

MÜHENDİSLİK ÖLÇMELERİ UYGULAMALARI ve ÜLKEMİZDEKİ SORUNLARI

Halil ERKAYA¹

Engin GÜLAL¹

Orhan BAYKAL²

Reha Metin ALKAN²

Gürsel HOŞBAŞ¹

Erol YAVUZ¹

Seyfullah DEMİRKAYA¹

M. Zeki ÇOŞKUN²

Hasan ŞİMŞEK³

ÖZET

Jeodezi bilimini oluşturan temel bilim dallarından biri olan mühendislik ölçmeleri, jeodezi ve fotogrametri mühendisliğinde çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Güncel, rutin olarak yapılagelen ölçmelerin dışındaki bir dizi uygulamayı kapsayan mühendislik ölçmelerinin en önemli bileşenleri, projede tasarlanan geometrinin fiziksel yeryüzüne aktarılması (aplikasyon) ve yer kabuğunda ve büyük mühendislik yapılarında meydana gelen yatay ve düşey geometri değişimlerinin izlenmesidir (deformasyon ölçmeleri). Söz konusu ölçmelerin en önemli özellikleri, bu çalışmaların yüksek doğrulukla ve güvenilirlikle gerçekleştirilme zorunluluğudur. Bu bağlamda hiç kuşkusuz ekonominin de çok önemli bir yeri vardır. Bir mühendislik projesinde, jeodezi ve fotogrametri mühendisi ekonomi, doğruluk ve güvenilirlik ölçütlerine göre, en uygun yöntem ve donanım seçimini yaparak görevini tamamlamak zorundadır. Dolayısıyla tüm bu çalışmaların gerçekleştirilmesinde en önemli teknik elemanlardan birisi hiç kuşkusuz jeodezi ve fotogrametri mühendisidir. Bu çalışmada, genel olarak mühendislik ölçmelerinin günümüzdeki önemli uygulamaları ele alınmış ve ülkemizde var olan genel sorunlarına değinilerek bazı önerilerde bulunulmuştur.

1 YTÜ - İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü

2 İTÜ - İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü

3 DSİ 14. Bölge Müdürlüğü

ABSTRACT

APPLICATION of ENGINEERING SURVEYING and CURRENT PROBLEMS in TURKEY

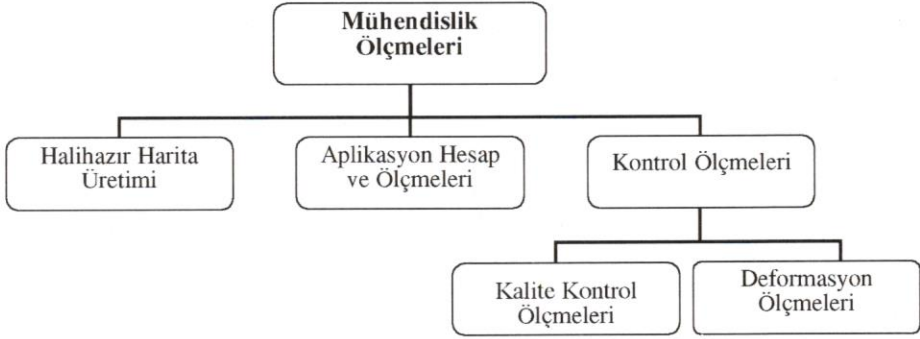
Engineering surveying has a wide application area in Geodesy and Photogrammetry Engineering as a fundamental scientific branch of geodesy. The most important components of engineering surveys, which consist of series of applications besides the routine surveys are, to apply the geometry designed by project to physical world (i.e. application) and to monitor horizontal and vertical displacements of earth and large engineering constructions (i.e. deformation measurement). The most important characteristic of these studies is that they must be performed with high accuracy and reliability. The economy also play an important role in these studies. In an engineering project, a geodesy and photogrammetry engineer must choose the most appropriate method and instrument in accordance with economy, accuracy, and reliability criteria to achieve his goal. Therefore, geodesy and photogrammetry engineer undoubtedly is the one of the most important technical persons carrying out these studies. In this paper, the current important subjects of engineering surveying are presented in general and some suggestions by mentioning common issues existing in our country are made.

1. GİRİŞ

Alman bilim adamı HELMERT, 1880 yılında jeodeziyi "fiziksel yeryüzünün ölçülmesi ve tasviri bilimi" şeklinde tanımlamıştır (TORGE, 1975). İzleyen yıllarda farklı bir çok tanım yapılmasına karşın, HELMERT'in tanımındaki ana unsurları oluşturan "fiziksel yeryüzü" ile "ölçme eylemi" kavramları değişmemiştir. Bu bağlamda, jeodezinin görevi "fiziksel yeryüzünün geometrisinin belirlenmesidir" şeklinde tanımlanabilir (BAYKAL, 2003). Günümüz teknolojisindeki gelişmeler ve buna bağlı olarak ortaya çıkan yöntemler sonucunda, jeodezinin uğraş alanı sadece fiziksel yeryüzü ile kısıtlı kalmamış, su altı zeminine ilişkin bilgilerin edinilmesi, yeraltı maden işletmeleri, tüneller gibi yeni uğraş alanlarını da kapsamıştır. Uydu jeodezisindeki gelişmeler de dikkate alındığında, yeryüzünün yakın çevresinin de jeodezinin uğraş alanı içerisine girdiği rahatlıkla söylenebilir. Bu gelişmeler çerçevesinde meydana gelen son derece geniş bir uygulama spektrumunda yer alan alanlardan birisi de mühendislik ölçmeleridir.

Yerüstü ve yeraltı yapılarında gerçekleştirilecek olan tüm mühendislik çalışmalarında çok önemli görevler üstlenen jeodezi ve fotogrametri mühendislerince, öncelikle uygulama projelerinin altlığını oluşturan halihazır haritalar üretilir. Bir başka deyişle fiziksel yeryüzünün 3-boyutlu geometrisi ayrıntılı olarak belirlenir (Mekansal Bilgi Sistemleri). Bu çalışmayı, projede tanımlanan geometrinin zemine uygulanması için, inşaat evresinden önce ve inşaat sırasında yapılan aplikasyon hesap ve ölçmeleri izler. İnşaatın tamamlanmasından sonra ise, mühendislik yapısının planlandığı gibi inşa edilip edilmediğini kontrol etmek için, kalite

kontrol ölçmeleri ile yapının ömrü boyunca yapıda meydana gelecek yatay ve düşey deformasyonları belirlemek için bir dizi ölçme gerçekleştirirler. Mühendislik ölçmeleri çerçevesinde jeodezi ve fotogrametri mühendislerinin izledikleri bu genel uygulama adımları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Mühendislik Ölçmeleri Genel Uygulama Adımları

Bu çerçevede, örneğin bir baraj inşaatında, öncelikle uygulama projesine altlık oluşturacak temel verileri içeren inşaat alanı ve çevresinin topografyasını gösteren bir halihazır harita üretilir. Üretilen veriler bir yandan geometrik tasarımda diğer yandan da toprak işi hesaplamaları için maliyet tahmininde kullanılır. Baraj inşaatından önce ve inşaat sırasındaki diğer mühendislik ölçmeleri çalışmaları ise, aplikasyon hesap ve ölçmeleri ile kalite kontrol ölçmeleridir. Baraj inşaatının tamamlanmasından sonra da dolum esnasında ve daha sonrasında işletme evresinde iç ve dış kuvvetler etkisi altındaki baraj gövdesinin ve yakın çevresinin kontrolü yine mühendislik ölçmeleri çerçevesindeki deformasyon ölçmeleri ile gerçekleştirilir.

Bu çalışmada, mühendislik ölçmelerinin öneminden kısaca söz edildikten sonra, ülkemizdeki ve dünyadaki yaygın uygulama alanlarından bazı örnekler verilmiştir. Ülkemizde mevcut mühendislik ölçmelerine ilişkin sorunlar da bu çalışma çerçevesinde ele alınmıştır.

2. MÜHENDİSLİK ÖLÇMELERİ ve UYGULAMA ALANLARI

Jeodezi bilimini oluşturan temel bilim dallarından biri olan mühendislik ölçmeleri, jeodezi ve fotogrametri mühendisliğinde çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Mühendislik ölçmeleri FIG (Federation Internationale des Geometres)'e göre "yapılarda uygulama ve kontrol ölçmeleri" şeklinde tanımlanmaktadır. Çok genel olarak ele alındığında mühendislik ölçmelerinin iki ana bileşeni;

i. Aplikasyon hesap ve ölçmeleri,

ii. Yer kabuğunda ve önemli yapılarda meydana gelen yatay ve düşey geometrik değişimlerinin (deformasyonların) izlenmesi

ana başlıkları altında toplanabilir (BAYKAL, 2003).

Mühendislik ölçmelerinin ilk uygulamaları çok eski zamanlara dayanmaktadır. Mısırlılar, Yunanlılar ve daha sonra da Romalılar inşa ettikleri büyük yapıların biçimini, konumunu ve çalışma verimini ve güvenliğini kontrol etmek için değişik ölçme teknikleri uygulamışlardır. Mısır piramitleri ve Roma su yolları en çarpıcı eski uygulama örnekleridir.

Mühendislik ölçmeleri üstlendiği, yerine getirmek zorunda olduğu hizmetlere bakıldığında, günümüz modern yaşantısını çok yakından ilgilendiren bir yapıya sahip olduğu hemen görülecektir. Dünyamızın hızla artan nüfusu, beraberinde insanoğlunun ihtiyaçlarında önemli çeşitliliklere yol açmış ve buna bağlı olarak da yeni projelerin hayata geçirilmesi süreçlerini başlatmıştır. Örneğin, özellikle metropollerde hızla çoğalan yüksek katlı yapılar, kalabalıklaşan ve dolayısıyla trafik yoğunluğunun hızla arttığı büyük şehirlerde en önemli ulaşım alternatifi olan metro, hafif raylı sistemler, şehirlerarası ve kısmen şehir içi ulaşım için yapılan otoyol ya da hızlı demiryolu yapıları, yine İstanbul gibi doğal su alanları ile çevrili şehirlerde her geçen gün ağırlık kazanan, tüp geçit vb. deniz altı ulaşım yapıları, mühendislik ölçmelerinin uygulama alanları arasında ilk bakışta hemen göze çarpan önemli proje örneklerinden sadece bir kaç tanesidir. Mühendislik ölçme uygulamaları hiç kuşkusuz bunlarla sınırlı değildir. Baraj, köprü, viyadük, tünel, karayolu/demiryolu inşaatları, binalarda giydirme cephe sistemleri, restorasyon amaçlı rölöve çalışmaları, yüksek kule ve endüstriyel baca inşaatları, önemli mühendislik yapılarında meydana gelen geometrik değişimlerin (deformasyonların) izlenmesi gibi gerek yeryüzünde ve gerekse yeraltında gerçekleştirilen bir çok uygulama, mühendislik ölçmeleri çalışmaları kapsamında yer almaktadır. Deniz, göl, akarsu vb. de yapılan hidrografik ölçmeler ile su altında ve kıyılarda yapılan bir çok mühendislik projesinin gerçekleştirilmesinde de mühendislik ölçmeleri son derece önemli bir yere sahiptir.

Bilgisayar ve elektronik alanlarındaki gelişmelerin mesleğimize olan yansımaları sonucu, donanım, ölçme yöntem ve değerlendirmelerinde çok önemli gelişmeler olmuş, bunun sonucunda mühendislik ölçmeleri uygulamaları sadece klasik mühendislik yapılarında değil, diğer endüstri projelerinde de uygulanabilir hale gelmiştir. Bu çerçevede yapılan bazı örnek uygulamalar aşağıda verilmiştir:

- Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Boing Uçak Şirketi 700 serisi ve Federal Almanya'da Daimler-Benz Aerospace Airbus A310, A330 ve A340 serisinde kanatların geometrik kontrolleri,
- Helikopter imal eden İngiliz GKN Westland şirketinin, çeşitli aşamalarındaki geometrik kontrolleri,
- Kuzey denizindeki Thyssen Nordseewerk şirketi'nce üretilen gemilerin gövde geometrilerinin projeler ile karşılaştırılması,
- NASA tarafından, üretilen uyduların ve antenlerin geometrik kontrolleri,

- Gemi pervaneleri, büyük çelik kazanlar gibi değişik objelerdeki şekil değişimlerinin izlenmesi,
- BMW, Volkswagen gibi bir çok otomotiv firmasının kaporta kontrolleri ve üretimde çalışan robotların kontrolleri (LEICA İNTERNET SAYFASI, 2003).

Yukarıdaki örneklerden de görülebileceği gibi, mühendislik ölçmelerinin son derece geniş kapsamlı ve önemli bir uygulama alanı vardır. Ancak ele alınan örnekler incelendiğinde, bu çalışmaların klasik, alışlagelen değerlerin çok üzerinde bir doğruluk gereksinimi olduğu görülecektir. Bunun sağlanabilmesi için, hiç kuşkusuz bu doğrulukları sağlayacak donanım/yazılımlara ihtiyaç olduğu gibi, daha da önemlisi çalışmaları gerçekleştirebilecek bilgi, tecrübe ve yeteneğe sahip, son derece kalifiye teknik elemanlara (mühendislere) ihtiyaç vardır. Zira bu tarz uygulamalardaki yanlışlıkların ya da noksanlıkların çoğunlukla geri dönüşü çok güç olmakta ve kimi zaman hataların düzeltilmesi proje maliyetinin bile üstünde maliyetler gerektirebilmektedir. Özet olarak belirtilecek olursa, mühendislik ölçmeleri metropolitan alanlardan, en küçük yerleşim yerlerine kadar çok geniş bir kapsamda uygulama alanına sahip, çoğunlukla çok yüksek doğrulukların talep edildiği ve jeodezi ve fotogrametri mühendislerinin birinci derecede yerinin olduğu önemli bir uygulama alanıdır.

4. MÜHENDİSLİK ÖLÇMELERİ KONUSUNDA ÜLKEMİZDEKİ MEVCUT SORUNLAR

Mühendislik ölçmeleri ülkemizde, haritacılık, inşaat, maden, jeoloji, jeofizik, makine, gemi inşaatı gibi sektörlerde çeşitli alt yapı ve sanayi hizmetleri içinde kendine yer bulmuştur. Birbirinden oldukça uzak sayılabilecek çok sayıda disiplinlerle bir arada çalışma zorunluluğu bulunan işlerde, farklı ve çok çeşitli mühendislik ölçme uygulamaları ortaya çıkmaktadır. Bu durumda mühendislik ölçmeleri bir anlamda jeodezi ve fotogrametri mühendisliğinin dışa dönük olan yüzünü yansıtmaktadır.

Ülkemizde mühendislik ölçme uygulamaları konusunda yaşanan bir çok özel ve genel sorunları, teknik problemleri vardır. Özel sorunların tek tek ele alınıp irdelenmesi bu çalışmanın kapsamını aşacağından, yalnızca genel olarak ülkemizde bu konuda yaşanan bazı sorunlar ele alınmıştır.

- Ülkemizde bu alanda yaşanan en önemli eksiklik hiç kuşkusuz mühendislik yatırımlarının gerektirdiği tekniğe uygun jeodezik standartların saptanmamış olmasıdır. Bunun sonucunda çalışmalar ya gereğinden fazla bir doğrulukla yapılmakta ve buna bağlı olarak maliyetler artmakta ya da yetersiz doğruluklarda işler yapılmakta ve buna bağlı olarak da çalışmaların ileriki aşamalarında büyük sorunlar ortaya çıkabilmektedir (BAYKAL 1984).

Bu çerçevede Federal Almanya'da yaklaşık 7 yıllık bir süreç içerisinde, mevcut mühendis-

lik ölçmeleri standartları güncelleştirilmiştir. DIN (Deutsche Industrie Norm) 18710 numarası ile çok yakın bir gelecekte yayınlanarak yürürlüğe girecek olan bu standartlarda, konum ve yükseklik ölçmeleri için Tablo 1 ve 2'deki doğruluk değerleri verilmektedir.

Sınıf	Konum Ölçmeleri için Standart Sapma (s_K)	Açıklama
K1	$50 \text{ mm} < \sigma_K$	Çok düşük doğruluk
K2	$15 \text{ mm} < \sigma_K \leq 50 \text{ mm}$	Düşük doğruluk
K3	$5 \text{ mm} < \sigma_K \leq 15 \text{ mm}$	Orta doğruluk
K4	$0.5 \text{ mm} < \sigma_K \leq 5 \text{ mm}$	Yüksek doğruluk
K5	$\sigma_K \leq 0.5 \text{ mm}$	Çok yüksek doğruluk

Tablo 1. Konum Doğruluklarının Sınıflandırılması (DIN 18710)

Sınıf	Yükseklik Ölçmeleri için Standart Sapma (s_Y)	Açıklama
Y1	$20 \text{ mm} < \sigma_Y$	Çok düşük doğruluk
Y2	$5 \text{ mm} < \sigma_Y \leq 20 \text{ mm}$	Düşük doğruluk
Y3	$2 \text{ mm} < \sigma_Y \leq 5 \text{ mm}$	Orta doğruluk
Y4	$0.5 \text{ mm} < \sigma_Y \leq 2 \text{ mm}$	Yüksek doğruluk
Y5	$< \sigma_Y \leq 0.5 \text{ mm}$	Çok yüksek doğruluk

Tablo 2. Yükseklik Doğruluklarının Sınıflandırılması (DIN 18710)

- Hidrografik ölçmeler mühendislik ölçmeleri kapsamında herhangi bir standarda sahip olmadığı gibi, Büyük Ölçekli Harita Yapım Yönetmeliği (BÖHY) 'nde de hidrografik ölçme ve harita üretimiyle ilgili herhangi bir madde ya da hükme rastlanamamaktadır.
- Gelişmiş bir çok ülkede çok geniş uygulama alanı bulan hidrografik ölçmeler, ülkemizde çok büyük potansiyele sahip olmasına rağmen yeterince uygulama alanı bulamamıştır. Elbette bunun başlıca nedenleri arasında, kıyılarımızdan ve diğer su ortamlarından yeterince faydalanamamamız gösterilebilir. Bununla birlikte, artan nüfus ve talepler, gelecekte bu ortamların daha efektif kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Bu çerçevede sahip olduğumuz su ortamlarının mevcut durumlarının sağlıklı olarak ortaya konulması ve uygulanacak mühendislik projelerinin gerektirdiği özelliklerde güncel altlıkların üretilmesi zorunlu olacaktır. Ülkemizde bu konudaki mevcut duruma bakıldığında, hidrografik çalışmaların Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi (SHOD), Devlet Su İşleri (DSİ) ve az da olsa diğer kamu kurumları, çeşitli üniversiteler ile bir kaç özel sektör kuruluşunca gerçekleştirildiği görülmektedir. SHOD yakın ve açık denizlerimizle ilgili değişik ölçekli ve amaçlı bir çok çalışmayı gerçekleştirirken, DSİ daha çok göl ve barajlarla ilgili çalışmaları yapmaktadır. Özel sektör ise,

bu uygulamalarda gereği kadar bir iş hacmine sahip olmayıp, oldukça küçük bir payla yetinmektedir. Söz konusu su ortamlarımızdan yeterince yararlanılamaması ve bu doğrultularda ileriye dönük somut projelerin olmaması nedeniyle, mesleğimiz açısından bu konudaki ölçme çalışmaları henüz tam manasıyla uygulama alanımıza girememiştir.

- Mühendislik ölçmelerine ilişkin bir çok uygulamada jeodezi ve fotogrametri mühendislerinin rolü maalesef yeterince anlaşılamamıştır. Örneğin bir aplikasyon işleminde, aplikasyon hesap ve ölçme işlerinin başarılı olabilmesi ve yatırımın talep edilen teknik niteliklerine uygun aplikasyon doğruluklarına ulaşılabilmesi için gerekli hesapların yapılıp, ölçme yöntemi ile çalışmada kullanılacak donanımın seçimi çok büyük bir öneme sahiptir. Önemli ve büyük yatırımlarda bu işleri ancak uzman bir jeodezi ve fotogrametri mühendisi gerçekleştirebilir.

Ancak, ülkemizde değişik kurumlardaki mühendislik ölçmeleri uygulamalarında bu işler çoğunlukla ya farklı disiplinlerdeki mühendisler ya da mühendis olmayan diğer teknik elemanlar tarafından yapılmaktadır. Uygulamaların söz konusu bu kişiler tarafından yapılması durumunda, o iş yerinde genellikle jeodezi ve fotogrametri mühendisleri istihdam edilmemektedir, ancak zorunlu hallerde jeodezi ve fotogrametri mühendislerine başvurulmaktadır. Sektörümüz tarafından yapılması gereken uygulamaların diğer disiplin elemanlarınca yapılması durumunda, işin kalitesi düşmekte, hatta bazen hatalı işler veya üretimler yapılmaktadır. Örneğin, Atatürk Barajı'ndan Harran Ovası'na su taşıyacak Urfa Tüneli'nin yapım aşamasının başlangıcında jeodezi ve fotogrametri mühendisi olmaksızın inşaat yürütülmek istenmiş, daha sonra konunun önemi anlaşılarak gereken yapılmıştır (BAYKAL 1984).

Ana hatlarıyla ele alınmaya çalışılan sorunlar elbette bunlarla sınırlı değildir ve kolaylıkla arttırılabilir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Jeodezi ve Fotogrametri mühendisliğinin çok önemli bir uğraş alanı olan mühendislik ölçmeleri günümüz modern yaşamında çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bununla birlikte ülkemizde bu konuda maalesef bir takım sorunlarla karşılaşmaktadır. Bir önceki bölümde bir miktar yansıtılmaya çalışılan sorunların çözümleri için aşağıda bazı öneriler getirilmektedir.

- Mühendislik ölçme uygulamaları için jeodezik standartlar hazırlanarak uygulamaya konulmalıdır. Standartların oluşturulmasının yanı sıra, bunların uygulanması da yönetmeliklere konulacak maddelerle sağlanmalıdır. Mühendislik ölçmeleri standartlarında mutlaka hidrografik ölçmelere de yer verilmelidir.

- Standartlar, konularla ilgili değişik mühendislik dallarından uzmanların katılacağı geniş kapsamlı araştırmalar ile belirlenmelidir.
- Mühendislik ölçmeleri sadece ölçme eyleminden değil, aynı zamanda beraberinde maliyet analizi, yöntem ve donanım seçimini de getiren komplike bir dizi çalışma gurubundan oluşmaktadır. Bu denli önemli bir konunun gerektiği şekilde ele alınıp, uygulanabilmesi için, üniversitelerde eğitim aşamasında öğrencilere konunun önemi anlatılmalıdır.
- Söz konusu çalışmalarda jeodezi ve fotogrametri mühendislerine sorumluluk verilmesi zorunluluk haline getirilmelidir. Son derece önemli jeodezik çalışmaları içeren bu uygulamalarda, belirli bir deneyim ve bilgiye sahip meslektaşlarımızın fiilen istihdamları sağlanmalıdır. Bu doğrultuda konu ile ilişkili diğer mühendislik alanlarının meslek odaları ile de ilişki kurularak ve bu platformlarda sorunlar dile getirilerek konu hakkında genel bir kamuoyu oluşturulup, konunun önemi ve jeodezi ve fotogrametri mühendislerinin rolü de anlatılmaya çalışılmalıdır.
- Ülkemiz üç tarafı denizlerle çevrili, binlerce kilometre uzunluğunda bir kıyıya sahip ender ülkelerden birisidir. Ayrıca sahip olduğu yüzlerce göl ve baraj ile büyük bir su potansiyeli oluşturmaktadır. Son yıllarda bu ortamlara ilişkin çok değişik amaçlı bir çok mühendislik projesi geliştirilip uygulanmıştır. Dolayısıyla önemli bir su potansiyeli bulunan ülkemizde hidrografik çalışmalara ve bu bağlamda hidrografik ölçmelere çok büyük bir ihtiyaç olduğu söylenebilir. Ancak bu çalışmalar için -daha önce de belirtildiği gibi- BÖHYY'de herhangi bir madde ya da hüküm yoktur. Konunun ülkemiz açısından önemi ve ülke genelinde bir standartlaşmayı sağlaması açısından BÖHYY'de gerekli düzenlemeler ivedilikle yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

BAYKAL, O., "Mühendislik Hizmetlerinde Jeodezinin Yeri ve Önemi", Türkiye'de İnşaat Mühendisliği Alanındaki Gelişmeler Kongresi, 59-70, 1984.

BAYKAL, O., "Mühendislik Ölçmeleri Ders Notları", İTÜ İnşaat Fakültesi, 2003.

DIN 18710, Ingenieurvermessung, Allgemeine Anforderungen, 1999.

TORGE, W., Geodaesie, Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1975.

LEICA Geosystems, 2003. <<http://www.leica-geosystems.com>>