

Handwritten signature

SERİ	CİLT	SAYI	
SERIES	VOLUME	NUMBER	
SERIE	BAND	HEFT	2
SÉRIE	TOME	FASCICULE	1978

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL
ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



HAVA FOTOĞRAFLARI YARDIMIYLA ORMAN MEŞCERELERİNE AİT DENDROMETRİK ELEMANLARIN SAPTANMASI VE AĞAÇ SERVETİ ENVANTERİ

Doç. Dr. Alparslan AKÇA

1. G İ R İ Ş

Hava fotoğrafı, özellikle büyük ölçekli hava fotoğrafı, tek ağacın veya meşcerenin hacmini bulmada önemli bir araçtır. Hava fotoğrafı, orman envanterlerinde yersel dendrometrik yöntemlere yardımcı olabileceği gibi, hacmin saptanmasında gerekli dendrometrik değişkenlerin doğrudan doğruya ölçülmesinde de kullanılabilir.

Bilindiği gibi yersel yöntemlerde ağaç veya meşcere hacmi doğrudan doğruya ölçülemez. Ağaç boyu ve çap gibi doğrudan doğruya ölçülebilen dendrometrik değişkenlerden yararlanır. Hava fotoğrafı yardımıyla hacim tayininde de durum aynıdır. Yalnız burada sözkonusu dendrometrik değişkenlerin saptanması doğrudan doğruya obje üzerinde değil, onun belirli bir ölçekte alınmış fotoğrafı üzerinde yapılmaktadır. Hava fotoğrafı üzerinde saptanabilen (ölçülebilen, sayılabilen veya tahmin edilebilen) söz konusu değişkenler

Tek ağaçla ilgili değişkenler : Ağaç boyu
Gövde çapı
Tepe boyutları (Tepe çapı ve tepe alanı)

Tek ağacın komşuluk ilişkileri ile ilgili değişkenler : Poligon alanı
Ağaç sayısı
Komşu ağaçlarla örtülü tepe alanı yüzdesi

Meşcere ile ilgili değişkenler : Ortalama boy
Ortalama tepe boyutları
Tepe kapallığı
Ağaç sayısı
Meşcere yaşı

olmak üzere üç ana grupta toplanabilir. Bu değişkenler incelendiğinde bunların hepsinin (meşcere yaşı hariç) ağaç boyu, gövde çapı, tepe ve ağaç sayısı ile ilgili oldukları görülmektedir.

Bu yazıda önce ağaç ve meşcere hacmi saptanması için gerekli ve yukarıda özetlenmiş olan değişkenlerden önemli olanlar ele alınacak ve daha sonra da tek ağaç ve meşcere ağaç serveti tayini ile ilgili yöntemler hakkında genel bilgi verilecektir.

2. HAVA FOTOĞRAFI ÜZERİNDE SAPTANABİLEN DENDROMETRİK ELEMENLAR

2.1 Ağaç boyu

Ağaç boyu tepenin en yüksek noktası ile ağacın gövdesinin toprakla birleştiği nokta arasındaki yükseklik farkı olarak tanımlanır. Hava fotoğrafı üzerinde saptanabilen dendrometrik değişkenlerden, ister tek ağaç hacmi, ister meşcere ağaç hacmi saptanması için olsun, en önemlilerinden bir tanesidir.

Ağaç boyunun hava fotoğrafları yardımıyla saptanmasında

1 — Radyal kaymadan yararlanma

2 Ağaç gölgesinin uzunluğundan yararlanma

3 — Stereoskopik metot
olmak üzere üç ana yöntem sözkonusudur.

2.11 — Radyal kaymadan yararlanarak ağaç boyu tespiti

Hava fotoğraflarının genel özelliği merkezsiz perspektifliğin bir sonucu olarak yatay bir düzleme göre bir yüksekliğe sahip olan objelerin yatay düzlem üzerindeki ayak noktası ile bu düzlemde daha yüksekte bulunan tepe noktası hava fotoğrafı üzerinde aynı noktaya düşmezler. Tepe noktası ayak noktasına göre radyal doğrultuda, yani fotoğraf merkezinden fotoğraf kenarına doğru kaymış olarak resmedilir (şekil 1). Fotoğraf üzerinde bu objenin ayak ve baş noktaları arasındaki mesafeye radyal kayma adı verilmektedir. Radyal kayma miktarı ($\Delta r'$), şekilden de görüldüğü gibi obje boyuna (Δh), objenin tepe noktasının fotoğraf merkezine olan uzaklığına (r') ve objenin ayak noktası üzerindeki uçuş yüksekliğine (H) bağlı bulunmaktadır. Yani bu değerler arasında

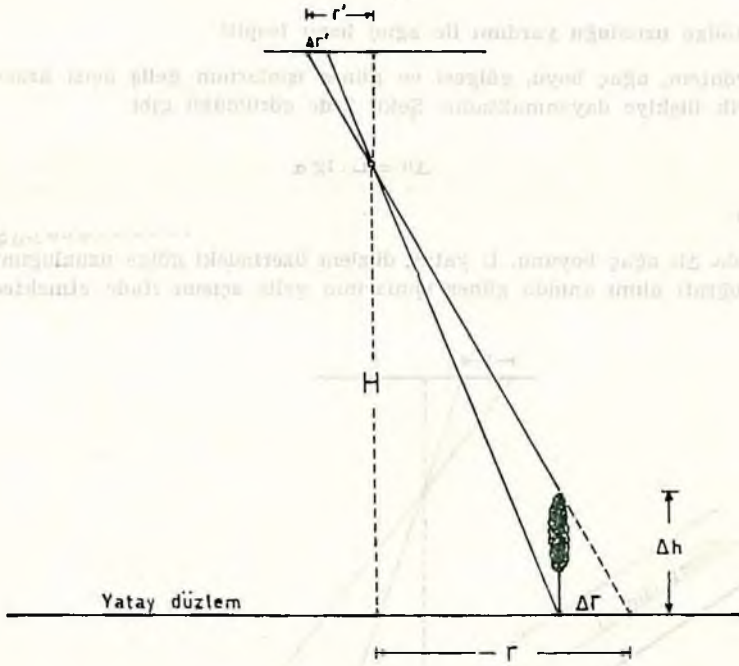
$$\frac{\Delta h}{H} = \frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta r'}{r'}$$

ilişkileri sözkonusudur. Burada Δr ve r değerleri $\Delta r'$ ve r' değerlerinin yatay düzlem üzerindeki karşılıklarıdır.

Bu ilişkiden $\Delta h = \frac{\Delta r}{r} \cdot H$ elde edilebilir. İşte radyal kaymadan yararlanarak ağaç boyunun tespiti bu eşitliğe dayanarak yapılmaktadır. $\Delta r'$ ve r' mm cinsinden ve olabilirse mm nin yüzde birine kadar bir incellekle okunur. H uçuş yüksekliği metre olarak formüle kondduğunda ağaç boyu (Δh) metre olarak okunur.

Basit ve uygulamalı ilk bakışta kolay görülen bu yöntemin aslında çok büyük sakıncaları vardır. Bir defa şekilde de görüldüğü gibi hava fotoğrafının tam yatay

olarak alınması koşulu çok ender olarak ve raslantı sonucu gerçekleşir. Genellikle hava fotoğrafları bir miktar (ortalama olarak en iyi şartlarda 1-2 grad) eğiklikle



alınırlar. Fotoğraf eğikliği yukarıdaki eşitliğin hatalı sonuç vermesine neden olur. Fotoğraf eğikliği arttıkça da bu mated miktarı ihmal edilemeyecek değerlere ulaşır. Ayrıca hava fotoğrafı üzerindeki radyal kayma ($\Delta r'$) mm ve küsüratı ile ifade edilebilen çok küçük bir değerdir. Fotoğraf üzerinde ölçülmesi oldukça zordur. Diğer taraftan aynı objeye ait radyal kayma ($\Delta r'$) değerleri objenin fotoğraf üzerinde bulunduğu yere göre değişir. Yukarıdaki belirtilen geometrik ilişkilerden

$$\Delta r' = \frac{\Delta h}{H} \cdot r'$$

eşitliği elde edilebilir. Yani fotoğraf üzerindeki radyal kayma obje tepesinin fotoğraf merkezine olan uzaklığı (r') ile doğru orantılı olmaktadır. Aynı objeye ait radyal kayma miktarı fotoğraf merkezinde sıfır olurken, fotoğraf köşelerinde de maksimum değere ulaşmaktadır. Radyal kaymanın yeterli bir sıklıkla ölçülebilmesi için ağacın fotoğraf kenarına yakın olarak resmedilmiş olması gerekmektedir. Hava fotoğrafı orta noktasında ve ortasında bulunan ağaçların radyal kayma değerleri sıfır veya sıfıra yakın çok küçük değerler olacağından bunların boylarının bu yönlemlerle saptanmasına olanak bulunmamaktadır.

Ayrıca ormanlık bölgelerde ağacın ayak noktasının komşu ağaçlarca örtülmesi ve fotoğraf üzerinde görünmemesi olasılığının büyük olması yöntemin ormancılık için diğer bir önemli sakıncasıdır.

Sonuç olarak bu yöntemin sadece teorik değeri vardır ve uygulamada gösterdiği zorluklar nedeni ile kullanılması çok sınırlıdır. Bugün pratikte hemen hemen hiç kullanılmamaktadır.

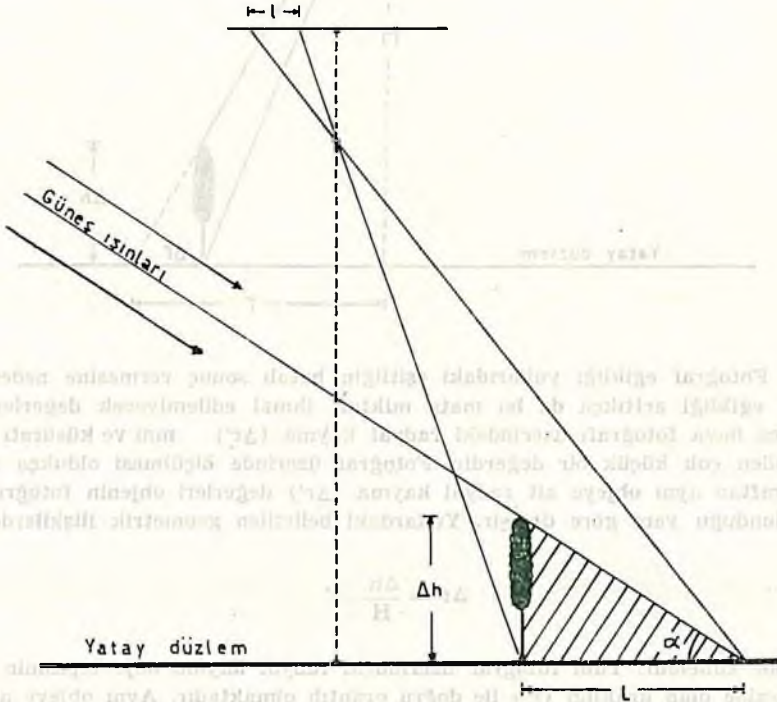
2.12 — Gölge uzunluğu yardımı ile ağaç boyu tespiti

Bu yöntem, ağaç boyu, gölgesi ve güneş ışınlarının geliş açısı arasındaki trigonometrik ilişkiye dayanmaktadır. Şekil 2 de görüldüğü gibi

$$\Delta h = L \cdot \text{tg } \alpha$$

yazılabilir.

Burada Δh ağaç boyunu, L yatay düzlem üzerindeki gölge uzunluğunu ve α da hava fotoğrafı alımı anında güneş ışınlarının geliş açısını ifade etmektedir. Yatay



düzlem üzerindeki gölge uzunluğu (L), hava fotoğrafı üzerinde ölçülen gölge uzunluğunun (l) hava fotoğrafı ölçek sayısı (m_p) ile çarpılmasıyla ($L = l \cdot m_p$) elde edilir.

Bu yöntemin de, bir evvelkinde olduğu gibi, mevcut sakıncaları pratikte uygulanmasını anlamsızlaştırmaktadır. Yöntemin uygulanmasındaki zorluk, hava fotoğrafı üzerindeki gölge uzunluğunun (l) ve güneş ışınlarının geliş açısının (α) sap-

tanmasındaki güçlükten ileri gelmektedir. Gölge uzunluğu (l) hava fotoğrafı üzerinde bir mikrometre yardımı ile ölçülecektir. Burada da doğru neticeye ulaşabilmek için şekil 2 de görülen ideal durumun gerçekleşmesi koşulu söz konusudur. Bir evvelki yöntemden daha fazla olarak, burada hava fotoğrafının yatay olarak alınmış olmasından başka, ayrıca arazi yüzeyinin düz ve yatay olması ve karşılaştırma düzlemi olarak alınan yatay düzlem ile çakışması da gereklidir. Ayrıca gölge uzunluğunun (l) hava fotoğrafı üzerinde ölçülmesi de her zaman olabilir değildir. Gölgenin başladığı ağacın ayak noktasının komşu ağaç tepelerince örtülmüş olması, merkezsel perspektifin bir sonucu olarak, ölçülmesi gerekli gölge uzunluğunun ağaç görüntüsünün arkasında kalması vs. gölge uzunluğunun ölçülmesini olamaz bir duruma sokabilir.

Diğer taraftan bu yöntemde güneş ışınlarının geliş açısına (α) gerek bulunmaktadır. Güneş yükseklik açısı olarak da isimlendirilen bu açının saptanması oldukça yorucudur. Bunun için fotoğrafın alındığı gün ve saatin yanında, alım yerinin coğrafi koordinatlarının da bilinmesi gerekmektedir. Fotoğrafın alındığı gün ve saat fotoğraf kenarı bilgilerinden, alım yerinin coğrafi koordinatları da bir haritadan alınır ve bir astronomik almanak yardımı ile güneşin yükseklik açısı hesaplanabilir (SCHWIDEFSKY, 1963).

Yukarıda belirtildiği gibi hava fotoğrafı üzerinde ölçülen gölge uzunluğuna dayanarak ağaç boyunun bulunması yorucu ve başarıya götürücü olmayan bir yöntemdir. Fotogrametrinin temel prensiplerinden biri olan hızlı ve tutumlu çalışmak burada sözkonusu değildir. Bu nedenle de bir evvelki yöntemde olduğu gibi sadece kuramsal değeri vardır ve uygulamada hemen hemen hiç kullanılmaz.

3.13 — Stereoskopik yöntem

Hava fotoğraflarından ağaç boyunun saptanmasında en fazla kullanılan yöntemdir. Ağaç boyu stereoskop altında hava fotoğrafları üzerinde basit paralaks ölçme aletlerinden başka, olanaklar elverdiği takdirde III., II. ve hatta I. derece fotogrametrik değerlendirme aletleri yardımı ile de ölçülebilir (AKÇA, HILDEBRANDT, REICHERT, 1971, 1972; AKÇA, 1973).

İster basit paralaks ölçme yoluyla, ister fotogrametrik değerlendirme aletleri ile olsun, bu yöntemde ağaç boyu ile stereoskopik paralaks arasındaki geometrik ilişkiden Bu ilişkinin geometrik olarak çıkarılışı hakkında geniş bilgi AKÇA (1971) de verilmiştir. Burada ayrıca ele alınmayacaktır. Hava fotoğraf çifti üzerinde ağaç boyunu veren basit paralaks eşitliği

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{b + \Delta p} \cdot H \quad \text{şeklindedir } ^1)$$

Burada

Δh = Ağaç boyunu

p = Hava fotoğraf çifti üzerinde ölçülen stereoskopik paralaks'ı

H = Sol fotoğraf orta noktasının arazideki karşıtı üzerindeki uçuş yüksekliğini

b = Sağ fotoğraf üzerinde ölçülen bazı

ifade etmektedirler. Şayet ağaç boyu (Δh) uçuş yüksekliğinin (H) % 3'nden daha küçük ve nisbi yükseklik hatası % 01 veya daha küçük olarak kabul edilebilir ise eşitliğin sağ tarafındaki paydasında da Δp ihmal edilebilir ve ağaç boyu

$$\Delta h = \frac{H}{b} \cdot \Delta p \quad \text{formülüne göre hesaplanabilir.}$$

H metre Δp ve b mm cinsinden eşitliğe konduklarında ağaç boyu (Δh) metre cinsinden bulunur.

Diğer taraftan fotogrametrik değerlendirme aletleri ile bu formülleri kullanarak (Örneğin Zeiss Stereotop aleti) veya kullanmadan (Örneğin I. ve II. derece fotogrametrik değerlendirme aletleri) ağaç boyu daha doğru olarak ölçülebilir. I. ve II. derece fotogrametrik değerlendirme aletlerinde ağaç boyu alet üzerindeki çeşitli yükseklik ıskalalarından doğrudan doğruya okunabilir.

Yapılan çeşitli araştırmalar göstermiştir ki, ağaç boyunun hava fotoğrafları üzerinde stereoskopik yöntemle ölçülmesinde doğruluk derecesini etkileyen en önemli faktör ölçmeyi yapan operatörün bu konudaki özel yeteneğidir. Orta yetenekli bir operatör aynalı stereoskop altında basit paralaks ölçme yoluyla 1:5000 — 1:15 000 ölçekli hava fotoğrafları üzerinde ağaç boyunu ± 1.0 — ± 1.5 m'lik bir orta hata ile tespit edebilmektedir (AKÇA, HILDEBRANDT, REICHERT, 1971). I. ve II. derece fotogrametrik değerlendirme aletleri ile hava fotoğrafları üzerinde ağaç boyunun daha sıhhatli bir şekilde ölçülmesi mümkündür. Bu aletlerin aynalı stereoskopa nazaran daha mükemmel olan optik sistemleri, hava fotoğraflarının daha iyi bir şekilde incelenmesini ve neticede ağaç boylarının daha sıhhatli bir şekilde ölçülmesini mümkün kılmaktadırlar. İsviçre Kern Firmasının PG 2 değerlendirme aleti ile yapılan bir araştırmada 1:10 000 ölçekli renkli hava fotoğrafları ile ağaç boyları $\pm 0,40$ m — $\pm 0,60$ m'lik bir doğruluk derecesi ile ölçülebilmektedir (AKÇA, 1973).

Ağaç boylarının yukarıdaki yöntemlerle hava fotoğrafları üzerinde ölçülmesinde özellikle ibrelili ağaç türlerinde sistematik bir hata söz konusudur. Fotoğraf alımlarında en küçük ayrıntıların saptanmalarındaki sınır nedeniyle, hava fotoğrafları üzerinde ağaç tepeleri tepenin ucuna kadar resmedilemezler. Ağaç tepelerinin sivrilik durumuna ve fotoğraf alımında kullanılan filimlerin alım gücüne göre değişmek üzere gerçek boylarından daha küçük ölçülürler.

Sonuç olarak stereoskopik yöntemle hava fotoğrafları üzerinde ağaç boyu ölçmeleri uygulamada kabul edilebilecek bir doğruluk derecesi ile yapılabilmektedir. Özenli bir ölçme ile doğruluk derecesi yükseltilebilir. Ormanlıkta fotogrametrik olarak hava fotoğrafları üzerinde ağaç boyu ölçmesi bugün tamamen bu yöntemle yapılmaktadır.

2.2 — Tepe boyutları

Hava fotoğrafları üzerinde ölçülebilen ve hacim saptanmasında önemli bir diğer bağımsız değişken veya değişkenler grubu da tepe boyutlarıdır. Tepe boyutlarını tepe

çapı (veya tepe genişliği) ve tepe alanı olmak üzere iki grupta toplamak mümkündür.

Bunlardan tepe çapı ve tepe genişliği çeşitli şekillerde tanımlanmaktadır. BONNOR (1964) tepe genişliğini

Total tepe genişliği : Tepenin en geniş noktada veya ona dik olarak ölçülmesi ile bulunan değer,

Effektif tepe genişliği : Birbirine dik istikamette iki ölçme ve bunların ortalamasının alınması ile bulunan değer

olmak üzere eiki şekilde tanımlanmaktadır.

Tepe çapını da KIPPEN, SAYN - VITGENSTEIN (1964) hava fotoğrafı üzerinde asal noktayı tepe merkezine birleştiren doğruya dik olarak ölçülen tepe genişliğidir, diye tanımlamaktadırlar. Ashında tepe çapı terimi ağaç tepelerinin hava fotoğrafı üzerinde muntazam olmyan şekilleri nedeni ile isabetli seçilmemiştir. Tepe genişliği daha uygun bir terimdir. Diğer taraftan tepenin genellikle muntazam olmyan şekli, aşağıda da belirtilen nedenlerle tepenin tanınmasını ve tepe çapının doğru olarak ölçülmesini zorlaştırır. Genellikle düzgün tepelere sahip ağaçlarda tepe genişliği daha güvenilir bir şekilde ölçülebilmektedir. Ayrıca hava fotoğraflarının ayırım gücünün sınırlı olması ve iç içe girmiş tepelerin fotoğraflar üzerinde saptanmaması tepe genişliğinin yersel ölçmelere nazaran daha düşük ölçülmesine neden olmaktadır. Tepe genişliğini ölçmedeki subjektiflik, bu parametrenin hacim tayini için düzenlenen regresyon analizlerinde bağımsız değişken olarak kullanılmasında ciddi bir problem olmaktadır.

Tepe boyutlarının hava fotoğrafları üzerinde ölçülmesinde en önemli sorun, yukarıda da belirtildiği gibi, tek ağaç tepesinin fotoğraflar üzerinde tanınması ve sınırlandırılması konusudur. Bu durum, yani ağaç tepelerinin hava fotoğrafları üzerinde tanımları ve sınırlandırılmaları, hava fotoğraflarının ölçeğine, ayırımı ayırma gücüne, malzemesine, tepesi ölçülecek ağaçların tepe şekline, tepe yapısına tepee büyüklüğüne, güneş ışınlarının geliş durumuna, tepenin hava fotoğrafı üzerinde bulunduğu yere, gölge durumuna, tepeler arasındaki boşlukların durumuna ve topografik yapıya bağlıdır. Bu nedenle hava fotoğrafları üzerinde ağaç tepelerinin başarılı bir şekilde tanımları, sınırlandırılmaları ve ölçülmeleri önce orta ve büyük ölçekli (1:5000 — 1 : 10 1000) ve ayırımı ayırım güçleri yüksek hava fotoğraflarının varlığını gerektirmektedir. Kâğıt yerine cam veya film üzerine alınmış hava fotoğrafları başarı oranını yükseltir. Film veya cam üzerine alınmış diapositifler hava fotoğraflarında ayırımı tanıma derecesi daha yüksektir. Genel olarak diapositifler uygun aydınlatma şartları altında fotografik görüntüye zarar vermeden 10 - 15 defa optik olarak büyültülebilir. Kâğıt üzerine alınmış fotoğraflarda ise, fotoğraf üzerine düşürülen ışığın yeterli olmaması ve kâğıt üzerinden tam yansımanın sözkonusu olması nedeniyle böyle bir büyütme anlamsız olmaktadır.

Ağaç tepelerinin şekli tepenin sınırlarının saptanmasında ve dolayısıyla tepe boyutlarının doğru olarak ölçülmesinde çok etkilidir. Tepeler konik, konik oval, sivri oval, üç köşeli, konkav, dalgalı, püsküllü, düz kubbemsi, kubbeii, küremsi, kapalı, açık, şemsiye şekilli, sivri pürüzlü ve oval gibi şekiller göstermektedir (ZSILINSZKY, 1966). Bir çok ağaç türlerinin, özellikle ibrelilerin kendilerine özgü tepe şekilleri vardır. Yalnız doğal, ekonomik ve sosyal faktörlerin etkisi ile ağaç türlerinin tepe şekilleri ka-

rakteristik şekilden büyük ölçüde ayrılabilirler. Örnek olarak Ladın, Göknar, Kayın ve Meşe'nin tepe şekillerini ele alalım.

Ladın hava fotoğrafları üzerinde genellikle tipik bir yıldız şeklinde görülür. Tepe sivri ve aşağı doğru genişlemektedir. Yani yandan görünüşü itibarıyla dar bir koniyi andırabilir. Tepenin güneş gören ve görmiyen yerleri kuvvetli bir kontrast ile birbirlerinden ayrılır. Tepenin toplu bir görünüğe sahip olmaması kuvvetli gölgeleme nedeniyle tepenin tamamını hava fotoğrafı üzerinde sınırlamak ve dolayısıyla tepe boyutlarını ölçmek ekseri hallerde oldukça zordur. Buna karşılık Göknar silindirik bir tepeye sahiptir. Hava fotoğrafı üzerinde incelendiğinde leylek yuvasını andırır. Ladine nazaran hava fotoğrafı üzerinde daha donuk ve daha koyu ve daha toplu görülür. Bu nedenle de tepe boyutları Ladine göre daha güvenilir bir şekilde ölçülebilir.

Kayın meşceere şartları içinde oldukça pürüzsüz ve fakat yaygın bir tepe yapar. Çok sayıda küçük ve muntazam olmyan dalları nedeniyle tepe komşu tepelerden belirgin bir şekilde sınırlanmamıştır. Bu durum tek tek Kayın tepelerinin hava fotoğrafı üzerinde tanınmasını ve dolayısıyla tepe boyutlarının ölçülmesini güçleştirir. Meşceere koşullarında Kayına nazaran daha küçük tepe yapan Meşede tepenin üst yüzeyi ince dallarla çevrilidir. Hava fotoğrafları üzerinde kubbemsi ve toplu bir görünüğe sahip olan Meşe tepeleri kolayca tanınabilir ve ölçülebilir.

Hava fotoğrafları üzerinde tepe boyutlarını ölçmeyi sınırlayan diğer bir faktör de tepenin büyüklüğüdür. Tepe büyüdükçe fotoğraf üzerinde tanınması ve boyutlarının ölçülmesi kolaylaşır. Genç meşcerelerde zaten küçük olan tepelerin özellikle yapraklı ağaç türlerinde birbirlerinden ayrılmaları olanaksızdır. Orta Avrupa'da yapılan bir araştırmada 1:13000 ölçekli siyah - beyaz hava fotoğrafları üzerinde 40 yaşından daha genç Ladın meşcerelerinde tepe çaplarının ölçülmediği görülmüştür (KAHLEYS, KLIER, 1968).

Güneş ışınlarının geliş yönü, ölçülmek istenen tepelerin hava fotoğrafı üzerindeki yeri, gölge durumu, meşceere içindeki boşluklar ve topografik yapı hava fotoğrafı üzerinde tepe boyutları ölçme işlemi olumlu veya olumsuz yönde etkiler. Tepe, hava fotoğrafı ortasında resmedilmiş bulunan ağaçlarda genellikle iyi ölçülür. Hava fotoğrafı kenarına doğru gerek gölgeleme, gerekse tepelerin birbirlerini örtme oranlarının artması nedeniyle tepe ölçme işlemi zorlaşır ve hatta bazan da olamaz bir durum alır. Meşceere içindeki boşluklar, boşluk içinde kalan tepelerin ölçülmesini yine gölgeleme nedeniyle olamaz duruma getirebilir. Buna karşılık gölge altında kalmayan boşluk içinde tepelerle, boşluk kenarındaki tepelerin ölçülmesi kolaylaşır. Topografik yapı da duruma göre, özellikle hava fotoğrafı kenar bölümlerinde tepe boyutlarını ölçme işlemi zorlaştırabilir veya kolaylaştırabilir.

Tepe boyutlarının hava fotoğraflarında ölçülmesi işleminde kullanılan yöntemleri

1 — Tek hava fotoğrafı üzerinde tepe boyutlarının ölçülmesi

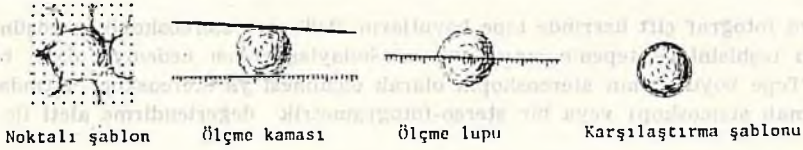
2 — Hava fotoğraf çifti üzerinde tepe boyutlarının ölçülmesi

olarak iki ana grupta toplamak mümkündür.

2.21 — Tek hava fotoğrafı üzerinde tepe boyutlarının ölçülmesi

Tek hava fotoğrafı üzerinde tepe genişliği veya tepe çapı lup, mukayese şablonu, noktalı şablon veya ölçme kaması ile, veyahut sadece ölçme lupu ile ölçülebilir. (Şe-

kıl 3) Bunlardan birincisinde özel olarak hazırlanmış ve üzerinde çapları belli transparent şablonlardan yararlanır. Bir lup yardımı ile tepeye eşit büyüklükte olan daire aranır. Dairenin çapı tepe çapı olarak alınır. Üzerine noktalı şablon konmuş bir hava fotoğrafı üzerinde bir lup ile tepe çapı boyunca nokta adedi sayılır. Noktalar arası mesafe bellidir. Sayılan nokta adedi noktalar arası mesafe ile çarpılınca hava fotoğrafı üzerindeki tepe çapı bulunur.



Tepe hava fotoğrafı üzerinde tepe genişliği veya tepe çapının ölçülmesinde ölçme kaması ve ölçme lupundan da yararlanılabilir. Ölçme kaması saydam bir kâğıt üzerine çizilmiş ve birbirinden uzaklaşarak ayrılan iki doğrudan ibarettir. Bu doğrular arasındaki aralıklar belirli uzaklıklarda işaretlenmiştir. Genişliği veya çapı ölçülecek tepenin kenarları bu doğrulara teğet olacak şekilde kama hava fotoğrafı üzerine bir ölçme lupu yardımı ile konur. Teğet noktasında kamada okunan değer, tepe genişliği veya çapının hava fotoğrafı üzerindeki değerini verir. Diğer yöntemde ise 8 - 10 defa büyütme bir ölçme lupundan yararlanır. Ölçme lupunun altında metal veya plastik bir cetvel yer alır. Cetvel üzerinde 0.1 mm lik taksimat vardır. Bu lup hava fotoğrafı üzerinde ölçülmesi istenen ağaç tepesinin üzerine getirilerek, tepe genişliği veya çapı cetvel üzerindeki taksimat yardımı ile okunur.

Bu yöntemlerin hepsinde de bulunan değer hava fotoğrafı üzerindeki tepe genişliği veya çapıdır. Ağaç tepesinin gerçek genişliğinin veya çapını bulmak için bu değerlerin fotoğraf ölçek sayısı ile çarpılması gerekir. Yani bu yöntemlerde tepe genişliği veya çapını bulmak için fotoğraf ölçeğinin bilinmesi gereklidir. Ayrıca tek fotoğraf üzerinde tepenin tanınması ve ölçülmesi işlemi de, sağlıklı bir şekilde yapılamaz. Diğer taraftan fotoğraf ölçeği ortalama bir değerdir. Arızalı arazide fotoğraf üzerindeki ölçek topografik yapıya göre değişir. Örneğin aynı hava fotoğrafı üzerinde aynı tepe genişliğinde veya çapındaki ağaçların tepeleri ağacın vadide veya sırtta bulunmasına göre farklı değerler olarak bulunur. Sadece düz arazide ve tam yatay alınmış fotoğraflar üzerinde böyle bir hata sözkonusu değildir.

Tepe alanının tek hava fotoğrafı üzerinden ölçülmesi noktalı şablon veya üzerinde alanı belli dairelerin bulunduğu özel şablonlar yardımı ile yapılır. Noktalı şablon hava fotoğrafının üzerine yerleştirilir. Ölçülmek istenilen tepeye isabet eden nokta sayısı (n) bulunur. Bir noktaya isabet eden (f) ise, aranan tepe alanı fotoğraf ölçeğinde

$$F = n.f \text{ olur.}$$

Bu şekilde yapılan tepe alanı ölçmesinde noktalı şablonun nokta sıklığı ölçmenin doğruluk derecesi bakımından çok önemlidir. Nokta sıklığı arttıkça tepe alanı ölçmesinin doğruluk derecesi de yükselmektedir.

Notice olarak tek fotoğraf üzerinde tepe genişliği (veya çapı) ve tepe alanının yukarıdaki yöntemlerle ölçülmesindeki doğruluk derecesi hem tek fotoğraf üzerinde tepelerin tanınmalarındaki zorluk, hem de arazinin topografik yapısının etkisi nedeni ile oldukça düşüktür. Özellikle tepe alanı sadece fotoğraf ortasında ölçülmelidir. Uygulamada topografik yapının etkisinin olmadığı arazilerde kullanılmaktadır (HILDEBRANDT, 1969).

2.22 — Hava fotoğraf çifti üzerinde tepe boyutlarının ölçülmesi

Hava fotoğraf çifti üzerinde tepe boyutların ölçülmesi, stereoskopik görüşün ağaç tepesinin teşhisini ve tepenin sınırlanmasını kolaylaştırması nedeniyle daha başarılı olur. Tepe boyutlarının stereoskopik olarak ölçülmesi ya stereoskop altında (cep veya aynalı stereoskop) veya bir stereo-fotogrametrik değerlendirme aleti ile yapılır.

Stereoskop altında tepe genişliği (veya çapı)nın ve tepe alanının ölçülmesinde tek hava fotoğrafı üzerinde uygulanan yöntemler kullanılır. Yani ölçme işlemi, karşılaştırma şablonu, noktalı şablon, ölçme kaması ve mm nin onda birine kadar taksimatlı cetvel yardımı ile yapılabilir. Şablon, ölçme kaması veya taksimatlı cetvel, stereoskop altında karşılıklı oryantasyonu yapılmış ve dolayısıyla stereoskopik olarak incelenebilecek hale getirilmiş olan hava fotoğrafı çiftinden birinin üzerine konur. Tepe genişliği (veya çapı) ve alanı ölçmesi yukarıda belirtildiği şekilde yapılır. Şayet kullanılan hava fotoğrafları düz araziye ait değilse, ve hava fotoğrafları tam yatay olarak alınmamış ise, o takdirde burada da hem topografik yapıdan, hem de hava fotoğrafı eğikliğinden doğan ölçek farklılıkları söz konusudur. Hava fotoğrafının ortalama ölçek sayısı ile çarpılmasının sonucu bulunan tepe çapı veya hava fotoğrafı üzerinde bulursa tepe alanının ölçek sayısının karesi ile çarpılması neticesi bulunan gerçek tepe alanı ölçek farklılığı nedeniyle, bazı durumlarda ihmal edilemeyecek hata ile yüklü olur. Ülkemizde ormanlarımızın büyük çoğunluğunun dağlık arazide bulunduğu gözönüne alınır ise, hava fotoğraflarından tepe çapının yukarıdaki yöntemlerle saptanmasındaki sakınca açık olarak ortaya çıkar.

Tepe genişliği veya çapının ve tepe alanının hava fotoğraflarından ölçülmesinde stereofotogrametrik değerlendirme aletleri de kullanılabilir. Bu aletlerin kullanılmasındaki en büyük avantaj da, yukarıda belirtilen sakıncanın bunlarda söz konusu olmamasıdır. Yani diğer bir deyimle tepe genişliği (veya çapı) ve tepe alanı hava fotoğrafları üzerinden fotogrametrik değerlendirme aletleriyle daha doğru ve daha güvenilir bir şekilde ölçülebilir.

Stereofotogrametrik değerlendirme aletleri sıhhat dereceleri ve uygulama olanaklarına göre I., II. ve III. derece olmak üzere üç grupta toplanabilmektedir. I. ve II. derece aletlerle ölçme III. derece aletlere göre daha sağlıklı olarak yapılabilir. III. derece ve bazı II. derece aletlerle sadece grafik değerlendirme söz konusudur. Bu aletlerle önce ağaç tepesinin projeksiyonu uygun ölçekte plan üzerine geçirilir ve plan üzerinde tepe genişliği veya çapı bir ölçme lupu ile tepe alanı ise bir noktalı şablon veya planimetre ile ölçülür. Bazı II. derece ve bütün I. derece aletlerle grafik değerlendirmeye gerek kalmadan tepe çapı ölçmesi yapılabilir. Bu aletlerde sayısal değerlendirme yolu ile tepe genişliği veya çapı oluşturulan stereoskopik modelde doğrudan doğruya ölçülebilir. Bu takdirde grafik değerlendirme de söz konusu olan aktarma (aletten çizim masasına) hataları ortadan kalkacağından doğruluk derecesi de yükselcektir. Böyle değerlendirmede de en büyük hata tepenin tanınma-

sında olmaktadır. Tanıma hatası diğer yöntemlerde de sözkonusudur. Fakat burada diğer yöntemlerde sözkonusu ölçek farklılığından doğan hata ortadan kalktığından, tepe genişliği (veya çapı) ve tepe alanı ölçme de yapılan hatanın hemen hemen tamamını tanıma hatası oluşturmaktadır. Yalnız mutlak değer olarak tanıma hatası stereofotogrametrik değerlendirme aletlerinde önceliklere nazaran daha küçüktür. Zira bu aletler daha mükemmel bir optik sisteme sahiptirler.

Buna karşılık stereofotogrametrik değerlendirme aletlerinin, pahalı olmaları, bu aletlerde çalışabilecek teknik elemana, ve oryantasyon için pas noktalarına gereksinime göstermesi gibi sakıncaları söz konusudur. Özellikle fiatları ormancılık amaçları için bunların kullanılmasında önemli bir engel olmaktadır. Amortismanlarının da yüksek olması bu aletlerin devamlı çalışmalarını gerektirmektedir. Bu nedenle de böyle bir uygulama ancak büyük bir ormancılık örgütünün merkezinde sözkonusu olabilir (örneğin Orman Genel Müdürlüğünde olduğu gibi). Nitekim Orman Genel Müdürlüğünde olduğu gibi). Nitekim Orman Genel Müdürlüğü Amenajman ve Kadastro Dairelerinde bulunan İtalyan Santoni firmasının Stereomikrometre aletleri bu amaçla kullanılabilirler.

Bugün hava fotoğrafları üzerinde tepe genişliği veya ölçmesi genellikle aynalı stereoskop altında ve ölçme kaması ile yapılmaktadır. Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir araştırmada ölçme kaması ve aynalı stereoskop altında yapılan tepe çapı ölçmelerinde orta hata $\pm 0.9 - 1.2$ m olarak bulunmuştur (WORLEY, MEYER, 1955).

Diğer taraftan 30 adet Pinus strobus ağacında üç ayrı kişi tarafından yapılan ölçmelerde tepe genişliği \pm % 7.95 ve tepe alanı da \pm % 5.03 lük bir standart sapma ile tespit edilmiştir (ALDRED, SAYN - WITTGENSTEIN, 1972). Yani tepe alanı tepe genişliğine göre daha sıhhatli bir şekilde hava fotoğraflarından ölçülebilmektedir.

2.3 — Tepe Kapalılığı

Meşcere tepe kapalılığı, bilindiği gibi, meşcereyi oluşturan ağaçların tepelerinin toprağı örtme oranıdır. Bu oran ağaç tepelerinin kapladığı alanın, tüm meşcere alanına oranlanması ile bulunur. Tepe kapalılığının tayini işlemi de ya tek hava fotoğrafı üzerinde veya hava fotoğraf çifti üzerinde stereoskopik olarak yapılır. Tepe kapalılığı, meşcerelerin sıklığı (dolgunluğu) ile yakın ilişkisi nedeni ile, hava fotoğraflarından servet tayini yöntemlerinde önemli bir parametredir. Ayrıca tepe kapalılığı hava fotoğrafları üzerinde kolayca ve yüksek bir doğruluk derecesi ile tespit edilebilir. Hava fotoğrafları üzerinde meşcere tepe kapalılığının saptanması yöntemleri :

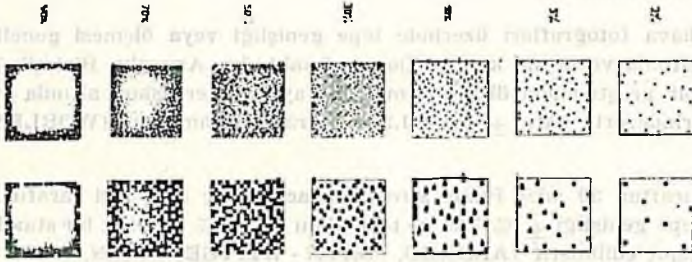
1. Oranlama (tahmin) yöntemi
2. Anahtar şablonlarla karşılaştırma yöntemi
3. Noktalı şablon yöntemi
4. Tepe projeksiyonlarının planimetrik olarak ölçülmesi yöntemi

olmak üzere dört ana şekilde özetlenebilir. Bu dört yöntem hem tek hava fotoğrafı üzerinde monoskopik olarak, hem de hava fotoğraf çifti üzerinde stereoskopik olarak uygulanabilir. Tepe kapalılığını tek hava fotoğrafı üzerinde oldukça sıhhatli bir

şekilde saptamak olanağı vardır. Stereoskopik değerlendirme tepe kapalılığının saptanmasındaki doğruluk derecesine tepe genişliği (veya tepe çapı) ve tepe alanı ölçmede olduğu kadar yükseltmez. Bu yöntemleri aslında iki ana grupta toplamak olanağı sözkonusudur. Zira 1 ve 2 inci yöntemler tahmine, 3 ve 4 üncü yöntemler de ölçmeye dayanmaktadır. Yöntemlerin doğruluk derecesi de 1 den 4 doğru artmaktadır.

Birinci yöntemde, tepe kapalılığı ya tek hava fotoğrafı üzerinde monoskopik olarak veya hava fotoğraf çifti üzerinde stereoskopik olarak oranlama (tahmin) ile saptanmaktadır.

İkinci yöntemde ise yine bir oranlama sözkonusudur. Fakat bu defa oranlama kapaklıkları belli anahtar şablonlardan (Şekil 4) yararlanılarak yapılmaktadır. Yani anahtar resim veya şekilleri hava fotoğrafı üzerindeki meşcere ile karşılaştırılarak, uygun resim veya şekil bulunmakta ve resim veya şeklin daha önceden saptanmış kapalılık derecesi meşcerenin kapalılık derecesi olarak alınmaktadır.



Şekil 4

Noktalı şablon yönteminde, ormancılıkta alan bulma işleminde kullanılan, üzerinde muayyen sıklıkta noktaların bulunduğu saydam şablonlardan yararlanılmaktadır. Saydam noktalı şablon hava fotoğrafı (hava fotoğraf çifti ile çalışılıyor ise fotoğraflardan biri) üzerine konur. Meşcere de ağaç tepelerine isabet eden nokta sayısı sayılarak bulunur. İş kolaylaştırmak için genellikle meşcerede boşluklara isabet eden nokta sayısı (n_b) saptanır. Bütün meşcereye isabet eden nokta sayısı n_m ise meşcere kapalılığı

$$\frac{n_m - n_b}{n_m} \text{ formülü ile ondalık}$$

olarak bulunur. Noktalı şablon yönteminde hava fotoğraf çifti üzerinde çift noktalı şablon kullanmak suretiyle noktalara da stereoskopik bir görünüş vermek ve ışın doğruluk derecesini yükseltmek mümkündür. Bunun için önce hava fotoğraf çifti stereoskop altına, tercihen aynalı stereoskop) konur ve stereoskopik görüş elde edilir. Noktalı şablonların her biri hava fotoğraf çifti üzerine konur. Şablonlar sağa, sola, öne, arkaya kaydırılarak döndürülerek noktaların da stereoskopik olarak meşcere tepe çatısı ile aynı yükseklikte görülmesi temin edilir. Bu şekilde meşcerede ağaç tepelerine isabet eden noktaların daha doğru olarak sayılması sağlanmış olur.

Tepe projeksiyonlarının planimetrik olarak ölçülmesi yönteminde, kapalılığı tayin edilmek istenen meşceredeki tepelerin projeksiyonu ya doğrudan doğruya hava

fotoğrafı üzerine veya bir saydam kâğıt üzerine çizilir. Tepeler arası boşluklar (F_b) ve tüm meşcere alanı (F_m) planimetre ile ölçülür ise

$$\frac{E_m - F_b}{F_m}$$

formülü ile meşcere kapalılığı bulunur. Burada gerek tüm meşcere, gerekse boşluk alanlarının hektar veya ar olarak bulunmasına gerek yoktur. Planimetre ile bulunan ve hava fotoğraf ölçeği ile muamele edilmemiş rakamlar doğrudan doğruya formüle konabilir. Bu yöntem ile uygulamadaki zorluğuna karşılık herhangi bir doğruluk derecesi yükselmesi sözkonusu olmamaktadır. Uygulamada en çok anahtar şablonlarla karşılaştırma ve enoktalı şablon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu iki yöntemle meşcere kapalılığını \pm % 10 luk bir orta hata ile tespit etmek mümkündür (GINGRICH, MEYER, 1965).

Genel olarak hava fotoğraflarında meşcere kapalılığı yersel tespitlerin aksine gerçek değerinin üzerinde tayin edilmektedir. Yani hava fotoğrafları üzerinde tepe kapalılığının tayininde bir sistematik hata sözkonusu olmaktadır. GINGRICH ve MEYER (1965) bu sistematik hatayı % 5-10 arasında vermektedir. Ayrıca sistematik hatanın noktalı şablon yönteminde anahtar şablonlarla karşılaştırmaya nazaran daha küçük olduğunu saptandığı da bildirilmektedir. Buradaki sistematik hata, ağaç tepelerinin gölgelerinin değerlendiriciyi yanıltmasından doğmaktadır. Yukarıda belirtilen stereoskopik noktalı şablon yöntemi ile sistematik hatayı küçültmek mümkündür. Zira bu takdirde noktalı şablonun noktaları da stereoskopik olarak görülecek ve ağaç tepelerine ve boşluklara isabet edeen noktalar daha emin ve doğru olarak sayılabilecektir.

2.4. Ağaç sayısı

Ağaç sayısı, daha doğrusu hava fotoğrafları üzerinde görülebilen ağaçların sayısı, hava fotoğrafları üzerinde doğrudan doğruya tespit edilebilen diğer bir meşcere bilgisidir. Ağaç sayısı bilindiği gibi meşcere ağaç servetinin tayininde önemli bir parametredir ve hava fotoğrafları üzerinden kolayca elde edilebilir.

Meşcere ağaç sayısının hava fotoğrafı üzerinde sayılmasında başarı derecesi, meşcerenin kuruluşu, yaşı, topografik yapı, karışıklık şekli gibi faktörler yanında önce fotoğraf ölçeği ve kalitesine bağlıdır. Nitekim SPURR (1948) ün verdiği bilgiye göre 1:12 000 ölçekli hava fotoğraflarında stereoskopik inceleme ile çapı 0.60 m den büyük olan tepeler sayılabilmektedir. Orta Avrupa'da yapılan bir araştırmada da (KAHLEYS, KLIER, 1969) 1:13 000 ölçekli fotoğrafları üzerinde 20 yaşımdan küçük kadın meşcerelerinde tepelerin sayılmasının imkânsız olduğu görülmüştür. Federal Almanya'da yapılan bir başka araştırmada (TANDON, 1973) ise 20 cm den küçük göğüs çapına sahip ağaçların tepelerinin 1:10 000 ölçekli hava fotoğrafları üzerinde sayılmadığı görülmüştür. Bu değerler hava fotoğraf alımında ve kontak kopyaların çıkarılmasında kullanılan film malzemelerinin ayırım gücü ile yakın ilişkilidir. Ayırım gücü ve hava fotoğrafı kalitesi yükseldikçe, hava fotoğrafı üzerinde saptanabilecek en küçük ayrıntının boyutları da küçülecek, neticede daha küçük çaplara sahip ağaç tepeleri hava fotoğrafları üzerinde tanınarak sayılabilecektir.

Hava fotoğrafları üzerinde saptanan tepe sayısı, meşceredeki ağaç sayısından daima daha azdır. Zira hava fotoğrafları üzerinde sadece galip ağaçlar, müşterek ga-

lip ağaçlar ve mağlup ağaçlardan da örtülmemiş olanlar resmedilmektedir. Galip ağaçların tepelerince örtülü mağlup ağaçların fotoğrafları üzerinde görülmesi olanağı yoktur. Diğer taraftan galip ağaçlarda bile özellikle yapraklılarda, iki veya daha fazla tepenin hava fotoğrafı üzerinde bir tepe imiş gibi görülmesi olanağı da her zaman sözkonusudur. Ayrıca fotografik ayırım gücü sınırının altında olan ağaç tepeleri de hava fotoğrafları üzerinde resmedilmeyeceklerdir. Bütün bu nedenlerle hava fotoğrafları üzerinde saptanan ağaç tepesi sayısı, meşcerenin gerçek ağaç sayısının daima altında kalmaktadır. Almanya'da iyi kaliteli 1: 4000 — 1: 7500 ölçekli hava fotoğrafları üzerinde ibrelili ağaç türlerinden oluşan işletme ormanlarında saptanan ağaç sayısının meşceredeki galip ağaç gerçek sayısından % 5 oranında daha az olduğu görülmüştür. Amerika'da işletilmeyen ormanlarda yapılan bir araştırmada 1: 12 000 ve daha küçük ölçekli hava fotoğrafları üzerinde saptanabilen ağaç sayısının, havadan görülebilen ağaçların sayısından W 10 - 50 oranında daha az olduğu görülmüştür. (SPURR, 1960)

Hava fotoğrafları üzerinde saptanan tepe sayısından meşcerelerin gerçek ağaç sayısına geçmek mümkündür. Nitekim KAHLEYS, KLIER, (1969) 1:13 000 ölçekli hava fotoğrafları üzerinde aynalı stereoskop altında tespit edilen tepe sayısı ile meşcerenin gerçek ağaç sayısı arasında

$$y = 180.42 + 0.3256 \times$$

ilişkinini bulmuşlardır. Burada

y = Hava fotoğrafında sayılan tepe sayısı

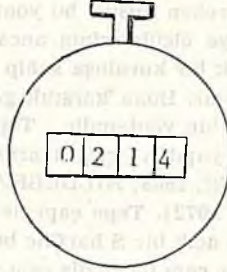
x = Meşcerenin gerçek ağaç sayısı

nı ifade etmektedir. Korelasyon katsayısı da aynı ilişkide 0.959 olarak bulunmuştur. Neticede hava fotoğrafı üzerinde sayılan tepe sayısı ile meşcerenin ağaç sayısı arasında korelasyon katsayısı oldukça yüksek bir doğrusal ilişkinin bulunduğu görülmektedir.

Fakat bu arada yapılan diğer bir araştırmada da (TANDON, 1974) meşcere ağaç servetinin saptanması için böyle bir dönüşüme gerek bulunmadığı ortaya çıkmıştır. Meşcere ağaç serveti ile hava fotoğrafı üzerinde sayılarak bulunan tepe sayısı arasında, gerçek meşcere ağaç sayısı arasındakine nazaran daha yüksek bir korelasyon bulunmaktadır. Diğer bir deyimle hava fotoğrafı üzerinde sayılan tepe sayısı ile meşcere ağaç serveti arasında daha kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Çok ilgi çekici bu durumun gayet basit bir nedeni vardır. Hava fotoğrafları üzerinde sayılan tepeler yukarıda belirtildiği gibi galip ve müşterek galip ağaçlara ait tepelerdir. Bu ağaçların ise meşcere ağaç servetine olan katkıları, mağlup ağaçlarınkine nazaran çok daha fazladır. Meşcere ağaç servetinin önemli bölümünü oluşturan bu ağaçların sayısı ile meşcere ağaç serveti arasında kuvvetli bir korelasyonun olması normaldir.

Meşcerelerdeki ağaç tepesi sayısı tek hava fotoğrafı üzerinde lup ile veya hava fotoğrafı çifti üzerinde bir stereoskop yardımı ile stereoskopik olarak saptanabilir. İkinci yöntem stereoskopik görüşe imkân vermesi nedeni ile daha doğru netice vermektedir. Ağaç tepeleri sayılırken, sayılan tepelerin ya doğrudan doğruya hava fotoğrafı üzerinde veya hava fotoğrafı üzerine konacak saydam bir kâğıt üzerine bir kurşun kalem ile çizilerek veya bir pım ile delinerek işaretlenmesi gereklidir. Bu şekilde bazı ağaçların iki defa sayılması veya bazı ağaçların sayılmadan bırakılması önlenmiş olur. Sayma esnasında herhangi bir sayma yanlışlığını önlemek ve operatörün sadece ağaç tepelerinin teşhisine yönelmesini sağlamak için el sayacının kullanılması faydalıdır

(şekil 5). El sayacı üzerindeki bir düğmeye teşhis edilen ve işaretlenen her tepe için bir defa basılır. Sayacın ön tarafındaki pencerede basma sayısının toplamı okunur. Sayma işleminin iki defa yapılması kaba hataların önlenmesi yönünden önemlidir.



Şekil 5

Sayma işlemini bütün meşcere üzerinde yapmak yorucu olur ve çok zaman alır. Bunun yerine daire şeklinde örnek alanlar almak önerilmektedir. Örnek alanların büyüklüğü fotoğraf ölçeğine, daha doğrusu örnek alan içine girecek ağaç sayısına göre, ayarlanmalıdır. SPURR (1960) örnek alan çaplarının, içersine 20 - 30 ağaç girecek şekilde seçilmesini önermektedir. Örnek alanların büyüklüğünün seçilmesinde gözönüne alınması gereken diğer bir husus da fotoğraf eğikliği ve arızalı arazide çalışıldığı takdirde arazideki yükseklik farklılıklarından doğan fotoğraf ölçeği değişiklikleridir. Aynı fotoğraf üzerinde yüksek yerlerde daha alçak yerlere nazaran ölçek daha büyük olacaktır. Örnek alan, böyle yüksek bir yerde aynı büyüklükte tutulduğu takdirde ölçeğin büyümüş olması nedeniyle arazide daha küçük bir sahayı temsil edecektir. Bu hata kaynağını, örnek alanı hava fotoğrafı üzerinde bulunduğu yerin ölçeğine göre büyültüp küçültmek veya örnek alan üzerinde sayılan ağaç sayısını ölçekle orantılı olarak belirli sayılarla çarpmak suretiyle etkisiz hale getirmek mümkündür. Diğer taraftan bu işi stereofotogrametrik harita aletleri ile yapmak ve örnek alanı önce haritada işaretlemek ve sonra da bu alanı stereoskopik modele aktarmak şekli de sözkonusu olabilir. Arızalı arazilerde de diferansiyel yöntemle doğrultulmuş fotoğraflar (ortofotoğraflar) kullanmak suretiyle hava fotoğrafı eğikliğinin ve arazideki yükseklik farklarının hava fotoğraf ölçeğine olan olumsuz etkileri ortadan kaldırılabilir.

2.5. Göğüs Çapı ,

Göğüs çapı özel hallerde doğrudan doğruya hava fotoğrafları üzerinden ölçülebilir. Diğer taraftan göğüs çapı dolaylı olarak tepe çapı veya ağaç boyuna dayanarak hesaplanabilir.

Genel olarak gövde çapının hava fotoğrafları üzerinden doğrudan doğruya ölçülmesi ancak gövdenin hava fotoğrafında görülmesi durumunda mümkündür. Bu konudaki çalışmalar Sovyetler Birliğinde ölçeği 1:500 ile 1:1000 arasında değişen eğik hava fotoğrafları üzerinde yapılmıştır (GORDEEV, 1954). Kış mevsiminin, özellikle yerde kar olduğu zaman, bu amaçla hava fotoğrafı alımı için uygun olduğu saptanmıştır. Beyaz fon önünde ağaç gövdeleri daha bariz olarak hava fotoğrafları üzerinde belirlemektedir. Ayrıca yapraklı ağaçlardan oluşan ormanlarda kış alımlarında gövdenin

yapraklar tarafından örtülmesi de sözkonusu olmamaktadır. Eğik hava fotoğrafları üzerinde göğüs çapından başka, ağaç boyu ve ağaç sayısı da saptanabilir ve hacim tayini doğrudan doğruya hacim tablolarından yararlanılarak yapılabilir.

Yalnız hemen belirtilmesi gereken husus, bu yöntemle göğüs çapının hava fotoğrafları üzerinde doğrudan doğruya ölçülmesinin ancak çok sınırlı koşullarda söz konusu olmasıdır. Meşcerenin seyrek bir kuruluşa sahip olması gereklidir. Bu nedenle de çok az bir uygulama olanağı vardır. Buna karşılık göğüs çapının tepe çapından gidilerek hesaplanması daha yaygın bir yöntemdir. Tepe çapı ile göğüs çapı arasında kuvvetli bir korelasyon olduğu yapılan genişli araştırmalar ile ortaya konmuştur (SPURR, 1960; KAHLEYS, KLIER, 1968; HILDEBRANDT, 1969; KLIER, 1970; ALDREO, SAYN - WITTGENSTEIN, 1972). Tepe çapı ile göğüs çapı arasındaki ilişkinin doğruya yakın bir eğri olduğu ve açık bir S harfine benzediği saptanmıştır. Bu eğrinin sadece orta kısmının alınarak tepe çapı ile göğüs çapı arasındaki ilişkinin

$$y = ax + b$$

eşitliği ile ifadesi mümkündür. Burada

y = Göğüs çapı

x = Hava fotoğrafı üzerinde ölçülen tepe çapı

a ve b de katsayıları ifade etmektedirler.

Nitekim KAHLEYS ve KLIER (1968) Ladin meşcerelerine ait 1:13 000 ölçekli hava fotoğraflarında ölçülen tepe çapı ile göğüs çapı arasında

$$x = 264.901 y - 34.967$$

İlişkisi bulunmuşlardır. Korelasyon katsayısının 0.948 e ulaştığı eşitlikte x cm olarak göğüs çapını y de mm olarak hava fotoğrafında ölçülen tepe çapını ifade etmektedir. Ancak tepe çapı ile göğüs çapı arasındaki bu ilişki yetişme yerince yeknesak ve silvikültürel bakımdan aynı müdahaleleri görmüş meşcerelerde sözkonusudur. Ağaç türü ve yukarıdaki faktörlerden biri değişince bu ilişkideki a ve b katsayıları da değişecektir.

3. Ağaç servetinin saptanması

Buraya kadar hava fotoğraflarından saptanabilen dendrometrik değerleri, bunların ne şekilde ve hangi doğrulukla saptanabilecekleri ele alınmıştır. Bunlara dayanarak ağaç servetinin bulunması yöntemlerini

1 — Tek ağaç serveti tayin yöntemleri

2 — Meşcere ağaç serveti tayin yöntemleri

olmak üzere iki ana grupta toplayabiliriz.

3.1. Tek ağaç serveti tayin yöntemleri

Tek ağaç serveti tayin yöntemleri hava fotoğrafları üzerinde tek ağaca ait ölçülebilen veya tahmin edilebilen ağaç boyu, tepe çapı gibi dendrometrik değerlere dayanırlar. Daha doğrusu ağaç boyu ve tepe çapı ile ağaç hacmi arasındaki

$$y = ax + bz + c$$

ilişkisinden yararlanılır. Burada y ağaç hacmini, x tepe çapını, z ağaç boyunu, a, b ve c de regresyon sabitelerini ifade etmektedir. Bu eşitlikten istifade edilerek tepe çapı ve hava fotoğraflarından ölçülen ağaç boyu çıkışlı hacim tabloları da düzenlenebilir. SPURR (1960) Amerikan Kara Ladini (*Picea mariana*) ve Balzam Göknaarı için hazırlanmış böyle bir hacim tablosunu vermektedir (TABLO 1). Bu hacim tablosu Amerika'nın Göliler bölgesinde ve Kanada'da 616 Göknaar ve Ladin üzerinde yapılan ölçmelere dayanarak hazırlanmıştır. % 51 standart sapma ile tek ağaç hacminin bu tablodan bulunabildiği saptanmıştır. Bu tabloda tepe çapı 4 er (veya renk tonu) ve aynı tekstüre sahip meşcerelerin aynı yaşta ve aynı sıklığa sahip olduğu sonucuna ulaşılabılır. Bu nedenle de yönetim uygulanması ancak anahtar streeogramların hazırlandığı fotoğraf malzemesi ile mümkündür. Başka hava fotoğrafı alım uçuşlarında aynı filim - filtre kombinezonu kullanılmış ve alım aynı ölçek ile yapılmış olsa bile alım şartları, güneş ışınlarının geliş istikameti ve şiddeti, filimin banyosundaki mühtemel farklılıklar nedeniyle hem fotografik tonda, hem de fotografik tekstürde bazı farklılıklar sözkonusu olacaktır. Karşılaştırma işlemini değerlendircinin görüşüne dayanan subjektiflikten kurtarmak için ağaç boyu, tepe çapı ve kapalılık ölçmelerini yapmak tavsiyeye şayandır. Yalnız böyle ölçmelerden yararlanabilmek için anahtar stereogramlarda bu bilgilerin de bulunması gereklidir. Fakat bütün bu önlemlere rağmen yöntemin doğruluk derecesi düşüktür ve tamamen değerlendircinin ustalığına ve güvenirliliğine bağlı kalmaktadır. Bu nedenle de bu yöntemin, henüz işletmeye açılmamış her dem yeşil tropik ormanların geçici olarak sınıflara ayrılması ve daha sonra yürütülecek entansif bir envanter çalışması için uygun stratifikasyonun yapılması için kullanılması önerilmektedir (LOETSCH, HALLER, 1964).

Genel olarak bu yöntem, büyük sahaların ilk envanter çalışmalarında ve entansif envanter çalışmalarında önce gerekli stratifikasyonun yapılması işleminde kullanılabilir.

3.22. Meşcere Profilleri Yöntemi

Bu yöntem HUGERSHOFF (1933), ve iş arkadaşları ZIEGER (1928) ve NEUMANN (1933) tarafından geliştirilmiştir. Yöntemin uygulaması ormancılıktan çok fotogrametri bilgisine ihtiyaç göstermektedir. Aynı şekilde diğer yöntemlerden farklı olarak burada hassas fotogrametrik değerlendirme aletlerine gerek bulunmaktadır. Ayrıca bu aletler bir doğru boyunca profil ölçebilecek tehzizata da sahip olmalıdır. Ağaç serveti tayin edilmek istenen orman belirli aralıkta doğrular boyunca taranarak profilleri çizilir veya bu profiller sayısal olarak kayıt edilir. Profillerin ölçülmesinden önce meşcere veya ormanın sınırları plan üzerine geçirilir. Plan üzerinde belirli aralıklarla alınacak profiller işaretlenir. Profiller boyunca aletin ölçü markası meşcerenin tepe çatisında ve meşcere boşluklarında da arazi yüzeyine temas edecek şekilde yürütülür. Bu esnada değerlendirme aletine bağlı profiloskop adı verilen yardımcı bir araç ile meşcere profili otomatik olarak belli bir ölçek ile çizilir. Komşu iki feet (= 1,20 m) lik ve hava fotoğrafından ölçülen ağaç boyu 5 er feet (= 1.5 m) lik kademelere ayrılmıştır.

TABLO No. 1

Hava fotoğrafları için feet³ (1 feet³ = 0.028 m³) olarak düzenlenmiş hacim tablosu (kabuksuz hacim) (SPURR, 1960).

Hava fotoğrafında ölçülen ağaç boyu (feet)	Hava fotoğrafında ölçülen tepe çapı (feet)								
	2	6	10	14	18	22	26	30	34
20	2.8	3.9	6.1						
25	2.9	4.2	6.9	9.4					
30	2.9	4.5	7.4	10.0	14.0	19.0			
35	2.9	4.9	8.0	11.0	16.0	22.0			
40	3.0	5.2	8.5	12.0	18.0	24.0			
45	3.0	5.5	9.0	13.0	19.0	26.0			
50	3.0	5.8	9.5	14.0	21.0	29.0	39.0		
55	3.1	6.1	10	15.0	22.0	31.0	42.0		
60	3.1	6.4	10	16.0	24.0	34.0	45.0	59.0	74.0
65		6.7	11	17.0	25.0	36.0	49.0	64.0	80.0
70		7.0	11	17.0	27.0	39.0	52.0	68.0	86.0
75		7.1	12	19.0	29.0	41.0	56.0	73.0	92.0
80		7.3	12	20.0	31.0	44.0	59.0	77.0	92.0
85		7.5	13	21.0	32.0	46.0	62.0	82	104.0

Diğer taraftan ağaç boyu ile tepe çapının birbirine bağımlı dendrometrik değerler olmaları nedeni ile sadece tepe çapı ve sadece ağaç boyuna dayanan tek ağaç hacim tabloları da sözkonusudur. Bilindiği gibi bir ağacın gövde hacmi (v), göğüs çapı (d), boy (h) ve şekil emsalinin (f) bir fonksiyonu olarak

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \cdot f$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Göğüs çapı ve ağaç boyu bir biri ile orantılı olarak küçüldüğü veya büyüdüğü takdirde şekil emsali sabit kalmaktadır. Bu durumda ağaç hacmi bu komponentlerden birine dayanarak da hesaplanabilir. KLIER (1070) 1:12 000 orijinal ölçekli negatif hava fotoğraflarından büyütülmüş 1:2500 ölçekli siyah - beyaz hava fotoğrafları üzerinde 103 Ladinde yaptığı ölçmelerde, hava fotoğrafı üzerinde ölçülen tepe çapı ile ağaç hacmi arasında,

$$y = 1.584 x^{0.363}$$

ve

$$y = 1.774 x^{0.512}$$

ilişkilerini bulmuştur. Korelasyon katsayısının 0.84 gibi relatif olarak yüksek bir değere ulaştığı bu ilişkilerden «y» m³ olarak araç hacmini «x» de mm olarak hava fotoğrafı üzerinde ölçülen tepe çapını ifade etmektedir. Aynı şekilde hava fotoğrafından ölçülen ağaç boyu ile ağaç hacmi arasında da korelatif bir ilişki kurulabilir. Neticede araziye gidilmeden hava fotoğrafı üzerinde ölçülen tepe çapı ve ağaç boyuna veya

bunlardan sadece birine dayanarak tek ağaç hacmini hesaplamak, veya aralarındaki ilişkilere dayanarak düzenlenmiş tek ağaç hacim tablolarından tek ağacın hacmini bulmak gibi çok pratik bir yöntem elde edilmektedir.

Tek ağaç hacminin fotogrametrik yöntemle bulunmasındaki pratikliğe karşılık, yönetim bazı çok büyük sakıncaları sözkonusudur. Örneğin tek ağaç hacminden meşcere ağaç servetine geçiş için ya tam saha üzerinde veya örnek alanlar üzerinde ölçme yapmak gereklidir. Her iki halde de meşcerede veya örnek alanda bulunan bütün ağaçların ölçülmesi zorunludur. Halbuki yukarıda da belirtildiği gibi hava fotoğrafları üzerinde saptanan tepe sayısı, meşceredeki veya örnek alandaki gerçek ağaç sayısından daha az olmaktadır. Dolayısıyla meşcerede veya örnek alanda bulunan ve fakat hava fotoğrafı üzerinde saptanmayan ağaçların gövde hacimleri hesap dışı kalacaktır. Ayrıca hava fotoğrafları üzerinde ölçülen tepe çapı hacim tayininde bir parametre olarak alındığı takdirde, hava fotoğrafı eğikliğinden ve arızalı arazide de yükseklik farklılıklarından doğan hava fotoğrafı ölçüğü değişikliklerinin de göz önüne alınması gerekmektedir. Diğer taraftan hava fotoğrafları üzerinde ağaç boyu ölçülmesi, tam kapalı meşcerelerde yer yüzünün görülmemesi nedeniyle bazı zorluklar gösterir. Bu nedenlerle hava fotoğrafları üzerinde tek ağaç hacmi tayini yöntemleri bugün sadece büyük sahalarda seyrek kapalılıkta orman meşcerelerinin sözkonusu olduğu ABD, Kanada ve Sovyetler Birliğinde büyük ölçekli hava fotoğraflarının değerlendirilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Kanada'da uçuş yüksekliğini hassas bir şekilde ölçen radar altimetrelere de kullanılarak büyük ölçekli hava fotoğrafları alınmakta ve bunlar üzerinde tek ağaç hacmini tayin yöntemleri uygulanmaktadır. Ormanlık sahaların geniş düz araziler üzerinde olması nedeniyle arızadan doğan ölçek değişiklikleri de sözkonusu değildir (ALDRED, SAYN - WITTGENSTEIN, 1972; BRUN, 1972).

3.2. Meşcere Ağaç Serveti Tayin Yöntemleri

Hava fotoğrafları yardımı ile doğrudan doğruya meşcere ağaç serveti tayin yöntemleri

- 1 — Anahtar fotoğraflarla karşılaştırma,
- 2 — Meşcere profilleri ölçme,
- 3 — Hava fotoğraflarında ölçülen dendrometrik değişkenlerle meşcere ağaç serveti arasında yapılan regresyona dayanan yöntemler,
- 4 — Meşcere hasılat tabloları yöntemleri

olmak üzere dört ana grupta toplanabilir.

3.2.1. Anahtar Fotoğraflarla Karşılaştırma Yöntemi

Hava fotoğraflarından meşcere ağaç serveti tayininde kullanılan en basit yöntemdir. Ağaç serveti bulunmak istenen meşcerenin hava fotoğrafı üzerindeki görüntüsü, daha önce ağaç servetleri yersel yöntemlerle bulunmuş meşcerelerin fotoğrafları (anahtar fotoğraflar = anahtar stereogramlar) ile stereoskopik olarak karşılaştırılır. Ağaç serveti tayin edilmek istenen meşcereye en uygun olan meşcerenin hektardaki ağaç serveti, hacmi istenilen meşcerenin hektardaki ağaç serveti olarak alınır.

Bu yöntemin uygulanabilmesi için stereogramlar halinde ve karşılaştırma meşcerelerini gösteren anahtar fotoğrafların önceden hazırlanması gereklidir. Ağaç serveti tayin edilmek istenen orman bölgesinde ormanlık saha meşcere tiplerine ayrılır. Her meşcere tipinden belirli sayıda örnek alan alınır veya bu meşcere tiplerinden tam saha ölçmesi yapılacak olanlar sınırları ile saptanır. Örnek alanlar veya karşılaştırma meşcereleri hava fotoğrafları üzerinde de işaretlendikten sonra bu örnek alanlarda veya meşcerelerin tamamında bilinen yersel yöntemlerle ağaç serveti tayin edilir, ayrıca meşcere özellikleri de saptanır. Daha sonra bu meşcereleri veya örnek alanları gösteren kısımlar hava fotoğraflarından kesilerek stereoskopik görüşe olanak verecek şekilde bir kartona yapıştırılır. Bu şekilde elde edilen stereogramların altına alt oldukları meşcerenin hektardaki ağaç serveti ve meşcere özellikleri yazılır.

Hava fotoğrafları üzerindeki meşcerelerle anahtar stereogramların karşılaştırılmasında meşcere orta boyu, kapaklılık, ortalama tepe çapı gibi dendrometrik parametreler yanında gri ton, tekstür gibi fotografik parametrelerden de yararlanır. Örneğin hava fotoğrafı üzerinde aynı gri ton profilin planimetrik olarak ölçülen alanları ortalaması aradaki mesfe ile çarpılarak iki profil arasında «meşcere yetişme ortamı hacmi» bulunur. Toplam meşcere yetişme ortamı hacmi de

$$V_1 = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot S$$

$$V_2 = \frac{F_2 + F_3}{2} \cdot S$$

$$V_n = \frac{F_n + F_{n+1}}{2} \cdot S \quad \text{den}$$

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot S + \frac{F_2 + F_3}{2} \cdot S + \dots + \frac{F_n + F_{n+1}}{2} \cdot S$$

$$V = \left(\frac{F_1 + F_{n+1}}{2} + F_2 + F_3 + \dots + F_n \right) \cdot S$$

şeklinde bulunur. Formülde,

F_i = i sayılı profil

S = profiller arası mesafe

V = meşcere yetişme ortamı hacmi

ni ifade etmektedirler. Bu şekilde bulunan «yetişme ortamı hacmi» meşcere sıklık sayısı (f) ile çarpılarak

$$v = f \cdot V$$

meşcere ağaç serveti (v) bulunur. Sıklık sayısı (f) yersel ölçmelerle tayin edilir ve formülden de görüldüğü gibi meşcere ağaç serveti ile meşcere yetişme ortamı arasındaki oranı ifade etmektedir. Ayrıca bu ilişkiden yararlanarak meşcere profillerine dayanan bir meşcere hacim tablosu yapmak da mümkündür. Meşcere profilleri hem meşcere orta boyunu hem de meşcere sıklığını içeren bir değişken olduğundan meşcere ağaç serveti ile meşcere orta boyuna nazaran daha yüksek bir korelasyona sahiptir.

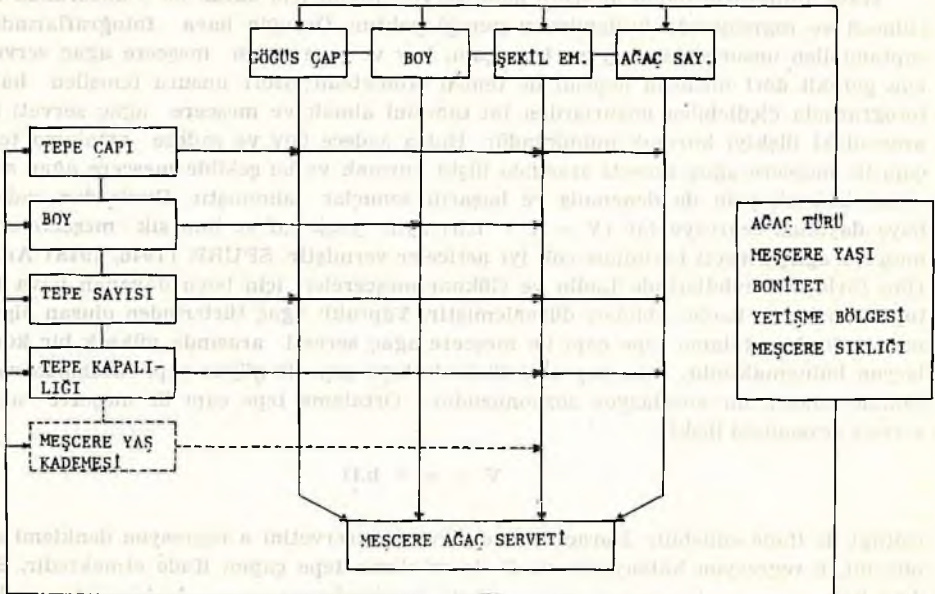
Ayrıca son yıllarda fotogrametrik değerlendirme ve onlara bağlı kayıt aletleri ile elektronik bilgi işleme sistemlerindeki gelişmeler profil ölçmelerini daha pratik bir hale getirmiştir. Profillerin grafik yöntemle çizilmesi yerine, bunların fotogrametrik modelde sayısal olarak ölçülmesi ve ilgili değerlerin sayısal olarak kaydedilmesi ve daha sonra da elektronik bilgi işleme sistemlerinde profil alanlarının otomatik olarak hesaplanması mümkün hale gelmiştir. Bu şekilde işin hem sürati, hem de doğruluğu artırılmış olmaktadır.

Meşcere profilleri yöntemi ile meşcere ağaç serveti bulunması yönteminin diğer yöntemlere göre üstün tarafı, değişik yaşlı meşcerelerde uygulanabilmesidir. Gerek anahtar stereogramlarla karşılaştırma yöntemi, gerekse daha sonra göreceğimiz yöntemler aynı yaşlı meşcereler için geliştirilmişlerdir ve değişik yaşlı meşcerelerde iyi netice vermemektedirler.

3.23 Hava Fotoğraflarında Ölçülen Dendrometrik Değişkenlerle Meşcere Ağaç Serveti Arasında Yapılan Regresyona Dayanan Yöntemler

Hava fotoğrafları üzerinde yukarıda belirtildiği şekilde saptanabilen dendrometrik değişkenlerle meşcere orta ve üst boyu olarak ağaç boyu, tepe sayısı, tepe kapallığı ve meşcere ortalama tepe çapı olarak tepe çapı) meşcere hacmi arasında yapılan regresyonlar ile meşcere ağaç servetinin tayini mümkündür. Bu ilişkiler grafik şekilde, formüller halinde veya tablolar şeklinde gösterilebilir.

Hava fotoğrafları üzerinde saptanabilen ağaç boyu, tepe çapı, ağaç sayısı ve meşcere yaşı ile meşcere ağaç serveti arasındaki ilişkilerin teorik açıklaması da mümkündür. Bu ilişkiler şekil 6 da gösterilmiştir.



Meşcere ağaç servetini yersel olarak bulabilmek için genel olarak ağaç boyu, göğüs çapı, şekli emsali ve ağaç sayısının bilinmesi gereklidir. Bu dört unsura dayanarak meşcere ağaç serveti hesaplanabilir. Bunlardan boy ve ağaç sayısının doğrudan doğruya hava fotoğraflarından belirli bir doğruluk derecesi ile saptanması mümkündür. Tepe çapı ile göğüs çapı arasındaki ilişkiden hava fotoğraflarından bulunabilen tepe çapından göğüs çapına geçmekte aynı şekilde olana. İçindedir. Buna karşılık şekil emsali hava fotoğrafları üzerinden doğrudan doğruya veya dolaylı olarak tespit edilemez. Fakat şekil 6 da da görüldüğü gibi şekil emsali dolaylı yoldan hava fotoğraflarından saptanabilen dendrometrik değerleri etkilemektedir. Bilindiği gibi şekil emsali ağaç türünden başka meşcere yaşı, bonitet, yetiştirme bölgesi, meşcere sıklığı (yani kapalılık derecesi, aralama şekli ve derecesi) gibi faktörlerin etkisi altındadır ve bunlarca belirlenir. Diğer taraftan bu sayılan faktörler hava fotoğrafları üzerinde saptanabilen ve yukarıda belirtilen unsurları doğrudan doğruya veya dolaylı olarak etkilemektedir. Örneğin boy, tepe çapı ve ağaç sayısı ve faktörlerle etkilenmektedir. Tepe çapı ve ağaç sayısının bir fonksiyonu olan tepe kapalılığı da şekil emsalini etkileyen faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Yine şekil emsalini etkileyen önemli bir faktör olan yaş da hava fotoğrafları üzerinde çok kaba olarak da saptanabilmektedir.

Sonuç olarak şekil emsali unsuru kendini etkileyen faktörler kanalı ile hava fotoğrafı üzerinde ölçülebilen dendrometrik değerleri etkilemekte ve diğer bir deyimle şekil emsalindeki herhangi bir değişiklik bu unsurlara da yansımaktadır. Bu suretle meşcere ağaç serveti tayininde gerekli dört unsur boy, göğüs çapı, şekil emsali ve ağaç sayısı, hava fotoğraflarından tespit edilebilen boy, tepe çapı, meşcere kapalılığı, ağaç sayısı ve meşcere yaşı unsurlarında temsil edilmektedirler. Bu nedenle de bu unsurlara dayanarak meşcere ağaç servetine geçiş de mümkün olmalıdır.

Hava fotoğraflarından meşcere ağaç serveti tayini için bütün bu 5 unsurunda ölçülmesi ve regresyonda kullanılması gereği yoktur. Örneğin hava fotoğraflarından saptanabilen unsurlardan boy ve tepe çapı, boy ve tepe sayısı meşcere ağaç serveti için gerekli dört unsurun hepsini de temsil etmektedir. Dört unsuru temsilen hava fotoğrafında ölçülebilen unsurlardan iki tanesini almak ve meşcere ağaç serveti ile arasındaki ilişkiyi kurmak mümkündür. Hatta sadece boy ve sadece ortalama tepe çapı ile meşcere ağaç serveti arasında ilişki kurmak ve bu şekilde meşcere ağaç servetini bulmak yolu da denenmiş ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Bunlardan sadece boya dayanan regresyonlar ($V = a + b.h$) aynı yaşlı saf ve tam sık meşcerelerde meşcere ağaç serveti tayininde çok iyi neticeler vermiştir. SPURR (1946, 1948) Amerika Birleşik Devletlerinde Ladin ve Gökknar meşcereleri için boya dayanan hava fotoğrafı meşcere hacim abloları düzenlemiştir. Yapraklı ağaç türlerinden oluşan olgun meşcerelerde ortalama tepe çapı ile meşcere ağaç serveti arasında yüksek bir korelasyon bulunmaktadır. Zira yapraklı türlerde tepe çapı ile göğüs çapı arasında aynı şekilde yüksek bir korelasyon söz konusudur. Ortalama tepe çapı ile meşcere ağaç serveti arasındaki ilişki

$$V = a + b.D$$

eşitliği ile ifade edilebilir. Burada V meşcere ağaç servetini a regresyon denklemi sabitesini, b regresyon katsayısını ve D de ortalama tepe çapını ifade etmektedir. Sadece boya dayanarak meşcere ağaç serveti hesabında regresyon denkleminin verdiği ağaç serveti normal sıklıktaki meşcereler içindir. Normalin altındaki sıklıkta bir orman meşceresinin ağaç servetini bulmak için meşcerenin sıklık derecesinin bilinme-

si gereklir. Bu durumda meşcere kapalılığından istifade edilebilir. Şayet meşcere kapalılığı hava fotoğrafı üzerinde % 70 olarak saptanmış ise meşcere sıklığını normal sıklığın % 70 i olarak kabul edebiliriz. Regresyon denkleminde veya meşcere hacim tablosundan bulunan ağaç servetinin % 70 ini almamız gerekmektedir. Bu hareket şekli gayet tabii tam doğru bir iş değildir. Fakat yapılan uygulamalarda kabul edilebilir sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür (SPURR, 1960). Fakat hava fotoğrafı meşcere hacim tabloları iki bağımsız değişkene (örneğin boy ve tepe çapı) dayandırılmaktadır. Hava fotoğrafı üzerinde saptanabilen iki unsur ile meşcere ağaç serveti arasında dır. Hava fotoğrafı üzerinde saptanabilen iki unsur ile meşcere ağaç serveti arasında regresyon analizi yapılmaktadır. Matematik olarak bu ilişki

$$V = a + bx_1 + cx_2$$

şeklinde en basit şekilde ifade edilebilir. Burada örneğin x_1 meşcere orta veya üst boyunu, x_2 de ortalama tepe çapını göstermektedir, a, b ve c regresyon denklemi sabite ve katsayılarını ifade etmektedir ve regresyon analizleri ile saptanırlar; GINGDICH ve MEYER (1965) hava fotoğrafı üzerinde ölçtükleri ortalama tepe çapı ve meşcere orta boyuna göre yukarıdaki esaslara göre düzenledikleri hava fotoğrafı meşcere hacim tabloları ile meşcere ağaç servetini \pm % 25 - 29 luk bir orta hata ile bulmuşlardır. Yeterli sayıda temsilci saha alındığında meşcere hacmi bu yöntemle \pm % 10 luk bir orta hata ile bulunmuştur.

Yukarıda verilmiş olan formüle göre meşcere ağaç servetini bulmak üzere meşcere orta (veya üst) boyu ve ortalama tepe çapı yerine, hava fotoğrafı üzerinde saptanabilen tepe sayısı ve meşcere yaşı da alınabilir. TANDON (1973 b, 1974) Federal Almanya'da hava fotoğrafı üzerinde saptanabilen ağaç sayısı ile meşcere ağaç serveti arasında yüksek bir korelasyon bulunmuştur. Hava fotoğrafından saptanan ağaç sayısı ve fotoğrafından tahmin edilen meşcere yaş kademesi ile meşcere ağaç serveti arasında yapılan regresyon analizlerinde 0.9 un üzerinde korelasyon katsayısına ulaşılmıştır.

Söz konusu araştırmada hava fotoğrafından saptanabilen ağaç sayısı (x_1) ve yine hava fotoğrafından tahmin edilen meşcere yaş kademesi (x_2) ile meşcere ağaç serveti (Y) arasında yapılan regresyon analizlerinde

$$\text{Yapraklı meşcerelerde } Y = -126,0137 + 0.0324 x_1 x_2 - 0.0049 x_2^2$$

$$\text{İbrelili meşcerelerde de } Y = 614.943 - 4.277 x_2 - 6.395 x_1 + 0.0067 x_1 x_2$$

eşitlikleri en iyi sonuçları vermiştir.

Diğer taraftan meşcere ağaçservetinin hava fotoğraflarından ölçülebilen veya tahmin edilebilen üç dendrometrik değere dayanarak bulunması da söz konusudur. Yani boy, tepe kapalılığı veya ağaç sayısı, meşcere yaşından başka ortalama çapını da regresyon analizine dahil ederek meşcere ağaç servetine geçilmektedir. Amerika Birleşik Devletlerinde boy, tepe kapalılığı ve ortalama tepe çapına 'MOESSNER, 1957), boy, tepe kapalılığı ve ağaç sayısına (WILLINGHAM, 1957) dayandırılarak yapılan dır. Fakat burada üçüncü bir demokratik değer bağımsız değişken olarak regresyon analizleri ile düzenlenen meşcere hacim tablolarıyla iyi sonuçlar alınmış-regresyon analizine dahil edilmesiyle daha iyi sonuçlar alınmadığı, hatta bazı durumlarda daha kötü sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Zira yukarıda da belirtildiği gibi

gerek tepe çapı, gerekse ağaç sayısı tepe kapalılığı ile doğrudan doğruya ilişkilidir. Birbiri ile ilişkil katsayısının yükselememesi beklenen bir durumdur.

Karışık ve değişik yaşlı meşcerelerde meşcere ağaç servetine geçmeden önce meşcerenin ana komponentlerine bölünmesi ve bu komponentlerin her biri için ağaç servetinin bulunması gerekmektedir. Örneğin meşcere ağaç serveti bir ibrelli-yapraklı karışık meşceresinde boy ve ortalama tepe çapına göre düzenlenmiş meşcere hacim tablolarına göre bulunacak ise meşcerenin önce ibrelli, yapraklı, boy ve ortalama tepe çapına göre

Ibrelli,	(25 m orta boy, 6.0 m ortalama tepe çapı)	% 20
Ibrelli	(15 m > , 3.0 m > » >)	% 30
Yapraklı	(15 m > , 4.0 m > » >)	% 40
Meşcere boşluğu	-----	% 10

komponentlerine bölünmesi gereklidir. Bundan sonra her komponent için ağaç serveti, katılma yüzdeleri de gözönüne alınarak hesaplanır.

3.24. Meşcere Hasılat Tabloları Yöntemleri

Hava fotoğrafları yardımıyla meşcere ağaç servetinin bulunmasında yersel yöntemlerle hazırlanmış hasılat tablolarından da yararlanılabilir. Bu yöntem sadece aynı yaşlı meşcerelerde uygulanabilir. Bilindiği gibi hasılat tabloları ağaç türleri için, bonitet, yaş ve meşcere orta boyuna göre meşcere ağaç servetini vermektedir. Hava fotoğrafları üzerinde meşcere orta boyu ölçülerek, ağaç sayısı da sayılarak saptanabilir. Yalnız hava fotoğrafında sayılarak bulunan ağaç sayısından, gerçek ağaç sayısını hesaplamak gereklidir. Yukarıda da belirtildiği gibi hava fotoğrafından saptanan ağaç sayısından daima daha az olmaktadır. Fakat bu iki ağaç sayısından birisinden diğerini hesaplamak da mümkündür. Hasılat tablolarındaki ağaç sayısı gerçek ağaç sayısı olduğundan, hava fotoğrafı üzerinde bulunan ağaç sayısından gerçek ağaç sayısına geçmek zorunludur. Meşcere yaşı da ya doğrudan doğruya meşcere veya daha kaba bir şekilde hava fotoğrafları üzerinde tespit edilebilir. Yaş ve meşcere orta boyuna dayanarak meşcerenin boniteti saptanır. Bonitet ve yaşa dayanarak da meşcere ağaç serveti hasılat tablosunda okunur. Bulunan bu meşcere ağaç serveti normal sıklıktaki bir meşcere içindir. Meşcerenin kendi ağaç servetini bulmak için hasılat tablosundan alınan değerlerin meşcere sıklık derecesi ile çarpılması gerekir. Hava fotoğrafı üzerinde bulunan ve gerçek değere dönüştürülen ağaç sayısının, hasılat tablosunda o meşcere için verilen ağaç sayısına oranı meşcere sıklık derecesi olarak alınır.

KAYNAKLAR

AKÇA, A., 1973. *Baumhöhenmessung mit einem Stereoauswertegerät II. Ordnung. Proceedings Symposium IUFRO s. 6.05 Freiburg, s. 179 - 185.*

AKÇA, A., G. HILDEBRANDT. *Baumhöhenbestimmung aus Luftbildern durch.*
P. REICHERT, 1971. *Einfache Paralaxenmessung. Forstwissenschaftliches Centralblatt, H. 3, s. 201 - 215.*

AKÇA, A., HILDEBRANDT G., REICHERT, P. 1972. Hava fotoğraflarından ba-
sit paralaks ölçme yoluyla ağaç boyu tespiti.

AKÇA, A., HILDEBRANDT, G., İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt XXII, Sa-
yı 2, Sayfa 232 - 254.

ALDRED, A.H., L. SAYN — WITTGENSTEIN, 1972. Tree diameters and volumes
from Large - scale aerial photographs Forest Management Institute. Information report
FMR - X - 40, 39 sayfa.

BONNOR, G.M., 1964 a. A Tree volume table for red pine by crown width and height
Forest. Chron. 40 (3) a. 339 - 346.

BONNOR, G.M., 1964 b. Tree volume table for black spruce by crown width and height
Can. Dep. Forest., Forest. Res. Br. Mimeo 64 - H - 10.

BRUN, R., 1972. A new stereotope - digitizer system for measuring and processing tree
data from large - scale aerial photographs. Forest Management Institute, Information
Report FMR - X - 41, 1972, 35 s.

GINGRICH, S.F. and MEYER, H.A. 1965. onstruction of an aerial stand volume table
for Uuland Oak For. Sci., s. 140 - 147.

GORDEEV, P.V., 1954. Untersuchungen künstiger Rohholzbasen mit Hilfe axonomet-
rischer Luftbildaufnahmen Lesn. Promyslennost, H. 14, s. 4 - 9

HILDEBRANDT, G., 1969. Ermittlung von Stammdurchmesservertelungen in Buchen-
beständen durch Luftbildinterpretation. Bildm. und Luftbildw. Heft 2, s. 48 - 54.

HUGERSHOFF, R. 1933. Die photogrammetrische Vorratsermittlung Parley Verlag,
Berlin, Thar. Forstl. Jahrbuch s. 159 - 166.

KAHLEYS, D., G. KELLER, 1968. Untersuchungen zur Ermittlung holzmesskundlicher
Daten aus Luftbildern bei Holzart Fichte Arch. Forstwes., Bd. 17, s. 369 - 380.

KIPPEN, F.W. and L. SAYN - WITTGENSTEIN, 1964. Tree measurements on large-
scale, vertical, 70 mm air photographs Dep. Forest., Can. Dep. Publ. No. 1053.

KLIER, G., 1970. Aerophotometrische Messungen an Einzelbäumen bei der Holzart
Fichte Arch. Forstwesen, Bd. 19, H. 5, s. 543 - 553.

LOETSCH, F., HALLER, E., 1964. Forest Inventory Vol. 1, Bayr. Landw. Verl. Münc-
hen, 436 s.

MOESSNER, K.E., 1957. Preliminary aerial volume tables for conifer stands in Rocky
Mountains U.S. For. Serv. Intermt. For. Range Exp. Sta., Res. Pap. Nr. 41, s. 17:

NEUMANN, CH., 1933. Beitrag zur Vorratsermittlung aus Luftbildern Diss. Th Dresden
und zeitschrift für Weltforstwirt, s. 147 - 158, 195 - 233.

SCHWIDEFSKY, K., 1963. Grundriss der Photogrammetrie Stuttgart.

SPURR, S.H., 1946. Volume tables for the use with aerial photographs. Harvard Fo-
rest, Petersham, Mass. 4 s.

SPURR, S.H., 1960. Photogrammetry and Photointerpretation The Ronald Press Comp.,
New York.

STELLINGWERF, D.A., 1967. Volume assessment through serial photographs in a forest area in Belgium *Photogrammetria*, s. 161 - 169.

TANDON, M.N. 1973 a. Stammzahl auf dem Luftbild - Eine systematische Analyse *Proceedings Symposium IUFRO s 6.05 Freiburg*, s. 187 - 208.

TANDON, M.N., 1973 b. Stammanzahl auf dem Luftbild als eine Variable für die Bestandsermittlung *Proceedings Symposium IUFRO*, s. 6.05 Freiburg, s. 209 - 228.

TANDON, M.N., 1974. Untersuchungen zur Stammzahlermittlung auf Luftbildern und darauf aufbauender Holzvorratsbestimmung. *Dissertation Freiburg*, 271 s.

WILLINGHAM, J.W., 1957. The indirect determination of forest stand variables from vertical aerial photographs *Photogrammetric Engineering*, Vol. XXIII, s. 892 - 893.

WORLEY, D.P., H.A. MEYER, 1955. Measurements of crown diameter and crown cover and their accuracy for 1: 12 000 photographs. *Photogrammetric Engineering* s. 372-375.

ZIEGER, E., 1928. Ermittlung von Bestandesmassen aus Flugbildern mit Hilfe des Hagershoff - Heydeschen Autokartographen *Mitt. aus der Sächs. forstl. Versuchsanstalt Tharandt Nr. 3*, s. 97 - 127.

ZSILINSZKY, V.G., 1966. *Photographic interpretation of tree species in Ontario Department of Lands and Forests, Ontario.*