

CANLILARIN HARİTALARININ VE BÜSTLERİNİN YAPILMASI

Prof. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU¹⁾

Kısa Özet

Harita denilince arazideki noktaların yatay bir düzlem üzerindeki izdüşümlerinin küçültülmüş şekli anlaşılmaktadır. Evvelce harita yapmak için, arazideki bütün noktalar yersel yöntemlerle ölçülürdü. Bu yöntem çok yorucu ve pahalı olduğundan, ancak arazisi küçük, olanakları büyük olan ülkeler, haritalarını tamamlayabilmişlerdi.

Yirminci yüzyılda uygulama alanına çıkan ve çok süratle yayılan fotogrametri tekniği sayesinde, gelişmekte olan ülkeler de süratle haritalarını tamamlamaya başladılar. Fotogrametri barışta da savaşta da büyük faydalar sağlamaktadır. Bu nedenle gelişmiş ülkeler arasında , fotogrametri konusunda, büyük çapta yarışmalar olmaktadır. Bütün ülkeler, başkalarında olmayan fotogrametri bilgilerine sahip olmaya çalışmaktadırlar.

Fotogrametri tekniği çok süratli gelişmesine ve klasik geodezi yöntemlerinin yerini almasına rağmen, geodeziyi tamamen ortadan kaldıramamıştır. Arazideki noktaların %0,1 veya %0,2'sinin klasik geodezi yöntemleriyle ölçülmesi zorunlu bulunmaktadır.

Klasik yöntemle ölçülen noktalara, Oryantasyon noktası denilmektedir. Bu noktalar yardımıyla, fotoğraf çiftlerinin yöneltmeleri yapılmakta ve çizilecek haritanın ölçeği de belirlenmektedir.

Arazinin her çeşit haritasının yapılmasını sağlayan fotogrametri tekniği canlıların gövdelerinin haritalarının yapılmasını da sağlamaktadır. Ayrıca doğadaki olayların, herhangi bir andaki durumunun saptanmasını da sağlamaktadır. Örneğin; Trafik kazalarında gerçek suçlunun saptanmasında, çok yararlı olmaktadır.

Normal fotoğraflarda, yakın noktalar büyük, uzak noktalar küçük görünür, Diğer bir deyimle; fotoğrafın her noktasında ölçek başkadır. Haritalarda ise bütün noktalar veya parçalar aynı ölçektedir.

Yaptığımız çalışmada, fotogrametri tekniğinden yararlanılarak, bir insan yüzünün veya gövdesinin topoğrafik haritası yapıldığında, gerçeğe ne kadar uygun bir şekil elde edilebileceğini araştırdık. Sonunda, gerçeğe oldukça benzer bir şeklin ortaya çıktığı görüldü., Aynı haritadan yararlanılarak, kabartma harita veya büst yapılabılır.

Fotogrametrinin Tanıtımı

Objelerin bir amaca uygun şekilde fotoğraflarının çekilmesi ve bu fotoğraflardan yararlanarak istenen boyutların ve özelliklerin belirtilmesiyle uğraşan bilim dalına Fotogrametri denilmektedir.

Yakın zamana kadar, objelerin özelliklerinin saptanması, Fotogrametri biliminin küçük bir bölümünü oluşturmaktaydı. Son yıllarda bu küçük bölüm çok gelişti ve başlıbaşına bir bilim dalı olacak nitelik kazandı ve Remote Sensing (Foto Yorumlama) ismini aldı.

Objenin boyutlarını ölçmeden, özelliklerini saptamak, önemli bir eksiklik olmaktadır. Bu nedenle Foto Yorumlamanın uygulandığı her yerde, az veya çok boyut ölçme yani; Fotogrametri uygulanmaktadır. Bu iki bilim dalı, bugün genellikle birlikte uygulanmaktadır.

Fotogrametri sözcüğünün tam anlamı, fotoğraf yardımı ile ölçüm yapmak demektir. Objelerin veya arazi parçalarının uzaktan fotoğrafları çekilecek ve bu fotoğraflar üzerinde çalışılarak, objelerin çeşitli boyutları veya arazideki çeşitli noktalar arasındaki uzaklıklar bulunacaktır. Bu uzaklıklar yatay veya eğik uzaklıklar olabileceği gibi, yükseklik farkları da olabilir. Bir binanın, bir ağacın veya bir tepenin en yüksek noktası ile en alçak noktası arasındaki yükseklik farkı, fotogrametri tekniği sayesinde bulunabilmektedir.

Fotoğraf yardımıyla bir ağacın, boyunun, çapının ve hacminin bulunması fotogrametri tekniğine girmektedir. Ağacın cinsinin saptanması, hastalıklı veya sağlıklı olup olmadığının belirlenmesi, Foto Yorumlamaya girmektedir.

Fotogrametrinin geodeziye uygulanmasına, "Fototopografi" ismi verilmiş, fakat bu isim pek tutmamıştır. Fotogrametri en çok geodezide uygulandığı için, bugün fotogrametri denilince, Fototopografi anlaşılmaktadır.

Fotogrametri, arazi ölçmelerinin dışında, Astronomi, Tıp, Mimarlık, Arkeoloji, Meteoroloji, Balistik, Aeroteknik vb. alanlarında uygulanmaktadır.

Fotogrametri ve Foto Yorumlama, hem savaşta, hemde barışta büyük faydalar sağladığından, bütün ülkeler bu konulara çok önem vermekte ve çok büyük boyutlu araştırmalar yapmaktadırlar. Özellikle ileri ülkeler, Fotogrametri konularında birbirleriyle yarışa girmişlerdir.

Yarıncı savaşlarda bu konulara sahip olmayan ülkelerin, savaşı asla kazanamayacağına, kesin olarak inanılmaktadır.

Fotogrametri yerden ve havadan olmak üzere, iki büyük gruba ayrılmaktadır. Yakın zamana kadar, havadan fotogrametri denilince, uçaklardan çekilen fotoğraflarla yapılan fotogrametri anlaşılırdı. Fakat son yıllarda uydulardan çekilen fotoğraflarla fotogrametri yapma yöntemi çok gelişti ve uçaklardan çekilen fotoğraflarla yapılan fotogrametrinin yerini almaya başladı. Bu gün için havadan Fotogrametriyi, uçaklardan ve uydulardan yapılan olmak üzere ikiye ayırmak gerekmektedir.

Bir fotoğraf ne kadar yüksekte çekilirse, o kadar geniş alanları kapsar. Buna karşılık olarak, gösterebildiği en küçük boyut büyümektedir. Bu da fotoğrafın verim gücünü, kapasitesini azaltmaktadır. Bir fotoğrafın gösterebildiği en küçük boyut, ne kadar küçülürse, verebildiği bilgi o kadar artar yani ; verim gücü büyür.

Hava fotoğraflarının hem verim gücünün artması hemde gösterdiği alanların büyümesi, Öteden beri önemle üzerinde durulan bir konu olmuştur. Bu amaçla çok büyük araştırmalar yapılmış ve çok büyük gelişmeler sağlanmıştır.

1) İ. Ü Orman Fakültesi Emekli Öğretim Üyesi

Yersel Fotogrametri Aletleri

Yersel fotogrametride, fotoğraflar yerden alınmaktadır. Bu fotoğraflar alınırken, genellikle film düzleminin düşeyliği sağlanır. Fotoğraf makinesinin optik eksenini, film düzlemine dik olduğundan, film düzlemi düşey yapılırca, optik eksen yatay olur. Yersel fotogrametride kullanılan fotoğraf makinelerinin üzerinde genellikle 2 tane silindirik düzeye bulunur, bunlar yardımcı ile, optik eksen yatay ve genel eksen düşey yapılıdır. Böylelikle film düzlemi de düşey olur.

Yersel fotogrametri aletlerinin bir çok çeşidi bulunmaktadır. Bir kısmı teodolit üzerine fotoğraf makinesi monte edilerek yapılmıştır, bunlara "Fototeodolit" denilmektedir. Bunlarda teodolitin genel eksenini düşey yapılırca, fotoğraf makinesinin genel eksenini de, film düzlemi de düşey olur.

Yersel fotogrametride kullanılan fotoğraf makineleri, genellikle "Metrik Fotoğraf Makineleri" diğer bir deyimle "Metrik Kamera" denilen tipteki makinelerdir. Bu makinelerde objektifin merkezinden film düzlemine indirilen dikin ayağını saptama olanağı bulunmaktadır. Normal makinelerde yani "metrik olmayan kameralarda" da bu olanak yoktur.

Şekil No: 1'de Metrik bir kameranın şeması görülmektedir. S noktası objektifin merkezidir. Bu noktadan geçen ışınlar, kırılmadan geçerek makinenin içerisine girer ve filmin üzerine düşerler. Şeklin sağ tarafında bulunan "Negatif Klişe" film düzlemi ve filmidir. Karşıdaki manzara, bu film düzleminde ters olarak görünür. Bu nedenle "Negatif Klişe" denilmektedir.

S noktasından film düzlemine indirilen dikin ayağı s dir. Film kenarları üzerinde ve orta noktalarda v, v, h, h noktalarının bulunduğu yerlerde küçük birer işaret vardır. Fotoğraflara da çıkan bu işaretler karşılıklı olarak birleştirilecek olursa, kesişme noktası yani; S noktasından film düzlemine indirilen dikin ayağı olan s noktası bulunur. Bu çizgiler aynı zamanda fotoğrafın X ve Z eksenlerini oluştururlar. h noktalarını birleştiren doğru, fotoğrafın yatay eksenini, y noktalarını birleştiren doğru da fotoğrafın düşey eksenini verir.

Arazideki T noktasının film üzerindeki karşılığı t noktasıdır. t noktasından hh eksenine indirilen dikin ayağı t₀ dir. t₀s uzunluğu, fotoğraf üzerinde ölçülebilen x uzunluğudur. t₀ uzunluğu, fotoğraf üzerinde ölçülebilen z uzunluğudur. x ve z değerleri t noktasının fotoğraf üzerinde ölçülebilen koordinatlarıdır. Duruma göre buradaki z değeri y olarak alınabilir.

Ss uzaklığı, objektifle film düzlemi arasındaki uzaklıktır. Diğer bir deyimle; objektifle (mercek) görüntü arasındaki uzaklıktır, b ile gösterilmiştir.

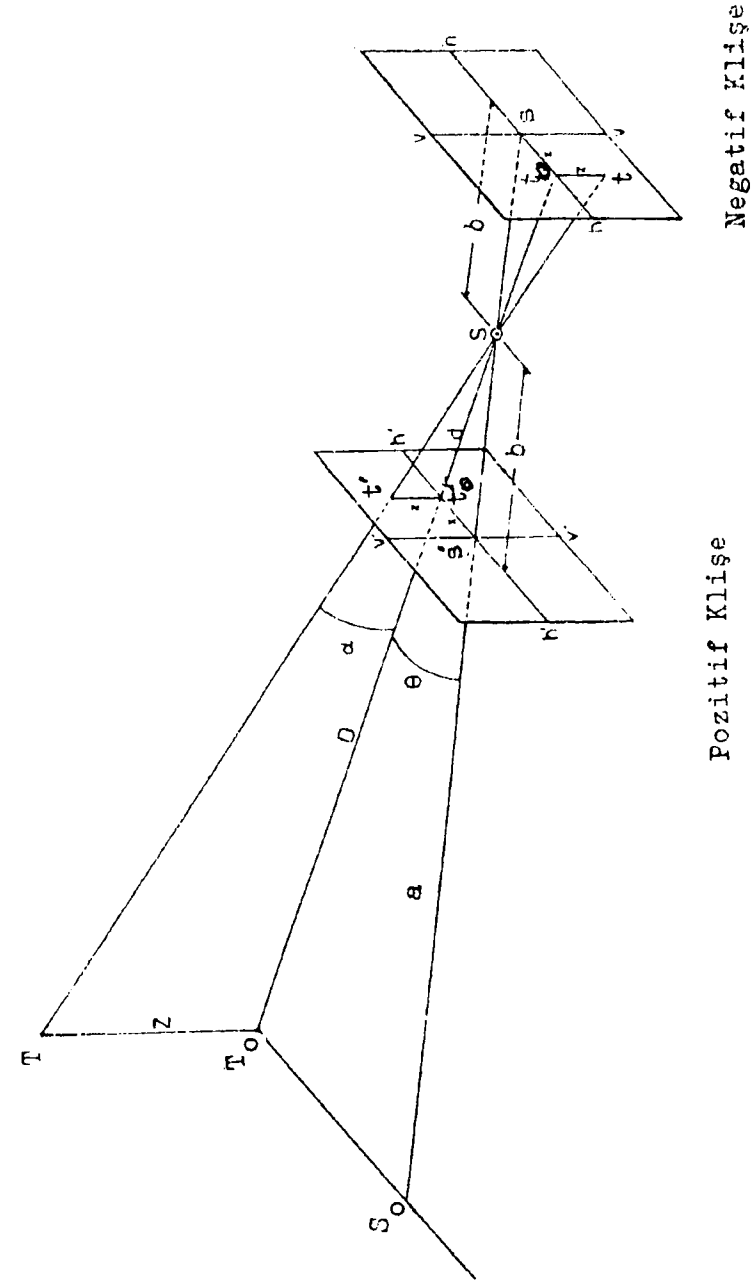
Optik eksenin yani Ss doğrusunun arazideki uzantısı S₀ noktasından geçer. hh doğrusu ile S noktası bir yatay düzlem oluşturmaktadır. S₀ noktası bu düzlemin üzerindedir. T noktasından hh doğrusu ile S noktasının oluşturduğu yatay düzleme indirilen dikin ayağı T₀ noktasıdır. T noktasından optik eksenine indirilen dikin ayağı S noktasıdır. T, T₀, S₀ noktalarının oluşturduğu düzlem, düşey bir düzlemdir ve optik eksene diktir. T noktası ile mercek merkezi arasındaki eğik uzaklık TS dir. Bu uzaklığın optik eksen üzerindeki izdüşümü SS₀ dir ve a ile gösterilmiştir.

Bilindiği üzere mercek denklemi

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

(1)

dir.



Şekil No: 1

Bir metrik Fotoğraf makinesinin (Kameranın) yapısını ve çektiği fotoğraflar üzerinde ölçülen boyutlarla arazideki karşılıkları arasındaki ilişkiyi gösteren şekil. Objektifin merkezi, S noktasındadır. Gerçek film şeklindeki "Negatif Klişe"dir. "Pozitif Klişe" hayali bir klişedir.

Buradaki a değeri obje ile mercek arasındaki uzaklıktır, b değeri de görüntü ile mercek arasındaki uzaklıktır. a değeri çok büyük olursa 1/a kesri sifıra eşit olur ve yukarıdaki denklem

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

olur, buradan $b = f$ bulunur. Normal fotoğraf makinelerinde, uzaklık ayarları genellikle 0 - 10 m. arası için yapılır. Uzaklık 10 m. den fazla olunca, uzaklık ayarı sonsuza getirilir. Bu durumda $b = f$ olur.

Yani; film ile objektif arasındaki uzaklık, odak uzaklığı f değerine eşit olur. Uçaklardan ve uydulardan çekilen fotoğraflarda, obje uzaklığı çok büyük olduğundan, filmle objektif arasındaki uzaklık daima, odak uzaklığına eşit olmaktadır.

Şekil No. 1'deki negatif klişe, yani gerçek film, manzarayı ters gösterdiği için, düşüncelerde karışıklığa sebep olabilmektedir. Sadece düşünceleri kolaylaştırmak amacıyla, filmin S noktasına göre simetriği alınır ve böylelikle şekildedeki "Pozitif Klişe" meydana çıkar. Pozitif klişe hayali bir klişedir, karşıdaki manzarayı düz olarak göstermektedir. Pozitif klişe üzerindeki noktalar, negatif klişedeki harflerin aynalarile gösterilmiştir, üzerlerine üssü işaretleri konulmuştur. Arazideki T noktasının, negatif klişedeki karşısı t, pozitif klişedeki karşısı t' noktasıdır.

Şekil No. 1 deki θ açısı S_0, S, T_0 yatay açısıdır. Bu açığa S noktasından S_0 ve T noktalarına giden ışınlar arasındaki yatay açı da denilebilir. Bu açı fotoğraf üzerinde ölçülen x değerinden ve objektifle görüntü arasındaki b uzaklığından yararlanılarak bulunabilir. $b = f$ ise $\text{tg } \theta = x / f$ dir, aksi halde $\text{tg } \theta = x / b$ dir.

Şekildeki α açısı, T noktasının yükseklik açısıdır. Bu açı fotoğraf üzerinde ölçülen z değerinden ve $S_t = d$ uzaklığından yararlanılarak hesaplanabilir.

$$\text{tg } \alpha = \frac{z}{d} = \frac{Z}{D} \quad (3)$$

yazılabilir. $S_s t_0$ dik üçgeninden yararlanılarak

$$d = \frac{b}{\cos \theta} \text{ veya } d = \frac{f}{\cos \theta} \text{ veyahut } d = \sqrt{x^2 + f^2} \quad (4)$$

yazılır ve yukarda yerine konularak

$$\text{tg } \alpha = \frac{z \cos \theta}{b} \text{ veya } \text{tg } \alpha = \frac{z \cos \theta}{f} \text{ veyahut } \text{tg } \alpha = \frac{z}{\sqrt{x^2 + f^2}} \quad (5)$$

bulunur. Buradan yükseklik açısı α hesaplanır.

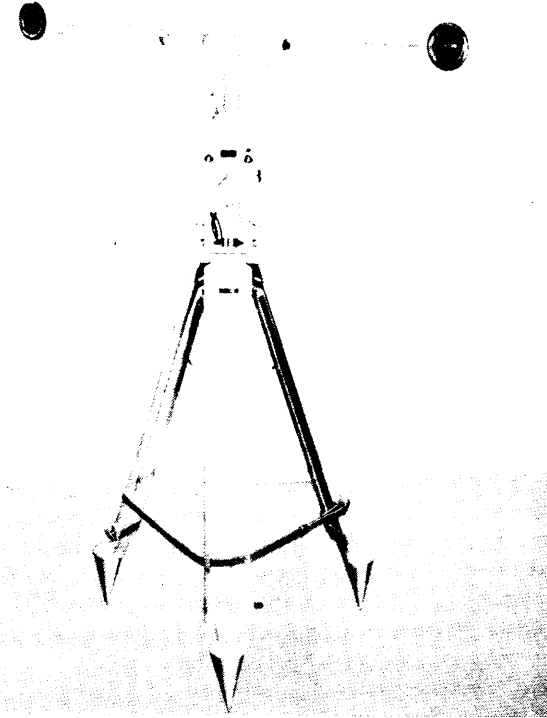
Bir fotoğraf üzerinde t noktası gibi yüzlerce nokta bulunabilir. Bu noktaların fotoğraf üzerindeki koordinatları ölçülerek, her birinin fotoğraf makinesinin optik eksenini ile yaptığı yatay açılar hesaplanabilir. Daha sonra, noktalar arasındaki yatay açılar bulunabilir. Aynı şekilde fotoğraf üzerinde bulunan yüzlerce noktanın, fotoğraf makinesinin optik ekseninden geçen yatay düzlemle yaptığı yükseklik açıları hesaplanabilir.

Fotoğraf makinesinin optik ekseninin hangi doğrultuya baktığı, fototeodolitın limbundan yararlanılarak bulunabilir. Böylelikle bir fotoğraf üzerinde bulunan çok sayıda noktanın, arazideki belirli bir doğrultuyla örneğin; gerçek kuzeyle yaptığı açılar, bulunabilir. Yükseklik açılarından yararlanarak, yükseklik farkları da bulunabilir. Gerekirse eşyükselteli harita da çizilebilir.

Yersel fotogrametri aletleri, fototeodolitlardan ibaret değildir. Fototeodolitten çok farklı yapıda, yersel fotogrametri aletleri de yapılmıştır, başarı ile kullanılmaktadır.

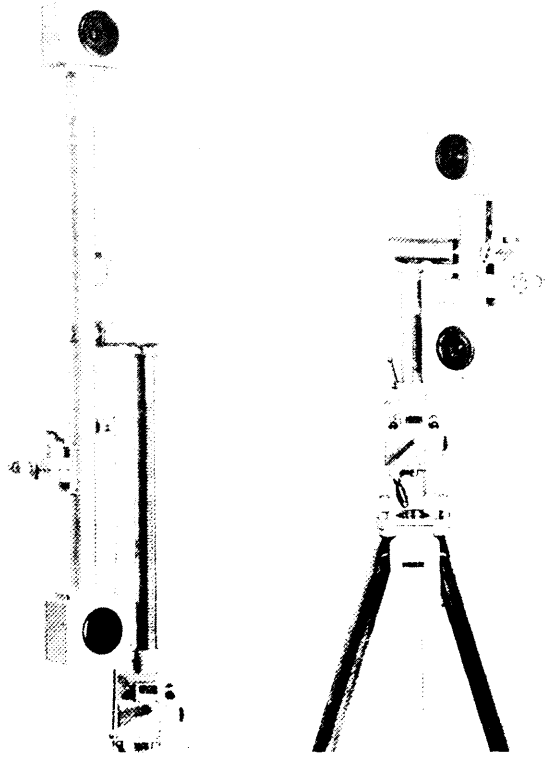
Stereoskopik görüntünün elde edilebilmesi için, aynı objenin iki ayrı istasyondan birer fotoğrafının çekilmesi zorunludur. İstasyonlar arasındaki uzaklığa "Baz" denilmektedir. Stereoskopik görüntüdeki derinlik (Üçüncü Boyut), baz büyüklüğü ile doğru orantılı, obje ile fotoğraf arasındaki uzaklıkla ters orantılıdır.

Hareketli objelerin, stereoskopik görüntülerini elde edebilmek için, 2 istasyona kurulan 2 fotoğraf makinesinin, birlikte çalışması ve 2 fotoğrafı aynı anda çekmesi gerekir. Örneğin; Trafik kazalarında, durumu saptamak amacıyla, aynı anda 2 ayrı istasyondan birer fotoğraf çekilmekte,



Şekil No: 2

Optik eksenleri birbirine paralel ve Baza dik duran 2 fotoğraf makinesinden oluşan bir alet. Baz görevini yapan boru, üzerindeki silindirik düzeç yardımıyla yatay duruma getirilince, fotoğraf makinesinin optik eksenleri yatay, filimleri de düşey olur. Bir deklanşöre basılarak, 2 fotoğraf birden çekilir. Bu aygıtla denizdeki dalgaların dahi fotoğrafları çekilmekte ve stereoskopik görüntüleri elde edilebilmektedir. Daha sonra da, dalganın yüksekliği genişliği ve hacmi bulunabilmektedir.



Şekil No: 3

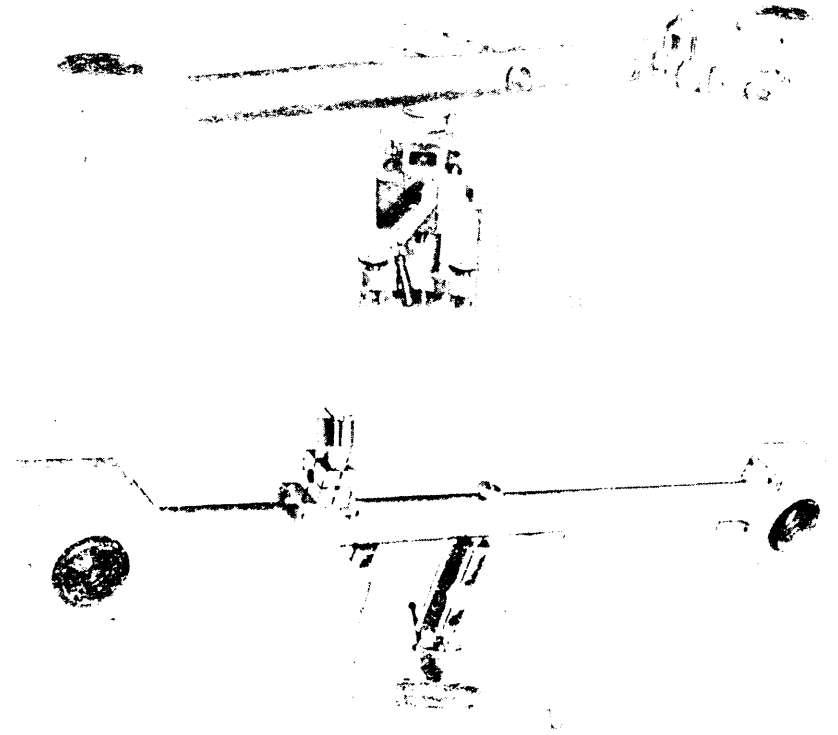
Şekil No:3 de görülen aletle, düşey duran ir obje veya objeler incelenecekse, aletin orusu (Baz'ı) düşey duruma getirilir, düşeylik şekilde görülen Küresel Düzey ile sağlanır ve bu durumda fotoğraflar çekilir. Yukarıdaki 2 aletten, soldakinin Baz'ı büyük sağdakinin küçüktür. Soldaki daha ayrıntılı bilgi verir, Fakat taşınması zordur

sonra bu fotoğraflar, cep stereoskopu veya aynalı stereoskop altında incelenerek, olayın 3 boyutlu görüntüsü gözler önüne serilmektedir.

Şekil No: 2'de birbirinin aynı iki fotoğraf makinesini birlikte çalıştıran, bir aygıt görülmektedir. Yatay duran bir borunun iki ucuna, birer fotoğraf makinesi yerleştirilmiştir. Bir deklanşöre basılınca, makinelerin ikisi birden fotoğraf çekmektedir. İki makinenin optik seksenleri, daima birbirlerine paralel durmaktadır. Makineleri birleştiren boru, üzerindeki düzey yardımcı ile yatay yapılmaktadır. İncelenecek obje veya objeler, yatay bir şerit halinde duruyorsalar, alet Şekil No: 2'deki gibi kurulur ve fotoğraflar çekilir. İncelenecek obje veya objeler, düşey bir şerit halinde duruyorsa, alet Şekil No:3'de olduğu gibi, fotoğraf makine-lerinden biri diğerinin düşeyine gelecek şekilde, yani Baz düşey yapılarak fotoğraflar çekilir.

Bazın büyük olması, Stereoskopik görüşü arttırmakta, fakat aletin taşınmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle; büyük ve küçük bazlı olmak üzere farklı aletler yapılmıştır. Şekil No: 3'de sol tarafta büyük bazlı, sağ tarafta ise küçük bazlı alet görülmektedir.

Bazen bir kubbenin içindeki desenlerin veya motiflerin, saptanmasına gereksinme duyulur. Bu durumda fotoğraf makinelerinin yukarıya bakması sağlanır. Şekil No: 4a da bu durum görülmektedir. Evimizin penceresinden veya balkonundan, sokaktaki bir olayı saptamak istersek,



Şekil No: 4

Şekil NO:2 de görülen aletle, bir kubbenin içinde bulunan şekiller veya motifler incelenmek istenirse, aletin orusu (Baz'ı) gene yatay tutulur, fakat; fotoğraf makinelerinin objektifleri yukarı çevrilerek fotoğraflar çekilir. Yukarıdaki a şeklinde bu durum görülmektedir. Evimizin penceresinden veya balkonundan, sokaktaki bir olayı saptamak istersek, fotoğraf makinelerinin optik eksenlerine, belirli bir eğikliğin verilmesi gerekir. Alette bunu yapma olanağı da bulunmaktadır. Yukarıdaki b şeklinde makinelerin eğik durumları görülmektedir. Optik eksenler gene birbirlerine paraleldir.

fotoğraf makinelerinin optik eksenlerini, gene birbirine paralel olmak koşulu ile, eğik tutmak zorundayız. Şekil No: 4b de bu durum görülmektedir.

Fotoğraf Çiftlerinden Yararlanılarak, Arazi Koordinatlarının Bulunması

Şekil No: 2'de görülen aletten yararlanılarak, bir çift fotoğrafın çekildiğini ve bu fotoğrafların çekiliş durumunda tutulduğunu varsayalım ve bu fotoğraflara yukardan bakalım. Şekil No:5 de görülen durum ortaya çıkacaktır.

P_1 ve P_2 harflerile gösterilen çizgiler, Şekil No: 1 deki negatif klişelerin yukardan görüntüleridir. 2 fotoğraf çekildiği için, 2 negatif klişe bulunmaktadır; S_1 ve S_2 noktaları, objektiflerin merkez noktalarıdır, aralarındaki uzaklık Baz uzunluğudur ve bilinmektedir. Şekilde bu uzunluk, genelde olduğu gibi B ile gösterilmiştir. Fotoğraflardaki eksenlerin kesişme noktaları, yani Şekil No: 1 s noktasının karşılıkları s_1 ve s_2 ile gösterilmiştir.

Arazideki T noktasından gelen ışınların, birincisi S_1 den geçmekte ve t_1 noktasına ulaşmaktadır. İkinci ışın S_2 den geçmekte ve t_2 noktasına varmaktadır.

Birinci fotoğrafta (soldaki fotoğraf), ölçülen x_1 uzunluğu t_1 s_1 uzunluğudur. İkinci fotoğrafta ölçülen (sağdaki fotoğraf) x_2 uzunluğu t_2 s_2 uzunluğudur. Objektif merkezlerini birleştiren doğru yani $S_1 S_2$ doğrusu, arazideki noktaların apsis eksenini (X eksenini) olan alınmıştır. Soldaki objektifin merkezi olan S_1 noktasından X eksenine çıkılan dik (buna soldaki fotoğraf makinesinin optik eksenini de denilebilir), arazideki noktaların ordinat eksenini (Y eksenini) olarak kabul edilmiştir.

T noktası arazide bulunan herhangi bir noktadır. Bu noktanın, fotoğraflar üzerindeki karşılığı olan t_1 ve t_2 nin apsis değerlerinden ve Baz uzunluğu olan B değerinden yararlanılarak, koordinatları hesaplanacaktır.

Soldaki objektifin merkezi olan S_1 noktasından, TS_2 doğrusuna bir paralel çizilirse, bu paralel soldaki klişeyi t'_2 noktasında keser. Şekil No:5 de bu paralel kesik çizgilerle gösterilmiştir. $S_1 s_1 t'_2$ üçgeni $S_2 s_2 t_2$ üçgenine eşittir. Bu nedenle $t'_2 s_1 = t_2 s_2$ dir. $t_2 s_2$ ise, sağdaki fotoğraf üzerinde ölçülen apsis değeridir, yani x_2 dir. Soldaki klişede $t_1 s_1 = x_1$ ve $t'_2 s_1 = x_2$ olduğundan $t_1 t'_2 = x_1 - x_2$ yazılabilir. Bu fark şekilde a ile gösterilmiştir. Kısaca $x_1 - x_2 = a$ dir.

Şekil No: 5 deki benzer üçgenlerden yararlanılarak

$$\frac{Y}{f} = \frac{B}{a} \quad (6)$$

yazılabilir ve buradan

$$Y = \frac{Bf}{a} \quad (7)$$

bulunur. a yerine eşiti konulursa

$$Y = \frac{B_1}{X_1 - X_2} \quad (8)$$

elde edilir. Bu formül yardımıyla T noktasının ordinatı hesaplanabilir. Objektifle film arasındaki uzaklık f değilse b ise, formüldeki f yerine b koymak gerekir.

Şekil No: 5 deki benzer üçgenlerden yararlanılarak

$$\frac{X}{Y} = \frac{x_1}{f} \quad (9)$$

yazılabilir ve buradan

$$X = \frac{Y}{f} \cdot x_1 \quad (10)$$

bulunur. Y yerine yukarıdaki eşiti yazılabilir. Objektifle film arasındaki uzaklık b ise, bu formülde f yerine b koymak gerekir.

Şekil No: 6 da, Şekil No: 2'deki aletle çekilen 2 fotoğrafın, düşey düzlem üzerindeki izdüşümleri görülmektedir. S_1 ve S_2 objektiflerin kesim noktalarıdır. Aletin borusu tam olarak yatay tutulunca fotoğraflar aynı yükseklikte olur. Şekilde sağdaki fotoğrafın soldakinden daha

yüksek tutulduğu görülmektedir. Fotoğraflar üzerinde ölçülen koordinatlar, yani x_1 , z_1 ve x_2 , z_2 uzunlukları şekilde aynen görülmektedir.

Arazideki T noktasının, soldaki fotoğraf makinesinin optik ekseninden ne kadar yüksekte veya alçakta olduğunu hesaplama olanağı vardır. Soldaki fotoğraf üzerinde bulunan t_1 ve s_1 noktaları birleştirilerek uzatılırsa, arazideki T noktasından geçer. Çünkü; soldaki fotoğraf makinesinin optik eksenini ile arazideki T noktası, eğik bir düzlem oluşturmaktadır. Bu eğik düzlemin düşey düzlemle yaptığı arakesit $t_1 s_1$ doğrusu ve uzantısıdır. Şekil No: 6'daki şekil düzlemi, T noktasından geçen ve optik eksenlere dik olan düzlemdir. Şekilde sağdaki fotoğraf daha yüksekte alındığından, T noktasının, sağdaki fotoğrafın optik ekseninden olan yüksekliği daha küçük olmuş ve Z' ile gösterilmiştir. Normal olarak $Z' = Z$ olur.

S_1 noktasından geçirilen yatayla, T noktasından indirilen düşeyin kesiştiği nokta, şekilde H ile gösterilmiştir. TH uzaklığı, hesaplanacak olan Z değeridir.

H noktası ile S_1 arasındaki uzaklık, 10 Nolu formül yardımıyla hesaplanmış olan X değeridir. S_1 TH dik üçgeni ile $S_1 t_1 t'_1$ dik üçgeni birbirinin benzeridir. Bu üçgenlerden yararlanılarak

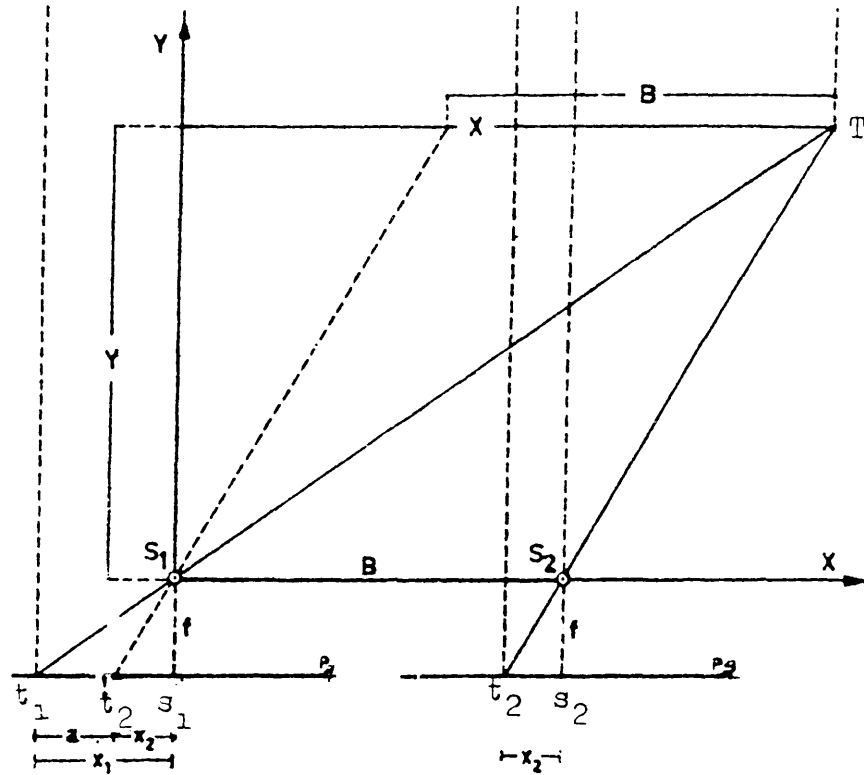
$$\frac{Z}{X} = \frac{z_1}{x_1} \quad (11)$$

yazılabilir ve buradan

$$Z = \frac{X}{x} \cdot x_1 \quad (12)$$

bulunur. X yerine 10 Nolu formüldeki eşiti yazılarak, değişik formüller elde edilebilir.

Bir çift fotoğrafın ortak alanında bulunan 100 kadar veya daha fazla noktanın arazi koordinatları ve kotları, yukarıda açıklanan formüller yardımıyla hesaplanabilir, haritası da çizilebilir. Bu şekilde harita çizmek uzun zaman almaktadır. İşi kolaylaştırmak amacıyla, yukarıdaki formüllerin mekanik olarak çözülmesi yoluna gidilmiştir. Fotoğraflar alete yerleştirilip, stereoskopik görüntü elde edildikten sonra, noktaların fotoğraflar üzerindeki koordinatları ölçülürken, haritaya çizimleri yapılmaktadır. Formüllerini mekanik olarak çözen kollar, çizilecek haritanın ölçeğini de dikkate almakta ve ona göre ayarlanmaktadır. Şekil No: 7'de fotoğraf çiftlerinden yararlanarak, istenilen ölçekte harita çizen modern bir alet görülmektedir. Ortada aletin ana kısmı, sağ tarafta çizim masası solda ise noktaların değerlerinin otomatikman yazılmasını sağlayan yazı makinesi ve masası bulunmaktadır. Fotoğraf çiftinin filimleri, ana gövdede yatay duran 2 cam üzerine yerleştirilir ve üzerlerindeki projektörler yakılır. Filimlerin görüntüleri çeşitli merceklere geçtikten sonra, alet önünde oturan kimsenin (operatörün) gözlerine gelirler. Sağdaki fotoğrafın görüntüsü operatörün sağ gözüne, soldaki fotoğrafınki de sol gözüne gelir. Stereoskopik görüntü elde edilinceye kadar, filimler sağa, sola, öne, arkaya oynatılır (öteleme) veya merkez noktaları etrafında döndürülür. Stereoskopik görüntü elde edildikten sonra, görüntüyü bozmadan büyültme küçültme olanağı vardır. Buraya kadar yapılan hareketlere "Karşılıklı Yönelme" denilmektedir. Her stereoskopik modeldeki noktalardan en 3 tanesinin yersel yöntemlerle ölçülmesi gereklidir. Kontrolü sağlamak amacıyla bu noktaların sayısı genellikle 4 tane alınır. "Oryantasyon noktası" denilen bu noktalar, Koordinatlarına ve yapılacak haritanın ölçeğine göre bir kâğıda yerleştirilirler. Bu şekilde hazırlanan harita kâğıdı, Şekil No: 7



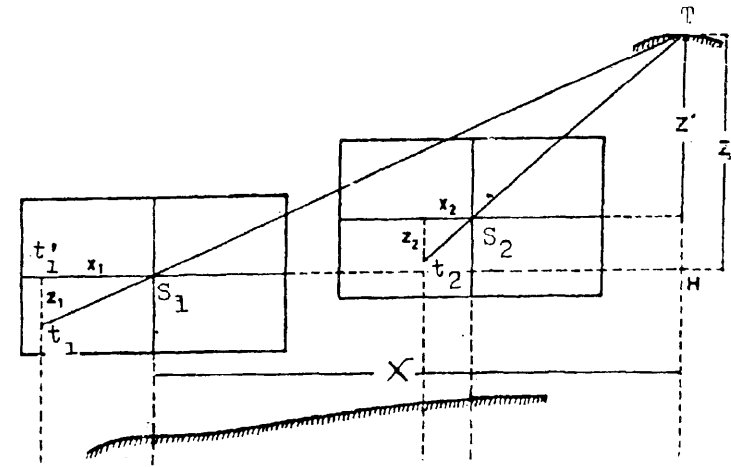
Şekil No: 5

Şekil No: 2'de görülen aletle çekilen 2 fotoğraftan yararlanılarak, arazideki noktaların X ve Y değerlerinin nasıl hesaplandığını açıklayan şekil. Objektiflerin merkezleri S_1 ve S_2 noktalarıdır. P_1 ve P_2 çizgileri filimlerin (Negatif klişelerin) üstten görünüşleridir. Şeklin tamamı, fotoğraf makinelerinin ve ölçülen boyutlarla hesaplanacak boyutların yatay düzlem üzerindeki izdüşümlerini göstermektedir. Arazideki T noktasının filimler üzerindeki karşılıkları t_1 ve t_2 dir. Bu noktaların fotoğraflar üzerinde ölçülen apsislerinden (x değerlerinden) yararlanılarak T noktasının arazideki koordinatları hesaplanabilmektedir. Şekilde X ve Y değerleri gösterilmiştir, şeklin ölçeği 1/1 dir.

de görülen aletin çizim masasına yerleştirilir. Bu kâğıda çeşitli hareketler yaptırılır ve stereoskopik modele uygun hale getirilir.

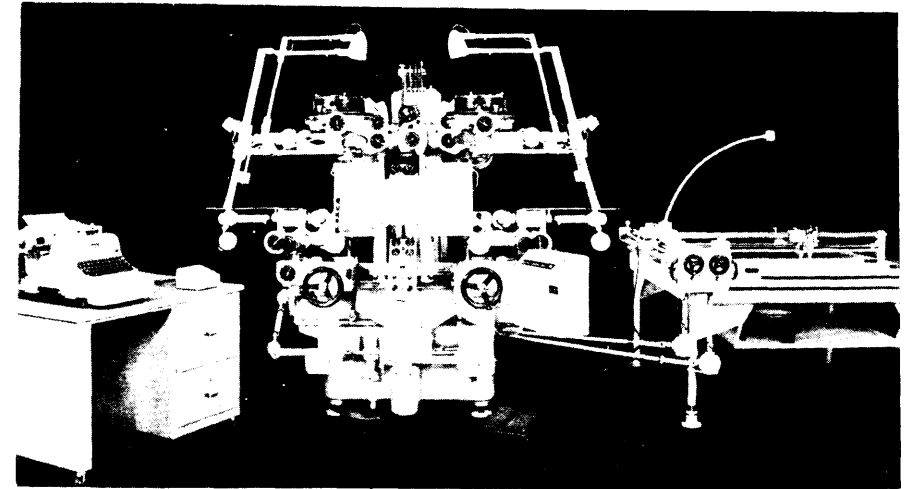
Alet içerisinde Stereoskopik model üzerinde hareket edebilen bir ışıklı nokta bulunur. Özel çarklar yardımıyla bu ışıklı noktaya yatay ve düşey hareketler yaptırılabilir, çizim masasındaki kalemde aynı hareketleri yapar. Işıklı nokta oryantasyon noktalarından biri üzerine yerleştirildiğinde, kalemin kâğıttaki Oryantasyon noktası üzerine gelmesi gerekir. Oryantasyon noktalarının hepsinde bu durum sağlanıncaya kadar, harita kâğıdına çeşitli hareketler yaptırılır, veya Stereoskopik görüntü büyütülür veyahut küçültülür.

Işıklı nokta, Stereoskopik model üzerindeki "Oryantasyon Noktalarına" getirildiğinde çizim masasındaki kalem, harita kâğıdındaki karşıt oryantasyon noktalarına gelirse, ayar işleri tamamlanmış olur. Bundan sonra filimler de harita kâğıdı da asla oynatılmaz. "Karşılıklı Yönelme"den sonra yapılan, bu ikinci ayara "Kesin Yönelme" denilmektedir.



Şekil NO: 6

Şekil No: 2'de görülen aletle çekilen 2 fotoğraftan yararlanılarak, arazideki noktalar arasındaki kot farklarının nasıl hesaplandığını açıklayan şekil. Şeklin tamamı, fotoğraf makinelerinin ve ölçülen boyutlarla, hesaplanacak boyutların, düşey düzlem üzerindeki izdüşümlerini göstermektedir. s_1 ve s_2 objektiflerin merkezleri, aynı zamanda fotoğraflar üzerindeki x ve y eksenlerinin kesim noktalarıdır. Aletin borusu tam olarak yatay tutulunca, fotoğraflar aynı hizada olur, eğik tutulursa farklı yükseklikte olurlar. Şekilde sağdaki fotoğrafın soldakinden daha yüksekte tutulduğu görülmektedir. Bu şeklin ölçeği de Şekil No: 5'de olduğu gibi 1/1 dir, yani arazinin aynısıdır.



Şekil No: 7

Bir çift fotoğraftan yararlanılarak harita çizen, birinci sınıf modern bir alet. Ortada aletin ana kısmı bulunmaktadır. Fotoğraf çiftinin filimleri, ana gövdede yatay duran 2 cam üzerine yerleştirilir ve üzerlerindeki projektörler yakılır. Filimlerdeki görüntüler, çeşitli merceklerden geçtikten sonra, operatörün gözlerine gelirler. Filimler oynattırılarak stereoskopik görüntü elde edilir. Alet içerisinde bulunan bir ışıklı nokta, özel çarklar yardımı ile, stereoskopik model üzerinde gezdirilir. Bu gezi yaptırılırken, sağdaki çizim masasında harita çizilir. Soldaki yazı makinesi, ışıklı noktasının bulunduğu yerin koordinatlarını ve kotunu otomatikman yazar.

Yönelme işleri tamamlandıktan sonra, haritanın çizimine geçilir. Özel çarklar yardımıyla, ışıklı nokta Stereoskopik Model üzerinde gezdirilirken, kalem de aynı çizgiyi çizer. Işıklı nokta, bir derede gezdirilirse kalem dereyi çizer, yolda gezdirilirse yolu çizer. Işıklı nokta bir yamaç üzerinde ve daima aynı yükseklikte olmak koşuluyla gezdirilebilir. Bu hareket yapılırken, kalem eşyükselti eğrisini çizer.

Işıklı noktanın, her an bulunduğu yerin koordinatlarını ve kotunu, okuma olanağı bulunmaktadır. İstenirse bu değerler, soldaki yazı makinesine otomatik olarak yazdırılabilir. Çok duyarlı olan bu alet yardımıyla, arazideki bütün sivri noktaların, örneğin minarelerin ve bina köşelerinin koordinatları bulunabilir.

Fotoğrafik Yöntemle, İnsan Yüzünün Haritasının Yapılması

Harita denilince akla, genellikle arazi haritası yani, arazinin yatay düzlem üzerindeki izdüşümünün, bir ölçeğe göre küçültülmüş şekli gelmektedir. Arazinin sade yatay bir düzlem üzerindeki şekli gösterilirse "Planimetrik Harita" yapılmış olur. Arazideki bütün noktaların yükseklikleri de gösterilirse "Topoğrafik Harita" yapılmış olur. Yükseklikleri göstermek için genellikle eşyükselti eğrilerinden yararlanır.

Fotogrametri bilimi uygulama alanına çıkmadan önce, harita yapmak çok zor bir işti. Arazideki bütün noktaların, teker teker ölçülmesi gerekirdi. Bu nedenle, arazisi küçük ve tekniği çok ileri ülkeler ancak arazilerinin haritalarını yapabilmişler, diğerleri yapamamışlardır. Fotogrametri bilimi geliştikten ve yaygınlaştıktan sonra, gelişmekte olan ülkeler de haritalarını yapmaya başlamışlardır.

Gelişen Fotogrametri tekniği son yıllarda, çeşitli objelere ve canlılara uygulanmaya başlanmış ve onların da eşyükselti eğrili haritaları yapılır hale gelmiştir. Örneğin ; tarihi değeri olan bir binanın kapısındaki veya kubbesindeki kabartma şekillerinden ve desenlerin, hiç el sürmeden haritalarını yapmak bütün boyutlarını saptamak kolaylıkla yapılabilen işler haline gelmiştir. Bu şekilde yapılan haritalara "Röleve" denilmektedir.

İstanbul Teknik Üniversitesindeki ve Yıldız Üniversitesindeki, Jeodezi ve Fotogrametri Bölümlerinin laboratuvarındaki olanaklarından yararlanarak böyle bir çalışma yapmış bulunuyoruz. Aşağıda bu çalışma açıklanmıştır.

Yukarıda haritanın çizilebilmesi için, Önce "Karşılıklı Yönelme"nin, daha sonrada "Kesin Yönelme"nin yapılmasının zorunlu olduğu, bunları yapabilmek için de yersel yöntemle ölçülmüş "Oryantasyon Noktaları"nın bulunmasının gerektiği , önemle belirtilmişti. Haritası yapılacak objenin yakınında bulunan bir mira ve bir invar latası bu gereksinmeyi karşılamaktadır.

Yaptığımız çalışmada kullandığımız 2 fotoğraftan biri Şekil No: 8'de görülmektedir. Bu fotoğraf ve eşi, Şekil No:2'de görülen aletle çekilmiştir. Fotoğrafta görülen miranın bütün çizgileri, Oryantasyon noktaları olarak kullanılabilir özelliktedir. Arkada sehpa üzerine yerleştirilmiş bir İnvar Latası (Yatay Lata) görülmektedir. Latanın uçları arasındaki uzaklık tam ol-arak 2 m.'dir. Üçgen şeklinde gösterilmiş olan bu noktalar da, oryantasyon noktası olarak kullanılmıştır. "Kesin Yönelme"nin duyarlı bir şekilde yapılabilmesi için "Oryantasyon Noktaları"nın fotoğraf köşelerine yakın olması gereklidir. Bu nedenle mira üzerindeki noktalar yeterli bulunmamış ve İnvar Latasından da yararlanılmıştır. Fotoğraf makinelerinin arasındaki uzaklık (Baz), 60 cm. olarak alınmış ve bu durumda fotoğraflar çekilmiştir.

Fotoğraf filimleri çekiliş durumunda olmak koşulu ile, yani sağdaki sağda, soldaki solda olmak koşulu ile, Şekil No: 7'deki alete yerleştirildi, Karşılıklı ve Kesin yönelmeler yapıldıktan sonra harita çizildi. Kesin yönelme yapılırken, ışıklı nokta, invar latasının uçlarına getirildiğinde, çizgi kaleminin gösterdiği noktalar arasındaki uzaklığın, harita ölçeğine göre tam 2m. olması sağlandı. Aynı şekilde ışıklı nokta, mira çizgilerine getirildiğinde, kalem ucunun gösterdiği noktalar arasındaki uzaklıkların, miradaki karşılıkları kadar olması sağlandı.

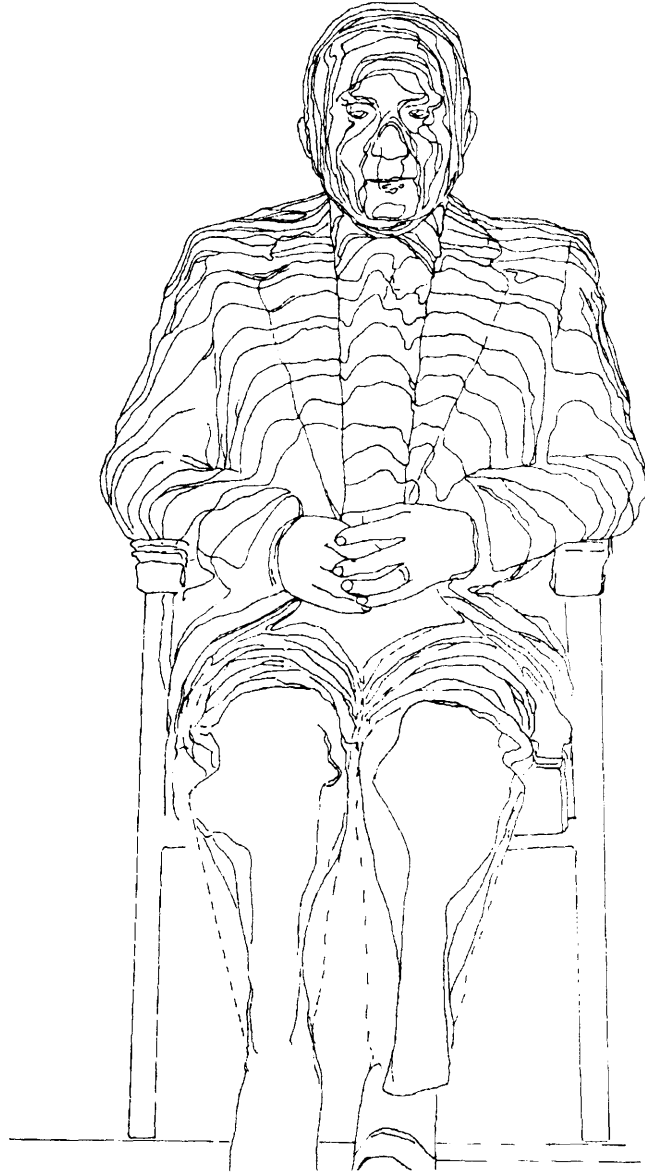
Aynı fotoğraflardan yararlanarak 2 tane harita yaptık. Birincisi Şekil No: 9 da görülmektedir. ayakta tepeye kadar bütün gövdeyi kapsamaktadır. Orijinali 1/5 ölçeğinde olan bu haritada, eşyükselti eğrileri, gövdede 2 cm. yüzde 0,5 cm. aralıkla geçirildi. İkinci harita Şekil No: 10'da görülmektedir. Orijinali 1/2 ölçeğinde olan bu harita, sadece yüzü ve boynu kapsamaktadır, eşyükselti eğrileri 2 mm. aralıkla geçirilmiştir.

Yapılan gövde ve insan yüzü haritaları, kabartma haritaya dönüştürülebilir, böylelikle büst elde edilebilir.



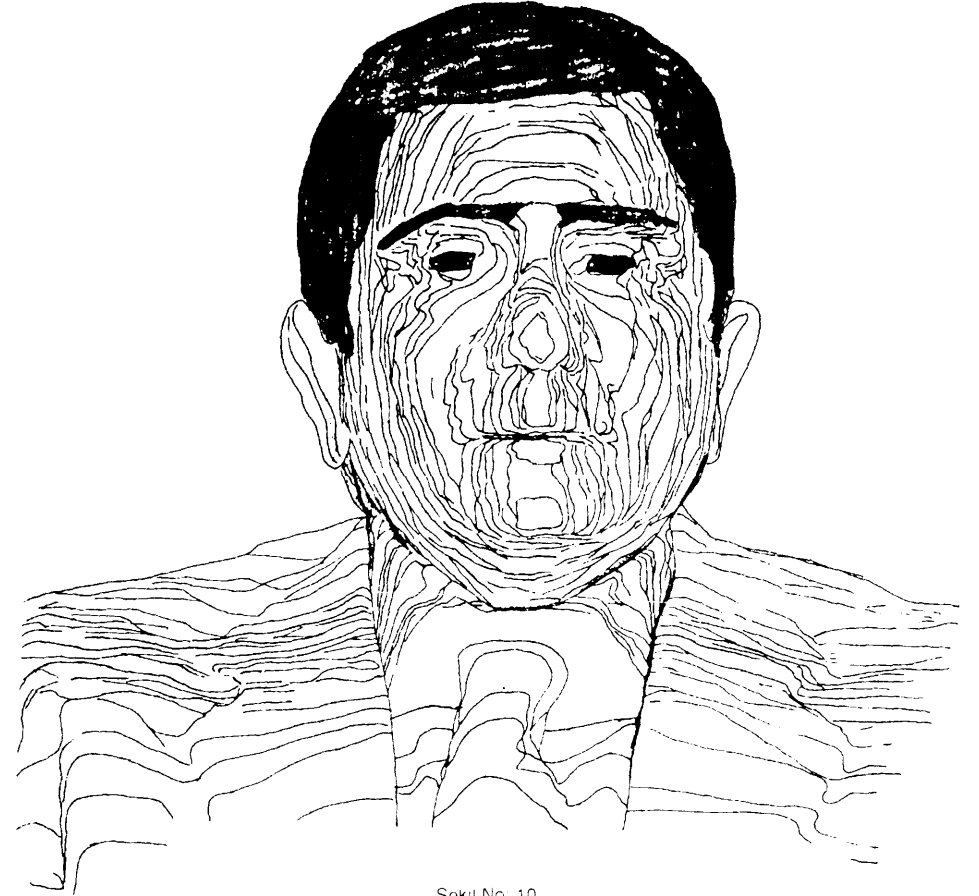
Şekil No: 8

Bir insan gövdesinin veya yüzünün, topoğrafik haritasının (Eşyüksekti eğrili harita), yapılmasında kullanılan komşu 2 fotoğraftan biri. Bu fotoğrafta yüzün sağ tarafı diğerinde ise sol tarafı daha büyük görünmektedir. Fotoğrafların her ikisinde aynı anda çekilmiştir ve şekil NO: 2'deki alet kullanılmıştır. Fotoğrafların çekildiği anda makinelerin objektiflerinin merkezleri arasındaki uzaklık (Baz büyüklüğü), 60 cm. idi. Şekilde düşey duran miranın çizgileri oryantasyon noktası olarak kullanılmıştır. Arkada sehpa üzerinde yatay duran bir lata (Invar Latası) görülmektedir. Uzunluğu 2 m. olan bu latanın uç noktaları da oryantasyon noktası olarak kullanılmıştır.



Şekil No: 9

Bir insan gövdesinin topoğrafik haritası. Şekil No:2'de görülen aletle çekilen 2 fotoğraf (Fotoğrafların biri Şekil No: 8'de), Şekil No:7'deki aletle yerleştirildikten sonra, önce karşılıklı, sonra kesin yöneltmesi yapılmış ve daha sonra yukarıdaki harita çizilmiştir. Orijinali 1/5 ölçeğinde olan bu haritada, eşyükseleli eğrileri gövdede 2 cm. yüzde ise 0.5 cm. aralıkla geçirilmiştir.



Şekil No: 10

Bir insan yüzünün topoğrafik haritası. Şekil No: 9'daki haritanın yapımında kullanılan alet ve fotoğraflardan yararlanılarak bu harita da yapılmıştır. Orijinali 1/2 ölçeğinde olan bu haritada, eşyükseleli eğrileri 2 mm. aralıkla geçirilmiştir. Bu haritadan kabartma harita yapılabilir ve büst elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, 1975 *Manual of Remote Sensing, Vol.11 Interpretation and Falls Church, Virginia, 1775. S. (869-2144)*
- AYTAÇ, M. *Fotogrametri ve Uzaktan Algılamanın Türkiye'de Uygulanması. I.Ü. Coğrafya Enstitüsü Dergisi Sayı 23, S. 161 - 170.*
- CARVER, K, 1982. *The NASA Radar Remote Sensing Program, IEEE Digest 1982, mt. Geosci. Remote Sensing Symposium, Münih, Vol.1 TP7.1.1 - 1.6*
- ERDİN, K, 1986. *Fotoyorumlama ve Uzaktan Algılama, I.Ü.Orman Fakültesi Yayınları, I.Ü. Yayın No: 3404, İstanbul, 183 S.*
- FINSTERVALDER, R. - Hofmann, W. 1968. *Photogrametrie, Walter de Gruyter, Berlin, New York, (çevirisi : Aytaç, M. - Örmeci, C. - Altan, O. Fotogrametri, I.T.Ü. Kütüphanesi Sayı 1242 İstanbul, 1983, 456 S.)*

- Guidard, J. - Bruzzi, S. - Pike, T. 1982. *Characterization Of Sar - Images*, IEEE Digest 1982 Int. Geosci. Remote Sensing Symposium, Münih, Vol. 2, TA5, S. 1.1 - 1.6.
- KAYDEL, 1982. *Application Possibilities Of Active Microwave Systems for Sensing. A. Survey of Respective Devlr Activities*, IEEEĞ Digest 1982 Int. Geosci. Remote Sensing Symposium Münih, Voll Wps.S.1.1 - 1.5.
- NASA 1977. *Skylab Earth Resources Data Catalog, NO. 3300 - 00586, US. Government Printing Office ashington D.C.*
- ÖRMECI, C. 1987 *Uzaktan Algılama. I.T.Ü. İstanbul.*
- THOME, P. 1982. *The Use Of The Space Shuttle For Land Remote Sensing*, IEEE Digest 1982 Int. GEosci. Remote Sensing Symposium, Münih, Vol.1 WA9.S.3.1 - 3.6
- TOKMANOĞLU, T 1983. *Fotogrametri. I.Ü. Orman Fak. Yayınları. NO. 298 İstanbul. 146 S.*
- TOKMANOĞLU, T 1985. *Kartografyada Otomasyon. Orman Fakültesi Dergisi. Seri B. Cilt 35. Sayı 4. S. 1-14*
- TOKMANOĞLU, T 1986. *Uydu Yardımıle, Sulu Tarım Alanlarının Saptanması ve Alanlarının bulunması, Orman Fakültesi Dergisi . Seri B. cilt 36. Sayı 1. S. 11-20.*
- TOKMANOĞLU, T 1986. *Kızılötesi Işımlar Yardımıle Hayvanların Isılarını Ölçmek ve Yerlerini Bulmak. Orman Fakültesi Dergisi. Seri B. Cilt 36. Sayı 2. S 1-16.*
- TOKMANOĞLU, T 1986. *Uzaydan Çekilen Fotoğraflar Yardımıyla Ayın ve Türkiye'nin Haritalarının Yapılışı . Orman Fakültesi Dergisi. Seri B. Cilt 36. Sayı 3.*
- TOKMANOĞLU, T 1986. *Uydu Aracılığı ile Jeodezi. Orman Fakültesi Dergisi. Seri B. Cilt 36. Sayı 4. S 1 - 10.*
- TOKMANOĞLU, T. 1987. *Uydu Fotoğraflarında Kalitenin Yükseltilmesi, Orman Fakültesi Dergisi . Seri B. Cilt 37. Sayı 1. S 20 - 39*
- TOKMANOĞLU, T. 1987. *Sayısal Fotoğraf (Dijital Fotoğraf). Orman Fakültesi Dergisi. Seri B. Cilt 37. Sayı 2. S 1-19.*
- TOKMANOĞLU, T. 1987. *Termal Işımlarla Uzaktan Algılama (Termografi). Orman Fakültesi Dergi-si. Seri B. Cilt 37. Sayı 3. S 1-22.*
- WELLMAN, J. - Breckinridge, J. - Kupferman, P. - Salazar, R. 1982. *Imaging Spectrometer: An Advanced Multispectral Imaging System Concept*, IEEE Digest 1982 Int. Geosci. Remote Sensing Symposium Münih, Vol. 1 WP2, S.4.1-4.5.
- WOLF, P.R. 1974. *Elements of Photogrametry (With air photo intepretation and remote sensing)*, McGraw - Hill Book Company, 562 S.