

Bir devletin ölçü ve harita işlerine esas olan nirengi, buna ait mütalaalar ve bu gün karşılaşan meseleler

(Baş tarafı 34 sayılı mecmuadadır.)

Potsdam Jeodezi enstitüsünden Gerhard Lehman'ın
Berlin Y. teknik okulunda verdiği konferan esas
tutularak yazılmıştır.

Yazan : Y. Mühendis
Lütfü İlman

Müsellelerin şekli büyük bir ehemmiyeti haiz değildir. Fakat 30 (33 grad) dan küçük ve 150° (165 grad) dan büyük zaviye bulunmamasına dikkat edilir. En münasip müselle şekli sayesinde elde dileyebilecek sihat kazancı, vasatî rasat hatası ile hesaplanan sihat farklarına nazaran, çok azdır. Vasatî rasat hatası mesafeye pek tabi olmadığı için müselle dıllarının uzunluğu da tul intihabındaki sihat derecesi üzerine müessir değildir. Fakat istikametlerin intikalinde, zincirin son dılının semti ilk dılın semtine aradaki zaviyelerin ilâvesile elde edildiği için iki uç arasındaki noktaların adedi nekadardır azsa, yani müselle dılları nekadardır büyükse netice okadar doğrudur.

Mamafî modern nirengilerde doğru semt intikalini temin eden başka vasıtalar mevcut olduğundan müselle dıllarının uzunluğunu tespitite aşağı derecedeki nirengilerin ihtiyaçları, arazinin vaziyeti, mesahanın ve hesabın mümkün olduğu kadar tasarrufa riayetle yapılabilmesi mülâhazaları birinci derecede müessir olurlar. Buna göre esas müsellelere ait dılların uzunluğu umumiyetle 30 - 50 Km. kabul olunmaktadır.

İşaret olarak ahşap, çelik veya beton kuleler kullanılmaktadır. Bunların hepsinde müşterek olan, aletin bulunduğu yerle rasıdın durduğu yerin ve esas işareti ihtiva eden tenvir edilmiş kısımın

ayrı olmasıdır. Almanların şimdiye kadar edindiği tecrübelere göre 4 veya 8 dilılı ahşap piramitlerin en muvafık şekil olduğu anlaşılmıştır. Daha ziyade Amerikada kullanılan çelik kuleler Almanyada yalnız aşağı derecede nirengiler için kullanılmaktadır. İsviçrede inşa edilen beton kuleler ahşap kulelerden daha dayanıklıdır, fakat buna mukahil hem ahşap kuleler kadar yüksek yapılamazlar ve hem de çok pahalıya mal olurlar.

Esas şebekede işaret kulelerinden yalnız mevkiî noktası olarak istifade edilmekte ve hedef olarak güneş ziyası veya sunî ziya kullanılmaktadır. Son zamanlarda, atmosferin ve binnetice ziyaların da daha sakin olduğu düşünülerek gece rasatlarına büyük bir ehemmiyet verilmektedir. Fakat gece rasatları hakkında hüküm verirken çok ihtiyatlı olmak lâzımdır.

Gece teşekkül eden hayallerin vazih ve sakin olması, yalnız başına gece rasatlarını gündüz rasatlarına tercih etmek için kâfi bir sebep olamaz. Çünkü geceleyin hava tabakaları hareketsiz olduğu için ziya şularının daha büyük bir sistematik inhirafa maruz bulunması ve gündüz hava tabakaları hareket halinde olduğu için bu inhirafın daha küçük olması ihtimali pekala varittir. Mesela hayallerin en titrek olduğu esnada yan inkisarın en ufak kıymeti mutlakaya malik olması kabildir. Bu taktirde gece rasatları ile mesahası tamamlanmış bir müseiles zincirinde hesap neticesinde gündüz rasatlarına istinaden kurulmuş bir zincirdekinden daha küçük bir arzanî hata elde edilebilir, fakat bunun hesaplama meydana çıkarılmasına imkân olmayan daha büyük bir sistematik inhirafı ihtiva etmesi çok muhtemeldir.

Yan inhirafı tesir ve büyüklük itibarile muhtelif iklimlerde başka başkadır. Uzun araştırmalar neticesinde bunun nirengi üzerine büyük tesiri olduğu anlaşılmıştır. Şebekeye ait bütün rasatlarda hedeflerden gelen şuların arz sathına 6 m. den daha kalın

olmamasını temin sayesinde arz sathının ve bunun üzerindeki tesisatın neşrettiği şualardan ileri gelen inhirafın önüne geçmek kabildir. Esasen bu inhiraf, bütün bir zincir için, sistematik değil tesadüfî hatalara sebep olur.

Zaviyeler, diğer usullere üstünlüğü daha Gauss tarafından tanınmış olan, kombinezon usulile rasat edilir. Bu usule göre mevcut hedefler arasındaki bütün zaviyeler ölçülür. Yalnız iki hedef görülebildiği zaman dahi rasat yapmak kabil olduğu gibi, muvazene neticesinde zaviyeleri her yerde aynı vezni haiz istikametlerden müteşekkil bir tam silsile halinde birleştirmek ve bu istikametleri müstakil kemiyetler gibi şebeke muvazenesine idhal etmek te mümkündür. Binaenaleyh bu usul hem zaviye ve hem de istikame mesahasının iyi taraflarını bir araya toplamış oluyor.

Modern nirengilerde, ölçülen bir istikametın istasyon muvazenesi ile hesaplanan vasatî hatası takriben $0,15''$ ($0,46^{\circ}$) [*] dir. Bu hata müselleslerin kapanma hatalarından hesaplanırsa $0,20'$ ($0,62^{\circ}$), şebeke muvazenesinden çıkarılırsa $0,25'' - 0,30''$ ($0,87^{\circ} - 0,93^{\circ}$) bulunur. Muvazene sahasının genişlemesile aynı hata için bulunan kıymetlerin büyümesi, ancak mesaha sahasının genişlemesile büyüyen, tesadüfî hatalar gibi birbirini ifna etmeyen sistematik hataların mevcudiyetini kabul etmekle kabili izahdır. Esas zincirlere ait müselleslerin zaviyelerinin mesahasında kullanılan aletleri daha ziyade hassaslaştırmak artık mevzuubahs değildir. Bu hususda varılması mümkün en son sıhhat derecesi elde edilmiş sayılabilir. Fakat kullanılışı daha kolay ve iktisadî çalışan aletler inşası alet mütehassıslarının tetkik mevzuu olmakta devam edecektir. Önümüzdeki senelerde zaviye mesahalarını alâkadar eden esas mesele sistematik hataların sebeplerini araştırarak bunları munasip

[*] Kere içindeki adetler grad saniyesidir.

mesaha usullerile ortadan kaldırmak çarelerini tesbit etmek olacaktır. Esas şebekenin mikyasını tayin etmek için, nazari olarak bir baz ölçmek kabildir. Bu gün ölçülmekte olan bazların uzunluğu umumiyetle 5 Km. dir. Doğrudan doğruya yapılan tül mesahalarında ölçme sahası gayri mütecanis olduğu için baz yerini seçerken çok müşkülpesent davranmak ve büyük bir ihtimam göstermek lâzımdır. Bu asrın başlarına kadar bazlar maden çubuklu cihazlarla ölçülmekte idi. Bir çok metre uzunluğunda olan bu ağır madeni çubuklar yan yana konur, fakat aralarında ufak boşluklar bırakılır ve bu boşluklar da ayrıca ölçülürdü. Fakat bu aletlerle baz ölçmek çok masraflı olur ve uzun zamana ihtiyaç gösterirdi. En büyük zorluk mesaha çubuklarının hakiki suhnet derecesini tayinde idi. Bu aletler üzerinde yapılan ıslahat da tatmin edici olmamıştır. Bu günkü bazlar umumiyetle 24 m. uzunluğunda ve 1,5 mm. kalınlığında yâderin telleri de denilen invar tellerile ölçülür. İnvar, nikel ve çelikten müteşekkil, suhnet tahavvülâtına karşı az hassas bir halitadır. Mamafi bunda da, eğer bazın 1: 1000000 yani 1000 m. de 1 mm. ye karış bir hata ile ölçülmesi isteniyorsa, tellerin mesaha esnasındaki suhnet derecesini 1°c. a kadar bilmek lâzımdır. Belki ileride tellerin suhnetini elektriki usullerle, teli bir mukavemet termometresi gibi kullanarak ölçmek kabil olacaktır.

Bütün baz mesahalarında müşterek zorluk mesaha aletlerinin hakiki tullerinin tesbitidir. [Bu tesbitte yapılan hatanın tesiri esas baz mesahalarında yapılan hatanınkinden daima daha büyük olduğu için bir bazın hakiki tülünü bulmak ancak baz mesahasile birlikte baz aletlerinin de ayarile kabildir.] Bu mülâhaza bilhassa telle yapılan mesahalar için çok mühimdir. Çünkü invar bir halita olduğu için bunun moleküler bünyesinin tahavvülata uğraması çok muhtemeldir. Bundan başka telleri araziye götürürken sarmak

icap eeeceğinden bunlarda ufak tefek kıvrıntıların önüne geçmek kabil olamaz. Tellerin bu şekilde gayri muntazam tahavvülate uğradığı tesbit edildiği için Almanyada bir bazı aynı zamanda on telle ölçmek mecburiyeti hasıl olmuştur.

Tellerin ayarı son zamanlarda ziya tedahülünden (enterferans) istifade edilerek yapılmaktadır. Metrenin uzunluğu muhtelif ziya-ların dalga uzunluğu cinsinden tesbit edilmiştir. Tellerin uzunluk-luklarını da aynı dalga uzunlukları cinsinden tayin etmek kâfidir. Almanyada bunu arazide baz mesahasından evvel ve sonra yap-a-bilmek için çalışmalar devam etmektedir. Bu hususda kırmızı kadmium ziyasından istifade edilmektedir. Tellerin tulünü enter-feransla arazide tayin etmek kabil olduğu takdirde bu bize baz mesahasında bütün ihtiyaçları karşılayacak bir sıhhat derecesi temin edecektir. Bütün bir bazı doğrudan doğruya enterferansla ölçmek kabil olup olmayacağını şimdiden söyleyemeyiz. Hvanın inkisar karinesinin kâfi derecede sabit olmaması ve arz sathının sakin bulunmaması bu hususda müşkilata sebep olacaktır.

Bazın tulü main şeklindeki büyütme şebekelerile bir müselles dılına intikal ettirilir. Bu şebekelerin gayesi bir müselles dılının tulünü bundan çok küçük olan baz tulünden zaviye mesahasile istihrac etmektedir. Burada bir çok jeodezi mütehassıslarını meş-gul etmiş olan güç riyazî mesele, yapılması düşünülen muayyen rasat sayısını, en sahih netice verecek şekilde, şebekenin muhtelif büyüklükteki zaviyelerine tevzi etmektir.

Zaviye ve baz mesahası şebekenin arz sathı üzerindeki vazi-yetini tespit için kâfi değildir. Bunun için hiç olmazsa şebekeye ait noktalardan birinin coğrafi arz ve tulile bu noktadan geçen bir müselles dılının semtini astronomik olarak tayin etmek lâzım-dır. Bulunan kıymetler şebekeye ait bütün hesaplarda esas tutul-mak üzere kabul edilen deveranî ellipsoide nakledilirse, tayin

olunan noktanın denizden yani geoid yüzünden olan irtifakı aynı zamanda ellipsoid üzerindeki irtifa olarak alındığı takdirde, geoidle ellipsoidin birbirine karşı vaziyeti tamamen tespit edilmiş olur. Astronomik olarak bulunan arz ve semtin ellipsoid üzerindeki arz ve semt olduğu kabul edilirse mebdâ noktasında hakikî şakul istikametile ellipsoidin normali (nazımı), ve meridian istikametleri intibek ederler Ellipsoidin deveran mihverile geoidin tenazur mihveri de yekdiğerine muvazi olur. Fakat şebekenin bütün diğer noktalarında hakikî şakul istikametile ellipsoid üzerindeki şakul istikameti arasında farklar belirir ve bu farklar, geoid ellipsoid arasındaki mesafeler küçük olduğu halde, geoidin ile yüzü gayri muntazam eşkâli ihtiva ettiği için, daha bir müselles dılı kadar mesafede ehemmiyetli miktarlara baliğ olurlar. Bu farklara şakul inhırafı denir. [*]

Bütün memleketler aynı ebadı haiz bir ellipsoid kabul etseler bile her memleketin mebdâ noktasında yaptığı astronomik rasatlarla kendi ellipsoidinin sabit olan geoide nazaran vaziyetini tayin etmesi icabeder. Binaenaleyh yine her memleketin ebadı aynı fakat geoide göre vaziyetleri muhtelif bir ellipsoidi olur. Astronomik tevcihin bir memleket nirengisi üzerine, bu tek başına alındığı yani diğer memleketlerin nirengileriyle hiç bir alâkası bulunmadığı kabul olunduğu takdirde, büyük bir tesiri yoktur. Bu tevcihde yapılacak bir kaç saniyelik bir değişiklik nirengi hesaplarında hatayı mucip olmaz. Çünkü ellipsoidin inhinası pek yavaş değişir. Fakat diğer memleketlerin nirengileriyle alakalı işlerde, mesela iki memleketin nirengi şebekelerini birleştirmek mevzuubahs olursa veya ilerde olması ihtimali varsa astronomik tevcih büyük bir ehemmiyet kazanır. O zaman bunu mümkün olan en

[*] Bu hususda mecmuamın 31 inci sayısında Hüseyin Bozkırın yazısında izahat vardır.

yüksek sıhhat derecesile yapmak lâzımdır. Aşağıda bahsedeceğimiz, şebekenin astronomik rasatlarla takviyesi meselesi de bu rasatların sıhhat deracesini yükseltmeği lüzumlu kılmaktadır. Potsdam jeodezi enstitüsünün son senelerde arazide yaptığı astronomik rasatlarda şu neticeler elde edilmiştir:

Arz tayininde vasatı hata $0,15''$ ($0,46^{\circ}$)

Tul « « « $0,015$ veya $0,23''$ ($0,71^{\circ}$)

Semt « « « $0,25''$ ($0,87^{\circ}$)

Sabit istasyonlarda daha yüksek sıhhat derecesi elde etmek kabildir. Evelden coğrafi tulün tayininde tatmin edici bir sıhhat derecesi elde etmek kabil değildi. Telsiz telgrafla kuvarşlı saatin icadı sayesinde bu günkü sıhhat derecesine erişmek mümkün olmuştur.

Şakul inhırafları yüzünden nirengi şebekesini astronomik rasatlarla doğrudan doğruya takviye etmek bu gün için maalesef imkânsızdır. Şakul inhırafları bir noktanın astronomik usullerle bulunan geoid üzerindeki vaziyeleri ile nirengi hesaplarla elde edilen ellipsoid üzerindeki vaziyeleri arasındaki farktan ileri gelmektedir. Nirengi rasatlarını astronomik rasatlarla doğrudan doğruya kontrol ve takviye edebilmemiz için şakul inhıraflarını müstakil olarak tayin edebilmemiz lâzımdır. Halbuki bunları bu gün ancak ellipsoid üzerindeki vaziyeleri hesaplayarak bulabiliyoruz. Mamafî ilerde şakul inhıraflarını jeofizik yolla doğrudan doğruya tayin etmek belki kabil olacaktır. Bu takdirde astronomik rasatlar nirengi şebekeleri için iyi bir istinatgâh olacak ve çok kıymetli kontrol imkânları verecektir. Fakat bu gün de astronomik rasatlardan büyük istifadeler temin edilmektedir. Ellipsoid üzerindeki semti, Laplace tarafından bulunmuş olan bir münasebet vasıtasile, astronomik olarak tayin edilen semt ve tul, ve ellipsoid üzerindeki tul cinsinden hesaplamak kabildir.

Laplace muadelesini şöyle yazabiliriz:

$$\text{Ellipsoid üzerindeki semt} = \text{Astronomik semt} + \\ + (\text{Astronomik tul} - \text{ellipsoid üzerindeki tul}) \times \sin \varphi.$$

φ noktan coğrafi arzıdır.

Muadeledeki « ellipsoid üzerindeki tul » nirengi ile hesaplanır. Bu muadele esasen nirengiyi kontrol için kullanılacağından nirengi ile hesaplanan böyle bir miktarın mevcudiyeti bu kontrolün bir mahzurudur. Fakat bundan ileri gelecek bir hata semtteki hataya nazaran tâli derecededir. Çünkü ellipsoid üzerindeki tul farkı evvelâ uzunluk olarak bulunur ve bu uzunluk arz dairesinin nısıf kutrile taksim edilerek zaviyeye çevrilir. Semtteki zaviye hatası ise yine uzunluk olarak bulunan arzanî hatayı bir arz dairesinin nısıf kutrundan çok daha küçük olan poligon dıl'ile taksim ederek elde edilir. Meselâ ellipsoid üzerindeki tul farkına ait 10 m. lik bir hata bizim arz derecelerinde takriben yarım saniyelik bir zaviye hatasına tekabül eder. Bu miktar şebekedeki sistematik ve tesadüfî hataların birikmesinden ileri gelen semt hatasına nazaran küçüktür. Binaenaleyh Laplace muadelesinin bize verdiği kontroi son müselles dıl'ının semtindeki hatanın kısmen tamirini ve bütün şebekenin dönmesinin önüne geçilmesini mümkün kılar.

Şebekenin muhtelif noktalarında Laplace kontrolünü tatbik ederek (böyle noktalara Laplace noktaları diyoruz) bunun semt hususundaki vaziyetini takviye etmek kabil olduğu gibi aynı zamanda bir çok baz ölçerek mikyasını da daha sağlam esaslara istinad ettirmek mümkündür. En iyi şekil olarak gösterdiğimiz çift zincirlerin vücutte getirdiği dılları 200-400 km. uzunluğunda olan poligonlardan müteşekkil şebekede poligonların her köşesinde bir baz ve bir Laplace noktası tayin etmek münasip olur. Bu suretle poligonların her köşesinde tulü ve istikameti sabit bir müselles dılı bulunacak, bü tul ve istikamet müstakil birer kıymet

olarak şebeke muvazenesine ithal edilebilecektir. Bu kıymetlerin tesiri, şakul inhırafları yüzünden bugünlük imkânsız olan, muhtelif müselles noktalarının mutlak vaziyetlerini tayin ederek elde edilebilecek neticeden pekte fena değildir.

Yukarda saydığımız ölçü işleri tamamlandıktan sonra sıra şebekenin muvazenesine gelir. Bir nirengi bir çok fazla mesaha kıymetlerini ihtiva etmektedir. Noktaların yerlerinin tayini için lüzumlu asgarî miktardan daha fazla mesahaya mutlaka ihtiyaç vardır. Çünkü ancak bu sayede mesahaların sıhat derecelerini tayin etmek ve şebekenin hiç bir yerinde eksiklikler veya birbiri üzerine binmeler zuhur etmemesini temin etmek kabil olur. Bir nirengi şebekesi kurmak gibi muazzam, uzun süren masraflı bir işte bu şekilde teminata malik olmak zarurîdir.

Muvazeneden maksat yapılan bütün ölçülere göre doğruluğu en fazla muhtemel neticeler bulmak, bu neticelerin ve rasatların sıhhat dereceleri hakkında bize fikir verebilecek kıymetler hesaplamak ve bütün şebekenin mümkün olduğu kadar her tarafta aynı sıhat derecesine malik bulunmasını temin etmektir. [Muvazene hesabını kötü aletlerin veya dikkatsiz rasıtların yaptığı hataları tamir edebilecek sihirli bir usul zannetmek tamamen yanlıştır.] Muvazene ancak bu hataların meydana çıkarılmasını temin edebilir. Bu sebepten iyi bir rasat iyi bir muvazeneye daima şayanı tercihtir. [Rasatlar kurulmakta olan bir şebekenin esas temeli olduğundan bunların çok iyi yetişmiş rasıtlar tarafından en mükemmel aletlerle ve büyük bir ihtimamla yapılmış olması lâzımdır. Ancak bu taktirde muvazene neticesinde elde edilen kıymetler tatmin edici olabilir.]

Bütün büyük devletlerde muvazene hesapları «büyükten küçüğe doğru» prensibine aykırı olarak cereyan etmiştir. Daima arazi işleri tamamlanan şebeke kısımları bütün şebekenin bitmesi

beklenmeden muvazene edilmiş ve bundan sonraki kısımlar muvazenesi tamamlanmış olan kısma ait kıymetler sabit kalmak şartıyla muvazene edilmiştir. Bu suretle eski kısımların hataları yeni kısımlara olduğu gibi geçmekte ve eski kıymetler hiç tashi-hata uğramamaktadır. Bu çok mahzurludur. Çünkü yeni ölçülerin geçen zaman zarfında aletlerin ve mesaha usullerinin daha mükemmelleştiği kabul olunabileceğine göre, eski ölçülerden daha sahih olması lâzım gelir. Bu sebepten, bir çok memleketlerde, kısım kısım muvazene edilmiş şebekelerin yeni bir muvazeneye tabi tutulması mecburiyeti hasıl olmuştur. Halbuki bu, nirengiye istinaden yapılan diğer bütün işlerin de yenilenmesini icabettireceğinden çok külfetlidir ve bazan da imkânsızdır. Binaenaleyh ölçüleri tamamlanan şebekenin hangi usulle muvazene edileceğini zamanında münakaşa ve tespit etmek faydalıdır.

Takribî muvazenenin inı yoksa katî muvazenenin mi daha doğru yol olacağı hususunda son zamanlarda şiddetli bir münakaşa başlamıştır. Her iki şekil muvazenenin de iyi tarafları ve mahzurları vardır. Katî muvazenede, eğer şart muadelelerine göre yapılacaksa, nekadard fazla kıymet varsa odadar meçhullü bir muadele sisteminin halline ihtiyaç vardır. Bütün bir memleketi kaplayan şebekenin bu usule göre muvazene edilebilmesi için kaç yüz hatta kaç bin meçhullü bir muadele sisteminin halledilmesi icabettiğini bir düşünün! Boltz'ın inkişaf ve sübstitüsyon usulleri bulunmadan evvel muvazene Gauss usulile yapıliyordu. Bu usulle halledilen en büyük muadele sistemi 159 meçhulü ihtiva eden Saksonya şebekesine ait sistemdir. Bu muvazene 10 haneli logaritma ile yapılmış, beş defa tekrar edilmiş, uzun seneler devam etmiş ve son meçhul için hemen hemen $\frac{0}{0}$ gibi gayri muayyen bir kıymet bulunmuştur.

Bundan Gauss usulünün bu kadar büyük bir sisteme tatbik edilemeyeceği anlaşılmıştır. Prof. Boltz ve Prof. Eggert'in çalışmaları sayesinde çok daha büyük şebekelerin katî muvazenesinin yapılması imkân dahiline girmiştir. Alman nirengi şebekesinin bir kısmına ait 673 meçhullü bir muadele sistemi Boltz inkişaf usulile[*] on senede halledilmiştir. Bu usulün de kifayetsizliğini anlayan Prof. Boltz süstitüsyon usulünü bulmuştur. Şimdi bu usulle daha büyük şebekelerin katî muvazenesini yapabileceğini ümit etmektedir. Görülüyor ki katî muvazene en son usullere göre de çok külfetlidir ve uzun zamana muhtaç olduğu için bütün işlerin gecikmesini mucip olmaktadır. Halbuki akalli murabbaat prensibine göre katî muvazene yapabilmek için ilk şart mevcut hataların tesadüfî mahiyette olmasıdır. Bugün bir nirengi şebekesinde sistematik hataların mevcut olduğu bilinmektedir. Binaenaleyh katî muvazene için lüzumlu en mühim şart tahakkuk etmiyor demektir. Bu, katî muvazenenin takribî muvazeneye üstünlüğünü şüpheli kılar. Bundan başka esasen takribî muvazenede de miktarı tashihlerin murabbaları mecmuunu asgarîye çok yakın yapabilecek kıymetler elde edilir. Bu sebepten şimdiye kadar tatbik edilen takribî muvazene usullerinin mahzurlarını bertaraf eden iyi bir takribî usul kullanmak en muvafık çaredir. Şimalî Amerika şebekesinin muvazenesinde muvaffakiyetle tatbik edilen usul sihat ve sürat itibarile iyi neticeler vermiştir. Bu usule göre evvela Laplace noktalarile bazıları ihtiva eden poligon köşeleri arasındaki müselles zincirlerinin teker teker katî muvazenesi yapılır, sonra bu zincirler yerine jeodezik münhaniler alınarak bunlar müstakil mesaha kıymetleriymiş gibi poligonlardan müteşekkil bütün şebeke katî surette muvazene edilir.

[*] Boltz muvazene usulü hakkında mecmuanın 11 ve 12 inci sayılarında izahat vardır.

Aşağı derecedeki noktalara ait kıymetler de yine ekalli murabbaat prensibine göre katî şekilde muvazene edilir. Bunların istinat ettiği üst derece noktalarının hatalı olduğu bilindiğine göre ekalli murabbaat prensibini tatbik etmek yersiz gibi görünür. Fakat bu usulle muayyen şemalara göre ve keyfî bir şey yapılmadan hesaplamak kabildir ve yerine bu kadar zarif ve basit başka bir hesap tarzı ikame etmek mümkün olmamıştır. Binaenaleyh en muhtemel vaziyeleri vermeğe hizmet etmediği bilindiği halde bu usulün tatbiki şayanı tercihtir.

Muvazene ile ilgili olarak biraz da bir nirengi şebekesinde erişilebilecek ve erişilen sihhat derecesinden bahsedelim. Bir noktanın sathı arz üzerindeki mutlak sihhat derecesile bunun komşu noktalara nazaran sihhat derecesini birbirinden ayırmak lâzımdır. Şebekeye ait bütün noktaların sathı arz üzerinde aynı mutlak sihhat derecesine malik olmaları ideal bir vaziyettir. Fakat bu imkânsızdır, çünkü noktaların sathı arz üzerindeki vaziyetlerini kâfi bir derece sihhatla doğrudan doğruya tayin edemediğimiz için bütün noktaları arz üzerindeki mutlak yeri tespit olunan bir tek mebde noktasına göre hesaplarız. Binaenaleyh bir noktanın mutlak sihhat derecesi deyince bu mebde noktasına göre vaziyetine ait sihhat derecesi anlaşılmalıdır. Bunun da mebdeden uzaklaştıkça düşük olacağı aşîkârdır. Büyük bir nirengi şebekesinin sınırındaki bir noktanın mebdee göre sihhat derecesini hesaplamak şumullü ve güç bir iştir ve şimdiye kadar hakikaten büyük hiç bir şebeke için yapılmamıştır. Esasen yapılmış olsa da aynı mesaha kıymetlerini kullanmak mecburiyeti oldukça bu bir dahilî sihhat derecesi tayininden ibaret kalır. En ideal şekil, tabî şebekeyi bir kere daha ölçüp hesaplamak veya noktaları başka nevi, mesela astronomik, rasatlarla tayin etmektir. Fakat bütün bir şebekeyi, yalnız sihhat derecesi tayini için yeniden kurmak hiç

bir devletin katlanamayacağı bir külfet olduğu gibi astronomik rasatlar da henüz bu işe elverişli değildir. Binaenaleyh şimdilik yalnız büyük poligonların köşelerinin izafî sihhat derecelerini muvazeneden hesaplamakla iktifa edilmektedir. Büyük Şimalî Amerika şebekesinde bu vasatî olarak 1:300,000 ve en fena halde 1:120,000 bulunmuştur.

Aşağı derecelerdeki noktalar için komşu noktalara nazaran sihhat derecesi mevzuubahsolabilir. Bu noktalar arasındaki mesafeler kısa olduğu ve en aşağı derecedekiler için 1 km. kabul edilebileceği için, 1:15,000 gibi oldukça düşük bir izafî sihhat istense dahi hatanın yine 7 sm. yi aşmaması icabeder. Birinci derece nirengisinin izafî sihhati 1:200,000 olsa hata 50 km. lik bir dılıda 25 sm. eder. Bu suretle de anlaşılıyor ki bir birinci derece noktasına ait hata miktarı tali derece noktalarının komşu noktalara nazaran haiz olacağı hata miktarından daha büyüktür. Binaenaleyh birinci derece noktalarında yapacağımız tashihat bunlara istinaden hesaplanan bütün tali derece noktalarının vaziyelerinin de değiştirilmesini zarurî kılar.

Buraya kadar izah etmeye çalıştığımız, bir nirengi şebekesinin kuruluşundaki muktelif safhaların mutalaasından da anlaşılacağı gibi modern jeodezi astronomi, fizik ve jeofizik gibi komşu ilimlerdeki yeniliklerden müstefit olmakta ve bu yüzden jeodezideki terakkiyat diğer sahalardaki terakkiyatla çok ilgili bulunmaktadır. Binaenaleyh jeodezi ile alâkadar bütün ilmî meselelerle meşgul olmak, kendilerinden pratik sahada muazzam işler beklenen müesseselerin, esas vazifelerini ikmal etmeden, başaramayacağı kadar şumullü bir iştir. Almanyada bu cihet göz önünde tutularak Potsdam jeodezi enstitüsü kurulmuş ve bu müesseseden haritacılık hesabına büyük istifadeler temin olunmuştur.