

## UYDU YARDIMILE, SULU TARIM ALANLARININ SAPTANMASI VE ALANLARININ BULUNMASI

Prof. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU<sup>1</sup>

### K I s a Ö z e t

Hasat mevsimlerinden önce, tarım alanlarına ekilen ürünlerin cinslerini ve büyüklüklerini saptamak çok önemlidir. Bu saptama hatasız bir şekilde yapılabilirse, kamu kurumları, hangi ürünlerin sıkıntısının çekileceğini ve hangi ürünlerde fazlalık olacağını bilir ve ona göre önlemler alırlar.

Uydulardan çekilen hava fotoğraflarından ve Remote Sensing tekniğinden yararlanılarak, tarım alanlarının önceden saptanmasına çalışılmaktadır. Bu çalışmalarda, sulu ve kuru tarım alanlarının saptanmasında farklar bulunmaktadır. Aşağıdaki yazıda sulu tarım alanlarında yapılan çalışmalar ve sağlanan gelişmeler açıklanmaktadır.

### GİRİŞ

Uydulardan çekilen hava fotoğraflarından ve Uzaktan Algılama (Remote Sensing) sistemlerinden yararlanarak, sulu tarım alanlarını saptamak ve büyüklüklerini bulmak, bu konular üzerinde çalışan bilim adamlarının ötedenberi üzerinde önemle durdukları ve gerçekleştirmek için çalıştıkları konulardan biridir. Amerikalı bilim adamlarından Blaney ve Cridle 1962 yılında bu konu üzerinde yoğun çalışmalar yapmış ve yöntem geliştirmiştir. Daha sonraki yıllarda da bu konu üzerinde geniş çaplı çalışmalar yapılmıştır. Uçaklardan çekilen fotoğraflar, alçaktan çekildiklerinden büyük ölçeklidirler ve sulu tarım alanlarının diğerlerinden ayrılmasında, çok yararlı olmaktadır ve kesin bilgi verebilmektedirler.

Uydulardan çekilen fotoğraflar çok yüksekte, (örneğin 250 Km. den uçtuklarından) uçaktan çekilenler kadar kesin bilgi verememektedirler. Uydu aracılığı ile sulu tarım alanlarını saptıyabilmenin, tarıma sağlayacağı faydalar çok büyük olacaktır.

Son yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinde Güney Dakota eyaletinin Yüksek Ova denilen bölgesinde aynı amaçla bir araştırma yapılmıştır. Aşağıda bu araştırma özetlenerek açıklanmaya çalışılmıştır.

Amerika'daki Toprak Koruma Servisile, Tarım Koruma ve Geliştirme Servisi, her yıl bütün eyaletlerdeki sulanan tarım alanlarını saptamaktadırlar. Böylelikle

<sup>1</sup> I.Ü.O.F. Geodezi ve Fotogrametri Bilim Dalı.

eyaletlerin kendi olanaklariyle saptadıkları tarım ürünleri miktarını kontrol etmekte ve hataları düzeltmektedirler. Bu düzeltmelerin başarılı olabilmesi için, merkezde yapılan çalışmalarda, hem tarım çeşitlerinin hatasız olarak saptanması, hemde alanlarının doğru bulunması gereklidir.

Güney Dakota'da yapılan bu araştırmanın amacı, yeraltı suları ile sulanan tarım alanlarını, saptamak ve alanlarını bulmak, ayrıca uygulanmakta olan tekniği geliştirerek daha etkili hale getirmektir. Evvelce küçük alanlarda denenmiş yöntemler, bu çalışmada daha geniş bir alanda denenmiş ve sulu tarım yapılan yerler saptanmıştır. Bir dereден veya barajdan yararlanılarak sulanan alanların saptanması çok daha zordur. Güney Dakota'da bu zorluk yenilmeye çalışılmıştır.

### Çalışma Alanı

Yüksek Ova denilen çalışma alanı, Güney Dakota'nın orta kısmındadır ve 2115 hek. büyüklüğündedir. Bennett, Gregory, Mellette, Skannon, Todd ve Washabough kasabaları, bu alanın içersine girmektedirler. Todd kasabasının çevresinde bulunan 180 hektarlık alan, örnek alan olarak seçilmiş ve bu yerin özellikleri hem arazide hemde fotoğraflar üzerinde inceleme yapılarak ayrıntılı bir şekilde saptanmıştır. Bu yörenin örnek olarak seçilmesinin sebebi, hem arazide inceleme yapma olanaklarının fazla olması hemde; her çeşit arazi şeklinin burada bulunmasıdır. Ayrıca, bu yörenin fotoğrafların bulutsuz kısmına isabet etmesi ve çok net görünmesidir. Örnek alandaki, sulu tarım yapılan yerler arazide saptanmış ve bu yerlerin fotoğraftaki görüntülerinin, diğer yerlerden nasıl ayırtebilebileceği araştırılmıştır. Böylelikle bir teknik yöntem geliştirilmiş ve bu yöntemden yararlanılarak, Yüksek Ovanın, tamamındaki, sulu tarım alanları ortaya çıkarılmıştır.

Çalışma alanı, orta derecede dalgalı, derelerinde ancak yağmur mevsimlerinde su akan, bazı kısımlarında toprak erozyonu olan bir yerdir. Tarıma pek elverişli değildir, Güney Dakota ile Nebraska arasındaki sınırda, kumların oluşturduğu eksibeler bulunmaktadır. En çok rastlanan vejetasyon türü, yarı kurak bölgelere has olan çayır otlarıdır. Yalnız su kenarlarında, bol su isteyen bitkiler, örneğin şerit halinde kavak ağaçları, Yamaçların alt kısmında da gene şerit halinde, pandorosa çamaları yetiştirilmektedir.

### Ön Araştırmalar

Uydulara yerleştirilen çok bantlı sistemlerin çektiği fotoğrafları, çıplak gözle ve bilgi sayarlarla inceliyerek, meraları ve tarım alanlarını sınıflandırmak ve alanlarını bulmak amacile çok sayıda araştırma yapılmıştır.

1970'de Driscoll ve Francis, 1972'de Swain, 1973'de Phillips, 1977'de Draeger, 1978'de Baur, 1979'da Johnsan, Laveland, Poracsky, Williams, Wall bu konularda çalışmış ve çeşitli yayınlar yapmışlardır. Bunlardan ayrı olarak 1974'de Eucker, 1974 ve 1979'da Hoffman, Uydudan çekilen resimleri inceliyerek, sulama şebekesinin tipinin ve sulanan alanın büyüklüğünden yararlanarakta, kullanılan su miktarının nasıl bulunabileceğini, ortaya koymuşlardır. Amerika Birleşik Devletleri Üeo-öji Dairesi, Uydudan çekilen fotoğraflardan yararlanarak, sulu tarım yapılan arazilerin haritalarını yapmaya çalışmakta ve bu tekniğin geliştirilmesine çok önem vermektedir. Heimes ve Thelin'in 1979 yılındaki yayınlarında bu çalışmalar açıklan-

mıştır. Yapılan bu geliştirme çalışmalarının kapsamına şu teknik bilgilerde girmektedir: Çizgisel ve sayısal harita yapma, çok bantlı sistemlerden yararlanma yöntemi, arazideki ısı farklarını saptayan sistemlerden yararlanma yöntemi, normal veya özel bilgi sayarlar yardımıle arazi sınıflama tekniği.

### Çalışma Alanında Uygulanan Yöntemler

Tarım Bakanlığı'nın ve Toprak Koruma Servisi'nin 1970 - 1976 ve 1978 yıllarında yaptıkları yayınlara göre, Güney Dakota'da sulu tarım yapılan yerlerde yetiştirilen ürünlerin başlıcaları yonca mısır ve soya fasulyesidir. Yer altı suları, pompa ile yukarı çekilerek, tarım alanları sulanmaktadır. Aynı ürünler, yüksek kısımlarda, kış buğdayı ile birlikte sulanmadanda yetiştirilmektedir.

Yonca, mısır ve soya fasulyesi, akarsuların kenarlarında veya taban suyunun yakın olduğu yerlerde, alüvyal topraklar üzerinde de az miktarda yetiştirilmektedir. Yapılan çalışmada, bu şekildeki küçük alanlar üzerinde durulmamış, Yüksek Ovada, yeraltı sularından yararlanılarak sulanan geniş alanlardaki ürünlerin cinslerinin saptanmasına ve alanlarının bulunmasına çalışılmıştır. Yöntemin geliştirilmesine de gayret edilmiştir. Tarım Bakanlığı'nın ve Toprak Servisi'nin 1978 yılındaki yayınlarında; Yüksek Ovada yapılan sulamaların % 95'inden fazlasında şöyle bir yöntemin uygulandığı yazılıdır: Su yüksekce bir tepeye çıkarılmakta ve tepenin etrafında dolaştırılarak aşağıya kadar indirilmektedir. Böylelikle tepenin her tarafı ile sulanmaktadır. Suyun dağıldığı merkez fotoğraflarda görülebilmektedir.

*Uydudan çekilen fotoğraflar üzerinde, tarım alanlarını meralardan ayırt edebilmek için, tarlaların şekillerinden ve tarım bitkilerinin yansıttığı ışınların, meralarda yansıyanlardan farklı oluşundan yararlanılır.* Tarım alanları genellikle; kare, dikdörtgen veya daire şeklinde olmalarıle tanılırlar. Bu çalışmada genellikle daire şeklindeki tarlalar üzerinde durulmuştur. Çünkü bunlar, bir merkezden çıkan veya dağılan sularla sulanmaktalar. *Genç bitkiler, kızılötesi ışınları çok, yeşil ve kırmızı rengi veren ışınları da az yansıtmaktadırlar.* Bu nedenle siyah beyaz fotoğraflarda genç bitkiler koyu, biçilmeye hazır tarım bitkileri de açık renkte görünürler. Kızılötesi ışınlarla çekilen Yanıltıcı renkteki fotoğraflarda veya aynı ışınlarla çekilen renkli fotoğraflarda genç bitkiler, açık kırmızı, hasat çağına gelmiş ve kırmızı bitkilerde koyu kırmızı görülmektedirler. Bitkilerdeki klorofil gözle görülebilen ışınları emmektedir. *Kızaran ve biçilecek durumdaki bitkilerde, klorofil azalmakta, gözle görülen ışınları yansıtma özelliği artmaktadır.* Meralarda genç ve yaşlı otlar genellikle bir arada bulunurlar, kızılötesi ışınlarını, genç bitkilerden daha az yansıtırlar bu nedenle, kızılötesi ışınlarla çekilen yanıltıcı renkli resimlerde koyu kırmızı olarak görülmektedirler.

*Bitkilerin yeşilliği, cinslerine ve mevsimlere göre değişmektedir. Işın yansıtma özellikleri de aynı şekilde değişmektedir. Bu özellikten yararlanılarak, uydudan çekilen resimler incelenmekte ve vejetasyon haritaları yapılabilmektedir.* Tarım Bakanlığı'nın ve Toprak Servisi'nin yayınladığı takvimlerde, çeşitli bitkilerin, mevsimlere göre nasıl renk değiştirdikleri açıklanmıştır. Bu bilgilerden de yararlanılarak, saptanması istenilen bitki için, hangi tarihte çekilen hava fotoğraflarından yararlanmanın daha doğru olacağı ortaya çıkarılabilmektedir.

Baur, Poracsky ve Williams'ın 1979 yılında yaptıkları yayınlara göre; Amerika

Birleşik Devletleri'nin batı tarafının orta kısmında, mısır ve soya fasulyelerini saptamak için, uydunun ağustos ayında veya eylül başında çektiği fotoğraflardan buğday ve yoncayı saptamak içinde, mayıs ayında çektiği fotoğraflardan yararlanmak gerekmektedir. Eucker ve Hoffman'ın yaptığı çalışmalar sonunda vardıkları kanıya göre; yukardaki kurallar uygulanarak bitki türleri saptandıktan sonra, haziran, temmuz ve eylül aylarında çekilen fotoğraflardan da yararlanılacak olursa, hatasız şekilde saptanan bitkilerin oranı % 10-15 kadar artmaktadır. Hata oranını çok küçültmek amacıyla fazla masrafa girmek doğru değildir. İncelenen fotoğraf sayısı arttıkça, masrafta artacaktır. Hata ile masraf arasında bir dengenin bulunması gerekir. Kabul edilebilecek hatanın sınırının çok iyi saptanması zorunludur.

Yüksek Ovada yapılan çalışmada 16 Mayıs 1978 ve 5 Ağustos 1978 günlerinde Landsat uydusundan çekilen fotoğraflar alınmış ve incelenmiştir. Bu fotoğrafların kullanılmasının sebebi, o günlerde havanın çok açık olması ve fotoğraflarda bulut görülmemesidir. Ayrıca; bu fotoğrafların incelenmesile, bitkilerin en iyi şekilde saptanabileceğinin anlaşılmış olmasıdır. Landsat uydusunun çektiği fotoğraflardan yararlanılmak istenmesinin diğer bir sebebi de bu fotoğrafların, zamanla değişen ısı farklarını da açıklamalarıdır. *Mevsümlere göre bitki örtüsündeki değişiklik, ısı değişikliklerini de belirlemektedir.* Bu uydunun 4 kanalı ile elde edilen bilgiler sayısal (digital) veya grafik (analog) şekillerde ortaya konulmaktadır. Ekonomik düşüncelerle geniş alanları gösteren fotoğraflar alınmakta bunlarda çok küçük ölçekli olduklarından saptıyabildikleri en küçük boyut 80 m den daha büyük olmaktadır.

Manyetik bantlarla birleştirilmiş bir bilgi sayar, Landsat uydusunun çektiği fotoğrafları ikiye ikiye incelemekte ve sonuçlar bir başka banta işlemektedir. Bu şekilde doldurulan yeni bant, bir küçük bilgi sayara verilmekte, burada hem birinci yorumlama işlemi yapılmakta hem de görüntüler bir ekran üzerine yansıtılmaktadır. Elde edilen sonuçlar istenilen ölçüğe büyütülerek siyah - beyaz veya renkli film üzerine işlenmekte veya çizgi makinesine gönderilerek çizim yapılmaktadır. Elde edilen filimler tekrar 3 misli büyütülerek kartlara basılmakta ve çıplak gözle yorum yapılabilecek hale getirilmektedir. On Line yöntemle çalışan baskı makinelerinde, piksellerin dağılımını gösteren haritalar ve histogramlar hazırlanarak, çıplak gözle yorum yapma olanağı sağlanmıştır. Güney Dakota da bulunan 1150 Km<sup>2</sup> büyüklüğündeki Todd bölgesi pilot bölge olarak seçilmiştir. Buranın seçilmesinin sebebi, toprağına ait geniş bilgilerin elde bulunması ve buradaki bitki örtüsünün, mevsimlere göre büyük değişiklikler göstermesidir. Seçilen bu bölge 512×512 piksel ile kaplanmıştır.

Sulu tarım ürünlerinin tanınabilmesi için, 4 teknik yöntem geliştirilmiştir.

- 1 — Yanıltıcı renkli kızılotesi görüntülerin, çıplak gözle incelenmesi
- 2 — Yoğunluk analizi ve tek görüntü veren bantların sınıflandırılması
- 3 — Yedinci ve beşinci bantlardaki görüntüleri çıplak gözle sınıflandırdıktan sonra birbirine oranlamak ve orantının logaritmasını alarak yaygınlaştırmak
- 4 — Çok bantlı görüntüleri önce çıplak gözle kaba bir şekilde sınıflandırmak, daha sonra dikkatli bir çalışma yaparak duyarlı şekilde sınıflandırmak.

Başlangıçta 1 ve 2inci teknik yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerde yapılan masraf, elde edilen faydaya kıyasla çok küçüktür. 3 ve 4 üncü teknik yöntem-

ler, bilgisayarlarda daha uzun süre çalışmayı gerektirmektedir. Bu sebeple de diğer yöntemlere kıyasla daha pahalı olmaktadır.

3 ve 4 üncü Teknik yöntemler arasında kıyaslamalar yapılmıştır. Çıplak gözle yapılan yorumlamalar, bilgi sayarla elde edilen histogramlarla da karşılaştırılarak farklar saptanmıştır. Özellikle alanlar üzerinde durulmuş, yöntemlerin herbirile bulunan alanların gerçeğe uygunluk dereceleri saptanmıştır. Yöntemlerin hepsinde, tarım ürünlerinin % 80'den daha büyük bir doğrulukla bulunabildiği görülmüştür. *Herhangi bir teknik yöntem, tarım ürünlerinin alanlarının, % 80'den daha küçük bir doğrulukla saptanmasını sağlıyorsa, o yöntemin istenilen amacı gerçekleştirebilecek bir yöntem olmadığı kabul edilmekte ve uygulanmamaktadır.*

#### Landsat Uydusunun Çektiği Fotoğrafların Yorumu

**Yanıltıcı Renkli Fotoğrafların Yorumu :** Bilgisayarda Mayıs ve Ağustos aylarında 4, 5, 7 no.lu manyetik bantlara işlenmiş görüntüler, bileştirilerek yanıltıcı renkli fotoğraflara dönüştürülmektedir. Bu şekilde elde edilen yeni fotoğraflar üzerinde, çeşitli tarım ürünleri tanınabilmekte, sınırları çizilmekte ve alanları planimetre ile ölçülebilmektedir. Bu fotoğraflara Birleşik (Kompoze) fotoğraflar denilmektedir.

*Birleşik fotoğraflar üzerinde, sık bitkilerin oluşturduğu örtü açık kırmızı, otlak alanları daha koyu kırmızı, çok seyrek bitkilerle kaplı veya tamamile çıplak alanlar ile biçilmiş tarlalar beyaz veya beyaza yakın renklerde görülmektedir.*

Sulu tarım yapılan tarlalar, bir su kaynağının çevresinde, aynı merkezli daireler şeklinde toplanmışlardır ve sulama şebekeleri tanınabilmektedir. Yüksek Ovadaki sulu tarım yapılan alanların bu şekilde bir özellik göstermeleri, tanınmaları için büyük bir avantaj oluşturmaktadır. Başka yörelerin bir çoğunda, sulu tarımla susuz tarımı, fotoğraflar üzerinde ayırt etmeye yarıyacak böyle özellikler bulunmamaktadır, ürün çeşitleri de saptanamamaktadır. Bu nedenle; başka yörelerin birleşik fotoğrafları üzerinde yapılan çalışmalar sonunda bitki çeşitlerinin saptanamayacağı kanısına varılmış ve Yüksek Ova dışında bu şekilde çalışmalar yapılmıştır.

#### Yoğunluk Analizleri ve Bir Bandın Verdiği Görüntülerin Sınıflandırılması

Dört Bantla değişik 2 tarihte alınan görüntüler üzerinde çalışılmış, yoğunluk analizleri yapılarak (Ton farkları saptanarak) ve duyarlı sınıflandırma tekniği uygulanarak, bitki çeşitlerinin saptanmasına gayret edilmiştir. Bu çalışmada araştırmacılar, bilgisayarlardan yararlanmış, önce pikselleri sınıflara ayırmış ve her piksel sınıfının hangi bitki çeşidini gösterdiğini saptıyarak sonuca varmışlardır. Piksellerin sınıflara ayrılmasında, tonlarından ve sıklıklarından yararlanılmıştır. Pikseller televizyon ekranlarına yansıtılmış ve sınıflaması orada yapılmıştır. Kontrol amacıyla, arazide yapılması gereken incelemeler, alçaktan uçan uçaklarla çekilen fotoğraflar üzerinde yapılmıştır, arazide çok az çalışılmıştır. Örneğin; Toprak Koruma Servisi'nin ve Ziraî İlaçlama Servisi'nin uçaklarından yararlanılmıştır. Bu uçaklarla çekilen fotoğraflarda, tarım çeşitleri kolaylıkla ayırt edilebilmektedir.

Uygulanan bu teknik yöntem aşağıdaki şekilde özetlenebilir :

1 — Bantların herbiri tarihlerine göre ayrılır ve analizleri yapılır. Bu iş, görüntüler televizyon ekranına yansıtıldıktan sonra yorumlanarak yapılır.

2 — Piksel gruplarının (Sınıflarının) hangi bitki türünü gösterdiğini saptamak amacıyla bilgisayardan yararlanır. Bu şekilde sınıflandırma, araştırmayı yapanları, büyük çapta şüphelerden kurtarmakta ve her arazi parçasının hangi sınıfa sokulacağı konusunda, kesin kararlar verme olanağını sağlamaktadır. Ekrandaki piksel grupları incelenir ve sınıflandırılırken, elde araziye gösteren bir harita bulundurulur ve piksel gruplarının yerleri haritaya işaret edilir. Her piksel grubunun hangi bitkiyi gösterdiği ve ne büyüklükte bir alanı saptadığı bu şekilde saptanır.

3 — Yapılan ilk sınıflandırma, fazla duyarlı değildir, bunu daha duyarlı bir hale getirmek için aynı çalışma tekrarlanır. Görüntüler tekrar ekrana getirilerek, ilk kararlar gözden geçirilir ve gerekli görülen düzeltmeler yapılır. Böylelikle daha duyarlı bir sınıflama elde edilir.

4 — Son olarak elde edilen sınıflar, birde çıplak gözle kontrol edilir, kaba hataların bulunup bulunmadığı araştırılır. Örneğin; dere kenarlarında ve sulak arazilerdeki bitkilerin yüksek yerlerdekinden ayrılıp ayrılmadığı araştırılır.

*Bitki türlerinin çıplak gözle saptanmasında çok zaman hatalar olmaktadır. Bu hataların en önemli kaynağı, bazı bitkilerin aynı görüntüyü vermesidir. Her bitki farklı bir görüntü verse saptanmaları kolay ve hatasız olacaktır.* Kızılötesi ışınları kapsayan 7 no.lu bantla mayıs ve ağustos aylarında çekilen fotoğraflardan yararlanılarak, su kaynaklarının bulunduğu yerlerden de faydalanılarak, sulu tarım yapıldığı yerlerin saptanabileceği ve alanlarının bulunabileceği anlaşılmıştır. Bu çalışmada da, çok bantlı görüntülerden ve bilgi sayardan yararlanma zorunluğu vardır. Ancak böylelikle bitki çeşitleri ve kapladığı alanlar saptanabilmektedir.

#### **7 ve 5 No.lu Bantların Verdiği Görüntüler Arasındaki Orantıların Logaritmelerinden Yararlanarak, Duyarlı Sınıflandırmanın Yapılması**

Görüntüleri birbirine oranlama tekniğinin basit şekli, Landsat uydusunun 1978 yılında mayıs ve ağustos aylarında çektiği fotoğraflara uygulanmıştır. 7 ve 5 no.lu bantlarla, mayıs ve ağustos aylarında alınan görüntülerin, birbirine oranlanmas ile, bitki türlerinin daha duyarlı bir şekilde saptanabileceği, o güne kadar yapılan araştırmalar sonunda anlaşılmıştır.

7 ve 5 no.lu bantlarla, mayıs ve ağustos aylarında çekilen fotoğrafların aynı tarlaya ait pikselleri bilgisayarla saptanmakta ve birbirine oranlanmaktadır. Her bitki çeşidi için bu oranlar saptanarak histogramlar (örnekler) yapılmaktadır. Saptanan oranların 10 tabanına göre logaritmeleri (adi logaritme) alınarak ıskalalar yapılmakta, ıskaladaki boşluklarda enterpolasyon ve eksterpolasyon yöntemlerle doldurulmaktadır. Yapılan ıskala bu şekilde büyütülerek sulu tarım alanlarında kapsıyacak hale getirilmektedir. Bu şekilde yapılan logaritmik ıskala ve çeşitli görüntüler kartlara basılarak, yararlanılmak üzere el altında bulundurulmaktadır.

Logaritmik ıskala yapma ve eksterpolasyonla genişletme yöntemi, kontrast renklerden biri için yapılmıştır. Diğer renk için, fazla kullanışlı olmamasına rağmen, linear yöntem (doğrusal yöntem) kullanılarak genişletme yapılmıştır. Geniş-

letmeyle elde edilen bu ıskalalar, küçük orantı değerlerinin yorumunda çok az kullanılmaktadır. Farkın çıplak gözle görülebildiği büyük orantılarda, çok başarılı şekilde kullanılmaktadır. Yabani otların, toprakların, kayaların ve meraların, pikseller yardımıyla saptanmasında da, bazı koşullar altında başarı olmaktadır. *Sonuç olarak; bitki çeşitlerinin ve arazi tiplerinin sınırları, duya duyarlı şekilde saptanabilmektedir.*

Logaritmik yoldan ıskala Genişletme Yöntemi aşağıdaki şekilde özetlenmektedir.

1 — Landsat Uydusunun, Mayıs ve Ağustos aylarında çekilen fotoğrafları, sayısal yöntemle taranır ve aynı yerler için bulunan değerler, birbirlerine bölünerek oranlar elde edilir.

2 — Bulunan oranlar, bir logaritmik ıskala üzerine yerleştirilerek, bir çok noktada elde edilir. ıskalanın çizgileri, noktaların arasına ve dışına ait değerleri gösterir. Oranın büyüklüğü kontrastın fazlalığını gösterir.

3 — Burada piksel sayıları birbirine oranlanmakta ve oranlar bölümlere ayrılmaktadır. Her bölüm bir bitki türüne veya arazi tipine ait olmaktadır. Böylelikle de duyarlı bir sınıflama yapılabilmektedir. Bölümlerin sınırları önem kazanmaktadır.

4 — Elde edilen Logaritmik ıskala ve üzerine bitki türlerinin sınırları çizilmiş olan bir siyah-beyaz fotoğraf basılarak, çalışma sonuçları bir histogram haline getirilmektedir.

5 — Elde edilen siyah-beyaz fotoğraf büyütülerek, çıplak gözle kolaylıkla incelenebilir hale getirilmektedir. Her kategorideki piksel sayısı, bir pikselin kapsadığı alanla çarpılarak, kategorinin (bitki türünün) kapladığı alan bulunur.

6 — Sulu tarım alanlarındaki bitki türleri çıplak gözle saptanır ve alanları planimetre ile bulunur. Piksel sayısından yararlanılarak bulunan alanlar, planimetre ile bulunanlarla karşılaştırılarak kontrol yapılır.

*Toprağı kuru yonca alanlarının, çıplak gözle saptanması halinde % 95 oranında başarı sağlandığı, kontrollerle anlaşılmış ve raporlara yazılmıştır.* Bilgisayarlardan ve histogramlardan yararlanılarak yapılan sınıflama ve alan ölçmelerinde, yonca alanları daha hatalı bulunmuştur. Yonca tarlaları, diğer tarım ürünlerinden çok farklı bir görüntüye sahiptirler, bu nedenle çıplak gözle daha kolay saptanabilmektedirler. Otomatik sınıflandırmanın yanı sıra, çıplak gözle sınıflandırmadan da yararlanmak ve kontroller yapmak zorunluğu vardır.

Sulanan mısır tarlaları, ağustos ayında çekilen fotoğraflardan yararlanılarak ve bilgisayarla otomatik sınıflandırma yapılarak saptanmış ve hatasının % 4'den ibaret olduğu anlaşılmıştır. Aynı fotoğraflar üzerinde, çıplak gözle yapılan ayrımın hatası % 6 olmuştur.

Yeni sulanan yani toprağı ıslak yonca tarlaları, ağustos ayında çekilen fotoğraflardan yararlanılarak ve bilgisayarla otomatik sınıflandırma yapılarak saptanmış ve hatasının % 11 olduğu anlaşılmıştır. Aynı fotoğraflar üzerinde, çıplak gözle yapılan ayrımın hatası % 13 olmuştur. Görüldüğü üzere; yonca tarlalarının, fotoğrafın çekildiği anda ıslak veya kuru olması alanlarının saptanmasında etkili olmaktadır. Bazı yonca tarlaları da, fotoğrafların çekildiği günden 2-3 gün önce biçil-

miştir. Bu tarlaları fotoğraflarda, yonca tarlası olarak ayırmıya, hiç bir yöntem olarak vermemektedir. Bu nedenle, fotoğraflar yardımıyla bulunan yonca tarlalarının alanları, gerçeğe uymamaktadır.

En büyük hata, sulanan soya fasülyesi alanlarının saptanmasında oluşmuştur. Bilgisayardan yararlanılarak yapılan otomatik sınıflamada bulunan, sulanan soya fasülyesi alanları, gerçek alandan % 23 oranında daha eksik olmuştur. Sulanan soya fasülyeleri, fotoğraflarda, diğer ürünlerden, çıplak gözle kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Piksel saymak suretile, sulanan soya fasülyelerinin saptanması istendiğinde, çok büyük hatalarla karşılaşmaktadır. Hata % 363'e kadar çıkmaktadır.

#### Çok Bantlı Görüntülerden Yararlanarak Normal ve Çok Duyarlı Sınıflama

Ağustosta alınan görüntülerin, normal ve çok duyarlı sınıflaması, bilgisayar tekniğinden yararlanılarak yapılmıştır. Yararlanılan bantlar Landsat uydusunun 4, 5, 6 ve 7 no.lu bantlarıdır. Genel yöntem, çeşitli spektral sınıfların, istatistik hesaplarla signifikantlık derecelerini saptamak ve signifikantı en yüksek olanından yararlanarak, çok duyarlı sınıflama tekniğini uygulamaktır. Sınıflamada, benzer özellikleri bulunan pikseller birleştirilerek sınıflar oluşturulur. Aynı sınıfa sokulacak piksellerin, tam olarak birbirlerinin aynı özellikte olması istenecek olursa, her piksel ayrı bir sınıf oluşturur. Bu şekildeki bir sınıflama yararlı olmaz. Ana özellikleri aynı olan pikseller, bir sınıfa sokulmalı ve ayrıntılar üzerinde durulmamalı. İstatistik yöntemden yararlanarak, çok duyarlı sınıflama yapılırken, dataların bir defa daha sınıflandırılmasının amacı; aynı ürüne ait olan çeşitli sınıfları bir araya getirerek, sınıf sayısını azaltmaktır. Örneğin; mısır tarlalarına ait 3 tane sınıf oluşturulmuş olabilir.

Çok duyarlı sınıflama yöntemi uygulanırken, başlangıçta 57 spektral sınıf saptandı. Bu sınıfların herbirine bir harf veya bir numara verildi ve hepsi haritadaki yerlerine yazıldı. Kullanılan harita klasik yöntemle yapılmış çizgesel harita idi. Arazi şekillerini gösteren haritanın üzerine, toprağı örten bitki çeşitleri, sınırlarıda gösterilerek işlenmiş oldu. Hangi tarlaların mısırla, hangilerinin soya fasülyesi veya yonca ile kaplı olduğu, diğerlerinde de nelerin bulunduğu, hatasız bir şekilde ortaya konulmuş oldu.

Sınıflar arasındaki farklar, Swain ve King (1973) tarafından geliştirilen, ağırlığı da kapsıyacak şekilde farkları belirten, istatistik yöntemlerle saptanmıştır. Bu hesap sonunda, aralarındaki farkı çok küçük olan sınıflar birleştirilmiştir.

Arazide yapılan incelemeler sonunda 9 tane sınıfın bulunduğu saptanmıştır. Daha sonra, ayrıntılar saptanarak, her sınıfın analizleri yapılmış ve herbirinin, istatistik bakımından hangi özelliklere sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Sınıflar arasındaki farklar, ağırlıklı sapma yöntemleri uygulanarak, ortaya çıkarılabilir hale gelmiştir.

En büyük benzerlikten yararlanarak sınıflandırma yöntemi, bir kaç defa tekrarlanarak uygulanmış ve 20 sınıf saptanmıştır. Arazideki çalışmalarla saptanan 7 sınıf, görüntüler üzerinde yapılan çalışmalarla 20'e çıkmıştır. Her piksel görüntüde ayrı bir değer almaktadır. Bu değerlerin her biri de ayrı bir renkte görülmektedir. Önce negatif renklerle bir harita hazırlanmış, daha sonrada pozitif renklere

dönüştürülmüştür. Son harita üzerinde hem bitki türleri görülebilmiş hemde alanları ölçülebilmştir. Her sınıfın kaç tane pikselle gösterildiğini belirten bir histogramda yapılmıştır. *Piksel sayısından yararlanılarak, alanlarda bulunabilmektedir.*

Piksel değerlerinden yararlanılarak yapılan sınıflama, daha sonra bir bilgisayardan yararlanılarak şu şekilde düzeltilmiştir: Pikseller, 3 tanesi en, 3 tanesi boy olmak üzere 9 tanelik gruplara ayrılmış ve ortadaki pikselin grubun temsilcisi olduğu kabul edilmiştir. Böyle yapılmakla sınıf sayısı azaltılmıştır. Bu şekilde düzeltilmiş değerlerden yararlanılarak, önce negatif renklerden oluşan bir harita yapılmış daha sonra da, bu renkler pozitifte dönüştürülmüştür. Son harita üzerinde hem bitki türleri görülebilmiş hemde, alanları ölçülebilmştir. Alanlar planimetre ile ölçülmüştür. Her sınıfın kaç piksel grubu ile gösterildiğini belirten bir histogramda yapılmıştır. Grup sayısından yararlanılarak da alanlar bulunabilmektedir.

Normal ve çok duyarlı sınıflama teknikleri aşağıda açıklandığı şekilde özetlenmektedir.

1 — Normal sınıflama, Landsat uydusunun mayıs ve ağustos aylarında saptadığı görüntülerden yararlanılarak uygulanmaktadır. Bu tekniği uygulayanlar, bilgisayarlardan ve istatistik yöntemlerinden faydalanmaktadırlar.

2 — Ağırlıklı sapma yöntemi, spektral sınıflamanın hepsinde kullanılmaktadır. Spektral sınıflamada sapmalar çok küçük olmakta aynı görüntüye sahip olanlar birleştirilmekte.

3 — Bilgisayardan yararlanarak, her sınıfa giren bitkilerin bulunduğu yerleri saptamak ve arazide kontroller yapmak. Spektral sınıflamada, aynı amaçla kullanılabilir, bu da ikinci bir yöntem olmaktadır.

4 — En fazla benzerlikten yararlanarak sınıflama Spektral görüntülerin istatistik analizlerinde uygulanmaktadır. Bu da üçüncü bir yöntem olmaktadır.

5 — Eğer bazı bitkilerin diğerlerinden ayırılması zor olursa, örneğin soya fasülyesinde durum böyledir. Bu bitkileri saptamak için, yeniden kümeler yapmak ve normal sınıflama yöntemini bunlara göre uygulamak gerekir. Yeni oluşturulan sınıflar, arazi çalışmalarla kontrol edilmeli.

6 — Beşinci bölümde açıklanan işlemler gerekli ise, dördüncü bölümde açıklananları tekrarlamak gerekir.

7 — Düzeltme işlemi uygulanarak, sınıf sayısı azaltılır, özellikle karışık sınıflar kaldırılır. Düzeltmiş sınıfların her biri ayrı bir renk ile gösterilir.

8 — Görüntüler bir negatif fotoğraf gibi tabedilir.

9 — Daha sonra büyütülerek pozitif fotoğrafa dönüştürülür ve üzerinde gerekli incelemeler yapılır. Bu fotoğraf özelliğindeki harita üzerinde sulanan bitkilerin türleri saptandığı gibi, kapladıkları alanlarda planimetre ile ölçülebilir. Bu fotoğrafın, sulanan alanların normal vejetasyon haritaları da yapılabilir.

10 — Her bitki türüne (sınıfa) giren piksel sayısı saptanır ve yazılarak çizelge şeklinde bir histogram oluşturulur. Bir pikselin arazideki karşılığı olan alan bulunur ve sınıfların piksel adedile çarpılarak, her sınıfın arazideki büyüklüğü elde edilir. Bu şekilde bulunan sınıf alanları, planimetre ile bulunanlarla karşılaştırılarak kontrol yapılır.

Buraya kadar açıklanan yöntemlerle, sulanan mısır tarlaları çok duyarlı bir şekilde saptanabilmekte, bunu da yonca ve soya fasülyesi tarlaları izlemektedir.

### S o n u ç

Yukarda açıklanan, uydu yardımı ile sulu tarım alanlarını saptama yöntemleri 3 gruba ayrılmaktadır. Bunlar; normal sınıflandırma, çok duyarlı sınıflandırma ve logaritmik ıskala yöntemleridir. Bu yöntemler birbirleriyle şu şekilde kıyaslanmıştır :

1 — Siyah - Beyaz ve renkli fotoğrafların çıplak gözle incelenmesi sonunda elde edilen bulguların, gerçeğe uygunluk dereceleri ve aralarındaki farklar

2 — Piksel sayılarak bulunan alanlar ile planimetre ile bulunan alanlar arasındaki farklar ve bunların gerçeğe yakınlık dereceleri

3 — Çıplak gözle yapılan inceleme sonunda elde edilen bulguların, histogram sonuçlarıyla kıyaslanması

*Genel olarak; karmaşık yöntemlerle elde edilen sonuçlar, diğerlerinden daha duyarlı olmaktadır. Karmaşık yöntemler, bilgisayar yardımı ile, kısa zamanda uygulanabilmesine rağmen, pahalıya mal olmaktadır.*

Sulanan mısır ve yonca tarlalarının saptanmaları ve alanlarının bulunarak haritalarının yapılması, hangi yöntem uygulanırsa uygulansın yeterli duyarlılıkta yapılabilmektedir. Soya fasulyelerinin saptanmasında, Logaritmik ıskala yöntemi uygulandığı takdirde, duyarlılık azalmakta ve hata büyümektedir. Karta basılmış fotoğraflar çıplak gözle incelendiği, ve duyarlı yöntemler uygulandığı takdirde sulanan mısır tarlaları % 2 yonca tarlalarında % 13 hata ile saptanabilmektedirler.

Düzeltilme yöntemi, duyarlılığın artmasına, dolayısıyla hatanın küçülmesine sebep olmaktadır. Düzeltme yöntemi, duyarlı yöntemlerle kombine edildiği takdirde bilgisayardan da yararlanılsa dahi pahalı bir çalışma olmaktadır.

Sulanan mısır ve yonca tarlalarının alanları, piksel sayılarak saptanacak olursa, logaritmik ıskala yöntemi ile bulunandan daha duyarlı sonuçlar elde edilmektedir. Sulanan soya fasulyesi tarlalarının alanları, piksel sayılarak saptanacak olursa bulunacak hata duyarlı sınıflama yönteminin hatasından daha küçük olmaktadır. Fakat; soya fasulyesi alanlarının piksel sayılarak bulunması yöntemine ait hatanın bazı şüpheli yönleri bulunmaktadır, bunların araştırılması gereklidir.

Piksel sayarak alan bulma yönteminin bazı sorunları ve etkenleri bulunmaktadır. Fakat bu sorunlar ve etkenler, duyarlılığı fazla küçültmemekte, elde edilen sonucun hatası, çıplak gözle yapılan sınıflamanın hatasından daha küçük olmaktadır. *Sulanan alanların sınıflamasını en iyi şekilde yapabilmek için, bütün sınıflandırma yöntemlerini kombine etmek ve ayrıca da, çıplak gözle sınıflama yönteminin yararlanmak gereklidir.*