

1871 den 1971 e
ÖLÇME TEKNİĞİ VE GEODEZİ
(Bir Karşılaştırma)

Yazan : F. HUNGER

Çeviren : Yük. Müh. Yb.
Ergun UĞUR

"Zeitschrift für Vermessungswesen Dergisinin Ağustos 1971 tarihli 8. sayısında yayınlanan F. HUNGER'in bu yazısı, yalnız Almanya için değil, Geodezi alanında uzunca bir geçmişi bulunan bütün ülkeler için ilgi çekici olmalıdır. Yazının Türkçeye çevrilerek Harita Dergisinde yayınlanmasını, Zeitschrift für Vermessungswesen Dergisinin yönetmeni Sayın Prof. Dr. GROSSMANN'a borçlu bulunuyoruz."

E. UĞUR

"Dieser Artikel von F. HUNGER, der erst in Zeitschrift für Vermessungswesen Heft 8, August 1971 erschienen wurde, soll nicht nur für Deutschland sondern auch für alle Länder, die im geodätischen Gebiet eine längere Vergangenheit haben, sehr wissenswert sein. Wir sind dafür vor allem Herrn Prof. Dr. GROSSMANN, der Schriftleiter von zfv, dankbar, der uns den Artikel in Türkische zu übersetzen und in "Harita Dergisi" herauszugeben freundlicherweise erlaubte."

1. Giriş

Alman Ölçmeciler Birliği (Deutscher Verein für Vermessungswesen) nin son yüz yılı, şöyle bir soruya yol açabilir: Bu yüzyılın içinde Ölçme Tekniği ve Geodezide değişen nedir? Zamanın 1871 i ile şimdiki 1971 arasında belirgin bir ayırım var mı? Gelişme nereye doğru? Aşağıda bu sorulardan hiç olmazsa ilk ikisini yanıtlamayı deneyeceğiz.

Alman Geometriciler Birliğinin 16 Aralık 1871 tarihli yönetmeliğinin 1. Paragrafında birliğin amacı anlatılırken "Tüm Ölçme Biliminin yükselmesi" ve gelişmesi... ancak bilimsel verilerin ve pratik deneylerin yayılması ile... denmekte. Görüldüğü gibi birliğin uğraşı alanı içinde, pratik uygulamalarını yayılması için çalışma gereğine ilk ağızda değinilmektedir.

2. Boy Ölçümü

Birliğin hemen daha ilk iki oturumunda, 1872 de Eisenach'ta ve 1873 de Nürnberg'de, boy ölçümlerinin tahta ölçü lataları ile mi yoksa çelik ölçü lataları ve şeritleri ile mi daha doğru yürütülebileceğinin saptanmasını araştırmak üzere, deneme ölçüleri ortaya konuldu. Bu deneme ölçülerinde işin pratiği, gerekli zaman ve erişilebilen kesin (siz) lik, bugünkü 1000 veya 2000 m. lik uzunlukları birkaç dakika içinde (kurma zamanı ile birlikte), santimetre kesinlikle sayısal (dijital) olarak veren Elektro-Optik Boy Ölçümü yanında çok keskin bir zıtlıkla göze batıyor.

Daha 1872 de JORDAN, zamanın geometrecilerine, alışılmış bir lata ölçümünün ortalama hatasının Km. başına 0,2 m. yi, veya yeni bir baz ölçümünün ortalama hatasının Km. başına 1 mm. yi bulacağını ve bu hataların, uzunluğun karekökü ile doğru orantılı olarak artacağını haber veriyordu. Baz ölçümünde de Km başına ± 1 mm. ortalama hataya -özel ölçme düzenleri dışında- bugün piyasada bulunan elektrooptik yakın menzilli boy ölçerlerle bile henüz erişilememiştir. Bunlar için ortalama hata olarak örneğin $\pm 1,5$ mm $\pm 2.10^{-6}$ D. (D: ölçülen uzaklık) bağıntısı verilmişse, bu 1 Km de $\pm 2,5$ mm veya birer Km lik kısımlar içinde ölçülmüş 5 Km lik bir baz için $\pm 5,6$ mm Ortalama Hata anlamı taşır.

Elektro-Optik Boy Ölçümü, başarı ile, temel zincir kenarlarını direkt olarak ölçmede kullanılıyor. Geriye böylece bazların ölçümü ile baz büyütme ağlarının kurulması kalıyor. Bunun için 25 Km veya daha büyük bir uzunluğu, Km başına ± 1 mm lik bir Relatif Hata ile, örneğin bir Laser Geodimetre aletinin ölçmesi gerekir. Öte yandan bu kesinliğe ± 6 mm $\pm 10^{-6}$.D kesinliği ile ölçü yapan bu alet ile 5 Km uzunluğunda bazı bulunan bir Baz Büyütme Şebekesinde de erişilemez.

Yeryüzünü bir bütün olarak kavrayan Satelit Triangulasyonunda da ölçek sorunu, temel bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun için gerekli külfete bir örnek olmak üzere Tromsö-Catania Satelit Traversi ölçülerini ele alalım. Burada ölçek veren zincir kenarları Geodimetre ile, azami menzili 60 Km ye kadar çıkan Laser-Geodimetresi ile ölçülmüştü. Fakat boyların uzunluğu 100 Km ye kadar çıktığında, Mikro Dalgalardan yararlanmak, yani Tellurometre tipinde aletler kullanmak gerekiyor. Öte yandan bunlarla da, uygun koşullar için verilmiş bulunan ± 3 mm $\pm 3.10^{-6}$.D bağıntısının doğruluğuna, kesin saptanamıyan meteorolojik veriler ve muhtemel refraksiyon etkileri yüzünden, her zaman erişilememektedir.

Çıkışları savaş amacına bağlı, Shoran ve Hiran adları ile bilinen, önce USA ve Kanada'nın büyük trilaterasyon ağlarında, sonra Kuzey Avrupa ile

Kuzey Amerika'nın ve Güney Avrupa ile Kuzey Afrika'nın bağlantısında kullanılan, uçaklardan yüzlerce kilometre uzaklığı $1:1,4.10^6$ ortalama kesinlikle saptıyabilen radyo dalgalı ölçü yöntemleri, artık geçmişte kaldılar. Bu yöntemler, araç-gereç hacmi ve maliyet büyüklüğü yönünden çok kabarık harcamalara yol açıyor ve ancak devlet gücü ile uygulanabiliyor. Fakat bugünkü Elektromanyetik Boy Ölçü Aletleri, sayısız ölçme bürosunun emrinde, hizmetlere sunulabilmektedir.

Boy ölçümündeki gelişim, üstünde tahmin yürütmeye olanak vermeyen, alışılmışın üstünde önemli bir adımdır. Çünkü uzunluk, temelde duran, ölçek veren ve yalnız başına vazgeçilmez bir ölçme elemanıdır.

3. Mühendislik Ölçmesi

Mühendislik ölçmesi alanında son yıllardaki gelişim, çalışma alanının genişlemesi, çeşitlenmesi ve bir bakıma da ölçülerdeki doğrulukların büyümesi şekillerinde göründü.

Eskiden Ülke Ölçmelerinde en büyük önem, ölçü inceliğine verilirdi. Örneğin temel baz ölçümünde JORDAN'ın Relatif Doğruluk dediği $1/1\,000\,000$ oranındaki doğruluk, üçgen zincirlerine taşımalar sonucunda ana şebeke kenarları için $1/400\,000$ ile $1/200\,000$ lik doğruluğu karşılıyordu. Bu çeşit ölçmelere bugün artık çok seyrek ihtiyaç duyuluyor ama, aynı kesinlik, Mühendislik Ölçmesinin birkaç alanında Ölçme Mühendisinden isteniyor. Yalnız yeni yapım yöntemleri ile profabrik betonarmenin kullanılışı gibi örneğin köprülerin ve geniş yapı kuruluşlarının kotlanmasında aranan kesinlik değil, çeşitli makina ve aletlerin kuruluşlar için yerleştirilmelerinde ihtiyaç duyulan doğruluklar da zamanla artmada.

Ülke Ölçmelerindekinin en az eşiti ve bazan daha da büyüğü kesinlikler, baraj deformasyon ölçülerinde veya örneğin bir elektronik Sinkroton Magnetinin yerleştirilmesinde, çıkış noktalarının saptamı için, gerekli olmaktadır. Köprü eksen uzunluklarının elde edilmesinde kullanılabilen ve Km başına ± 1 cm hata ile ölçü yapabilen bugünkü Elektro-Optik Kısa Menzilli Boy Ölçerleri, yukarda anılan görevler için kullanılamaz. Böyle görevlerde, geodezik ölçülerde erişilebilen kesinlik sınırına kadar yaklaşmak gerekir.

Baraj deformasyon ölçülerinde kırk yıldan bu yana alışılmış olan yöntem; duvar noktalarının kaymalarını saptamak üzere yenilenen ilerden kestirme ölçüleri ve noktalar arasında kurulan presis poligon zincirleri üzerinde kontrol uzunlukları tesisi yoludur. Profesör KOBOLD, 1969 da Nürnberg'deki Alman Geodezi Kongresine verdiği bildiride, bu yöntem için şöyle diyordu: "Şu sav rahatça ileri sürülebilir ki, deformasyon ölçülerinde bugün elde edilen kesin-

lik, ilke ve yöntemlerde hiçbir değişiklik olmadığı halde, 20 yıl önceye göre iki katı büyümüştür. Bu düzelmenin nedenlerini, en başta; daha doğru ölçen aletlerle büyük ölçme sistemlerinin elektronik hesap aygıtlarıyla çözülebilmekle olanağında aramalıdır.”

Poligon zincirlerinin 12 ile 24 m. uzunluğundaki kenarları İnvar Telleri veya İnvar Şeritleri ile ölçülüyor. 3 ayrı telle ölçülen bir uzunluk için Relatif Doğruluk 1 : 300 000 ile 1 : 400 000 erişebilmekte. Yani boyun kısalığından ötürü mutlak anlamda $\pm 0,04$ ile $\pm 0,06$ mm lik Ortalama Hata elde edilmekte; başka bir deyişle bir kez ölçülen bir boy için $\pm 0,1$ mm lik kesinliğe varılmaktadır. Ancak bunu elde etmek için üstün nitelikte presis merkezleme düzenleri ile tel ve şerit uzunluklarının, ilgili ayar yöntemlerini uygulayarak, devamlı olarak kontrolünün gerekliliği unutulmamalıdır.

İşaretlemede, hedef markalarında ve ayarda, eğer daha yüksek incelikler istenmemişse, en az yukarıda değinilen inceliklere, örneğin bir daire içine oturtulması gereken magnetlerle kurulan, yüksek enerji santrallerinin yapımında da gereksinime duyulur. Bu şekilde, fakat daha çok laboratuvar çalışması niteliğinde, bir örneği biz MARZAHN'ın çalışmalarında görüyoruz. Bu örnekte Ortalama Standart Sapmanın, radial doğrultuda $\pm 0,1$ mm yi geçmemesi gerekiyor. Bir düzgün sekizgenin köşe noktaları, buradaki ölçmeye konu teşkil ediyor. Köşelerin orta noktaya uzaklıkları 48 er metre olduğu için bu ispitlerin boyları 48 m lik İnvar Şeritleri ile ölçülebiliyor. Bu ölçülerle elde edilen Ortalama Hata $\pm 0,03$ mm. O halde yalnız bir bantla yapılan bu ölçünün Relatif Kesinliği 1/1 600 000 oluyor.

Baraj deformasyon ve Sinkroton kurma ile ilgili her iki örnekte de dengelenebilir ve dengelenmesi gerekir ölçü sistemleri söz konusudur. Ölçü öğelerinin ve ölçü sonuçlarının doğruluğu hakkında kesin bir yargıya ancak dengelemeden sonra varılabilir. Büyük hacimli komplike dengelemeleri modern kompitürler yardımıyla çarçabuk hesaplıyabilme olanağı, bize gerek ön hata hesaplarını denemekte gerekse son engelleme hesaplarında yalnız ölçek faktörlerini elde etmede ve bütün korelasyonları göz önünde tutmada değil, ayrıca direkt olarak anlaşılamiyan ilişkileri de programların kapsamına almada büyük faydalar sağlamıştır.

Bu şekilde elde edilmiş olanakları kullanarak, hata kaynaklarını -özellikle sistematik olanakları- saptamada ve doğruluğu veren bağıntıları güvenilir bir duruma getirmede elde edilen başarı, AESCHLIMANN'ın baraj deformasyon ölçülerine ait çalışmasında açıkça görülmektedir. Burada ayar ve boy ölçülerinin birlikte dengelenmesi ile hem boyların birbirlerine ve tellerin ayar değerlerine bağılıkları ortaya çıkmış, hem de boy ölçüleri kesinliklerindeki karşılıklı iliş-

kilerin "ne kadar çok sayıda tel kullanılır ve ayar poligon zinciri ne kadar uzun olur veya ayar boylarının sayısı ne kadar çok olursa" o kadar zayıf olacağı saptanmıştır.

Bu sayılan olanakları yalnız kompütörlerin gücündeki etkiye bağlamak doğru olmaz. Bunda ayrıca, özellikle matris ifaresine kavuşan ve matematik istatistiğinin araştırma yöntemleri uygulanan, dengeleme teorisinin kesin egemenliğine kavuşmasının etkisi de büyüktür. Bütün bu olanakları kullanabilmek için ön koşul, elde ayrıca büyük sayıda fazla gözlemlerin bulunması koşuludur.

Eğer çok büyük kesinlikler aranmıyorsa, bir dengelemeden, yani fazla gözlemlerden vazgeçebilir ve "büyükten küçüğ" doğru bir çalışmaya gerek duyulmaz. Örneğin bu durum, polar nokta saptamında veya açık poligonların ölçümünde söz konusu olmaktadır. KOBOLD ve AESCHLIMANN'a göre deformasyon ölçülerinde, NPL-Mekometer III inceliğinde bir elektro-optik uzaklık ölçer kullanarak "temelde devrim anlamında bir başarı elde edilecek"; ağın yapısına bağlı olarak şimdiye kadar erişilmiş kesinliklerin en az iki katına çıkmak olasılığı elde edilecek ve "şimdiye kadar sürdürülegelen" yorucu ve gereksiz ayarlar bir kenara itilecek; böylece komplike dengeleme yöntemleri biraz daha yalınlaşacaktır. (Not: Elverişli ölçü uzaklığı ortalama 1 Km; Kesinlik $\pm 0,1 \text{ mm} \pm 3.10^{-6} \cdot D$; yani 100 m de $\pm 0,32 \text{ mm}$, 50 m de $\pm 0,18 \text{ mm}$. Fakat FROOME ve BRADSELL tarafından geliştirilen aletin piyasaya çıkarılıp çıkarılamıyacağı bilinmiyor.)

Düşey doğrultuda deformasyonu nivelman yardımıyla elde etmekte de, ancak gözlemlerin amaca uygun ve birbirini örter şekilde düzenlenmesi ve yeteri sayıda fazla ölçünün elde bulunması, yüksek doğrultudaki dengeleme hesaplarına ve ön hata araştırmalarının istatistik kontrolüne olanak hazırlar. WOLFRUM, iki nokta dizisinin karşılıklı düşey hareketlerini saptamak üzere 116 fazla ölçülü bir örnekte $\pm 0,18 \text{ mm}$ lik çok küçük, fakat gerçekten ilgi çekici bir deformasyon miktarını $\pm 0,04 \text{ mm}$ lik bir Ortalama Hata ile elde etmiş bulunuyor. Söylendiğine göre bu sonuç, Wild N3 ve Zeiss Ni 2 ile ve bütün fazla ölçüleri değerlendirerek elde edilmiş.

Bu çeşit ölçüler için üstünde çalışılan Otomatik Registrasyonlu Laser Nivelman Aletinin istenen kesinliği getirip getiremeyeceğini daha bir süre beklemek gerekiyor. Burada bir Ni 2 Nivelman Aleti ile otomatik olarak yataylanan Laser Işını, ölçü yerinde tutulmuş fotoelektronik öğeleri bulunan bir nivelman mirası üzerine düşürülüyor. Ayrıca Laser Işınının mira üzerinde rasladığı yerin otomatik registrasyonu olanağı da elde edilecek.

Bugünkü anlamda geniş çapta bir mühendislik ölçmesinden söz açmak, ancak dünyanın her yerinde demiryolu yapımının başladığı şu son yüzyılın içe-

risinde olasılık kazandı. 1874 de KOPPE tarafından St. Gotthardt Tuneli Ekseninin saptanması, artık klâsik bir anlam taşımaktadır. Konu, bu klâsik karakterini 1872 de yayınlanan "Demiryolu Raylarında Geçiş Büklümleri" adlı yazısı ile, zamanın Aachen Politeknik Okulu Öğretmeni F.R. HELMERT'ten alıyor. Aynı yazıda teorisi ilk kez FROUDE tarafından 1861 de ortaya konulan öneri de bulunmakta. Burada Kübik Parabolün ilk yarısı teğetten başlamak üzere, buna karşılık diğer yarısı -gene birinci yarı için geçerli olan formüle bağlı olarak- daire yayından başlamak üzere çizilmektedir. İkinci yarı için apsis değerleri daire yayı üzerinden ölçülecektir. Çizim için bir büklümlü temel hattın kullanıldığı bu yöntem, başlangıçta yalnız demiryolu hattı düzenlemede, sonraları çok çeşitli alanlarda -kara yolu yapımında da- Nalens Yöntemi adıyla kullanılma olanağı buldu. HELMERT'te de Klotoidin temel eşitlikleri, x ve y nin parametreleri biçiminde geçmektedir. Bunlar, yay uzunluğunun fonksiyonu olarak ve Çift Karesel Parabole gerek duyulduğunda, doğrusal olarak yükselen rampaların son noktalarını yuvarlamak için uygulanmaktadır.

Son zamanlarda demiryolu ölçmelerinde de, şimdiye kadarki karmaşık, yorucu ve buna karşılık gene de optimal olmıyan hesapların, Kompitürler aracılığı ile otomatikleştirilmesi olasılığı elde edildi. Bu sorun, iki ayrı tez içinde incelenmiş bulunuyor. WEBER'e göre, Alman Demiryolları İdaresinde çalışan personelin, mühendislik ölçmeleri için harcadıkları zamanın yüzde otuzunu geniş kapsamlı ray ağlarının hesabı almaktadır. Burada şimdi, matematik optimasyon yöntemleri ile çok cepheli koşullar (restriksiyonlar... ki bunların içinde, özellikle makas başlarında, ray ağlarının geometrik ve dinamik temellerine bağlı öğeler bulunmaktadır), çoğu yerde yaklaşma (iterasyon) yöntemi yardımıyla yerine getiriliyor. Bunlar için şimdiye kadar kapalı bir hesap programı içinde zorunlu ayırımlara gerek duyulmaktaydı.

Örneğin bir hıza bağlı optimal makas sistemi elde edebilmek için WEBER ilk basamakta, sistemin komşu çemberlerine ait değme noktalarındaki eğrilik farklarına bağlı olan bir hedef fonksiyonunu minimuma getirdi.

Karayolu yapımında elektronik detalardan yararlanma olanağı, özellikle sayısal (dijital) yerey modellerinin kullanılması ve yapılmasında ortaya çıktı: Burada trafik yolu yapımı için kararlaştırılmış takyometrik veya fotogrametrik yoldan boyuna ve enine profilleri alınmış yahut ta inceliği yeterli bir harita üzerine çizilmiş bulunan bir yereye ait orijinalden elde edilmiş, yeteri sıklıkta ve istenen düzende x,y,z değerleri ile saptanan ve hafızaya alınan bir noktalar karmaşığı söz konusudur. Bu karmaşık (kompleks), bütünüyle sayısal yerey modelini oluşturmaktadır.

Hafızaya alınmış datalara dayanarak istenen ve yatay koordinatları x,y verilen noktalar için yerey yüksekliği z , uygun bir yöntemle göre oranlama (in-

terpolasyon) ile bulunabilir. Diğer büyüklükler de -örneğin karayolu yapımı izdüşümlerinde hareketli kütleler- aynı şekilde elde edilebilir. İster çok sayıdaki denemelerle, ister optimum hesaplaması ile olsun, çeşitli izdüşümlerin varyasyonları yardımıyla kütle hareketleri için en uygun izdüşüm yolu saptanabilir. USA da, Kanada'da ve birkaç Avrupa ülkesinde, karayolu yapımı için bu şekilde çalışılmaktadır.

Modele ait düzce eğrileri de (tesfiye münhanileri) analitik olarak elde edilebilir. Bu durumda yerel profilleri tek tek... eş yükseklik eğrileri ile profil doğrultularının kesim noktalarından oluşur. Her bir kesim noktasının elde edilişi, doğrusal olmıyan bir eşitlik sisteminin yaklaşımlı (iteratif) çözümünü gerekli kılar. Sonunda bütün üst yüzey kesitleri, doğrusal olmıyan, yüzeyssel yerel modelleri olarak, $z = f_n(x,y)$ formunda ilgili polinomlara dönüştürülür.

Sayısal modeller topografik olmıyan "yerel" ler için de oluşturulup geliştirilebilir; örneğin oto karoserleri ve gemi gövdeleri için kurulan modellerde olduğu gibi.

Bu bölümün içinde Mühendislik Ölçmesi üzerine genel bir incelemede bulunmak istedik.

Verilebilen az sayıdaki örnek bile, Ölçme Mühendisine, Mühendislik Ölçmesi alanında ne gibi görevlerin düşebileceğini göstermektedir. Daha yüksek okullarda iken bu göreve nasıl hazırlanılacağı da ayrı bir sorundur. Bu soruya verilecek yanıt, aşağıdaki örneğe çok uyar: Zamanında büyük bir endüstri yatırımının laboratuvarında müdür olarak görevde bulunmuş bir fizikçi, İkinci Savaştan sonra, Deneysel Fizik alanında iyi bir tekniker olabilmek için neler öğrenmesi gerektiğini bir yüksek okuldan sorduğunda aldığı yanıt: Önce Fizik, ikincisi Fizik, üçüncüsü Fizik... olmuştur. Bu bölümdeki açıklamaların da gösterdiği gibi, Mühendislik Ölçmesi alanında çalışmak isteyen bir Ölçme Mühendisi, birinci, ikinci ve üçüncü olarak Ölçme Bilimini, her şeyi ile birlikte, örneğin Dengelemesi ve İstatistiği ile öğrenmek zorundadır. Ayrıca o, içinde Ölçme Tekniğinin uygulama alanı bulacağı başka alanlara da ilgi duyarsa, bu durumda amaca yönelmiş bir seçim yeteneği zorunluğu ortaya çıkar ki, bu da bir başka önemli ve güç sorundur.

4. Geodezi

Mühendislik Ölçmesinde olduğu gibi, önceki bölümde örnekleri ile anlatılan Ölçme Tekniğinin ölçü ve kıymetlendirme yöntemleri, Geodezi için de geçerlidir. Ancak Geodezide, HELMERT'in de dediği gibi, hiçbir özel amaca yönelmeksizin, Yer üstyüzünün ölçülmesi ve izdüşürülmesi için çalışılır.

Geodezide yöntemler geliştirilmiş; bunlar sonradan Mühendislik Ölçmesince devralınmıştır. Örneğin en kesin şekilde boy ölçümü, zamanında yalnız Geodezi için, üçgen zincirlerine ait bazların ölçümünde gerekli idi.

Geodezinin Temel Problemleri :

Bir noktanın elipsoidik coğrafya koordinatlarını, bir Geodezik Hattın azimutu (Coğrafya Semti) ve uzunluğu yardımıyla bir diğer nokta üzerine taşımada (Birinci Temel Problem) -aynı şekilde bu problemin tersinde (İkinci Temel Problem)- modern hesaplama araçları ve yeni matematik yöntemler, klâsik çözüm yöntemlerinin kullanılma alanlarının genişletilmesinde olsun, hesabın hızlandırılmasında olsun yepyeni gelişmelere yol açtılar. LEGENDRE'nin Enlem, Boylam ve Azimut farklarını, uzunca Geodezik Hatlar için TAYLOR Serilerine göre Geodezik Hattın diferansiyel formülleriyle açmakta, eskiye göre daha elverişli olanaklar elde edildi. Burada Geodezik Hat, daha kısa parçalara ayrılmakta ve Temel Problem, parçadan parçaya birbiri ardısıra çözülmektedir. Bu yenileme hesapları, kompitürlerin yüksek hesap hızları yanında hiçbir zorluğa yol açmamaktadır. Bu yolu ilk önce SCHÖDLBAUER önerdi. Graz Teknik Üniversitesinin hesap merkezinde Legendre Serileri yalnızca ikinci üslerine kadar alındı ve ortalama 100 Km uzunluğundaki Geodezik Hat, 900 er metrelik parçalara bölünerek programlandı.

HIRVONEN'in verdiği bağıntılar ile, Geodezik Temel Problemlerin çözümünde, elektronik masa hesap makinaları kullanılıyor ve bu şekilde kısa, orta ve uzun Geodezik Hatların hesaplanması olasılığı da elde ediliyor. Burada gerekli bulunan hesap süresi, her zaman 10 saniyenin altında kalıyor. Bu çeşit masa hesap makinalarında da parça parça hesap, öğütlenebilecek bir yöntemdir. Yalnız bir adet program kartı ile, 100 Km uzunluğundaki bir boyun birkaç saniye içersinde hesabını yapmak, büyük hesap aygıtlarında kartların ve şeritlerin delinmesi ve makinaya verilmesi için gerekli zamanla karşılaştırılınca, zaman arttırımı yönünden masa hesap makinalarının önemi iyice ortaya çıkar.

Çok uzun Geodezik Hatlar için eskiden olduğu gibi BESSEL'in çözümündeki ilkeleri benimsemek daha pratik oluyor. Çünkü burada kullanılan yardımcı küreden geriye, Elipsoid üzerine atlamak -ve aynı şekilde tersi- integral yardımıyla yürütülmede ve bu da problemin karakterine uygun düşmededir. MITTERMAYER bu çözümü numerik matematiğin modern yardımcı gereçleri ile yürütmüştür. MİTTERMAYER, Birinci Geodezik Temel Problemi, istendiği kadar uzun Geodezik Hatlar için -hatta Yerin çevresini birçok kez dönen- direkt olarak, yani adım adım yaklaşmaya başvurmadan çözümlledi. Burada Geodezik Hattın son noktasına ait Enlem, Boylam ve Azimut değerleri için saptanan kesinlik 5.10^{-5} Derece Saniyesi kadar oluyor. MİTTERMAYER

bu yönteminde TSCHEBYSCHIEFF'in Polinom Aproksimasyonunun iki bağımsız değişken yardımıyla değiştirilmiş şeklini kullanıyor. Hesap, elektronik merkezde ortalama 10 saniye içinde tamamlanıyor.

Rasyonel Ölçme ("İrdeleme Ekonomisi")

HELMERT, 1868 de yayınlanan "Yüksek Geodezi Alanında Rasyonel Ölçmeler Üzerine İncelemeler" adlı tezinde "Baz Ağlarının Teorisi" ne de değinmiştir. Bu konuya -aynı diğerleri gibi- "Optimasyon" görüş merkezinden bakılmakta ve hatta bu, kendi temel geometrik ilişkileri üzerinde bir tek problem olarak irdelenmektedir. Bunun aksine SCHREİBER'in yayınlarında, Baz Büyütme Ağlarında bir ana zincir kenarının elde edilmesinde yürütülmesi gerekli gözlemleri için bir uygun ağırlık (vezin) dağıtımı özel problemi üzerinde durulmakta ve bu geometrik ilişkilerin tek tek önümüze çıkmadığı belirtilmektedir. SCHREİBER en uygun ağırlık dağıtımını, aranan fonksiyonun -ki burada Ana Zincir kenarı- ağırlık resiprokunu minimum yaparak plânlıyor. H. BRUNS'un da başvurduğu bu ikinci yol çeşitli karakterdeki fonksiyonların genel kullanımına ve hesap aygıtlarına programların uygulanışına daha uygun düşmektedir. HERZO, bu çözümün ilkelerine bağlı kalarak, dengeleme hesabındaki yeni olanaklar ve bilgilerden de yararlanıp, gözlemlere ait bir veya birçok fonksiyonun doğrusal olmıyan optimasyonu için yeni bir yol buldu. Burada hesaplar İndirekt Ölçülerin Dengelenmesi yoluyla yürütülüyor. Bu arada bağımsız ve korelasyonlu ölçüler de ve hatta yan koşullar da göz önünde tutulabiliyor.

Nokta Saptama ve Açı Ölçümünün Önemi :

Noktalar ve nokta ağları eskiden büsbütün şimdi de büyük ölçüde Üçgenlenme (Triangulasyon) Yöntemi ile saptanmakta. Bu yöntem ilk önce 1589 yılında TYCHO DE BRAHE tarafından söz konusu edilmişse de, 1615 de SNELLİUS tarafından kurulan ağ, ilk üçgenleme ağı olarak bilinir. Bu çağda açı ölçümünde dürbünsüz bir bölüm tablası kullanılıyordu ve doğruluk $\pm 3'$ ile $\pm 4'$ arasındaydı. Bu son tarihten 200 yıl sonra BENZENBERG, Herzotum Dağının üçgenlenmesinde Teodoliti ortaya koydu. BENZENBERG Teodoliti Yer Ölçümünde hiç kullanılmadığı gibi, Ülke Ölçmeleri için onu fazla ileri bir adım olarak nitelendirdi. Kullandığı Sekstantla $10''$ ile $15''$ doğrulukta pozisyon açıları ölçülmekteydi. BENZENBERG o sıralarda ancak: "Yalnlık... geometrik araçların en güzel özelliği" diye yazabiliyordu. Ama Teodolit kendini çok kısa sürede kabûl ettirdi. SCHREİBER'den bu yana, yani yüz yıldan beri Ana Nirengi Ağında, yalnız bir kez ölçülmüş bir doğrultunun Ortalama Hatası ± 1 Saniyenin altına düştü.

Açı ve doğrultu ölçümündeki kesinlik sınırlarının, ilgili ölçme yöntemleri yardımıyla, yüksek tutulması sayesinde, Üçgenleme Yönteminde, üçgen kenarlarının da büyük kesinliklerle ölçülme zorunluğu çözüm yolu buldu. Bu zorunluluk bugün için artık önemli bir problem değil. Radyo dalgaları bile geodezik boy ölçümünün daha ilk adımlarında Prof. F.R. JUNG bu konu üzerindeki tezini aşağıdaki sözlerle özetliyordu: "Yüzyıllar boyunca Geodezide açı ölçümünün boy ölçümüne göre bir öncelik hakkı vardı. Geodezi metodığının büyük bir kesimi bu temel kural üstünde durmaktaydı. Son savaşta Radyo Ölçmeleri sırasında (Elektromanyetik dalgalar yardımıyla boy ölçümü), indirekt zaman ölçümünde elde edilen kesinlik ve aletlerde sağlanan hafiflik ve küçüklük olanakları, boyların uzunluk saptamında bir temel reforma yol açtı."

Bugün, Prof. JUNG'un şu konuşması üstünden geçen 20 yıl sonra bu reform, daha kısa ve en kısa boylar için de söz konusu oldu. Doğrultu ölçümünde değişmeden kalan kesinlikler yanısıra boy ölçümü ne kadar kesinleşirse, nokta koordinatlarını saptamada, doğrultu ölçümünün dengeleme hesabına getireceği kesinliğe gerek duyulmıyacak güne, o ölçüde yaklaşılabilecektir. Bu durumda ölçülmüş boylardan hesap yoluyla bulunan açılar, direkt ölçülmüş açılardan daha doğru olacaktır. Yukardaki bölümde değinilen sekizgenin Elektron Sinkrotron undaki 48 m lik ispit uzunluğu ölçülür ve buradan 50^s lik merkez açı, hesap yoluyla bulunursa $\pm 0,48''$ Ortalama Hata ile; fakat aynı açı ölçülürse, en iyi koşullarda $\pm 2,4''$ Ortalama Hata ile saptanabilir. Bu nedenle burada daha önce yapılmış olan doğrultu ölçülerini dengelemeye katmaktan vazgeçilebilir. AESCHLİMANN, 7 noktalı ve yüzlerce metre uzunluğunda 9 kenarlı bir ağı, 1 : 1 000 000 luk bir Relatif Doğrulukla elde edilebileceğini haber veriyor (Mekometre). Bu çeşit boy ağlarında "Doğrultu (açı) ölçüleri ile bir kombinasyon, Hata Teorisi yönünden, hiçbir anlam taşımaz". Buna karşılık poligon zincirlerinde ve poligon ağlarında yüksek doğrulukta açı ölçümleri ile yüksek doğrulukta elektronik boy ölçümlerini birleştirmenin önemi için "koruyor" değil, hatta "sürekli olarak büyüyor" demek gerekir.

Kenarları ortalama 8 Km uzunluğunda bir kent ağında, boyların ± 2 cm hata ile ölçülebilmesi halinde, bu ölçüleri dengelemeye doğrultu ölçüleri ile birlikte sokmakta az-çok bir anlam vardır. Ortalama kenar uzunluğu 30 Km olan, bir ucu dayalı, 300 Km uzunluğunda yalın bir üçgen zincirinde STEİNER'e göre, zincir doğrultusuna dik durumlu çıkış bazını hatasız sayarsak, Laser Geodimetresi ile erişilebilen Relatif Ortalama Hata 1 : 824 000 oluyor. Bu ölçüler yalnız boy zinciri olarak dengelendiğinde, $\pm 3,6$ cm lik bir Ortalama Kenar Hatası ve $\pm 0,5''$ lik bir Ortalama Doğrultu Hatası elde edilmiştir. Aşağıdaki tabloda, yalnız boy zinciri olarak dengelemede, boy ve doğrultu kombinasyonu ile dengelemede -parantez içinde- ve yalnız doğrultularla dengelemede -çift parantez içinde- çeşitli hataları toplu olarak görüyoruz :

Zincir Uzunluğunun

Ortalama Hatası ± 11 cm (± 10 cm) ((± 210 cm))

Enine Kaymaların

Ortalama Hatası ± 107 cm (± 80 cm) ((± 126 cm))

Son Kenar Azimutunun

Ortalama Hatası $\pm 1,3''$ ($\pm 1,0''$) (($\pm 1,4''$))

Son Kenar Uzunluğunun

Ortalama Hatası $\pm 3,5$ cm ($\pm 3,0$ cm) (($\pm 36,5$ cm))

Parantez içindeki değerlerin gösterdiğine göre, doğrultu ölçülerinin de dengelemeye katılması, enine kaymaların hatasını düzeltmesi bakımından oldukça yararlı, ama bunun dışında fazla bir şey getirmiyor. Çift parantez değerler de gösteriyor ki, çok kısa bir zaman öncesine kadar yalnız doğrultulara bağlı olarak yürütülebilen dengelemelerin karşısında, boy ölçüleri ile yürütülen dengelemelerle varılan sonuç çok büyük önem taşımaktadır.

Ayrı bir anlam taşıyan ve boy ölçümü pratiği ile birlikte atılan bir diğer önemli adım da noktaların ağ içinde homojen bir konum kesinliğine kavuşmasıdır. Doğrultuların kullanılmasında, bir noktadaki konum hatası, çıkış kenarı ile o nokta arasında kalan noktaların sayısı ile artmaktadır. Serbest boy ağlarında, şimdiye kadarki İndirekt Ölçülerin Dengelenmesi şeklinde yürütülen yaygın dengeleme yönteminde, çıkış noktası ve ona ait bir doğrultu hatasız olarak kabul edilmekte; ve burada Ortalama Nokta Hatası, ara noktaların sayısı ile birlikte artmaktadır. Fakat bu yalnız başına, bir ağın içinde nokta kesinliklerinin çeşitliliği konusunda bize hiçbir şey anlatmaz. Çünkü ağın içinde çıkış noktası ve çıkış doğrultusu seçimi tamamen keyfidir. Bir başka şekilde seçim, hata öğelerinin bir başka sıra içinde dağılımına yol açar. Ağların doğruluklarına karar vermede ölçü, daha çok içlerindeki noktaların komşular ile ilişkilerindeki doğruluk olmalıdır ve bunu da en iyi bu noktaları birleştiren kenar uzunluklarının kesinlikleri karakterize eder. Batı Berlin'in 14 noktalı ve 60 Tellurometre -MRA 4- kenarlı (Ortalama Uzunluk: 8,4 Km) ağının gösterdiği gibi, dengeleme sonucu bütün kenarlar ağın içindeki konumlarına bağlı kalmaksızın öyle düzeltmeler aldılar ki bu, ancak 15 kenarda 2 cm nin üstüne çıktı (Ortalama Kenar hatası $\pm 2,1$ cm.) Bu ağ o halde konum kesinliği homojen bir ağ oluyor.

Dengeleme hesabının, çıkış noktasına varıncaya kadar sayılan ara noktaların sayısı ile artan bir Ortalama Nokta Hatası vermesi, dengelemeye daha ilk bakışta önemli bir noksanlık olarak görülmektedir. Ayrıca çıkış noktası ve doğrultusunun keyfi seçimine bağlı bir etkinin doğuşu nedeniyle, çözüm yeteri açıklıkta değildir. Berlin Ağının dengelenmesinde göz önünde tutulmayan bu noksanlar, MEİSSL'a ait çeşitli denemeler sonucu -komşularla ilişkilerdeki doğruluk anlamında bir "Nokta Kümelerinin İç Kesinliği" kavramını ortaya

çıkardı. MEİSSL bu karmaşıklığı, bütün noktalardaki Ortalama Nokta Hatalarının kareleri toplamının minimum olmasını sağlayan Helmert Transformasyonunun yardımıyla çözebildi. MITTERMAYER ayrıca, daha girişte dengeleme ilkesini genel biçimiyle o şekilde formüle etti ki (vv) nin minimum olma koşulu ile Helmert Transformasyonu koşulu birlikte gerçekleşti. Bu yöntemin Berlin Ağı örneğine uygulanması ile, Ortalama Nokta Hatası -ve aynı şekilde ilgili Hata Elipsi- pratik anlamda bütün ağ noktaları için aynı değeri buldu. Şimdiye kadar, dengelemeden sonra ancak eşit büyüklükteki Ortalama Kenar Hataları için söz konusu olan şeyi, şimdi yalnız başına Ortalama Nokta Hataları ve Hata Elipsleri gösteriyor; yani ortada bir "Homojen Doğruluk" bulunmakta.

Buradaki asıl zorluk, büyük Normal Denklem sistemlerinin çözümünde ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden hesap yoluyla problemin çözümü, başka benzeri problemler gibi, büyük hesap merkezlerini kullanmaksızın yürütülememektedir. Bilindiği gibi 100 yıl kadar önce 159 bilinmeyenli Saksonya Üçgenleme Ağı'nın dengelenmesi için en az 6 yılın gerektiği görülmüştü. Bunun karşısında, şimdi HILGER'in 2000 bilinmeyenli I., II. ve III. Derece Ağlara ait gözlemlerin dengeleme hesabını 11 saatlik bir zamanda tamamladığını düşünmek gerekir. Temeldeki kuram (teori) her iki durum için de aynıdır, ancak kuramın kullanılış şekli (HILGER'de İndirekt Gözlemlerin Yaklaşmalı -iteratif- Dengelenmesi) ve hizmete sunulan hesap yardımcı gereçleri değişmiştir. Bu büyük dengeleme hesaplarına bağlı olarak ayrıca istatistik denemelere de başvurulabiliyor. Defalarca tartışma konusu olan sorunun bu yoldan çözümü bunun en belirgin örneğidir: Acaba bütün ağı yalnız III. Derece niteliğinde kurarsak, bilinen I., II. ve III. Derece sıralamasına göre doğrulukta bir kaybımız olur mu, olmaz mı? İstatistik deneme hesapları sonucu, burada kaybın önemli ölçüde büyük olacağı görüldü.

Dengelemeye temel olan kuramın kullanılma biçimi de eldeki hesap aygıtının hafıza kapasitesine bağlıdır. Hafızada yerden kazanmak için eşitlik sistemlerinin çözümünde daima değişik Algoritmalar geliştirilmektedir.

Bir yeryüzü noktasının tam olarak belirlenmesi, nokta yüksekliğinin sapmasını da içine alır. İlk kez aşağı yukarı 100 yıl önce, 1868 de, sonradan adı "Purusya Krallığı Ülke Ölçmeleri Trigonometri Şubesi" diye değiştirilen "Ülke Triangulasyon Bürosu tarafından "Trigonometrik Nivelman yerine Geometrik Nivelman" ilkesi konuldu. Trigonometrik Nivelman yardımıyla -aynı zamanda gözetlenmiş 30 ile 40 kadar karşılıklı Zenit Açılarından- 1835 de BAEYER tarafından Baltık Denizi (Swinemünde)'nin yüksekliği Berlin'e taşındı. Herbir yükseklik farkının Ortalama Hatası 1 cm ile 10 cm arasında idi. 1868 de başlayan ve 1894 de bitirilen "Eski Nivelman," dengeleme sonucunda, gidiş-dönüş ölçülmüş 1 Km lik bir uzunlukta $\pm 2,04$ mm lik bir Ortalama Hata

verdi. Geliştirilmiş yöntemlerle 1913-1927 arasında yenilenen ağın Ortalama Hatası olarak $\pm 0,46$ mm elde edildi ki bu kesinlik bugün bile aşılabilen bir kesinlik değildir.

Son yıllarda, ölçü düzeni ve hesap ilkeleri ile nokta konumlarının uzay-sal -üç bulutlu- olarak saptanması üstünde de birçok deneylere girişildi. RAM-SAYER ve KÖRNER'in bu konu ile ilgili yayınlarına bakınca bütün gerekli ölçülerin (Yatay Açı, Zenit Açısı, Uzunluklar ve Ağa ait noktalardaki Çekül Doğrultularının astronomik yoldan saptanması için yapılmış ölçülerin) toptan değerlendirilmesi için önerilecek bir yöntem, yakın bir gelecekte pratik uygulama olanağına kavuşacaktır.

Nokta saptamalarının yürütülmesi ve amaca uygun yöntemlerin geliştirilmesinde bir genel geodezik motif yaratmak üzere 100 yılı aşan bir süreden beri çalışılıyor. Bu konuda ilk adım, 1862 yılında General BAEYER'in inisiyatifinde, bütün triangulasyon ve yükseklik ölçülerini bir araya getirmek düşüncesi ile bir "Orta Avrupa Grad Ölçümü" ünitesinin kuruluşu ile atıldı. Ama elle tutulur bir biçimde ancak bugün amaca erişildiği izlenebiliyor. Başlangıçta bir araya getirilen ağılardaki noksanlıklar, bunların bir bölümündeki hadleri aşan hatalar ve ayrıca o günün olanakları ile toptan dengelemenin zorluğu birleşmeye uzun süre engel oldular. Bugün burada adı geçen ve gittikçe de geliştirilmekte olan daha yeni ve daha kesin yöntemler -örneğin boy ölçümünde ve dengelemesinde- ortaya çıkabilecek engellerin çarelerini de birlikte getiriyor. İAG (UAGK : Uluslararası Geodezi Komisyonu) tarafından kurulan ve başkanlığı KNEİSSL tarafından yürütülen "Avrupa Üçgenleme Ağını Yeniden Dengeleme Komisyonu" (Reseau Europeen Unifie de Triangulation -RETrig) içersinde veya bu Komisyonla ilgili olarak dışarda yürütülen çalışmalar, bütün üye ülkelerdeki geodezik aktivitede olağanüstü bir gelişime yol açtı.

Aynı şeyler bir Avrupa Ortak Nivelman Ağı (Reseau Europeen Unifie de Nivellement -REUN) ile bir Avrupa Ortak Yerçekimi Ağı kurulması çalışmaları için de söylenebilir.

Fotogrametri :

Bu dergide (zfv) fotogrametri konusunda ilk yazı, 1876 (Sayfa 1) yılında yayınlanmış. Yazı JORDAN tarafından kaleme alınıp Libya Çölünde vaha kenti Gazer-Dahel'deki fotogrametrik alımın kıymetlendirilmesini konu olarak seçmiş. Aşağı yukarı Birinci Savaştan bu yana Fotogrametri, uzun hesaplardan kaçınılma olanağını bağışlayan bir sanat olarak ön plâna çıktı. Sadece çizimsel kıymetlendirme yeteneğine sahip analog kıymetlendirme aletleri bugün oldukça arka plâna itildiler. Artık temel gelişme yönü numerik Fotogrametriye doğru.

ACKERMANN'ın da dediği gibi: "Fotogrametrinin potansiyelini tam olarak kullanmak, ancak genel hesap yöntemlerini büyük hesap merkezlerinde uygulamaya sokmakla olasılık kazanacaktır" Hassas Stereo-Komparatorlar ve Analitik Kıymetlendirme Aletleri bugün için artık vazgeçilmez aletlerdendir. İyi proglamlanmış Blok Dengelemelerle ve bütün ölçü datalarının kullanılması ile-yersel ölçülerle birlikte- büyük resim ölçeklerinde (örneğin 1/3 000), pas noktası sayısının azlığına rağmen "Santimetre ile anlatılan doğruluk artışları" elde edilebilmiştir. Fotogrametri burada -bütün diğer ölçme tekniklerinde olduğu gibi- Geodeziye, fakat herşeyden önce Kadaastro Ölçmelerine yardımcı oluyor. Ayrıca o, yanına zor varılabilen veya hiç yaklaşılamıyan objeleri ölçmede -gene bütün diğer ölçme teknikleri gibi- bir Mühendislik Ölçmesi olarak gelişmiş ve gelişmektedir.

Yer Ölçümü (Erdmessung)

Yer Ölçümünde gene aşağı-yukarı 100 yıl önce, 1878 yılında, HEINRICH BRUNS "Üç Bulutlu Geodezi temel düşüncesini ortaya attı. Yer Ölçümü için bu düşüncenin pratik yönden gerçekleşmesi, yapma satelitlerin ortaya çıkışıyla olasılık kazandı. Bu sayede Dünyayı çepeçevre saran Triangulasyon ve Trilaterasyon ağlarının kurulması da gerçekleşti. Şimdiye kadar Uzay Triangulasyonundaki kesinliği azaltan Refraksiyon etkileri de satelitlerin kullanılışı ile önemli ölçüde giderildi.

Bir satelit yörüngesinin şekli, fiziksel kuvvetlerin, özellikle Yerçekiminin doğal sonucu oluyor. Satelit yörüngesinin yapısından Yerin Yerçekim Alanı için önemli veriler yaklaşık olarak elde edilebiliyor. Satelit gözlemlerinin Geometrik Satelit Geodezisi alanındaki öneme de ayrıca değinmek gerekir.

Geodezide geometrik ve fiziksel büyüklüklerin karşılıklı ilişkileri, 1743 yılında Clairaut Teoremi ile birlikte başladı. Teorem sferoidik basıklığı, Büyük Ekseni, Yer dönüşünün Açısal Hızı ve Yerçekimi İvmesi aralarındaki ilişkileri açmaktaydı. Şimdi artık Yerçekimi ile çeşitli şekillerde tanımlanabilen Yükseklik kavramı arasındaki ilişkiyi de kurmuş bulunuyoruz. 1955 Yılından bu yana bizi birçok hesap zorluklarından kurtaran Geopotansiyel Kot kavramına buradan vardık. Yerin Gravite Alanının saptamı, bugün Fiziksel Geodezinin temel görevi oldu. Modern yardımcı kol olarak Deniz Gravimetrisi, Dünya denizlerine ait noktaların Yerçekimi değerlerini saptıyor; ayrıca uçaklar ve helikopterlerle de gravimetrik ölçüler yürütülebiliyor. Ancak şu son sayılanların sonuçları için şimdilik "arkası var..." denilebiliyor.

Üç buutlu Geodezide Referans Yüzeyi olarak bir Elipsoide mutlaka gerek duyulmuyor. UAGGB (Uluslararası Geodezi ve Geofizik Birliği)'nin

İsviçre'deki 1967 Genel Konferansında şimdiye kadarki 1924 İnternasyonal (Hayford) Elipsoidi ve aynı zamanda 1930 İnternasyonal Yerçekimi Formülünün yeni bir sistemle değiştirilmesine de burada, olağanüstü bir olgu olarak değinmek gerekir. Bu yeni "Geodezik Referans Sistemi 1967" ile, üst yüzey potansiyeli Geoidinkine eşit olan, yeni bir Nivo Elipsoidi tanımlanmakta. Buradan İnternasyonal Yerçekimi Formülü için yeni katsayılar da çıkarılıyor. Satelit Geodezisi amacı için ve gravimetrik amaçlarla normal alanı saptamak için daha kesin bir formül elde etmek üzere gerekli bulunan Temel Katsayılar da daha ileri bir sisteme duyulan kuvvetli bilimsel ilgi, bizi bu 1967 sonuçlarına götürdü. Fakat şimdiye kadarki Elipsoidik-Geografik Koordinatlarla yükseklik değerlerinin birbirlerinden ayrı irdelenmesi zorunluğu, x, y, z Değerleri ile direkt hesap yöntemlerine göre, daha uzunca bir süre rasyonelliğini koruyacak gibidir.

5. Özetleme ve Toplu Bakış

Ölçme Tekniği ve Geodezide zamanımız ile yüz yıl ve daha fazla gerisi arasındaki ayrımları incelerken aşağıdaki yargılara vardık:

Geodezik problemlerle teorik ilişkiler ve bunların kotarılması için temel öğeler, yüz yıl önce de aşağı-yukarı bugün bildiğimiz çerçeve içinde idi. O zamana Alman Geodezisinin Klâsik Çağı denirse, bu çağ en başta HELMERT ve onun çağdaşları SCHREİBER, JORDAN, H. BRUNS ve KRÜGER tarafından yaratılmıştır. Bu bilim adamları bütün eserlerini, C.F. GAUSS tarafından atılan ve BESSEL ile BAEYER tarafından teorik yönde tamamlanan ve organize edilen bir temel üstüne kurdular. Sonradan gelen kuşaklar, bunların ve önce sayılanların rayından hemen hiç sapmadılar. İki savaş arasında bir yeni gelişim sürecine girildi. Daha güçlü aletler, Jäder'in Yöntemi için İnvar Telleri, İnterferenz Komparatorları, Kuars Saatleri, Gravimetreler, Hesap Makinaları, fotogrametrik Alım ve Kıymetlendirme Araçları, aletlerle dengeleme hesabında geliştirilen olanaklara bağlı olarak (BOLTZ ve EGGERT Yöntemleri) ölçülerin değerlendirilmesi ile ilgili yöntemler, bu büyük gelişimin nedenleri ve simgeleri oldular.

Bu gelişme İkinci Savaşın ardından bir potansiyel boşalımı ölçüsünde devam etti: Boy ölçümü alanından Elektronik Uzaklık Ölçü Aletleri, Gravi-metri ölçülerinin denizlerde ve uçaklarla yürütülme olanakları, yapma satelitlerin elverişli duruma gelişi, Fotogrametride hassas Stereo-Komparatorlar ve büyük hesap merkezlerinin kullanılmaya başlayışı v.b. bu sırada sayılabilirler. Bu teknik atılım bütün kademelerde kesintisiz bir data akışı ile, bölgesel alımlardan, ölçülerin hesap veya çizimle kıymetlendirilmesine kadar her alanda bir otomasyona yol açtı.

Bu arada hesap aygıtlarının gelişimi ile ilerliyen numerik matematiğin modern yöntemleri (Matris Hesabı ile birlikte) ve bunların ölçme tekniği ve Geodeziye uygulanmasına da değinilmelidir. Bu şekilde ortaya çıkan geniş "kullanma serbestisi" olanağının sonucu, birçok halde eldeki bilgilerin deduktif olarak --formüllerin türetilmesi ile- değerlendirilmesi yerine, çeşitli olanakların empirik hesabı ile -örneğin İstatistik- değerlendirilmesi olasılığı elde edildi.

Büyük hesap merkezleri data işlem öğeleri olarak ta hizmet görmekte ve Ölçme Biliminde yönetim amacı ile de uygulama alanı bulmaktadır. Burada açıklanan perspektiflerde "Arazi Kadastroşundan Arazi Dataları Bankasına" adlı bir inceleme ile, kısa bir süre önce bu dergide LAMMERHİRT ve WOLF tarafından hazırlanmış ve LOBNER tarafından önemi üstünde durulmuş incelemeler yayınlandı. Ayrıca Data Bankalarının Kartoğrafya alanında gördüğü hizmet te büyük önem taşımaktadır. Bankaların yardımıyla artık Generalizasyon ile birlikte tahvil ölçeklerinde haritaların yapımı da olasılık kazandı ve KONECNY'nin haber verdiğine göre, örneğin Kanada'da, bu şekilde çalışmalara başlandı.

Çok yönlü ve hassastırılmış ölçme yöntemleri ile, şimdiye kadar erişilmesi olanak dışında kalan, ölçü kesinlikleri aracılığı ile, örneğin Gezegenlerin gözlemi, yeni oluşan yer kabuğu hareketlerinin saptanması, toprak yükselmeleri ve toprak çökmeleri, yer kabuğunun sekular hareketleri, Ortalama Deniz Yüzünün elde edilmesi, yeryüzü noktaları arasında fiziksel kuvvetler sonucu -ısı ile birlikte- oluşan uzaklık değişimleri saptamaları gerçekleşebildi. Deniz diplerinin Geodezik etüdü de bugünkü yardımcı gereçlerle, şimdiye kadarından daha fazla olasılık kazandı ve "Deniz Geodezisi" kavramı yerleşti.

Alet ve hesap tekniği alanlarındaki ve matematik yöntemlerdeki yukarda değinilen bütün değişiklikler ve ilerlemeler her şeyden önce, Ölçme Mühendisi ve Geodezicinin etki yeteneğinin derecesini arttırmaktadır. Ancak bunlar bilgilerimizdeki derinleşme ve gelişmeyi etkilerken Geodezi Temel Biliminde belirgin bir değişime henüz yol açamamışlardır. Teorik temeller ve bunlardan oluşturulmuş ilişkiler, Geodezide henüz aynı 100 yıl öncesi olduğu yerde durmaktadır.

Fakat yavaş yavaş bir çok yeni yöntemler değişim çizgisinde öyle bir dereceye geldiler ki Ölçme Tekniği ve Geodezinin genel görünümünde bir devrimden söz açma olasılığı doğdu. Boyları, yatay ve Zenit açılarını, Astronomik gözlemleri ve Gravite değerlerini bir pota içinde toplamak ve kompleks bir genel sonucu amaç edinerek çalışmak artık başarılabilir. Geodezinin Genel Matematik kavramları üzerine yerleşmesi ve çok kuvvetli kollarla bunun içine kök salması, Matematik Mantığının sonuçlarından yararlanmasına olanak ha-

zırladı ve buradan da genel ilişkilerin kuruluşu gerçekleşti. Bu şekilde bir "uzmanlaşma zorunluluğu" ortaya çıkararak, NEWTON ve LEIBNİZ'deki "universal karakter", yerini bugünkü pratik ve teorik çalışma guruplarına bıraktı.

MARUSSİ'nin Geodesia Intrinseca (İç Geodezi) üzerine, HOTİNE'nin "Üç Bulutlu Geodezi" üzerine ve KRARUP'un "İntegrasyon Geodezisi" üzerine çalışmaları yepyeni yollar açtı; eski ilişkiler artık yeni bir görünüm içinde sunulmaya başlandı. HOTİNE, toplu eseri "Mathematical Geodesy" nin (Washington, D.C. 1969) önsözünde, bu kitabıyla Geodeziyi yüzyıllarca tutuklu kaldığı iki buutundan kurtarma denemesine giriştiğini söylüyor. HOTİNE'e göre, eğer RİCCİ ve diğerleri Diferansiyel Geometrinin alanını üç hatta daha çok sayıda buut içine genişletselerdi KARL FREİEDRİCH GAUSS kendini Modern Geodezi problemlerinin karşısında bulabilirdi.

Gene de yeni düşüncelerin eskilerin yerini alması uzunca zaman istiyor. Yalnız GAUSS değil, HELMERT, SCHREİBER ve H.BRUNS da zamanları içinde biricik idiler. Zamanında çok az sayıda kimselerin dağarcığında bulunanlar, bugün Geodezinin temel gereçleri durumuna geldi. Bunu yalnız bu yazının içinde değinilen yayınlar bile yeterli şekilde tanımlayabilir. BAEYER ve HELMERT tarafından kurulmuş Geodezi Enstitüsü bugün Alman Geodezi Komisyonu oldu. Komisyon 20 yılın içinde, 180 i Doktora ve Habilitasyon tezi olmak üzere, yayınladığı 440 eseriyle, Alman Geodezisinin yarınına güvenle ilerlemekte. Aynı görevi, gene övülmeye değer bir biçimde, 100 yıldan beri -JORDAN'dan GROSSMANN'a- Alman Ölçmeciler Birliği de (Deutscher Ve rein für Vermessungswesen), "Zeitschrift für Vermessungswesen" Dergisi aracılığı ile yapageliyor.