

ORMANLARDA HARİTA YAPIMI VE ENVANTER ÇALIŞMALARI

Yazan :

Robert C. ALDRICH²

Çeviren :

Doç. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU

Uzay araştırmalarının sür'atle geliştiği bu günlerde, dünya üzerindeki ormanlara ve mer'alara ait bilgileri toplamakla uğraşmak, genel gidişe aykırı bir hareket gibi görünmektedir. Dünyadaki çevre şartlarını inceleyen mütehassıslar, dünya nüfusunun sür'atle arttığını, yakın bir gelecekte, bugünkünden çok daha fazla gıdaya, orman ürünlerine ve temiz suya ihtiyaç duyulacağını söylemektedirler, Verimi arttırabilmek için tabii kaynakları yöneten kimselerin, bugünkünden daha sıhhatli ve daha ekonomik envanter metodlarına ihtiyaçları olacaktır. Bu metodları da daha sık uygulamak mecburiyetinde kalacaklardır. Remote Sensing ilminin bu konulara uygulanması geliştirildiği takdirde, daha sıhhatli ve daha ekonomik envanter metodlarının bulunması ve daha sık uygulanabilmesi mümkün olacaktır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde bugün daha çok yola, daha çok elektriğe ve daha çok tüketim maddesine ihtiyaç duyulmaktadır. Sürat-

1) 3-14 Mayıs 1971 tarihleri arasında Michigan Üniversitesinde toplanan Uluslararası Remote Sensing kongesinde, konferans olarak verilmiştir.

2) Konferansçı Robert C. Aldrich, Berkley Üniversitesinde, Remote Sensing konularında baş araştırmacı olarak çalışmaktadır. 944 yılında Syracuse Üniversitesinin ormancılık kolejinden mezun olmuş ve 948 yılında aynı üniversitede doktora yapmıştır. Bundan sonra 23 yıl orman teşkilâtında çalışmış ve Remote Sensing bilgilerinin ormancılığa uygulanması konularında araştırmalar yapmıştır. 948 - 954 yılları arasında, Kuzey Karolina eyaletinin Asheville şehrinde bulunan (Güney ormanları Araştırma İstasyonu)nda çalışmıştır. 954 yılında, Maryland eyaletinin Beltsville şehrinde bulunan (Orman Böcekleri üzerinde Araştırma Yapılan Laboratuvar)a atanmıştır. Burada ormanlardaki kabuk böceklerinin yayılma sahalarının bulunması konularına ait araştırmalar yapmıştır. 965 yılından beri de şimdiki ödevinde çalışmaktadır. Fotoğraf interpretasyonu, fotogrametri yoluyla ölçme tekniği ve ormancılıkta Remote Sensing konularındaki çalışmalarını açıklayan 25'ten fazla broşür yayınlamıştır. (Amerika Fotogrametri Cemiyeti)nin ve (Amerika Ormancılar Derneği)nin üyesidir.

le artan bu ihtiyaçlar, ormanları etkilemekte ve ormancıların problemlerini devamlı olarak arttırmaktadır. Meselâ, havanın kirlenmesi ve bunun vejetasyon üzerine etkisi, arazi kullanma şekillerinde husule gelen değişmeler dolayısıyla orman alanının küçülmesi, bu sebeplerle de ormandaki servetin ve yıllık artımın azalması son yıllarda ortaya çıkan problemlerdir. Gittikçe kötüleşen şartlara karşı koyabilmek için, arazi amenajmanı metodlarımızı geliştirmek, meraları ve ormanları daha iyi şekilde kullanmak, bilhassa verimsiz arazileri verimli hale getirmek mecburiyetindeyiz.

Klâsik fotogrametri metodlarını da kapsamına alan Remote Sensing, orman ve mer'aların envanterlerini yapmaya yarıyan bir bilim dalıdır. İnsanlığın uzaya ait bir çok sırları açıklığa kavuşturma yeteneğini elde ettiği bu günlerde, Remote Sensing ilmi sayesinde, yer yüzünün 160 - 480 km. (100 - 300 mil) yüksekinden uçan yapma uydudan fotoğraf çekmek yahut elektronik âletler yardımıyla dünyayı incelemek mümkün olmaktadır. Uzaydan çekilen bu fotoğraflar herne kadar yer yüzündeki objelerin ancak 46 - 122 metreden (150 - 400 feet) daha büyüküklerini alabilmekte iseler de, ormanların ve meraların tanınmalarını sağlamaktadırlar. Aynı arazinin periyodik olarak fotoğrafları çekilir ve bu fotoğraflar birbirleriyle karşılaştırılırsa, daha isabetli kararlar verilebilir. Yörüngesi dünyanın kutuplarından geçen bir yapma uydudan devamlı fotoğraflar çekildiği takdirde, çekilen fotoğraflar aynı araziye ait olmayacak, her seferinde başka yerleri gösterecektir. Bu prensibe göre atılan bir uydu 18 günde bir aynı arazinin fotoğraflarını çekmektedir. Bu metodun geliştirilmesiyle bütün orman ve mer'alara ait gerekli bilgileri toplamak, haritalarını da yapmak mümkün olur. Zaman geçtikçe, teknolojik gelişmeye paralel olarak, fotoğraf makineleri, filimler ve elektronik âletler de gelişecektir. Bunun sonucu olarak, uzaydan çekilen fotoğrafların seçebildiği asgarî boyutlar çok daha küçükülecek, kaliteleri yükselecektir.

Uzaydan çekilen fotoğrafların seçebildiği asgarî boyutlar ilerde her ne olursa olsun, hiç bir zaman uçaklardan büyük ölçekli fotoğraf çekme ve arazide çalışma işleri bertaraf edilemeyecektir. Ormancılar ve mer'aların ıslahiyle uğraşan kimseler, yönettikleri arazilere ait devamlı bilgi toplamak mecburiyetindedirler. Aynı deneme alanlarını kullanmak suretile hem ormancıların, hem de mer'acıların muhtaç oldukları bilgileri toplamak mümkündür. Bunun için, her birine lüzumlu asgarî deneme alanı adedini bilmek gerekir. Bir kaç safhalı çalışmayı gerektiren deneme alanlarına (çok safhalı deneme alanı) denilir.

Çok safhalı deneme alanı

Bir kaç safhalı çalışmayı gerektiren deneme alanlarının dayandığı teori, orman ve mer'a arazilerinde envanter yapan kimseler için yeni bir konu değildir. Dünyanın her tarafında ormancılar ve mer'acılar, uzun yıllardan beri, uçaklardan çekilen orta ölçekli fotoğraflardan faydalanmakta ve arazide de deneme alanları almak suretile envanter yapmaktadırlar. Fotoğraflardan ve araziden toplanan bilgilerin birleştirilmesiyle yapılan bu çalışmaya (iki safhalı deneme alanı metodu) denilir. Bir çoklarının bu metodu biliyorsunuz. Klâsik orman envanteri metoduna göre, hava fotoğrafları üzerinde orman ağaç cinslerine ve gövde hacimlerine göre sınıflara ayrılır. Böylelikle her sınıfta alınacak deneme alanlarının, o sınıfı temsil etme yeteneği artırılır. Bunun bir sonucu olarak da, temsil hatası sabit kalmak şartıyla, her sınıfta asgarî kaç deneme alanı alınmak suretile o sınıfa ait özelliklerin ortaya çıkarılabileceği belli olur. Böylelikle envanter çalışmalarının asgarî masrafla yapılması sağlanmış olur. Çok safhalı deneme alanı metodu, iki safhalıya kıyasla daha gelişmiş bir metoddur ve daha yararlıdır. Bu metodun her safhasında yeni bilgiler toplanır, bunlar bir sonraki safhayı etkiler. Numune alma tekniğini uygulamak suretile sırasile evvelce çekilmiş orta ölçekli hava fotoğraflarından, çok yüksekten çekilmiş küçük ölçekli feza fotoğraflarından, elde bulunan haritalardan ve bu haritaların yapılmasında kullanılan büyük ölçekli fotoğraflardan, son olarak da arazide alınan deneme alanlarından faydalanmak mümkündür. Bu kaynakların her birinin incelenmesi çalışmanın bir safhasını meydana getirir. Bu metoda genellikle P. P. S. (Probability Proportional to Size) ismi verilmektedir.

Numune alma teorisinin sağladığı sıhhat

Langley, numune alma teorisini genişleterek çok safhalı deneme alanı alma metodu haline getirilmiştir. Böylece de, ormanlarda ağaç ölümlerini tesbit etmek gayesile yapılan çalışmalarla, amenajman planı ve envanter çalışmalarını birleştirmiştir. Bu metod başarı ile uygulanmış ve sıhhatli sonuç alınmıştır. Bundan sonra bu metod daha geliştirilerek, çeşitli ölçeklerdeki fotoğrafları birlikte kullanarak ormanla ilgili her çeşit envanter çalışmalarının yapılması sağlanmıştır. Bu metod da çok safhalı deneme alanları almanın değişik bir şeklidir. Burada kullanılan fotoğraf ölçeklerinin her birisi, çalışma safhalarının bir tanesinin temeli olmaktadır. Bu metotta elde edilecek sonucun sıhhat derecesi, arazi hakkında bilgi veren âletlerin hassasiyet dereceleriyle sınırlıdır. Çalışmanın son safhası, ayrıntılı bilgi toplamak gayesile ara-

zide yapılır. Arazide yapılan ölçmelerle elde edilen bilgiler, numune alma formülleri yardımıyla, bütün alana teşmil edilir.

Numune alma teorisi, çalışmanın her safhasında deneme alanları alınmasını ve bunlardan bilgi toplanmasını gerekli kılar. Ormanla ilgili her çeşit incelemede, evvelâ faktörler arasındaki bağıntıların ortaya çıkartılması gerekir. Meselâ ormandaki ağaç hacmini bulabilmek için ağaç hacmi ile gövde sıklığı, benited veyahut göğüs yüzeyi arasındaki bağıntıların araştırılması gerekir. Eğer bu faktörler arasında çok sıhhatli bir bağıntı varsa çalışmanın her safhasında az sayıda deneme alanı almak suretiyle gayeye ulaşılır. Fakat sıhhatli bir bağıntı yoksa, her safhada çok sayıda deneme alanı almak gerekir.

Elde edilecek sonucun sıhhat derecesini evvelden tespit etmek ve buna göre deneme alanları almak bir çok avantaj sağlar. Evvelâ arazide alınacak deneme alanlarının adedi sınırlanır. Böylelikle masraf büyük çapta azalır. Ayrıca çalışmanın diğer safhalarında da, yani fotoğraflar üzerinde de lüzumundan fazla deneme alanı alınmaz, deneme alanının sayısı azalınca, çalışan insanın dikkati dağılmaz. Bu sebeple çalışma daha itinalı yapılabilir.

Şimdi, uzaydan çekilmiş fotoğraflar üzerinde çalışırken, çok safhalı deneme alanı alma metodunun nasıl uygulandığını ve ilk bilgilerin nasıl elde edildiğini yakından görelim.

Çok safhalı deneme alanı almak suretile Orman Envanteri

NASA'nın attığı Apollo 9 yapma uydusundan çekilen düşey fotoğraflar sayesinde ormancılar büyük orman arazilerini uzaydan görme imkânını sağladılar. Bu fotoğraflar 4 tip film ve filtrenin bütün kombinasyonlarıyla çekilmişti. Sonunda infrared renkli film (Ektachrome infrared film) ve Photer 15 filtre (dalga boyu 0, 510-0, 890 mikron olan ışınları geçiren filtre) kullanılarak çekilen fotoğrafların, ormanla kaplı arazi ile ormansız arazinin birbirinden ayırt edilmesinde çok faydalı olduğu görüldü. Apollo 9 dan geniş mer'aların fotoğrafları da çekildi. Çok safhalı deneme alanı alma metodumuzu, 2 büyük orman arazisi üzerinde uyguladık. Bu ormanların birincisi Mississippi ırmağının bulunduğu vadinin içerisindedir, büyüklüğü 2 milyon hektardır (5 milyon acre). İkinci orman Georgiya, Alabama ve Atlanta'nın güney batısını kaplamaktadır. Büyüklüğü 1,9 milyon hektardır (4,7 milyon acre).

Bir noktayı hatırdan çıkartmamanızı rica edeceğiz : Biz çalışmalarımızı yaparken, uzaydan çekilen fotoğrafların hangi konularda ve ne derecede faydalı olabileceklerini ortaya çıkartmayı gaye olarak almıştık. Aşağıdaki 2 temel soruyu cevaplandırmayı arzu ediyorduk.

1 — Ormandaki servetin envanterini yaparken, uzaydan çekilen fotoğraflardan da faydalanarak, uygulanan metodun sıhhatini arttırmak mümkün müdür?

2 — Uzaydan çekilen fotoğraflardan faydalanmak suretile, uçaklardan çekilen fotoğrafları kontrol etmek ve böylelikle de geniş alanların envanterini daha az sayıda deneme alanı ile yapmak imkânı var mıdır?

İlk olarak infraret renkli filim üzerine çekilmiş arazi manzaralarını inceledik, renkler ve tonlarla arazi sınıfları arasında bağlantı araştırdık. Bu incelemede baz olarak kullandığımız arazi sınıfları, arazi üzerinde tespit edilmişti. Aynı incelemeyi, orman servetinin envanterinde kullanılan fotoğraflar üzerinde de yaptık. Bu çalışmalarda, lâmbalarının aydınlatma kudreti değiştirilebilen ışıklı masa ile (Baucsh and Lomb Zoom 70) marka aynalı stereoskoptan da faydalandık.

Yaptığımız ilk çalışmalar sonunda, orman alanı ile ağaç hacmi arasında oldukça sıhhatli bir bağlantının mevcut olduğunu gördük. Boyutları 6,4 X 6,4 Klm. (4 X 4 mil) olan bir orman bloku seçtik. Bloku bu büyüklükte seçmemizin önemli bir sebebi yoktu. Sadece, bu büyüklükteki bir orman arazisinin, uçaktan çekilecek fotoğraflar yardımı ile ormanların incelenmesinin ve ağaç hacimlerinin hesaplanmasının mümkün olup olamayacağını karara bağlamaya kâfi geleceğini düşündük. Aynı orman alanının, ormanı kademelere ayırmaya da yeterli olacağını tahmin ettik.

Mississippi'deki iki tane homojen orman tipinin bulunduğunu tespit ettik. Birinci orman tipini yüksek muntakanın çamları ile yapraklı ağaçları teşkil ediyordu. İkinci orman tipinde genellikle alçak ve yüksek muntakaların yapraklı ağaçları bulunuyordu, çamlar dikkate alınamayacak kadar az sayıda idiler. Apollo 9, mart ayının başlangıcında atılmıştı. Bu tarihte yüksek muntaka yapraklı ağaçları henüz yapraklarını açmamış olduklarından çekilen infrared filim üzerinde yapraklı ağaç ormanları mavimsi yeşil bir renkte görünmüşlerdir. Dere ve ırmakların kenarlarında bulunan yapraklı ağaçlar, kısmen yaprak açmış oldukları için, fotoğraflarda mavi renkte görünmüştür. Misisipi ırmağının ve kollarının, taşıdığı zaman kenarlarındaki bentleri aştığı yerler fazla yaprak açtıkları için fotoğraflarda koyu mavi renkte görün-

müşlerdir. Çam ormanları, genellikle Lobloli çamı (Pinus taeda) ve kısa ibreli çamda (Pinus echinata) meydana gelmişlerdir. Bu ağaçlar kızıl ötesi ışınlarını çok yansıtıklarından, infrared renkli filimler üzerinde koyu pembe veya kırmızı renkte görülmüşlerdir. Fotoğraflarda, saf çam ormanlarının, saf yapraklı ağaç ormanlarına kıyasla daha koyu görüldüğünü tespit ettik. Buna göre : Tanecikli bir görüntüye sahip olan meşcerelerin, küçük çam ve yapraklı ağaç gruplarından meydana geldiğini söylemek mümkündür.

Georgia - Alabama ormanlarını gösteren uzay fotoğraflarında homojen orman tipleri ayırmak çok zor olmuştur. Ormana geçit teşkil eden zonlarda, az çok saf çam, saf yapraklı ağaç ve karışık meşcereler ayırt etmek mümkün olmuştur. Bunların arasında da ziraat arazileri görülmektedir. Uzun tartışmalardan sonra iki tip ayırmaya karar verdik. Birincisi evvelce ziraat yapılan orman arazisi, ikincisi evvelce de orman olan orman arazisi. Bu şekilde ikiye ayırma makûl bir sebebe dayanmamıştır. Fotoğrafları incelerken, evvelce ziraat yapılan arazilerde yetişen ormanların, ağaç sıklığının farklı olması dolayısıyla, ışığı da farklı yansıtıklarını tespit ettik. Bunun sebebini daha aşağıda açıklayacağım. Evvela Misisipi vâdisindeki ormanlarda yapmış olduğumuz envanter çalışmalarını tamamlayacağım.

Önce uzaydan çekilen fotoğrafları, herbiri yaklaşık olarak 6,4X6,4 Klm. (4 X 4 mil) büyüklüğünde araziye gösteren karelere ayırdık. Karelere herbiri 4144 hektar (10240 acre) alanı göstermiş oldu. Bütün fotoğraflara 480 kare çizilmiş oldu. Bloklar bu şekilde tespit edildikten sonra teker teker ele alınmış ve mercekleri 7 misli büyüten bir stereoskop altında incelenmişlerdir. Bu inceleme esnasında, enterpretörler her blokta orman alanının bütün alana oranını hesaplamışlardır. Bulunan oranlar, bloklardaki kereste hacminin tâyininde bir faktör olarak kullanılmıştır. Bütün bloklar incelendikten ve orman alanlarının oranları bulunduktan sonra, numune alma tekniğine uyularak 5 blok seçilmiş ve bunlar üzerindeki kereste hacimleri tâyin edilmiştir.

15 - 24 nisan 1969 günlerinde, orman teşkilâtının Remote Sensing âletleriyle donatılmış olan araştırma uçağı ve fotoğraf çekmekle görevli ekibi, seçilen bloklar üzerinde envanter çalışmaları yapmışlardır. Basit bir çerçeve üzerine bağlanmış 4 fotoğraf makinesi, fotoğraf uçağına monte edilerek, aynı anda 4 tip fotoğrafın çekilmesi sağlanmıştır. Bu fotoğraf makinelerinde biri Crown Graphic tipi ikincisi Polaroid diğerleri de 7 mm. lik Maurer KB - 80 tipinde idiler.

Seçilen 5 blokun herbiri için evvelâ, poloroid makinenin çektiği fotoğraflar yardımı ile 1/60.000 ölçekli fotomozaikler yapılmıştır. Po-

laraid fotoğraf makinesi, fotoğrafı doğrudan doğruya karta çekmekte ve hemen banyosunu yapıp vermektedir. Bu sayede ilk interpretasyon havada uçağın içinde yapılmıştır. Buna niçin lüzum görüldüğü, aşağıda açıklanacaktır. Mozaik ölçeğinin 1/60.000 olarak alınmasının sebebi şudur: Polaraid fotoğraf makinesi 101,6 X 127,0 mm. (4 X 5 inch) büyüklüğünde fotoğraflar çekmektedir. Bu büyüklükteki bir fotoğrafın, bir bloku kapsayabilmesi için ölçeğinin 1/60.000 olması gerekmektedir. Uçak içinde Polaraid fotoğraflar birleştirilerek mozaik yapıldıktan sonra, üzerine şeffaf bir kâğıt serilmiştir. Şeffaf kâğıt üzerinde çizim yapılarak blok, genişlikleri eşit 12 şeride ayrılmıştır. Bu şeritlerin genişliklerinin arazideki karşılıkları yaklaşık olarak 536 metre (1760 feet) tir. Polaroid fotoğraflar sayesinde uçakta şeritlerin tespiti mümkün olmaktadır. Uçak içerisinde şeritleri tespit ettikten sonra, herbirini süratli bir şekilde inceledik ve her şeritteki orman alanının oranını tâyin ettik. Bu oranlar, her şeritteki kereste hacminin tâyininde önemli bir faktör olmaktadır. Polaraid mozaik üzerinde yapılan inceleme çalışmanın daha sonraki safhasını büyük çapta etkilemektedir. Tespit edilen 12 şerit içerisinde 2 tanesi, tesadüfi örnek alma metoduna göre seçilir. Bu 2 şerit içerisindeki kereste hacmi bulunur. Bu işlerin yapılabilmesi için, elle çalışan bir hesap makinesinin ve tesadüfi metoda göre nümune almakta kullanılan çizelgenin uçak içinde bulunması gerekmektedir.

Seçilen şeritler mozaik üzerine işaret edilir ve mozaik uçağın pilotuna verilir. Pilot mozaığı uçuş planı gibi kullanılır ve seçilen 2 şerit üzerinde, 70 mm. lik 2 fotoğraf makinesini çalıştırarak uçuş yapar. Bu fotoğraf makinelerinden bir tanesinin odak mesafesi 38 mm. (1,5 inch) tir. 1/12.000 ölçekli, negatif, renkli fotoğraf çeker. İkinci fotoğraf makinesinin odak mesafesi 228 mm. (9 inch) dir. Objektifi çok süratli açılıp kapanabilmektedir. 8 - 10 saniye durup sonra birbiri ardısıra 3 fotoğraf çekebilmektedir. Çekilen fotoğraflar 1/2.000 ölçeklidir, renklidir, boyuna örtme oranları % 60 dir. 1/2.000 ölçekli fotoğraflar periyodik olarak çekildiklerinden, şerit içerisinde sistematiik olarak seçilip alınmış deneme alanı karakterindedir. Fotoğrafın merkezi deneme alanının merkezi durumundadır. Fotoğraf çekme işleri tamamlandıktan sonra Berkeleydeki büromuza döndük ve 1/12.000 ölçekli fotoğraflardan şerit halinde mozaikler yaptık. Polaroidmozaik üzerine çizilmiş olan şerit sınırlarını, 1/12,000 ölçekli mozaikler üzerine taşıdık. Bundan sonra Bendix Datagrid isimli makineden faydalanarak şerit sınırlarında 0,254 mm. (0,01 inch) aralıkla noktalar aldık ve bu noktaların fotoğraf koordinatlarını bulduk. Şerit sınırları içinde kalan arazinin alanı, bu koordinatlara göre hesaplandı. Bir şerit içerisinde kaç tane

1/2000 ölçekli fotoğraf bulunduğu ve bunların herbirinin ne kadar alanı kapsadığı bilinmektedir. Buradan, bir şerit içerisindeki 1/2000 ölçekli fotoğrafların kapsadıkları toplam alanı bulmak ve bunu şeritin bütün alanına bölerek oranını elde etmek mümkündür. 1/2000 ölçekli fotoğrafların kapsadığı alan içerisindeki kereste hacmine dayanılarak, şerit alanı içindeki hacim bulunurken yukardaki orandan faydalanılır.

Yukarıda da belirtildiği üzere 1/2000 ölçekli fotoğrafların 3 tanesi bir grup meydana getirmektedir. Gruptaki 3 fotoğraf arasında boyuna örtme oranı % 60 tır. Grubun ortasındaki fotoğrafın kapsadığı saha, sağ ve soldaki fotoğraflar yardımıyla stereoskopik olarak görülmektedir. Her şerit içerisinde 13 - 20 tane grup bulunmaktadır. Grup adedi uçağın sür'atine ve uçuş yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Üçlü grupların toplam adedi 175'e ulaşmıştır.

Üçlü gruplardan herbirinin ortasındaki fotoğraf 4 eşit kısma bölünmüştür. Her kısmın kapsadığı alan yaklaşık olarak 0,25 hektar (0,6 acre) tutmaktadır. Bu büyüklükteki bir saha arazi de deneme alanı olarak alınmaya ve içerisinde ölçmeler yapılmaya yeterlidir.

Büyük ölçekli fotoğrafların herbiri, stereoskop altında incelenmiş üzerlerinde bulunan ağaçların boyları, tepe çatısı çapları ölçülmüş ve sıklık dereceleri tâyin edilmiştir. Ağaç boyları paralaks kaması ile, tepe çatısı çapları, çap ölçme kaması ile, sıklık derecesi de şaplonlarla bulunmuştur. Her deneme alanı için bulunan bu 3 değere dayanılarak hava hacim tablolarından, deneme alanlarındaki ağaç hacimleri bulunmuştur. Her deneme alanındaki ibrelili ve yapraklı ağaç hacimleri ayrı ayrı bulunmuştur. Uçuş şeritlerinden her birinde bulunan fotoğraflar deneme alanlarından biri seçilerek arazide aranmış, bulunarak ölçmeler yapılmıştır. Bu deneme alanlarının fotoğrafta ve arazide ölçülen hacimleri birbirleriyle karşılaştırılarak, fotoğrafta bulunan hacimleri realiteye ne derecede yaklaştığı elde edilmiştir.

Boyutları 23 X 23 sm. (9 X 9 inch) ve ölçeği 1/12,000 olan fotoğraflar üzerinde seçilen deneme alanlarının her biri 1/2000 ölçeğine büyütülür, 1/12,000 ölçekli fotoğraflarla birlikte arazide çalışacak ekip verilir. Ekip bu fotoğraflar yardımıyla arazide alınacak deneme alanını yerini bulur.

Arazide alınan deneme alanlarının yerleri ve sınırları çok itinal bir şekilde tâyin edilir. Deneme alanı içindeki ağaçların herbirinin çapı ölçülür ve cinsi kaydedilir. İbrelili ve yapraklılar için ayrı nümune ağaçlar seçilir ve boyları ölçülür. Hacim tablolarından faydalanılarak her ağacın göğüs yüksekliğindeki çapına göre hacmi bulunur. Arazide

çalışan ekip, ağaç gövdelerini düzgünlük derecesine göre de sınıflara ayırır. Gövde şekli bakımından orta kalitede olan 4 - 6 ağaç (meselâ 2 tanesi ibrelî 2 tanesi yapraklı) seçilir, optik çap ölçerlerden yararlanılarak bu ağaçların hacimleri sıhhatli şekilde bulunur. Hacim hesabı «computer»ler yardımı ile yapılır.

Seçilen deneme ağaçlarının hacimleri elde edildikten sonra, nümune alma formülünden faydalanılarak bütün orman alanındaki toplam gövde hacmi hesaplanır. Meselâ Apollo 9'dan çekilen fotoğrafların kapsadığı ormanlardaki toplam gövde hacmi hesaplanır.

Her kademedeki gövde hacmi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$V = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{1}{P_i n_i} \sum_{j=1}^{n_i} \frac{1}{P_j} \frac{A_j}{a_c} \frac{1}{P_p t_p} \sum_{k=1}^{u_p} \frac{V_k}{P_k}$$

Formül içindeki terimler şunlardır :

V_k = Arazide alınan deneme alanının içindeki K nıncı ağacın hacmi. Bu hacim arazide ölçülerek bulunur.

P_k = Seçilen K nıncı ağaca ait ihtimalat (Olasılık) oranı

P_p = P nınci deneme alanına ait ihtimalat (olasılık) oranı. Bu deneme alanının 1/2000 ölçekli ve boyutları 7 mm. olan fotoğrafı çekilmiştir.

P_j = Boyutları 4 X 4 mil olan büyük deneme alanını kaplayan şeritler arasında seçilen J nınci şerite ait ihtimalat (olasılık) oranı

P_i = Büyük deneme alanına ait ihtimalat (olasılık) oranı

a_c = Deneme alanının büyüklüğü. Bu deneme alanının 1/2000 ölçeğinde, kenarları 70 mm. olan fotoğrafı çekilmiştir.

A_j = J nınci şeritin toplam alanı

t_p = P nınci deneme alanı içinde bulunan ağaçlardan ölçülenlerin adedi

n_i = Boyutları 4 X 4 mil olan büyük deneme alanını kaplayan şeritlerin adedi

m = Toplam alana, boyutları 4 X 4 mil olan büyük deneme alanlarından kaç tane girebileceğini gösteren rakam.

Yapmış olduğumuz çalışma hakkında çeşitli düşünceler ileri sürülebilir. Bizim her şeyden önce şunu belirtmekliğimiz gereklidir : Yaptığımız çalışmalarda başarıya ulaştığımız olduğu gibi, başarısızlığa ulaştığımız da oldu. Misisipi havzasında yapmış olduğumuz çalışmalar sonunda, toplam kereste hacmini 63 milyon metreküp (2,225 milyar feet küp) olarak bulduk. Bu çalışma arazide sadece 10 deneme alanı, alınmak suretile yapılmıştır. Bulunan değere ait standard hata % 13 dür. Arazide alınan deneme alanlarının, bütün orman alanına oranı milyonda bir çıkmaktadır. Arazide ağaç hacimleri, dendrometri metodlarına göre ölçülürken «Ağaç Hacim Tablosu» kullanılmıştır. Standard hatanın yarısının bu tablodan geldiği söylenebilir. Çalışmalarımızda bir nümune alma planı uygulamasaydık, sadece ilk safhada vuku bulma ihtimali eşit olan olaylar arasından, tesadüf metodunu kullanarak birini seçseydik, yani kademeli deneme alanı alma yoluna gitmeseydik bulacağımız sonucun standard hatası % 30,7 olacaktı. Uzaydan çekilen fotoğraflardan faydalanmak suretile, kademeli deneme alanı alma metodu uyguladığımız için standard hata % 13 e inmiştir. Standard hatanın % 30,7 den % 13 e inmesi, % 58 oranında azalması demektir. Bu azalma, Apollo 9 dan çekilen fotoğrafların interpretasyonundan elde edilen bilgiler yardımı ile sağlanmıştır.

Orman envanter çalışmalarının hepsine uygulanabilecek, standard bir nümune alma metodu yoktur. Meselâ yukarıda açıklanan metod Georgia ormanlarına aynen uygulanmış fakat başarı sağlanamamıştır. Elde edilen sonuç, çalışanları hayal kırıklığına uğratmıştır. Misisipide uygulanan metod Georgiada da aynen uygulanmış ve toplam kereste hacmi 75,6 milyon metre küp (2,670 milpar feet küp) bulunmuştur. Bu değere ait standard hata % 30 gibi yüksek bir rakkam çıkmıştır. Yapmış olduğumuz çalışmadan şu önemli sonucu çıkartmış bulunuyoruz. Uzaydan çekilen fotoğraflardan faydalanmak suretile, deneme alanı alındığı takdirde sonucun daima başarılı olacağını söyleyemeyiz. Başarısızlığın sebebi, uzaydan çekilen fotoğraflar üzerinde görülen kereste hacmi ile arazi üzerinde alınan küçük deneme alanlarında bulunan kereste hacmi arasındaki bağıntının azlığıdır.

Georgia'daki çalışmalarımıza devam ediyoruz. Her kademedeki, sonucu etkileyen faktörler üzerinde durarak, standard hatayı küçültme yollarını arıyoruz. Böylelikle Georgia ormanlarına uygun, gene çok kademeli deneme alanı almaya dayanan bir envanter metodu bulacağımızı ümit ediyoruz.

S O N U C

Konuşmanın çoğunluğunu Remote sensing metodlarından faydalanarak orman envanteri yapmaya harcamış bulunuyorum. Zaman azlığı dolayısıyla böyle yapmak zorunlu bulunuyor. Remote sensing'i diğer alanlara uygulanmasından, meselâ orman ve mer'aların birlikte incelenmesinden de biraz bahsetmek yerinde olacaktır. Bu konu ile yakinen ilgili bulunan «Remote Sensing yardımı ile orman ve mer'alardaki vejetasyonun tayini» konusu diğer bir konferansta anlatılacaktır. Üzerinde çalışılmakta olan, Remote Sensing'in diğer bir uygulama alanı «Vejetasyon örtüsü, toprak ve su arasındaki bağıntı» dır. Bu bağıntının ortaya çıkartılması için, çalışmalar yapılmaktadır. Hidrologlar, böyle bir ağıntı bulunduğu takdirde, toprağın yüzünde ve altında bulunan suların kolaylıkla meydana çıkartılması mümkün olacaktır, diyorlar.

Colorado eyaletinin Fort Collins şehrinde, orman teşkilâtımızın yapmakta olduğu araştırmalardan birisi, Remote Sensing yoluyla mer'aların envanterini yapmaktır. Bu konuda bugüne kadar yapılan çalışmalar, renkli infrared filim kullanılarak uzaydan çekilen fotoğraflar yardımıyla, bitki gruplarını tesbit etmenin ve sınıflandırmanın mümkün olduğunu ortaya koymuştur. Bu fotoğraflar yardımı ile bitki gruplarının nerelere kadar yayıldığını bulmak ve arazilerin ne şekilde kullanıldığını ekstansif bir şekilde ortaya çıkartmak mümkün olmaktadır. Bu konularda ayrıntılı bilgi edinmek için, çeşitli ölçeklerdeki değişik fotoğraflardan faydalanmak gerekmektedir. Meselâ mer'a mütehassısları, renkli ve infrared renkli filimler kullanılarak 1/80 000 ölçekli fotoğraf çekildiği ve bununla harita yapma yoluna gidildiği ve ekosistemden de faydalandığı takdirde sınırların iyi bir şekilde tesbit edildiğini ortaya koymuşlardır. Fakat mer'aların kalitelerini birbirinden ayırt edebilmek için 1/20 000 ölçekli fotoğraf çekmek zarureti vardır. Mer'alardaki bitkilerin sıklık derecesini, çeşitli otların yayıldıkları alanları meydana çıkarabilmek için 1/2400 hatta daha büyük ölçekli fotoğraflara ihtiyaç olduğu, mer'a mütehassısları tarafından tesbit edilmiştir.