

GÜNCEL JEODEZİ KAVRAMI VE UYGULAMALARI

Emin AYHAN

1. GİRİŞ :

En eski yerbilimlerinden bir olmasına karşın,çıktılarının diğer ilgili bilimlerin girdilerini oluşturması ve diğer bilimlerle arakesitinin büyük olması sonucu onların alt disiplini olarak görülmesi nedenleriyle,Jeodezi halk arasında hatta aydın kesimde içeriği tam olarak bilinmeyen çok yeni bir bilim dalı olarak düşünülmekte ve çoğunlukla Jeoloji ve Jeofizik ile karıştırılmaktadır. Bu anlaşılamanın sonucu olarak Jeodeziciler,"Jeodezinin uğraş alanı nedir?" sorusu ile hemen her zaman karşılaşılmakta ve tekrar tekrar yanıtlamak zorunda kalmaktadır. Bunda jeodezi ile uğraşan, jeodezici özelliğine sahip bazı meslek uğraşanlarının kendilerini daha jeodezici olarak görmemelerinin çok büyük olumsuz bir katkısı bulunmaktadır.

Bu çalışmada, sözü edilen olumsuz düşünceleri olumluya dönüştürebilmek amacıyla; Jeodezicinin tarihsel gelişim süresi,güncel jeodezi kavramı,jeodezik veriler ve işleme yöntemleri,jeodezinin diğer bilimlerle ilişkileri ve gelecekte jeodezinin gelişim çizgisi kısaca incelenmektedir.

2. TARİHSEL GELİŞİM :

İnsanoğlu, yeryüzünde yaşamaya başladığı andan itibaren doğal kaynakları en uygun kullanarak yaşamını kolaylaştırmayı amaçlamış ve yıllarca süren zorlu yaşam deneyimleri sonunda;

- Toplu yaşamak
- Doğayı tanımak
- Doğayı düzenlemek

ilkelerini edilerek doğa ile dost olma yolunu bulabilmiştir (Gürkan,1983). Toplu yaşam toplum bireylerinin mülkiyetlerinin belirlenmesini gerektirmiş, doğayı tanımak ve düzenlemek istemleri sonucu karanlık ile aydınlık,güneşin doğup batması,ay ve yıldızların hareketleri ve yerin şekli insanoğlunun merak konuları olmuştur. Bu sorunları çözmek ve sorunları yanıtlamak için bulunan açıklayıcı düşünceler jeodezi'nin ilk uygulamalarıdır. Bu kısa açıklamadan da kolayca anlaşıldığı gibi, hiç kuşkusuz jeodezi en eski yer bilimlerinden biridir.

Jeodezik anlamda ilk çalışmaların eski medeniyetler(Sümer,Mısır,Çin, Hint) döneminde yapıldığı bilinmesine karşılık bu dönemlere ilişkin yazılı belgelerin olmaması,var olanların yetersiz olması nedeniyle ayrıntıları bilinmemektedir. Eski Yuna medeniyeti döneminde yaşayan bilginlerin,zamanlarının çoğunu jeodezik problemlerin çözümüne ayırdıkları,özellikle yerin şekli ile ilgili ilginç görüşleri tartıştıkları bu dönemden kalan yazılı belgelerden anlaşılmaktadır. Yerin düzlem olduğu görüşüne karşı çıkıp küre olduğunu savunan Aristo'nun düşüncesi Magellan ve arkadaşlarınca deneysel olarak kanıtlandıktan yaklaşık iki yüz yıl sonra Newton evrensel çekim kuramını açıklayarak yerin kutuplarda basık ve ekvatorda şişkin bir elipsoid olduğunu göstermiştir. Yine aynı dönemde Hollanda'lı Snell bir triyngülasyon ağı denemesi yaparak açı ve kenar ölçüleri ile görelî konumlanmanın pratikliğini göstermiştir. Daha sonraki dönemde açı,kenar,nivelman,astronomik enlem,astronomik boylam ve azimuth belirlemek amacıyla ölçü aletleri yapıp yaygınlaştırılmıştır. Astronomik ve yersel ölçülerden yararlanma (Haritacılık)1750-1950 döneminde jeodezicilerin günlük ekmeği olmuştur. Yanlış olmasına karşılık geçmiş dönemin etkisinde çoğu meslek uğraşanı günümüzde de jeodezi'yi yine aynı görevi yürüten bir disiplin olarak görmektedir. Bu konu sonraki bölümlerde ayrıntısı ile incelendiğinden burada üzerinde durulmayacaktır.

20.yy.başlarında Minkowski'nin zaman boyutlu uzayı ve Eistein'in genel görelilik kuramı fizikçilerin düşüncelerini temelden değiştirmiş Newton'un evrensel çekim kuramı genelleştirilmiştir. Fizikçiler arasında geçerli olan,"yerçekimi bir geometridir",yada "yerçekimi zaman boyutlu uzayın geometrisidir"temel düşünceleri jeodezi uygulamalarında da etkisini göstermiştir.

İkinci dünya savaşı boyunca yeni silah yapımı ve savunma gereksinimleri sonucu radarın bulunması ve elektronikteki hızlı gelişmeler daha sonraki dönemde geliştirilen jeodezik aletlerin yapımında temel felsefeyi oluşturmuştur. Aynı dönemde bilgisayarların kullanıma sunulmuş olması jeodezicilerin daha önce düşünemedikleri sorunların çözümünü kolaylaştırmıştır. E.D.M. ölçüleri ile kısa zamanda ve ekonomik olarak kenar ölçüleri yapılmış ve paralelinde yeni hesap yöntemleri (Trilaterasyon, karışık ağ) geliştirilmiştir. Bu dönem iki Boyutlu Jeodezi'den Üç Boyutlu jeodezi'ye geçiş çalışmalarına sahne olmuştur.

İlk yapma uydunun uzaya fırlatılması ise jeodezi'nin dev adımlarla gelişmesinin diğer bir nedeni olmuştur. Düşük yükseklikli yörüngelerinde hareket eden uyduların gözlenmesi ile yerçekimi alanı belirleme olanağı doğmuştur (Vanicek v.d.,1982).

3. JEODEZİ KAVRAMI VE TANIMI :

Jeodezi, 1970 ve öncesi döneminde Helmert'in; "Jeodezi,yeryüzünün ölçülmesi ve projeksiyonu ile ilgilenen bir bilimdir", tanımının vurguladığı uygulama alanı içinde ele alınmakta ve uygulama konularının özellik, büyüklük ve bağımsız olmalarına bağlı olarak değişik isimlerle alt disiplinlere ayrılmaktaydı. Matematiksel jeodezi,Fiziksel jeodezi,Geometrik jeodezi,Dinamik jeodezi gibi klasik alt disiplinlerin yanısıra jeodezi uygulamalarının çeşitlenmesi sonucu günümüzde Uydu jeodezisi, İnertial jeodezi, Deniz Jeodezisi, Uzay jeodezisi. v.b.gibi yeni alt disiplinlerden de söz edilmektedir. Konularda çeşitlenmeye bağlı olarak gelecekte,Yatay jeodezi.Düşey jeodezi, Teodolit jeodezisi,Nivo jeodezisi, Doppler jeodezisi,Dağlık Alan jeodezisi, Düz Alan jeodezisi, Göl jeodezisi, v.b.gibi isimler altında alt disiplinlerin oluşması kaçınılmaz görülmektedir.

Böylece önu alınmaz bir isim ve isimlendirme kargaşası ile karşı karşıya kalmakta ve bütünlük ortadan kalkmaktadır. Bunu önlemek; belirli büyük guruplara ayırarak ifade etmek için en uygun yol,jeodezik faaliyetleri,jeodezinin fonksiyonlarına,uğraşlarına göre sınıflandırmaktadır. Bu amaçla,öncelikle jeodezinin temel,fonksiyonları (görevleri) açıkca ortaya konmalıdır.

Son on yıl içinde jeodezinin temel fonksiyonlarının;

- Konumlama,
 - Yer gravite alanını belirleme,
 - Konum ve gravite alanındaki zamana bağlı değişimleri belirleme,
 - Yer için yapılan ilk üç işlemi diğer gök cisimleri için de yapmak,
- olduğu konusunda ortak görüş birliğine varılmıştır. Açıkca görüldüğü gibi jeodezinin böylesine alt başlıklara ayrılması,yeni oluşturulacak jeodezik uygulama alanlarının sınıflandırılmasına çok elverişlidir.

Jeodezicileri altmışlı yılların başından beri meşgul etmeye başlayan, jeodezi içeriğinin Helmert'in yaptığı tanımlamadan daha ileri olduğu düşün-

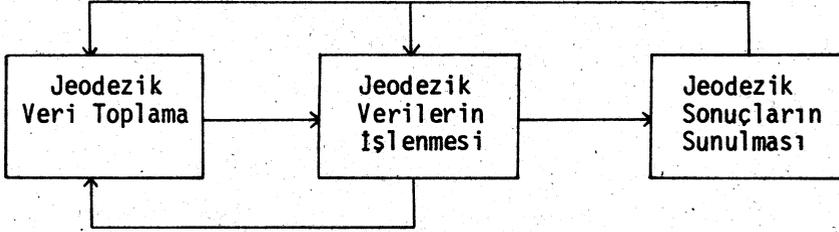
cesi jeodeziyi fonksiyonlarına göre alt disiplinlere ayırma eğilimi ile son aşamasına ulaşarak modern anlayışı yansıtan bir tanım bulma çalışmaları başlamıştır. Bu çalışmaların ürünü olarak IAG'nin 1975 Grenoble ve 1979 Canberra toplantılarında;

"Jeodezi; üç boyutlu ve zaman değişkenli uzayda, çekim alanı da kapsamda olmak koşuluyla, yerin ve diğer gök cisimlerinin temsil edilmesi ve ölçülmesi ile ilgilenen bir bilimdir." Tanımı yapılmıştır Rinmer (1975-1979).

Daha sonraki bölümlerde yapılan tüm inceleme ve yorumlar, jeodezinin bu modern tanımı temel alınarak onun üzerine oturtulmaktadır.

4. JEODEZİK İŞLEM AŞAMALARI :

Tüm uygulamalı bilimlerde olduğu gibi jeodezi'de de, jeodezik işlemler birbirlerini izleyen üç aşamada tanımlanır. Sistem anlayışı içinde, jeodezik işlem aşamaları ve aralarındaki ilişkiler Şekil-1'de gösterilmekte olup her bir aşama ayrı ayrı ele alınarak ayrıntıları aşağıda incelenmektedir.



ŞEKİL-1

4.1. VERİ TOPLAMA :

Fiziksel yeryüzünün yanyana noktalardan oluştuğu düşünülürse, jeodezik veri; jeodezik ölçü aletleri ile toplanan, yeryüzü ve uzay noktalarıyla bu noktaların birbirlerine göre durumlarını belirten, geometrik ve fiziksel nitelikli bilgilerdir.

Jeodezik veriler güncel uygulamalarda genel özellikleri ile birbirinden farklı üç ayrı jeodezik ölçü sistemi ile toplanır.

- Yersel ölçüler,
- Uydu ölçüleri,
- İnersiyal ölçüler,

Bu ölçü sistemlerinin herbirinin kısa ayrıntısına girilerek jeodezik veri türleri ve jeodezik ölçü sistemleri açıklanacaktır.

a. Yersel ölçüler

Fiziksel yeryüzü noktalarına ve noktaların birbirlerine göre durumlarına ilişkin bilgiler ve bu amaçla kullanılan jeodezik ölçerler yersel ölçülerin konusunu oluşturur.

Noktalara ilişkin bilgiler ve toplanmalarında kullanılan jeodezik ölçü sistemleri :

Universal teodolit, foto-zenith kamera v.b.ile belirlenen Astronomik enlem, astronomik boylam, azimut (Foto-Zenith kamera ile belirlenemez), mutlak gravite ölçer ile belirlenen mutlak gravite, torsiyon terazisi ile belirlenen gravite gradientleri, ekolot v.b.ile belirlenen derinlik, mareograf-larda belirlenen ortalama deniz seviyesi v.b.den oluşmaktadır.

Noktaların birbirlerine göre durumlarını gösteren jeodezik veriler ve toplanmalarında kullanılan yersel jeodezik ölçü sistemleri :

Teodolit ile belirlenen yatay ve düşey doğrultu EDM ölçerler ile belirlenen eğik uzunluk, nivo ile belirlenen yükseklik farkı, gravimetre ile belirlenen gravite farkları, fotogrametrik ölçerler ile belirlenen resim koordinatları (paralaxa) v.b.olarak sıralanabilir.

b. Uydu ölçüleri

Genel olarak fiziksel yeryüzü noktalarına veya belirli bir yörünge izleyen uydulara yerleştirilen verici/alıcı sistemler ile, yeryüzü noktalarının birbirlerine, yeryüzü noktaları ile uyduların birbirlerine göre durumlarını belirleyen bilgiler (ölçüler) uydu ölçme sistemleri ile toplanır. Bu amaç ile kullanılan uydu ölçme sistemleri ve elde edilen ölçülerin özellikleri aşağıda ayrıntısına girmeden açıklanmaktadır.

Radyo Doppler Ölçü Sistemi : Yer noktasındaki alıcılarca, uydu tarafından yayınlanan dalgaların frekanslarındaki zamana bağlı değişimler ölçülerek, uydu-yer noktası uzaklık değişimleri bulunur. Güncel olarak 5 uydudan oluşan TRANSİT uydu sistemi ile yürütülen doppler ölçüleri 1988 yılı ve sonrasında yerini NAVSTAR uydu sistemine bırakacaktır. NAVSTAR ile yürütülecek konum belirleme Global Konumlama Sistemi (GPS, Global Positioning System) olarak anılmaktadır. Bu yöntem iki uydu arasında da kullanılmaktadır.

Uydu Laser Uzunluk Ölçme Sistemi : Yer noktasından yayınlanan Laserin uydudan yansıtılması ile uydu-yer noktası uzaklığı ölçülür.

Uzun Kenarlı Radyo Interfererometresi (VLBI) : Uzaydaki gök cisimlerinin yayınladığı mikrodalgaların iki yer noktasındaki alıcıya ulaşması arasında geçen zaman ve faz farkları ölçülerek yer nokta çiftlerinin birbirlerine göre konumları belirlenir.

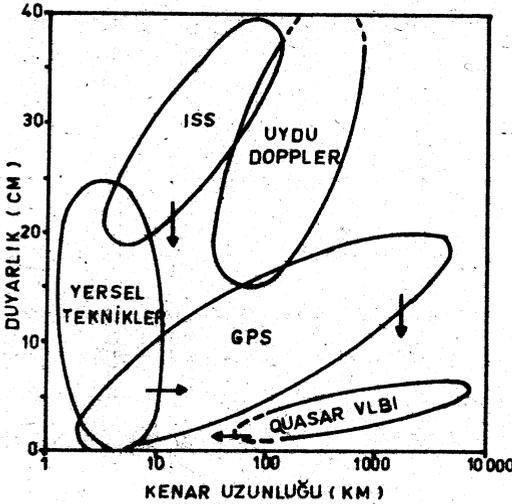
Uydu Altimetresi : Uydudan yayınlanan elektromanyetik dalgalar ile, uydunun düşey doğrultuda yer noktalarından olan yüksekliği ölçülür.

Uzaktan Algılama : Uyduya yerleştirilen algılayıcılarla elde edilen yere ait görüntüler değerlendirilerek yer noktalarının birbirlerine göre durumları belirlenir.

c. Inersiyal Ölçüler (ISS) :

Yer ve uzay noktalarının birbirlerine göre geometrik ve fiziksel durumları konusunda bilgilerin elde edilmesini sağlayan ölçü sistemidir. Helikopter, Jeep, minübüs gibi hava ve kara ulaşım araçlarına yerleştirilen inersiyal ölçü sistemleri ile zaman ve konumun fonksiyonu olarak hız ivme değişimleri ve gravitenin bileşenleri ölçülür. Noktaların üç boyutlu uzayda birbirlerine göre konumları ve yer gravite alanı elamanlarının belirlenmesine olanak vermesi yönüyle diğer ölçü sistemlerinden farklıdır.

Veri toplamada kullanılan yukarıdaki üç ölçü sisteminin duyarlık yönünden genel bir karşılaştırmaları Şekil-2'de gösterilmektedir (Kahle, 1984). Şekil 2'de, ölçü sistemlerini temsil eden geometrik alanlara ilişkin oklar, söz konusu ölçü sistemlerinin gelecekteki gelişme eğilimlerini göstermektedir.



Şekil-2

4.2. VERİLERİN İŞLENMESİ :

Veri işlemenin amacı, yersel, uydu ve irensel ölçü sistemleriyle toplanan jeodezik verilerin analizi ile jeodezinin dört temel uğraşı (görevi) konusunda bilgi üretmektir. Klasik veri işleme yöntemleriyle tek türden veriler işlenmesine karşın modern veri işleme yöntemleriyle heterojen veriler tek bir model içinde değerlendirilmekte; böylece konum parametrelerinin ve bozucu alan parametrelerinin kendi içlerinde tutarlı olmaları sağlanmakta, duyarlılıkları artırılmaktadır. Tüm verilerin topluca değerlendirilmesinde kullanılan "En Küçük Karelerle Kolokasyon" yöntemi, Bütünleşik jeodezi'nin (Integrated Geodesy, Operational Geodesy) temel kavramı olup gelecekte temel veri işleme yöntemlerinden biri olacaktır.

Değişik ölçü sistemleriyle toplanan verilerin uygun işleme yöntemleri; genel özellikleri ve duyarlılıkları açısından tablo-1'de topluca verilmektedir (Bueller 1981).

Toplanan verilerin ve bunlardan üretilen değerlerin sayı olarak gün geçtikçe çoğalması, belirli bir düzen içinde saklanmalarını gerektirmektedir. Verilerin saklanması gerek işlem ve gerekse sunma aşamaları ile direkt bağlantılı olup burada işlem aşaması içinde düşünülmekte ve ayrıntısına girilmektedir.

4.3. SONUÇLARIN SUNULMASI :

Verilerin işlenmesiyle elde edilen sonuçlar çok bilinen üç klasik yöntem;

- Haritalar,
- Listeler,
- Grafikler,

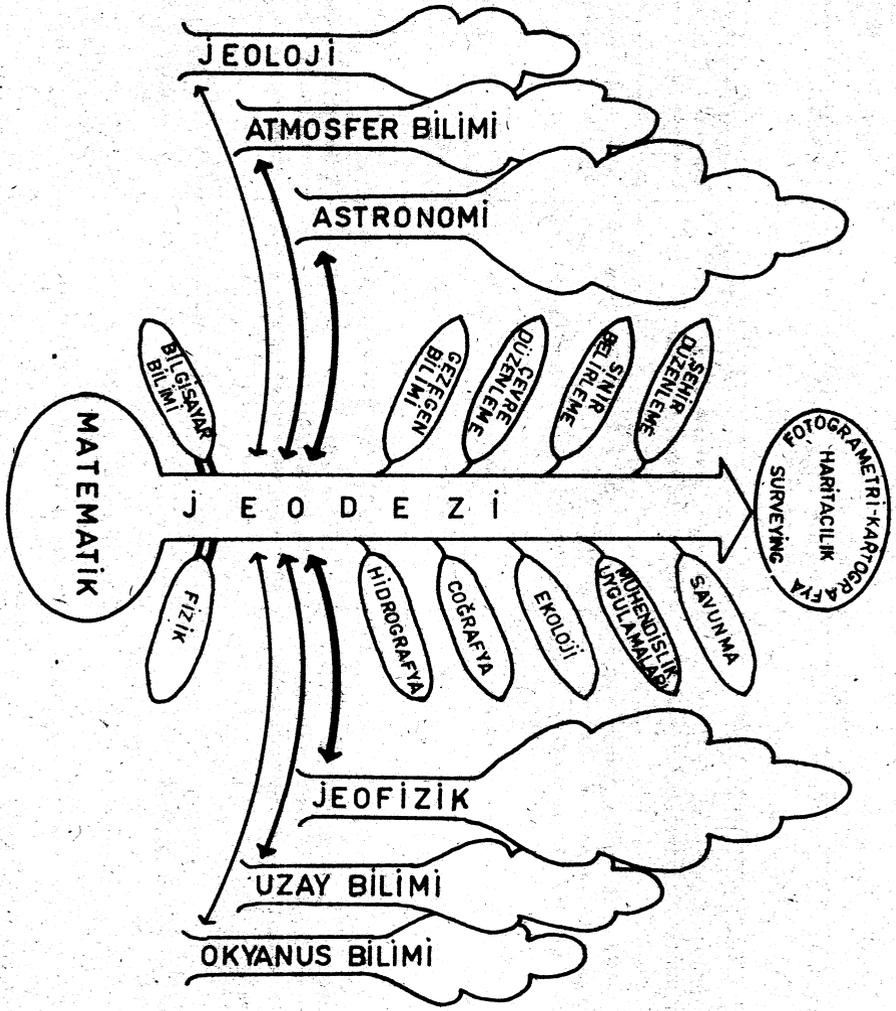
ve bir modern yöntem,

- Sayısal modeller

ile sunulmaktadır. Klasik sunma yöntemlerinin hızlı gelişen çağın gereksinmelerine yanıt verememesi ve artan bilgisayar kullanım olanakları, sayısal modellerin önemini ve kullanımını artırmaktadır. Henüz test aşamasında olan ve hemen hemen son şeklini almış olan sayısal modellerin gelecekteki sunma biçimi olacağı kuşkusuzdur.

TABLO-1.

ÖLÇÜ SİSTEMİ ÖZELLİKLERİ	YERSEL ÖLÇÜLER	UYDU ÖLÇÜLERİ	İNERSİYAL ÖLÇÜLER
Kuramsal Temel Bilgiler	Geometri Potansiyel Teori	Dinamik Astronomi Kinematik Astronomi	Dinamik
Yer hakkında ön bilgiler	Geodezik datum Ortalama deniz seviyesi (Jeoid, Deniz yüzeyi topografyası)	Uydunun hareket ettiği kuvvet alanının parametreleri, Alıcı- Kaynak (Quasar) uzaklığı	Aracın hareket ettiği Kuvvet alanının para- metreleri.
Ölçü Türleri	Doğrultu, Kenar, Nivelman, Düşey açısı, Gravite, Ast. Enlem, Ast. Boylam, Ast. Azimut, Atmosferik parametreler (basıncı, ısı), paralaksa açıları (resim koordinatları)	Alıcı-Verici Uzaklığı /Uzaklık değişimi, Zaman ve/veya hız gecikmesi	İvme Değişimi Bileşenleri Gravite Bileşenleri
Veri işleme Yöntemlerinin Genel Özellikleri	- Parçalı Yatay kontrol ağı Düşey kontrol ağı Gravite kontrol ağı - Bütüncül	- Parçalı Doppler VLBI - Bütüncül (GRIM, GEM)	Bütüncül
Veri işleme Yöntemleri	Triyagülasyon, Trilaterasyon, Poligonasyon, Nivelman (Düşey) ağı, Gravite ağı, Trigonometrik nivelman, En küçük karelerle kolokasyon, Fotogrametri v. b.	Geometrik yöntem Dinamik yöntem En küçük karelerle kolokasyon	Filtreleme, Yuvarlama En küçük karelerle kolokasyon
Sonuç Bilgiler	$\phi, \lambda, \dot{h}(h, H), N, \xi, \eta, \Delta g, \delta g, \zeta, T$	$X, Y, Z, \Delta X, \Delta Y, \Delta Z, N, \xi, \eta, \Delta g, \delta g, \zeta, T$	$\Delta \phi, \Delta \lambda, \Delta \dot{h}, \xi, \eta, \Delta g, \delta g$
Sistematik Hataları indirgeme yöntemleri	- Başlangıç yüzeyine indirgeme - Laplace Koşulu - Çekül sapmalarının minimizasyonu - Baz koşulu - Ortometrik Düzeltme - Mira kalibrasyonu - Refraksiyon düzeltmesi	- Geometrik yöntem - Kısa yay yöntemi - Kendi kendine kalibrasyon - Refraksiyon düzeltmesi	- ZUPT - Kendi kendine kalibrasyon - Filtreleme, yuvarlama



Sekil-3

5. JEODEZİNİN DİĞER BİLİMLERLE İLİŞKİLERİ :

Jeodezinin diğer bilim dallarıyla olan ilişkileri, ilişkilerin özelliklerine göre üç ayrı guruba ayrılarak incelenmekte olup ikinci ve üçüncü guruba giren bilimler (ilişkiler) jeodezinin uygulama alanlarını oluşturmaktadır.

5.1. KURAMSAL TEMELİNİ OLUŞTURAN BİLİMLER : Tüm uygulamalı bilimlerde olduğu gibi Matematik, Fizik ve Bilgisayar Bilimi, jeodezi'nin kuramsal temellerini oluşturur. Tarihsel gelişim süreci incelendiğinde, jeodezik kavram ve yöntemlerin hemen tümünün matematik ve fiziğin ünlüleri olan bilim adamlarınca geliştirilip olgunlaştırıldığı görülmektedir. Jeodezi bir ağaca benzetilirse, matematik, fizik ve bilgisayar bilimi bu ağacın kökleridir, Şekil-3 Aşağıda jeodezi'nin kuramsal temellerini oluşturan bu üç bilim dalının jeodezi ile ilişkileri kısaca açıklanmaktadır (Vanıcek, Krakıwsku, 1982).

(a) Matematik :

Jeodezinin temel yapı taşı oluşturur ve jeodezi kamuoyunda jeodezi uygulamalı matematiğin bir alt disiplini olarak kabul edilir. Matematiğin temel alt disiplinlerinden (geometri, cebir, analitik geometri, yüksek matematik, v.b.) en karmaşık alt disiplinlerine (fonksiyonel analiz, topoloji, potansiyel teori, rasgele fonksiyonlar, v.b.) kadar tümü jeodezi uygulamalarında yaygın olarak kullanılmakta ve motor rolü oynamaktadır. İstatistik, matematiğin bir alt disiplini olarak düşünüldüğünden bu başlık altında ele alınmaktadır.

(b) Fizik :

Jeodezi için matematik kadar önemli olup jeodezi; fiziğin uygulama alanlarından biridir. Newton'dan bu yana kitlesel çekim potansiyeli jeodezi de çok önemli bir rol oynamıştır. Yerçekimi uzayın geometrisidir ve tüm jeodezik ölçüler yerin çekim alanı ile bağlantılı olduğundan, çekim alanının geometrisi jeodezi'nin en önemli uğraşdır. Kullanımda olan jeodezik ölçülerin büyük bir bölümü elektromanyetik dalgaları kullandığından, atmosferde ve boşlukta bu dalgaların yayılma yasalarının açıkça ortaya konmaları jeodezi'yi direk olarak ilgilendirmektedir.

(c) Bilgisayar Bilimi :

Jeodezi'nin fiziksel olarak birbirinden farklı iki laboratuvarı vardır; doğa ve bilgisayar. Kuramsal temelleri oluşturulan yöntemler, doğadan toplanan sayısal bilgilerle bilgisayar ortamında sınanmakta ve belirlenen çelişkiler doğrultusunda yöntemler geliştirilmektedir. Diğer bir deyişle, bilgisayar kullanımının amacı yalnızca sayısal işlemler sonucu bir sayı yada sayı topluluğu bulmak değil, uygulamalı matematikçi Hamming'in dediği gibi, sayısal işlemlerin amacı, kuramları, yöntemleri daha iyi tanımak, anlamak, özümlemek ve geliştirmektir." Günümüzde çok sayıda (milyonlarca) veri birikmiş olup bunların organizasyon ve arşivlenmeleri bilgisayarlarla kolayca yapılmaktadır. Jeodezi açısından bilgisayar kullanımının diğer bir güncel önemi de büyük boyutlu jeodezik problemlerin bilgisayar ile kolayca çözülebilmesidir.

5.2. BİLGİ ALIŞ VERİŞİNDE BULUNDUĞU BİLİMLER :

(a) Jeofizik :

Bazı uygulamalarda jeodezi ile jeofizik o kadar iç içe girmiştir ki birbirlerini ayıran sınırın nereden geçtiği bilinemeyip yanlışlıkla jeofizikğin bir alt disiplini sanıldığı da olmaktadır. Yakın geçmişte plaka hareketleri ve depremlerin önceden kestirilmesinin güncel olması nedeniyle jeofizik, duyarlı konumlanmış noktalara ve nokta konumlarında zaman içindeki değişimlerin belirlenmesine gerek duyar. Jeofizikğin bu gereksinimleri jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi ile jeodezi tarafından karşılanır. Jeodezi, yerin içinde kitle dağılımıyla ilgili jeofizik tarafından üretilen bilgileri daha gerçekçi jeodezik modellerin oluşturulmasında kullanır.

(b) Uzay Bilimi :

Çok yeni bir bilim dalı olmasına karşın jeodezi ile bilgi alışverişinde bulunan bilim dallarından biridir. Uzay biliminde, uzayda hareket eden uyduların yörüngelerinin ve uyduların izlendiği yer istasyonlarının bilinmesi gereklidir. Tüm bilgiler jeodezicilerle hazırlanır. Buna karşılık uydu hareketleri izlenerek yer çekim alanının geometrisi, yerin boyutları ve kitlesi konusunda jeodezik bilgiler elde edilir.

(c) Astronomi :

Tarihsel süreç içinde uzun süre elele yürüyen bu iki bilim dalı son zamanlarda belirgin olarak birbirinden ayırt edilmektedir. Astronomi konum belirleme konusunda jeodezi'ye bilgi vermekte, buna karşılık jeodezi de di-

ger gök cisimlerine yaptığı uzaklık ölçüleri ile yörüngelerindeki hareketleri konusunda Astronomi'ye bilgi sağlamaktadır.

(d) Okyanus Bilimi :

Kıyı hareketlerinin belirlenmesi jeodezi ve Okyanus Biliminin ortak ilgi alanlarından en belirgin olanıdır. Bunun dışında jeodezi, kıyılarındaki ölçü istasyonlarında toplanan bilgilerin değerlendirilmesi ile ortalama deniz yüzeyinin düşey hareketi konusunda ürettiği bilgileri Okyanus Biliminin kullanımına sunar. Okyanus Bilimi de düşey kontrol ağının başlangıç yüzeyinin jeoid'den farklılıkları ve deniz yüzeyinin dinamiği konularında ürettiği bilgileri Jeodezi'ye verir.

(e) Atmosfer Bilimi :

Elektromagnetik dalgalar ile çalışan jeodezik ölçerler (uydu dahil) ile duyarlı sonuçlar elde edebilmek için atmosfer içinde yoğunluk dağılımının bilinmesi gereklidir. Bu nedenle atmosfer biliminin gerçeklere yakın olarak oluşturduğu atmosfer modelleri jeodezi de büyük bir uygulama alanı bulmaktadır. Buna karşılık ışığın atmosfer içinde yayılması ve atmosferdeki kitle dağılımı jeodezik ölçüler ile incelenebilmekte ve atmosfer biliminin gerek duyduğu konum bilgileri jeodezi tarafından sağlanmaktadır.

(f) Jeoloji :

Jeoloji'de üretilen konumları belirli noktalar jeoloji uygulamalarında sık kullanılan veri kümesini oluşturur. Kitlelerin yapısal özellikleri ile ilgili jeoloji'nin ürettiği bilgiler, jeodezik nokta seçimi ve gerçeğe yakın jeodezik modellerin oluşturulmasında ek bilgi olarak kullanılır.

5.3. BİLGİ DESTEĞİNDE BULUNDUĞU BİLİMLER :

(a) Haritacılık :

Jeodezinin en yaygın kullanım alanı olup genellikle jeodezinin tek ürününün harita ve tek uygulama alanının haritacılık olduğu yanlışlığına toplumumuzda daha da kötüsü bazı meslek üyelerince de sık sık düşülmektedir. Haritacılık, jeodezinin çok sayıdaki uygulama alanlarından yalnızca önemli biridir.

En küçük ölçeklisinden en büyük ölçeklisine, savunma amaçlısından sosyal düzenleme amaçlarına kadar her tür harita yapımı için, haritası yapılacak bölgede uygun dağılmış konumları belirli noktalar tesis edilir.

Daha sonra fotogrametrik yöntemler ile, konumları belli noktalardan yararlı, diğer yer nokta ve ayrıntılarının konumları (üç boyutta) belirlenir ve belirli bir projeksiyon sisteminde harita orijinaleri hazırlanır. Harita orijinalerindeki bilgiler doğadaki ayrıntılar ile karşılaştırılır varsa düzeltmeleri yapılır. Son şeklini almış olan harita orijinaleri kartografik yöntemler ile kullanıma sunulacak duruma getirilir. Sonuç olarak yeryüzünün ilgili parçası nokta nokta (sağa, yukarı, yükseklik) bir düzlem üzerinde gösterilmekte, böylece jeodezinin fonksiyonlarından ilki olan "Konumlama" görevi gerçekleştirilmiş olmaktadır.

(b) Savunma :

Uzun menzilli füze atışlarında füzenin izlediği yol, yer çekim alanı ile ilgili bilgiler ile belirlenerek uygun atışların yapılması sağlanır. Topçu atışlarında hedefe yöneltim manyetik kuzeye göre yapıldığından atış bölgesinde manyetik kuzeyin belirlenmesi ve birbirinden uzak yerleştirilen radar istasyonlarının birbirlerine yöneltmeleri jeodezik yöntemler ile sağlanabilir. Uydu ve inertial navigasyon teknikleri açık denizde yolalan ve uçaklar için navigasyon kolaylığı sağlanmakta ve ayrıca uydu aracılığı ile elde edilen görüntülerden diğer ülkelerin ekonomik durumları ile askeri birlik ve tesis konumları kolayca belirlenebilmektedir.

(c) Sınır Belirleme :

Birbirlerine komşu ülke topraklarını ayıran sınır çizgisinin (karada ve denizde) doğada belirlenmesi gerekir. Bu amaçla jeodezi, karalarda uzanan sınır çizgileri boyunca seçilen yatay ve düşey konumları belirli noktalar tesis eder. Son yıllarda artan nüfusa karşılık karalardaki doğal zenginliklerin artmayıp sınırlı olması, insanoğlunu denizaltı zenginliklerine yöneltmiş ve denizlerde ülke sınırlarının belirlenmesi önem kazanmıştır. Bu amaçla kullanılan yöntemler, ortalama deniz yüzeyinin duyarlı olarak belirlenmesini gerektirir ki bu da jeodezi'nin görevidir.

(d) Çevre Düzenleme :

Her tür kadaströ, imar uygulaması, arazi toplulaştırması, kırsal toprak ve tarım reformu, sulama, kurutma, enerji iletimi, kara ve demiryolu yapımı, v.b. çalışmalar doğada konumları belirli noktalara gereksinir. Bu noktalar jeodezi tarafından sağlanır.

(e) Kent Düzenleme :

Kentde insan yapısı tesislerin (Örneğin, kanalizasyon, yeraltı telefon ve hatları, metro, su getirme götürme, v.b.) gelecekteki çalışmalar açısından

dokümantasyonlarının yapılması gerekir. Bu amaçla, yine jeodezi'nin tesis edeceği konumu belirli noktalara gerek duyulur.

(f) Mühendislik Uygulamaları :

Baraj, köprü, kültür merkezi ve fabrika inşaatında değişik elemanların projede belirlenen konumlarına, doğada yerleştirilebilmeleri için jeodezik noktalara gerek vardır. Büyük inşaatlar yer kabuğu üzerine kitlesel bir yük yüksekliğinden yer kabuğunun hareket etmesine diğer bir deyişle çekim alanında yerel değişimlere neden olur. Bu değişimlerin belirlenip gereken önlemlerin alınması gereklidir. Baraj, yeraltı su tüneli ve sulama kanalı inşaatında çekim alanının geometrisi konusunda bilgilere mutlaka gerek vardır. Yoksa örneğin sulama kanalındaki suyun istenenin tersi doğrultuda akması yada hiç akmaması söz konusu olabilir.

(g) Ekoloji :

Son yıllarda insan davranışlarının doğa üzerindeki etkileri araştırmalara konu olmaktadır. Baraj gölleri ve yeraltından çıkarılan cevherler büyük kitlelerin yer değiştirmesi anlamına geldiğinden, yerel çekim alanının değişmesine, giderek ekolojik değişimlere neden olmaktadır. Çekim alanındaki yerel değişimlerin incelenmesi yine jeodezi'nin görevidir.

(h) Coğrafya :

Coğrafya çalışmalarında gerek duyulan konumu belirli nokta ve global anlamlı bilgiler (örneğin tüm karaların toplam alanı v.b.) jeodezi tarafından sağlanmaktadır.

(i) Hidroğrafya :

Bazen Okyanus Biliminin bir alt disiplini olarak düşünülmesine karşın, denizlerde (göl ve büyük su kitlelerinde) derinlik ölçülen noktanın yatay konumu değişik jeodezik yöntemler ile belirlendiğinden, "Hidroğrafya Jeodezi'nin bir uygulama alanıdır" sözü yanlış olmayacaktır.

(j) Gezegen Bilimi :

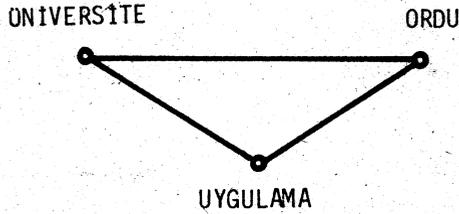
Gezegenlerin şekil, hareket, deformasyon ve çekim alanlarını belirlemekle ilgilenen Gezegen Biliminde Jeodezi'nin tüm ilgili yöntemleri uygulanmaktadır.

6. GELECEKTE JEODEZİNİN GELİŞİM ÇİZGİSİ VE ÖNERİLER :

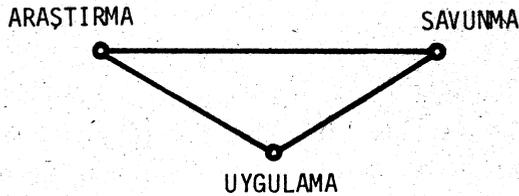
Bilimsel araştırmaların çok büyük bir bölümü, yalnız bilimsel dürtüler ile değil içinde yaşanılan toplumun gereksinimlerine yanıt bulabilmek amacıyla başlatılır. Jeodezi'nin tarihsel gelişim süresi incelendiğinde jeodezik araştırma ve çalışmaların önem ve güncelliğinin, temelde savunma ve

buna bağlı olarak ekonomik gereksinimlerin artması ve çeşitlenmesi ile doğru orantılı olarak arttığı gözlenmektedir. Örneğin Magellan ve arkadaşları deneysel olarak yerin küre olduğunu kanıtlarken aslında gerçek amaçları yeni doğal kaynaklar, yeni zenginlikler ve yeni ulaşım yolları bulmak idi. Aynı şekilde, 18.yy.ikinci yarısı ve 20.yy.ilk yarısında jeodezinin haritacılık üzerinde yoğunlaşması,ülke savunması ve toplu yaşamın yarattığı sorunlara çözüm aramak ve toplumun modernize olma gereksinimlerinde kaynaklanmaktaydı.

Jeodezik araştırma ve çalışmalar; toplumun bütününe yönelik yararlar sağlaması, kısa sürede sonuçlanmayıp uzun zaman gerektirmesi,teknolojik ürünleri kullanması ve buna bağlı olarak büyük finansman gerektirmesi,ürünlerinin direk olarak kullanılmayıp diğer bilimlerin girdilerini oluşturması v.b.nedenlerle ancak devlet desteğinde gerçekleşmektedir. Tarihsel gelişim içinde de jeodezik çalışmalar genellikle ordu içinde başlatılmış ve süreç içinde üniversite ve araştırma kurumlarına aktarılmış,devredilmiştir. Bu yapı içinde,



ya da



üçlüleri ve aralarında sıkı ilişkiler biçimlenmiştir. (Uğur,1983) Bu sıkı ilişkiler sonucu, örneğin,savunma amaçlı ilk uydu uzaya atıldıktan sonra jeodezinin ilgi alanı haritacılıktan hızla Uzay Bilimine kaymış,ilgili kurumlar geliştirilip uygulamaya geçilmiştir. Gelişmiş ülkelerde (A.B.D., S.S.C.B.,Batı Almanya,Kanada,İngiltere,Fransa v.b.) görülen, jeodezi'nin ilgi alanındaki bu hızlı değişimin temel nedenleri; başta savunma gereksinimleri olmak üzere toplumun doğayı tanımak,düzenlemek ve organize olmak istemleri ile özellikle sözü edilen üçlüler arasındaki ilişkilerin sağlıklı işletilmesi ve korunmasıdır.Günümüzde sözü edilen üçlüler arasındaki iliş-

kileri koruyup sağlıklı işletemeyen ülkelerin, Jeodezi'nin sağladığı olanaklardan yararlanmaları olası görülmemektedir.

Yakın geçmişte teknolojik gelişmelerin paralelinde jeodezi'deki hızlı değişim, yakın gelecekte yeni ve daha hızlı değişimlerin habercisidir. Yakın gelecekteki değişimleri şimdiden tam olarak kestirmek olası olmasa bile gelişmelerin doğrultuları konusunda kestirmelerde bulunmak, jeodezi'nin gelecekteki görüntüsünü yansıtabilme açısından yararlı olacağından aşağıda bazı kestirimlerde bulunmaktadır.

Yakın gelecekte jeodezi'nin bilgi alış-verişinde bulunduğu bilimlerle olan ilişkilerinin hızla gelişip güncelleşeceği ve yoğun kullanılır duruma geçeceği, buna karşılık bilgi desteğinde bulunduğu bilimlerle olan ilişkilerinde belirgin ve hızlı bir değişim olmayacağı umulmaktadır.

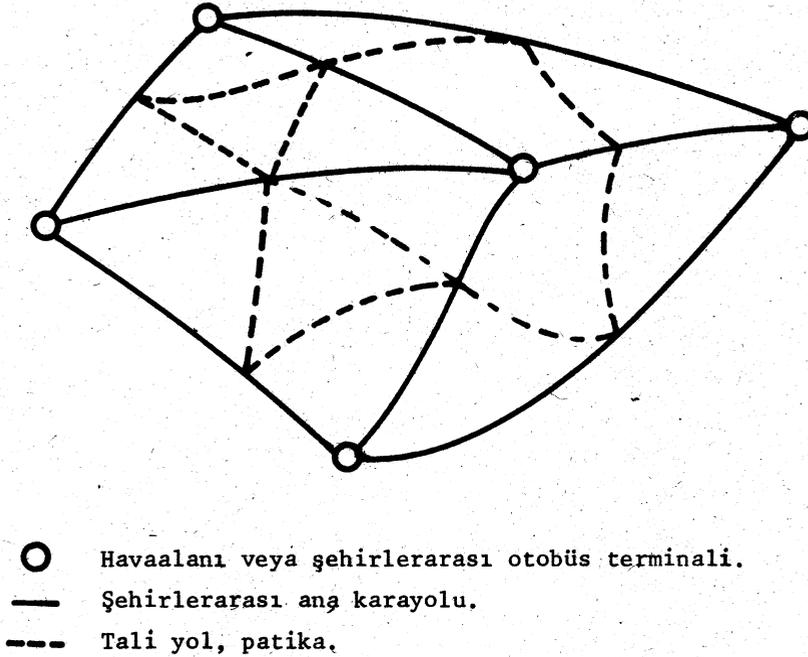
Birkaç on yıl sonra jeodezi'nin temel uğraşlarının çok büyük bölümü, geometrik ölçülere gerek kalmaksızın yalın fiziksel (dinamik) jeodezik ölçüler ile gerçekleştirilebilecektir. Günümüzde test aşamasında olan; İnersiyal Ölçme Sistemleri (ISS), Global Konumlama Sistemleri (GPS) ve Uzun Kenarlı Radyo Interferometresi (VLBI) yalın fiziksel jeodezik ölçüler ile jeodezik temel sorunların çözümüne gidişi hızlandıran ana teknolojik gelişmelerdir.

GPS'in sivil kullanıcılara serbest bırakılıp bırakılmayacağı, günümüzde soruların sorulduğu ve kuşkuların taşındığı bir konudur. Serbest bırakılsa bile geleceği konusunda belirsizlikler bulunmaktadır. Buna karşılık uzun kenarlı radyo interferometresinin (VLBI), yayın kaynağı olan gök cisimleri (quasar) hiç kimsenin egemen olmadığı doğal cisimler olduğundan, gelecekte yaygın kullanılacağı düşünülmektedir (Bossler, 1983), (Moritz 1984). Yakın gelecekte insanların yalnızca dinamik verileri kullanarak, bulunulan konumu belirleyen mikro konum belirleyicileri bir saat gibi sürekli üzerinde taşıyacaklarını şimdiden düşünmek bir hayal ürünü sayılmamalıdır.

Atmosfer içinden geçen ölçü doğrultularını kullanan jeodezik ölçülerin günümüzde ortak sorunu olan atmosferik etkinin belirlenmesinde, çok renkli (iki veya üç) lazer kullanmanın olumlu sonuçlar verdiği görülmektedir. Test aşamasında olan bu teknoloji geliştirildiğinde, günümüzde başucu açısı ve kenar ölçülerini veri kabul eden ve 10-60 km.lik kenarlar için uygulanmaktan çekinilen yöntemler (örneğin trigonometrik nivelman, üç boyutlu ağ dengelemesi, çekül sapması prediksyonu, jeoid yükseklik farkı belirleme)

yaygın olarak kullanılacaktır. Açı ve kenarları, elektromanyetik dalgalar ile aynı anda ve elektronik olarak ölçen ölçerlerin yapılmasıyla, jeodezik ölçümlere çok fonksiyonluluk kazandırılarak "Kara kuğu" biçimine dönüştürülecek ve ölçüye bağımlılık azalacaktır (Özdil Şerbetçi, 1984)

Küçük boyutlu konum belirleme çalışmalarında yersel ölçme sistemlerine devam edilecek, ölçme sistemlerindeki gelişim oranında bir değişim olacaktır. Buna karşılık özellikle büyük boyutlu konumlama çalışmalarında, uydu ve inersiyel yöntemler ağırlıkta olmak üzere yersel yönteminde kullanıldığı kombinasyonların yakın gelecekte yoğun olarak uygulanacağı gözlenmektedir. Bu düşünceyi daha iyi açıklayabilmek için, Şekil-4'de şematik gösterilen bir ulaşım ağı benzetmesi yapılacaktır (Moritz, 1981-1984).



Şekil-4

Büyük kentlerde (ör. İstanbul v.b.) yer alan havaalanları GPS noktalarına, uçaklar yer uydu alıcılarına, ana karayolları yatay, düşey, ve gravite kontrol ağlarına, şehirlerarası otobüsler teodolit, niş ve gravimetreye, tali yol ile patikalar inersiyel ölçmelere ve jeep(Land Rover)'ler inersiyel ölçme sistemlerine benzetilebilir. İlgili arazi parçasının istenen herhangi bir noktasına uygun seçilen ulaşım yolu ve aracı ile gidilebileceği gibi,

benzer olarak herhangi bir noktanın konumu da uygun seçilen ölçme ve hesaplama yöntemi ile yeterli doğruluk ve duyarlılıkta belirlenebilir.

Verilerin sunulması, sergilenmesi, en çok ve en büyük değişimlerin beklediği jeodezik işlem aşamasıdır. Klasik sunma biçimleri, diğer bir deyişle kâğıt, büyük bir olasılıkla önemini yitirerek sayısal modeller ile kuramsal temelleri oluşturulan; verileri ekrandan sayısal veya grafik, manyetik teyp ve disketler ile sayısal sunma türleri yaygınlaşacaktır. Özellikle savunma ve navigasyon amaçlı uygulamalarda bu sunma türleri aranan ve istenen sunma biçimleri olacaktır (Özdil Şerbetçi, 1984).

Jeodezik yöntemlerin özellikle yerdinamiği ve plaka tektoniğinde bilinen ve yoğun kullanılan yöntemler arasında yer alması, savunma sistemlerinin yerel veya bölgesel değil global anlamda kurulma eğilimi, Jeodezik uygulamaların boyutunu büyüterek proje uygulama alanlarının birden fazla ülke sınırları içinde yayılmasına neden olmaktadır. Böylesi projelerin, ancak uluslararası organizasyonlar ile gerçekleştirilebileceği gerçeği özellikle gelişmiş ülkelerce çok iyi anlaşılmakta ve uygulanmaktadır. Gelecekte bu tür uygulamalardan kaçınılamıyacağı ve yoğunlaşacağı gözönünde tutulursa, gelişmekte olan ülkelerin uluslararası projelere katılmaları ve öncelikle aynı düzeyde bilgi birikimi ve teknolojiye sahip olmaları gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde olduğu gibi gelecekte de teknoloji, kuramın önünde yer alacaktır. Eskiden kuramsal gelişimleri teknoloji izlerdi ancak bugün durum tersine dönmüş ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda kuramsal çalışma ve araştırmalar yürütülür olmuştur. Böylece, bilim adamlarına yöneltilen "uygulamadan kopuk olma" suçlamaları geçerliliğini yitirmekte yada diğer bir deyişle "uygulama efendi, kuram uşak" rollerini oynamaktadır (Moritz, 1981).

Jeodezi, bugün yeni bir kabuk değiştirme dönemini yaşamakta olup bu değişim dönemini yaşamak ve izlemek bizler için büyük bir anlam taşımaktadır. 1950'li yıllarda üç boyutlu Jeodezi'ye geçiş yaşanmış ve ancak son onbeş yıl içinde ayrıntıları ile incelenip Jeodezi'nin klasik yöntemleri arasına girebilmiştir. Bugün Dört Boyutlu Jeodezi'ye (üç koordinat + zaman) geçiş dönemi yaşanmaktadır. En büyük dilek, bu geçiş döneminin Üç Boyutlu Jeodezi'ye geçiş kadar uzun sürmemesi ve yakın bir gelecekte yaygın uygulanabilir duruma getirilmesidir. Bu dönemi yaşayan meslek üyelerine düşen görev; geçişi kolaylaştıracak idari organizasyonu ve mali finansmanı sağlamak ve jeodezi eğitimi politikasını bu doğrultu oluşturmak olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Bossler, J.D. : The Impact of VLBI and GPS on Geodesy. In "Geodesy in Transition" Ed.By K.P. Schwarz,G.Lachapelle.Puo.of Calgary University. (1983)
- Gürkan, O. : 1983'ün başlarında jeodezi'nin Görevleri ve içeriğine Toplu Bir Bakış.Harita Der. Sayı : 90 (1983)
- Gürkan, O. : Haritacılığın (Jeodezinin) işlevleri ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü(D.S.İ.) Harita Mühendisleri Semineri Trabzon(1984)
- Kahmen, H. : Potantial Land Surveying and Engineering, Aplications for Electronic Polar Surveying Systems.AVN.International Supplement.I/84 (1984)
- Moritz, H. : The role of Geodetic Nets in Integrated Geodesy.München Symposium. (1981)
- Moritz, H. : Past and Future in Geodesy.AVN.International Supplemenk. I/84 (1984)
- Mueller, I.I. : Intertial Survey System in the Georetic Arsenal. Keynote Address.Proceedings of the Second International Symposium on Inertial Technology for Surveying Geodesy. Banff. (1981)
- Özdil, T., Şerbetci, M. : Ölçme Aletlerinde ve uygulamalarında Gelişmeler.Harita Mühendisleri Semineri. Trabzon (1984)

- Rinner, K. : Report of IAG Commission IX, "Education in Geodesy". Presented at the XVI th General Assembly of the IUGG, Grenoble. (1975)
- Rinner, K. : Report of Commission IX, "Education in Geodesy". XVII General Assembly of the IUGG, Canberra. (1979)
- Rinner, K. : Toplumda Bir Düzen Faktörü Olarak Jeodezi Çeviren: Tefvik Ayan. Harita Dergisi. Sayı: 86 (1979)
- Sigl, R. : The Contribution of Satellite Geodesy to the Geoscience. IUGG Chronicle.No:167-168. pp. 182-223. (1984)
- Torge, W. : Geodesy-Walter de Gruyter. Berlin. (1980)
- Uğur, E. : Jeodezinin Nesnel koşulları.Har.Kad.Müh. Der.Sayı : 44 (1983)
- Vanicek, P.,
Krakivsky, E.J. : Geodesy: The Concepts.North Holland Publishing Comp. Amsterdam. (1982)
- Vanicek, P.,Wells,D.E.,
Chizananawski A.,Hamilton,A.C.,
Langley, R.B.,Mc Laughlin,J.D.,
Nickerson,B.G. : The Future of Geodetic Networks.Presented to IAG Symposium "The Future of Terrestrial and Space Methods for Positioning."Hamburg. (1983)
- National Research Council : Trends and Prospects.National Academy of Science. Washington D.C. (1978)