

Jeodezide Uzaklıkların Elektromagnetik Metodlar İle Ölçülmesi

Y. Müh. Mehmet Gündoğdu ÖZGEN
(İ. T. Ü.)

Şaşılabacak derecede kısa bir zaman zarfında elektromagnetik uzaklık ölçme alet ve metodları günlük Topoğrafya ve Jeodezi tatbikatında kullanılma sahası bulmuş ve birçok memlekette bu metodlar müteaddit problemlerin halli için kullanılmağa başlanmıştır.

Bu metodlar hakkında yapılmış olan yayın, mecmualarda çıkan makale ve ayrı baskılar ile, kongre ve günlere ait ve elde edilmeleri müşkül olan rapor ve tebliğlere istinat ettiğinden, metodları toplu olarak veren yayının eksikliği hissedilmektedir. Bu hususta tarafımızdan yazılmış olan iki kitabın 1964 yılı içinde basılacağını ümit etmekteyiz. (Literatür 1 ve 2 ye bakınız.)

Bu yazı tafsilâta kaçmadan, okuyucuya gayet kısa ve toplu bir halde metod ve aletler hakkında bir fikir vermek ve neticede jeodezik çalışmalarda tatbik edilebilmeleri için bazı fikirler belirtmek maksadiyle kaleme alınmıştır.

1 — T A R İ H Ç E

Son zamanlarda radyo dalgaları sahasında sürekli şekilde vaki gelişmelerin neticesi olarak bu metodların jeodezik uzaklıkların ölçülmelerinde de başarı ile tatbik edilmeleri imkânı elde edilmiştir.

Radyo dalgaları ile ölçme metodlarında prensip itibariyle elektromagnetik dalgalar kullanılmaktadır. Bunun için dalgalar yayılmakta ve geri gelen dalga tesbit edilip, seyir müddeti ölçülmektedir.

Jeodezyenler meselâ bugün kıtaları birbirine bağlayacak ölçmeleri kolaylıkla yapabilmek, fotoğrametristler de muhtelif fotoğrametrik harita projelerinde, lüzumlu kontrol ağlarını seri ve gayet ekonomik şekilde tesis etmek imkânını elde etmiş bulunmaktadırlar. Bu metodlara "Radar Jeodezisi,, veya "Elektronik Takeometri,, ismini vermek herhalde yanlış değildir.

Elektromagnetik dalgalar, elektrik ve radyo dalgaları, termik dalgaları, ışık dalgaları, ultraviyole ışınları, röntgen ve gamma ışınlarının sahaslarını ihtiva etmektedir.

Bu dalgalardan, kısa olanların emilme kabiliyetleri fazladır. Bu sebeple bunlar uzaklık ölçme için uygun görünmemektedir. Sıcaklık dalgaları kendilerine uygun alıcı cihazın duyarlılığının az olması hasebiyle uzaklık ölçmek için kullanılmamaktadır. Neticede uzaklık ölçmek için ışık dalgaları ile elektrik dalgaları en uygun gelmektedir. Genel olarak düşünülürse esas itibariyle elektromagnetik dalgalar düz dalga şeklinde yayılmaktadır. Bundan başka bir verici cihaz tarafından bu dalgalar yayıldıkları esnada polarize edilirler. Bu yayılma (propagasyon) doğrultusu, dalga enerjisinden hasıl olan elektriksel alan doğrultusu ve magnetik alan daima birbirlerine dik durumda bulunurlar.

Elektrik dalgalarının ışık dalgaları gibi yansıtılabilmeleri, kırılabilmele-ri veya saptırılabilmele-ri hatırd tutulması icap eden bir özelliktir. Elektronik jeodezinin gelişmesi birdenbire ortaya çıkmış değildir. Pek tabii, uzun seneleri alan bir ön çalışma safhası mevcuttur.

1928 senesinde Prof. Karolus ve Dr. Mittelstaedt'in Kersel yardımı ile ışık dalgalarını modüle etmeği başarmaları üzerine elektro-optik uzaklık ölçmesinin gelişmesi başlamıştır.

1927 senesinde Finli Jeodezyen Vaeisaelae uzaklıkların ölçülmesi için ışığın enterferans (girişim) tezahürlerinden istifade etmeği başarmıştır.

Elektriksel uzaklık ölçme metodlarının bir kısmında ise ışık yerine, kısa dalgalar, ultra kısa dalgalar, desimetrik veya santimetrik metodlar kullanılmaktadır. Bu metodlar esas itibariyle II. Dünya Harbinde geliştirilmiştir.

1945 yılında ilk defa Amerika Birleşik Devletlerinde, radar tekniği ile jeodezik uzaklıkların tayininde ilk çalışmalara başlanmıştır.

Müteakip yıllarda geliştirilen Shoran metodu 1947 de ilk defa Kanada'da evvelâ deneme maksadiyle bilâhare elde edilen tatmin edici neticeler üzerine 1949 ilâ 1953 yıllarında Kanada'nın Trilâterasyon ağının ölçülmesinde başarı ile kullanılmıştır.

Son senelerde Shoran metodu geliştirilmek suretiyle Hıran metodu ortaya çıkmıştır ki bu iki metod esas itibariyle aynıdır.

1948 yıllarında İsveç'li jeodezyen Bergstrand ilk defa uzaklıkları elektro-optik (ışık dalgaları ile) yollarla ölçen bir alet geliştirmiştir (Jeodimetre).

1954 yılında bir Güney Afrika firması tarafından geliştirilen Tellürometre'de elektrik dalgalarından istifade edilmiş olup, bu alet bu sahada en son ve en rasyonel alet sıfatını taşımaktadır.

2 — GİRİŞ

Jeodezik uzaklık ölçülmesi, fiziksel yeryüzü üzerinde kesin olarak belli iki nokta arasının bulunması olarak tarif edilir. Genellikle uzayda eğik

olarak bulunan boylar yataya ve muayyen bir jeodezik referans yüzeyine indirgenir. Yeryüzünde üzerlerinde yürünülebilen kısa uzaklıkların, lâtalar, teller, şeritler veya optik metodlar ile ve metoda göre değişik çalışma sonunda 1:2,000.000 oransal presizyon'a varan bir incelikte doğrudan doğruya ölçülebilmelerine mukabil, uzun ve çok kere üzerinde yürünemiyen uzaklıklar endirekt metodlar ile ölçülür.

Son on sene zarfında geliştirilmiş olan fiziksel ölçme ve mevki tayini metodlarının uzun boyların jeodezik olarak ölçmesinde de başarı sağladıkları tesbit edilmiştir. Bu metodlardan bir kısmı bilhassa çok büyük uzaklıkların ölçülmesini görüş şartlarının bulunmayıp ve ancak gözleme şartlarının mevcut olduğu hallerde (karanlık, sis, bulut v.s. gibi) de mümkün kılmaktadırlar.

3 — FİZİKİ ESASLAR :

Genel olarak elektriksel boy ölçme işi bir zaman ölçme işidir. Boyu gidiş ve dönüş kateden bir elektromagnetik işaretin seyir müddeti ölçülürse

$$s = v \cdot t \quad (\text{Zaman - Yol denklemi})$$

şeklinde uzaklık bulunur. Burada (v) elektromagnetik dalgaların yayılma hızı ve (t) de gözlenen seyir müddetidir. Seyir müddeti gayet ufak birimler (milimikrosaniye = 10^{-9} saniye) cinsinden ifade edilir. Bu kadar ufak zaman etalonunu tatbikatta ancak elektromagnetik dalgaların titreşim süresi vermektedir. Bu sebepten zaman ölçümü şu veya bu şekilde bir frekans etalonuna bağlı olmakta ve dolayısıyla zaman ölçmesi bir frekans ölçmesi şeklini almaktadır.

Frekans ölçülecek uzaklık, presizyon, kesinlik v.s. şartlara göre yapılmaktadır.

Elektromagnetik dalgaların yayılma hızı vakumda en büyük değeri olan (C_0) 1 alır. 3. Maxwell denklemine göre

$$v = \frac{C_0}{\sqrt{\mu \epsilon}} = \frac{C_0}{n}$$

bağıntısı yazılabilir. Burada (C_0) vakumdaki dalga hızını, (ϵ) ortamın dielektrik ve (μ) de permeabilite katsayılarını göstermektedir. Vakum için $\mu = 1$ ve $\epsilon = 1$ dir. $n = \sqrt{\mu \epsilon}$ paydası ortamın kırılma endisi olarak isimlendirilir ve değeri, temperatür, hava basıncı ve hava nemliliğine yani havanın yoğunluğuna tabidir. Bu faktörlerden amprik olarak elde edilmiş muhtelif formüller vardır.

1963 yılında Berkeley (USA) de toplanan Beynelmîlel Jeodezi ve Jeofizik Birliğinin 3. kararına göre muhtelif cins dalgalar için şu kırılma endisi formüllerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

1 — Modüle edilmemiş monokromatik ışık için Edlen formülü
(O°C ve 760 mm. Hg. basıncı için)

$$(n - 1) 10^8 = 6.786,1 + \frac{3111,799}{146 - \sigma^2} + \frac{26,943}{41 - \sigma^2}$$

veya Barrell ve Sears formülü

$$(n - 1) 10^7 = 2876,04 + \frac{16,288}{\lambda^2} + \frac{0,136}{\lambda^4}$$

kullanılmalı ve bu formüller cari şartlara

$$n_L = 1 + \frac{n - 1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{p}{760} - \frac{0,000\,000\,55\,e}{1 + \alpha t}$$

formülü ile indirgenmelidir.

2 — Modüle edilmiş ışık için

$$n_g = n + \sigma \frac{dn}{d\sigma} = n - \lambda \frac{dn}{d\lambda}$$

ve

$$n_L = 1 + \frac{n_g - 1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{p}{760} - \frac{0,000\,000\,55\,e}{1 + \alpha t}$$

formülleri kullanılmalıdır.

3 — Radyo - mikrodalgalar için Essen ve Froome formülü olan

$$(n - 1) \cdot 10^6 = \frac{103,49}{T} (p - e) + \frac{86,26}{T} \left(1 + \frac{5748}{T}\right) e$$

tavsiye edilmektedir.

Bu formüllerde,

n, Normal temperatur ve normal basınç altında ve % 0,03 CO₂ ihtiva eden kuru havanın kırılma endisini

n_g, Modüle edilmiş ışık için havanın müessir kırılma endisini

n_L, Mevcut şartlardaki havada ışık için müessir kırılma endisini

σ, Radyasyonun müessir frekansını (mikron)⁻¹ olarak

λ, Radyasyonun mikron olarak müessir dalga uzunluğunu

t, T, Santigrad ve Kelvin olarak temperaturü

P, mm. Hg. olarak hava basıncını

α, Havanın genleşme katsayısını (0.003661)

e, mm. Hg. olarak kısmî su buharı basıncını göstermektedir.

Elektromagnetik dalgalar ile uzaklık ölçülmesinde esas alınacak vakumdaki ışık hızı değeri olarak

$$C_0 = 299\,792,5 \pm 0,4 \text{ km./saniye}$$

alınması 1957 de Toronto'da toplanan IUGG'nın (International Union for Geodesy and Geophysics Beynelmîl Jeodezi ve Jeofizik Birliğinin) 11. Genel toplantısında tavsiye edilmiştir.

Bu değer ile beynelmîl mahiyette bir ölçme birliğinin sağlanması kabil olmuştur. Fakat jeodezik ölçmelerin neticeleri bu değerî düzeltilmesinin icap ettiğini göstermektedir. $\pm 0,4$ km/saniye şeklinde verilen hatalar, son senerlerde yapılan bütün ışık hızı ölçmelerinin bu sınırlar içinde birbirlerine intibak ettikleri kabulüne istinat etmektedir. Fakat gerçek durum bu değildir. Ancak elimizde, Toronto'da kabul edilen değerden daha iyisi bulunmadığı müddetçe, bu değerin bütün ölçmeler için kullanılması uygun olacaktır.

Bütün aletlerde esas ittihaz edilen uzaklık denklemi,

$$s = \frac{C_0}{n} \cdot t$$

olup, hatalı bir C_0 değerinî s üzerindeki tesiri,

$$\frac{ds}{s} = \frac{dC_0}{C_0}$$

olur. Yani C_0 daki rölâtif bir hata, neticeye rölâtif bir uzaklık hatası şeklinde tesir etmektedir. Binaenaleyh C_0 in mümkün olduğu kadar doğru bir şekilde tesbitinin büyük önemi vardır.

4 — ELEKTROMAĞNETİK DALGALARIN YÖRÜNGE EĞRİSİ :

Elektromagnetik dalgaların yörünge eğrisinin şekli, içinden seyredilen hava tabakalarının kırılma endisine tabidir. Bu ise, ancak 100 Km. yi aşan sınırlar için önemli bir değeri bulmaktadır. Bu takdirde bu eğri yörünge eğrisinin, giriş uzunluğuna indirgenmesi icap ettiği gibi, eğer meteorolojik tafsilât, ölçülecek boyun yalnız iki ucunda tesbit edilebiliyor ise, bu tafsilâta istinaden hesap edilecek ortalama (v) elektromagnetik dalga hızını, yörünge eğriliği ile bu eğrilik sebeble tesir edecek hava tabakaları sebeble, düzeltmek icap edecektir. Kirişe indirgeme ve hız düzeltmeleri ters işaretlidir. Genel olarak yörünge eğrisi, yaklaşık olarak bir daire yayı kabul edilir. Işık için, bu daire yayı yörüngesinin çapı, yeryüzü çapının 6 katı alınır. Santimetrik ve metrik dalgalarda eğriliği tayin etmek, bunların demetlenmelerinin çok ufak olmaları haseble oldukça zor bir iş olmaktadır. 3 Cm. lik dalga uzunlukları için yeryüzü yarıçapının 4 katı bir değer tesbit edilmiştir. Çok büyük uzaklıkların ölçüldüğü metrik dalgalar için,

kuru hava tabakalarında 6 kat, rutubetli hava tabakalarında ise 3 kat bulunmuştur.

5 — ELEKTROMAĞNETİK DALGALAR İLE UZAKLIK ÖLÇME METODLARININ TASNİFİ.

Bu metodları birkaç esasa göre tasnif etmek kabildir.

5. 1. FİZİKİ PRENSİPLERİNE GÖRE TASNİF.

Metodlar prensiplerine göre şu şekilde tasnif edilebilir :

1° — Impuls metodları

2° — Faz açısı (farkı) ölçme metodu

3° — Impuls ve faz farkı metodu (Röleli göndericili metod)

4° — Enterferans metodu

1° — Impuls metodunda, bir elektromağnetik impulsun, verici cihazdan reflektöre ve oradan da tekrar alıcıya kadar seyrettiği (gidiş - dönüş) yol için geçen zaman ölçülür. Impuls metodu bütün Radar metodlarının esasıdır ve büyük uzaklıkların seri bir şekilde fakat düşük presizyonla ölçülmeleri için kullanılmaktadır.

2° — Faz açısı (farkı) ölçme metodunda, alınan elektromağnetik dalganın, gösterilen dalgaya nazaran faz farkı (kayması), ölçülecek uzaklık için bir baz olmaktadır. Faz farkı ölçülmesi metodunda iki cins dalga kullanılmaktadır.

a - Elektrik dalgalarının taşıyıcı dalga olarak kullanılması

b - Yüksek frekanslı modüle ışık dalgalarının taşıyıcı dalga olarak kullanılması

Modüle edilmiş elektromağnetik dalgaların kullanıldığı metodları modülasyon şekline göre ikiye ayırmak kabildir.

a - Amplitüdü modüle edilen sistemler, amplitüd modülasyonlu metodlar,

b - Frekansı modüle edilen sistemler, frekans modülasyonlu metodlar,

3° — Hem impuls ve hem de faz açısı ölçülen metod olarak tatbik edilebilecek diğer bir metod da röleli göndericili bir metodtur. Bu metodda reflektörlerin yerine bir alıcı ve bir gönderici cihaz kullanılmaktadır. Bu gönderici, alıcı cihaz tarafından alınan dalgaları amplifike etmekte (kuvvetlendirmekte) ve kısmen de başka bir frekansta geri göndermektedir. Röleli metodun avantajları meyanında elektrik sarfiyatının az olması ve büyük uzaklıkların ölçülmesi söylenebilir.

4° — Enterferans metodunda, boy ölçmeleri için ışık dalgalarının enterferans (girişim) tezahürlerinden istifade edilmektedir. Bütün metodların en presizyonlusudur.

5. 2. ELEKTROMAGNETİK DALGALARIN HUSULE GETİRİLMESİNE GÖRE TASNİFİ.

Uzaklık ölçmede kullanılan elektromagnetik dalgaların hasıl edilmesine göre elektro - optik ve elektronik metodlar şeklinde bir tasnif daha yapmak kabildir.

1° — Elektro - optik metod, sun'i bir ışık kaynağının yardımile elektromagnetik ışık dalgaları hasıl edilen bütün boy ölçme metodlarını içine almaktadır.

2° — Elektronik metod, bir elektriksel titreşim devresi kullanılmak suretile elektrik dalgaları elde edilen bütün boy ölçme metodlarını içine almaktadır.

5. 3. GEOMETRİK METODLARA GÖRE TASNİF.

Elektromagnetik boy ölçme işinde, uzaklık ya doğrudan doğruya yahut da iki istasyona olan uzaklık farkları şeklinde ölçülmektedir. Bu bakımdan 3 metod tefrik edilebilir :

1° — Dairesel veya impuls - eko metodu

2° — Hiperbolik veya faz farkı metodu

3° — Doğrusal (kutupsal, tek istasyonlu) metod

1° = Dairesel metodda, bir noktanın konumu iki uzaklık dairesinin kesim noktası ile tayin edilir. Bu daireler, iki belli bir yer istasyonundan uçuş halindeki bir uçağa olan elektromagnetik uzaklık ölçmeleri ile elde edilmektedir. İki dairenin iki kesim noktası verdiği düşünülürse, ortada bir belirsizlik var imiş gibi bir fikir edinmek lâzımdır. Zira asıl noktaya tekebül eden kesim noktası yaklaşık olarak evvelden kestirilebildiğinden, diğer kesim noktasının alınması gibi bir durum bahis konusu olmamaktadır.

2° — Hiperbolik metodda, üç basit nokta seçilmektedir. Bunlardan ikişer tanesine olan uzaklık farkları tayin edilmek suretile, iki hiperbol eğri ailesi elde edilmekte ve bunların kesim noktası aranan noktayı vermektedir.

3° — Doğrusal metodda uzaklık, bir istasyondan doğrudan doğruya ölçülmektedir. Bu metodu ikiye ayırmak kabildir.

a - Tek ışınli metodlar

b - İki ışınli metodlar

a - Tek ışınli metodda, ölçme için tek bir elektromagnetik ışın kullanılmaktadır ve tek bir verici ile tek bir alıcı cihaz kâfi gelmektedir.

b - İki ışınli metoddā, iki ayrı elektromāġnetik ışın kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi ana istasyondan karşı istasyona gönderilirken, diġeri karşı istasyondan ana istasyona gönderilir. Dolayısıyla bu metoddā, iki gönderici ve iki alıcı cihaz kullanılmaktadır.

5. 4. KULLANILMA MAKSADINA GÖRE TASNİF.

Metodların kullanılma maksatlarına göre de bir tasnif yapmak kabildir.

1° — Hava metodları : Hava navigasyon ve mevki tayini metodu,

2° — Deniz metodları : Deniz navigasyon ve mevki tayini metodu,

3° — Yeryüzü metodları : Yalnız karalar üzerindeki noktalar arasındaki uzaklıkların ölçülmesi ve mevki tayini metodu.

5. 5. ÖLÇME SINIRLARINA GÖRE TASNİF.

Ölçme sınırlarına göre metodlar üçe tasnif edilebilir:

1° — 100 ilâ 500 km. ve daha fazla uzaklıkların ölçülmesinde kullanılan metodlar.

2° — 60 km. ye kadar üçgen kenarları ile uzaklıkların ölçülmesinde kullanılan metodlar.

3° — 150 ilâ 2000 m. ye kadar çok kısa uzaklıkların ölçülmesinde kullanılan metodlar.

5. 6. NETİCE

Aşağıdaki şema bütün metod ve aletlere ait genel bir bilgi vermektedir. (Tablo I)

6 — ALETLERİN KISA OLARAK TANITILMASI :

6. 1. DAİRESEL METODLARA AİT ALETLER.

1 — GEE - H

İsim Grid'in G harfinin fonetiğinden çıkmıştır. Bu metoddā, gönderici cihaz uçakta ve alıcılar yeryüzündeki iki sabit noktada bulunmaktadır. Alet, takriben 10 m. uzunluğundaki dalga boyları ile çalışmakta ve sağladığı presizyon takriben ± 50 m. dir.

2 — OBOE

İsim "Observed Bombing of Enemy,, ifadesinden elde edilmiştir.

Bu metoddā verici her iki sabit noktada, alıcı cihaz ise uçakta bulunmaktadır. Uçuş rotası, merkezi istasyonlarından biri olan ve evvelce tesbit edilmiş yarıçaplı bir dairedir. Diġer istasyondaki ölçmelerden elde edilen uzaklık dairesinin bu rota dairesi ile kesim noktası, ölçülmesi istenen nokta olmaktadır. Alette, II. Dünya Harbinin başlarında 1,25 m. dalga

uzunluğunda ve harbin sonunda ise 0.09 m. dalga uzunluğundaki dalgalar kullanılmıştır. Sağladığı presizyon, 300.400 km. uzaklıklar için takriben ± 20 m. civarındadır.

2 — SHORAN - HIRAN

Shoran ismi (**Short Range Aerial Navigation**) ve Hiran ismi (**High Precision Shoran**) ifadelerinin kısaltılması ile elde edilmiştir.

Shoran bir kör uçuş aletinin ismidir. Shoran ve Hiran teçhizatı ile, uçahta bulunan bir ölçme teçhizatının iki sabit yer noktasına uzaklığı impulslerin seyir müddetinden elde edilmektedir. Alıcılar işaretleri aldıktan sonra kuvvetlendirmekte ve geri göndermektedir. Her iki yer istasyonunun konumu belli ise, uzaklıkların her birisi birer küre belirtir. Bu küreler, yer istasyonları etrafında ölçü yapılan noktaların geometrik yeridir. Ölçülen her iki uzaklıktan her iki kürenin ara kesiti olarak alımın üzerinde bulunması icap eden bir daire elde edilir. Ölçmeler esnasında aynı zamanda, ölçme yapılan noktanın yüksekliği de tesbit edilirse, artık bu noktada kesin olarak belli demektir. Uçak ölçülecek boya takriben dik olarak uçar ve eşit zaman aralıklarında, boyun her iki ucundaki istasyonlara olan uzaklıklar ölçülür. Bu işlem asgarî 16 defa tekrarlanmalıdır. Uzaklıkların toplamının minimum değerinden, uçağın yüksekliği ve her iki yer istasyonunun yükseltisi bilinmek şartıyla, bu iki yer noktasına olan jeodezik uzaklıklar tayin edilir. Metodda kısa dalgalar kullanıldığından ve kısa dalgalar da ancak düz doğrular şeklinde yayıldıklarından, antenlerin çok uzun olması icap etmektedir. Bu ise ölçme sınırını daraltmaktadır. Bu metod, dairesel metodların jeodezide en fazla başarı ile kullanılan şeklidir. Hiran, Shoran'ın geliştirilmiş ve bilhassa jeodezik [ölçmelerde kullanılan şeklidir. Sistemin sağladığı presizyon 500 km. de 30 m. civarındadır.

4 — E. P. I. (Electronic Position Indicator)

Hidroğrafik ölçmelerde kullanılan bu metodun prensibi aynen Shoran gibidir. Verici cihaz gemide, alıcı cihazlar iki yer istasyonunda bulunmaktadır. Elde edilen presizyon 500 km. de takriben ± 40 m. dir.

6. 2. HİPERBOLİK METODLARA AİT ALETLER :

6. 2. 1. İMPULS METODLARI :

Gerek Gee ve gerekse Loran, İngilizlerin Harp içinde hava navigasyonu için geliştirdikleri metodlardır.

1 — G E E

Bu metodda dört istasyondan müteşekkil ve yıldız dizisi ismi verilen yer noktaların ana verici cihaz merkezde ve diğer vericiler kabaca bir daire teşkil edecek şekilde bunun etrafında bulunurlar. Alıcı cihaz bir ge-

midde bulunmaktadır. Ana istasyondan tayin edilen ritm ile diğer vericiler aynı taşıyıcı dalgalar üzerinde sürekli olarak yöneltilmemiş impulsler göndermektedir. Bu impulsler hareketli alıcı cihaz tarafından alınmakta ve bir vericiden gelen işaretlerin seyir müddetleri farkları olarak faz farklarını tayin için kıymetlendirilmektedir.

2 — L O R A N

Bu isim (Long Range Navigation) ifadesinden gelmektedir.

Loran çok geniş sahaların ölçülmesi için geliştirilmiş olup verici cihazlar karada, alıcı cihaz gemide bulunmaktadır. Sağladığı presizyon 500 ilâ 2500 km. de $\pm 2,5$ km. ilâ ± 14 km. olup, jeodezik maksatlar için kâfi değildir. Loran metodunun, birbirinden farklı 5 çeşidi vardır.

Gerek Gee ve gerekse Loran'ın presizyonu jeodezik ölçmeler için kâfi değildir.

6. 2. 2. FAZ FARKI METODLARI

1 — DECCA

Bu metod, navigasyon ve jeodezik maksatlar için İngiltere'de geliştirilmiştir. İki verici cihaz, araları, kullanılan dalga uzunluğunun tam katlarına eşit olacak şekilde bulunmaktadır. Her iki verici aynı frekansda, sürekli ve eşit fazlı elektromagnetik dalgalar göndermektedir.

Her iki verici cihazı ihtiva eden bir düzlemde, karşılıklı yayılan dalga dizilerinde her zaman için fazda yani aynı titreşim durumunda bulunan noktaların geometrik yerleri hiperbol eğri ailesi olarak verilir ve bunların odak noktalarında her iki gönderici cihaz bulunur. Sistemin sağladığı presizyon 400 km. de takriben ± 10 m. kadardır. Karalar üzerindeki ölçmelerde bu presizyon, zemin örtüsü ve zemin cinsi tesiri altında sağlanamamaktadır.

Decca'nın da başka özellikler taşıyan muhtelif şekilleri vardır.

2 — RAYDIST

Bu Amerikan metodu tamamen Decca sistemine benzer. Bunda fark ana ve yardımcı vericilerin senkronize çalışmamasıdır. Bu sistem, hareketli bir verici cihaz, iki veya daha fazla sabit bir referans verici ve faz ölçerli bir ana aletten mürekkeptir. Gönderilen her iki dalganın faz farkları özel bir röle istasyonunda tayin edilen sistemin presizyonu takriben 150 Km. de ± 8 metredir. Muhtelif tipleri mevcuttur.

3 — LORAC METODU - RANA

İsim (Long Range Accuracy) ifadesinden alınmıştır. Sistem dört radyo vericisinden tereküp etmektedir. Bu vericilerden yapılan yayınlar iki hiperbolik enterferans eğri ailesi vermekte ve bunlar koordinat sistemi

olarak kullanılmaktadır. Özel bir radyo alıcı bu enterferans eğrilerini uzaklıkları verecek bir gösterge tertibatına sevk ederek, bir alıcının hiperbolik koordinat sisteminde konumunu vermektedir. Sağladığı presizyonun jeodezik maksatlar için kâfi olup olmadığı bilinmemektedir.

Fransız Rana metodu, jeodezik ölçmeler için geliştirilmiş bir teknik olmakla beraber, elimizde fazla bir bilgi mevcut değildir.

6. 3. DOĞRUSAL METODLARA AİT ALETLER

6. 3. 1. RADAR METODLARI

1 — A. P. R. (Air Profile Recorder)

Hava navigasyonundan kullanılan desimetrik dalgalı bir eko aletidir. Alet tepe açısı $1,5^\circ$ kadar olan bir demet halinde ve yeryüzüne dik şekilde dalga gönderir. Bu suretle sürekli olarak yeryüzünden uçağın yüksekliğini kaydeder. Yükseklikleri ± 1 m. presizyonla ölçmek kabil olmaktadır.

2 — P. P. I. RADAR (Plân Position Indicator)

Bu da hava ve deniz navigasyonunda kullanılır. Bir kutupsal koordinat sisteminin başlangıç noktasında uçak bulunmakta ve civar detay bu sistemde tesbit edilmektedir. Sağladığı presizyon A. P. R. mertebesindedir.

3 — LINE - SCAN RADAR

P. P. I. ye benzeyen ve onun geliştirilmiş bir şeklidir. Seri haritacılık istikşaf ölçmelerinde ümit verici neticeler sağlamaktadır.

4 — RADYO ALTİMETRESİ

Havadan nivelman yapmağa yarıyan bir metod olup vasi ve ayak basılmamış bölgelerin düşey profillerinin çıkarılmasında kullanılmaktadır.

5 — FREKANS MODÜLASYONLU ALTİMETRE

Uçağın yeryüzünden yüksekliğini gösteren bir metoddur. Uçaktan yeryüzüne elektromagnetik bir dalga gönderilmekte, oradan yansıtılıp tekrar uçaktan alınmaktadır.

6. 3. 2. Elektronik Metodlara ait Aletler

Bu aletlerde yüksek frekanslı radyo dalgaları (mikro dalgaları) kullanılmaktadır. Bu suretle yeryüzünde ölçmeler gece ve gündüz yapılabilmektedir. En marufu Tellürometredir.

1 — TELLÜROMETRE

Bu sistem dış görüşleri itibariyle tamamen birbirinin aynı olan iki aletten mürekkep olup bunlardan birincisi ana. diğeri karşı alet olarak isimlendirilmektedir. Ana istasyon, 10 M Hz. olarak frekans modülasyonlu

3 G Hz.lık (dalga uzunluğu 10 cm.) dalga yaymaktadır. Bu dalga karşı istasyon tarafından alınmakta modüle edilmeden geri gönderilmektedir. Ana istasyonda gönderilen ve tekrar alınan dalgaların modülasyon frekanslarının fazları mukayese edilmektedir. Faz farkı bir katod ışını tüpünde (ossiloskop) daire şeklinde bir izin kesilmesi suretile görülmektedir. Bu metodun çok manalılığı müteaddit büyüklükteki modülasyon frekanslarında yapılan uygun ölçmeler ile bertaraf edilmektedir.

Tellülo metre bir Güney Afrika firmasında, wadley tarafından, yeryüzündeki 10-80 km. ye kadar uzaklıkların ölçülmesi için geliştirilmiştir. Firma 1959-60 da çok düzeltilmiş yeni bir model imal etmiştir. MRA 2 modelinde ana ve karşı aletler, bir aletle birleştirilmiş ve bir şalter yardımı ile isteğe uygun olarak ana veya karşı alet fonksiyonlarını görmesi sağlanmıştır. Bu suretle Trilâterasyon ağlarında zamandan büyük tasarruflar yapmak kabil olmuştur. Son tellülo metre modeli MRA 3 dür. Bu modelde, ışıklı gösterge yerine bir sayaç konmuştur. Bu sayaç bir ampermetrenin sıfıra getirilmesi ile okunabilmektedir. Ölçülecek boyun iki uç noktasındaki operatörlerin bir birlerini görmesine lüzum yoktur. Kısa uzaklıklarda ölçme doğrultusu 30° içinde ve büyük uzaklıklarda 10° ilâ 15° içinde belli ise, istasyonlar arasında irtibat temin edilmiş demektir ve ince olarak yöneltme elektronik yol ile sağlanabilir.

Gündüz ve gece, sisli havada ve hafif yağmurda aynı şekilde ölçme yapılabilir, Arada bulunacak, münferit ağaçlar, münferit evler yahut da ufak tepeler ölçmeye herhangi bir engel teşkil etmemektedir.

Tellülo metre sisteminin ortalama presizyonu $(3 \cdot 10^{-6} + 3 \text{ cm})$ dir.

300 km. ye kadar hava ölçmeleri için Aerodist, 40 km. ye kadar hidrografik ölçmeler için Hydrodist, mevki tayinleri için henüz geliştirilmekte olan Terrafiks modelleri mevcuttur.

2 — ELEKTROTEYP

Aynı prensibe dayanan ve 1958 yılının başlangıcından beri bir Amerikan firması tarafından imâl edilen bu alet büyük ümitler vermektedir. Bu sistemde faz farkları bölümlü bir kadrandan terekkep edecek şekilde seçilmektedir. Havanın kırılma endisinin, esas ittihaz edilen ortalama kırılma endisinden farkları bir düzeltme ile nazarı itibara alınmaktadır. Her Elektroteyp aleti, aynı zamanda hem ana ve hem de karşı alet olarak kullanılabilir. Elde edilen bilgilere göre, bu alet Tellülo metreye nazaran yersel refleksiyon tesirlerinden daha az müessir olmak gibi bir üstünlük göstermektedir. Sağladığı presizyon, firması tarafından $(3 \cdot 10^{-6} + 1 \text{ cm.})$ olarak verilmektedir.

3 — DISTOMAT DI 50

Wild firması tarafından 1962 yılının sonbaharında piyasaya çıkarılmıştır. Esas itibariyle antenli bir gönderici ile bataryalı bir ölçme aletinden tereküp etmektedir. Elektromağnitik dalgaların seyir müddeti hemen uzaklığa tahvil edilmektedir.

3 cm. lik taşıyıcı dalgalarla 100 m. ilâ 50 km. ye kadar uzaklıkların ölçülmesinde kullanılan bir mikro dalga sistemidir. Sağladığı presizyon $(3.10^{-6} + 2 \text{ cm.})$ dir.

4 — METRİMPEKS

Tellülometreyi takliden imâl edilmiş bir Macar aleti olup hakkında fazla bilgi yoktur.

5 — ELEKTRONİK TEODOLİT

Kanada'da geliştirilmiş bu aletle (Microwave Position Fixibg System) bir gemiden 3 sahil noktasına olan açılar gözlenmekte ve sayaçtan okunmaktadır.

6. 3. 3. Elektro - Optik Metodlara ait Aletler

Bu metodda, fizikî yoldan hasıl edilen yüksek frekanslı modüle edilmiş ışık dalgaları ölçme işi için kullanılmaktadır. Aletler tek ışıklı metoda göre çalışmaktadırlar. Işık fleşleri bir ışık modülatöründe husule getirilmektedir. Entansite modülasyonu için, esas itibarile Kersel, kristal modülatör, ultrasonik (difraksiyon) modülâtör, enterferans modülatörü, mekanik modülâtör veya impuls ışığı kaynağı kullanılmaktadır. Bu aletlerin büyük bir kısmı henüz gelişme halindedir.

1 — ENTERFERANS MODÜLATÖRLÜ ALET

Bu sistemde, amplitüd modülasyonlu ışık akımı elde etmek için ışık enterferansından istifade edilmiştir. GO 1-1936 olarak isimlendirilen bu ilk elektro - odrik uzaklık ölçer ile 17 km. ye kadar uzaklıklar 1/200.000 oransal hata ile ölçülmüştür.

2 — İMPULS IŞIK KAYNAKLI ALET

Işık radarı olarak da isimlendirilen bu aletle ışık kaynağı olarak bir impuls lâmbası bulunmaktadır. Bu impuls lâmbası impuls modülasyonlu bir ışık akımı hasıl etmektedir.

Sağladığı presizyon takriben $\pm 2 \text{ m.}$ mertebesindedir.

3 — MEKANİK IŞIK MODÜLATÖRLÜ ALET

Bu aletle ışık modülasyonu için dönen bir dairesel plâk ile bir plâk

kullanılmaktadır. Sabit plâkta aynı genişlikte şeffaf ve şeffaf olmayan sektörler bulunmaktadır. Alet gelişme halinde olup elde edilen presizyon 1/40.000 mertebesinde.

4 — ÜLTRASONİK MODÜLÂTÖRLÜ ALET

Paralel cidarlı ve sıvı ile dolu bir cam kap içinde piyezoelektrik tesirli bir malzemeden bir plâk konursa, bu sıvıda ultrasonik ile duran dalgalar husule getirilebilir. Alternatif bir akımın tatbiki ile bu tertibatta, çıkan ışığı modüle etmek kabil olmaktadır. GOI-1955 olarak isimlendirilen bu aletle ± 4 cm. presizyon sağlanabilmektedir.

5 — KRİSTAL MODÜLÂTÖRLÜ ALETLER

Bir kristale bir elektrik alanı tatbik etmek suretile kristalin öz piyezoelektrik efekti ve çift kırılma elde edilir. Polarizatörler ile birlikte bu suretle çıkan ışığı modüle etmek kabil olmaktadır. Bu şekilde modülâtörlü aletlerden Terrametre henüz gelişme halinde olup sağladığı presizyon 3-5 km. ölçme uzaklıkları için ± 1 cm. dir.

İkinci alet olan VUSTK-Prag, 2-3 km. lik ölçme sınırı için ($5.10^5 D + 5$ cm.) nin presizyon sağlamaktadır.

6 — KERSEL MODÜLÂTÖRLÜ ALETLER

Kersel, nitrobenzol gibi bir sıvıya bir elektrik alanının tatbiki sonunda elde edilen çift kırılmanın polarizatörler ile ışığı modüle etmesi esasına istinad etmektedir. Çift kırılma tatbik edilen gerilime tabidir.

Bu tip aletlerin en marufu Jeodimetredir.

1 — JEODİMETRE

Halen seri halinde imâl edilen ve çok büyük başarı ile kullanılan ilk elektro-optik uzaklık ölçeridir.

Jeodimetre ismi (Geodetic Distance Meter) ifadesinden alınmıştır.

Aletten gönderilen modüle edilmiş ışık dalgası ölçülecek boyun diğer ucunda bulunan özel reflektörlerden yansıtılmakta ve tekrar Kerselde alınmaktadır. Gönderilen ve yansıtılan ışığın şiddetindeki değişiklik Kerselde bir akım doğurmakta ve iki impulsün faz farkı ölçülen boyu vermektedir.

Jeodimetrinin muhtelif modelleri vardır :

- NASM I 5-40 km. uzaklıklar için, presizyonu (± 2 cm. + D. 10^{-6})
- NASM II 5-40 km. uzaklıklar için, presizyonu (± 2 cm. + D. 10^{-6})
- NASM III 3-25 km. uzaklıklar için, presizyonu (± 8 cm. + 1, 5. D. 10^{-6})
ilâ
(± 5 cm. + 1, 5. D. 10^{-6})

NASM IV 5 km.ye kadar uzaklıklar için

Gündüzleri 500 m.ye kadar, presizyonu ($\pm 1,5$ cm, $+ 3$. D. 10^{-6})

2 — EM_c — EDM

200 ilâ 2000 m. gibi kısa uzaklıklar için geliştirilmiş bir alet olup sağladığı presizyon 2-3 cm. mertebesinde bir. Tam olarak gelişmesi bitirilememiştir.

3 — SWW 1

3 ilâ 15 km. ye kadar uzaklıkları 10^{-6} mertebesinde ölçen bir alettir.

6. 3. 4. IŞIK ENTERFERANSI METODUNA AİT ALET

Uzaklık ölçen aletlerin en presizyonlusudur. Daha çok standart bazların tesis ve ölçülmesinde kullanılmaktadır. Bu alet, Finlandiya'lı jeodezyen Vaisaelae tarafından, uzaklıkları, ışık ışınlarının girişimi ile ölçme prensibine istinad etmek suretiyle geliştirilmiştir. Ölçme prensibi olarak Fraunhofer enterferans tezahürleri kullanılmaktadır. Paralel ve koherent ışık dalgaları iki yarıklı bir diyaframdan geçtikten sonra bir dürbünün odak düzleminde birleşmektedir. Sağladığı presizyon 10^{-7} olup atmosfer şartlarına tabidir.

Aletin ölçme sınırı 1 km. kadar olup, arazi ölçmeleri için uygun değildir. Daha uzun boyları, kısımlara ayırmak yoluna gidilebilir ise de 864 m. nin takriben 1 ay zarfında ölçüldüğü düşünülünce, işin maliyetinin jeodezik ölçmelerle kabili telif olmadığı anlaşılır.

Aletlerin teker teker bundan fazla açıklanması bu yazının konusunun çok dışına çıkmakta ve sınırlı olan sayfeler içinde açıklanması da gayri mümkün görülmektedir. Bu bakımdan konuya alâka gösterecek okuyucuların Literatür kısmında verilen eserlere müracaatları rica olunur.

7 — TRİLÂTERASYON

Elektromagnetik uzaklık ölçme metodları, tatbikatta genel olarak üçgen ağlarında (nirenge triyangülasyon ağlarında) kenarların doğrudan doğruya ölçülmesi için kullanılmaktadır. Bu şekildeki trilaterasyon ağları, triyangülasyon ağlarından köşegen bağlantılarının mevcut olması bakımından fark göstermektedir. Elektromagnetik uzaklık ölçülmesinde, uç noktalar arasında görüş şartı mevcut olduğu takdirde boylarla birlikte açılar da ölçülebilir. Buna istinaden de trilaterasyonun şekli veya trilaterasyon ile triyangülasyonun kombine edilmesi bahis konusu olmaktadır.

8 — ELEKTROMAGNETİK UZAKLIK ÖLÇÜLMESİNİN JEODEZİDE TATBİK İMKÂNLARI

Elektromagnetik uzaklık ölçülmesi jeodezide, trilâterasyon ağlarının kenarlarını ve köşegen bağlantılarını ölçmek, uzaysal trilâterasyon ağ geliştirmeleri ve elektromagnetik takeometri için tatbik edilebilir.

Bu metodlar ile sağlanan presizyon genel olarak yedi faktöre bağlıdır:

- 1 — Alet hataları
- 2 — Atmosfer durumu
- 3 — Zeminin geometrik ve elektriksel özellikleri
- 4 — Yörünge eğrisinin jeoid'e göre konumunun tayindeki presizyon
- 5 — Ölçmelerin yapıldığı profilin şekli
- 6 — Işık hızına ait bilgi
- 7 — Yataya indirgeme.

Aksidantel alet hataları ölçmelerin tekrarlanması, sistematik alet hataları ise uygun gözleme metodları ve aletlerin kontrolü ile geniş ölçüde zararsız hale getirilebilir.

Atmosfer tafsilatına ait ölçmelerdeki hatalar, sistemin esasını teşkil eden ışık hızının yanlış tayin edilmesine sebebiyet verebilir. Vakumdaki C_0 hızındaki bir hata bir ölçek hatası şeklinde sistematik özellik arzettiğinden tehlikeli değildir. Buna mukabil (n) deki bir hata aksidantel mahiyettedir ve dolayısıyla elektromagnetik uzaklık ölçümünde bir sınırlandırmaya sebebiyet verir.

Arazi profili presizyon bakımından iki şekilde tesir eder. Birincisi, yansıma noktalarının ortaya çıkması, ikincisi ise gözleme ışını zemine yakın olarak seyrettiğinde, zeminin iletkenliğinin elektromagnetik dalga hızına olan tesiridir.

Yüksekliklerin hatalı şekilde tayin edilmeleri neticesi olarak, eğik olarak ölçülmüş olan uzaklığın yataya indirgenmesinde yapılacak hata nazarı dikkatten kaçmamalıdır. Yükseklikler çok kere barometrik olarak tayin edilmekte ve dolayısıyla bu hatalar atmosfer durumuna tâbi olmaktadır.

Netice olarak, elektromagnetik uzaklık ölçülmesinde aletlerin ileri gelen herhangi bir sınırlandırma bahis konusu değildir. Fakat meteorolojik şartlar ve bilhassa kırılma endisi ile ışık hızında yapılacak hatalar büyük ehemmiyet taşımaktadırlar. Jeodezik deneylerle ışık hızının tahkiki ve düzeltilmesi pek kabil görülmemektedir. Kırılma endisinin presizyon araştırmalarında yalnız meteorolojik tafsilatın değil, hesap formüllerini de hatları

nazarı itibara alınmalıdır. Elektromagnetik uzaklık ölçümünün presizyon ve verimi, doğrudan doğruya meteorolojik tafsilâtın presizyonuna bağlıdır.

Bu faktörlere göre, elektromagnetik uzaklık aletlerinin sınırlandırılmasının, jeodezik presizyonun fonksiyonu olduğu ortaya çıkmaktadır. Tersine olarak, bu metodlarla, önemli problemleri düşük presizyonla kısa bir zamanda çözmek imkânı kolaylıkla sağlanmaktadır.

9 — NETİCE MÜTALÂALAR

Yeryüzünde kullanılan aletlerin mukayesesi herhalde enteresan olmaktadır.

Acaba bu metodların istikbaldeki gelişmeleri ne şekilde tezahür edecektir ? Aşikâr olan husus, bu aletlerin presizyonunun istendiği kadar artırılmasının kabil olmadığıdır. İmâlatçı firmalar pek tabii aletlerinin presizyonlarını artırmak için gayret sarfetmektedirler. Fakat takriben 10 km. ye kadar olan kısa mesafelerin ölçülmesi için, presizyonu artırmak daha fazla önem kazanmaktadır. 10 km. nin üstündeki boylarda, okuma hatasının büyük bir rolü olmamaktadır. Buna mukabil, bu büyük uzaklıklarda, tam olarak tesbit edilemeyen atmosfer tesirleri önem kazanmakta ve bir presizyon sınırlaması ortaya çıkmaktadır.

Bugün, oldukça ağır ve boyutları büyük olan aletleri ufaltmak, sarfiyatı azaltmak ve ölçme müddetini kısaltmak hususları çok daha önemli gözükmektedir. Ancak bu hususlar temin edildikten sonra elektromagnetik uzaklık ölçerlerin, mühendisliğin günlük çalışmalarında kullanılması kabil olacaktır.

Işık dalgaları ile mikro dalgalarından hangisinin tercih edileceğini, ile iriki gelişmeler gösterecektir. Bugün için, pahalı elektro - optik uzaklık ölçerler, mikro dalga aletlerine nazaran mutlak presizyonları bakımından üstün gibi gözükmektedirler. Buna mukabil, mikro dalgalı uzaklık ölçerler, elektro - optik uzaklık ölçerler, elektro - optik uzaklık ölçerlere nazaran çok daha hafif ve ufak eb'atta imâl edilebilmektedir.

Klâsik ölçme metodları ile elektromagnetik uzaklık ölçmesinin mukayesesi yapıldığında şu şekilde bir tablo elde edilir.

Görülmektedir ki, elektromagnetik metodlar, klâsik baz ölçmelerinin oransal presizyonunu sağlamaktadır.

Oransal presizyon, en fazla meteorolojik tafsilâtın tesbit presizyonuna tabi olmaktadır. Meteorolojik tafsilâtın ölçülme presizyonu ise ölçme sınırına bağlıdır. Değişken atmosferik şartların, elde edilen kırılma enlisine olan tesirinin daha fazla önem kazandığı uzun mesafelerde, ışık dalgaları daha fazla presizyon sağlamaktadır. Buna mukabil, bu aletlerle, geceleri

TABLO II

	ÖLÇME METODU	Presizyon
1	Arazi ölçmeleri, topoğrafi	$1. 10^{-3}$
2	Poligonasyon	$1. 10^{-4}$
3	Triangülasyon	$1. 10^{-5}$
4	İnvar ile baz ölçmeleri	$1. 10^{-6}$
5	Jeodimetre Tip II Jeodimetre Tip III Jeodimetre Tip IV	$1. 10^{-6} + 2 \text{ cm.}$ $2. 10^{-6} + 5 \text{ cm.}$ $2. 10^{-6} + 1 \text{ cm.}$
6	Tellürometre	$3. 10^{-6} + 3 \text{ cm.}$
7	Distomat	$3. 10^{-6} + 2 \text{ cm.}$
8	Elektroteyp	$3. 10^{-6} + 1 \text{ cm.}$
9	Enterferans komparatörü	$1. 10^{-7}$

birkaç saatten müteaddit geceler yapılan gece ölçmelerine atmosferin tesiri daha fazla olmaktadır. Halbuki mikro dalgalar pratik olarak her havada ve gündüz ve gece yapılabilir.

Bu arada pek tabii işin ekonomik olması problemi ortaya çıkmaktadır. Eğer münferit bazların çok presizyonlu ölçümleri bahis konusu ise, tereddütsüz Jeodimetre en uygundur. 10 km. yi aşan, çok adetteki trilâterasyon boylarında mikro dalgalı aletler daha uygun görünmektedir.

10 km. den daha kısa mesafelerde şartlar tamamen değişiktir. Poligonasyon, mühendislik jeodezisi, ağ sıklaştırmaları, kontrol noktaların tayinlerinde birkaç km. uzunluğundaki boyların ölçülmesi bahis konusu olmaktadır. Bu uzaklıkları ışık dalgaları ile yalnız geceleri değil, gündüzleri de 1,5 km. ye kadar ve Jeodimetre Model 4 D ile hatta 5 km. ye kadar ölçmek kabil olmaktadır.

Jeodimetrenin diğer bir avantajı da, karşı istasyonda pahalı bir alet ile özel olarak yetiştirilmiş bir operatör yerine, ucuz bir reflektör ve yalnız bunu kurmaya memur edilen bir yardımcının kâfi gelmesi hususudur. Reflektörler ile kutupsal ölçmelerin kolaylıkla yapılması kabil olmakta ve mikro dalgalı aletlere nazaran ekonomi sağlamaktadır.

Alet ve gözleme hatalarının analizi ve hataların yayılması kanununa göre bunların toplam hatalarının bulunması, yalnız elektro - optik metodlarda kabil olmaktadır. Mikro dalgalı metodlarda, gözleme hatalarının

tesbitindeki zorluklar sebebiyle bu husus yerine getirilememektedir. Burada elektromagnetik uzaklık ölçmenin henüz çözilememiş problemi ortaya çıkmaktadır. Mikro dalgaların ışınlarını dar bir şekilde denetlemek sağlanmadığından, direkt ölçme ışını yeryüzünden yansıyan dalgalar ile ihlâl edilmekte ve bazı ahvalde ölçme yapmak kabil dahi olmamaktadır. Direkt ve yansıyan ışınların girişimi, ölçme neticelerini hatalı kılan faz ötelemelerine sebebiyet vermektedir. Yersel refleksiyon (ground swing) ve bunun neticesi olan "Gözleme Hatası,, müteaddit faktörlere bağlı olup, henüz sayısal değerlerle ifade edilememektedir.

Yalnız yersel refleksiyonun tesirini azaltmak için şu tavsiyelerde bulunmak kabildir:

1 — Alet mümkün olduğu kadar alçak kurulmalıdır.

2 — Yersel refleksiyonu bertaraf eden

a - Impuls modülasyonlu

b - İkinci bir modülasyon frekansı

devreleri kullanılmalıdır.

Binaenaleyh netice olarak mikro dalgaları ile ölçmelerin, hiç değilse şimdilik, daha zahmetli olduğu kolayca söylenebilir.

Işık dalgaları ile mikro dalgalarının mukayesesi için bir tablo tertip etmek kabildir.

T A B L O I I I

Metod	Presizyon	Ölçme Sınırı	İktisadî olarak ölçülecek boy ve iş
Işık dalgaları	1.10^{-7}	Gece 30 km. Gündüz 5 km.	Baz ölçmeleri 1 — 10 km.
Mikro dalgaları	1.10^{-6}	Gece, gündüz her türlü havada 80 km.	Trilaterasyon 1.10 km.

Elektromagnetik uzaklık ölçerlerin jeodezi ve mühendislik topoğrafyası çalışmalarında kullanılabilmeleri için şu şartları sağlamaları icap etmektedir :

1 — Birinci mertebeden Triangülasyon için kâfi presizyon,

2 — 0,1 ilâ 5 km. arasında ölçme sınırı,

3 — Boy ve açı ölçmelerinin müstareken yapılabilmesi,

4 — Aletler, hafif, nakli ve kurulmaları kolay olmalıdır.

5 — Kullanılmaları kolay olmalı, uzun surelerde alet muntazam çalışmalı, sağlam ve arzi çalışmalarına uygun olmalıdır. Şalterler sağlam olmalı. Operatörlerin fazla bilgiye ihtiyaçları olmadan kullanılmaları sağlanmalıdır.

6 — Okuma tertibatı emin ve çabuk şekilde çalışmalı, ölçmeler günün saatlerinden bağımsız olmalıdır.

7 — Fizikî indirgemeler asgarî olmalıdır.

8 — Elektrik sarfiyatı az olmalıdır.

Devrimizde zaman en önemli faktördür. Bu sebeple, bu seri ve presizyonlu elektromagnetik metodları daha fazla kullanmak imkânları zorlanmalı ve çözüm mutlaka bulunmalıdır.

L İ T E R A T Ü R

1 — M. G. Özgen

Elektromagnetik Dalgalar ile Uzaklıkların Ölçülmesi Devlet Su İşleri tarafından bastırılmaktadır.

2 — M. G. Özgen

Uzaklıkların Ölçülmesinde Elektronik ve Elektro - Optik Metodlar,

İ. T. Ü. İnşaat Fakültesi 1964 Yayın programında basılacaktır.

