

AĞAÇ BOYUNUN ve ÇEŞİTLİ YÜKSEKLİKLERDEKİ ÇAPLARIN ÖLÇÜLMESİ¹

Yazan :
Marshall D. ASHLEY
Robert E. RAGER
Purdue Üniversitesi
Lafayette, Indiana

Çeviren :
Doç. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU

Ormanlıkta ağaçların boylarını ve gövdelerin çeşitli yüksekliklerdeki çaplarını ölçebilmenin büyük önemi vardır. Bu ölçülere dayanılarak ağaç gövdelerinin şekilleri, hacimleri ve hacim artış miktarları hesaplanabilir. Gövde çapı en aşağıdan başlanılarak ve eşit aralıklı olarak gövdenin ekonomik bakımdan bir kıymet ifade eden ucuna kadar ölçülür. Aşağıdaki yazıda, bu ölçmelerin yapılabilmesi için ötedenberi uygulanan, klâsik metodlar incelenmiş ve fotogrametri tekniği ile karşılaştırılmıştır. Yazıda boyutları 35 mm. olan ve yerden çekilen bir tek fotoğraf sayesinde ağaç boyunun ve çeşitli kademelerdeki gövde çapının nasıl elde edildiği açıklanmıştır. Bu metodun uygulanmasında kullanılan fotoğraf makinesi özel bir çerçeve yardımıyla ağaca bağlanmaktadır. Böylelikle hem pratik, hem ekonomik, hem de sıhhatli bir sonuç elde edilmektedir. Teklif edilen fotogrametrik metodun avantajları da yazının sonunda ayrıca belirtilmiştir.

GİRİŞ

Ormanlıkta ağaçların boylarını ve gövdelerin çeşitli yüksekliklerdeki çaplarını bilmenin büyük önemi vardır. Bu ölçüler sayesinde gövde şekilleri, hacimler ve hacim artış miktarları hesaplanabilmektedir. Ağaç gövdesinin en yukardaki ucuna yerden ulaşmak mümkün değildir, bu sebeple de gövde boyunu ve uç çapını direkt olarak ölçmek imkânı yoktur : Çap ölçme işine genel olarak gövdenin en alt kısmından başlanılır ve 4'er feet (1,20 m.) aralıkla ölçülür, gövdenin ekonomik ba-

1) «Photogrammetric Engineering» dergisinin şubat 1969 tarihli sayısında yayınlanmıştır.

kimden kıymet ifade eden son kısmına kadar devam edilir; gövdenin yukarı kısmındaki çapların sıhhatli bir şekilde ölçülmesi, gövde hacim tablolarının yapılabilmesi için zaruridir. Gövdeleri kalitelerine göre sınıflara ayırmak için, her kalitede birkaç deneme ağacı alınır ve bunlar sıhhatli bir şekilde ölçülerek her kademenin orta ağacının özellikleri elde edilir. Bu ağaçların silvikültürel özellikleri de ayrıca incelenir ve belirtilir.

Ağaç gövdelerindeki hacim artışı ve kıymet artışı, periyodik olarak envanter çalışmaları yapılması zaruretini ortaya koymaktadır. Yapılan envanter çalışmalarında, mevcut şartlara en çok uyan, en sıhhatli ve en ekonomik sonucu sağlayan metodun araştırılıp bulunması ve uygulanması gerekir. Kesim çağına gelmiş bir ağacın bedeli 300 dolardan daha fazla edebilir. Bu ağacın gövdesinin hacmini sıhhatli bir şekilde bulabilmek ve hangi kalite sınıfına gireceğini hatasız bir şekilde kararlaştırabilmek için, yüksek kısımlarındaki çapları ölçmek zarureti vardır.

Ağaç işleyen endüstri kolları ve araştırma istasyonları, ağaçların karakterlerinde, hacimlerinde ve şekillerinde zamanla meydana gelen değişiklikleri tespit etmek için birçok çalışmalar yapmaktadırlar. Ağaç işleyen endüstri kolları, kendilerine ait ormanlarda deneme alanları almıştır. Her yıl sonunda binlerce lira harcıyarak, deneme alanlarındaki ağaçları itinalı bir şekilde ölçmektedirler. Bu deneme alanlarının içerisinde bulunan ağaçların herbirinin bütün özellikleri tespit edilmiştir, boyları ve çeşitli yüksekliklerdeki çapları her periyot sonunda ölçülmektedir. Periyot süreleri çok çeşitli şekillerde alınmaktadır. Genellikle 5 yıldır.

Eskidenberi uygulanan metodlar

Gövdenin boyu ve çeşitli yüksekliklerdeki çaplar, direkt veyahut indirekt şekillerde ölçülebilir. İndirekt metodlar, direkt metodlara kıyasla daha zor ve çeşitli âletlerin kullanılmasına ihtiyaç gösteren metodlardır. Böyle olmalarına rağmen çok geniş çapta kullanılmaktadırlar.

Doğrudan Doğruya (direkt) ölçme

Ağaç gövdesinin çeşitli yüksekliklerdeki çaplarını doğrudan doğruya ölçmek isteyen kimse, ağaca tırmanır ve arzu ettiği yüksekliklerdeki çapların doğrudan doğruya ölçer. Çap ölçmede genellikle özel çelik

metreler² ve kumpaslar kullanılır. Gövde boyunu ölçmek için de tepeden yere kadar bir şakul sarkıtılır ve şakulun boyu ölçülür. Ağaçlara çıkmak için ayağa takılarak kullanılan demir kancalar, merdivenler ve İsveçlilerin geliştirdiği ağaçlara tırmanma âleti, bu işlerde başarı ile kullanılan âletlerin en yaygın olanlarıdır. Boy ve çapları direkt olarak ölçmenin bir çok güçlükleri ve tehlikeleri vardır, bu sebeple pek arzu edilmez. Ayağa takılarak ağaca tırmanmayı sağlayan demir kancalar, ağacın kambiyamunu yaralarlar, bu bakımdan kullanılmaları zararlıdır. Ayağa takılarak ağaç tırmanmayı sağlayan demir kancaların meydana getirdiği diğer bir önemli zarar da şudur : Bir insan bir günde bir kaç ağaca tırmanacak olursa, gözü kararmakta ve başı dönmektedir. Bu durum can kaybı ile sonuçlanan kazalara sebep olmaktadır. Ayrıca çok uzun boylu veyahut dalları çok aşağı kısımlardan başlayan ağaçlar ile gövdeleri çok kalın ağaçların çeşitli yüksekliklerdeki çaplarını doğrudan doğruya ölçmek çok zor olmaktadır.

Dolaylı Şekilde Ölçme

Dolaylı ölçme bir kaç âletin birleştirilerek, bir kombine âlet meydana getirmesile mümkün olmaktadır. Bu sınıfa giren âletlerin hepsi, yerde kullanılmaktadır. Hipsometre kategorisine sokulabilirler. Bunlar ağaç gövdelerinin çaplarını, boylarını ölçen diğer dendrometri âletleri gibi, Pratik âletlerdir. Dendrometri âletleri genellikle yalnız çap ölçmeye yararmaktadırlar, az bir kısmı da hem çapın hem de ağaç boyunun ölçülmesini sağlamaktadır. Aşağıda ikinci grup âletler incelenmiştir.

Dendrometri âletlerle Hipsometrenin kombinasyonu : Gövdelerin çeşitli yüksekliklerdeki çaplarını ve boylarını ölçmeye yarayan âletler, genellikle teodolitlerdir. Liljenstram'un ölçüleri, optik kumpaslar (Vertikal yay ve optik kama), Abney'in eğim ölçüleri, üzerinde 2 dürbünü bulunan demir çubuk ve basit fotoğraf makinesi hem çapı hem de boyu ölçmeye yarayan âletlerin en çok bilinenleridir.

Spiegel - Relaskopu ağaç gövdelerinin hem çapını hem de boyunu ölçmeye yarayan âlettir, objektifinden çıkan ve ağacın çeşitli noktalarına giden ışınların eğiminden faydalanarak çalışır, gördüğü manzarayı büyütmez. Ölçmelerden sonuç alabilmek için âletle ağaç arasındaki yatay mesafenin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu âletle arazide yapılan

2) Amerika Birleşik Devletleri'nde tomrukların veyahut ağaçların çaplarını ölçmek için özel çelik metreler vardır. Bunlar gövdenin çevresine sarılır, bir yüzü çevre uzunluğunu diğer yüzü bu çevreye ait çapı gösterir.

çeşitli çalışmalardan edinilen kanaate göre : Çap ölçmelerinde bir inch (2,54 sm) den daha fazla bir sıhhat ümit edilmemelidir. Ağaç tam düşey olmayıp, biraz eğri olacak olsa, boy ve çap ölçmelerinin her ikisi de yanlış sonuç vermektedir. Bouchan, kumpas kullanmadan, diğer âletlerden faydalanarak gövdelerin çaplarını ölçtü ve elde ettiği sonuçların % 5 - 10 oranında hatalı olduğunu gördü. Kumpas kullanarak yaptığı çap ölçmelerinde ise, hata oranı % 1 den ibaret çıktı.

(Liljenstorm'un ağaç ölçeri), dürbünlü bir âlettir, oküllerinin içinde ölçme yapmaya yarayan bir çok çizgiler vardır. Âletin üzerinde biri düşey, diğeri yatay duran iki daire kavsi bulunmaktadır. Teodolitlerde olduğu gibi, bu âlette de dürbün içerisindeki çizgilerden faydalanmak suretile, rasat yapılan ağaca ait çeşitli boyutları elde etmek mümkün olmaktadır.

Winters, arazide yapmış olduğu denemelerden aşağıdaki sonuçları çıkartmıştır.

1 — Çap ve boy ölçmelerine ait hatalar, ağaç boyuna bağlı olarak artmaktadır.

2 — Âlet fazla sıhhatli ölçmelerin yapılmasını sağlayamadığı gibi, aynı boyutun bir kaç defa ölçülmesine de imkân vermemektedir.

3 — Rüzgâr etkisile ağacın eğrilmesi gövdenin yüksek kısımlarındaki çapların çok hatalı ölçülmesine sebep olmaktadır.

4 — Genel olarak çaplar % 10 hata ile, ağaç boyları ise % 3 hata ile ölçülebilmektedir.

Ölçme esnasında yatay tutulması gereken ölçü âletleri, genellikle tam manasile yatay tutulamamaktadır. Düşey olması gereken ağaç gövdeleri de genel olarak düşey durmamaktadırlar.

Teodolitle düşey ve yatay açılar sıhhatli bir şekilde ölçülebilmektedir. Leary, ağaç gövdelerinin çeşitli yüksekliklerdeki çaplarını teodolit yardımıyla ölçtü ve dört değişik yükseklikteki çaplara ait standard ayrılışları hesapladı, $\pm 0,177$ inch ($\pm 4,5$ mm) olarak buldu. Büyük gövdeli ve bozuk şekilli gövdeler ile eğilmiş ağaçlarda standard ayrılış çapı daha büyük çıkmaktadır. Çok dallanmış veyahut üzerinde fazla miktarda yaprak bulunan ağaçlarda da çapa ait standard ayrılış büyük çıkmaktadır. Leary'nin de belirttiği gibi ağacın eğrilmesi, çap ölçmede sıhhatin azalmasına sebep olmaktadır.

Optik kama (prizma), Abney eğim ölçüleri veyahut diğer çeşitli eğim ölçerler, fiyatlarının düşük olmasına rağmen oldukça sıhhatli so-

nuç vermektedirler. Miller, optik kama ile, Abney eğim ölçülerini birleştirerek yeni bir âlet meydana getirmiştir. Bu kombine âletle çapları daha kolay ölçmüştür. Ağaç yüksekliğinin ölçülebilmesi için, âletle ağaç arasındaki yatay mesafenin bilinmesi zaruridir. Miller, ideal şartlar altında gövde çapının ancak $\pm 0,2$ inch ($\pm 5,1$ mm) hata ile ölçülebileceğini bildirmektedir. Ağacın eğilmesi, boyunun hatalı ölçülmesine sebep olur. Fakat aşağıda belirtilen şartlar yerine getirildiği takdirde, ağacın eğilmesi çeşitli yükseklikteki çaplarının hatalı ölçülmesine sebep olmaz.

Optik kama (Prizma) evvela mümkün olduğu kadar göze yakın tutulmalı, sonra gözden uzaklaştırılarak çapı ölçülecek ağaca doğru yaklaştırılmalı. Prizmanın hareketi, ağaç eksenine paralel olacak şekilde yapılmalıdır.

Optik kumpas ile eğim ölçerin birleştirilmesinden meydana gelen âlet, optik kumpası ile çapları, eğim ölçeri ile de yükseklikleri ölçülebilmektedir. Bu âlet henüz herhangi bir fabrika tarafından yapılarak piyasaya çıkarılmış değildir. Kumpas, ikiz kenar üçgen prensibinden faydalanarak çap ölçen âletlere kıyasla bir avantaja sahip bulunmaktadır. İkiz kenar üçgen prensibine dayanan âletler, ölçülmesi gereken çapı ölçmezler, âletten çıkan ve gövdeye Teğet olarak giden iki ışının değme noktaları arasındaki mesafeyi ölçerler. Ölçülen bu mesafeye (aldatıcı çap) veyahut (görünen çap) denilir. Görünen çap ölçülmesi gereken hakiki çapa paraleldir (Şekil No : 2). Görünen çapı ölçen âletlerin buldukları değerler daima hakiki çaptan daha küçük olmaktadır. Ağaç



Şekil No : 1.

Ağaç boyunun ölçülmesinde, gövde eğikliğinin veyahut rüzgâr etkisile husule gelen sallanmanın meydana getirdiği hatayı belirten şekil.

eğilmesinin, çap ölçülmesine bir etkisi olmamaktadır. Ölçülen çapların büyüklüğü, kullanılan prizmanın görebilme uzunluğu ile sınırlı bulunmaktadır. Wheeler % 95 sıhhatli bir sonuç elde etmek gayesile, üzerin-

de çalıştığı 10 deneme ağacında ölçmüş bulunduğu çapları 0,5 inch'lik kademelere ayırmıştır. Ağaçlardan belirli uzaklıklara kurmuş olduğu ayaklı eğim ölçerlerle eğim açısını ölçmüş, buna dayanarak da ağaç yüksekliklerini hesaplamıştır. Ağaçla âlet arasındaki yatay mesafenin sıhhatli ölçülmesi ve ağacın düşeyliği, ağaç boyunun sıhhatli bulunmasını etkilemiştir.

Barr ve Straud'un yapmış oldukları (Ağaç ölçerler), şekil bakımından mesafe ölçen âletlere benzemektedirler. Baktıkları objeyi birkaç misli büyütürler, eğim ölçerler ve eğime dayanarak yüksekliğin hesaplanmasını sağlarlar. Jeffer'in âleti çok sağlam bir prensibe dayanmaktadır. Jeffer arazide 408 ağacın çap ve boylarını ölçmüş, vardığı sonuçları bir rapor halinde yayınlamıştır. Laboratuvar şartlarında yapmış olduğu çalışmalar sonunda 1,5 - 10,0 inch (3,8 - 25,4 sm.) büyüklüğündeki çapların $\pm 0,1$ inch ($\pm 0,254$ sm.) orta hata ile, 10,0 - 30,0 inch (25,4 - 76,2 sm.) büyüklüğündeki çapların ise $\% \pm 1$ orta hata ile bulunduğunu ortaya koymuştur. Arazide yapılan ölçmelerde, çapların $\% 95$ inin $\pm 0,6$ inch ($\pm 1,52$ sm.) den daha küçük hata ile, boyların $\% 95$ inin $\pm 1,0$ feet (30,5 sm.) den daha küçük hata ile bulunduğunu tespit etmiştir. Ağaçların boy kademelerine ayrılmasında, $\% 95$ inde ± 2 feet (61 sm.) den daha küçük hata yapıldığı görülmüştür. Jeffers (ölçmelerde herhangi bir engel ile karşılaşıldığı takdirde, yukarıda verilen orta hataların 3 katlarına çıktığını) bildirmektedir. Bruse ve Grosenbaugh'un yapmış oldukları araştırmalar sonunda buldukları orta hatalar, yukarıda verilen değerlere yakın bulunmaktadır. Barr ve Straud'un yapmış oldukları âletlerin fiyatları 2900 dolar civarındadır. Teodolit bedeli hesaba katılmazsa, diğer metodlarda kullanılan âletlerin fiyatları 1500 dolardan daha azdır.

Gövdelerin yüksek kısımlarının çaplarının ölçülmesinde, sehpa üzerine kurulan küçük fotoğraf makinelerinden faydalandığı takdirde sıhhatli değerler elde etmek mümkün olmaktadır. Marsh'in âleti ile fotoğraf makinesi birlikte kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. Sonunda : gövdelerin düşey durmamasından dolayı çapların $\pm 2,5$ inch ($\pm 6,3$ sm.) hatalı, fotoğraf makinesinin optik ekseninin yatay tutulmaması sebebiyle de $\pm 0,8$ inch ($\pm 2,0$ sm.) hatalı ölçüldüğü tespit edilmiştir. Aynı araştırmada elde edilen diğer bir sonuca göre : Çekilen fotoğrafların $\% 17$ sinde fotoğraf makinesinin optik ekseninin yatay tutulması mümkün olmamıştır. Tabiatile bir ağacın fotoğrafını çekebilmek için, fotoğraf makinesini ağaçtan uzak bir yere kurmak gereklidir. Grasenbaugh fotoğraf makinesile çalışmanın zaman alıcı, pahalı ve sıhatsız bir metod olduğunu iddia etmektedir.

Fotoğraf makinesinden faydalanılmayan metodlar, herkes tarafından bilinen, basit yapıları âletler kullanılarak uygulanan metodlardır.

Fotogrametrinin uygulanması

Ağaç gövdelerinin çaplarını ve boylarını bulmak için, havadan çekirinin hiç birinde, fotogrametriden bahsedilmemektedir. Çünkü fotogrametrinin pahalı, az sıhhatli ve karışık bir metod olduğu kabul edilmiştir. Bu iddia yeteri kadar incelenmiş değildir. Makalemizin gayesi fotogrametri metodlarındaki gelişmeleri açıklayarak, yeri kadar sıhhatin sağlandığını, pratik ve ekonomik yolların bulunduğunu belirtmektir. Arzu edilen sıhhatte bir sonuç elde edebilmek için, fotogrametri âletlerinde ve metodlarında, sıhhat arttırmaya yarıyacak herhangi bir değişikliğin yapılacağı asla düşünülmemelidir. Diğer fotogrametri işlerinde kullanılan, âletlere pek az bir kısım ilâve ederek ve basit fotogrametri problemlerinin çözümünde kullanılan metodlardan yararlanarak çap ve boyu bulmak mümkün olmaktadır.

Ağaç gövdelerinin çaplarını ve boylarını bulmak için, havadan çekilen fotoğrafları kullanan metodlardan faydalanılamaz. Çünkü havadan fotoğraf çekmek pahalı bir iştir. Ayrıca bu fotoğraflar üzerinde ağaç gövdeleri görülemez. Bu sebeple uygulanabilecek metodların hepsi, yerden fotoğraf çekilerek uygulanan metodlardır.

Stereoskopik Metodlar

Bu konuda hatıra ilk gelecek metod, aralarındaki mesafe (baz mesafesi) sabit olan iki adet fotoğraf makinesi kullanmaktır. Her ağaç için iki fotoğraf çekmek, bir fotoğraf, çekmeye kıyasla daha masraflı ve daha çok zaman alıcı bir iştir. Fotoğraf makinelerinin oldukça pahalı olduğunu göz önünde bulundurmak gerekir. Ağacın eğikliği yahut rüzgârla sallanması, bulunacak sonuç değerlerini etkilememektedir. Bunlar için ayrıca bir orantı hesabı yapmaya lüzum yoktur. Anlatacağımız metodun sıhhat derecesi, bugün tatbikatta kullanılan metodların sağladıkları sıhhat derecelerinden daha düşük değildir. Fakat noktaların koordinatlarını ölçen, oldukça pahalı âletler kullanılarak, analitik çözüm yapılmak istenilirse veyahut fotoğraftaki şekilleri kâğıt üzerine geçirmeye yarıyan Restitüsyon âletleri kullanılacak olursa, yukarıdaki hükümler değişir. Analitik çözüm yolu çok basittir. Basit bir hesap makinesile yapılabilir, tabiatile elektronik hesap makinesi (Computer) kullanılırsa daha kolay olur.

Maliyeti düşürmek gayesile, 2 fotoğraf makinesi yerine bir fotoğraf makinesile de stereoskopik metod uygulanabilir. Bunun için uzunca bir demir yatay olarak tutulur, fotoğraf makinesi evvelâ bir ucuna monte edilir fotoğraf çekilir, sonra diğer uca monte edilir ve ikinci fotoğraf çekilir. Fotoğraflar çekilirken, film düzlemleri birbirine paralel olursa bir çok kolaylıklar sağlanır, paralel olmazlarsa, fotoğraf üzerindeki noktaların ne kadar yer değiştirdiklerini bulmak mümkündür. Bu imkândan faydalanarak, fotoğrafların gösterdikleri manzaraların ortak kısmının büyük olması sağlanabilir. Film düzlemlerini birbirine paralel yapmadan fotoğraf çekmek, sonra da fotoğraf üzerindeki noktaların, paralelliğin sağlanmaması nedeniyle ne kadar yer değiştirdiğini hesaplamak arzu edilen bir yol değildir. Çünkü sıhhatin düşmesine sebep olur. Analitik çözüm yolu da çok karışık bir şekil alır. İki fotoğrafın çekilişleri arasındaki zamanda ağaç rüzgâr etkisile eğilirse, bu da sonucu etkileyen bir faktör olmaktadır.

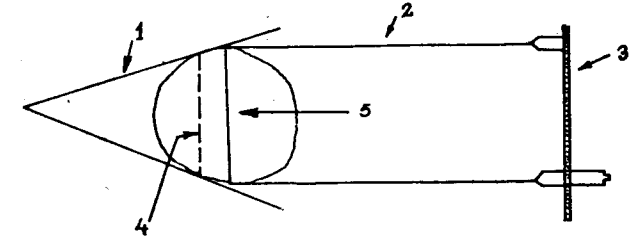
Eğer fotoğraf makinesi ağaca çok yaklaştırılmak istenirse, yüksek kısımların fotoğrafa girmesini sağlamak için objektiften geçen eksenin (optik eksen) yatayla yaptığı açıyı arttırmak gerekir. Bu durumda, makinenin hangi mesafeler arasındaki objelerin resimlerini net çektiğini hesaba katmak gerekir.

Tek fotoğrafa dayanan metodlar

Stereoskopik metodlarda karşılaşılan en büyük güçlük kullanılan âletlerin pahalı olması ve fotoğrafların pozisyon değiştirmesi halinde, üzerlerindeki noktaların ne kadar yer değiştireceklerinin hesaplanmasıdır. Bu sebeplerden dolayı tek fotoğrafa dayanan metodların stereoskopik metodlara kıyasla daha ucuz ve daha sade olduğu kabul edilir. Tek fotoğrafa dayanan metodlarda, karşılaşılan en büyük problem, yer ter derecede sıhhatin elde edilip edilmediğinin araştırılmasıdır.

Eğer fotoğraf makinesi ağaçtan belirli bir uzaklığa kurulur ve objektifin optik ekseni yatay tutularak fotoğraf çekilecek olursa, ağaca ait boyutlarla, fotoğraf üzerinde ölçülen boyutlar arasında basit bir orantı kurmak ve bu orantıdan faydalanarak ağaca ait bir çok boyutları hesaplamak mümkün olur. Uzunluğu bilinen bir sırnak, ağacın gövdesine bağlanır ve fotoğrafı çekilirse, objektifin odak mesafesini ve fotoğraf makinesi ile ağaç arasındaki mesafeyi kullanmadan, fotoğrafın ölçeğini bulmak mümkündür. Burada objektifin optik ekseni yatay tutulduğu için ağaç gövdesine dik olduğu kabul edilmektedir. Ağacın eğik olması, tabiatile ölçmelerin sıhhatini azaltacaktır (Şekil : 1). Aynı şe-

kilde objektifin optik eksenin yatay olmaması da ölçmelerin sıhhatini azaltır. Ağacın tamamının fotoğrafta görülmesini sağlamak için makineyi ağaçtan bir hayli uzağa kurmak gerekmektedir. Yalnız objektifi çok geniş açılı mercekten yapılmış fotoğraf makinesi kullanılırsa,



Şekil No : 2.

Optik kumpasla ve bir (ağaç ölçer) ile bir çapın ölçülüşü. Optik kumpastan çıkan ışınlar (2) birbirine paraleldir, aralarındaki mesafe çapı (5) vermektedir. (Ağaç ölçer) den çıkan ışınlar (1), bir ikizkenar üçgen meydana getirmektedirler. Üçgenin tabanı (4) çap kabul edilir, fakat çaptan küçüktür.

Şekildeki numaralar aşağıda açıklanmıştır.

- 1 — Ağaç ölçerden çıkan ışınlar
- 2 — Optik kumpastan çıkan ışınlar
- 3 — Optik kumpas, yatay duran bir mile dik iki dürbün, mil üzerinde çapı ölçmeye yarayan çizgiler vardır.
- 4 — Ağaç ölçerle ölçülen (sahte çap).

fazla uzaklaşmadan ağacın tamamının fotoğrafı çekilebilir. Ağaçtan fazla uzaklaşılarak fotoğraf çekildiği takdirde, yapılacak ölçmelerin sıhhati gene düşer. Uzaktan çekilen fotoğraf üzerinde noktaların tanınması çok güç olmaktadır.

Eğer objektifin optik ekseni yatay tutulmayıp, yukarıya doğru kaldırılacak olursa, makine ile ağaç arasındaki mesafe arttırılmadan, objektifin görüş alanının büyümesi sağlanmış olur. Fakat bu durumda yukarıda bahsedilen basit orantıyı kullanmaya imkân yoktur, çünkü film düzlemi ağaç gövdesine yapalel değildir. Eğik olarak çekilen fotoğraf üzerindeki boyutlara dayanarak, ağacın boyutlarını hesaplayabilmek için çeşitli metodlar vardır. Bu metodları analitik metodlar, grafik metodlar ve âlet kullanılarak yapılan metodlar şeklinde üç gruba ayırmak mümkündür. Âlet kullanılarak uygulanan metodlar çok çeşitli âletler yardımıyla yapılır. Bu âletler, eğik skeçmaster veyahut diğer basit rektifiye âletleridir. Bu işte kullanılacak basit rektifiye âletlerinin çok çeşitleri vardır. Bunlardan birisini satın almak veyahut her-

hangi bir marangoza yaptırmak mümkündür. Eğik skeçmasterler basit ve ucuz âletlerdir. Bunlar sayesinde fotoğraf üzerindeki çeşitli noktalar, üzerine kare şebekesi çizilmiş bir kâğıt (grid) üzerine taşınırlar. Bundan sonra arzu edilen boyutlar, bu grid üzerinden ölçülerek alınırlar.

Grafik çözüm yolu uygulanmak istenirse, fotoğrafın üzerine, şeffaf kâğıda çizilmiş bir perspektif grid³ yerleştirilir. Ölçülmek istenen boyutun (çap veya boy), iki ucundan geçen çizgileri kesen paralel doğrulardan ölçeğimize uygun olanı üzerinde, aranılan boyut doğrudan doğruya okunur. Bu metod, en ekonomik metoddur, herhangi bir âlet kullanmaya ihtiyaç göstermez. Oldukça süratli bir şekilde sonuca varılır. Bu metod üzerinde önemle durulmuş ve çeşitli denemeler yapılmıştır. Aşağıda elde edilen sonuçlar açıklanmaktadır.

Analitik metotta, fotoğrafla ağaçtaki noktalar arasındaki mesafeler çok önemli bir faktör olarak kullanılır. Yapılan hesaplarda kullanılan formüller pek karışık değildir. Hatta çok sayıdaki boyutun hesaplanmasına ihtiyaç duyulduğu takdirde elektronik hesap makineleri (Computer) başarı ile kullanılır. Çünkü çözülecek formüller bu makinelere uygundur. Hesaplanacak boyut adedi az olduğu takdirde, normal hesap makinelerini kullanmaya dahi lüzum kalmaz. Fotoğraf üzerindeki boyutların, çok büyük bir hassasiyetle ölçülmesi lâzımdır. Bu ölçme negatif filim üzerinde yapılabileceği gibi, tab edilmiş fotoğraf kâğıdı üzerinde de yapılabilir. Fotoğraf üzerindeki boyutları ölçmek için de, çeşitli metodlar vardır. Bir komparator kullanılarak bu ölçmeler yapılacak olursa, çok sıhhatli sonuçlar elde edilir. Fakat Komparator pahalı bir alettir. Paralaks kaması kullanmak suretile veyahut negatif filim üzerindeki uzunluğu Projeksiyonla büyütür bir grid üzerine düşürerek sıhhatli şekilde ölçmek mümkündür. Analitik çözüm yolu aşağıda incelenecektir.

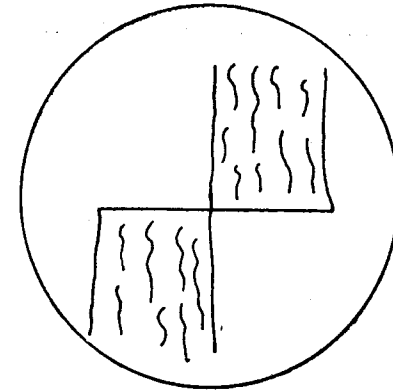
Fotoğraf Çekme Metodu

35 mm. lik fotoğraf makineleri, bu işler için çok kullanışlıdır. Çünkü : küçük, hafif ve sağlam yapıdadırlar. Kullanılmaları fazla masrafı gerektirmez. Bir filimde 36 poz olduğu için, çok sayıdaki ağacın negatifi az sayıda rulo içinde saklanabilir. Ağaçlardaki yıllık büyümeyi tesbit edebilmek için, periyodik olarak fotoğraflar çekmek ve birbir-

3) Normal Grid bir kare şebekesinden ibarettir. Perspektif gridde, aynı noktada birleşen bir çok çizgi bulunur. Bu çizgiler eşit aralıklı paralel çizgilerle keşilmiştir.

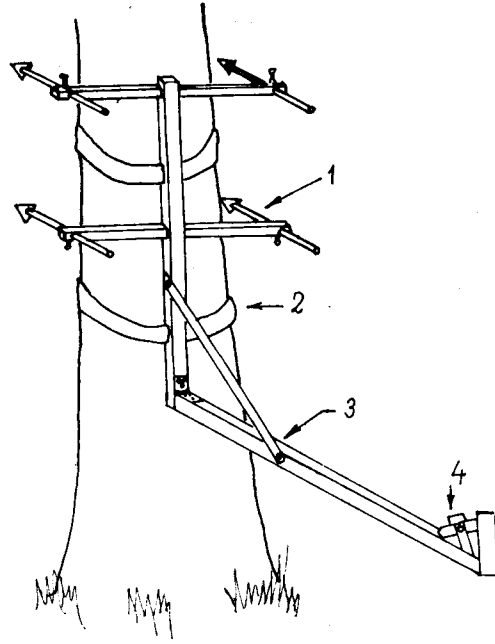
lerle karşılaştırmak gerekmektedir. Bunun için de filimlerin saklanması lâzımdır. 35 mm. lik filimler saklanmaya çok elverişlidirler. Eğer her ağaç için ayrı bir fotoğraf çekilecek olursa, fotoğraf makinesinin ağaca olan mesafesinden ve fotoğraf ölçeğinden faydalanılarak arzu edilen boyutlar bulunabilir : Fotoğraf makinesi objektifinden geçen düşey düzleme (Prensipal düzlem) denir. Ölçülecek ağacın ekseni, Prensipal düzlem içinde bulunacak olursa, objektifin optik ekseni yatay olmasa dahi, yapılacak hesaplar büyük çapta kolaylaşmaktadır. Objektif eksenin yatayla yaptığı açıyı, ölçmek lâzımdır. Aksi halde hesaplar yapılamaz. Bu açıyı eğim cinsinden ifade etmek mümkün olduğu gibi, objektiften geçen yatay düzlemin ağaç gövdesini kestiği nokta başlangıç olmak şartıyla, (objektif eksenin uzantısı, ağaç ekseni şu kadar yüksekte kesmektedir) şeklinde de ifade etmek mümkündür.

Yukarıda açıklanan durumu gerçekleştirebilmek için en emin yol, fotoğraf makinesini ağaca bağlanmış bir çerçeve üzerine yerleştirmektir (Şekil 4). Çerçeve birbirine dik olarak tutturulmuş iki kadronun ibarettir. Kadronlardan biri ağacın gövdesine bağlanır, bu kadron prensipal düzlemin içersinde kalacaktır, ağaç gövdesine paraleldir. İkinci kadron ağaç gövdesiyle dik açı yapar. Fotoğraf makinesi, ikinci kadronun uç kısmına eğik bir şekilde monte edilir. Ağaç ekseniyle paralel tu-



Şekil No : 3.

tulan kadrona, Optik kumpaslardan bazıları ölçülecek çapı şekildeki gibi görür.



Şekil No : 4.

İki kadronun bir menteşe ile birbirine bağlanması sayesinde meydana getirilen basit alet

Şekildeki numaralar aşağıda açıklanmıştır.

- 1 — Boyu uzaltılıp kısaltılabilen çita. Bu çitaların uçları, aynı düşey düzlemin içerisinde bulunurlar. Ağaç eksenini de aynı düzlemin içinde bulunur.
- 2 — Düşey kadronu ağaca bağlamaya yarayan kemer.
- 3 — Yatay kadronun ve yatağ kadronun desteği, gerektiğinde bu destek çıkarılabilir.
- 4 — Fotoğraf makinesi

(yani düşey tutulan kadrona) dik olarak bir kaç çita saplanır bunların boyları ölçülür. Bu çitalar sayesinde gövdenin çeşitli yüksekliklerine ait değişik ölçekler elde edilebilir. Çitalar arasındaki mesafeler de ölçülür. Bu değerler yardımıyla, gövde şeklini ölçekli olarak bir kâğıt üzerine çizmek mümkün olur. Kadronları alüminyumdan yapmak ve

menteşe ile birbirine tutturmak mümkündür. Bu takdirde kolaylıkla katlanıp kaldırılabilen portatif bir alet elde edilmiş olur.

Fotoğraf makinesi ile ağaç gövdesi arasındaki mesafe az olduğu takdirde, objektifin net olarak resmini çekebildiği manzara derinliği, önem kazanmaktadır. Yukarıda açıklanan çerçeve kullanıldığı takdirde, makine ile gövde arasındaki mesafe azalmaktadır. Objektifin net olarak resmini çekebildiği manzara derinliği aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$D' = D / (1 + Dcf/F^2)$$

$$D'' = D / (1 - Dcf/F^2)$$

formüller içerisindeki harflerin manaları şunlardır :

D' = Net olarak resmi çekilebilen en yakın mesafe (feet cinsinden)

D'' = Net olarak resmi çekilebilen en uzak mesafe (feet cinsinden)

D = Objektifin ayar edildiği mesafe (feet cinsinden)

c = Ayırt edilemeyen (tanınamayan) en küçük daire normal olarak bu değer $F/1000$ dir.

f = Merceğin büyüklüğü, merceğin görünen çapı

F = Merceğin odak mesafesi (feet cinsinden)

Bir misal : $F = 50$ mm, $c = F/1000$, $f = 16$ mm ve $D = 12$ feet olsa, objektifin net olarak resmini çekebileceği manzara derinliği 5,5 feet'den başlar, sonsuza kadar devam eder.

Bu işlerde ezalı yüzündeki pürüzleri çok az olan filimler kullanılmalıdır. Negatif filmin büyültüleceği ve üzerinde ölçmeler yapılacağı daima göz önünde bulundurulmalıdır. Negatif filmi büyültmeden ay-nen kullanmak da mümkündür. Fakat büyültüldüğü takdirde daha iyi sonuç alınır.

Çapın matematik formüller yardımıyla bulunması

5 ve 6 no. lu şekillerde, prensipal düzleme dik olan herhangi bir doğruyu i ile gösterelim. Buna göre :

S_i = Fotoğraf üzerinde, i doğrusuna ait bir parçanın gövdedeki karşısına oranı yani i doğrusuna ait ölçek

$d_i = i$ doğrusunun fotoğraf üzerindeki büyüklüğü, fotoğrafta ölçülen çap

$D_i = i$ doğrusunun hakiki büyüklüğü gövdeye ait çap

$H =$ Fotoğraf makinesile, ağaç eksenini arasındaki yatay mesafe
 $H = L + r$. Burada $L =$ çerçevenin yatay duran kadronu,
 $r =$ gövdenin fotoğraf makinesi seviyesindeki yarı çapı

$\theta =$ Optik ekseninin düşeyle yapmış olduğu açı, zenit açısı

$y_i = i$ doğrusunun fotoğraf üzerinde ölçülen ordinat değeri. Bu değer hakiki ufuk çizgisinin i doğrusuna kadar olan mesafeyi gösterir.

Şekiller incelenerek

$$S_i = \frac{Y_i}{H} \cos \theta \quad \text{yazılabilir.}$$

Bir fotoğraf için θ ve H değerleri sabittir. $\cos \theta / H$ kesrini A ile gösterirsek yukardaki denklem $S_i = Y_i A$ şekline girer. Bu denklem 1 ve 2 no. lu doğrulara uygulanırsa

$$S_1 = \frac{d_1}{D_1}$$

$$S_2 = \frac{d_2}{D_2}$$

formüllerini bulunur.

Bu formüllerdeki d_1 ve d_2 değerleri fotoğraf üzerinde ölçülen değerleri göstermektedir.

D_1, D_2 bilinmektedir.

$$S_1 = Y_1 A$$

$$S_2 = Y_2 A$$

formüllerini birbirinden çıkaralım.

$$S_1 - S_2 = A (Y_1 - Y_2) \quad \text{bulunur.}$$

$Y_1 - Y_2$ farkına ΔY_{1-2} diyelim. Bu fark fotoğraf üzerinden ölçülebilir.

Buna göre

$$A = (S_1 - S_2) / \Delta Y_{1-2} \quad \text{ve} \quad Y_1 = S_1 / A \quad \text{yazılabilir.}$$

Herhangi bir i doğrusu için

$$Y_i = Y_1 - \Delta Y_{1-i} \quad \text{yazılabilir.}$$

Yukarda da belirtildiği üzere Y_{1-i} değeri fotoğraf üzerinde ölçülebilir.

Aynı zamanda

$$S_i = Y_i A = d_i / D_i$$

$$D_i = d_i / (Y_i A)$$

Bu formüller i noktasındaki çapın bulunmasını sağlayan formüllerdir. Bu formüller çok çeşitli şekillere dönüştürülebilirler. En kullanışlı şekli

$$D_i = d_i / (S_1 - A \Delta Y_{1-i})$$

veyahut

$$D_i = d_i / S_i \quad \text{dir.}$$

Ağaç boyunun matematik formüller yardımı ile bulunuşu

Ağaca bağlı kadron üzerinde alınan bir başlangıç noktasından itibaren ağaç gövdesi üzerinde seçilen herhangi bir i noktası arasındaki yükseklik farkı M_i olsun (Şekil 6).

$$M_i = (M_1 S_1 + \Delta Y_{1-i} \sin \theta) S_i$$

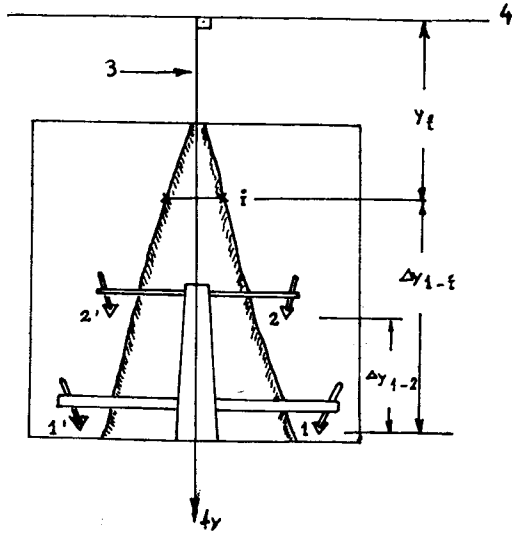
Bu formül değiştirilerek aşağıdaki şekillere sokulabilir.

$$M_i = -M_1 + S_2 \Delta M_{1-2} (1 + S_1 / S_i) / (S_1 - S_2)$$

$$M_i = \left[(1/A^2) - H^2 \right]^{1/2} + S_1 S_2 \Delta M_{1-2} / (S_1 - S_2) S_i$$

Bu formüllerde çeşitli değişkenler bulunmaktadır. Bu değişkenler farklı sıhhatlerde ölçüleceklerdir. Değişkenlerin sıhhat derecelerinin, formül sonucuna yaptığı etkiler, birbirinden farklı olmaktadır. Formülün ilk yazılış şekline göre ΔY_{1-i} ve S_i yalnız fotoğrafı etkileyen faktörler olarak görülmektedir. İkinci ve üçüncü yazılış şekline göre ise

sadece S₁ değerini etkileyerek şekilde görülmektedir. A faktörü çeşitli formüller yardımıyla hesaplanır.



Şekil No: 5.

4 No. lu şekilde belirtilen pozisyondaki fotoğraf makinesile çekilen fotoğraf

Şekildeki numaraların gösterdikleri şunlardır :

- 1 — Birinci çıtalar
- 2 — İkinci çıtalar
- 3 — Prensipal düzlem ile fotoğraf düzleminin ara kesiti.
- 4 — Hakiki ufuk çizgisi.

Meselâ A faktörü

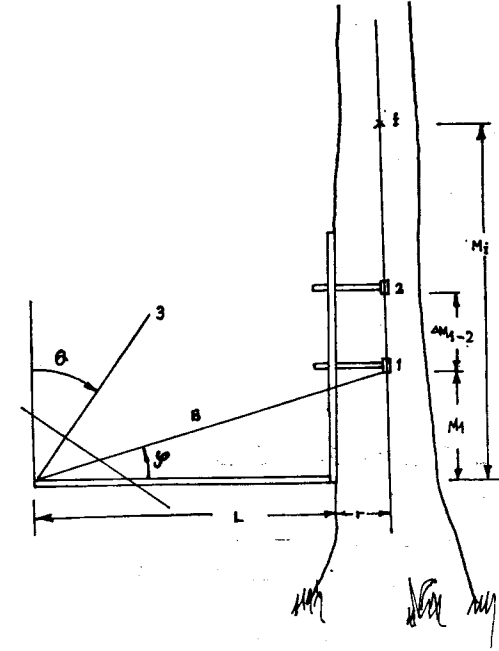
$$A = \cos \theta / H$$

formülünden bulunabilir.

θ açısı :

$$\theta = \arccos [H (S_1 - S_2) / \Delta Y_{1-2}]$$

formülünden bulunabileceği gibi objektif optik ekseninin yatayla yaptığı açı ölçülerek, daha doğrusu kullanılan kadronların boyları ölçülerek bulunabilir.



Şekil No: 6.

4 No. lu şekildeki fotoğraf çekme pozisyonunun yandan, şematik görünüşü.

Şekildeki numaraların ve harflerin gösterdikleri şunlardır :

- 1 — Bir no. lu çıtanın ucu
- 2 — İki no. lu çıtanın ucu
- 3 — Fotoğraf makinesinin optik eksenini. Bu eksen fotoğraf düzlemine diktir.

θ = Optik eksenin zenit açısı

S = Objektikten 1 no. lu çıta ucuna giden ışığın yatayla yaptığı açı

i = Ağaç ekseninde herhangi bir nokta. Bu noktaya ait çap D_i ve yükseklik M_i bulunacaktır.

A kat sayısını

$$A + (S_1 - S_2) / Y_{1-2}$$

veyahut

$$A^2 = 1 / [H^2 + (M_1 - S_2 \Delta M_{1-2} - S_2)^2]$$

formüllerinden faydalanılarak da bulunabilir. Son iki formülün değişkenlere ait hataları sonuca iletmeleri farklı şekilde olmaktadır. Son formül, diğerlerinden daha çok kullanılmaktadır.

A, M₁ ve D₁ diğerlerinin yani çeşitli yüksekliklerdeki çapların ve boyun hesaplanmasını sağlayan formüller, çekilen resmin ağırlaşmasında veyahut negatif filimde husule gelecek büzülme veya genişlemeden etkilenmemektedirler. Çünkü X istikametinde husule gelecek büzülme veya genişleme, Y istikametindeki eşittir. Bu iki istikametteki büzülme veya genişlemeler birbirine eşit olmasaydı, A değerinin hesaplanmasına yarıyan formül gene aynen kullanılacaktı, bu durumun çap hesabı üzerinde hiç bir etkisi olmayacaktı. Fakat boy hesabı üzerinde küçük bir etkisi olacaktı.

Her fotoğraf için yapılacak hesapların sırası aşağıda toplu olarak gösterilmiştir.

$$S_1 = d_1/D \text{ ve } S_2 = d_2/D_2$$

$$H = L + r$$

$$N = S_2 \Delta M_{1-2} / (S_1 - S_2)$$

$$A = (1/[H^2 + (M_1 - N)^2])^{1/2}$$

Sonuçların kontrolü için de aşağıdaki formüller uygulanır.

$$A = (S_1 - S_2) / \Delta Y_{1-2}$$

$$P = - [(1/A^2) - H^2]^{1/2}$$

$$P = S_1 N$$

Bu formüller içersindeki d_1 , d_2 fotoğraf üzerinde ölçülen değerlerdir. D_1 , D_2 , L , M_1 , ΔM_{1-2} kadronlarla yapılan çerçeveye ait sabit değerlerdir. r , yatay kadronun bulunduğu seviyedeki gövde yarıçapıdır. Fotoğraf çekilirken bu yarıçap ölçülür.

Gövde üzerindeki çeşitli noktalara ait çap ve yükseklikler aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanır.

$$S_i = S_1 - A \Delta Y_{1-i}$$

$$D_i = d_i/S_i$$

$$M_i = P X Q/S_i$$

Buradaki Δy_{1-i} değeri de fotoğraf üzerinde ölçülmektedir. Kadronlar üzerinde işaretlenen, mesafesi belli bir nokta için yukardaki formüller uygulanırsa hiç bir şüpheye yer bırakmayan bir kontrol yapılmış olur.

Bu metodun önemli olan 2 noktası şunlardır:

1 — r nin dışındaki bütün değerler fotoğraf üzerinde ölçülmektedir ve ölçek yardımı ile hakiki boyut hesaplanmaktadır. Fotoğraf üze-

rindeki boyutlar, laboratuvarında istenildiği kadar tekrar edilerek, ölçülebilir. İleriki yıllarda, gövdenin evvelce ölçülmemiş herhangi bir noktasına ait çap ölçülmek istenirse, fotoğraf gövdenin eski şeklini bütün boyutlarıyla koruduğu için, eski değerler kolaylıkla bulunabilir.

2 — S_1 ve S_2 ölçekleri fotoğraf üzerinde ölçmeler yapılarak bulunmuş değerler oldukları için, filimin büzülmesi veya genişlemesiyle ortaya çıkan değişiklik, hesaplanacak çapı etkilemez. Çünkü filim büzüldükten veya genişledikten sonra ölçülmektedir. ΔY_{1-i} değeri de filmin büzülme veya genişlemesinden etkilenmemektedir. Yapılan denemelerden birinde filmin Y istikametindeki büzülmesinin X istikametteki büzülmeden çok fazla olduğu görülmüştür. Fakat bu durum hesaplanan çapları etkilememiştir.

Son olarak küçük bir şey daha ilâve etmekteyiz gerekmektedir. Şayet ölçülecek ağaç gövdesi, az miktarda eğikse veya aynı düzlemin içinde kalmak şartıyla fazla eğilecek olursa, metodun uygulanmasında hiç bir değişiklik husule gelmemektedir. Yalnız bu durumda, fotoğraf makinesinin bağlandığı, yatay tutulan kadron, gövde ekseninin içinde kaldığı düzleme dik tutulmalıdır. Genellikle ağaçlar, eksenleri aynı düzlem içinde kalacak şekilde eğilmektedirler. Bu durumda optik eksenden geçen düşey düzlem prensipal düzlem gövde eksenine paralel olmayacaktır. Gövdeleri küçük parçalara ayırmak ve her parçayı ayrı ayrı prensipal düzleme paralel kabul ederek ayrı bir çap hesabı yapmak gerekir.

E K 4

Eğik çekilen fotoğrafa ait geometrik bilgiler

L noktası objektifin merkezidir. L noktasından geçen optik eksen fotoğraf düzlemine diktir. Optik eksenin düşeyle yaptığı açı (Zenit açısı) şekilde θ olarak gösterilmiştir. Fotoğraf makinesine ağaç ekسنi arasındaki yatay mesafe H dir. 3 no. lu şekilde görülen, gövdeye teğet bulunan 1 ve 2 no. lu yatay kadronların eksenleri burada 1 ve 2 rakkamlarıyla gösterilmiştir. İ gövde üzerindeki herhangi bir noktayı göstermektedir. 1 noktasının fotoğraf üzerindeki karşılığı P dir. PK mesafesi, i noktasının fotoğraf üzerindeki ölçülebilen ordinat değeridir, genel olarak Y_i şeklinde gösterilir. TK mesafesi i noktasının fotoğraf üzerinde ölçülebilen ordinat değeridir. Y_i şeklinde gösterilir. PT me-

4) Bu kısım tarafımızdan genişletilerek çevrilmiştir.

L N I dik üçgeninde

$$M_1 = B \sin \varphi \quad \text{olduğu görülmektedir.}$$

bu sebeple

$$z = \frac{M_1 S_1}{\sin \theta} \quad \text{bulunur.}$$

z nin bu değeri L P V üçgeni için yazılan sinüs teoreminde yerine konulursa

$$\frac{\frac{M_1 S_1}{\sin \theta} + \Delta Y_{1-1}}{\sin \varphi_c} = \frac{c}{\sin \theta} \quad \text{elde edilir.}$$

Her iki taraf $\sin \theta$ ile çarpılırsa,

$$\frac{M_1 S_1 + \Delta Y_{1-1} \sin \theta}{\sin \varphi_c} = c \quad \text{bulunur.}$$

Yazı içinde gövde üzerindeki çeşitli noktaların yüksekliklerinin hesaplanmasında bu formülden faydalanılmaktadır.