
SERİ B

CİLT 34

SAYI 1 1984

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ



UYDULAR ARACILIĞI İLE ORMANLARIN İNCELENMESİ

Tahsin TOKMANOĞLU¹

G İ R İ Ő

Uydulara yerleştirilen, Remote Sensing veya uzaktan algılama sistemlerinin, saptayabildiği en küçük boyut ve özellikler, son yıllarda tartişma konusu olmaktadır. Bugün dnyamızın çevresinde 200 den fazla uydunun devamlı olarak döndüğü, bütün varlıkları incelediği ve olayları saptamaya çalıştığı bilinmektedir. Uyduların bu işleri hangi incelikde yaptığı, üzerinde önemle durulması gereken bir noktadır. Bilimsel kongrelerde anlatılanlarla veya bilimsel dergilerde yazılanlarla, günlük gazetelerde yazılan ve fısıltı yoluyla yayılanlar arasında büyük farklar bulunmaktadır.

Uydulara yerleştirilen Remote Sensing sistemlerinin savaşta etkili olması, İleri ülkelerin bu bilgileri tam olarak açıklamalarını engellemektedir. Bilimsel yayınlarda, Uydular yardımıle saptanabilen en küçük boyutun 15 m olduğu, bununda henüz deneme döneminde bulunduğu yazılırken, günlük gazetelerde, uydular yardımıle, park-da gazete okuyan bir kimsenin gazetesinde nelerin yazılı olduğunun saptanabildiği yazılmakta ve buna denk daha bir çok haberler de yayılmaktadır.

Uçakların, roketlerin ve uyduların süratle gelişmesi, Ölçü yöntemlerinde de büyük atılımların olması, uzaktan algılama tekniğinin de süratle gelişmesine sebep olmaktadır. 1970 ve 1980'li yıllarda, bu konularda bağ döndürtücü gelişmeler olmuş ve bu gelişmeler birbirlerini destekliyerek çok büyük boyutlara ulaşmıştır.

Uzaktan algılama tekniği, 2 amacın gerçekteşmesini sağlayan bir araç olarak kabul edilmektedir. Bu amaçların birincisi ölçme, ikincisi de çevre düzenlemedir. Ölçü işlerinde, Uzaktan algılama tekniğinin saptayabildiği en küçük boyut, önemli bir etken olarak ortaya çıkmaktadır. Çevre düzenlemesi işinde, boyutun yanı sıra objenin niteliğinin saptanması da büyük önem kazanmaktadır.

Örneğin bir tarlanın veya bir orman parçasının boyutları, uzaktan algılama tekniğinin saptıyabildiği en küçük değerden daha büyükse, yeni teknik bu tarlayı veya orman parçasını saptar, boyutlarının ne kadar olduğunu da bildirir. Fakat, bu arazinin üzerindeki bitki örtüsünün niteliği saptanamıyacak olursa, çevre düzenlemesi için gerekli bilgiler elde edilmiş olmaz. Orman ve Tarım alanlarının birbirinden ayırtdilmesi faydalı bir bilgidir, fakat; yeterli değerdir. Tarım bitkisinin veya ağaç cinsinin saptanması da gereklidir.

¹ İ.O. Orman Fakóltesi Geodezi ve Fotogrametri Bilim Dalı.

² Bak: Remote Sensing Tekniğinin Saptayabildiği En Küçük Boyut. İ.O. Orman Fak. Dergisi, Seri B, Yıl 1982, Sayı 2.

Uçaklara yerleştirilen sistemler yardımıyla, yeryüzündeki objelerin boyutları ve diğer bütün özellikleri çok sağlıklı bir şekilde saptanabilmektedir. Kullanılan sistemlerin bir kısmı fotoğraf çekerek bu işi yapmakda, diğerleri de fotoğraf çekmeden yapmaktadır.

Savaş koşulları dikkate alındığında, uydulara yerleştirilen sistemler yardımıyla, boyutların ve obje niteliklerinin, hangi duyarlılık derecesinde saptandığı konusu çok önem kazanmaktadır.

Aşağıda, teknik kongrelerden ve bilimsel dergilerden toplayabildiğimiz bilgiler yardımıyla, soruna yanıt verilmişe çalışılmıştır.

UYDU YARDIMI İLE SAPTANABİLEN EN KÜÇÜK BOYUT

Uydular çok yüksekten uçtuklarından, örneğin 200 Km, yeryüzünde bulunan objelerden seçebildiklerinin boyutları çok küçük olmamaktadır. Bu kural fotoğraf çekerek işleyen sistemler için geçerli olduğu gibi, fotoğraf çekmeden, ışınları dağa boylarına ayırarak işleyen sistemler için de geçerlidir.

Bir fotoğraf, büyüteçlerle veya mikroskoplarla incelenecek olursa, küçük küçük taneciklerden oluştuğu görülür. Bu taneciklere «Fotoğraf Hücresi» veya Pixel denilmektedir. Bir fotoğrafın ayrıntılı bilgi vermesi, Pixel'lerinin küçüklüğüne bağlıdır. Pixeller ne kadar küçük olursa, fotoğrafın ayrıntılara inme özelliğinde o kadar fazla olur.

Pixelleri büyük olan bir fotoğraf 10 - 15 misline büyütülürse, hiç bir anlam taşımayan şekiller ortaya çıkmaktadır. Pixel küçüklüğü, fotoğraf kalitesini belirten, önemli bir özelliktir. Küçük pixelli fotoğraflar çekebilmek için, büyük çapta araştırmalar yapılmış ve büyük başarılar elde edilmiştir. Bugün uydulardan 10×10 cm büyüklüğünde fotoğraflar çekilmekte ve kenarlar 15 katına büyütülerek 150×150 cm büyüklüğünde fotoğraflar elde edilmekte ve bu fotoğraflar yardımıyla de araziye ait bir çok bilgiler saptanabilmektedir. Pixeller, filimlerin ezalı yüzlerinde bulunan bromür bileşimlerinin tanecikleridir. Pixellerin herbiri, üzerlerine düşen ışık miktarına göre, açık veya koyu tonda olurlar. Bir pixelin yarısının başka tonda, diğer yarısının da başka tonda olduğu görülmemiştir. Televizyonlardaki resimler de pixellerden oluşmaktadır. Verici istasyon pixelleri, alıcıya teker teker göndermektedir. Televizyondaki görüntüyü oluşturan pixeler ne kadar küçük olursa, görüntü okadar net ve okadar ayrıntılı olur.

NASA'nın attığı LANDSAT uydularından çekilen fotoğraflardaki pixelerin büyüklüğü 20 - 25 mikron kadardır. 200 - 250 Km yükseklikten böyle bir fotoğraf çekildiği takdirde, bir pixelin arazideki karşılığı 70 m kadar olmaktadır.

Özet olarak; uydulara yerleştirilen ve fotoğraf çekerek çalışan sistemlerin saptayabildiği en küçük boyut 70 m dir. Buna göre 70×70 m büyüklüğünde veya 5 dekar büyüklüğünde bir alan, fotoğraf çeken uydudan saptanabilmekte, daha küçükleri saptanamamaktadır.

UYDULARA YERLEŞTİRİLEN ÇOK BANTLI SİSTEMLER YARDIMILE ARAZİNİN İNCELENMESİ

Son yıllarda yapılan araştırmalar, doğadaki ışınların çok çeşitli olduğunu, insan gözünün görebildiği ışınların, doğadaki ışınların çok küçük bir bölümü olduğu anlaşılmıştır. Yakın zamana kadar ışınların dalga boylarının ölçülmesinde, birim olarak mikron kullanılmaktaydı. Yeni bulunan ışınların dalga boylarının ölçülmesinde, mikron çok büyük kalmıya başlamış ve yeni ölçü birimleri geliştirilmiştir. Mikronun bindebirine Nanometre, Nanometrenin binde birine de Pisometre denilmektedir. Yeni bulunan ışınların dalga boyları, bu uzunluk birimleriyle ölçülmektedir.

Doğadaki ışınların tamamına «Elektromanyetik Spektrum» veya «Elektromanyetik Dalgalar» denilmektedir. Bu dalgalardan yararlanarak çalışan aletlerin her biri dalgaların küçük bir bölümünü kullanmaktadır. Fotoğraf makinelerinin objektiflerine takılan filtreler, ışınların büyük çoğunluğunu dışarda bırakmakta ve pek az bir kısmının içeri girmesini sağlamaktadır. İçeriye giren ışına duyarlı özel filim de kullanınca, normal fotoğraf makineleriyle elde edilemeyen bir çok bilgi elde edilebilmektedir.

Her ışın doğanın ayrı bir özelliğini yansıtmaktadır. Eğer insan gözünün görebildiği ışınlar, bugünkünden başka olsaydı, doğayı çok başka renklerde görecektik. Doğadaki özelliklerin saptanmasında, filim ve filtre kombinasyonlarının büyük önemi vardır. Saptanmak istenen özelliğe uygun filim ve filtrenin araştırılarak bulunması gerekmektedir.

Doğadaki özelliklerin herbiri için ayrı bir uydu atmaya olanak bulunmadığından, atılan bir uyduya birden fazla fotoğraf makinesi yerleştirme ve her fotoğraf makinesile ayrı bir özellik saptama yoluna gidilmektedir. Yeryüzünden yansıyarak gelen ışınlar, uydudaki optik elektronik aygıta girince, dalga boyuna göre kademelere ayrılmakta ve detektörlere gitmektedir. Her detektör kendine gelen ışınları inceler, ya manyetik bantlar üzerine işler veyahutta fotoğraflara dönüştürür.

Landsat B uydusundaki 4 nolu bant, dalgaboyu 0,5 - 0,6 mikron olan ışınları saptamakta ve su kirliliğinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. 5 nolu bant dalgaboyu 0,6 - 0,7 mikron olan ışınları saptamakta ve şehircilik çalışmalarının ve yer şekillerinin daha ayrıntılı bir şekilde belirlenmesini sağlamaktadır. 6 ve 7 nolu bantlardan birincisi dalga boyu 0,7 - 0,8 mikron, ikincisi de 0,8 - 1,1 mikron olan ışınları saptamakta ve bitkilerin belirlenmesini sağlamaktadırlar.

Yapılan bütün bu çalışmalarda, saptanabilen en küçük boyut, yukarda belirtildiği üzere; 70 m den daha aşağıya indirilememiştir. Son yıllarda araziyi şeritler halinde taramaktan vaz geçilmiş onun yerine, küçük parçalar halinde fotoğraf çekme yoluna gidilmiye başlanmıştır. Bunu, bir boyalı fırçayı, bir levha üzerine, birbirine yakın şekilde vurarak yuvarlaklar oluşturmaya benzetebiliriz. Bu yuvarlaklara «Fransız Noktaları», bu yöntemle çalışan uydularada «Fransız Noktası Uydusu» denilmektedir. Bu yöntemle çalışan aygıtlarla elde edilen fotoğraflarda pikeller daha küçük olmakda ve 15 m lik boyutlar saptanabilmektedir. Fransız noktaları yöntemi henüz deneme döneminde, geniş çapta uygulamasına geçilmemiştir.

Uydular çok yüksekten uçtuklarından, çektikleri fotoğraflarla, 3 boyutlu görün-

tü elde edilememektedir. Üçüncü boyut olan yükseklik, her çeşit arazi incelemesinde, özellikle harita yapımında çok önemlidir. Uçaklardan çekilen fotoğraflar, hem 3 boyutlu görüntü vermekte hemde, daha küçük boyutların saptanmasına olanak vermektedir. 1/100 000 ölçekli fotoğraflardaki bir pikselin arazideki karşınının 3-5 m olabileceği umulmakta ve bunun gerçekleştirilmesine çalışılmaktadır. Savaş amaçlarıyla çekilen fotoğrafların daha küçük boyutları saptanması istenmektedir.

ÖZELLİKLERİN SAPTANMASI

Bilimsel yayınlardan yararlanarak, uydular aracılığı ile saptanabilen en küçük boyutun ne olduğunu yukarıda açıklamış bulunuyoruz. Özet olarak, henüz deneme döneminde bulunan Fransız noktaları yönteminde dahi bu boyut 15 m den aşağıya inmemektedir. Parkda gazete okuyan bir insanın, gazetesinde yazılanların, uydudan saptanmasına olanak bulunmadığı kesinlikle söylenmektedir.

Yeryüzündeki objelerin veya arazilerin özelliklerinin saptanması, boyutların saptanması kadar önemli bir konudur. Geniş alanları kaplıyan bir ormanla, bir tarım alanının birbirinden ayırt edilmesi, ayrıca; ormanın hangi ağaç cinslerinden, tarım alanının da hangi bitkilerden oluştuğunun saptanması da, yerine göre büyük önem kazanan bir konudur.

Seyrek bitki örtüsü ile kaplı yerlerde, ışınların bir kısmı bitki yapraklarından, bir kısmı da toprak yüzeyinden yansımakta ve birbirine karışmaktadır. Toplu halde bulunan bitkilerin aynı dalga boyundaki ışınları yansıtma oranları, birbirinden farklıdır. Bu özellikten yararlanarak, toplu haldeki bitkileri saptama olanağı elde edilmiştir. Bitkilerin seyrek olduğu yerlerde bu olanaktan yararlanılamamaktadır. Tarım bitkileri kısa boylu olduklarından ince bir tabaka oluşturmaktadırlar. Bu nedenle tarım bitkilerinin yüzeyinden yansıyan ışınlarla, topraktan yansıyan ışınlar birbirine karışmaktadır. Büyük ağaçların oluşturduğu sık ormanlarda, güneşden gelen ışınlar toprağa kadar inememekte, ya ağaç yapraklarının içersine girmekte veyahutta yansımaktadır. Bu yansım oranlarından yararlanılarak, ağaçların cinsleri saptanabilmektedir. Yansım oranları ağaç cinsine göre değiştiği gibi, ışının dalga boyuna görede değişmektedir.

Son yıllarda saf ormanlar üzerinde deneme çalışmaları yapılarak, her birinin çeşitli dalga boylarındaki ışınları hangi oranlarda yansıttığı saptanmaktadır. Daha sonrada arazide incelenmiyen ormanlardaki ağaç cinsleri bu bilgiler yardımıyla ortaya çıkarılmıya çalışılmaktadır.

Yeni ağaçlandırılan alanlar veya gençliğin doğal yolla kapladığı alanlar, aynen tarım alanlarının özelliğini taşımaktadır. Yani; topraktan yansıyan ışınlarla fidanlardan yansıyan ışınlar birbirine karışmakta bu nedende seçilememektedirler.

ANALOG VE DİJİTAL SİSTEMLER

Yukarıda uydulara yerleştirilen sistemlerin bir kısmının fotoğraf çekerek, bir kısmının da, ışınları dalgaboylarına göre ayırdıktan sonra manyetik batılara işliyerek saptadığı belirtilmişti. Çekilen fotoğraflar evvelce gözle incelenirdi. Son yıllarda, bu fotoğrafları da otomatik olarak tarayan sistemler bulunmuştur. Kısa zaman-

da ve hatasız bir şekilde fotoğrafları tarayan bu sistemler de birer bilgi sayardır. Bilgisayarların çok çeşitleri yapılmıştır, herbiri özel bir amaca yönelmiştir.

Çok çeşitli olan bilgisayarlar, bir başka bakımdan 2 gruba ayrılmaktadır. Birinci gruptakiler yaptıkları çalışmanın veya incelemenin sonuçlarını şekillerle veya grafiklerle ortaya koyarlar, bunlara Analog sistemler denilmektedir. İkinci gruba giren sistemler ise yaptıkları çalışmanın veya incelemenin sonuçlarını sayılarla ortaya koyarlar. Bunlara da Digital sistemler denilmektedir. Digital sistemin verdiği sonuçlar, gerektiğinde grafiğe veya çeşitli şekillere dönüştürülebilirler.

Şekil No: 1 de, önce digital sistemle saptanmış, sonra grafiğe dönüştürülerek elde edilmiş bir kaç çalışma sonucu görülmektedir. Bir arazi parçası veya bitki örtüsü, üzerine gelen ışığı ne kadar büyük oranda yansıtırsa, fotoğrafda o kadar parlak görünür, ne kadar az yansıtırsa o kadar koyu görünür.

Şekil No: 1 deki yatay eksen, kullanılan ışınların dalga boylarını göstermektedir. Örneğin 4 nolu bantta kullanılan ışınların dalgaboyları 0,5 - 0,6 mikron olduğundan, yatay eksenin 0,55 mikron çizgisine (Bant 4) diye yazılmıştır. Diğer bantlarda aynı şekilde, kullandıkları ışınların dalga boylarının ortalamalarının bulunduğu yere yazılmıştır.

Şeklin dikey ekseninde digital sistemin saptadığı değerler bulunmaktadır. Bu değerler, bitki veya arazi yüzeyinden yansıyan ışığın oranı hakkında bilgi vermektedir. En alçaktan seyreden grafiksu yüzeyine aittir. Arazi sınıflamasında su yüzeyine 47 numara verilmiştir. Parantez içersindeki rakkamlar sınıf numaralarını göstermektedir.

4 nolu bant ile çekilen fotoğraflardaki su birikintileri için, digital sistemin verdiği rakkam ortalama olarak 10 dur.

5 nolu bant ile çekilen fotoğraftaki su birikintileri için, digital sistemin verdiği rakkam ortalama olarak 5 dir.

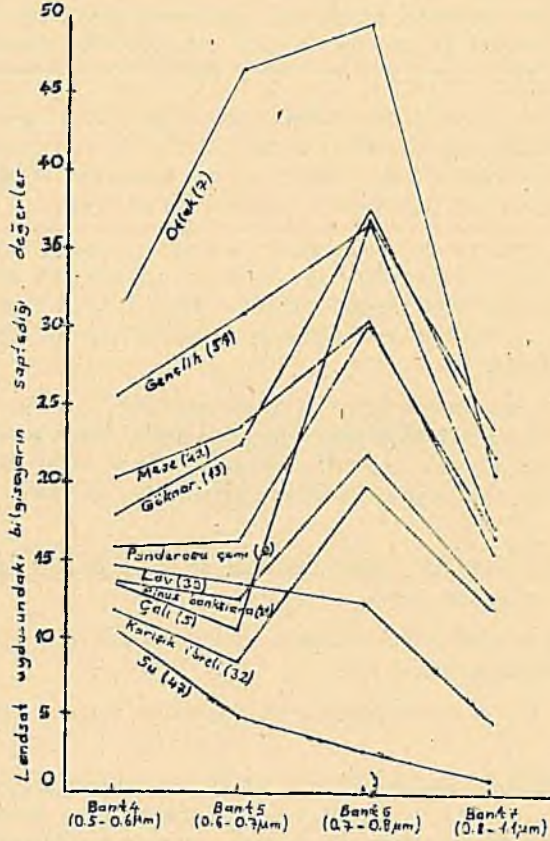
6 nolu bant ile çekilen fotoğrafta bu değer 3 e, 7 no ile çekilen de ise 1 e imektedir.

Karışık ibrellerde, çalılarda Pinüs Banksiana meşcerelerinde ve lavlarla kaplı alanlarda, 4 nolu bantın, verdiği değerlerin, 5 nolu bantın verdiklerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Diğer bir deyimle, bu arazi sınıflarında 4 ve 5 nolu bantların aralığında, dalgaboyu büyüdükçe digital sistemin verdiği değerler küçülmekte, Panderozo çamında aynı kalmakta, göknar ve meşe ormanlarında yükselmekte, gençlikte kaplı yerlerde ve otlak alanlarında ise, büyük bir eğimle yükselmektedir.

Şekil No: 1 de görülen 10 tane grafiğin hepsi 6 nolu bantta yani dalga boyu 0,75 mikron olan ışınlarda en yüksek değere ulaşmakta. 7 nolu bantta ise hepsi birden düşmekte ve birbirlerine çok yaklaşmaktadır. Bu grafiklerin birbirlerinden çok ayrıldığı kısım, 4 ve 5 nolu bantların arasındadır. Her arazi tipine ait grafiğin, bu kısma ait eğimi hesaplanmıştır. Bu eğimden yararlanılarak arazi tipinin saptanmasına çalışılmaktadır.

Teorik olarak doğru olan bu düşünce, bazı arazi tiplerinde uygulandığında başarılı sonuç vermekte, diğerlerinde ise vermemektedir. Bunun sebebi, Şekil No: 1

deki grafiklerin ortalama değerlere göre çizilmesidir. Bazı arazilerde, ortalamalardan ayrılma büyük bazılarında ise küçük olmaktadır. Ortalamalardan ayrılmaların küçük olduğu, diğer bir deyimle, varyansın küçük olduğu arazi tiplerinde, başarılar sonuç alınmakta, varyansın büyük olduğu arazi tiplerinde ise, sınıflar birbirine karışmakta ve başarı sağlanamamaktadır.



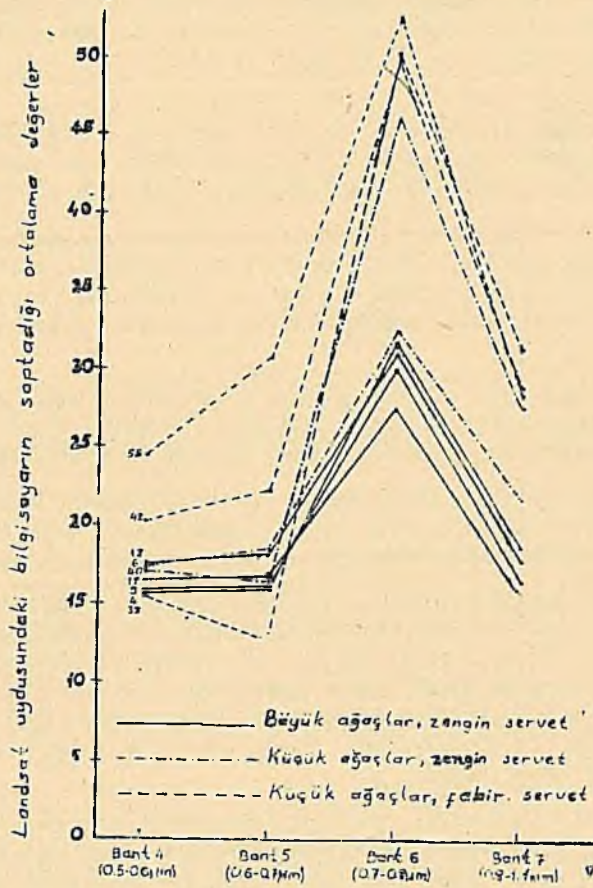
Şekil No. 1

Çeşitli arazi sınıflarının ışın yansıtma özelliklerini açıklayan şekil. Yatay eksen üzerinde uydudan çekilen 4 fotoğrafın yararlandıkları dalga boyları bulunmaktadır. Düşey eksen üzerinde ise Digital Sistemin (Sayısal değer veren bilgi sayarın) verdiği değerler bulunmaktadır. Bu değerler araziden yansıyan ışık oranı hakkında da bilgi vermektedir. Işını en az yansıtan arazi sınıfı, su birikintisidir. Su birikintisi, gelen ışınların büyük çoğunluğunu yutar. Her sınıftaki ışın yansıtma oranlarının birbirinden farklı olduğu, ayrıca bu farkların, 4 ve 5 nolu bantları arasında en büyük değerlere ulaştığı görülmektedir. Buradaki grafikler, Humboldt Üniversitesi ile Nasa arasında kurulan bir işbirliği sayesinde elde edilmiştir.

MEŞCERELERİ SAPTAMA OLANAKLARI

Şekil No: 1'deki grafiklerin, birbirinden farklı oluşunun nedeni, sadece bitki örtüsünün farklı oluşu değildir. Su yüzeyine ait grafikler arasında dahi küçük farklar bulunmaktadır. Kirli ve temiz suların ışın yansıtma oranları birbirinden farklıdır.

dır. Bu nedenle digital sistemin su birikintileri için verdiği değerler ve bunlara dayanılarak çizilen grafikler dahi birbirinden farklı olmaktadır. Bu farklardan yararlanılarak suların kirlilik veya tuzluluk dereceleri de ortaya çıkarılabilmektedir. Şekil No: 1 deki su grafiği ortalama değerlere göre çizilmiştir.



Şekil No. 2

Panderosa çamının oluşturduğu meşcerelerin, ışın yansıtma özelliklerini açıklayan şekil. Buradaki grafikler çizimi, Şekil No. 1 deki grafiklerin çiziminin tamamıyla aynıdır. Ağaç boyu ve servet bakımından, farklı meşcere için çizilen grafikler burada bir arada görülmektedir. Buradaki grafiklerin ortalaması alınarak, Şekil No. 1 deki Panderosa çamına alt grafik elde edilmiştir. Bir meşcerenin Panderosa çamından oluştuğunu bilirsek; bu şekildeki gibi grafiğini çizerek, büyük veya küçük ağaçlardan mı oluştuğunu, servetçe ne durumda bulunduğunu saptayabiliriz.

Meşcereler, ağaç cinsi bakımından birbirinden ayrıldığı gibi çap sınıfı ve sıklık derecesi bakımından da birbirinden ayrılmaktadırlar. Bu özellikler, meşcerelerin ışın yansıtma oranlarını da etkilemektedirler. Aynı ağaç cinsinin oluşturduğu meşcerelerin her biri için Şekil No: 1 deki gibi grafikler çizilirse birbirlerine uymadıkları görülmektedir.

Şekil No: 2 de Panderosa çamının oluşturduğu 9 meşcere için çizilmiş 9 grafik bir arada görülmektedir. Şekil No: 1 deki Panderosa çamına ait grafik, buradaki 9 grafiğin ortalaması alınarak elde edilmiştir.

Şekil No: 2 deki grafik incelendiğinde dolgun çizgi ile çizilmiş olan 4 eğrinin büyük ağaçlı ve zengin servetli meşcerelere ait olduğu kesik çizgilerle çizilmiş olan 3 eğrinin küçük ağaçlı ve zengin servetli meşcerelere ait olduğu, kesik çizgi ve noktalardan oluşan 2 eğrinin de küçük ağaçlı ve fakir servetli meşcerelere ait olduğu görülmektedir.

Bir meşcerenin veya ormanın Panderosa çamlarından oluştuğunu bilirsek, Şekil No: 2 deki bilgilerden yararlanarak, ağaçlarının büyük veya küçük olduğunu, servet bakımından da zengin veya fakir olduğunu ortaya çıkarabiliriz.

Şekil No: 3 de göknarların oluşturduğu 6 meşcere için çizilmiş 6 grafik görülmektedir. Dolgun çizgi ile çizilen 3 grafik büyük ağaçlı ve zengin servetli meşcerelere aittir. Kesik çizgi ile çizilen 3 grafik ise, büyük ağaçlı fakir meşcerelere aittir. Şekil No: 1 deki göknar grafiği buradaki 6 grafiğin ortalaması alınarak bulunmuştur.

Bir meşcerenin veya ormanın göknar ağaçlarından oluştuğunu bilirsek, Şekil No: 3 deki bilgilerden yararlanarak, yani aynı yöntemle grafikler çizersek meşcerenin servet bakımından zengin olup olmadığını ortaya çıkarabiliriz.

Şekil 2 ve 3 deki grafiklerin hepsini bir araya çizersek birbirlerine karışmalar ayırtetme olanağı bulunamaz. Meşe ve diğer ağaç türleri için de aynı şekilde 7 şer, 8 zer grafik çizilirse, birbirinden ayırt edilmeleri tamamen olanaksız hale gelir.

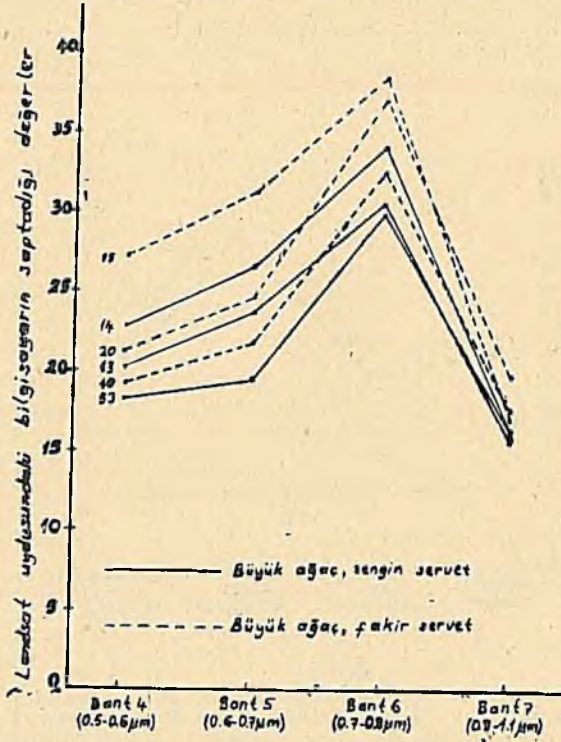
Şekil 2 ve 3 de olduğu gibi, her ağaç cinsi için, ışın yansıtma özelliklerini gösteren grafikler çizilmiştir. Bir kısmında aynı ağaca ait grafiklerin birbirinden çok ayrıldığı, yani varyansının büyük olduğu, bir kısmında da, grafiklerin birbirine yaklaştığı yani varyansının küçük olduğu saptanmıştır. Varyansı küçük olanlarda ağaç cinsinin saptanması kolay olmaktadır. Fakat buna karşılık, ağaçların büyük veya küçük olduğunun, servet bakımından zengin veya fakir olduğunun saptanması zor hatta olanaksız bulunmaktadır.

Varyansı büyük olanlarda, yani çok farklı grafiklerin çizilmesine sebep olan ağaçlarda, cinslerin saptanması zor, fakat ağaçların büyük veya küçük olduğunun, servet bakımından da zengin veya fakir olduğunun saptanması kolay olmaktadır. Varyansı büyük olan ormanlardaki ağaç cinslerini saptamak için, yukarıda açıklanan yöntemden ayrı bir yöntem bulmak ve geliştirmek zorunluğu vardır.

Şekil No: 4 de, Varyansı çok küçük olan bir ağaca, Pinus Banksiana meşcerelerine ait ışın yansıtma oranlarını gösteren grafikler bulunmaktadır. Buradaki grafikler, birbirlerine paralel olarak seyretmektedirler. Özellikle 4 ve 5 nolu bantlar arasına ait olan kısmın eğimi daima aynı kalmaktadır. Bu eğimden yararlanılarak Pinus Banksiana meşcereleri diğer meşcerelerden ayırt edilebilmektedir. Şekil No: 1 deki Pinus Banksiana grafiği, buradaki grafiklerin ortalamaları alınarak çizilmiştir.

MEŞCERELERİN SINIFLARA AYRILMASI

Meşcerelerin hatasız bir şekilde sınıflara ayrılabilmesi için, önce sınıfların tam olarak tanımlanması gerekir. Bir ormancının arazide inceleme yaparak, örneğin 15 inci sınıfa soktuğu bir meşcereyi, diğer bir ormancı gene arazide inceleme yaparak başka bir sınıfa sokarsa, bu 2 ormancı arasında, meşcere sınıfları konusunda anlayış birliği kurulmamış demektir. Bu 2 insanın hava veya uzay fotoğrafları üzerinde yapacakları sınıflamalar arasında bir uyumun sağlanmasına olanak yoktur. Bu durumda kusuru, hava veya uzay fotoğraflarına, veyahut bunların incelenmesinde kullanılan aletlere yüklemek çok yanlış bir karar olmaktadır.



Şekil No. 3

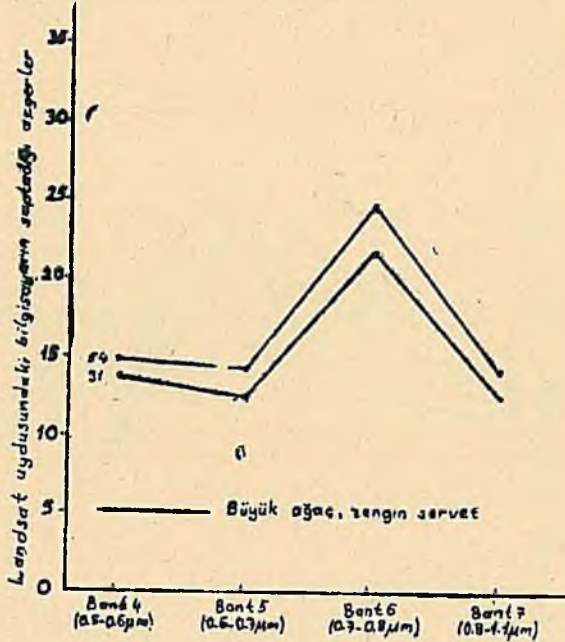
Göknetr ağaçlarının oluşturduğu meşcerelerin ışın yansıtma özelliklerini açıklayan şekil. Buradaki grafiklerle çizimi, Şekil No. 1 deki grafiklerin çiziminin tamamen aynıdır. Servet bakımından farklı 6 meşcere için çizilen 6 grafik burada bir arada görülmektedir. Buradaki grafiklerin ortalaması alınarak Şekil No. 1 deki Göknetr grafiği elde edilmiştir. Bir meşcerenin göknetrlerden oluştuğunu bilirse, bu şekildeki gibi ışın yansıtma oranlarını gösteren grafiğini çizerek, servet bakımından zengin olup olmadığını ortaya çıkartabiliriz.

Herşeyden önce, meşcere ayrımını yapacak kişiler arasında kavram birliğinin kurulması gerekir. Diğer taraftan, doğada birbirinin aynı olan 2 meşcere bulmaya olanak yoktur. Bütün özellikler dikkate alınarak sınıflama yapılmaya kalkışılacak

7:

olursa, her meşcereyi ayrı bir sınıf olarak kabul etme zorunluğu ile karşılaşılır. Bunun da Pratikde hiç bir yararı olmaz.

Meşcere sınıflarının tanımından önce, ormanın tanımında kavram birliğine varmak gerekir. Örneğin; büyük ve çok seyrek duran ağaç topluluğu; bir kimseye göre orman, diğer bir kimseye göre de otlak alanı ise, bu 2 insanı bir araya getiren bir ekip oluşturmak ve bu ekibe arazi sınıflaması yaptırmak doğru değildir. Önce, sınıflamayı yapacak kimseleri, iyi bir eğitimden geçirerek, aralarında kavram birliğinin kurulması gerekir.



Şekil No. 4

Pinus Banksiana ağaçlarının oluşturduğu meşcerelerin ışın yanıtıma özelliklerini gösteren şekil. Buradaki grafiklerin çizimi de Şekil No. 1 deki grafiklerin çiziminin tamamıdır. Buradaki grafiklerin 2 si de, uzun boylu ve servet bakımından zengin ağaçlara aittir. Grafiklerin 2 sinin de birbirine paralel gittiği görülmektedir. Şekil No. 1 deki pinus Banksiana grafiği buradaki grafiklerin ortalaması alınarak bulunmuştur. Buradaki grafiklerin 4 ve 5 nolu bantlar arasına alt olan kısmının eğimli, bütün Banksiana meşcerelerinde aynı kalmaktadır. Bu özellik Banksiana meşcerelerinin tanınmasını sağlamaktadır.

Pratik olarak yapılması gereken iş, özellikleri birbirine yakın olan meşcereleri aynı sınıfa sokmaktır. Burada da şu sorunla karşılaşılmaktadır: Özellikleri birbirine yakın meşcereler ne demektir? Burada gene objektiflikten uzaklaşmakta ve kişisel görüşler verilecek kararları etkilemektedir. Bu sakıncalı durumu gidermek amacıyla, Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir çalışmayı özet olarak vermimiz gerekmektedir.

SHASTA - TRINITY DEVLET ORMANININ, MC CLOUD BÖLGESİNDE YAPILAN, MEŞCERE SINIFLANDIRMALARI

Bu çalışmanın amacı; hem ormanı meşcere tiplerine göre sınıflara ayırmak, hemde Landsat uydusundan yararlanarak bu amacın hangi duyarlılık derecesinde saptanabileceğini araştırmaktır. Çalışmanın sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için Humbolt Üniversitesi, Nasa'nın Ames Şehrindeki araştırma İstasyonu arasında işbirliği kurulmuştur.

Çalışma alanı tamamen ibrelili ağaçlarla kaplı bulunuyordu. Bu alanı evvela ağaç cinslerine göre sonra; kapalılık oranlarına göre; daha sonrada tepe çatılarının çaplarına göre sınıflara ayırmak kural olarak benimsendi.

Yapılan çalışmayla, ormancılığın pratiğinde çalışanların bazı sorunlarına da, cevap bulunması amaçlanmıştır. Bu sorunların en önemlileri şunlardır.

1 — Bir çok yerde, ormancılar Landsat uydusunun verdiği bilgilerden yararlanarak, meşcere tiplerini saptamaktalar. Fakat aralarında birlik sağlanamamaktadır. Birliğin sağlanması amacıyla çeşitli kimseler çeşitli önerilerde bulunmuşlardır. Bu önerilerin en yararlı olanının seçilmesi

2 — Bütün özellikleri tamamen birbirinin aynı olan meşcereler bulmak ve bunları aynı sınıfa sokmak, doğa koşullarına uymıyan bir düşüncedir. Özellikler birbirine yakın olan meşcereleri seçmek ve aynı sınıfa sokmak zorunluğu vardır. Özellikleri birbirine yakın olan meşcereler birleştirilince bir küme veya bir yelpaze elde edilmektedir. Kümelerin veya yelpazelerin sınırlarını birbirlerinden ayırmak çok zor olmaktadır. Yapılan çalışmanın ikinci amacı, grupların veya yelpazelerin sınırlarını, objektif bir şekilde saptamaktır.

3 — Landsat uydusuna yerleştirilmiş olan bilgisayardan yararlanılarak Şekil No: 1, 2, 3 ve 4no daki grafikler çizilebilmektedir. Adına «Spektral Eğri» denilen bu grafiklerden yararlanarak, meşcereler veya aynı sınıfa giren meşcereler topluluğu hakkında bilgi toplamak ve ormandaki ağaç servetinin envanterini yapmaktır.

Gerçekleştirilmesi istenilen başka amaçlarda vardır, fakat en önemlileri bunlardır. Spektrol Eğrilerden yararlanarak, meşcere tiplerini saptıyabilmek için, önce bütün meşcere tiplerinin (Sınıflarının) herbirine ait Spektral Eğrilerin neler olduğu saptanmıştır. İstatistik yöntemlerini tam olarak tanımlamak ve üzerine etiketini hatasız olarak yapıştırmak gerekir. Sınıflar saptanırken, fotoyorumlamada çalışacak kimselerin eğitimi ve deneyimli hale gelmesi de sağlanmıştır. Spektral Eğrileri aynı olan 2 meşcereyi, yalnız uçaktan çekilmiş fotoğraflarına bakarak, aynı sınıfa sokan bir foto yorumlamacı, konusunda tam uzman olmuş bir kimse demektir. Bu şekilde fotoyorumlamacı yetiştirmenin, ideal eğitim yöntemi olduğu kesinlikle söylenebilir.

Deneme alanı olarak seçilen Trinity ormanının Mccloud bölgesi, 250 hek. büyüklüğündedir. 1350 m den yüksekde göknarlar saf olarak, daha aşağılarda ise çam çeşitleri karışık halde bulunmaktadır. Arazi çok engebeldir, eğim genellikle % 8 civarındadır.

Landsat uydusunun topladığı bilgilerden yararlanılarak, özellikleri yukarıda

açıklanan orman, önce meşcerelere ayrılmış, daha sonra özellikleri birbirine yakın olan meşcereler birleştirilerek, gruplar veya sınıflar oluşturulmuştur. Ağaç cinsi, yaş ve kapalılık dikkate alınınca, meşcere tipi sayısı 100 ü bulmaktadır. İbreliler 4 gruba, ağaç büyüklükleri 2 gruba, sıklık veya kapalılık da 2 gruba ayrılarak sınıf veya grup sayısı azaltılmıştır. Kabul edilen bu gruplama şekli, önce arazide uygulanmış ve orman buna göre gruplara veya sınıflara ayrılmıştır. Daha sonra bu grupların, uydunun saptadığı ve örnekleri yukarıda görülen Spektral grafiklerde ne gibi farklılıklar meydana getirdiği araştırılmıştır. Böylelikle, arazide saptanan her grubun veya sınıfın, spektral grafiklerden yararlanılarak saptanması olanakları araştırılmıştır.

Spektral grafiklerin birbirlerinden ne kadar farklı olduğu veyahut görülen farkların, aynı sınıflar sayılmayı gerektirip gerektirmeyeceği konusu, istatistik yöntemlerden yararlanılarak ve Ayırma Matrisleri düzenlenerek ortaya çıkarılmıştır. Birbirine az çok benzeyen spektral grafiklerin, aynı gruba sokulup sokulmaması kararları, Ayırma Matrisi yardımı ile verilmiştir. Spektral grafiklerin sınıflara ayrılmasında kullanılan Ayırma Matrisi «Swan - Fu Uzaklığı İstatistiği» yöntemine dayanmaktadır. Bu yöntem 1972 yılında Swan ve Fu tarafından geliştirilmiştir.

Özet olarak; önce her sınıf tam olarak tanımlanmış, sonra her sınıfa ait spektral grafiklerin neler olduğu saptanmıştır. Sınıflar saptanırken fotoyorumlamada çalısacak kimselerin deneyimli hale getirilmesi de sağlanmıştır.

Landsat Uydusunun çektiği fotoğraflar büyütülerek 1/16 000 ölçekli ve renkli hale getirilmiştir. Bu fotoğraflar üzerinde tarafsız bir şekilde rastlantı yöntemi uygulanarak deneme alanları alınmıştır. Deneme alanları şu şekilde saptanmıştır: Büyütülmüş bu özel fotoğraflar üzerine önce sütun ve satır çizgileri çizilmiştir. Çizgiler aralarındaki uzaklık, 8 pixel büyüklüğünde olacak şekilde alınmıştır. Böylelikle elde edilen karelerin her birinde yaklaşık olarak $8 \times 8 = 64$ tane pixelin bulunması sağlanmıştır. Çizilen karelerden 39 tanesi rastlantı yöntemine göre seçilmiş ve matematik istatistik kurallarına göre değerlendirilmiştir.

Seçilen deneme alanlarındaki şekiller, bir projektör yardımıyla bir perdeye yansıtılmış ve orada incelenmiştir. Yapılan bu çalışmanın, daha güvenli sonuçlar vermesini sağlamak amacıyla, deneme alanlarının birbirlerini etkilememesine çok önem verilmiştir. Diğer bir deyimle; bölümlerin bağımsız incelenmesine olanak sağlanmaya çalışılmıştır. Fakat genellikle buna olanak bulunamamış, saptanan deneme alanları için ayrı ayrı yorumlar yapılmış ve kararlar verilmiştir. Bir deneme alanına göre pixel adedi, yukarıda belirtildiği üzere yaklaşık olarak $8 \times 8 = 64$ tanedir. Aynı sınıfa giren pixel adedi ise 28 ile 479 arasında değişmiştir. Bir deneme alanının yarısı bir sınıfta, diğer yarısı başka bir sınıfta olabilmektedir. Fotoğraflar üzerinde yapılan sınıflandırma sonuçları, arazide yapılan sınıflandırma sonuçlarıyla karşılaştırılarak, her iki sınıflandırma sonuçları arasındaki farklar saptanmıştır.

SAPTANAN SINIFLAR VE DOĞRULUK DERECELERİ

Deneyimli kimselerin, uçaklardan çekilen büyük ölçekli fotoğraflar üzerinde yaptıkları sınıflama ile arazide yapılan sınıflama arasında büyük çapta benzerliğin ve uygunluğun bulunduğu saptanmıştır. Uçaktan çekilen büyük ölçekli fotoğraf-

lardan yararlanarak, sınıflandırma yapmak, arazide çalışarak sınıflandırma yapmaya kıyasla çok daha ucuz olmaktadır. Uydulardan yararlanılarak, aynı doğruluk derecesinde sınıflandırma yapılabilirse, çok büyük kolaylık ve büyük bir ekonomi sağlanmış olacaktır. Landsat uyduları çok çeşitli amaçlarla atılmakta ve bir çok işin birlikde yapılmasına çalışılmaktadır. Bu amaçlardan bir tanesi de meşcerelerin sınıflara ayrılması olacaktır.

Mccloud ormanının sınıflaması, yukarda açıklanan kurallara uygun olarak, önce arazide sonrada büyük ölçekli hava fotoğrafları üzerinde, daha sonrada uydudaki bilgisayardan yararlanılarak yapılmıştır. Aşağıda, uydudan yararlanılarak yapılan sınıflamanın doğruluk derecesi açıklanmaya çalışılmıştır.

Mccloud ormanında yapılan yersel çalışmalar ve uzun tartışmalar sonunda 59 sınıf saptanmıştır. Sınıfların özellikleri de kesin çizgilerle belirlenmiştir. Saptanan sınıfların belirlenmesi için harf ve rakkamlardan oluşan simgeler kabul edilmiştir. Tablo No: 1 de bu simgelere ait özet bilgi bulunmaktadır. Önce sınıf sayısı çok fazla tutulmuş, daha sonra azaltma çareleri aranarak 59 a kadar inilmiştir.

Tablo No: 2 ve 3 de Uydu yardımıyla yapılan sınıflamanın sonuçları ve doğruluk dereceleri görülmektedir.

Tablo No: 2 deki değerler, meşcereler ağaç cinslerine, çap sınıflarına ve kapalılık derecelerine göre sınıflandırılarak elde edilmiştir. Kullanılan 3 harften birincisi ağaç cinsini, ikincisi çap sınıfını, üçüncüsü de kapalılık derecesini göstermektedir. Buradaki sınıflar küçük alanlı ve dar kapsamlı tutulmuştur.

Birinci sütündeki simgeler, yersel çalışmalarla veya hava fotoğrafları yardımıyla yapılan sınıflandırmaları göstermektedir.

Birinci satırdaki simgeler de uydu aracılığı ile saptanan sınıfları göstermektedir.

Tablo No: 2 oluşturulurken, Uydudan çekilen fotoğraflardaki pixellerin her biri, bir deneme alanı olarak kabul edilmiş ve bunların 1/100 ü rastlantı yöntemi ile örnek olarak seçilmiştir. Seçilen örneklerin sayısı 2496 olmuştur. Bu örnekler, önce uydudan çekilen fotoğraf üzerinde incelenerek, hangi sınıfa girdiği saptanmış daha sonra, aynı örneklerin uçaktan çekilen fotoğraf üzerindeki karşılıkları bulunmuş ve fotoğraf üzerinde inceleme yapılarak girdiği sınıflar saptanmıştır. Tablo No: 2 de verilen bu kararlar bir arada görülmektedir.

Tablodaki rakkamların ne anlama geldiğini bir örnekle açıklamak yararlı olacaktır: Uçaktan çekilen fotoğraflar üzerinde yapılan incelemeye göre; MLG sınıfına giren «örnek alan» sayısı 493 dür. Uydunun çektiği fotoğraflar ve bilgisayar yardımıyla yapılan incelemeye göre aynı sınıfa giren örnek sayısı 407 dir. Aradaki fark olan 86 örnek alan, yanlışlıkla başka sınıflara sokulmuştur. Bu sınıfların neler olduğu tablonun ikinci satırında görülmektedir. Uydu yardımı ile MLG sınıfı için verilen kararın doğruluk oranı 407/493 veya % 83 dür. Son sütunda bu rakkam görülmektedir. Aynı şekilde MSG sınıfı için verilen kararların doğruluk oranı 108/140 veya % 77 dir. Diğer sınıflara ait doğruluk oranları, yani uydu aracı ile yapılan sınıflamaya ait doğruluk oranları son sütunda görülmektedir.

Tablo No. 1

Landsat uydusundan çekilen fotoğraflar üzerinde yapılan çalışmalar sonunda saptanan 59 sınıfı ve özelliklerini gösterir tablo. Sınıfların 16 tanesi ağaçlar arasındaki farkların belirtilmesini sağlamaktadır.

Meşcerelerin 3 özelliği, önce belirtilmesi gereken temel özellik olarak kabul edilmiştir. Bunlar

- 1 — Ağaç cinsi
- 2 — Çap sınıfı
- 3 — Kapalılık oranıdır.

Bu 3 özellik yan yana yazılan 3 harfle belirtilmektedir.

1 — Ağaç cinsleri için kullanılan harflerin başlıcaları şunlardır :

- M = Karışık İbrelî meşcere
 P = 4 çam türünün birleştiği ve arazinin de % 80 den fazlasını örttüğü meşcere
 F = 4 göknar türünün birleştiği ve arazinin de % 80 den fazlasını örttüğü meşcere
 L = Saf çam meşceresi

2 — Çap sınırları için kullanılan harflerin başlıcaları şunlardır.

- L = Tepe çatısının çapı 3,5 m den büyük ve ekonomik kıymeti olan ağaçlar,
 S = Tepe çatısının çapı 3,5 m den küçük, ekonomik kıymeti olmayan ağaçlar.

3 -- Meşcerede bulunan kereste hacmini belirtmek amacıyla kullanılan harflerin başlıcaları.

- G = Ağaç serveti bakımından zengin, kapalılık % 40 dan fazla
 P = Ağaç serveti bakımından fakir, kapalılık % 40 dan az.

Yukarıdaki harfler meşcerelerin ana sınıflarını veya, içine girdikleri büyük grupları göstermektedir. Her gruptan birer harf alınarak sıra ile yazılmakta ve meşcerenin girdiği ana sınıfları belirlenmektedir. Örneğin

MLG — Birinci harf olan M. ağaç cinsinin karışık ibrelî olduğunu, İkinci harf olan L, tepe çatılarının çapları 3,5 m den büyük olduğunu, yani ekonomik bir kıymeti bulunduğunu, Son harf G de ağaç serveti bakımından zengin olduğunu, kapalılığın % 40 dan fazla olduğunu göstermektedir.

MSG — Karışık ibrelî, tepe çatılarının çapları 3,5 m den küçük, servet bakımından zengin kapalılık % 40 dan az.

MLP — Karışık ibrelî, tepe çatılarının çapları 3,5 m den büyük, ekonomik değeri olan ağaçlar, servet bakımından fakir, kapalılık % 40 dan az.

Tablo No. 1 (devam)

- FLG — Meşcerenin % 80 den fazlasını, 4 çam türü oluşturmakta, tepe çatılarının çapları 3,5 m den büyük, ekonomik değeri olan ağaçlar, servet bakımından zengin, kapalılık % 40 dan fazla.
- PSG — Meşcerenin % 80 den fazlasını 4 çam türü oluşturmakta, tepe çatılarının çapları 3,5 m den küçük, ekonomik kıymeti olmayan ağaçlar. Servet bakımından zengin, kapalılık % 40 dan fazla.
- PBP — Meşcerenin % 80 den fazlasını 4 çam türü oluşturmakta, tepe çatılarının çapları 3,5 m den küçük, ekonomik kıymeti olmayan ağaçlar. Servet bakımından fakir kapalılık % 40 dan az.
- FLG — Meşcerenin % 80 den fazlasını 4 göknar türü oluşturmakta, tepe çatılarının çapları 3,5 m den büyük, ekonomik değeri olan ağaçlar. Servet bakımından zengin kapalılık % 40 dan fazla.
- FLP — Meşcerenin % 80 den fazlasını 4 göknar türü oluşturmakta, tepe çatılarının çapları 3,5 m den büyük, ekonomik değeri olan ağaçlar. Servet bakımından fakir, kapalılık % 40 dan az.
- FLG — Meşcerenin % 80 den fazlasını 4 göknar türü oluşturmakta, tepe çatılarının çapları 3,5 m den büyük, ekonomik değeri olan ağaçlar. Servet bakımından zengin, kapalılık % 40 dan fazla.

3 harfle belirtilen ana sınıfların bir kısmı alt sınıflara ayrılmakta, alt sınıflar da numaralarla belirlenmektedir. Bu şekilde açıklanan meşcere tiplerine aşağıdaki arazi kullanma şekilleri de ilave edilmiştir.

Çalılık : Bütün çalılar, cins ayrımı yapılmaksızın bu sınıfa sokulmuşlardır. Bir pikselin gösterdiği alanın % 75 inden fazlası, çalı ile kaplı ise o alanın tamamı çalılık sayılmaktadır.

Otlak : Kırsal alanları kaplayan otlaklar bu sınıfa girmektedir. Spektral görüntüler sayesinde, Otlak alanları cins, yoğunluk ve olgunluk derecesi bakımından sınıflara ayrılmaktadır.

Gençlik Alanları : Çalı, ot ve ağaçların karışık bir şekilde bulunduğu doğal olarak gelen gençliğin yoğunluğu oluşturduğu alanlar bu sınıfa girmektedir. Bir pikselin kapladığı alanın bu sınıfa girebilmesi için, üzerindeki ağaç sayısının 5 tane fazla olmaması bu ağaçlarında toplu durmaması, diğer bitkilerin arasına dağılması gerekir. Yukarıda açıklanan sınıfların sınırlarında bulunan piksellerin kapladığı alanlar genellikle bu sınıfa girmektedir.

Meşe ve Yapraklı Ağaçlar : İncelenen bölgede bulunan yapraklı ağaçların hepsi bu sınıfa sokulmuştur. Çoğunluğu meşe olduğundan, bu şekilde isimlendirilmişlerdir.

Lav Bölgeleri : İncelenen bölgenin bazı kısımlarında, jeolojik devirlerde akmış çeşitli lavlar bulunmaktadır. Bu lavların hepsi aynı sınıfa sokulmuştur.

Kar : Kar sadece, Shasta dağının yüksek yerlerinde glasiyeler halinde bulunmaktadır.

Su : Bölgedeki göllerin kapladığı alanlar bu sınıfa girmektedir. Göller dışında su birikintisi yok denecek kadar azdır.

Tablo No. 2
Meşcerelerin ağaç cinslerine, çaplarına ve kapalılık derecelerine göre sınıflara ayrılışına ait Tablo.

Uydu Yardımıle Saptanan Sınıflar

Uçaktan Çekilen Fotoğraflar Yardımıle Saptanan Kümeler	Sınıflar	MLG	MSG	MLP	PLG	PSG	PSP	FLG	FLP	LPG	Diğerleri	Toplam	Doğru tanımların oranları %
	MLG	407	29	8	32	0	1	3	2	5	6	493	83
	MSG	19	108	5	4	0	2	0	1	0	1	140	77
	MLP	24	5	69	3	0	1	0	9	2	11	124	56
	PLG	18	2	2	225	0	2	0	8	2	5	264	85
	PSG	0	2	1	7	24	2	0	1	0	3	40	60
	PSP	0	0	0	6	3	44	0	1	1	3	58	76
	FLG	1	0	1	4	0	0	63	10	1	6	86	73
	FLP	0	0	1	9	0	1	10	136	0	8	165	82
	LPG	7	0	0	3	0	0	2	0	48	3	63	76
Diğerleri	3	3	3	15	1	0	0	8	12	1010	1063	95	
Toplam	479	149	90	308	28	53	86	176	71	1056	2496	85	
Doğru tanımların oranı %	85	72	77	73	86	83	73	77	68	96	85		

Not : Bu tablo Mccloud bölgesindeki meşcerelerin ağaç cinslerine, çap sınıflarına ve kapalılık derecelerine göre sınıflandırılması ile elde edilmiştir. Kullanılan 3 harften birincisi ağaç cinsini, ikincisi çap sınıfını üçüncüsü de kapalılık derecesini göstermektedir. Buradaki sınıflar küçük alanlı ve dar kapsamlı tutulmuştur. Bak: Tablo No. 1.

Tablo No: 2 ve 3 de, sol yukarı köşeden, sağ alt köşeye doğru uzanan köşegen üzerindeki rakkamlar, doğru kararların sayısını, bunun dışındaki rakkamlar da hatalı kararların sayısını göstermektedir.

Tablo No: 2 ye göre; Uydu aracılığı ile saptanan ve MLG sınıfına giren örnek alanların sayısı 479 dur. Bu rakkamın 407 tanesi gerçeğe uymaktadır, geri kalan 72 tanesi uymamaktadır. Diğer bir anlatımla; Uydu aracılığı ile 2496 örnek alan incelenmiş ve 479 tanesinin MLG sınıfında olduğuna karar verilmiştir. Gerçekde ise bu 479 rakkamının 407 olması gerekirdi. MLG sınıfı için uydu aracılığı ile verilen kararın doğruluk oranı $407/479$ veya % 85 dir. Aynı şekilde; uydu aracılığı ile MSG sınıfı için verilen kararın doğruluk oranı $108/149$ veya % 72 dir. Tablonun son satırında bu oranlar görülmektedir.

Tablo No: 2 nin sağ alt köşesinde görüldüğü üzere, uydu aracılığı ile yapılan sınıflamaya ait kararların ortalaması % 85 dir. Oldukça büyük olan bu oran, ne yazıkki ağaç servetinin envanterini yapmak için yeterli değildir. Hatanın nereden kaynaklandığını araştırmak ve analizini yapmak gerekmektedir.

Burada dikkate alınması gereken bir özellik daha bulunmaktadır: Uydu aracılığı ile yapılan sınıflamada, bir sınıfa eksik olarak yazılan örnek alanlar, diğer sınıflara fazla olarak yazılmıştır. Toplam örnek alanı sayısı, uçaktan çekilen fotoğraflara göre 2496 dir. Uydudan yapılan incelemeye göre 2496 dir. Buna göre; Ormandaki toplam servete ait hata küçülmektedir. Picteller yardımı ile, orman alanları diğer alanlardan ayırt edilebildiği takdirde, toplam servetteki hata oranı % 3,2 ye inmektedir. Bu hata Matematik İstatistik bilimi bakımından önemli (Significant) sayılmamaktadır.

Tablo No: 2 deki örnek alanlar, yalnız ağaç cinsi dikkate alınarak sınıflandırıldığı takdirde, Tablo No: 3 deki rakkamlar elde edilmektedir. Tablo No: 3 deki rakkamlar, daha büyük sınıfları veya kümeleri, diğer bir deyimle; makroplan düzeyindeki bir sınıflamayı göstermektedir. Tablo No: 3 incelendiğinde; verilen kararlardaki isabet oranının sadece, Pinus Banksiana'da % 80 den az olduğu, diğerlerinde ise daha yüksek olduğu görülmektedir. Karışık ibreliler sınıfına ait doğru tanımlama oranı % 94 dür ve en büyüktür. Buna göre; eğitim amacile yapılan çalışmalarda karışık ibrelilere ait fotoğraflardan yararlanmanın, Pinus Banksiana'ya ait fotoğraflardan yararlanmamanın daha doğru olduğu da ortaya çıkmaktadır. Çünkü Pinus Banksiana, meşçerelerini diğerleriyle karıştırmaya olasılığı daha fazladır.

Tablo No: 2 de sınıflar dar kapsamlı tutulmuş ve hata oranı yüksek olmuştur. Tablo No: 3 de ise, sınıflar genişletilmiş, sınıf kümeleri haline getirilmiş ve hata oranının küçüldüğü görülmüştür. Tablo No: 3 ün yapımındaki yöntem uygulanarak, orman ağaç cinslerine göre büyük sınıflara ayrılabilir. Daha sonra şekil 2, 3 ve 4 deki grafikler çizilerek, büyük sınıflar daha küçük sınıflara, yani, sıklık derecesini ve çap kademelerini gösteren sınıflara ayırma olanağı vardır.

Grafiklerin bir kısmından yararlanarak, ağaç cinslerini yani büyük sınıfları tanıma olanağı da vardır. Grafiklerin 4 ve 5 nolu bantlar arasına ait kısımları, büyük sınıfların saptanmasında çok yardımcı olmaktadırlar. Bu kısmın eğimi ağaç cinslerine göre çok değişmektedir.

Tablo No. 3
Meşcerelerin ağaç cinslerine göre kümelere ayrılmasına ait tablo.

Uydu Yardımıle Saptanan Kümeler

Uğaktan Çekilen Fotoğraflar Yardımıle Saptanan Kümeler	KÜMELER	Karışık İbrelli	Panderosa Çamı	Gökknar	Pinus Banksiana	Diğerleri	Toplam	Doğru tanımların oranı %
	Karışık ibrelli	674	43	15	7	18	756	89
	Ponderosa çamı	25	313	10	3	11	362	86
	Gökknar	3	14	219	1	14	251	87
	Pinus Banksiana	7	3	2	43	3	63	78
	Diğerleri	9	16	16	12	1010	1063	95
	Toplam	718	389	262	71	1056	2496	91
	Doğru tanımların oranı %	94	86	84	68	96	91	

Not : Bu tablo, Tablo No. 2 deki deneme alanları, yalnız ağaç cinsi alınarak yapılan sınıflandırma sonunda elde edilmiştir. Tablo No. 2 deki birkaç sınıf birleşerek buradaki bir sınıfı meydana getirmiştir. Bu nedenle buradaki sınıflara büyük sınıf veya sınıflar kümesi, kısaca küme diyoruz. Havadan çekilen fotoğraflar üzerinde yapılan incelemeye göre; Örneğin 251 tane göknar meşceresi bulunmaktadır. Uydudan yapılan incelemeye göre, meşcerelerinin sayısı 219 dur. Aradaki fark olan 32 meşcere yanlış olarak diğer kümelere sokulmuştur. Uydu yardımıle göknar için verilen kararın doğruluk derecesi 219/251 veya % 87 dir.

Yukarda açıklananlar, son yıllarda yapılan araştırmalardan elde edilen olumlu sonuçların bir kısmıdır. Varılan bu sonuçlar, yakın bir gelecekte uydu aracılığı ile toplanan bilgiler sayesinde, ormanlara ait her türlü bilginin elde edilebileceği ve ağaç serveti envanterinin de yapılabileceğini göstermektedir. Bu nedenle geleceğe ümitle bakılmakta ve uydular yardımıle, bütün dünya ormanlarının envanterlerinin kısa zamanda yapılabileceği umulmaktadır.