

BÜTÜNLEŞİK JEODEZİDE JEODEZİK AĞLARIN ROLÜ

Y.Müh.Yzb.Osman YANIÇOĞLU

Profesör Sigl, bu fırsattan yararlanarak kısa bir konuşma yapmamı rica ettiği zaman, biraz ürperti ile karışık büyük bir istekle kabul ettim . Gelenekleriyle çok gelişmiş çağdaş çalışmaları anlamlı bir şekilde birleştiren Münih'in yetenekli jeodezi gurubu, esin kaynağı olacak kadar ısrarlı davranmaktadır. Uluslararası düzeyde seçkin uzmanlar ile diğer disiplinlerdeki meslekdaşlarımızın dahil olduğu dinleyiciler,ki bu arada hanımlarımızı da unutmamak gerek, büyük bir açıklama bekler görünmektedirler; fakat böyle bir çağrıyla kim karşılayabilir ?

Yeryuvarı şeklinin, yeryuvarı yüzeyi üzerindeki noktaların konumlarının ve olanaklı olan tüm jeodezik verilerin kombinasyonundan yararlanarak bu çok önemli - yeryuvarı gravite alanının belirlenmesinin bütünleşik jeodezi olduğu söylenebilir. İngilizce PHYSICAL GEODESY ve Almanca ERDMESSUNG olarak isimlendirilen yeryuvarı şeklinin ve onun gravite alanının teorisi olan yeryuvarı ölçmesi, 25 yıl kadar önce geçerli olan basit ölçmelerin yeterli olmamasından dolayı, bazılarımız tarafından teorik anlamda çekici bir konu olmakla suçlanmış, fakat akademik kuşku pratik gerçeğe tercih edilmiştir. Teori, ölçmenin önünde olmuştur.

Günümüzde durum tamamen değişmektedir. Özellikle yapay uyduların ortaya çıkmasıyla, şu anda çok değişik türde ve çok büyük sayıda jeodezik verilere sahip bulunmaktayız. Bu verilerin daima enuygun şekilde dağıldığı doğrudur, ama veri türündeki yetersizliği diğer bir veri türü ile tamamlamak olanağı vardır; bunlar birbirlerini karşılıklı olarak tamamlarlar. Sadece ve sadece okyanusdaki jeoidi veren uydu altimetresi buna iyi bir örnektir; önceki jeodezik yöntemlerin hemen hemen hepsi kara bölgeleriyle sınırlı olduğundan, okyanuslardaki jeoidi kesinlikle gereksinmemiz vardır.

Şimdi ölçme öne geçmiştir ve teorik jeodezi buna ulaşmak için kötü bir zaman aralığında bulunmaktadır. Teorik jeodezinin günümüzdeki mevcut görevinin, zengin ve değişik görünümlü çok miktardaki geçerli jeodezik verilerin birleştirilmesi ve enuygun kullanılması olduğu söylenebilir; işte

* The role of Geodetic Nets in Integraten Geodesy, Deutsche Geodatische Kommission
Proceeding of the International Symposium on Geodetic Networks and Computations of the International Association of Geodesy,
MORITZ, Helmut Munich, August 31 to September 5, 1981, Volume I, Ph.50, 1982

bu bütünleşik jeodezidir.

Bu görevde jeodezik ağların önemli bir rol oynadığı açıktır. Tarih - sel perspektif çok iyi bilinmektedir. Tycho Brahe ve Snellius, 1600 yıllarında, açıların ölçüldüğü triangülasyon yöntemini bulmuşlardır. Bu yöntem Fransız jeodezistler tarafından 18 nci yüzyılda yeryuvarı büyüklüğünün klasikolarak belirlenmesinde kullanılmıştır. Ulusal triangülasyonlar bütün ölçme ve jeodezik çalışmalara baz olarak hizmet vermiştir. Bunun Pratikte büyük bir önemi olmakla birlikte, izninizle şunu söylemek isterim ki teorisyenlere göre bu aynı zamanda Carl Friedrich Gauss gibi matematikçilere de esin kaynağı olmuştur.

Açı ölçülerinin doğruluğu sürekli olarak artmış, fakat 30 yıldan daha az bir süre önce ilk elektronik uzunluk ölçme aleti, trilaterasyon denilen, üçgen kenarlarının direkt olarak ölçülmesine olanak verinceye kadar ilkesi aynı kalmıştır ; böylece triangülasyon tamamlanmış olmaktadır.

Kısa bir süre sonra uydu yöntemleri ortaya çıktı; ilk önceleri fotoğrafik ve radar yöntemleri kullanıldı; günümüzde ise en duyarlı yöntem olarak laser ve en pratik yöntem olarak doppler yöntemleri kullanılmaktadır. Doppler ile herhangi bir jeodezik istasyonun alışılmış konumunu, yeryuvarının merkezine göre bir metre doğrulukta belirlemek olanaklı olmaktadır.

Doppler yöntemleri büyük triangülasyonların kontrolunda ve ölçü yapılmamış bölgelere yeni jeodezik istasyonların tesis edilmesinde büyük öneme sahiptir. Bu durumda, klasik triangülasyon ve trilaterasyon yöntemleri uydu ağını sıklaştırma hizmeti vermektedirler. Bununla beraber, geçen yıllarda bu sıklaştırma işi için inersial ölçme tekniği gibi önemli bir teknik ortaya çıkmıştır. İlkesi çok basittir: bir otomobil veya bir helikoptere ivme ölçer yerleştirilir ; önce hızı sonra konumu belirlemek için araç hareket halindeyken ki hareketler sürekli toplanır. Doğruluğu şimdiden bir metreden daha iyidir ve olanakları önemli derecede arttırılmaktadır. Özellikle ölçmesi yapılmamış büyük bölgelerin ilk kez ölçülmesinde inersial ölçmenin çok büyük önemi vardır. Buna rağmen duyarlı triangülasyon ağları önemlerini koruyacaklardır.

Uzman olmayanlar için ulaşım ağıyla bir benzetme yapacağım : doppler istasyonları hava alanlarına, triangülasyon ve trilaterasyon ağları sıklaştırma sistemi olan karayolu, demiryolu ve şehir içi taşıma ağlarına ve inersial ölçmeler ve diğer ulaşılamayan yerlere gidebilen jeep ve Land - rover' lara benzetilebilir.

Ölçme tekniklerini gözden geçiren bu gelişi güzel açıklamalar yetersiz olabilir, fakat tanıtmak amacıyla yeterli kabul edilmelidir. Şimdi hesaplama hakkında birkaç kelime söyleyelim. Triangülasyonlar elipsoid üzerinde hesaplandığından beri önemli bir güçlük kalmamıştır. Büyük triangülasyon ağları dengelemesinde ki hesaplama ve sayısal çözümün sorunlarını minimize etmekten söz etmiyeceğim, fakat RETRIG ve Kuzey Amerika Ağı üzerinde çalışanlar bu sorunların özveri ve çok çalışmayla nasıl giderilebileceğini göstermişlerdir.

Temel güçlükler ağları üç boyutlu uzayda kabul etmemizle başladı. Ahenkli konuşursak; Heinrich Bruns 1878 yılında üç boyutlu triangülasyon konusunu işledi ve Martin Hotine 1957 yıllarında bu konunun varuşuonlarını çok acık biçimde düzenledi (Bu konunun düzenleyicisi olduğunu kendisi bilmemektedir). Bununla beraber, uygulama açısından yalın geometrik üç boyutlu triangülasyon, zenith açılarının duyarlı bir şekilde ölçülmesi gibi önemli bir güçlükle karşılaştı ; bu da geometrik yükseklikleri, yatay konumlara kıyasla daha az doğru kılmaktadır.

Bu nedenle, uygulama açısından yatay konumun düşey konumdan ayrılması ve daha sonra amaca uygun olan jeoid'den yararlanmak suretiyle gravite alanını ustaca kullanılarak yüksekliklerin elde edilmesi önerilir. Burada jeoid kavramı ile ilk kez karşılaşırız. Uzman olmayanlar için jeoid, yalnızca gravite etkisinde olan yeryuvarı yüzeyidir ; başka bir deyişle, suyun serbestçe graviteyi izlediği okyanus yüzeyi jeoid'dir.

Uzmanlar bu tekniğin astrojeodezik yöntem, astrojeodezik jeoid belirlenmesi veya astronomik nivelman olarak isimlendirildiğini bilirler. Astronomik olarak belirlenen çekül sapmalarının toplanmasıyla elipsoid'den olan jeoid yüksekliklerini elde ederiz ; jeoid'den olan yükseklikler nivelmanla belirlenir; böylece sonuçta gereksinme duyduğumuz elipsoid'den olan yükseklikleri elde ederiz.

Bu suretle, jeodezide çok tipik olan, geometri ile gravitasyonel fiziğin birbirlerini karşılıklı etkilemesini gördük. Bruns ve Hotine gibi YALIN GEOMETRİK üç boyutlu triangülasyonun en önemli iki öncüsünün, gravitasyon alanı konusunda ayrıntılı bir şekilde çalışmalarını bu durumu karakterize etmektedir.

Bu bütün içerisinde belirtilmesi gereken diğer önemli konuda, ilgilendiğimiz birkaç sorunu doğal olarak diferansiyel yaklaşımla ele almamızdır. Üçgenler ve poligonal traversler yeterli bir özenle incelendiğinde ve yer yuvarının boyutu ile karşılaştırıldığında, bazı amaçlar için SONSUZ KÜÇÜK olarak yorumlanmaktadır; ve bu deyim fizikçiler ve mühendisler matematikçilerden daha çok beğenirler. Hattın toplam değerlendirilmesinde DİFERANSİYEL bir rol oynayan yükseklik farkları olan nivelmanda, bu durum belirgin-dir ; ve astronomik nivelman da aynı ilkeye dayanır.

Gauss'un çağ açan yüzeylerin DOĞAL DİFERANSİYEL GEOMETRİSİ ile uğraşırken, özenle yaptığı jeodezik çalışmalardan esinlenmesi şaşkıncı değil midir? Çağ açan yüzeylerin DOĞAL DİFERANSİYEL GEOMETRİSİ ile uğraşırken , özenle yaptığı jeodezik çalışmalardan esinlenmesi şaşkıncı değildir? Çağ açan diyoruz çünkü yaptığı çalışmaların Riemann tarafından genelleştirilerek daha çok boyutlu bir duruma getirilmesi, Einstein'ın Relativite Teorisinin matematik temelini oluşturmuştur. (burada jeodezi vardır ve günümüzde jeodezistler Genel Relativitenin içindedir) Antonio Marussi, Martin Hotine, Erik Grafarend ve diğerleri tarafından özenle geliştirilen gravite alanının aslına uygun geometrisi, üç boyutta, nivelmandan inersial ölçümlere kadar DİFERANSİYEL tekniklerin teorik temelini oluşturmaktadır.

Uydu tekniklerinin ortaya çıkmasıyla yalın geometrik üç boyutlu ağ olarak içine girmiştir. Dünya boyutunda fotogrametrik uydu triangülasyonu, Hellmut Schmid yönetiminde Birleşik Devletler Ulusal Jeodezik Ölçmeler (U.S. National Geodetic Survey) öncülüğünde büyük bir başarıyla yürütülmektedir; şimdi laser triangülasyonu öne geçmektedir. Çok Uzun Kenarlı Interferometre (Very Long Baseline Interferometry) ile birlikte bir desimetreden daha iyi bir global doğruluğun elde edileceği ümit edilmektedir. Fakat buna rağmen yalın geometrik teknikler gerçekten hala değerlidir. Gravitasyonunun düzen-siz etkisinin uydu yörüngesinde kullanılmasıyla gravite alanı yeniden sahneye çıkmıştır. Bu durum dopplerde de devam etmektedir.

O halde yeryuvarının global şekli , yeryüzeyi üzerindeki noktaların konumları ve yeryuvarı gravite alanı ayrıştırılamıyan bir bütünde görülmelidir. Özellikle ve ısrarla yinelemek isterim ki ; jeodezik ağlar yalın geometrik bir problem değildir, jeodezik ağlar gravite alanına bağımlıdır. Bu nedenle, jeodezik ağlar bütünlük jeodezi konusu içinde görülmelidir; jeodezik ağların bu durumu konuşmanın ana fikridir.

Bu arada inersial ölçmenin de gravite alanına bağımlı olduğu belirtilmelidir. Eğer şu an ki doğruluğunun arttırılması istenirse, bu gerçeğe gereken önemin verilmesi zorunlu olacaktır.

Bütünlük jeodeziye yeniden dönersek : gravitasyonel olduğu gibi geometrik de olabilen çeşitli türdeki jeodezik verilerin enuygun kombinasyonu kurulmalıdır. Bu problemi nasıl çözebiliriz ?

Jeodezistler enuygun veri kombinasyonu işinin nasıl ele alınacağını çok iyi bilmektedirler ; onlar en küçük kareler dengelemesini kullanırlar. Bu yöntem fiziksel jeodezide neden kullanılmasın ?

1967 yılında W.A. Heiskanen ve benim tarafımdan yazılan FİZİKSEL JEO - DEZİ ders kitabını alalım ve bu kitaptaki dengeleme tekniklerinin uyarlamasını bulalım. Bu konuda çok az ve basit bilgiler bulacağız. Yazarların dengeleme konusunda çok daha fazla bilgi sahibi olmalarına rağmen bunun sebebi nedir? Dengelemenin fiziksel jeodeziye nasıl uyarlanacağını bilmemelerinden dolayı mahcup olmuş gibi görülmektedirler.

Ne yazık ki bu gerçekten doğrudur. Dengeleme modelleri, gözlem sayısından daha az miktarda görelî bir kaç parametrenin öngörülmesine dayandığından ve gravite alanı çok karmaşık ve düzensiz olduğundan, çok az sayıda parametresi ile tamamiyle tanımlanamaması bu durumun nedenini basitçe ortaya koymaktadır.

Fakat, karmaşık ve düzensiz olan bu görüntüyü tanımlayan, matematik ilkelerini ortaya koyan araçlar vardır ; bu ise matematiksel istatistiktir. O halde niçin, nedenini düşünmeksizin ve istatistiksel olarak gravite anomalisini tanımaya çalışmıyoruz ? Dengelemede olduğu gibi istatistiksel yaklaşımda da gözlem hataları aynı şekilde yorumlandığından, bu yaklaşım daha da çekici olmaktadır.

Gravite alanının istatistiksel olarak yorumlanması tarihi, Graaf-Hunter'in 1935 yılında yaptıkları çalışmada konuya çok az değinmeleriyle başlamıştır. 1956 yılında, o tarihte Ohio State Üniversitesinde bulunan , Rino Hirvonen sorunu ilgilendi ve bu sorunu oldukça genelleştirdi. Bu çalışma, inanılmaz derecede hızlı bir gelişme sağlamıştır. Ohio State Üniversitesinin genç bir öğrencisi olan William Kaula, kendi master tezinde problemin doğal istatistik çatısını kurmuştur : gravite alanı anomalisini küre üzerinde stokastik süreç olarak işlemden geçirmiştir. Stokastik süreçlere daha sonra uygulanacak ikinci adım, Kolmogrow-Wiener'in çok iyi bilinen yöntemi olan en küçük kareler prediksyonu Ohio State Üniversitesinin diğer iki genç elemanı tarafından, 1963 yıllarında, gravite anomalisinin interpolasyonunda kullanılmıştır. Şimdi aynı üniversitede profesör olan Richard Rapp, o zamanlar genç bir doktora öğrencisiydi ve ben, ondan biraz daha yaşlıydım.

Fomülleri yazmak kolaydır, ama oldukça zor olan gerçek sayısal sonuçların elde edilmesi işini Dick yapmıştır. Onun bana söylediklerini halâ anımsıyorum : "Sizin yönteminiz yanlış olmalı : Bilgisayardan gerçek olmayan standart hatalar elde ettim." Aldığı neydi, şüphesiz negatif varyanslardı, bu da kötü sonuçtu. Kullandığı sayısal kovaryans modelinin pozitif-definit olmadığına anlaşılması biraz zaman almıştır ve kötü sonuç almasının nedeni budur.

Daha sonraki yıllarda en küçük kareler interpolasyon teknikleri, gravite anomalilerinin ve çekül sapmalarının interpolasyonunda olduğu gibi, jeodezide ama aynı zamanda, artık model distorsiyonlarının interpolasyonunda ve hattâ sayısal arazi modellerinde olduğu gibi, fotogrametride de çok geniş alanlarda kullanılmaya başlanmıştır.

Ama bu durum halâ bütünleşik jeodeziden çok farklıdır. Şimdiye kadar enterpole edilen verilerimiz daima aynı türdeydi : sadece gravite anomalileri veya sadece çekül sapmaları gibi. Torben Krarup IAG'nin benim başkanı bulunduğum özel çalışma grubu üyelerine göze çarpmayan tebliğini 1968 yılında gönderdiği zaman kesin genelleştirme yapılmış oldu. O tebliği görevimin gerektirdiği büyük bir özenle okudum, Hilbert uzayının kullanılmasını beğenerek onayladım (Hilbert uzayından daha çok şey içerdiğini daha sonra söyleyeceğim) , tebliği anlamadım ve dosyalıyarak kaldırdım. Ertesi yıl Torben bana

kalın bir müsvedde kitap gönderdi, 1969 sonbaharında onunla konuuncaya kadar anlamamı olmama rağmen içeriğini çok ilginç bulmutum.

Krarup'un kalın müsveddesi "Fiziksel Jeodezinin Matematik Temeli" isimli kitapçığın yalnızca başlangıç kısmını oluturmutu. Gravite anomalisinin heterojen yapısına uygulanan en küçük kareler prediksyonu, en küçük kareler dengelemesiyle birleştirilerek en küçük kareler kolokasyonu olarak bilinen birleşik teori oluşmuştur. Bu doğrudan doğruya, bütünleşik jeodezinin verilerin genel kombinasyonu için gerek duyduğu aracı üretmiştir. Bütünleşik jeodezi teriminin ilk kez Torben Krarup tarafından, 1970 yılında Berlin Teknik niversitesindeki bir konferansta kullanıldığını sanıyorum.

En küçük kareler kolokasyonunun geliştirilmesi ve onunla yapılan uygulamalar arasındaki ilişkinin kurulması, daha sonra, birçok kurulu ve birçok nitelikli insan tarafından yapılmıştır. İsimlerini belirtmeye ba - larsam asla tamamlayamayacağım, onun için isimlerini saymaya hiç balamamam daha iyi olacak. Yalnız, stn nitelikli gruba takdirlerimi belirtmek için bir ayrıcalıkta bulunacağım : günümüzün en iyi gravite modellerinden biri olan GRIM 2, bu yöntem kullanılarak hesaplanmıştır.

En küçük kareler kolokasyonunun temel ilkelerini formül kullanmadan tanıtmaya çalışacağım. Hiç bir ayrıcalık olmaksızın her jeodezik ölçü şöyle ayrıştırılabilir ;

1) İstasyon koordinatları gibi parametrelere bağlı olan sistematik kısım,

2) Gravite alanı anomalisi etkisinin incelenen büyüklüğünü temsil eden, daha çok düzensiz olan kısmı: bu SİNYAL olarak isimlendirilir,

3) GÜRÜLTÜ olarak isimlendirilen rastgele gözlem hatası.

Alıılmı dengeleme, gözlem hatalarından etkilenen belli sayıdaki parametrelerin fonksiyonu olan, sadece birinci ve üçüncü kısmın içerildiği değerlerle ilgilenir. Yeni gelişme, potansiyel dağılım, jeoid yükseklikleri, çekül sapmaları, gravite anomalileri, sferik harmonik katsayıları, vb., konularındaki gravite alanı anomalisine özgü değerleri kapsayan, sinyalin istatistiksel yorumudur.

Genelde kolokasyon modeli, hemen hemen tüm jeodezik ölçülerin gravite

alanına bağımlı olduğuna ve gravite gözlemlerindeki gibi büyük olabilen veya açı gözlemlerindeki gibi küçük olabilen SİNYAL KISMI'nı içerdiği gerçeğine dayanır. Uzunluk ölçüleri veya VLBI ölçülerinde olduğu gibi gravite alanına bağımlı olmayan ölçüler de yukarıdaki düşünce içinde kabul edilebilir, bunların sinyal kısmı en basit biçimiyle sıfırdır.

Dengelemede ölçü hatalarının quadratik fonksiyonu minimize edilir, kolokasyonda sinyali de içeren minimizasyon işlemi yapılır. Bunun dışında, inanılmaz derecede formülasyon benzerdir.

En küçük kareler kolokasyonunun ayrıntılı sistematik incelenmesi, Krarup'un 1969 yılında sunduğu önemli bir tebliği ile başlar. Yöntem daha iyi anlaşıldıktan sonra, 1963 yılında Kaula tarafından önerilen jeodezi toplumu tarafından çok zor anlaşılan stokastik süreçlerde parametre kestirimi örneğindeki gibi benzer birçok durumlara açıklık getirdiği belirlenmiştir.

Profesör Wolf, çekül sapmalarının kareleri toplamını minimize eden Helmert'in çekül sapmaları dengelemesinin, kolokasyondaki sinyal minimizasyonu ile aynı anlama geldiğini belirtmiştir ve Profesör Wolf haklıdır. Bu görüşe göre hiçbir şey yeni değildir, hattâ kolokasyon bile.

Hilbert uzayı kelimesinden söz edilmişti. Hilbert uzayı, matematikçilere anlamlı gelen fakat bazılarımızda da en azından kuşku uyandıran, sonsuz boyutlu uzay olarak tanımlanır. Ama ondan korkacak bir neden gerçekten yoktur. Doğrusal denklemler sistemini çözmeye uğraşırken n-boyutlu uzayda çalıştığımızı söyleyebiliriz. Kuzey Amerika Triangülasyon dengelemesinde 500000 bilinmeyen vardır, Amerikalı meslekdaşlarımız beşyüz bin boyutlu bir uzayda çalıştıkları için gurur duyabilirler ve bu meslekdaşlarımız yaptıkları işten hoşlanmakta ve çok iyi görünmektedirler. O halde neden birkaç adım daha ileriye gidip Hilbert uzayında çalışmıyoruz ?

Neden sonsuz boyutlu uzaya gereksinmemiz var? Gravite potansiyeli sürekli bir fonksiyondur ve bu gibi fonksiyonların sonsuz bileşenli bir vektöre eşdeğer olduğu bilinmektedir ; örneğin potansiyelin tüm sferik harmonik katsayılar kümesi şüphesiz sonsuz elemanlıdır. Böyle sonsuz elemanlı seriler bazı amaçlar için gerçekten kesilmek zorunda kalınabilir, ama gra-

vite alanının global yapısının yorumundaki gibi genel durumda kesme işlemi yapılmamalıdır.

Bu nedenle teorisyenler, Krarup'un 1969 yılında belirtmiş olduğu gibi en küçük kareler kolokasyonunun Hilbert uzayında dengelemeden başka birşey olmadığını, estetik anlamda yeterli olduğunu ve hattâ anlaşılmasının kolay olduğunu ortaya çıkardılar. Peki, sayısal çalışmalarla anlam çıkarmak isteyen uygulayıcı ne yapsın? Dengeleme formülasyonunun üç boyutlu matris gösterimine alışkın olan uygulayıcı bile, Hilbert uzayından hoşlanmazsa kolokasyonu kullanabilir.

Kolokasyon istatistiği konusunda birkaç kelime söylemek istiyorum. Tarihsel olarak kolokasyon, Kolmogorov-Wiener predikasyonu veya kovaryans fonksiyonu terimlerinin görülmesindeki gibi, gravite alanı anomalisinin bir stokastik süreç olarak yorumlanmasından doğmuştur. Bununla beraber bazı kişiler, gravite alanının İSTATİSTİKSEL yorumunun, potansiyel teori ve fiziksel jeodezi kurslarında alışkın olduğumuz şekilde açık ve iyi belirlenen gravite alanı analitik yapısını bozmasından korkmaktadırlar.

Buna rağmen bu konuda bütünüyle bir tehlike yoktur. En küçük kareler kolokasyonu, analitik yaklaşım tekniğinde olduğu gibi hiçbir istatistik çağırışım yapmadan da yorumlama yapma olanağı verir (n -boyutlu uzayın alt bir uzayı olan projeksiyon yüzeyinde ki dengelemede yalın geometrik yorumlamanın yapılabildiği gibi). Kolokasyonun bu analitik görünüşü üzerindeki çalışmalar belirli bir derecede sonuçlandırılmıştır ; sonuç, Yury Neyman isimli Sovyet jeodezisti tarafından yazılan fiziksel jeodezide varyans yöntemleri isimli kitaptır. Böylece gravite alanı anomalisinin istatistik yorumuna, ister kuşkuyla bakın isterseniz kabul etmeyin, kolokasyonu uygulayabilirsiniz.

Kişisel görüşüme göre, tam ve uyumlu bir tablo elde etmek istiyorsak, kolokasyonun analitik görüşüne istatistik görünüşü kadar önem verilmelidir.

Bütünleşik jeodezinin teorisiyle ilgili bu genel açıklamalardan sonra, şimdi bütünleşik jeodezide temel ağların rolüyle ilgili somut sorunlara geri dönebiliriz. Çok büyük boyutlu kolokasyon dengelemesi yapmak için triangülasyon ve trilaterasyon verilerinin de içerildiği bütün jeodezik gözlemlerin dev bir kara kutuda toplanabileceği ve gravite alanıyla istasyon konumları -

nın doğruluklarıyla binlikte enuygun kestirimlerin yapılabileceği açıklığa kavuşmuştur. Bu uygulamada açıkça olanaklı değildir : en büyük bilgisayarın bile kapasitesi yetersiz olabilir, yuvarlatma hataları sonucu bütünüyle bozabilir ve kaba gözlem hataları araştırılmaz ; dolayısıyla kötü etkileri görülür. Bu nedenle, gittikçe fazlalaşan ve bölgeyi daha da büyüten veriler veya büyük bölgelerdeki çalışmalar parçalanarak adım adım işlem yani adım adım dengeleme yapmak tercih edilmelidir. Şüphesiz elde edilen en son sonuç, bir adımda özenle yapılan dengelemede olduğu gibi kolokasyonda da olanaklıdır. Klasik yaklaşımda yatay ve düşey olarak insafsız bir şekilde ayrılaştırılan dengelemeyi, Hotine üç boyutlu ağ dengelemesi olarak sunmuş ve bunu Levallois ve Dufour'un bir devrim gibi gösterdiğini Levallois'in 1963 yılındaki bir makalesinden öğrenerek inanılmaz derecede etkilendiğimi hatırlıyorum, Levallois'in deyimiyile, klasik jeodezi üç boyutlu jeodezinin görüşü açısıyla saygınlığına yeniden kavuşmuştur, aslında bir anlamda şekil durumuna göre bir ilerleme kaydedilmiştir.

Benzer bir izlenimi Günter Hein'in Darmstadt'da dinlediğim bu yılki konferansında edindim. Günter Hein, triangülasyon ağlarının kolokasyon dengelemesinin klasik dengeleme ve kolokasyona ulaşan düzeltme işlemi olarak iki adıma ayrıştırılabileceğini ve sonucun yukarıda belirtilen kara kutuyla özdeş olacağını göstermiştir. Bu durumu, bu simpozyumda gözliyeceğimizi sanıyorum.

Bu gibi yaklaşımlar, her şeyi atarak yeni baştan başlamak yerine var olan durumu iteratif bir şekilde geliştirmeye karşılık gelmektedir. Böyle bir iteratif yaklaşımın avantajını hiç kimse Gauss' dan daha açık bir biçimde ortaya koyamaz: devrim yerine evrim.

Konuşmacımız teorisyen olduğundan daha çok teori üzerinde durmuştur. Bununla beraber unutmadan söyleyeyim, teori lord değil bir uşaktır. Aslında bütünleşik jeodezi teorisyenler tarafından ortaya çıkarılmamıştır, ama alet yapımcıları, yeni gözlem teknikleri tasarlayanlar veya sadece uyarılama yapanlar çok duyarlı gözlem yapabilmeyi olanaklı hale getirmişlerdir. Bundan sonraki simpozyum, jeodezik ağlarda kullanılan hesaplamalarda olduğu kadar gözlemlerle ilgili çok karmaşık yöntemlerden oluşan, ilginç bir tablo ortaya koyacaktır. Bu çeşitli teknikler, aletlerin senfonide olduğu gibi, şaşırtıcı derecede ve olağanüstü güzellikte bir arada çalışacaklardır. Hans Urs von Balthasar'ın bir sözü şu anki durumumuza uyarlanabilir:GERÇEK SENFONİKTİR.