

MEKANSAL VERİ TOPLAMA TEKNOLOJİLERİ VE BÜYÜK ÖLÇEKLİ HARİTA VE HARİTA BİLGİLERİ ÜRETİM YÖNETMELİĞİ

R. N. Çelik¹, M. T. Özlüdemir¹, A. Ö. Doğru², C. Güney¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, İstanbul,

celikn@itu.edu.tr, tozlu@itu.edu.tr, guneycan@itu.edu.tr

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Kartografya Anabilim Dalı, İstanbul, dogruahm@itu.edu.tr

ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemlerine gereksinimin artması ile mekansal veri toplama teknolojilerinin önemi de artmıştır. Bu çalışmada mekansal veri toplama teknolojilerinden bahsedilerek, ulusal düzeyde varolan jeodezik altyapının bu veri toplama teknolojilerine olan uyumu irdelenmektedir. Buna ek olarak Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin mekansal veri toplama teknolojilerinin kullanımına ilişkin yaklaşımı üzerinde durularak ulusal jeodezik altyapının Coğrafi Bilgi Sistemlerinin gereksinimlerini nasıl karşılayabileceğine yönelik çözüm önerileri verilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Coğrafi Bilgi Sistemi, Mekansal, Jeodezik Altyapı, Ölçme, Yönetmelik

ABSTRACT

SPATIAL DATA ACQUISITION TECHNIQUES AND LARGE SCALE MAP AND MAP INFORMATION PRODUCTION REGULATION

Importance of spatial information collection technologies are increased with respect to the raise of needs of Geographic Information Systems. In this study spatial information collection technologies are emphasized and the harmony of existing geodetic infrastructure with such spatial information collection technologies is examined. Moreover, the approach of Large Scale Map and Map Information Production Regulation for using of spatial information collection technologies is emphasized, and finally solution recommendations are given about compensating the needs of Geographic Information Systems by the national geodetic infrastructure.

Key words: Geographic Information System, Spatial, Geodetic Infrastructure, Surveying, Policy

1. GİRİŞ

Günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kurulmasına ve kullanılmasına olan eğilim, bilginin mekanına yönelik gereksinimleri her geçen gün daha da artırmaktadır. Bununla birlikte elektronik ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi önceleri mekansal bilgi üretmede kullanılan bir çok teknolojinin de gelişerek yenilenmesine olanak sağlamış dahası yeni teknolojilerin de geliştirilmesine yol açmıştır.

Her ne kadar mekansal bilgi toplama teknolojileri gelişiyor olsa da toplanan verilerin tanımlanmış standartlar kapsamında toplanması, bu verilerin doğru ve güvenilir olarak yönetimi ve kullanımı açısından son derece önemlidir.

Coğrafi Bilgi Sistem teknolojilerinin hızlı gelişimi, verinin bu sistemlerde çok daha yüksek çözünürlükte (büyük ölçekte) kullanımının da önünü açmıştır. Artık günümüzde bir Coğrafi Bilgi Sisteminin tasarımında Arazi, Kent ve Özel Amaçlı Coğrafi Bilgi Sistemlerinin entegrasyonu neredeyse koşulsuz önerilmektedir. Tüm bu sistemlerin birbiriyle konuşan ve birbirini destekleyen sistemler olarak işleme için doğrudan iletişime sahip mekansal veri portal tasarımları yapılmaktadır.

Buradan hareketle, bu çalışmada Arazi ve Kent Bilgi Sistemlerine altlık oluşturacak büyük ölçekli haritaların günümüz mekansal veri toplama teknolojilerinin Bakanlar Kurlunun onayı aşamasında olan Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği kapsamında kullanımları irdelenerek, Coğrafi Bilgi Sistemlerinde kullanılacak mekansal veri toplama teknolojileri ve kullanım biçimleri aktarılmaktadır. Bunlara ek olarak %92'si deprem riski altında bulunan ülkemizde toplanmış, toplanan ve toplanacak olan mekansal verilerin bu sistemlerde nasıl kullanılabilecekleri hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Mekansal veri üretme teknolojileri olarak geçmişten günümüze üretilmiş olan analog ve dijital haritalar, sayısallaştırma teknolojileri, yersel ölçme teknolojileri, uzay bazlı ölçme teknolojileri, fotogrametrik veri üretim teknolojileri, uzaktan algılama teknolojileri, üç boyutlu (3D) lazer tarama teknolojileri ve benzeri teknolojiler ana hatları ile incelenmiştir.

Ayrıca ülkemizdeki jeodezik alt yapının Coğrafi Bilgi Sistemi kurma çalışmalarına yeterliliği ve yeni teknolojilerle günümüzdeki ve gelecekteki uyumu üzerinde durulmuştur.

2. KONUM BELİRLEME YÖNTEM ve SİSTEMLERİ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) için veri toplamada konum belirleme yöntem ve sistemleri büyük önem taşımaktadır. Zira toplanan verinin mekanına ilişkin bilgi, konum belirleme yöntem ve sistemleri yardımıyla elde edilmektedir. CBS oluşturmaya, öncelikle varolan temel harita bilgileri kullanılarak başlanır. Sistemin amacına yönelik bilgiler ise daha sonra toplanarak, sistemin geliştirilmesi ve hedeflenen amacı karşılaması sağlanır. Bu noktadan hareketle ilk etapta, geçmişten günümüze kadar üretilmiş ve bir çok bilgiyi üzerinde bulunduran ve kullanım aşamasında bir çok bilginin üretilmesine olanak sağlayan analog ve dijital haritalardan bahsetmek gerekir.

Ülkemizde bu tip haritalar genel olarak değişik datum, ölçek (çözünürlük) ve projeksiyonda bulunmaktadır. Önemli olan varolan bu harita bilgilerinin ve bu bilgilere bağlı diğer bilgilerin bir sisteme aktarıldığında sürekliliği olan bir bütünü oluşturmalarına olanak yaratmaktır. Bu kapsamda, öncelikle bu haritaların, tasarımı yapılan sistemin temel datumuna, istenilen amaca uygun doğruluk ve güvenilirlikte dönüştürülmesi gerekmektedir. Günümüz koşullarında ülkemizde analog ve dijital haritalar ulusal (ED50 – European Datum 1950 – Avrupa Datumu 1950 ya da ITRF96 – International Terrestrial Reference Frame 1996 – Uluslararası Yersel Referans Ağı 1996) ve lokal datumlarda karşımıza çıkmaktadır. Geçmişten günümüze bilgi transferi yapma olanağı veren bu haritaların Coğrafi Bilgi Sistemlerinde kullanımlarının sağlanması özellikle hukuksal ve ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır. ITRF96 datumunu esas alan haritaların üretimi, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı'nın oluşturulması ve Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği Taslağının devlet ihalelerinde özel teknik şartnameler olarak kullanılmasıyla hemen hemen 2003 yılından itibaren başlamıştır. Bunun öncesinde ulusal ve yerel düzeyde üretilen tüm haritalar ED50 ya da lokal datumlarda üretilmiştir. Dolayısıyla CBS tasarımlarında esas alınması gereken datum, ülkemizin ulusal anlamda şartnameler düzeyinde de olsa geçişini yaptığı ITRF96 datumu olmalıdır; çünkü bu datum yakın gelecekte ulusal datum olarak kullanılmaya başlanacaktır. Dolayısıyla sisteme altlık olacak tüm diğer harita bilgilerinin bu datuma, sistemin gerektirdiği doğruluk ve güvenilirlikte dönüştürülerek aktarılabilmesi, bu koşulları sağlamayan harita ve harita bilgilerinin ise diğer konum belirleme sistem ve yöntemleriyle yeniden üretilmesi gerekmektedir. Ulusal ve yerel anlamda üretilen haritaların projeksiyonları ülkemizde Universal Transversal Merkator (UTM), Transversal Merkator'dur. Lokal olanlar ise düzlem projeksiyonlarda kullanıcıların karşısına çıkmaktadır. UTM projeksiyonunda üretilmiş olan haritalar genellikle 1:25000 ve daha küçük ölçekli haritalardır ve ülke düzeyinde düşük çözünürlükte dijital bilgi üretilmesine olanak verirler. Transversal Merkator projeksiyonunda olan haritalar 1:5000 ve daha büyük ölçekte olup genellikle yerel düzeyde ve yüksek çözünürlükte dijital bilgi üretilmesine olanak verirler. Lokal datumda ve düzlem projeksiyonda olan haritalar ise 1988 Büyük Ölçekli Harita Yapım Yönetmeliği öncesinde ya da geçiş sürecinde üretilmiş olan büyük ölçekli, yüksek çözünürlükte dijital bilgi üretmeye olanak veren haritalardır.

ITRF96 datumu haricinde üretilmiş olan haritaların iskeletini oluşturan jeodezik altyapıların Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) ile ilişkilendirilerek, diğer bir deyişle amaca uygun doğruluk ve güvenilirlikte dönüşüm parametreleri oluşturularak sisteme aktarılması gerekmektedir. Günümüzde klasik yöntemlerle üretilmiş analog haritaların tarayıcılar kullanılarak dijitalleştirilmesi önemli bir tartışma konusunu beraberinde getirmektedir. Tarama teknolojisi ekonomik bir çözümü beraberinde getirmekle beraber kağıt ya da farklı yüzeyler üzerinde bulunan haritaların maruz kaldığı distorsiyon ve deformasyonların ve haritanın ölçeğinden kaynaklanan mekansal bilginin doğruluğunun bozulmasının önüne geçememektedir. Bu nedenle haritaların dijitalleştirilmesinde öncelikle tercih edilmesi gereken yöntem bu haritaların üretilmesine altlık oluşturan orijinal ölçüler kullanılarak haritaların dijital olarak üretilmesi olmalıdır. Bu durumda distorsiyon, deformasyon ve ölçek nedeniyle oluşan mekansal bilgi doğruluğunu olumsuz yönde etkileyen hatalar en aza indirilebilir. Buna ek olarak dijital harita kavramının ne olduğuna da açıklık getirmekte yarar vardır. Elektronik ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle geçmişte kağıt ve benzeri ortamlar üzerinde üretilen haritalar bilgisayar ortamlarında grafik olarak üretilmeye başlanmıştır. Bu biçimde üretilen haritaları dijital haritalar olarak kabul etmek doğru değildir. Ancak bu haritaların içerdiği bilgilerin, ilişkileriyle birlikte, dijital olarak tanımlanmış olması söz konusu ise diğer bir deyişle harita bilgilerinin topolojisi kurulmuş ve harita bir Coğrafi Bilgi Sistemine aktarıldığında sorgulanabilir özelliklere sahip ise bu haritaları dijital harita olarak değerlendirmek doğrudur. Aksi halde söz konusu haritaları, bilgisayar ortamında üretilmiş olan analog haritalar olarak değerlendirmek gerekir. Bu kapsamda hem dijital harita verilerinin kayıpsız ve sorunsuz değişimini sağlamak hem de dijital harita üretimine altlık oluşturacak bir Ulusal Veri Değişim Formatı, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği kapsamında üretilmiştir ve uygulamada teknik şartnameler düzeyinde devlet ihalelerinde kullanılmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri, amaçlarına bağlı olarak, haritaların üretimlerinde toplanmamış bir çok farklı veri ve bilgiye de gereksinim duyarlar. Böyle durumlarda bu veri ve bilgilerin yine mekansal bilgileriyle birlikte toplanması gerekir. Bu durumda harita üretiminde kullanılan konum belirleme yöntem ve sistemleri kullanılır. Bu yöntem ve sistemler aşağıda özet olarak sırasıyla verilmiştir.

İlk olarak yersel konum belirleme teknolojileri ele alınırsa bu teknolojiler; teodolitler, elektronik uzaklık ölçerler ve total stationlar olarak sayılabilirler. Günümüzde özellikle Coğrafi Bilgi Sistemlerine mekansal veri üretmek amacıyla teodolit

ve elektronik uzaklık ölçerler ayrı teknolojiler olarak kullanılmaz, entegre edilmiş teknolojiler olarak kullanılırlar. Diğer bir deyişle bu amaç için total stationlar kullanılırlar. Total stationlar yazılım teknolojisiyle de desteklenerek Coğrafi Bilgi Sistemlerine doğrudan bilgi aktarılabilecek biçimde tasarlanmaya başlanmıştır. Bu teknoloji, konum bilgisini nokta nokta ve yüksek doğrulukta üretmeye olanak verse de veri üretim hızı en düşük sistemler arasında sayılabilir. Ayrıca bu teknoloji ile veri üretiminde birbirini gören sıklıkta noktaları olan bir jeodezik altyapıya gereksinim vardır. Öte yandan bu teknolojinin en önemli avantajı; kapalı ve açık her ortamda veri toplamaya olanak vermesidir.

Yersel konum belirleme teknolojilerinin arkasından Coğrafi Bilgi Sistemlerinin tasarım yaklaşımlarını geliştirmede ve veri toplamada en önemli rolü oynayan uzay bazlı konum belirleme sistemlerinden bahsetmek gerekir. Öncelikle bir Coğrafi Bilgi Sistemi tasarımında düşünülmesi gereken en önemli nokta, kurulan sistemin global bir yapının parçası olmasının hedeflenmesidir. Bu nedenle sitem için esas alınacak datumun ve bu datumu oluşturan jeodezik altyapının belirlenmesi, sistem geliştirilirken yaşanacak olan problemleri en aza indirecek stratejik öneme sahip bir karardır. Ayrıca bu karar, sistemin coğrafi anlamda kullanılabilirliğinin sınırlarının tanımlanması anlamına gelmektedir. Bu nedenle uzay bazlı sistemler bu çalışma kapsamında ele alınırken Global Konum Belirleme Sistemlerinin (GPS, GLONASS, GALILEO) (Hofmann-Wellenhof, 1997; Anonim, 2005a; Anonim, 2005b) yanı sıra Çok Uzun Bazlı Interferometri (Very Long Baseline Interferometry -VLBI) (Anonim, 2000c), Yapay Uydulara Lazer Ölçmeleri (Satellite Laser Ranging -SLR) (Anonim, 2005d), Aya Lazer Ölçmeleri (Lunar Laser Ranging -LLR) (Anonim, 2005e) de ifade edilmiştir. Çünkü bu konum belirleme sistemleri global düzeyde jeodezik altyapıyı dört boyutta (4D) tanımlamaya katkı veren, yüksek doğruluk ve güvenilirlik sağlayan sistemlerdir. VLBI uzayda radyo dalgası yayan 'quasar'lara radyo teleskoplar yardımıyla yapılan ölçmelere dayanan bir teknolojidir. Ülkemizde VLBI istasyonu bulunmamaktadır. Bununla beraber datumu ITRF96 olan TUTGA, VLBI istasyonlarının da üyesi olduğu jeodezik altyapının bir parçasıdır. SLR ise reflektör özelliğe sahip yapay uydulara yapılan lazer ölçmelerine dayanan bir teknolojidir. Ülkemizde gezici (mobil) SLR teknolojisiyle koordinatlandırılmış beş adet nokta bulunmaktadır. Bunlar Ankara, Yığılca/Bolu, Karman/Konya, Yozgat ve Diyarbakır'da bulunmaktadır. Bu noktalar aynı zamanda TUTGA'nın da noktalarıdır. LLR ise ayın gölgede kalan yüzüne yerleştirilmiş reflektörlere yapılan lazer ölçmelerine dayanan bir teknolojidir. Ülkemizde LLR noktası bulunmamaktadır. Bununla beraber aynı VLBI teknolojisinde olduğu gibi TUTGA, LLR istasyonlarının da üyesi olduğu jeodezik altyapının bir parçasıdır. Bu üç teknoloji doğrudan CBS için veri toplamada kullanılan teknolojiler olmasa da CBS'nin tasarım yaklaşımındaki global bilgi dolaşımına altlık oluşturacak 4D jeodezik altyapının oluşturulmasında büyük önem taşımaktadır.

Uzay bazlı konum belirleme sistemlerinde CBS için mekansal veri toplamada kullanılan en efektif teknoloji GPS tir. GPS, Amerika Birleşik Devletleri tarafından geliştirilmiş günün 24 saati, haftanın 7 günü gökyüzüne görüşü olan, dünya üzerindeki her noktadan konum ve zaman bilgisi sağlayan bir sistemdir. Benzer bir sistem de Ruslara ait olan GLONASS ve yakın gelecekte devreye girecek olan Avrupa'nın sistemi GALILEO'dur. Bunların hepsi bir Global Konum Belirleme Sistemidir ve yapılan uygulamalarda biri diğerinin yerini sorunsuz olarak alabileceği gibi entegre olarak da çalışabilirler. Günümüzde ülkemizde CBS uygulamalarında kullanılmak üzere mekansal veri toplamak amacıyla en yoğun kullanılan sistem GPS'tir. GPS alıcıları, yazılım desteği ile konum bilgisinin yanında CBS için planlanmış olan diğer bilgileri de toplayabilme ve doğrudan sisteme aktarma teknolojisine sahiptir. GPS, kullanılan konum belirleme tekniklerine bağlı olarak 20-30 metre doğruluktan milimetre doğruluğa kadar konum bilgisi sağlayabilme olanağına sahiptir. GPS ile yüksek doğrulukla konum belirleyebilmek için rölatif konum belirleme teknikleri kullanılmaktadır, bu teknikler literatürde DGPS (Differential GPS) olarak geçmektedir. Bu tekniklerde en az bir referans alıcı ve bir de gezici alıcı kullanılmak zorundadır, başka bir deyişle en az iki alıcıya gereksinim vardır. Bu alıcıların jeodezik amaçlı olarak geliştirilmiş olanları kullanıldığında konum doğruluğu en yüksek seviyede elde edilebilmektedir.

CBS için mekansal veri üretme yöntemlerinden biri de fotogrametrik yöntemdir. Fotogrametrik yöntem hızlı, doğru ve güvenilir veri toplama teknolojilerinin en önemlilerinden biridir. Yapılan uçuşlar sonucunda elde edilen analog ya da dijital görüntüler ofis ortamında 3D yazılım desteği ile değerlendirilerek uçuş sonrası elde edilen fotoğraflar ve görüntülerden istenilen tüm detaylar mekansal bilgiye dönüştürülerek doğrudan CBS ortamına aktarılabilmektedir. Ayrıca ortofoto teknolojisi kullanıldığında CBS için kullanılan haritalar gerçek yeryüzü görüntüsü ile entegre olduğu için görsel bilgi zenginliğini de sağlamaktadır. Fotogrametri teknolojisinin en önemli dezavantajı büyük ölçekli diğer bir deyişle yüksek çözünürlük gerektiren mekansal veri üretimlerinde sadece detayların görünen kısımlarının değerlendirilmesine olanak vermesidir. Bu da özellikle arazi ve kent bilgi sistemi gibi uygulamalarda binaların zemine oturduğu alanların, bitki örtüsü ile kaplı (ağaçlık, orman vb.) alanların altında bulunan detayların, katlı yol güzergahlarının ve benzeri diğer detaylara ilişkin mekansal bilginin üretilmemesine neden olmaktadır. Bu gibi uygulamalarda fotogrametrik yöntemler ile elde edilen verilerin mutlaka yersel konum belirleme yöntemleri ile desteklenerek tamamlanması gerekmektedir. Bununla beraber fotogrametrik yöntemle düşük çözünürlükten yüksek çözünürlüğe diğer bir deyişle küçük ölçekten büyük ölçeğe her türlü mekansal doğrulukta doğru ve güvenilir veri üretmek olanaklıdır.

Uzaktan Algılama teknolojileri de fotogrametri gibi hızlı veri toplama teknolojilerinden biridir. Bu sistemler uzaydan uzaktan algılama uyduları yardımıyla elde edilen görüntülerin değerlendirilmesiyle bilgi toplamaya olanak verir. Bununla beraber uzaktan algılama teknolojisi ile elde edilen mekansal bilgi, fotogrametri ile elde edilen bilgi kadar yüksek doğrulukta ve güvenilirlikte değildir. Günümüz uzaktan algılama teknolojileri ile elde edilen görüntülerde

homojen olmayan distorsiyonlar oluşmaktadır. Söz konusu distorsiyonlar sonucunda, değerlendirilen görüntülerin değişik bölgelerinde toplanan verilerin doğruluğu farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle uzaktan algılama verileri, arazi ve kent bilgi sistemleri gibi CBS uygulamalarından çok, bazı özel amaçlı uygulamalarda kullanılacak verileri üretmede daha efektif kullanılabilmektedir. Günümüz teknolojilerinde küçük ölçekli, düşük çözünürlükteki uygulamalarda uzaktan algılama teknolojilerinin tercih edilmesi daha uygun olmaktadır. Bu teknolojinin de fotogrametri teknolojisindekine benzer dezavantajları olmasına karşın, bu çalışma kapsamında ilgili teknolojinin yüksek çözünürlükteki çalışmalarda kullanılması önerilmediği için bildiride bu dezavantajlardan bahsedilmeyecektir.

Bununla beraber hem fotogrametri hem de uzaktan algılama teknolojileri öncelikle üretilen mekansal bilgilerin datum birliğini sağlamak ve görüntüleri değerlendirmeye hazırlamak için yersel ve uzay bazlı konum belirleme sistemlerinin sağlayacağı desteğe gereksinim duyarlar.

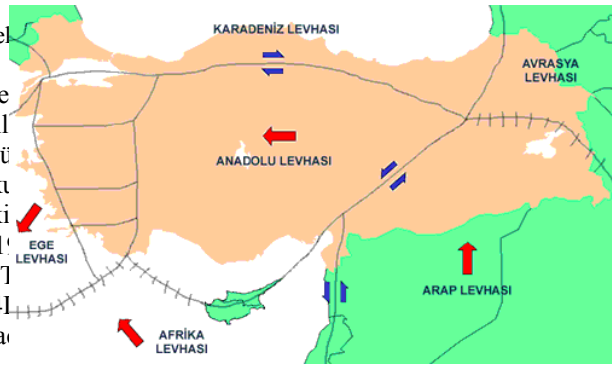
Bu bölümde son olarak 3D mekansal veri üretiminde en son teknoloji olan 3D Laser Tarama teknolojilerinden bahsedilecektir. Özellikle yeni gelişmekte olan 3D CBS tasarımlarına hızlı ve yoğun veri toplama olanağı sunan bu teknolojiler, ölçme prensibi olarak objelere yoğun noktasal lazer ölçmeleri yaparak objeleri nokta bulutu biçiminde taranmasına olanak sağlarlar. Sistem tarafından üretilen nokta bulutlarını oluşturan her bir nokta 3D konum bilgisine sahiptir. Üretilen bu nokta bulutlarının yazılım desteğiyle analiz edilmesi sonucunda taranan tüm objelerin 3D olarak modellenmesi ve bir CBS ortamına modellenmiş bu yapıların aktarılması olasıdır. Özellikle gelecek nesil CBS uygulamalarına önemli katkılar verecek bu teknolojinin fotogrametrik amaçlar doğrultusunda kullanılmak üzere geliştirilmiş modelleri de mevcuttur. Bu sistemlerle yürütülen veri toplama çalışmalarında da datum birliğinin sağlanması için yersel ve uzay bazlı konum belirleme teknolojilerine önemli roller düşmektedir.

3. TÜRKİYE ULUSAL TEMEL GPS AĞI, TEKTONİK YAPI ve MEKANSAL BİLGİYE ETKİSİ

TUTGA'yı ele almadan önce ülkenin tektonik yapısı ele alınırsa TUTGA'nın tasarım özellikleri ve CBS'ye olan katkıları daha rahat algılanabilir. Şekil 1 ülkemizin genel tektonik yapısını göstermektedir. Şekil 1 den de genel olarak görüldüğü gibi ülkemiz; Karadeniz, Avrasya, Anadolu, Ege, Afrika ve Arap levhalarının etkisi altındadır. Bu da ülkemizin yaklaşık %92 sinin deprem riski altında olduğunun önemli bir göstergesidir. Deprem ani ve büyük boyutlarda kabuk hareketlerine neden olmaktadır. Bununla beraber bu levhaların kendi iç dinamikleri ve birbirlerine uyguladıkları baskı nedeniyle maruz kaldıkları hareketler ele alındığında, bunlarda zaman içinde süreklilik arz eden kabuk hareketlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Bu göreceli ve homojen büyüklükte olmayan hareketlerin yıllık büyüklükleri de yatay ve düşey doğrultularda ortalama 2 cm dir. Bu kabuk hareketlerinin anlamı jeodezik açıdan değerlendirildiğinde kabuğun üzerine yerleştirilmiş olan Ülke Nirengi Ağı, TUTGA ve bunlara bağlı ya da lokal olarak tesis edilmiş tüm jeodezik amaçlı ağlar bu hareketlerin sonucunda geometrik olarak değişime, diğer bir deyişle deformasyona uğrarlar. Bu geometrik değişim, aynı zamanda ağların kendi içinde ve birbirlerine göre konumsal değişikliğe uğradığının da bir göstergesidir. Bu bilgiler ışığında TUTGA'nın teknik yapısı ele alınırsa, TUTGA'nın tasarım yaklaşımı ve bu tasarımın harita üretimi ve CBS çalışmalarına yönelik eksikleri, dolayısıyla ortaya çıkabilecek problemler daha net olarak anlaşılabilir.

Şekil 1: Türkiye'nin genel tektonik yapısı

Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı ülkemizdeki CBS faaliyetle altyapı çalışmasıdır. Bu proje, Harita Genel Komutanı tarafından tamamlanmasını hedefleyen Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından Aralık 1996 tarihinde Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı'nın kurulumu başlatılmıştır. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı noktaları Şekil 1'de verildiği gibidir (Anonim, 2002; Aksoy vd. 1999). Bu ağı, Türkiye'nin önemli özelliklere sahip olduğu görülmelidir. Öncelikle Türkiye'nin uzay bazlı konum belirleme sistemleri için geliştirilmiş 41 tektonik yapısı ve kabuk hareketleri dolayısıyla ağıda oluşabilecek deformasyonun göstergesidir.

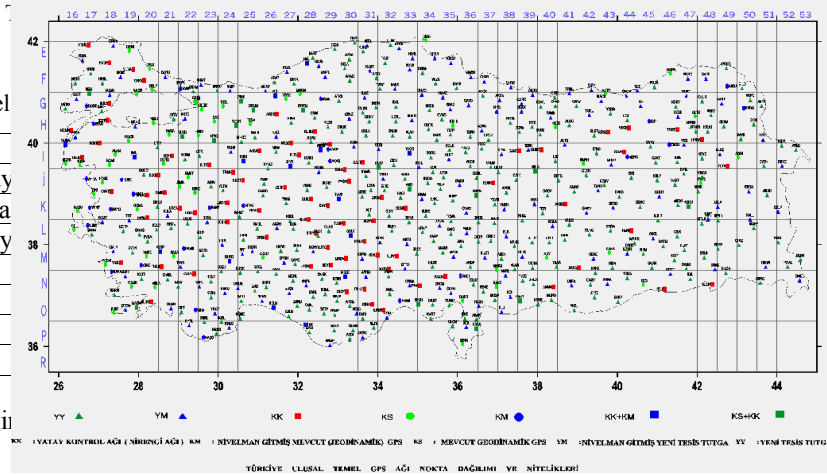


Şekil 2: Türkiye Ulusal

Tablo 1: TUTGA'nın genel

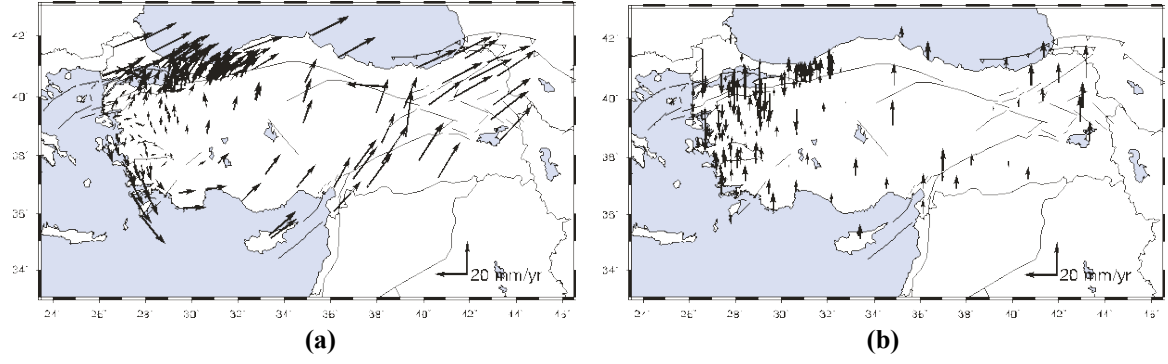
Ağdaki toplam nokta sayısı
Ülke Nirengi Ağı ile ortak nokta say
Jeodinamik çalışmalarla ortak nokta
Nivelman Yüksekliği olan nokta say
SLR noktası sayısı
Noktalar arası uzaklıklar
Nokta sıklığı
Hiyerarşi Yapısı

TUTGA'nın teknik özellikleri CBS açısından irdelendiği



- Tabo 1 den de görüldüğü gibi TUTGA'nın toplam nokta sayısı 594 tür. Ülkenin yüzey alanı içinde konu ele alındığında bu nokta yoğunluğu 25 ila 70 km aralıkta nokta dağılımına ve ortalama olarak 1315 km² alana bir nokta düşecek biçimde ortaya çıkmaktadır. Bu sıklık bir çok mekansal veri üretim teknoloji ve yönteminin uygulanmasına olanak vermemektedir. Ancak sıklaştırılması durumunda bu gereksinimlere yanıt verebilecek konuma gelebilmektedir ki; bu kapsamda özellikle harita ve CBS faaliyetlerini sağlıklı, doğru ve güvenilir olarak yürütmek isteyen yerel yönetimler, TUTGA'yı kendi etkinlik alanlarında sıklaştırma yoluna gitmektedirler.
- TUTGA'nın Ülke Nirengi Ağı ile ortak 91 noktası bulunmakta ve bu noktalara dayalı dönüşüm doğruluğu bölgelere bağlı olarak metreler mertebesinde çıkmaktadır (Anonim, 2002). Bunun en önemli sebebi Ülke Nirengi Ağı'nın tasarım yaklaşımında ülkenin tektonik yapısının tamamıyla göz ardı edilmiş olmasıdır. 1932-1954 arasında tamamlanan Ülke Nirengi Ağı (Ulsoy, 1982; Şerbetçi 1999) noktalarının konum bilgileri, hesapların tamamlandığı tarihten günümüze değişmez olarak kabul edilmiştir. Depremler haricinde yılda ortalama 2 cm büyüklüğündeki hareket, Şekil 3, 1900'lü yılların başından, basit bir hesapla günümüze taşındığında metre mertebesinde büyüklüğe zaten ulaşmaktadır, buna depremler sonucunda ortaya çıkan büyük kabuk hareketleri de eklenirse bu sonucun bir kaç metre mertebesine ulaşmış olması şaşırtıcı bir sonuç değildir. Ayrıca bu hareketlerin homojen olmayan ve karmaşık hareketler olduğu göz önüne alınırsa, bu 91 noktadan elde edilen dönüşüm parametrelerin hangi doğruluktaki çalışmalara altlık oluşturacağı rahatlıkla görülebilir. Bu nedenle yüksek doğruluk gerektiren mekansal veri üretimlerinde yerel anlamda Ülke Nirengi Ağı ile ortak noktaların sayısı artırılarak daha yüksek doğrulukta bölgesel dönüşüm parametreleri belirlenmelidir. Böylece geçmişte üretilen mekansal bilgilerin ve bu bilgilere bağlı diğer bilgilerin günümüz ve gelecekte kullanılan sistemlere aktarımı daha sağlıklı olacaktır.
- TUTGA'nın ülke genelinde jeodinamik amaçlı yürütülen projeler kapsamında oluşturulmuş noktalarla olan ortaklığı 53 nokta ile sınırlıdır. Bu noktaların dağılımına bakıldığında ülkenin batısında ve kuzey-batısında yoğunlaştığı görülür (Bkz. Şekil 3). TUTGA'nın ilk hız vektörleri bu noktalar yardımıyla belirlenmiştir ve belirlenen bu hız vektörleri kullanılarak hız modelleri oluşturulmuş ve diğer noktaların hızları bu modeller kullanılarak hesaplanmıştır. Bununla beraber TUTGA'nın ikinci periyot gözlemleri 2003 yılında tamamlanmıştır. Bu da TUTGA'nın hız vektörlerinin tüm ağ genelinde daha sağlıklı ve gerçekçi modellenebilmesine olanak vermektedir. Bununla beraber Şekil 3'den de görüldüğü gibi hız vektörlerinin büyüklükleri bölgelere bağlı önemli farklılıklar göstermektedir. Bu noktaların sıklığı 25 ila 70 km aralıkta değişmektedir ve bu noktaların birçoğu tektonik hareketleri algılamaya yönelik amaçlar doğrultusunda zemin özelliği olan yerlere tesis edilmiştir. Dolayısıyla karakteristik olarak bu noktaların birbirlerine göre olan hareketleri ile bu noktaların harita ve yüksek doğrulukta mekansal bilgi üretmek için sıklaştırılması sonucunda elde edilen noktaların, tesis edildikleri zeminin özelliğine bağlı olarak hem bunlara hem de birbirlerine göre olan hareketleri de önemli farklılıklar gösterebilmektedir (Aliosmanoğlu, 2002; Aliosmanoğlu ve Çelik, 2002; Çelik vd., 2003a). Bu nedenle özellikle Arazi ve Kent Bilgi Sistemleri gibi yüksek çözünürlükteki CBS tasarımlarında TUTGA'nın sıklaştırılması sırasında yapılan sıklaştırma ağı tasarımlarında bu ayrıntı göz önüne alınmalı ve sıklaştırma ağının da periyodik olarak gözlenmesi ve sıklaştırma ağı noktalarına ait hız vektörleri de belirlenmelidir. Böylece yüksek çözünürlüğe sahip çalışmalarda zamana bağlı kabuk hareketlerinin etkisi modellenerek giderilebilir.

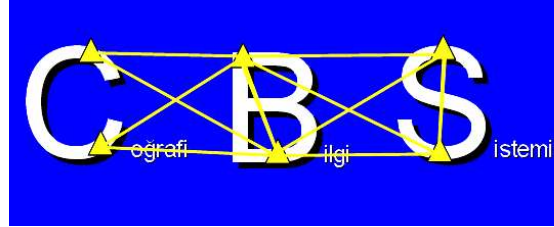
- TUTGA'nı belirleme s olan ilişkisi farklı amaç karmaşık b olasıdır. Bu bir ülkede arazilere y bölgelerde büyük çoğu durum göz gerekli tasarımların yapılması gerekmektedir.



Şekil 3: TUTGA'nın Yatay (a) düşey (b) hız vektörleri (Anonim, 2002).

4. MEKANSAL BİLGİ SİSTEMİ TASARIMINA GENEL BAKIŞ

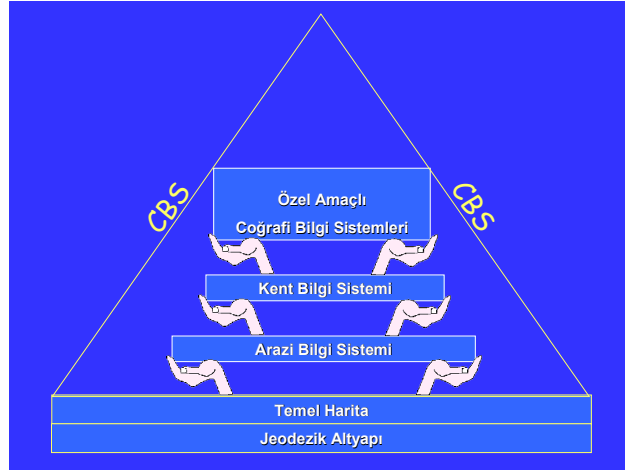
Bir mekansal bilgi sistemi tasarımı yapılırken bu tasarımın en önemli bileşeni olan jeodezik altyapının hangi özelliklere sahip olması gerektiği üzerinde önemle durulmalıdır, Şekil 4.



Şekil 4: CBS Tasarımında Jeodezik altyapının Yeri

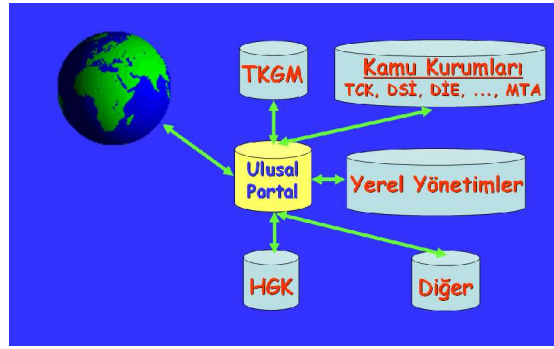
Ülkemiz için TUTGA önemli bir altyapı olmasına karşın ulusal ve uluslararası düzeyde oluşturulacak Coğrafi Bilgi Sistemleri için öncelikle TUTGA'nın sıklaştırılması gerekmektedir. Ayrıca TUTGA'nın sabit GPS referans istasyonları ağı ile geliştirilerek daha efektif kullanımının sağlanması ve mekansal veri toplama teknoloji ve yöntemleriyle doğrudan entegre olabilme olanaklarının yaratılması gerekmektedir. Ayrıca Türkiye geoidi geliştirilerek TUTGA'nın üçüncü boyutu olan yükseklik bileşeninin tüm kullanıcıların gereksinimlerini karşılayacak doğrulukta olmasının sağlanması gerekmektedir. Bununla beraber her türlü ölçekte diğer bir deyişle çözünürlükte mekansal veri toplamaya uygun, ülkenin tektonik yapısından kaynaklanan kabuk hareketlerine duyarlı ve gereksinimlere yanıt veren bir yapının kazandırılması gerekmektedir. Ancak böylesi bir jeodezik altyapı üzerine inşa edilmiş CBS günümüzde ve gelecek gereksinimlere ulusal ve global düzeyde yanıt verebilecektir (Çelik vd., 2003b)

CBS kavramına ve tasarımına bir bütün olarak bakılmak zorundadır. CBS bütünsel bir kavramdır ve ulusal işbirliği yaklaşımının yanında uluslararası işbirliği yaklaşımının da geliştirilmesini gerektirir; çünkü CBS kapsamında toplanan bilgilerin kaynakları sonsuz olmasına karşın toplanan bilgilerin sorumlulukları farklı birimlere aittir. İdeal bir CBS yaklaşımında bu birimlerin sorumlu oldukları bilgileri diğer birimlerle paylaşmaları gerekmektedir. Bununla beraber Arazi Bilgi Sistemi, Kent Bilgi Sistemi ya da özel amaçlı oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemleri birbirlerinden bağımsız uygulamalar değildir. Bu tasarımlar gerçekte birbirini tamamlamak ya da bir birbirinden destek almak zorunda olan sistemleri oluştururlar. Şekil 5'te verilen grafik incelendiğinde bu çok daha net olarak algılanabilecektir. CBS tasarımlarının temelinde jeodezik alt yapı vardır, bunu hemen uluslararası standartlarda üretilmiş ulusal temel haritalar izler. İşte bu iki temel bilgi ağı üzerine CBS bir bütün olarak yerleştirilebilir ve bu bütün içinde öncelikle Arazi Bilgi Sistemi ve sonrasında Arazi Bilgi Sistemi üzerinde duran bir Kent Bilgi Sistemi ve en son olarak bu iki sistemin taşıdığı, destek verdiği değişik amaçlara hizmet etmek amacıyla tasarlanmış Özel Amaçlı Coğrafi Bilgi Sistemleri vardır.



Şekil 5: Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarım Yaklaşımı

Ulusal düzeyde bir Coğrafi bilgi sistemini oluşturabilmenin ve efektif bir biçimde işler hale getirebilmenin yolu ise ülkede öncelikle mekansal bilgi üreten kurumların sorumluluklarında olan verileri ve bilgileri bir Ulusal Mekansal Veri Değişim Merkezleri diğer bir deyişle Ulusal Mekansal Veri Portalları üzerinden tüm diğer tasarımcı ve kullanıcılarla paylaşmalıdır. Bu paylaşım uluslararası paylaşıma da olanak vermelidir. Dolayısıyla ulusal düzeyde tasarımı yapılan sistem, jeodezik altyapısından Özel Amaçlı Coğrafi Bilgi Sistemlerine kadar tüm bileşenleri uluslararası standartlarla uyumlu olmalıdır, Şekil 6.



Şekil 6: Ulusal Mekansal Veri Portalı Tasarımı

5. BÜYÜK ÖLÇEKLİ HARİTA ve HARİTA BİLGİLERİ ÜRETİM YÖNETMELİĞİ

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği henüz yürürlüğe girmemiş olmakla beraber özel teknik şartnameler düzeyinde ulusal düzeyde hemen hemen tüm kamu kurum ve kuruluşları tarafından kullanılan, uygulamaya girmiş bir yönetmektir. Bu yönetmeliğin en önemli özelliği Bakanlar Kurulu kararıyla yürürlüğe girmesinin hedeflenmesidir. Bu yönetmelik, büyük ölçekli, yüksek çözünürlüklü mekansal veri üreten tüm kamu kurum ve kuruluşların eşgüdümü olarak standart veri üretimini sağlayacaktır. Bu nedenle, bu yönetmelik CBS çalışmaları için büyük bir önem taşımaktadır.

Bu yönetmelik teknik olarak ulusal düzeyde aşağıdaki gelişmelerin şekillenmesine olanak sağlamaktadır:

- Öncelikle TUTGA'nın standart olarak sıklaştırılmasını, sabit referans istasyonlarının kurulmasını, geoidin geliştirilmesini, ulusal düzeyde günümüz ve gelecek gereksinimlerini karşılayacak bir jeodezik altyapının oluşturulmasını sağlamaktadır. Buna ek olarak mekansal veri toplama teknoloji ve yöntemlerinin ülke genelinde standart olarak kullanılmasının önünü açmakta ve mekansal verinin her türlü CBS uygulamasında kullanılabilecek standartlarda üretilmesini sağlamaktadır. Ayrıca yönetmelik kapsamında kullanılacak veri toplama sistem ve yöntemleri mekansal verinin üretim doğruluğu ile ilişkilendirildiğinden yeni geliştirilen teknolojilerin beklenen standartları sağlaması koşuluyla yönetmelik kapsamında kullanılmasının önünü açmaktadır.
- Yönetmelik kapsamında tanımlanan Üretim İzleme Merkezi uygulamasıyla verilerin tekrarlı üretiminin önüne geçilmekte ve üretilen verilerin ekonomik ve efektif olarak kullanılması sağlanmaktadır.

- Yönetmelik kapsamında tanımlanan Ulusal Veri Değişim Formatı (UVDF) ve Detay Öznitelik Katalogu ile üretilen mekansal verilerin, bu verilere bağlanan diğer bilgilerin ve bu veriler/bilgiler arasında kurulan topolojinin kayıpsız ve kesintisiz olarak sistemler arası değişimine olanak sağlamaktadır.

Yönetmeliğin kapsadığı uygulamaların CBS'nin tasarım yaklaşımıyla ilişkisi kurulduğunda bu yönetmelik; jeodezik altyapının, temel haritaların, Arazi Bilgi Sistemlerinin ve Kent Bilgi Sistemlerinin mekansal bilgilerinin standart olarak üretilmesinde ve güncellenmesinde, efektif kullanılmasının sağlanmasında ve paylaşılmasında büyük önem taşımaktadır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Teknolojinin hızla gelişimi sonucunda mekansal veri toplama teknolojilerinde de önemli gelişmeler olmaktadır. Günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemleri artık yaşamın her noktasına girmeye başlamış, bu nedenle kullanıcı talepleri de her geçen gün artmaya başlamıştır. Bu da sistem tasarımcılarının ve sisteme bilgi sağlayan meslek gruplarının daha dinamik ve teknolojik olanaklarla çalışmalarını dayatmaktadır. Kullanıcı, sistemde varolan veri ve bilgiyi kullanarak gereksinimlerini karşılamak durumundadır. Bu nedenle tasarımcılar, veri ve bilgi sağlayıcıları kullanıcı isteklerini doğru değerlendirmek ve uygun teknolojileri seçerek kullanıcı isteklerine yanıt vermek durumundadır.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri ve bilginin kaynağı sonsuzdur. Bununla beraber elde edilen veri ve bilgiden sorumlu kurum ve kuruluşlar söz konusudur. Kullanıcı gereksinimlerini bu kurum ve kuruluşlar ancak eş güdümlü olarak çalışarak ve sorumlu oldukları veri ve bilgileri paylaşarak karşılayabilirler. Ülkemizde coğrafi konumu itibarıyla zamana bağımlı değişken özellikte mekansal bilgi ile sistem tasarımı yapılmak zorundadır. %92 si deprem riski altında olan ülkemizde mekansal bilginin durağanlığı kesinlikle söz konusu değildir. Bu nedenle veri toplama teknolojilerinin kullanımında ülkenin bu özelliği önemle dikkate alınmalıdır. Bu da öncelikle mekansal bilgiye altlık oluşturacak olan jeodezik altyapının tasarımına doğrudan bağımlıdır. TUTGA tasarımı itibarıyla bu özellikleri teknik olarak benimsemiş olsa da fiziksel yapısı itibarıyla Coğrafi Bilgi Sistemi tasarımlarının gereksinimlerinin tamamına yanıt verebilecek durumda değildir. Bu kapsamda TUTGA Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri üretim yönetmeliğinde tanımlandığı gibi sıklaştırılmalı, sabit GPS referans istasyonlarının oluşturduğu bir ağ ile desteklenmeli, Arazi ve Kent Bilgi sistemlerinin gereksinimlerine yanıt verebilecek düzeyde Ülke Nirengi Ağı ile olan dönüşüm doğruluğu yükseltilmeli, geoidi iyileştirilmeli, hız modeli geliştirilmelidir. Bu gelişim süreci sürekliliğini her zaman korumalı ve sürekli gelişen bu jeodezik altyapı, tüm kurum ve kuruluşların paylaşımına ulusal veri değişim merkezleri üzerinde açılmalıdır. Bunun sonucunda kurum ve kuruluşlar mekansal veri toplama teknolojileriyle ürettikleri bilgileri bu sisteme entegre ederek, kullanıcılara doğru ve güvenilir bir Coğrafi Bilgi Sistemi hizmeti sunmalıdır. Böylesi bir çalışma anlayışı kullanıcı isteklerini büyük oranda karşılayacağı gibi ülkenin hızla kalkınmasında önemli bir rol oynayacaktır.

Bu çalışmalar, ulusal düzeyde eşgüdümün oluşmasıyla olasıdır. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Kullanım yönetmeliği bu eş güdümün teknik olarak belirli oranda sağlanmasına Bakanlar Kurulu tarafından onaylanması koşuluyla olanak verecektir. Fakat bu işleyiş bir yönetmelikle çözülebilecek kadar basit bir problem değildir. Bu ancak bir yasa ile çözülebilecektir ki bu yasa Ulusal Mekansal Bilgi Altyapısı Üst Kurulu gibi bir kuruluşu çalışma anlayışından örgütlenme yapısına kadar tanımlamalıdır. Gelişmiş ülkeler bu süreci ve benzer yasal yapılanmaları yıllar öncesinden tamamlamıştır. Unutulmamalıdır ki ulusal düzeydeki eşgüdümlü çalışma isteği ve paylaşım anlayışı, gelişme sürecinin hızını belirleyen en önemli faktördür.

KAYNAKLAR

- Aliosmanoğlu Ş.,** 2002. Deprem Sonrası Jeodezik Altyapı Hasarlarının İncelenmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Dtora Tezi, Mayıs 2002.
- Aliosmanoğlu Ş., Çelik R. N.,** 2002. Depremler Nedeniyle Oluşan Jeodezik Altyapı Hasarlarının Büyük Ölçekli Harita Çalışmalarına Etkisi, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30.Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, Konya.
- Aksoy A., Ayan T., Çelik R. N., Deniz R., Demirel H., Gürkan O.,** 1999. Güncel Gelişmeler Işığında Mekansal Bilgi Sistemleri için Jeodezik Altyapı ve Problemler, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Eğitim Dizisi, 28 Mayıs 1999.
- Anonim (2005a)** GALILEO web sayfası, ESA, http://www.esa.int/export/esaNA/GGGMX650NDC_index_0.html
- Anonim (2005b)** GLONASS web sayfası, <http://www.glonass-center.ru/>
- Anonim (2005c)** Very Long Baseline Interferometry, web sayfası, Geodetic VLBI, <http://lupus.gsfc.nasa.gov/vlbi.html>
- Anonim (2005d)** Satellite Laser Ranging web sayfası, <http://www.iers.org/iers/earth/techniques/slr.html>
- Anonim (2005e)** Lunar Laser Ranging web sayfası, <http://www.iers.org/iers/earth/techniques/llr.html>
- Anonim (2002)** Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999A Teknik Raporu, Harita Dergisi, Özel Sayı:16, Mayıs 2002, ISSN 1300-5790.
- Ayan T., Deniz R., Gürkan O., Öztürk E., Çelik R. N.,** 2003. Ulusal Jeodezik Referans Sistemleri ve CBS, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu, 24-26 Eylül 2003, Konya.
- Çelik R.N., Aliosmanoğlu Ş., Özlüdemir T.,** 2003a. Jeodezik Altyapı'dan Yaralanarak Yekkabuğu Yüzeyindeki Deprem Hasarlarının Belirlenmesi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli.

Çelik R. N., Ayan T., Deniz R., Gürkan O., Öztürk E., 2003b. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Jeodezik Altyapısı, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu, 24-26 Eylül 2003, Konya.

Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 1997. GPS Theory and Practice,, Springer-Verlag, 4th edition.

Şerbetçi M., 1999. Türk Haritacılığı Tarihi (1895-1995), TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 2. Baskı, İstanbul.

Ulsoy E., 1982. Nirengi Ağları Hakkında Genel Açıklamalar, Jeodezi Öğretimi Sempozyumu, S. 15-31, 1982, Trabzon.