

ORTOFOTO ÜRETİMİNDE TAPU VE KADASTRO VİZYONU

İbrahim CANKURT¹, Levent ÖZMÜŞ², Bilal ERKEK³, Sedat BAKICI⁴

¹Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Harita Dairesi Başkanlığı, Ankara, icankurt@tkgm.gov.tr

²Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Harita Dairesi Başkanlığı, Ankara, lozmus@gmail.com

³Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Harita Dairesi Başkanlığı, Ankara, berkek@tkgm.gov.tr

⁴Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Harita Dairesi Başkanlığı, Ankara, sbakici@tkgm.gov.tr

1. Giriş

Halen tüm Dünyada ve Türkiye’de coğrafi/mekansal/konumsal bilgiye olan ihtiyaç günden güne artmakta, bu ihtiyaca paralel olarak farklı kurum ve kuruluşlar tarafından, farklı kaynaklardan, farklı yöntemlerle, farklı kalitede coğrafi bilgi ve veri üretilmektedir.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM), Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi çalışmalarının temel mekansal altlıklarından jeodezi, kadastro, metaveri, ortofoto gibi en önemli kısımlarını üreten, yöneten, geliştiren ve ülkenin diğer kurum ve kuruluşlarına servis sağlayan bir kurum durumundadır. Mekansal bilgi sistemlerinin vazgeçilmez katmanlarından bir tanesi olan, uzaktan algılama araçlarından elde edilen uydu fotoğrafları ve / veya hava fotoğraflarından oluşan görüntü altlığı gereksinimi bu kapsamda oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu konuda da önemli projelere imza atan TKGM’nde, Ortofoto Bilgi Sistemi projesini hayata geçirmiştir. 1955 yılından bu yana fotogrametrik üretim yapan Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, 2009 yılında bünyesine kazandırılan sayısal hava kamerası ile dünyadaki teknolojik gelişmeleri yakından takip etmekte ve bu konuda da sektördeki lokomotif görev başarılı bir şekilde yürütmektedir. 2009 yılından beri ülke genelinde 267.000 km² alanın 1/5000 sayısal renkli ortofoto görüntülerinin üretimi gerçekleştirilmektedir. Üretimi gerçekleştirilen ortofoto görüntüler, özellikle sayısal kadastro çalışmaları ile diğer kurumların mühendislik projelerinin karar-destek süreçlerinde, kalite-bütünlük kontrollerinde ve yasal boyutuna altlık oluşturmada kullanılabilecek özelliktedir.

2. Ortofoto ve Ortofoto Harita

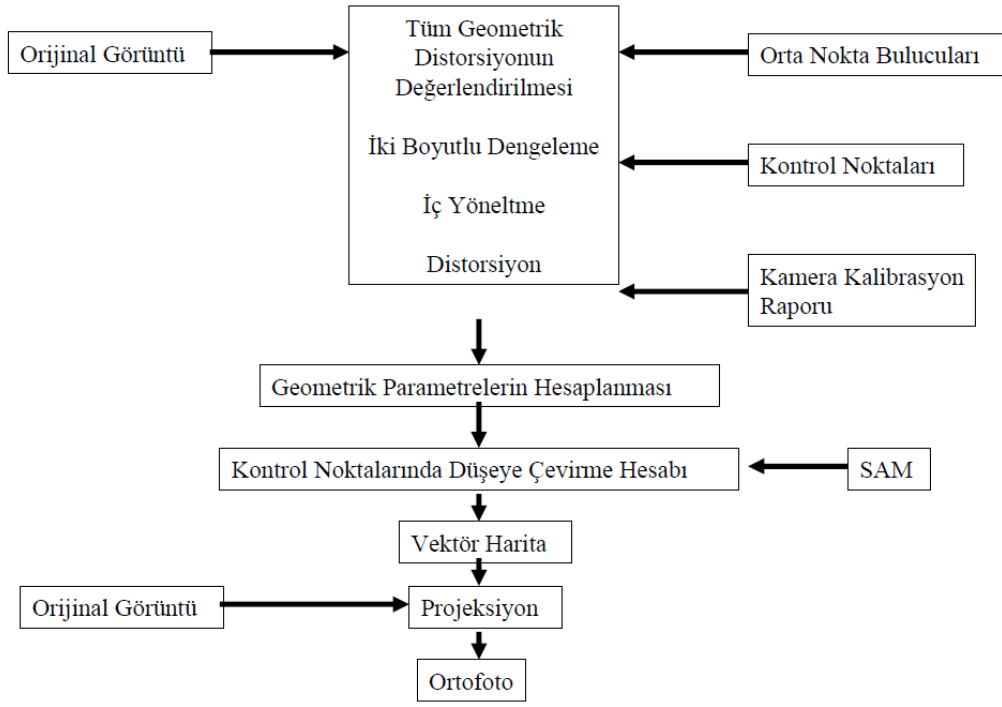
En genel anlamıyla **ortofoto**; eğiklik, dönüklük ve yükseklik hatası giderilmiş, yeryüzünü bozulma olmaksızın ölçekli bir şekilde gösteren yeniden örneklenmiş hava görüntüleridir. Bugün ortofoto ve ortogörüntü kavramları birlikte kullanılmaktadır.

Ortofoto harita ise çizgi haritalar gibi belirli bir pafta bölümlenmesine göre üretilmiş, üzerine kartoğrafik bilgilerin (Harita kenar bilgileri, gridler, eş yükselti eğrileri, isimler vs.) eklendiği ortofotolar olarak tanımlanabilir.

Ortofoto mozaik, birden fazla ortofotonun tek bir altlık üzerinde bir araya getirilmesi ile elde edilen ortofoto görüntüleridir.

Ortofoto Haritalar; kadastronun yenilenmesi/güncellenmesi, kentsel dönüşüm/imar proje altlığı, tarım, orman, afet yönetim bilgi sistemleri benzeri coğrafi bilgi sistem ve karar destek projelerinde altlık olarak kullanıldığı gibi ulusal güvenlik projelerinde de ilgili kurumlarca yaygın olarak kullanılmaktadır.

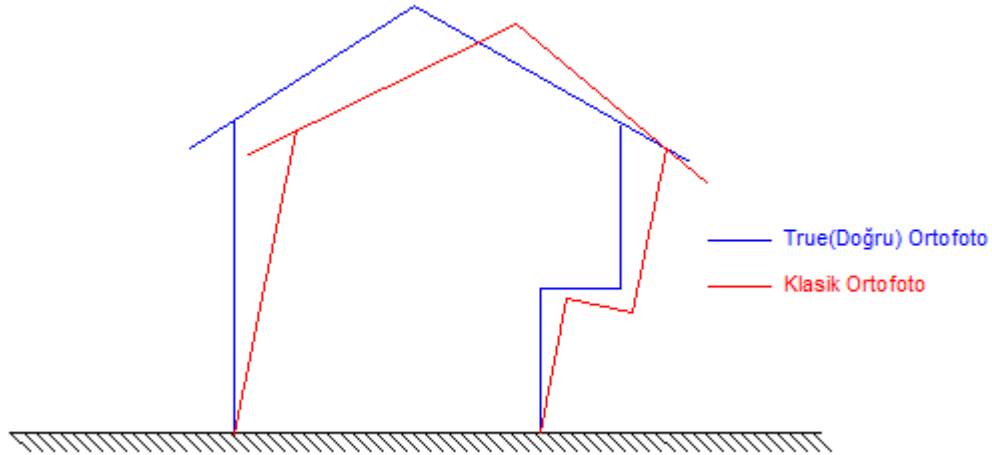
Ortofoto üretiminde; sayısal olarak alınan hava görüntüleri üzerinde, optik distorsiyon ve kamera eğikliği gibi etkenlerden ötürü oluşan yer değiştirmeler giderilir. Topografik rölyeften kaynaklanan yer değiştirmeler ise Sayısal Arazi Modeli yardımıyla düzeltilmektedir. Mevcut olan Sayısal Arazi Modeli kullanılabileceği gibi, fotoğraflar kullanılarak da uygun bir Sayısal Arazi Modeli hesaplanabilmektedir. Ortofoto üretim için akış diyagramı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



True (Doğru) Ortofoto

Yüksek doğruluklu Sayısal Arazi Modelleri (SAM) kullanan ortogörüntülerde bile öteleme (relief) hataları kaçınılmazdır. Bu hata fotoğrafın eksenler etrafındaki eğiklik ve dönüklüğü ile yakından ilgilidir. Bu hataların düzeltildiği ortogörüntülere true (doğru) ortofoto ismi verilmektedir. Bu hataların elimine edilmesi için binaların da doğru bir şekilde modellendiği Sayısal Yüzey Modeline ihtiyaç vardır. Bunun için bina çatılarının elle stereo sayısallaştırma yöntemi ile ya da arazi bütünlemesi yöntemiyle sayısallaştırılması ve SAM ile birlikte bu verilerin birlikte kullanılması gerekmektedir.

Kabiliyet ve donanım olarak True Ortofoto üretim kapasitesine sahip olan TKGM, ürettiği projelerin büyüklüğü ve kullanım amacı doğrultusunda bu yöntemle ortofoto üretimi yapmamaktadır.



Yakın Kızıl Ötesi (NIR) Ortofoto

Siyah-beyaz ve renkli ortofotolarda hava fotoğraflarındaki bitki örtüsü ve ağaç türü ayrımında, doğal şekiller ve renkler arasındaki ton farkları esas alınmaktadır. Renk tonlarının aynı ağaç türü ve bitki örtüsünde dahi; kapalılık, güneş açısı ve toprak türüne bağlı olarak değişim göstermesi zor ve hatalı uygulamaları beraberinde getirebilmektedir.

Kızılötesi ortofotolarda renk tonları arasındaki fark oldukça fazladır. Bu nedenle özellikle ağaç ve bitki örtüsü tipi gibi tanımlamalarda kızılötesi ton farklılıkları büyük kolaylık sağlamaktadır. Kızılötesi ortofotolar kullanılarak sayısal ortamda yapılacak tanımlamalar ile bitki örtüsü ayrımları, ağaç sınıflandırmaları ve hasta/sağlıklı ağaç ayrımı gibi karşılaştırmalar otomatik olarak kolaylıkla yapılabilmektedir.



3. Ulusal Mekansal Veri Tabanı İçin Görüntü Altlığı İhtiyacı

Mekansal bilgi sistemlerinin vazgeçilmez katmanlarından bir tanesi olan görüntü altlığı katmanı, uzaktan algılama araçlarından elde edilen uydu fotoğrafları ve/veya hava fotoğraflarından üretilir. Uydu fotoğraflarının kapsamı, içeriği, doğruluğu yanında hava fotoğraflarının kullanılabilirliği pek çok araştırmalarla incelenmiş, imkanların elvermesi durumunda hava fotoğraflarının bu temel altlığı oluşturmada en hızlı ve güvenilir bir kaynak olup, üretim maliyetlerinin de uydu fotoğraflarına göre daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca farklı kurum ve kuruluşların ortak ihtiyaçlarını karşılamak üzere yapılan incelemelerde uydu fotoğraflarından daha çok hassas, bulutsuz, güvenilir ve güncel hava fotoğraflarına ve bu fotoğraflardan üretilen ortofoto görüntülere ve ara ürünlere (sayısal yükseklik modeli vb.) ihtiyaç duyulduğu anlaşılmıştır.

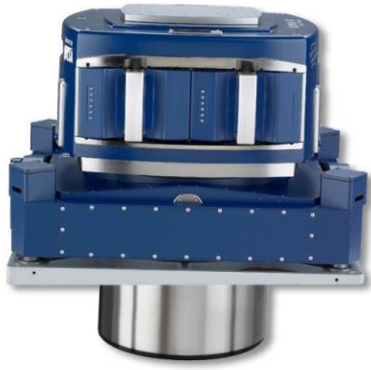
4. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünde Ortofoto Üretimi

TKGM'nde, hem kurum ihtiyaçlarının karşılanması hem de ülkenin diğer kurum ve kuruluşlarının mekansal projelerine altlık oluşturulması amacı ile sayısal renkli ortofoto üretimi yürütülmektedir.

4.1 Donanım ve Teknoloji

Sayısal renkli ortofoto çalışmalarını yürüten TKGM bünyesinde;

- GPS/IMU destekli DMC sayısal kamera monte edilmiş bulunan 1 adet uçak
- Hava görüntüleri ve ortofotoları depolamak amaçlı storage
- Uçuş planı, GPS/IMU hesaplamaları, sayısal görüntü işleme, fotogrametrik nirengi, sayısal yükseklik modeli üretimi, stereo değerlendirme, ortofoto üretimi yazılım ve donanımları
- Görüntü web servisi yazılım ve donanımları kaynakları mevcut bulunmaktadır.



Bu üretim çalışmaları gerçekleştirilirken, TKGM'nin kendi imkanları yanı sıra özel sektörün imkanlarından da faydalanılmaktadır.

4.2 TKGM'de Sayısal Renkli Ortofoto Üretim Çalışmaları

Yoğun ve kapsamlı çalışmalar başladığından itibaren ülke genelinde yaklaşık 267.000 km² alanın 1/5000 sayısal renkli ortofoto görüntülerinin üretimi yapılmıştır.



1:5000 Ölçekli Sayısal Renkli Ortofoto Üretim Alanları

Özel sektörün de süreçlere katkı sağlaması ile birlikte ülke genelinde toplam 225.000 km² alanda ortofoto üretim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Aynı dönemlerde TKGM kendi yetkin personel ve ekipmanı ile 42.000 km² alanda ortofoto üretim çalışmalarının tüm süreçlerini gerçekleştirmekte ve takip etmektedir. Bu sayede kurumun güncel teknolojileri takip etme ve kullanma kabiliyetleri de en üst seviyede tutulmaktadır.

4.3 Ürünler ve Kalite Çalışmaları

Z/I DMC sayısal kamera ile pankromatik, renkli ve yakın kızıl ötesi görüntüler, aynı çekim anında elde edilebilmektedir. Görüntülerde, spektral duyarlılık Mavi: 400-580 nm, Yeşil: 500-650 nm, Kırmızı: 590-675 nm ve Yakın kızılötesi 675-850 nm olup radyometrik çözünürlük 12 bit'tir.

Görüntülerin her bir pikseli 12 mikrometre büyüklüğünde olup, araziden itibaren 3000m yükseklikten elde edilen görüntülerin mekansal çözünürlüğü GSD = 30 cm'dir. Mayıs-Ekim aylarında, güneşin tam dik olduğu zamanlarda yapılan çalışmalarla elde edilen görüntüler %99.9 bulutsuz olmaktadır.

Jeodezik çalışmalar ve GPS/IMU değerlendirmelerinde TKGM'nin başarılı projelerinden bir tanesi olan TUSAGA-Aktif verileri kullanılmakta ve konumsal doğrulukları 1-2 cm olan yer kontrol noktaları ile çalışılmaktadır. Bu kapsamda fotogrametrik nirengi değerlendirme çalışmalarında konumsal doğruluk piksel boyutunun dörtte birine yakın, yükseklik doğruluğu da 1/3 piksel olarak elde edilmektedir.

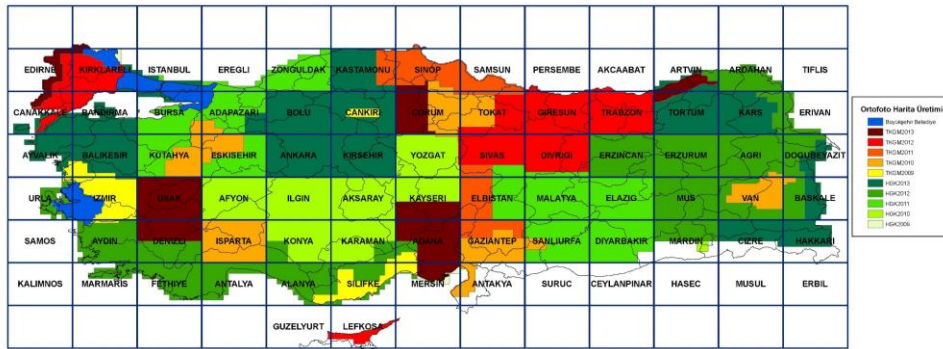
Yükseklik katmanı için de önemli bir yer tutan bu bilgiler, tüm üretim bölgesinde büro çalışmaları esnasında üretildiğinden, projenin görüntü altlığı yanında hassas yükseklik modelini de oluşturmaktadır. Arşivlerde depolanan bu veriler web servisleri ile ve/veya ürün olarak kullanıcılara ulaştırılmaktadır.

Üretimi gerçekleştirilen ortofotolarda konum doğrulukları 1-1.5 piksel büyüklüğünde olabilmektedir.

5. Ortofoto Üretimi Yapan Kurum ve Kuruluşlar İle Yapılan Çalışmalar

2008 yılına kadar mekansal veri üretimi gerçekleştiren kurum ve kuruluşlar (İller Bankası, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, DSİ, Karayolları Genel Müdürlüğü, Orman Genel Müdürlüğü, Büyükşehir Belediyeleri) çalışmalarında kullanacakları görüntü altlığı ihtiyaçlarını maliyetleri yüksek ve konum doğrulukları 1.20 m olan uydu görüntülerinden ve/veya özel sektör marifeti ile gerçekleştirilen havadan görüntü alımı yoluyla elde edilen ortofotolarla karşılamaktaydı. Mekansal veri çalışmaları kapsamında görüntü altlığı ihtiyacını belirlemek üzere yapılan incelemelerde ve kurumlarca ortak fikir birliğine varılarak hazırlanan raporlarda 1:5000 ölçekli harita içeriğini karşılayan, konum ve yükseklik doğruluğu 30-50 cm olan bir veri üretiminin ilgili tüm kurum ve kuruluşlarca ortak olarak kullanılabileceği ortaya çıkmıştır.

Bu kapsamda 2009 yılında iki kamu kurumunda, TKGM ve HGK, bünyelerinde bulunan uçak ve sayısal kamera imkanları ile, sayısal renkli ortofoto üretimi çalışmaları yoğunluk kazanmıştır. İki kurum kendi ihtiyaçlarını karşılamak ve mükerrer iş yapmamak için aralarında "veri değişim protokolü" yapmış ve farklı alanlarda görüntü alımı gerçekleştirerek güçlerini ülke menfaatleri ve kamu yararı gözeterek birleştirmişlerdir. TKGM, GSD = 30 cm, HGK, GSD = 45 cm çözünürlüğünde görüntüler elde ederek tüm ülkeyi kapsayan ortofoto üretimi çalışmalarını devam ettirmektedir.



Ortofoto üretim alanları

7. Sonuç

TKGM 1950’li yıllardan beri sürdürdüğü harita üretimlerini başarılı projelerle devam ettirmektedir. Verilerin teknolojinin en son materyalleri ile kaliteli, güncel ve doğru bir şekilde elde edilmesi için çalışmalarını sürdüren kurum, uzaktan algılama teknolojilerinin de ülke menfaatine kullanılmasını sağlamak için çalışmalarını sürdürmektedir.

Mekansal veri temel altlığı olan ortofoto üretiminde nicelik ve nitelik anlamında artışların sağlanabilmesi için, değişen ve gelişen en son teknolojik yeniliklere hızlı geçiş sağlanmalı, bunun için gerekli adımlar bir an önce atılmalı ve yeterli seviyeye ulaşılmalıdır. Belediyeler başta olmak üzere mekansal veri üreten birçok kamu kurum ve kuruluşları ve özel sektör görüntü altlığına ihtiyaç duymaktadır.

Ülkemizde kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör de kendisini yenileyerek kapasite artırımına gitmektedir. Kentsel alanlarda değişimin hızla takip edilmesi ve planlanabilmesi, arazi değerlemesinin yapılabilmesine imkan sağlanabilmesi açısından, görüntü altlığı olarak kullanılan ortofotolar yanında eğik resim fotogrametrisi ve ürünlerinin kullanılması çalışmaları da ülkemizde gelişim göstermektedir. Bu kapsamda TKGM de her türlü teknolojik gelişimleri takip etmekte, hem donanımsal hem de insan kaynakları bakımından kapasite artırımını çalışmaları yapmaktadır.

Üretimi gerçekleştirilen, hem eski tarihli hava fotoğraflarından hem de yeni sayısal kamera görüntülerinden elde edilen ortofotolar, özellikle sayısal kadastro çalışmaları ile diğer kurumların mühendislik projelerinin karar-destek süreçlerinde, kalite-bütünlük kontrollerinde ve yasal boyutuna altlık oluşturmada kullanılacak özelliktedir. Bu amaçlarla TKGM tarafından OGC standartlarında Web Servisleri hazırlanmakta ve TUCBS görüntü katmanı başarılı bir şekilde oluşturulmaktadır.