

Baraj Güvenlik Ölçümleri ve Baraj Bilgi Sistemi*

Prof. Dr. Turgut Uzel
İstanbul Kültür Üniversitesi
t.uzel@iku.edu.tr

Prof. Dr. Kamil Eren
İstanbul Kültür Üniversitesi
k.eren@iku.edu.tr

Doç. Dr. Engin Güral
Yıldız Teknik Üniversitesi
egural@yildiz.edu.tr

Yrd. Doç. Dr. Gürsel Güzel
İstanbul Kültür Üniversitesi
g.guzel@iku.edu.tr

Özet

Barajların boyutları büyüdükçe, en uygun yerlere barajlar yapıldığı için gittikçe daha az uygun yerlere baraj yapılması söz konusu oldukça ve mevcut barajların ekonomik-teknik ömürleri doldukça, mühendislerin sorumluluğu artmaktadır.

GNSS (Global Navigation Satellite System), LIDAR (Light Detection And Ranging) vb yeni ölçme/konum belirleme teknolojileri ve GIS (GeoInformation Systems) gibi bilgi teknolojileri, özellikle barajların teknik bakımdan durumları sürekli saptanarak ve tüm bilgiler bir veri tabanında toplanıp devamlı izlenerek barajların güvenlikleri için çok etkili denetim ve yönetim olanakları sağlamaktadır.

Makalede, 2009 yılından itibaren ülkemizde ve KKTC'nde başarıyla hizmet vermekte olan ulusal konumlama sistemi CORS-TR (Continuously Operating Referans Station) ve GIS'in özellikleri tanıtılacak ve merkezi bir sürekli kontrol sistem tasarımı önerisi tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Jeodezik izleme, GNSS, LIDAR, InSar, GBS

Giriş

Artan nüfusa paralel olarak su gereksinimi, hızla büyümekte; ulusal ve küresel sorun haline gelmektedir. Bu bakımdan su potansiyelimizi çok iyi bilmeli ve akıllıca kullanmalıyız.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de en uygun yerlere barajlar yapılmıştır. Ancak bunların ekonomik ömürleri ya dolmuştur ya da dolmak üzeredir. Yeni barajlar ise gittikçe daha az uygun yerlere yapılmaktadır. Bu olgu risk faktörünü daha artırmaktadır. Barajlar, ileri teknoloji gerektiren büyük yapılardır. En gelişmiş teknolojiye sahip ABD'de bile çok fazla baraj kazası olmuştur. Baraj tasarımını yapan ve uygulayan inşaat mühendisleri, yabani ve azgın bir ata gem vurmaya çalışan binicilere benzerler. Doğal gereksinimimiz olan içmeye doyamadığımız güzel suyun, kendinden beklenmeyen gizli bir özelliği vardır; Birden azgınlaşır ve önüne gelen her şeyi yıkar geçer. İnşaat mühendisleri, suyun bu özelliğini kabullenerek ona karşı önlemler almaya gayret ederler. Bu bakımdan barajlar ve çevrelerinin, yapımından itibaren sürekli izlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekir.

Klima değişikliğine bağlanan aşırı yağışların getirdiği yıkımları da gözden ırak tutmamak gerekir.

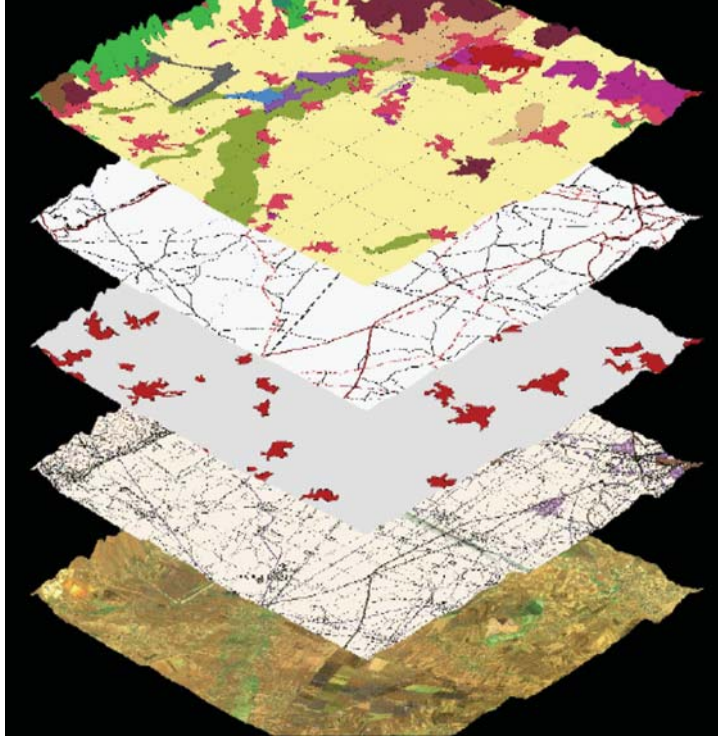
Günümüzün yüksek teknolojileri, hem ulusal su potansiyelimizin belirlenmesine ve akıllı kullanılmasına hem de su ve su yapılarının olası riskinin azaltılmasına imkan vermektedir.

* Bu yazı, Uluslararası Katılımlı III. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu'nda sunulmuştur.

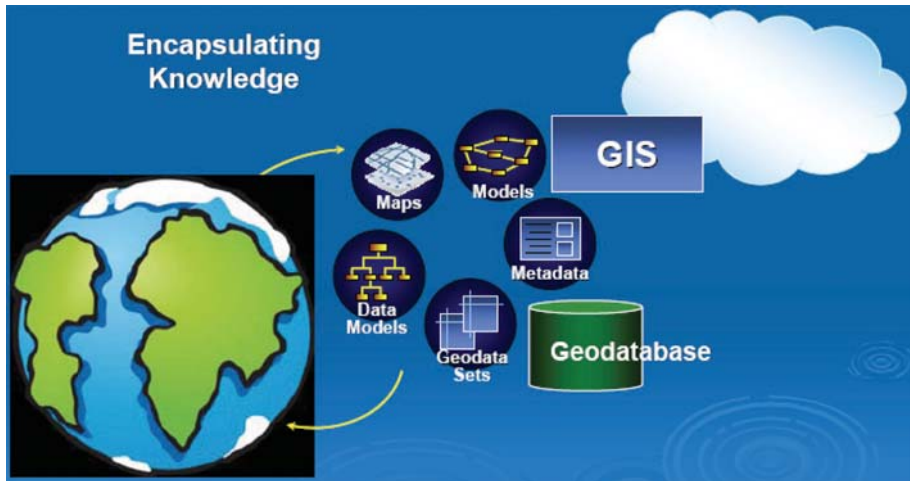
Yeni Teknolojiler

Su, her bakımdan hayati ve ekonomik bir değerdir. Sınırlarımızı aşan sularımız nedeniyle gittikçe artan siyasi bir ağırlığı da vardır. Bu bakımdan göllerimizin, barajlarımızın ve akarsularımızın envanterini çıkarmamız gerekmektedir. Bunu sağlayan teknoloji, coğrafi bilgi sistemi (CBS)'dir, (Konecny 2003, Güzel 2007). Bu sistemde, bilgiler, mekânsal olarak katmanlar halinde bilgisayar ortamında tekdüze (üniform) şekilde toplanır. Böylece istenen bilgiler, aynı formatta tek tek veya birlikte alınıp değerlendirilebilir, Şekil 1.

Bu sistem, su ve suyla ilişkili tüm verileri, mekânsal olarak derler. İlgili tüm haritalar ile hava ve uydu görüntüleri, jeolojik haritalar ve bilgiler, jeoteknik bilgiler, sismik bilgiler, inşaat projeleri, kullanılan yapı malzemelerine ilişkin bilgiler, akarsuların debileri, yer altı ve yerüstü su potansiyelleri, su kullanımına ilişkin tüm bilgiler vb bilgiler, en ince ayrıntılarına kadar toplanıp metodik olarak bilgisayar ortamına aktarılır, Şekil 2.



Şekil 1 - Coğrafi bilgi sistemini oluşturan katmanlar

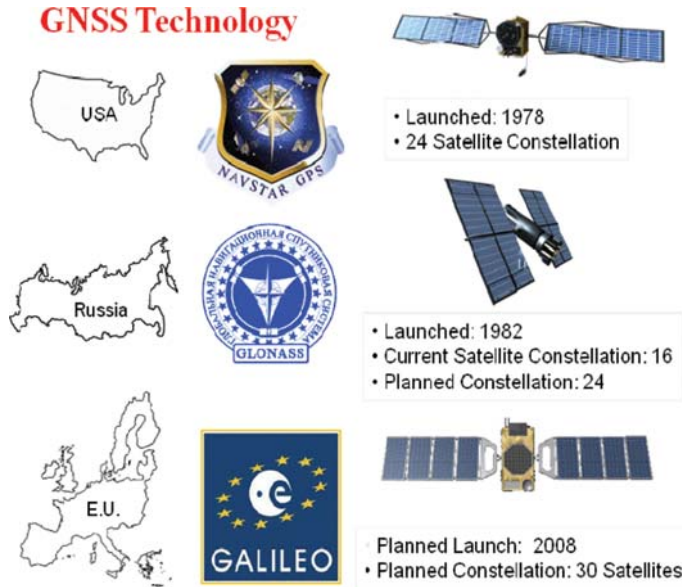


Şekil 2 - CBS için bilgilerin derlenmesi ve birleştirilmesi

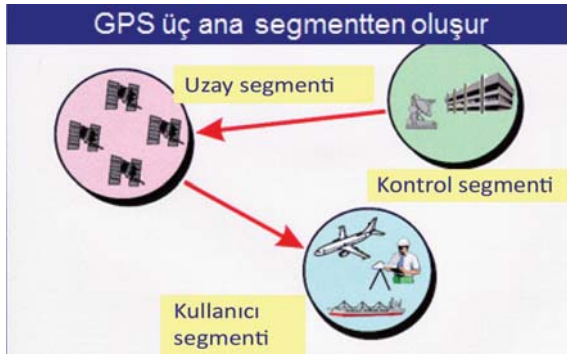
Derlenen bu veriler, her türlü ekonomik ve yönetsel bilgileri sunar ve bunlara ilişkin tüm değerlendirmelere olanak sağlar. Baraj kazaları, içme ve sulama suyu kullanımı ile hidroelektrik enerji üretim sistemlerinin; taşkınlar, toprak ve yamaç kaymaları vb doğal afetler için bir erken uyarı sistemi ile afet yönetim sistemi'nin geliştirilmesini mümkün kılar. Böylece can ve mal kaybı, önlenebilir veya hiç değilse en aza indirilebilir; suya ilişkin her türlü ekonomik planlama yapılabilir ve siyaset geliştirilebilir.

Küresel Konum Belirleme Sistemleri ve CORS-TR

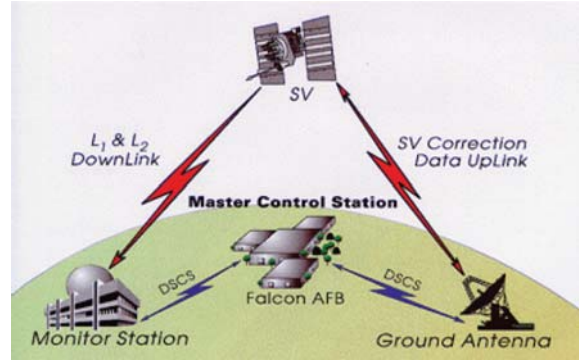
GNSS (Global Navigation Satellite Systems), GPS (USA), GLONASS (Rusya), Galileo (AB), Compass (Çin) vd tarafından geliştirilen ve uydular yardımıyla küresel konum belirleyen sistemlerdir, Şekil 3.



Şekil 3 - Küresel konum belirleme sistemleri

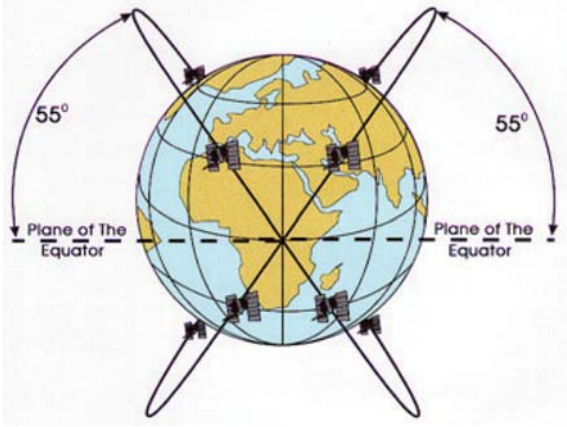


Şekil 4 - GPS'in ayakları

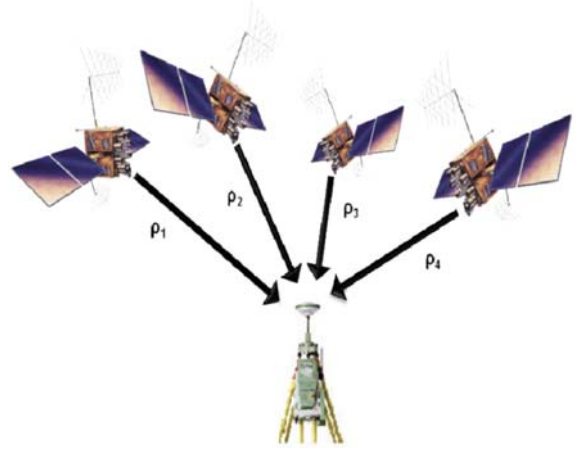


Şekil 5 - Kontrol ayağı

Yaklaşık 20250 km yukarıdaki yörüngelerine yerleştirilen uyduların gönderdiği sinyaller, yerdeki aletler tarafından alınıp değerlendirilerek konum belirlenir. Sistem, kontrol istasyonları, uydular ve kullanıcılar olmak üzere üç ayakta oluşur. Uyduların gönderdiği sinyallerde, her uydunun yörünge bilgileri ile zaman bilgileri vardır. Her uydunun yörüngesi ve uyduda bulunan saatlerin ayarları, kontrol istasyonlarında hesaplanıp yayınlanmak üzere o uyduya bildirilir, (GREGORY 2002).



Şekil 6 - Uzay ayağı / GPS uyduları

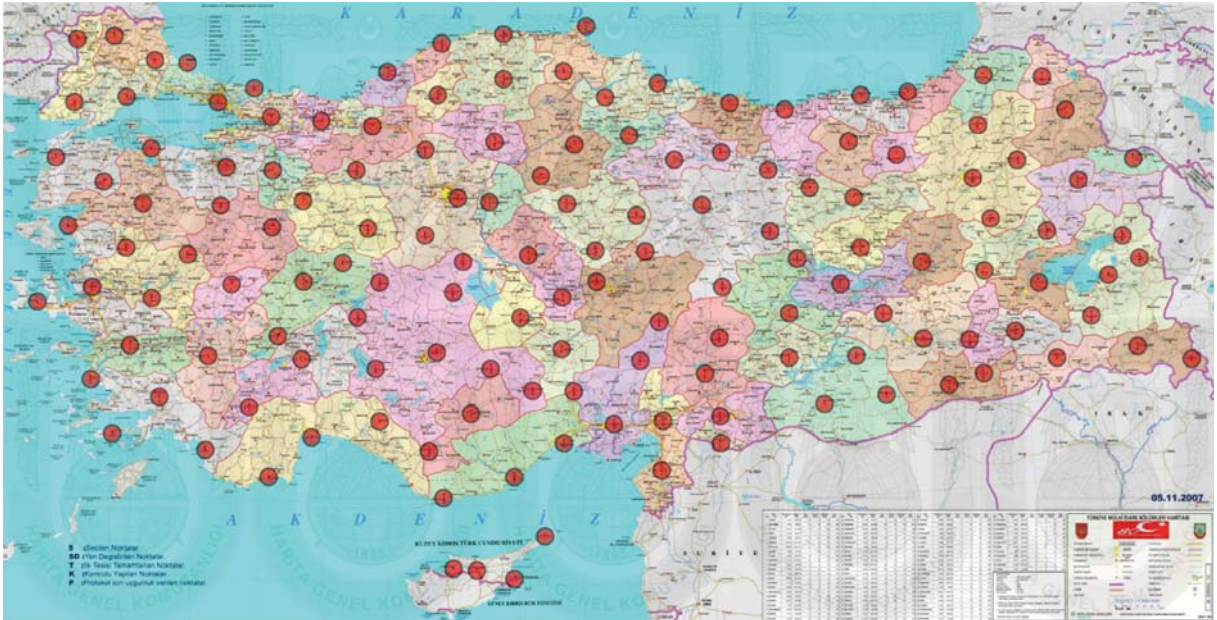


Şekil 7 - Uydular yardımıyla konum belirleme

CORS-TR

Böylece dünyanın her yerinde ve 24 saat kesintisiz olarak konum belirlenebilir. Gereken konum belirleme duyarlıkları, uygulamaya göre değişir. Bir açık deniz kaptanı için birkaç on metrelik hassasiyet yeterli iken inşaat mühendisliğinde cm mertebesinde bir duyarlık istenir. Milimetreye kadar istenen duyarlığı sağlayan yöntemler geliştirilmiştir. Bunların içerisinde en yetkini, CORS (Continuously Operating GPS Reference Stations) sistemidir. Sistem, sürekli çalışan ve her bir saniyede kendi konumunu milimetreler duyarlığında belirler. Ayrıca çevresindeki belirli bir alanda çalışan GPS aletlerinin santimetreler duyarlığında konum belirleyebilmesi için düzeltme değerleri yayınlar. Böylece sistemin kurulduğu ülkenin her yerinde kesintisiz olarak konum belirlenebilir.

İstanbul Kültür Üniversitesi öğretim üyeleri, 2006 yılında Ulusal CORS Sisteminin Kurulması ve Hücresel Dönüşüm Parametrelerinin Hesaplanması Projesi hazırlamıştır. KKTC dahil Türkiye’de kurulan 147 sabit GPS istasyonundan oluşan bu proje, TÜBİTAK’ın desteğiyle 2006 yılının ortalarında başlamış ve Mayıs 2009’da tamamlanarak işletilmek üzere Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü ile Harita Genel Komutanlığı’nın müşterek sorumluluğuna devredilmiştir, (Eren, Uzel 2010).



Şekil 8 - CORS-TR istasyonları

CORS TR olarak anılan bu sistem, kurulduğu tarihten itibaren Türkiye'nin her yerinde ve KKTC sınırları içerisinde kesintisiz olarak çalışmakta ve 2-3cm duyarlıkla konum belirlenebilmektedir. Başarıyla hizmet veren bu sistem, baraj deformasyonlarının izlenmesi ve CBS sistemi içerisinde etkin bir yer alması için çok önemli bir altlık oluşturabilir, Şekil 9.

Barajların bu sistemle sürekli izlenmesi son derece kolaydır. Baraj gövdesinde ve çevresindeki kritik noktalara yerleştirilen GPS aletleri ve iletişim sistemi, kendi koordinat değerlerini sürekli olarak hesaplayıp merkeze aktarabilmektedir.

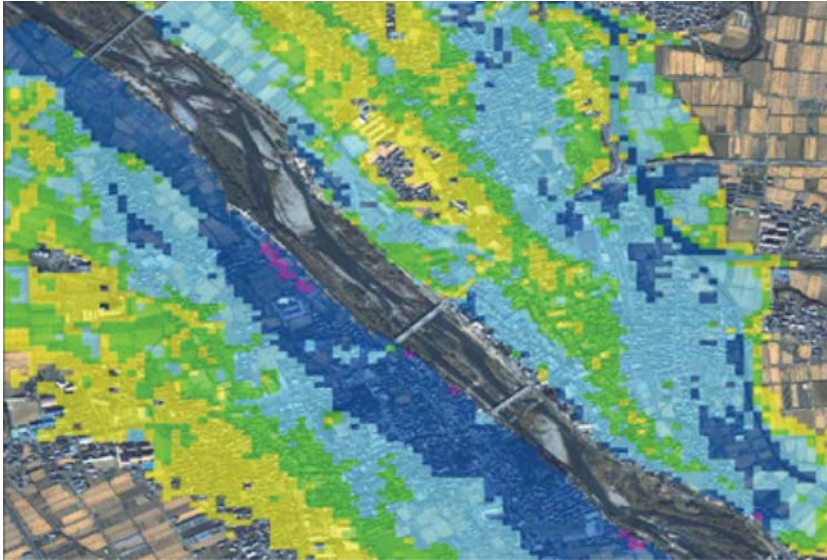
Merkezde kurulan CBS içerisindeki baraj güvenliği izleme, değerlendirme; erken uyarı ve afet yönetimi sistemleri, gelen bilgileri değerlendirerek gerekli analizleri yapar; ilgili kişi ve kurumları uyarır, alınacak önlemleri bildirir.



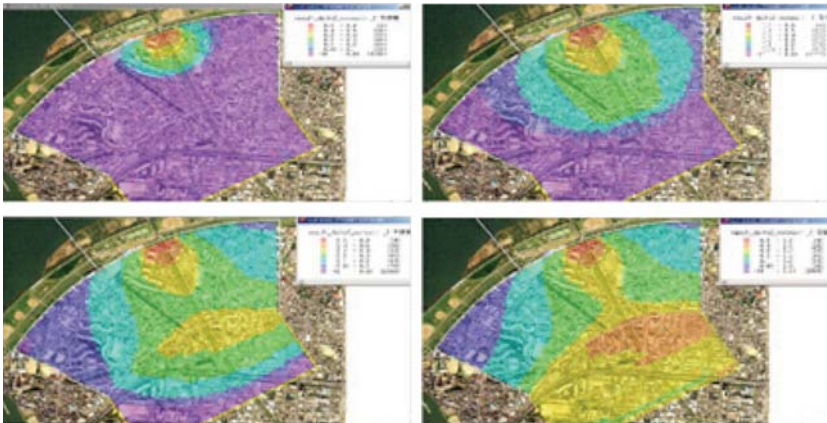
Şekil 9 - CORS yardımıyla real time GPS ölçümü

Hava ve Uydu Görüntüleri

Uçaktan veya helikopterden çekilen fotoğraflar yardımıyla yapılan ve hem harita hem de fotoğraf özelliğinde olan haritalar yani ortofotolar ile uydulardan alınan görüntüler de birer CBS katmanı oluştururlar. Bunlar, bir afet bilgi ve yönetim sistemi yaratmakta kullanılır, Şekil 10-14



Şekil 10 - Ortografik görüntü üzerinde sel analizi



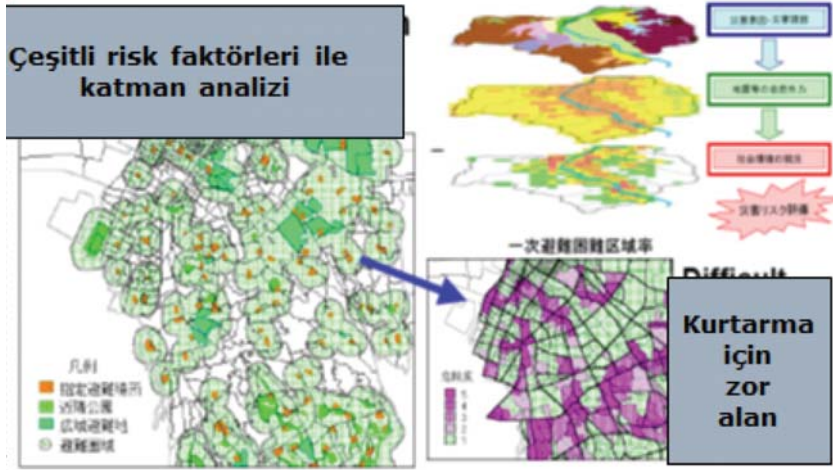
Şekil 11 - Selden 0, 5, 10 ve 25 saniye sonrasının simülasyonu

Saate 350 mm
yağış tahmini ile

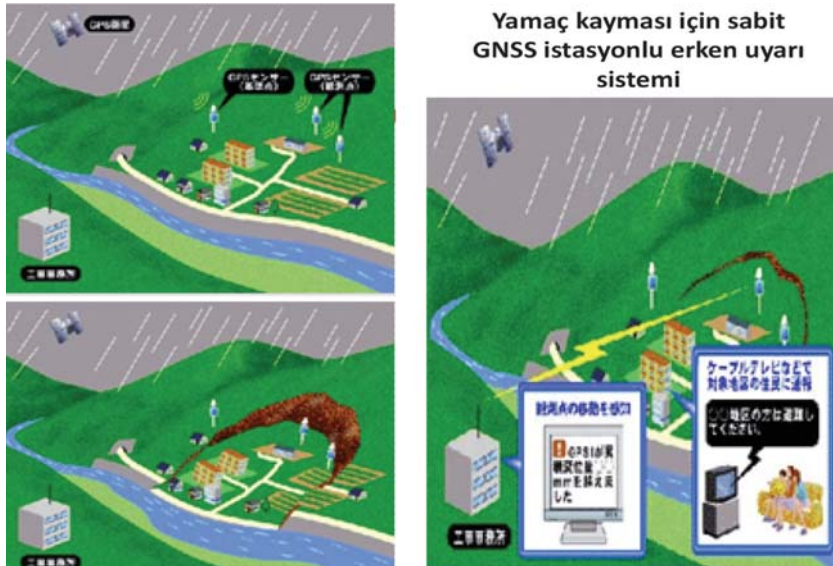
Tahmini taşkın alanı ve
kurtarma yolu



Şekil 12 - Taşkın arazisinin tahmini ve kurtarma planı



Şekil 13 - Tehlike riski için CBS analizi

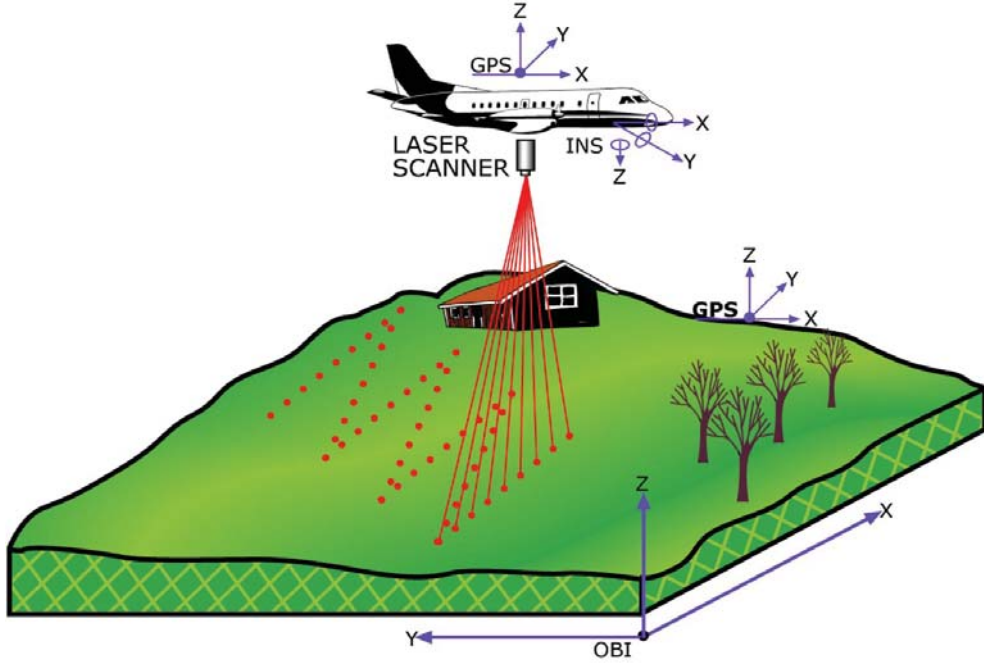


Şekil 14 - Yamaç kayması için erken uyarı sistemi

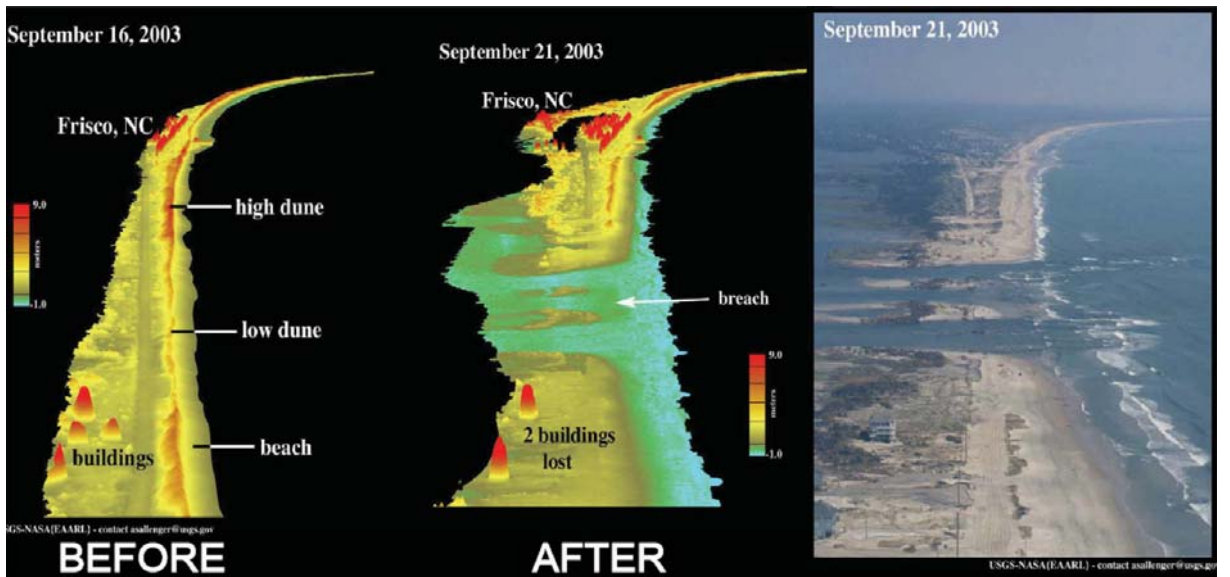
LIDAR

Barajın gövdesindeki ve çevresindeki deformasyonları yüzey olarak milimetreler mertebesinde belirlemek için kullanılacak teknoloji, LIDAR (Light Detection And Ranging)'dır, (Mercer 2001, Schimdt 2001). Şekil 6'da görüldüğü gibi, aletten gönderilen lazer ışınları, yüzeye çarparak geri yansır. Işının gidiş-geliş süresinden alet ile yansıdığı yüzey noktası arasındaki mesafe ölçülür ve konumu belirlenir. Böylece yüzeyin tamamı taranmış olur.

İlk ölçüm referans olarak alınır. Sonraki ölçümlerle referans ölçümleri arasındaki farklar, noktasal/ yüzeyel deformasyonları gösterir, Şekil 16.



Şekil 15 - LIDAR



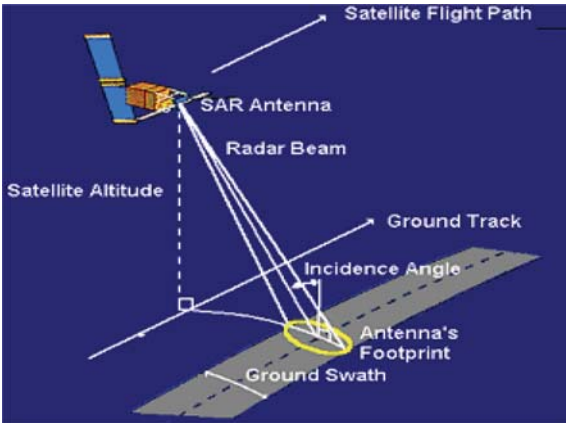
Şekil 16 - LIDAR uygulaması

InSAR

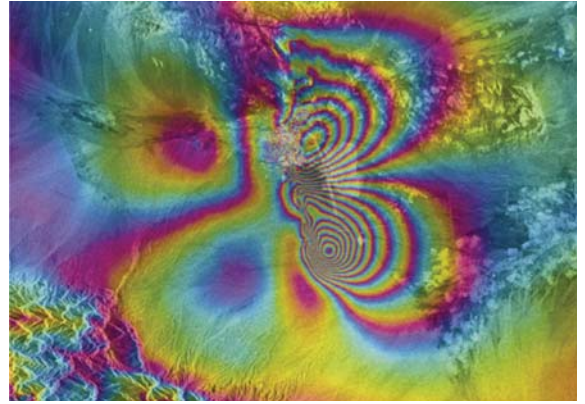
Bilindiği gibi enterferans (girişim), aynı kaynaktan çıkarak çok az farklı iki yoldan gelen ışınların bir ekranda üst üste bindirilmeyele oluşan fiziksel bir olaydır. Üst üste binen bu iki elektromanyetik dalga (örneğin ışık), bazı noktalarda sönmeye bazı noktalarda kuvvetlenme etkisi yaratır ve böylece enterferans franjları oluşur. Yeryüzündeki aynı noktanın farklı zamanlarda çekilmiş iki görüntüsü üst üste bindirildiğinde, eğer bu noktalar bu zaman içerisinde yer değiştirmişse, enterferans franjları oluşur. Bu franjların büyüklükleri ölçülerek o noktanın deplasman/deformasyon miktarı belirlenebilir, (Hansen 2001, Rosen 2008), Şekil 17 ve 18.

Bu yöntem, yüzey deformasyonlarını verir. Özellikle düşey hareketler, InSAR yöntemiyle milimetreler mertebesinde belirlenebilir. InSAR verilerinin GPS ile birlikte kullanılması, GPS'in yatay konum belirleme duyarlılığının çok yüksek olması nedeniyle, deformasyon noktalarının konumlarının hem yatay hem de düşey boyutta çok yüksek olmasını sağlar.

Ayrıca yersel InSAR uygulamaları son yıllarda gelişen bir teknolojidir. Bu yöntem havadan InSAR yöntemine çok benzemektedir. Barajı cepheden gören bir yere yerleştirilen yersel InSAR aleti baraj



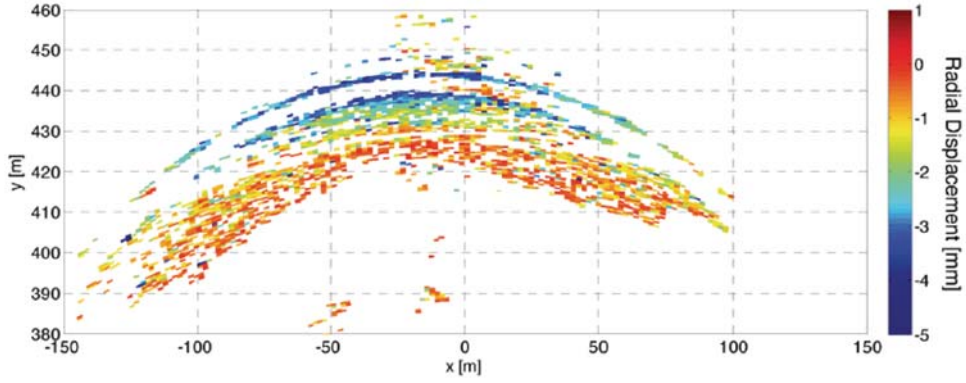
Şekil 17 - InSAR



Şekil 18 - InSAR uygulaması ve enterferans franjları / yer hareketleri



Şekil 19 - Yersel InSAR ile baraj gövdesinin taranması [1], [2]



Şekil 20 - Baraj gövdesindeki deformasyonlar [1], [2]

gövdesinin taramaktadır, Şekil 19. Elde edilen enterferans franjlarının değerlendirilmesi ile baraj gövdesinde oluşan deformasyonlar milimetreler düzeyinde elde edilebilmektedir, Şekil 20.

Sonuç

Tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de en kısa zamanda bir Ulusal DSİ Bilgi Sistemi kurulmalıdır. 17,18.12.2012 tarihlerinde İKÜ'de yapılan İstanbul Teknik Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Orhangazi Üniversitesi, Devlet SU İşleri Genel Müdürlüğü, Baraj Güvenliği Derneği ve Su Vakfı'nın ortaklaşa düzenledikleri toplantıda, bu konuda görüş birliğine varılmıştır.

CORS-TR sistemi baz alınarak yapılacak LIDAR, InSAR, ortofoto ve uydu görüntüleri, baraj ve çevresi başta olmak üzere yamaç kayması vb. deformasyonların üç boyutlu olarak santimetreler mertebesinde duyarlılıkta belirlenmesini sağlayarak önemli bir katmanı gerçekleştirmiş olacaktır.

Gerçekleştirilecek Ulusal DSİ Bilgi Sistemi'yle DSİ, su ile ilgili tüm bilgileri CBS ortamında derleyen çok kapsamlı bir jeoportale ve metaportale kavuşacak; bunları kullanarak her türlü analizi, planlamayı ve programlamayı yapabilecek; e-devlet projesinin bir ayağı olacak; bilgiyi paylaşan diğer kamu kurumlarına her türlü ekonomik ve siyasal plan, program ve strateji geliştirme olanağı sunacaktır. Özel sektör de bu bilgileri ülke yararına geliştirmede tartışılmaz doğrulukta birer kaynak olarak kullanacaktır.

Kaynaklar

Gregory T.F., Understanding the GPS, GEO Research, 2002

Eren K., Uzel T., Ulusal CORS Sisteminin Kurulması ve Hücresel Datum Dönüşümü Projesi, 2010

Mercer B., Comparing LIDAR and IfSAR, 2001

Schmit L., et al, Evaluation of the Utility and Accuracy of LIDAR and IfSAR Derived Digital Elevation Models for Flood Plain Mapping, 2001

Hanssen R.F., Radar Interferometry, 2001

Rosen P.A., Principles and Theory of Radar Interferometry, UNACO Short Course Tutorial, 2008

Konecny G., Geoinformation, 2003

Güzel G., Coğrafi Bilgi Sistemi, 2007

[1] www.idrcompany.it

[2] www.olsoninstruments.com