

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK TÜRKİYE'DE GERÇEKLEŞTİRİLEN BAZI ÖNEMLİ UYGULAMALAR

M. Önder^{a,*}, T. Ünsal^a, N. Çiftçi^a, Ö. Çetin^a, E. Erkin^a

^a İNTA Uzay Sistemleri İletişim A.Ş., Ankara – (monder, tunsal, nciftci, ocetin, eerkin)@spaceturk.com.tr

Komisyon VII

ANAHTAR KELİMELER: İkonos, SPOT, QuickBird, ortofoto, ortorektifikasyon, değişim izlenmesi, simülasyon, araç takip ve filo yönetim, konumsal temelli hizmetler

ÖZET:

Çağa ismini veren ve evrensel bir nitelik taşıyan bilginin, içeriği kadar güncelliği ve güvenilirliği de büyük önem taşımaktadır. Bu önem, sürekli ve hızlı değişim gösteren konu ve olaylara yönelik mekansal nitelikli coğrafi bilgide daha da artmaktadır. Sözü edilen coğrafi bilgiye olan gereksinim ülke boyutuna indirildiğinde; Türkiye'nin, Dünya'nın en sıcak noktalarından biri olan Ortadoğu'da yer alması ve özel jeopolitik ve stratejik konumu, Silahlı Kuvvetlerinin her an doğabilecek bir olumsuzluğa anında müdahale edecek performansa sahip olmasını zorunlu kılmaktadır. Böyle bir performansa erişmede ise, gelişen teknolojiye koşut çağdaş silah sistemlerine ve bunu kullanacak iyi yetişmiş personele sahip olmanın yanı sıra, bu silah ve onu kullanacak personelin güncel ve sayısal coğrafi bilgi gereksinimi de en ön planda yerini almaktadır. Savunma amaçlı coğrafi bilgi gereksinimi kadar, kalkınma amaçlı gereksinim de vazgeçilemez boyuttadır. Her geçen gün hızla tükenen doğal kaynakların akılcı yönetimi, yenilenebilir olanların planlı bir yapıya kavuşturulması, sözkonusu kaynakların çevre kirliliğinden korunması ve arındırılması, kalkınmaya yönelik hamlelerin ekonomik, zamanında ve çevreye en az zarar verici nitelikte gerçekleştirilebilmesi için karar verici mekanizmaların sayısal coğrafi bilgi gereksinimi gittikçe artan bir önem kazanmaktadır. Gereksinim duyulan bu sayısal bilgilerin verilecek kararlardaki etkinliği, güncellikleri ile doğru orantılı olacaktır. Güncel bilgi sağlamanın bir yolu da, gelişen teknolojinin sunduğu olanaklardan olabildiğince yararlanan sistemlerin oluşturulmasında yatmaktadır. Bu kapsamda yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin başlıca özelliği, fiziksel ülke sınırlarının da ötesine geçebilen, geniş yeryüzü alanlarına ait büyük çapta konumsal veri içermesidir. Bu büyüklükteki veri zenginliğinden etkin bir şekilde yararlanma ise, doğal olarak sözkonusu verileri coğrafi bilgiye dönüştürecek yeterli düzeyde veri yönetim ve işleme sistemlerinin varlığının yanı sıra, bu verilere doğrudan ulaşabilecek olanaklara da sahip olmayı gerekli kılmaktadır. Diğer taraftan son yıllarda uydu görüntülerinin eriştiği kalite ve geometrik doğruluk düzeyi, yakın gelecekteki gelişmeler de gözönüne alındığında, özellikle orta ve büyük ölçekli coğrafi bilgi üretimi ve güncelleştirmesinde ve bu bağlamda coğrafi veri tabanlarının oluşturulmasında, bu görüntü verilerinin gözardı edilmemesi gereken bir kaynak olarak değerlendirilmelerine yol açmaktadır.

Bu bildiriye; yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak, İNTA Uzay Sistemleri İletişim A.Ş. tarafından, uzaktan algılamanın çok değişik alanlarında, son dönemde ülkemizde gerçekleştirilen bazı büyük ve önemli savunma ve kalkınma amaçlı yurtiçi ve yurtdışı uygulamaların tanıtılması hedeflenmiştir. Bu uygulamalar arasında savunma amaçlı olanlar; uçuş simülasyon ve entegre muhabere sistemlerinin kurulumuna yapılan destek çalışmaları, kalkınma amaçlı olanlar ise; karayolu veritabanı oluşturma, tarımsal amaçlı uygulamalar, konumsal temelli hizmetler, değişim analizleri (kaçak yapılaşmanın izlenmesi), araç takip ve filo yönetim sistemi kurma, ve üç boyutlu bina yükseklik bilgisi ve sayısallaştırma çalışmaları yer almaktadır.

1. GİRİŞ

Bilginin veri tabanı yapısına dönüştürülmesinde en pahalı ve zaman alıcı süreç, verinin toplanma aşamasıdır. Çağdaş teknolojinin, güvenilir ve güncel coğrafi veri toplama en gelişmiş olanakları arasında yer alan uzaktan algılama tekniği ile elde edilen veriler, ekonomik ve hızlı olmasının yanında, askeri istihbarattan, harita üretimine, tıptan doğal kaynak araştırmasına kadar oldukça geniş bir yelpazedeki kullanıcı kitlesine hizmet vermektedir. Gerek havadan, gerekse uzaydan elde edilen çeşitli spektral yapıdaki görüntü verilerinin, kullanım amacına uygun bilgi kaynaklarına dönüştürülmesi ise, her kullanım alanı için ayrı bir uzmanlaşmayı gerekli kılmaktadır.

Uydu görüntülerinin başlıca özelliği, geniş yeryüzü alanlarına ait büyük çapta konumsal veri içermesidir. Bu büyüklükteki bir veri zenginliğinden etkin bir şekilde yararlanma ise doğal olarak, söz konusu verileri coğrafi bilgiye dönüştürecek yeterli düzeyde veri yönetim ve işleme sistemlerinin varlığına bağlıdır.

Konuya Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) açısından bakılacak olursa; uydu görüntü verileri, gerek fotogrametrik gerekse uzaktan algılama kapsamında CBS'ye veri sağlayan önemli kaynaklar arasında yer almaktadır. Bu kaynakların gücü, sağladıkları planimetrik ve yükseklik doğruluğunun yanı sıra detay tanımlanabilirliğin kalitesine de bağlı bir yapı göstermektedir. Son yıllarda uydu görüntülerinin eriştiği kalite düzeyi, yakın gelecekteki gelişmeler de göz önüne alındığında; bu görüntü verilerini, her türlü coğrafi bilgi üretimi veya güncelleştirilmesi ile yine çeşitli ölçeklerdeki Coğrafi Veri Tabanlarının (CVT) oluşumu ve güncelleştirilmeleri bağlamında önemi gittikçe artan bir kaynak durumuna getirmektedir. 1972 yılında LANDSAT-1 ile başlayan ve bugün için LANDSAT-7'ye ulaşan, 1986 yılında SPOT-1 ile başlayıp 1990 yılının başında SPOT-2 ve daha sonraları 3, 4, 5 olarak devam eden, 1999 yılından itibaren ise İKONOS, QuickBird gibi, 1 m. ve daha iyi çözünürlükteki uzaktan algılama projeleri, sadece tüm insanlığın ilgisini çekmekle kalmayıp bunlardan yararlanma istemlerini de kamçılıyıcı bir rol oynamış ve oynamaktadır.

Kalkınma amaçlı çalışmalarda coğrafi bilgiye olan gereksinimler küçümsenmeyecek boyuttadır. Gerek doğal, gerekse insan yapısı kaynak envanterlerinin sağlıklı tutulması, yeni doğal kaynakların bulunup ortaya çıkartılması ve gerekse çevrenin bilinçli korunması, bugün için ülkemizin en önemli sorunlarından biri olmuştur. Ayrıca tüm bu çalışmaların ötesinde, baraj, otoyol, kadastro, orman, tarım ve benzeri kalkınma projelerinin hayata geçirilmesinde, bunlara ilişkin coğrafi bilgi sistemlerinin ve veri tabanlarının oluşturulmasında güncel ve yüksek doğrulukta coğrafi bilgiye hızlı erişim oldukça önemlidir. Her geçen gün hızla tükenen doğal kaynakların akılcı yönetimi, yenilenebilir olanların planlı bir yapıya kavuşturulması, sözkonusu kaynakların çevre kirliliğinden korunması ve arındırılması, kalkınmaya yönelik çabaların ekonomik, zamanında ve çevreye en az zarar verici nitelikte gerçekleştirilebilmesi için karar verici organların sayısal coğrafi bilgi gereksinimi gittikçe artan bir önem kazanmaktadır. Gereksinim duyulan bu sayısal bilgilerin verilecek kararlardaki etkinliği, güncellikleri ile doğru orantılı olacaktır. Güncel bilgi

sağlamanın bir yolu da, gelişen teknolojinin sunduğu olanaklardan olabildiğince yararlanan sistemlerin oluşturulmasında yatmaktadır.

Kalkınma amaçlı coğrafi bilgi gereksinimi kadar, savunma amaçlı gereksinim de büyük önem taşımaktadır. Türkiye'nin, dünyanın en sıcak noktalarından biri olan Ortadoğu'da yer alması ve özel jeopolitik ve stratejik konumu, Silahlı Kuvvetlerinin her an doğabilecek bir olumsuzluğa anında müdahale edecek performansa sahip olmasını zorunlu kılmaktadır. Böyle bir performansa erişmede ise, gelişen teknolojiye koşut çağdaş silah sistemlerine ve bunu kullanacak iyi yetişmiş personele sahip olmanın yanısıra, bu silah ve onu kullanacak personelin güncel ve sayısal coğrafi bilgi gereksinimi de en ön planda yerini almaktadır.

Coğrafi bilginin çağdaş anlamda hızlı, güvenilir ve dolayısı ile güncel elde edilmesine olanak veren gerek fotogrametrik gerekse uzaktan algılama dallarındaki çalışmalar, bilgisayar teknolojisinin güçlü desteğinde, sayısal görüntü kavramı içerisinde gelişimini sürdürmektedir. Uçaktan elde edilen hava fotoğraflarının zaman zaman teknik, politik ve fiziksel sınırlamalarla karşı karşıya kaldığı durumlarda, daha esnek yapıdaki uzay görüntüleri devreye kolayca girebilmekte ve çoğu kez, birlikte kullanıldığı uygulama alanlarında daha gerçekçi sonuçlara kısa sürede ulaşılmasına olanak vermektedirler. Son yıllarda uydu görüntülerinin eriştiği kalite ve geometrik doğruluk düzeyi, yakın gelecekteki gelişmeler de gözönüne alındığında, özellikle orta ve büyük ölçekli coğrafi bilgi üretimi ve güncelleştirmesinde ve bu bağlamda coğrafi veri tabanlarının oluşturulmasında, bu görüntü verilerinin gözardı edilmemesi gereken bir kaynak olarak değerlendirilmelerine yol açmaktadır.

Aşağıda, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak, İNTA Uzay Sistemleri İletişim A.Ş. tarafından, uzaktan algılamanın çok değişik alanlarında, son dönemde ülkemizde gerçekleştirilen bazı büyük ve önemli savunma ve kalkınma amaçlı yurtiçi ve yurtdışı uygulamaların açıklamaları yapılacaktır.

2. YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN UYGULAMALAR

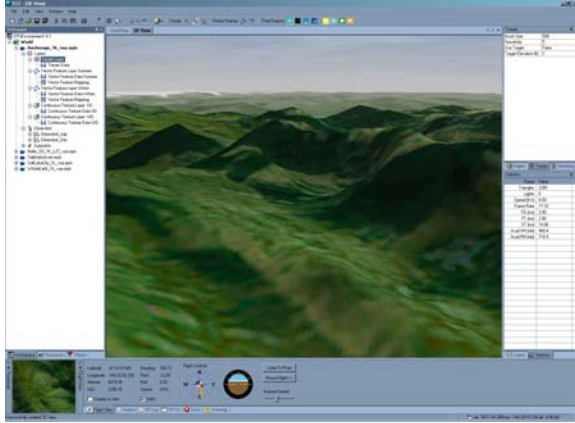
2.1 Savunma Amaçlı Uygulamalar

2.1.1 Simülasyon Çalışmaları

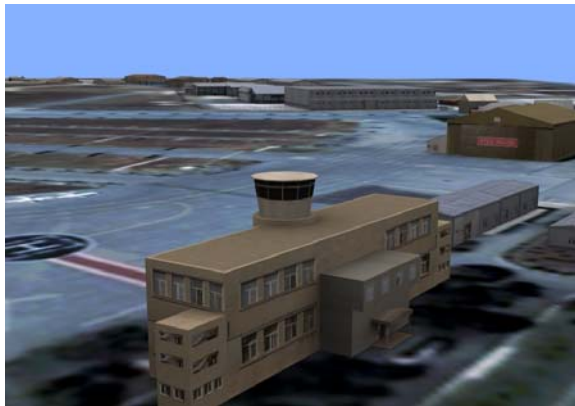
Günümüz harp silah ve araçlarının büyük bir çoğunluğu bilgisayar destekli sistemlerden oluşmaktadır. Anılan bu sistemlerin etkin kullanımı nitelikli eleman kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Nitelikli elemanın sistemlere uyumunu sağlayan eğitim, zaman alıcı ve masraflı bir süreçtir. Bu sürecin başlangıç bölümüne ait uygulamaların harp silah veya aracının üzerinde gerçekleştirilmesi, sistemlerin kullanım ömrünü azaltıcı olmasının yanı sıra, acemilikten kaynaklanan kullanım hataları da önemli bir risk unsuru taşımaktadır. Bu tür olumsuzlukları en aza indirmek için simulator kullanımı, yaygın bir eğitim yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle hareketli harp silah ve araçlarına (helicopter, uçak, vb.) yönelik eğitim çalışmalarında yararlanılan simülasyonlarda, uydu görüntülerinin kullanımı oldukça yaygındır. Söz konusu görüntüler, anılan aracın sadece eğitiminde değil, pilotu olası bir sınır ötesi harekate hazırlamada da önemli bir destek verisi niteliği taşımaktadır.

Bu tür simülasyonlarda, pilotun kalkıştan itibaren hedefe yönlendirilmesine ve görevini yerine getirdikten sonra tekrar geriye dönüşünü sağlama aşamalarında, sayısal yükseklik modelleri ve gerektiğinde yer kontrol noktaları kullanılarak ortorektifiye edilmiş değişik çözünürlükteki uydu görüntülerinden (QuickBird, Ikonos, SPOT, Landsat vb.) yararlanılmaktadır. Ayrıca, bu amaca yönelik oluşturulan görsel veri tabanı tasarımında, farklı aydınlatma (gece, gündüz, ay ışığı vb.), meteorolojik (sis, pus, bulut vb.) ve iklim (yaz, kış vb.) koşullarının yanında, havaalanı veya hedef bölgesi üç boyutlu modelleme teknikleri ile simülasyon çalışması istenildiği kadar zenginleştirilebilmektedir.



Şekil 1. Simülasyonda üç boyutlu bir perspektif arazi modeli görünümü



Şekil 2. Bir havaalanına ait tesislerin simülasyonda üç boyutlu modellenmesi örneği

2.1.2 Bütünleşik İletişim Sistemlerine Altlık Veri Hazırlanması

Bütünleşik iletişim sistemlerine altlık veri oluşturmak amacıyla Türkiye'nin ilk aşamada 18 ilinde ortorektifiye IKONOS ve SPOT görüntüleri ve vektör verilerden oluşan veri setleri hazırlanmaktadır.

Toplam 146 bin km²'den oluşan proje alanının genellikle merkez ilçeleri kapsayan 35 bin km²'si yüksek çözünürlüklü IKONOS uydu görüntülerinden, geri kalan 111 bin km²'si ise 5 metre çözünürlüklü SPOT 5 uydu görüntülerinden oluşmaktadır.

Öncelikli olarak verilen bölge için hazırlanan veri setlerinde, yeni çekimi tamamlanan görüntüler, arazide GPS yöntemi ile toplanan yer kontrol noktaları ve SPOT HRS DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) ile ortorektifiye edilerek IKONOS görüntüleri için 2 m. RMSE, SPOT görüntüleri için 10 m. RMSE konumsal doğruluğa ulaşılmıştır.

Ortorektifiye edilmiş görüntüler üzerinden yerleşim merkezleri ve yol ağını içeren vektör veri katmanları oluşturulmuştur. Her bölge için Harita Genel Komutanlığı verilerinden yararlanılarak belirlenen il, ilçe, bucak ve köy yerleşim merkezlerinin konumları güncel görüntüler üzerinden revize edilmiştir. İçişleri Bakanlığı'nın yayınladığı verilerden yararlanılarak tüm yerleşim birimleri, veritabanlarında birbirleri ile hiyerarşik olarak ilişkilendirilmiştir.

Yol ağı vektör bilgileri, tüm proje alanı için otoyollar, devlet yolları, il yolları ve köy yollarından oluşmaktadır. İsimlendirmelerde Karayolları Genel Müdürlüğü'nün tanımladığı yol isimleri esas alınmıştır. Köy yollarının isimleri olmadığı için, bu yolların birbirine bağlandığı yerleşim birimlerine uygun olarak isimler tanımlanmıştır. (Şekil 3).



Şekil 3. SPOT görüntüsü, yerleşim birimleri ve yol ağı

IKONOS görüntülerinin kapsadığı bölgelerde yol ağı ve bu yollara ek olarak cadde ve sokak adlarına kadar ayrıntıyı da içermektedir. Yol vektörleri de veritabanlarında yol isimleri, yol tipleri ve hiyerarşik olarak bağlı oldukları yerleşim birimlerini içerecek şekilde düzenlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. IKONOS uydu görüntüsü ve yol ağı

2.2 Kalkınma Amaçlı Uygulamalar

2.2.1 Değişim İzleme Çalışmaları

Dünya coğrafya üzerinde doğal afetler (sel, deprem, erozyon, yangın vb.) veya insane etkisi ile ortaya çıkan değişimlerin (yapılaşma, çevre kirliliği, kaçak orman kesimi vb.) izlenmesi çalışmaları, günümüzde uydu görüntülerinin en yoğun kullanıldığı alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kaçak yapılaşma, günümüz Türkiye'si büyük kentlerindeki yerel yönetimlerin karşı karşıya olduğu en önemli sorunların başında gelmektedir. Özellikle orman alanları ve su havzaları ruhsatsız yapılaşmanın yoğun olarak görüldüğü yerlerdir. Çoğu belediyeler uzun yıllardır bu yapılaşmayı önleyebilmek için arazi ekipleri oluşturmuş, bu ekiplerin belirlemelerine göre de kaçak yapıları yıkım sürecine almıştır. Son birkaç yıldır söz konusu kaçak yapılaşmanın izlenmesi amacıyla kullanılan yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, hızlı ve doğru sonuçları ile bu tür çalışmalara büyük bir ivme kazandırmıştır.

Yüksek çözünürlüklü (1m) uydu görüntüleri ile birkaç metrelik veya bundan daha büyük ölçekteki yapıların belirlenmesi mümkün olup, gerek kentsel gerekse kırsal alanlarda, özellikle kaçak yapılaşmanın izlenmesine olanak sağlamaktadır. Uydu görüntüleri ile yapılaşmanın izlenmesi değişim belirleme esasına dayanmaktadır. Aynı bölgeye ait değişik tarihlerde çekilmiş görüntüler arasında değişim belirleme çalışmaları yapılarak çıkarılan fark, bu iki dönem arasındaki yapılaşmayı göstermektedir.

Belirlenen dönemlerde uydu görüntülerinin çekilmesi projenin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Görüntü çekimleri Ankara'daki Uydu Yer İstasyonundan yapılmaktadır. Farklı dönemlere ait görüntüler arasında değişim belirleme analizinin yapılabilmesi için görüntülerin belli bir koordinat doğruluğunda olmaları gerekmektedir. Görüntü çekiminin ardından gelen ikinci aşama ortorektifikasyon işlemidir. Uygun ölçekte sayısal yükseklik modeli ve yer kontrol noktaları (halihazır haritadan seçilmiş veya arazide ölçülmüş) kullanılarak görüntüler 1m RMSE koordinat doğruluğuna getirilmektedir.



Şekil 5. Değişim öncesi döneme ait IKONOS görüntüsü

Projenin üçüncü aşaması olan değişim belirleme çalışmalarına başlayabilmek için öncelikle ilk döneme ait bir envanter oluşturması gereklidir (Şekil 5.). İlk döneme ait ortorektifiye uydu görüntüleri üzerinden yapılar sayısallaştırılır ve bir envanter veritabanı oluşturulur. Bundan sonraki her yeni dönemde veritabanı yeni görüntü üzerine açılarak yeni yapılar belirlenir ve veritabanı güncellenir.



Şekil 6. Değişim sonrası döneme ait IKONOS görüntüsü

Değişim belirleme analizlerinin ardından arazi çalışmaları yapılmaktadır. Belirlenen her yeni verinin envanter bilgilerini toplamak için araziye gidilir ve bu yapılara ait cins (ağıl, baraka, bina vb.), kat adedi, çatı ve kullanım durumu gibi bilgiler toplanır.

Projenin son aşamasında, arazi çalışmaları sonrasında oluşturulan coğrafi veritabanı kullanılarak yapılan analizler bir rapor haline getirilerek yetkililere sunulmaktadır.

2.2.2 Tarım Parsellerinin Belirlenmesi

İkonos 1m çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak tarım alanları belirlenebilmektedir. Görüntü üzerinden yapılan vektörleştirme işlemi ile tarım parseli sınırları

çizilerek tarım reformuna yönelik çalışmalara altlık oluşturabilmek mümkündür.

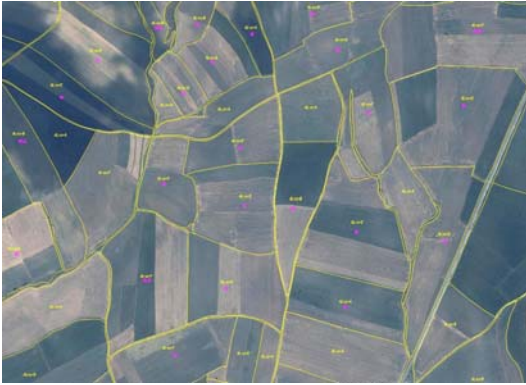
2006 yılında başlayan ve halen devam eden projeler (ARIP, IACS) kapsamında, Ikonos ve QuickBird uydü görüntülerinden yararlanılarak, yaklaşık 100 000 km²'lik alanda yer alan tarım parselleri, 2,5m RMSE koordinat doğruluğunda belirlenmektedir.

Projenin ilk aşamasını oluşturan görüntü çekiminin ardından, ham görüntüler üzerinde yaklaşık 7000 adet yer kontrol noktası seçilmiş ve bu noktalara ait ölçümler arazide diferansiyel GPS yöntemi ile yapılmıştır. Daha sonra görüntüler, ölçülen yer kontrol noktaları ve 1/25.000 ölçek standardında SPOT HRS yükseklik modeli kullanılarak 2,5m RMSE koordinat doğruluğunda sağlayacak şekilde ortorektifiye edilmiştir.

Uydü görüntülerinden yaklaşık 2.800.000 tarım parseli sayısallaştırılarak bu parsellere ait alan bilgileri elde edilmiştir. Bazı pilot bölgelerde ise tarım parsellerinin çizilmesinin yanında bu parsellere tarımsal alan tiplerine (zeytinlik, bağ, ekilebilir alan, mera vb.) göre belirli kodlar verilmiştir.



Şekil 7. Ikonos görüntüsünden sayısallaştırılmış tarım parselleri



Şekil 8. Kodlaması yapılmış tarım parselleri

Projenin diğer aşamasında, kodlama yapılan belirli bölgelerde araziye gidilerek, çiftçilerden alınacak bilgiler doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılacak ve IACS (Bütünleşik İdari Kontrol Sistemi) kullanılarak Türkiye'de tarım parseli tanımlamasına yönelik çalışmalar yapılacaktır.

2.2.3 Üç Boyutlu Kent Modellerinin Oluşturulması

Telekomünikasyon (iletişim) sektöründe baz istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi, kesintisiz bir ağ yapısına sahip olmak açısından büyük önem taşımaktadır. Ağ yapısına engel oluşturan yükseltiler arazinin doğal yapısından kaynaklanabildiği gibi, bina ve ağaç gibi sonradan eklenen detaylardan da oluşabilir.

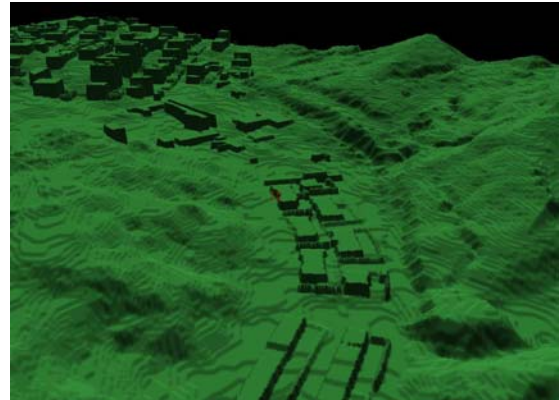
Üç boyutlu kent modelinin oluşturulabilmesi için, arazinin topoğrafyasını tanımlayan sayısal yüzey modeli ile binaların şekil ve yüksekliklerini tanımlayan verilerin biraraya getirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında bölgenin sayısal arazi modeli, sayısal yüzey modeli ve modeli kaplayabilmek için ortorektifiye edilmiş uydü görüntüsü oluşturulmuştur.

IKONOS uydusu stereo çekim yeteneğine sahip olup, istenilen bölgeyi iki farklı açıdan %100 bindirmeli görüntüleyebilmektedir. Bu çalışma kapsamında, İran'ın başkenti olan Tahran kentine ait yüksek açılı stereo çekim gerçekleştirilerek, araziden toplanılan yer kontrol noktalarının sisteme girilmesi yoluyla koordinat doğruluğuna yatayda 1m, düşeyde ise 2m RMSE olacak şekilde artırılmıştır.

IKONOS yer istasyonuna özgü bir yazılım olan CRSS sistemi ile stereo görüntülerden istenilen bölgenin arazi yükseklik modeli oluşturulmuş ve arazinin topografik yapısını ortaya koyacak şekilde düzenlenmiştir. Stereo ortamda her 5 metrede bir yükseklik değeri tanımlanacak şekilde oluşturulan sayısal arazi modelinin yatayda hassasiyeti 6m RMSE, düşeyde hassasiyeti 2m RMSE civarındadır.

Arazinin üzerinde bulunan engellerin ağaçlıklı alanlar ve binalar olarak ikiye ayrıldığı gözlemlenmiş ve her iki bölgede de yükseltileri tanımlamak için farklı yöntemler izlenmiştir.

Genellikle dağlık bölgelerde bulunan ormanlık alanlar ve yerleşim alanlarının içindeki ağaçlık bölgeler keskin hatlardan oluşmamaktadır. Engembeli bir yüzeyin üzerinde geniş alanlara yayılan ormanlık bölgelerin yüksekliklerini en iyi şekilde belirtebilmek için bu alanlar, arazi modelindeki yükseklikler ağaç yüksekliklerini belirtecek şekilde düzenlenerek yeniden modellenmiştir.

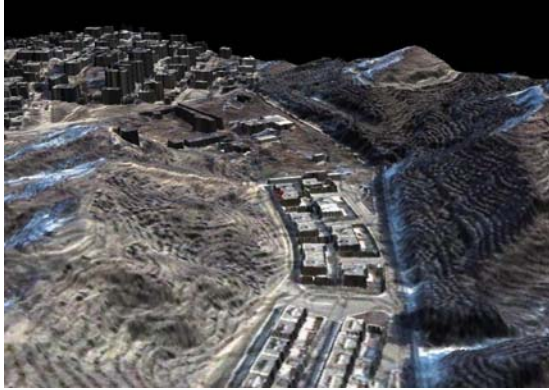


Şekil 9. Tahran kentine ait sayısal yüzey modeli

Yerleşim alanlarında yapılan modelleme çalışmalarının, yapıların şekillerini deforme ettiği görülerek bu yöntem yerine binaların yüksekliklerini ve şekillerini koruyabilmek için yüksekliklerin vektör veriden alınması yoluna gidilmiştir. İlgili alanındaki binalar Erdas Stereo Analyst yazılımında stereo

IKONOS görüntüleri üzerinden sayısallaştırılarak kentin üç boyutlu vektör verisi oluşturulmuştur. Ağaç yükseklik verisini barındıran raster model ile birleştirebilmek için, bu vektör veri içerisinde bina yüksekliklerini barındıracak şekilde raster formata dönüşüm yapılmış ve iki modelin birleşiminden Şekil 9'da gösterilen sayısal yüzey modeli elde edilmiştir.

CRSS sisteminde oluşturulan sayısal arazi modeli ve sisteme girilen yer kontrol noktaları kullanılarak sistemden çıkarılan ortorektifiye uydu görüntüsü arazi modelinin üzerine giydirilerek alanın 3 boyutlu kent modeli elde edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Tahran'a ait üç boyutlu kent modeli

2.2.4 Karayolu Coğrafi Altlığı ve Yol Bilgi Sisteminin Oluşturulması

Projenin amacı; SPOT 5m. çözünürlüklü siyah-beyaz uydu görüntülerini kullanarak Türkiye yol ağı bilgi sistemini oluşturmaktır. Proje 2005 yılında başlamış ve Kasım 2007 tarihinde bitirilmesi planlanmaktadır.

Proje iki aşamadan oluşmaktadır:

- *Uydu Görüntüsü İşlemleri:*

TÜRKİYE'ye ait 2005 yılı SPOT uydu görüntülerinin (%95 bulutsuzluk) 9 m koordinat doğruluğunda ortorektifikasyonu ve mozaiklenmesi,

- *Yol Ulaşım Ağı'nın Oluşturulması ve Bilgi Sistemine Aktarılması:*

Görüntü üzerinden yol sayısallaştırması, yol bilgilerinin veritabanına girilmesi ve yol envanterlerinin çıkarılması.

Projede;

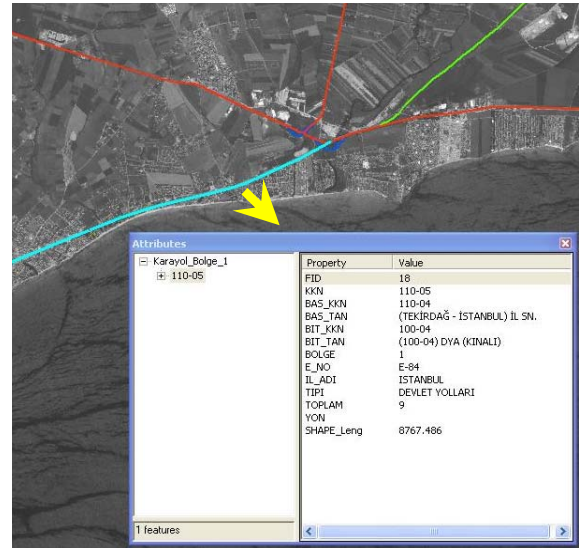
- Devlet ve İl yolları
- Otoyollar
- E yolları
- Kavşaklar
- Köprüler

sayısal hale getirilmiş ve sisteme entegre edilmiştir.

Türkiye 16 karayolu bölgesinden oluşmaktadır.



Şekil 11. Türkiye karayolu bölgeleri



Şekil 12. 110-05 nolu devlet yolu.

KKN: Karayolları Genel Müdürlüğüne tanımlanan kontrol kesim numarası

BAS_KKN: Başlangıç Kontrol Kesim Numarası

BAS_TAN: Başlangıç Tanımı

BIT_KKN: Bitiş Kontrol Kesim Numarası

BIT_TAN: Bitiş Tanımı

BOLGE: Bölge numarası.

E_NO: E Yol numarası

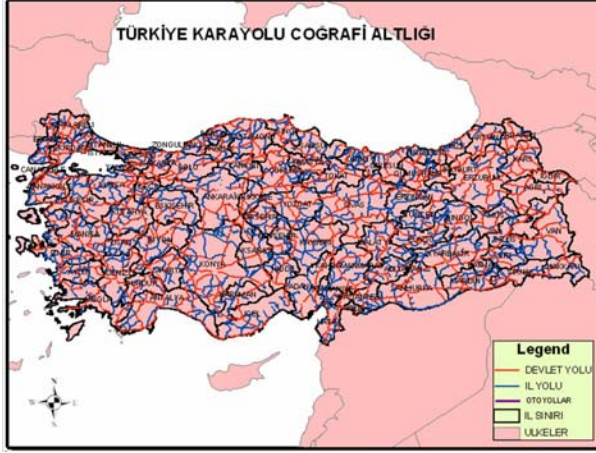
IL_ADI: Yolun geçtiği il adı

TIPI: Devlet veya il yolu olduğunu açıklamaktadır.

TOPLAM: Toplam yol uzunluğu (km)

YON: Yolun Yönünü göstermektedir.

Daha sonra arazide toplanan köprü, viyadük, menfez vb. karayoluna ait her türlü sanat yapıları ile yol bakım istasyonlarının öznelik bilgileri sisteme girilecektir. Proje sonunda Resim 2.'de görüldüğü gibi Türkiye'ye ait karayolu ağı ve buna bağlı bilgi sistemi oluşturulacaktır.



Şekil 13. Türkiye karayolu coğrafi altlığı

2.2.5 Yerel Esaslı Hizmetlerde (LBS) Kullanılacak Sayısal Harita Üretimi

Projenin amacı; yüksek çözünürlüklü İkonos uydu görüntüleri kullanarak yol ağı ve önemli noktaları kapsayan bir coğrafi veri tabanı oluşturmaktır.

Proje 2004 yılında başlamış ve halen devam etmektedir. Tüm Türkiye'deki il ve ilçe merkezlerini içermesi hedeflenmektedir. 2006 yılı sonu itibarıyla 38 il (Örneğin; Ankara, İstanbul, İzmir, Antalya, Trabzon, Şanlıurfa, Malatya vb.), 15 ilçe (Örneğin; Didim, Kuşadası, Bodrum, İskenderun vb.) merkezinde 5m konumsal hassasiyette, 1m çözünürlükte uydu görüntüleri sağlanmış; arazi çalışması ile sayısal haritalar oluşturulmuştur.

Projede Yapılanlar:

- Görüntü ortorektifikasyonu (Yatayda 5m hassasiyet)
- Görüntü üzerinden yol sayısallaştırması
- Arazi çalışması yapılarak landmark bilgilerinin ve yol isimlerinin toplanması
- Arazi kontrolüne çıkılarak örneklem alanlarda veri kalite kontrolünün yapılması
- Belediyelerden temin edilen haritalardan yararlanılarak mahalle sınırlarının çizilmesi
- Arazi örtüsü, ada katmanlarının oluşturulmasıdır.

Sayısal Haritalar;

- Karayol ağı
- Demiryolu ağı
- Landmark (önemli donatı alanları)
- Mahalle sınırları
- Arazi örtüsü, ada katmanını kapsamaktadır.

Karayolu Ağı;

- Bölünmüş Karayolu
- Bölünmemiş Karayolu
- Otoban
- Cadde
- Bulvar
- Sokak

- İç Yollar
- Toprak Yollar şeklinde sınıflandırılır.

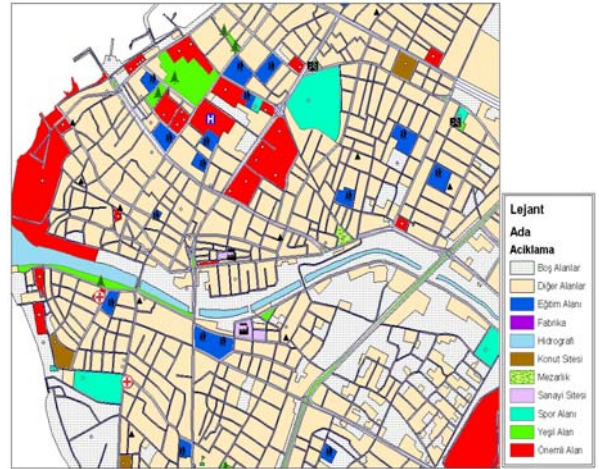
Landmark;

- Devlet/Özel İlköğretim Okulu
- Devlet/Özel Lise
- Tarihi Anıt/Bina
- Adliye Sarayı
- İtfaiye
- Botanik Bahçesi/Park/Çocuk Parkı
- Karakol
- Kütüphane
- Mezarlık
- Oteller(3*,4*,5*)
- Kamu/Özel Hastane
- Sanayi Sitesi/Fabrika
- Alışveriş Merkezi
- Spor Sahası vb. önemli noktalar yer almaktadır.

Mahalle sınırları çizilerek;

- İl Adı
- İlçe Adı
- Belde Adı
- Mahalle Adı bilgileri işlenmektedir.

Ada katmanı;



Şekil 14. Çanakkale ada katmanı

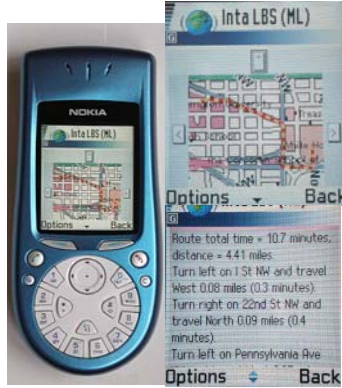
Ada katmanı oluşturulurken; öncelikle yol tiplerine göre belli bir genişlikte tampon bölgeler (buffer) oluşturulur. Tüm haritalanan alandan bu poligon haline gelen yol dosyası çıkartılarak (clip) adalar oluşturulur. Son olarak da adalara içinde bulunan landmarka göre bilgileri atanır. Bu bilgiler:

- Yeşil Alan
- Spor Alanı
- Eğitim Alanı
- Önemli Alan (Ör: Kamu kurum kuruluşları, alışveriş merkezler vb.)
- Mezarlıklar
- Konut Sitesi
- Sanayi Sitesi
- Fabrika
- Diğer Alanlar

- Boş Alanlar

şeklinde sınıflandırılır. Tamamlanan veri rehber harita görünümüne gelmiştir. Son kullanıcı için daha anlaşılır bir sunum sağlamaya yarar.

Tüm bu çalışmalar tamamlandığında; kullanıcı ekranında:



Şekil 15. Mobil Telefon Ekran Görünümü

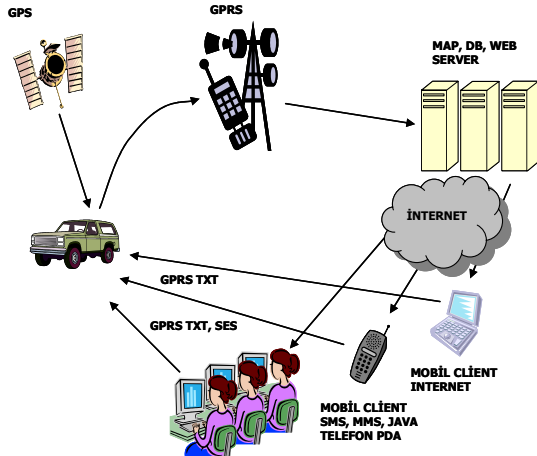
Uydu görüntüsü üzerinde sayısal haritalar (Önemli donatı noktaları, yol ağı ve rota) görüntülenir ve bu görüntü yazılı metin (donatının özellikleri ve rotanın açıklaması) ile desteklenir.

Tüm bu veriler Filo (Araç) Takip Sistemi'nde de kullanıma açılabilir.

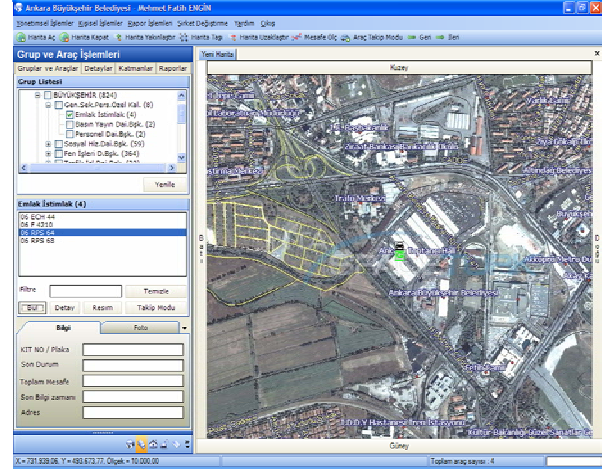
Filo Takip ve Yönetim Sistemi ile araçların,

- Anlık olarak nerede oldukları
- Geçmişte hangi güzergahları izledikleri
- Hangi noktalarda hız limitlerini aştıkları
- Nerelerde bekleme yaptıkları
- Ne kadar mesafe kat ettikleri
- Tanımlı çalışma bölgeleri içinde kalıp kalmadıkları
- Belirlenen güzergahlara uyup uymadıkları

uydu görüntüleri ve sayısal haritalar üzerinde kontrol edilebilir.



Şekil 16. Araç takip çalışma esası



Şekil 17. Ankara Büyük Şehir Belediyesi araç takip sistemi

3. SONUÇ

Bugün için uydu ile uzaktan algılama yaklaşımı, uygulamanın beklentilerine karşılık verecek nitelikte önemli özelliklere sahip bulunmaktadır. Görüntüdeki yeknesaklığın yanında geniş yeryüzü alanları, belirli aralıklarla yinelemeli ve yüksek ayırma gücünde elde edilebilmektedir. Algılayıcı platformu oldukça kararlı (stabil), yörünge zaman ve izleri ise kesin olarak bilinmektedir. Uydu, yer istasyonundan yönetilebilmekte ve kapsama alanı içerisinde kalan bölgeye ait görüntüler, kullanıcının istediği zaman aralığında ve yüksek kalitede elde edilmenin yanı sıra, kullanıcı beklentilerini karşılayacak düzenleme ve eklentilerle gerektiğinde anahtar çözüm ürünler sunulabilmektedir. Her bir görüntü maliyeti; müşteri beklentisinin temel parametrelerinden olan zaman, doğruluk, hız ve güncellik unsurları ön planda tutulduğunda, havada taşınan algılayıcılardan elde edilen görüntülere kıyasla, göreceli olarak daha düşük ve daha güvenilir olabilmektedir. Askeri istihbarat, değişim izlenmesi, iletişim hizmetleri gibi geniş ve yeknesak yeryüzü alanlarına ait görüntü isteyen uygulamalarda bu yaklaşımın kullanımı oldukça büyük yararlar sağlamaktadır.

Ülkemizin jeopolitik ve stratejik konumu nedeniyle sık ve çoğu kez olumsuz yönde değişiklik gösteren komşuluk ilişkilerinin yarattığı sürekli gerginlik, öncelikle Türk Silahlı Kuvvetlerini etkilemekte ve ülke savunmasına yönelik eğitim, tatbikat ve planlama çalışmalarında güncel coğrafi bilgiye olan gereksinimi her geçen gün artmaktadır. Gelişen teknolojilerin doğal bir uzantısı olarak, Silahlı Kuvvetler envanterine yeni alınan çağdaş kara, deniz ve hava araçlarının hareket yetenekleri ile bunların üzerinde yerleşik silah sistemlerinin vuruş gücünü çoğaltan unsurlar arasında sayısal coğrafi bilgiler başlıca yeri almaktadır. Bu harp silah ve araçlarının eğitimlerinin gerçek ortamlarda yapılmasının getirdiği yüksek maliyet, bilgisayar teknolojisinin bu alandaki en önemli buluşları arasında sayılan simülasyon tekniklerini devreye sokmakta, bu tekniklerin de temel veri kaynağını yine sayısal coğrafi bilgiler ve bunun temel kaynağı olan uydu görüntüleri içermektedir.

Söz konusu coğrafi bilgiler, savunma kadar kalkınma amaçlı kullanımda da büyük önem taşımaktadır. Gittikçe tükenmeye yüz tutan ülke doğal kaynaklarının güvenilir envanterlerinin tutulması, bu kaynakların korunması, iyileştirilmesi, yenilerinin bulunması ve bu bağlamda ciddi planlamaların yapılmasının

yanında, kalkınmaya yönelik her türlü yatırım, etüd ve proje çalışmalarında, coğrafi bilgiye olan gereksinim hızla artmaktadır.

Her geçen gün kullanıcı çoğalan ve kullanım alanları çok boyutlu olan coğrafi bilgilerin yer aldığı veri tabanlarının günümüzdeki en büyük sorunlarının başında güncel tutulmaları gelmektedir. Oluşturulmalarının büyük maliyetleri gerekli kıldığı bu veri tabanlarının güncel tutulmaları da ayrı bir maliyeti beraberinde getirmektedir. Söz konusu oluşturma ve güncelleştirme aşamalarında; konuyu hızlı, güvenilir ve ekonomik gerçekleştirecek veri toplama yöntemlerinin kullanılması da ayrı bir önem taşımaktadır. Tüm bu sorunların etkin çözüm adresi olarak uydu görüntüleri ağırlığını daha da artırıcı yönde gelişmeler göstermektedir.

Kaynaklar

Önder, M., 1998. Smith, Uydu Görüntülerinden –Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemine Temel Oluşturacak Nitelikte- Topoğrafik Harita Üretimine Yönelik Analiz ve Öneriler. Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Önder, M., 1999. Uzaktan Algılama Ders Kitabı. Kara Harp Okulu Yayınları.

Önder, M., 2002. Uzaktan Algılamada Topoğrafik Uygulamalar. Harita Genel Komutanlığı Yayınları.