday Üretiminin Tahmini. A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları:1191, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 654, Ankara.
- Curran, P.J., 1982. Multispectral Photographic Remote Sensing of Green Vegetation Biomass and Productivity. Photogramm. Engng. Remote Sensing, 48:243.
- Drapper, N.R. ve H.Smith, 1968. Applied Regression Analysis. John Willey and Sons, New York, 407 s.
- Hanuschak, G., R.Sigman, M.Craig, M.Ozga, R.Luebbe, P.Cook, D.Kleveno ve C.Miller, 1979. Obtaining Timely Crop Area Estimates Using Ground-Gathered and Landsat Data. U.S.Department of Agriculture, Economics, Statistics and Cooperative Service. Technical Bulletin, No. 1609.
- Hayami, Y. ve W.Peterson, 1972. Social Return to Public Information Services. Statistical Reporting of U.S.Farm Commodities Amer. Econ.Rev. 62:119-130.
- Hixson, M.M., D.Scholz, N.Fuhs ve T.Akiyama, 1980. Evaluation of Several Schemes for Classification of Remotely Sensed Data. Photogr. Engin. 46:1547-1553.

- Hixson, M.M., S.M.Davis, M.E,Bauer, 1981. Evaluation of A Segment Based Landsat Full Frame Approach To Crop Area Estimation. Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium, June 23-26, Purdue University/LARLS West Lafayette, Indiana, 36-44.
- Kodal,S., E.Benli, A.Tokgöz ve A.Balaban, 1987. Orta Anadolu İklim Koşullarında Buğday Veriminin Tahmini. Türkiye Tahıl Simpozyumu, TÜBİTAK, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 6-9 Ekim 1987, Bursa.
- Lillesand, T.M. ve R.W.Kiefer, 1979. Remote Sensing and Image Interpretation. John Willey and Sons, 612 s, New York.
- McDonald,R.B. ve F.G.Hall, 1980. Global Crop Forecasting. Science 208:670-679.
- Pollock,R.B. and E.T.Kanemasu, 1979. Estimating Leaf-Area Index of Wheat with LANDSAT data. Remote Sensing of Environment, 8: 307-312.
- Rouse,Jr., J.W., R.H.Hass, J.A.Scheel, D.W.Deering, 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains With ERTS, Third ERTS Symposium, NASA, SP-351, Dec. 10-14, I: 309-317.
- Tucker,C.J., 1979. Red and Photographic Infared Linear Combinations For Monitoring Vegetation. Remote Sensing Of Environment 8:127.