




**T.C.**

**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# MEKÂNSAL PROJELERDE SAYISAL ORTOFOTO ÜRÜNLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNE ALTLIK OLARAK KULLANILMASI

**Mehmet Alper YILDIZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalını**

**Ağustos-2015**
**KONYA**
**Her Hakkı Saklıdır**

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

## MEKÂNSAL PROJELERDE SAYISAL ORTOFOTO ÜRÜNLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNE ALTLIK OLARAK KULLANILMASI

**Mehmet Alper YILDIZ**

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Hakan KARABÖRK**

**2015, 88 Sayfa**

**Jüri**
**Doç. Dr. Hakan KARABÖRK**
**Doç. Dr. Murat YAKAR**
**Yrd. Doç. Dr. Serkan DOĞANALP**

Ülkemizde kamu ve özel sektör alanında; mühendislik hizmetleri ve altyapı projelerinde, çevre uygulamalarında, tarım, ormancılık, yer bilimleri, ulaştırma, savunma sanayi, enerji sektöründe, belediye hizmetleri gibi birçok alanda coğrafi bilgi sistemi oluşturma amaçlı çalışmalara ihtiyaç duyulmakta ve kullanılmaktadır. Bu çalışmaların birçoğunda sistem sayısal vektör harita tabanlı çalışırken bir kısmında da geo-referanslanmış sayısal görüntülerle yani orto görüntü tabanlı çalışmaktadırlar. Bu çalışmada, sayısal ortofoto ürünlerinin farklı yer örnekleme aralıklı olarak üretilmesi durumunda hangi tür mekânsal coğrafi bilgi sistemlerine altlık olabilecekleri konusunda bir çalışma yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** CBS, Ortofoto, YÖA.

## ABSTRACT

## MS THESIS

## THE USE OF THE PRODUCT OF DIGITAL ORTHOPHOTO AS A BASE MATERIAL FOR SPATIAL PROJECTS IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

**Mehmet Alper YILDIZ**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY**
**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE**
**IN SURVEY ENGINEERING**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan KARABÖRK**

**2015, 88 Pages**

**Jury**
**Assoc. Prof. Dr. Hakan KARABÖRK**
**Assoc. Prof. Dr. Murat YAKAR**
**Asst. Prof. Dr. Serkan DOĞANALP**

In our country, studies about geographical information systems are required on engineering, infrastructure, environmental applications, agriculture, forestry, geology, transportation, defense industry, energy, municipal services and other services in public and private sector. Most of studies about GIS are vectoral based and some of other studies are orthoimage (georeferenced digital images) basis. In this study, orthophoto products which are different ground sampling distances are examined to be basis of which type of GIS's.



**Keywords:** GIS, GSD, Orthophoto.

# ÖNSÖZ

Bu çalışmada mekânsal projelerde sayısal ortofoto ürünlerinin CBS 'ne altlık olarak kullanılması durumunda farklı yer örnekleme aralıklarında üretilen sayısal ortofoto ürünlerin hangi mekânsal CBS 'ne altlık olabileceği konusunda bir çalışma yapılmıştır. Çalışmayı gerçekleştirebilmek için bir test alanı seçilmiş ve test alanında 10cm, 30cm, 50cm YÖA 'na karşılık gelen ortofoto üretimleri gerçekleştirilip bu üretimlerin geometrik doğrulukların belirlenmesi ve radyometrik değişimlerin incelemesi yapılmıştır. Daha sonra elde edilen sonuçlar yorumlanarak ve analiz edilerek hangi tür mekânsal Coğrafi Bilgi Sitemi projelerine altlık olabilecekleri ya da olamayacakları konusunda uygulamalı bir araştırma sunulmuştur.

Bu tezin hazırlanmasında katkılarını eksik etmeyen Yüksek Lisans danışmanım Doç. Dr. Hakan KARABÖRK ve bölüm başkanımız Prof. Dr. Ferruh YILDIZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Mehmet Alper YILDIZ
KONYA-2015

# İÇİNDEKİLER

**TEZ BİLDİRİMİ** ..... **iii**

**ÖZET** ..... **iv**

**ABSTRACT** ..... **v**

**ÖNSÖZ** ..... **vi**

**İÇİNDEKİLER** ..... **vii**

**SİMGELER VE KISALTMALAR** ..... **ix**

**1. GİRİŞ** ..... **1**

**2. KAYNAK ARAŞTIRMASI** ..... **2**

**3. MATERYAL VE YÖNTEM** ..... **5**

3.1. Mekânsal Alt Yapı Projelerinde Uçuş Planlamaları ..... 5
3.2. Projenin Alt Bölümlere Ayrılması (Etaplara Ayırma) ..... 7
3.3. Hava Koşullarının Fotoğraf Alımına Etkileri ..... 8
3.4. Hava Fotoğraf Alım Amaçlı Uçaklar ..... 14
3.5. Projelerde Kullanılan Sayısal Hava Kameraları ..... 22
3.6. Jeodezik Çalışmalar ..... 30
3.6.1. Pafta isimlendirme ..... 32
3.6.2. Fotogrametrik blokların teşkili ve yer kontrol nokta yerlerinin seçimi ..... 34
3.6.3. Yer kontrol noktası (YKN) tesisi, röperleme, işaretleme ..... 36
3.7. Fotogrametrik Nirengi (FN) İşleri ..... 39
3.8. Ortofoto Üretimi ..... 43
3.9. Proje Planlaması ..... 48
3.10. Coğrafi Bilgi Sistemleri ..... 54
3.10.1. CBS'nin bileşenleri ..... 55
3.10.2. CBS'nin yararları ..... 57
3.10.3. Mekânsal verinin sunumu ..... 58
3.10.3.1. Vektör veri modeli ..... 58
3.10.3.2. Hücresel (raster) veri modeli ..... 60
3.10.4. Vektör ve hücresel (raster) veri modellerinin karşılaştırılması ..... 62

**4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA** ..... **66**

4.1. Ortofoto Test Alanı ..... 66
4.2. Fotogrametrik Nirengi Ölçmeleri ..... 67
4.3. Sayısal Ortofoto Üretimi ..... 70
4.4. Elde Edilen Sonuçlar ..... 74

**5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER** ..... **80**

5.1. Sonuçlar ..... 80
5.2. Öneriler ..... 80

**6. KAYNAKLAR ..... 82**

**7. EKLER ..... 84**

**EK-1 Arazi Kotunun 2000m'nin altında olduğu bölgeler. ..... 84**

**EK-2 Arazi Kotunun 2000m'nin üstünde olan bölgeler. ..... 85**

**EK-3 Komşu ülkeler ile olan tampon bölgeler. ..... 86**

**EK-4 Türkiye Pafta İndeksi ..... 87**

**ÖZGEÇMİŞ ..... 88**

# SİMGELER VE KISALTMALAR

## Simgeler

h : Elipsoit Yükseklik
H : Ortometrik Yükseklik
N : Jeoit Yükseklik
Ω : Resim koordinat sisteminin x ekseni ile arazi koordinat sisteminin X ekseni arasındaki açı. (Enine eğiklik)
Φ : Resim koordinat sisteminin y ekseni ile arazi koordinat sisteminin Y ekseni arasındaki açı. (Boyuna eğiklik)
Κ : Resim koordinat sisteminin z ekseni ile arazi koordinat sisteminin Z ekseni arasındaki açı. (Dönüklük açısı)
$\sigma_{xy}$ : Avrupa standartlarında denetleme noktasından hesaplanan modelinin konum doğruluğu
$\sigma_z$ : Avrupa standartlarında denetleme noktasından hesaplanan modelinin yükseklik doğruluğu
μ : Mikrometre

## Kısaltmalar

BÖHHBUY : Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
CBS : Coğrafi bilgi sistemi
CCD : Yükleme İliştirilmiş Araç
CORS-TR : Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı-Aktif
FMC : Analog cihazlarda görüntü yürüme engelleyici
FN : Fotogrametrik Nirengi
GSD/YÖA : Yer örnekleme aralığı
HBB : Harita bilgi bankası projesi
HGK : Harita Genel Komutanlığı
IACS : Entegrasyon ve Kontrol Sistemi
IMU : İnersial ölçme birimi
INS : İnersial ölçme sistemi
inSAR : Interferometric Synthetic Aperture Radar
KBS : Kent Bilgi Sistemi
LPIS : Land Parcel Identification System
MSL : Ortalama deniz seviyesi
NIR : Yakın kızılötesi
SAM/DTM : Sayısal Arazi Modeli
SAR : Synthetic Aperture Radar
SRTM : Shuttle Radar Topography Mission
SYM/DEM : Sayısal Yükseklik Modeli
TAKBİS : Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi
TDI : Sayısal cihazlarda görüntü yürüme engelleyici
TKGM : Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TM : Transversal Mercator
TUTGA : Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
UJA : Ulusal Jeodezik Ağ
YKN : Yer Kontrol Noktası

# 1. GİRİŞ

Günümüzde, uzaysal ve yersel konum bilgisine olan gereksinimin artmasına paralel olarak kamu kurum ve kuruluşlarında yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanımına yönelik talep her geçen gün artmaktadır. Alınan uydu görüntüleri, başta lisans ve telif hakkı konularının getirdiği kısıtlar olmak üzere çeşitli nedenlerden ötürü yeterince paylaşılamamakta, bu durumun yanı sıra kurumlar arasında yeterli koordinasyonun olmamasından ötürü tamamen veya kısmen örtüşen coğrafi alanlarda aynı veya benzer özellikte görüntü alımları yapılmaktadır.

Oluşturulan ortofoto görüntüler kullanım alanı ve gereksinimlere göre değişiklik göstermektedir. Alınan görüntülerin radyometrik ve geometrik hassasiyetinin bilinmesi önem taşımaktadır. Meskûn alanlarda hassas ortofoto görüntülerin kullanılması gerektiği gibi aynı görüntüleri gayrimeskûn alanlar için oluşturmak fazladan zaman ve maliyet giderine sebep olacaktır. Bu tez çalışmasında farklı yer örnekleme aralıklarına göre oluşan görüntülerin hassasiyeti incelenerek uygun olan YÖA'nın bulunması için bir veri olması amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

1950'li yıllardan bu yana devam etmekte olan hava fotoğrafçılığı, sayısal kameraların kullanımıyla uydu görüntüleri ile yarışır duruma gelmiş olup daha yüksek mekânsal çözünürlük ve konumsal doğruluğa sahip ortofotoların üretimi de olanaklı hale gelmiştir. Bu durum göz önüne alındığında, ülke kaynaklarının etkin kullanımını sağlamak ve ihtiyaç duyulan uydu görüntüsü ya da hava fotoğrafına dayalı temel altlık coğrafi veri katmanını oluşturmak üzere çalışmalar başlamıştır. Ülkemizdeki kamu ve özel sektör tarafından mekânsal alt yapı bilgi sistemlerine yönelik altlık çalışmalarında, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile sayısal kameralar ile alınmış görüntülerden elde edilen ortofoto görüntüleri kullanır hale gelmişlerdir.

Tarım Reformu Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen "The Land Parcel Identification System" (LPIS: Land Parcel Identification System) Arazi Parsel Tanımlama Sistemi, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS), Harita Bilgi Bankası Projesi (HBB), Mekânsal Gayrimenkul Sistemi (MEGSİS), Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Projesi (TUCBS), Orman Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen Orman Bilgi Sistemi (OBS), Milli Emlak Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen Milli Emlak Otomasyon Projesi (MEOP), Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğünce yürütülen DASK Projesi, Harita Genel Komutanlığı tarafından yürütülen Düşey Engel Veritabanı Projesi (DEVP), Arşiv Hava Fotoğraflarından Ortofoto Üretim Projesi, Belediyeler tarafından yürütülen Kent Bilgi Sistemi Projeleri gibi birçok Mekânsal alt yapı projelerinde Mekânsal verilerin ilişkilendirileceği bir coğrafi altlık olarak "ortofoto harita" kullanılması prensibi benimsenmiştir (CFCU, 2013).

Örneğin, Tarım Reformu Genel Müdürlüğünce yürütülen LPIS projesi ile ülke genelinde belediye sınırları (meskûn saha) dışındaki tüm alanların sayısal hava fotoğrafı alınarak ortofoto görüntüleri elde edilecek, böylece tarımsal projelerin sürekliliği sağlanacak ve yatırımların atıl kalması önlenmesi hedeflenmektedir. Bu proje ile, ülke çapında 30 cm Yer Örnekleme Aralıklı ortofoto harita üretimi gerçekleştirilecektir. Proje Haziran 2015 yılında başlatılmıştır.

Sistem sayesinde Türkiye'nin kesintisiz 30 cm YÖA'lı ortofoto veri altlığı sağlanarak ülke düzeyinde kurulması (IACS: Integrated And Control

System) sisteminin Mekânsal altyapısında temel alınacak ve diğer coğrafi veriler için referans oluşturacak veri seti temin edilmiş olacaktır. Bu konu hem ekonomik hem de sosyal açıdan önem arz etmektedir. Çünkü kurumun altlık veri temini için gereksiz para ve zaman harcamalarına gerek kalmayacak, veri temini sonrası araştırma, geliştirme ve uygulama faaliyetleri için daha fazla kaynak harcayabilecek, pek çok uygulama bu altlıktan servis alarak geliştirilebilecektir. Diğer taraftan, verilere kolay erişim bu konuya duyulan ilgiyi arttıracak, CBS ve hava fotoğrafları daha fazla kullanılacak, böylece ülke genelinde artacak kullanımla yapılan yatırımın ülkeye sağladığı fayda da artacaktır. Sistemde veriler sürekli güncelleneceğinden, bu tür veriye dayalı projelerde veri temin edememe yüzünden ortaya çıkan aksaklıkların da önüne geçilecek ve projelerin sürdürülebilirliğine katkı sağlanacaktır (CFCU,2013).

IACS amaçlı ortofoto harita üretimi projesinin tasarruf niteliğinde bir proje olarak bilinmektedir. Bu sistem ile planlı ve talebe dönük fotoğraf çekim ve üretim süreci işleyeceğinden, veriler tek kaynakta tutulacak sistemden sunulacak hava fotoğrafları uydu görüntülerine kıyasla daha yüksek mekânsal çözünürlüğe ve daha iyi konumsal doğruluğa sahip olacaktır. Ayrıca hava fotoğrafı çekimi, ülkemizin yüksek çözünürlüklü bir uyduya sahip olmaması da dikkate alındığında, uydu çekimi için sağlanması gerekli teknik şartlar (çekim açısı vb.) ve hava koşulları gibi etkenlerin bileşkesi neticesinde daha esnek olmaktadır (Graham ve ark., 2002).

Teknolojideki son gelişmeler sayesinde, sayısal hava kamera görüntülerinin uydu görüntülerinin sahip olduğu avantajlardan birçoğunu içermesinin yanında, daha yüksek mekânsal çözünürlük ve konumsal doğruluğa sahip sayısal hava fotoğrafları üretilebilmekte, bu veriler çok farklı alanlarda, hatta yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin yetersiz kaldığı durumlarda dahi kullanılabilmektedir. Ayrıca, sayısal hava kameraları ve bunlara entegre çalışan GNSS-IMU (İnersial Measurement Unit) sistemleri ile çekilen hava fotoğraflarıyla yapılan çalışmalarda, analog fotoğraflara oranla daha az yer kontrol noktasına ihtiyaç olduğundan jeodezik faaliyetler yaklaşık %90 oranında azalmaktadır. Bunun yanında, hava fotoğrafı filmi temini, laboratuvar hizmetleri ile film çoğaltma ve baskı gibi işlemlerin yapılmaması da yine maliyetleri düşürmektedir. Dolayısıyla günümüzde sayısal hava fotoğrafları ve ortofotolar, sadece görünür bant ve yakın kızılötesi bilgilere ihtiyaç duyulan çalışmalar için

analog hava fotoğraflarından ve uydu görüntülerinden daha maliyet etkin ve daha iyi teknik özelliklere sahip bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kamu kurumlarının coğrafi bilgi sistemi (CBS) odaklı mevcut çalışmaları göz önüne alındığında, üretmiş oldukları projelerin yeni bir üretim projesi olmaktan ziyade bir tasarruf projesi niteliğinde olduğu ifade edilebilir. Elbette CBS projeleri için işin başlangıcında ve gerçekleştirilme aşamasında bazı yatırımlar yapılacaktır. Ancak CBS projeleri tamamlandığında kamu kurumunun ihtiyaç duyduğu tüm Mekânsal veriler kayıt altına alınmış olacak Mekânsal uygulamalarla ilgili gereksiz harcamalar azalacak veya harcanan yatırımın karşılığında elde edilen faydanın daha üst düzeye çıkarılmasını sağlanmış olacaktır. Bu nedenle CBS projeleri için harcanacak paraların bir sistemin kurulmasında kullanımı yoluyla mekânsal veri kullanan tüm projeler genelinde toplam maliyet azalacak ve tasarruf sağlanmış olacaktır. Ayrıca, bilgi sistemlerinin sürekliliği için elzem olan sayısal verinin temini ile projelerin sürekliliği sağlanarak, başarısı artırılmış ve bu kapsama giren kamudaki diğer bilgi ve iletişim teknolojileri yatırımlarının atıl kalması da önlenebilecektir (Düzgün, 2010).

Sürekli veri temini kamudaki bilgi sistemlerinin hem kârlılığını artıracak hem de hizmet sunumunu garanti edecek bir olgudur. Hava fotoğrafı ve türev ürünlerin üretimini ve sunumunu hedefleyen sistem sayesinde elde edilecek temel ürünlerden birisi ülkenin tamamını kapsayan ortofoto katmanıdır. Bu katman, Avrupa'da herhangi bir alana ait coğrafi/mekânsal veriye gerçek zamanlı erişimi hedefleyen, AB üyesi ülkelerin ulusal mekânsal veri altyapılarından daha üstte ve genel düzeyde bir altyapıyı öneren, temel esasları 2007/2/AT Direktifi ile ortaya konan ve ülkemizde coğrafi bilgi altyapısı kurulum çalışması için de referans çalışmalardan biri olan INSPIRE projesinde belirlenen tematik katmanlar arasındadır (Ecker ve ark., 1998). Buna göre, kurulacak sistemle Direktif ekinde yer alan katmanlardan biri ülkemiz ihtiyaçlarına uygun şekilde temel altlık olarak kullanılmak üzere bu proje kapsamında üretilmiş olacaktır.

## 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Mekânsal altyapı projeleri, genel olarak bakanlıklar ya da bunlara bağlı üst idarelerin (genel müdürlüklerin) görev ve sorumluluk alanı içerisine girdiğinden çalışmalar ülke genelinde yapılmaktadır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında da proje planlaması konusu ülke geneline hâkim olacak şekilde yapılmıştır. Bu nedenle hava fotogrametrisi (ortofoto) amacıyla yapılacak çalışmaların ülke genelinde belediye sınırları dâhilinde alanlar ve belediye sınırları dışındaki alanlar (özellikle tarımsal alanlar) olmak üzere iki kapsamda düşünülmesi gerekmektedir. Çünkü belediye sınırları dahilindeki alanlar meskûn sahalar olduğundan ve daha çok belediyelerin görev ve sorumluluk alanları içine girdiğinden bu sahalardaki çalışmalar yer örnekleme aralığı 8 cm-10 cm çözünürlüklü fotogrametrik çalışmalardır. Bu sahalardaki mekânsal bilgi sistemi çalışmaları daha çok kent bilgi sistemleri olarak adlandırılırlar. Genellikle belediyelerin yürütmüş olduğu çalışmalar bu kapsamdadır. Belediye sınırları dışındaki sahalar ise gayri meskûn sahalar olup daha çok tarımsal amaçlı kullanılan sahalardır ve bu tür alanlardaki çalışmalar ise daha çok yer örnekleme aralığı 30 cm çözünürlüğünde olan fotogrametrik çalışmaları kapsar. Bu çalışmalar ise ilgi alanına göre bakanlıklar ya da bunlara bağlı genel müdürlükler aracılığı ile yürütülmektedir.

Bu çalışmada gayri meskûn sahalarda yapılacak olan Mekânsal alt yapı projelerinin fotogrametrik proje planlamaları konuları ele alınacaktır.

### 3.1. Mekânsal Alt Yapı Projelerinde Uçuş Planlamaları

Yukarıda da bahsedildiği üzere bu bölümde gayri meskûn sahalarda özellikle tarımsal amaçlı bilgi sistemi projelerine altlık olacak Mekânsal alt yapı projelerinin proje planlamaları konuları ele alınacaktır. Ülke genelinde gayri meskûn sahalarda yani tarımsal amaçlı Mekânsal alt yapı projelerine altlık olacak fotogrametrik çalışmaların proje planlamaları yürürlükteki mevzuat hükümleri ve uluslararası bilimsel, teknik ve evrensel değerler çerçevesinde değerlendirilecektir.

Türkiye Cumhuriyetinin yüzölçümü 779,452 $km^2$dir. Bu sahanın 13,977 $km^{2'}$ si doğal ve yapay göl alanlarıdır. Ayrıca uluslararası hukuk gereği ülkenin kara sınırları boyunca 10 km'lik koridor sahanın (tampon saha) uçuşları komşu

ülke müşahitlerince ortak gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca askeri yasak bölge alanları için de ülkemizde sivil uçuş yasağı mevcuttur.

Ülkemiz için tampon sahanın toplam alanı 35,000 $km^2$ olmaktadır. Bu nedenle Türkiye coğrafyasının fotoğraf çekim alanı (su ile kaplı alanlar ve tampon alanlar hariç olmak üzere) 730,475 $km^2$ olarak dikkate alınabilir. Komşu ülkelerle anlaşma sağlanamaz ise tampon sahaların altlıkları yüksek çözünürlüklü stereo uydu görüntülerinden hazırlanabilir. Bu amaçla 50 cm pankromatik çözünürlüklü GeoEye, Worldview-1, Worldview-2, QuickBird gibi uydu görüntülerinden yararlanılabilir.

Ülke genelinde yürütülecek bir projede, araziye yeni atılacak fotogrametrik kontrol noktalarının Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) ve sürekli gözlem istasyonları (TUSAGA-Aktif) temel alınarak ölçü ve hesaplarının yapılması gerekmektedir. Türkiye coğrafyası dikkate alındığında uçuş planlaması, hava fotoğrafı alımı ve uydu görüntüleri ile ortofoto alımı yapılacak saha şu şekilde planlanabilir.

a- ortalama arazi kotu 2000 m'nin altında kalan bölge (Trakya bölgesi ile Anadolu coğrafyasının $40^o$ 30' doğu boylamı ile $42^o$ 30' doğu boylamı arasında $39^o$ kuzey enlemi ile kesiştiği hattın batısında kalan saha) (EK:1).

b- ortalama arazi kotu 2000 m'nin üstünde olan kalan bölge (Anadolu coğrafyasının $40^o$ 30' doğu boylamı ile $42^o$ 30' doğu boylamı arasında $39^o$ kuzey enlemi ile kesiştiği hattın kuzey ve doğusunda kalan saha) (EK:2).

c- tampon alan yönetmeliği gereğince ülke kara sınırları (toplamda 2,949 km) boyunca 10 km genişliğindeki şerit alan (EK:3).

Çizelge 3.1'de ülke genelinde 730,475 $km^2$ 'lik sayısal hava fotoğrafı alım sahasına ait proje parametre verileri hesaplanarak verilmiştir. Hesaplamalarda Vexcel ULTRACAM_X sayısal hava kamerası parametreleri dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Bilindiği üzere Türkiye, $36^o$ ile $42^o$ kuzey paralelleri, $26^o$ ile $45^o$ doğu boylamları arasında kalan 779,452.$km^2$ yüzölçümüne sahip olan bir ülkedir. Bu çerçeve saha içerisinde su ile kaplı alanlar hariç olmak üzere 387 adet 1/100000'lik pafta oluşmaktadır (EK:4). Uçuş planlaması da 1/100000'lik pafta esasına göre yapılır. Hesaplamalar, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği hükümlerine göre ITRF96 datum GRS80 elipsoidi ve GNSS

hesaplamaları 2005.0 epokta ve projeksiyon koordinatları da TM 3$^o$ esasına göre hesaplanır (BÖHHBUY).

**Çizelge 3.1.** Proje parametreleri

| | |
|---|---|
| TOPLAM ALAN (km$^2$) | 730475 |
| Yer Örnekleme Aralığı | 30cm |
| Boyuna Bindirme | % 70 |
| Enine Bindirme | % 30 |
| Kolon Sayısı | 19083 |
| Fotoğraf Sayısı | 468100 |
| Yer Kontrol Noktası Sayısı (YKN) | 2983 |
| Uçuş Süresi (saat) | 2686 |
| İntikal Süresi (saat) | 600 |
| Veri Hacmi (GB) | 190818 |
| GNSS/IMU Veri İşleme (saat) | 1193 |
| Fotogrametrik Nirengi (saat) | 47705 |
| SYM Üretimi (saat) | 117025 |
| Ortofoto Üretimi (saat) | 117025 |
| Uçuş Planlaması (saat) | 1045 |
| Yaklaşık Fotoğraf Ölçeği | 1/41500 |
| Yaklaşık Uçuş Yüksekliği (m),(araziden) | 4200 |
| 1/100000. Pafta Sayısı | 387 |
| Hava Kamerası | Vexcel UltraCam-X |
| Datum | ITRF96 |
| Elipsoid | GRS80 |
| GNSS Hesap Epochu | 2005.0 |
| Projeksiyon | TM (Transversal Mercator) |

## 3.2. Projenin Alt Bölümlere Ayrılması (Etaplara Ayırma)

Bu tür bir mekânsal altyapı projesinin fotogrametrik çalışmalarının 24 aylık bir sürede gerçekleştirilmesi öngörülmüş ise, proje süresi 4 ayrı etaba bölünebilir. Her bir etapta yapılması gereken çalışmalar aşağıda Çizelge 3.2'de özetlendiği şekliyle gerçekleştirilebilir.

**Çizelge 3.2.** Proje takvimi (etapları)

| | **$T_o$+6 ay** | **$T_o$+12 ay** | **$T_o$+18 ay** | **$T_o$+24 ay** |
|---|---|---|---|---|
| Hava fotoğrafı alımı ve uydu görüntülerinin temini | % 10 | % 50 | % 40 | |
| Yer kontrol noktaları ile kontrol noktalarının tesis, işaretleme, ölçü ve hesapları | % 10 | % 50 | % 40 | |
| Uydu görüntülerinin yöneltilmesi dış yöneltme parametrelerinin hesabı, hava fotoğrafları için blokların oluşturulması, fotogrametrik nirenginin tamamlanması ve dış yöneltme parametrelerinin hesaplanması | % 8 | % 32 | % 30 | % 30 |
| Sayısal Yükseklik Modelinin oluşturulması | % 5 | % 25 | % 35 | % 35 |
| Ortofotonun üretilmesi | % 5 | % 25 | % 35 | % 35 |

$T_o$; proje ile ilgili olarak yapılacak ön hazırlıkları kapsayan bir süredir. Yukarıdaki proje takvimine göre her bir etaptaki yapılacak işlemler aşağıdaki bölümler detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

## 3.3. Hava Koşullarının Fotoğraf Alımına Etkileri

Türkiye coğrafyasında hava fotoğraf alımı 01 Nisan ile 30 Ekim itibari ile yaklaşık 7 ay boyunca uygun olabilmektedir. Ülke genelinde yürütülecek ve 24 ay sürede tamamlanması öngörülen bir proje için tek uçuş ekibi yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle ideal olarak böyle bir proje için 5 ayrı uçuş ekibi ile uçuşların aynı anda gerçekleştirileceği düşünülürse coğrafi bölgelere göre hava koşullarının fotoğraf alımına uygunluğunun araştırılması gerekmektedir. Bu nedenle Meteoroloji Genel Müdürlüğü verileri ile önceden planlama yapılması gerekmektedir. Gerekli olabilecek veriler aşağıda açıklanmıştır.

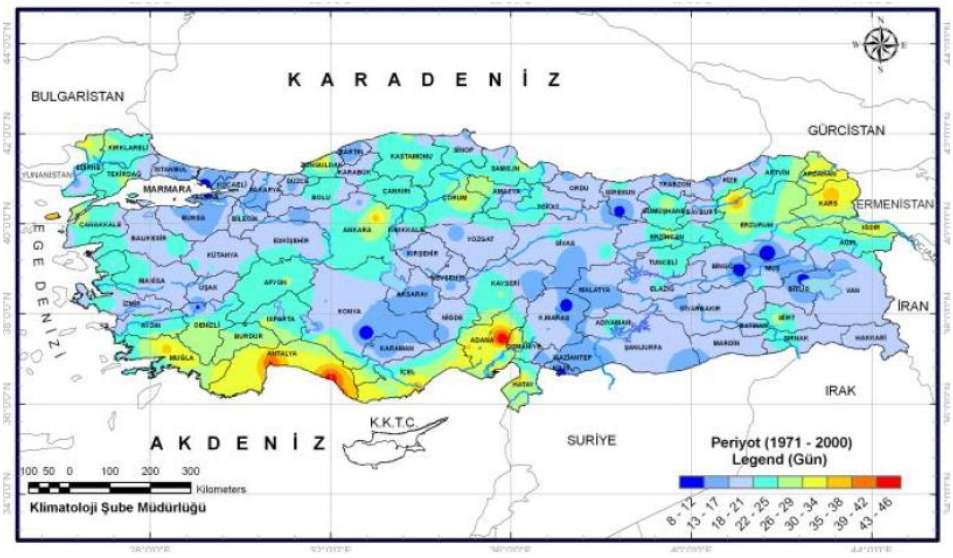
Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 1971-2000 yılları arasında yapmış olduğu istatistiklere göre (MGM, 2015) ülkemizin karla kaplı olduğu gün sayıları belirlenmiş olup karın doğada en uzun süreli olarak kaldığı bölge Doğu Anadolu olup genellikle kış aylarıdır. Bu süre 121 ila 140 gün arasında

değişmektedir (Şekil 3.1). Uçuş planlamasında bölgelere göre bu verilerin dikkate alınması gerekmektedir.




**Şekil 3.1.** Türkiye Karlı Gün Haritası

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 1971-2000 yılları arasında yapmış olduğu istatistiklere göre (MGM, 2015) ülkemizde orajlı (fırtına, şimşek, dolu gibi yağışlar) gün sayıları belirlenmiş olup orajın en uzun süreli olarak meydana geldiği bölgeler Antalya, Alanya, Adana ve Kars 'dır (Şekil 3.2). Orajlı günlerin maksimum olduğu yörelerde bu hava olayları 43-46 gün arasında oluşmaktadır. Uçuş planlamasında coğrafi yerler ve tarihlere göre bu veriler dikkate alınmalıdır.



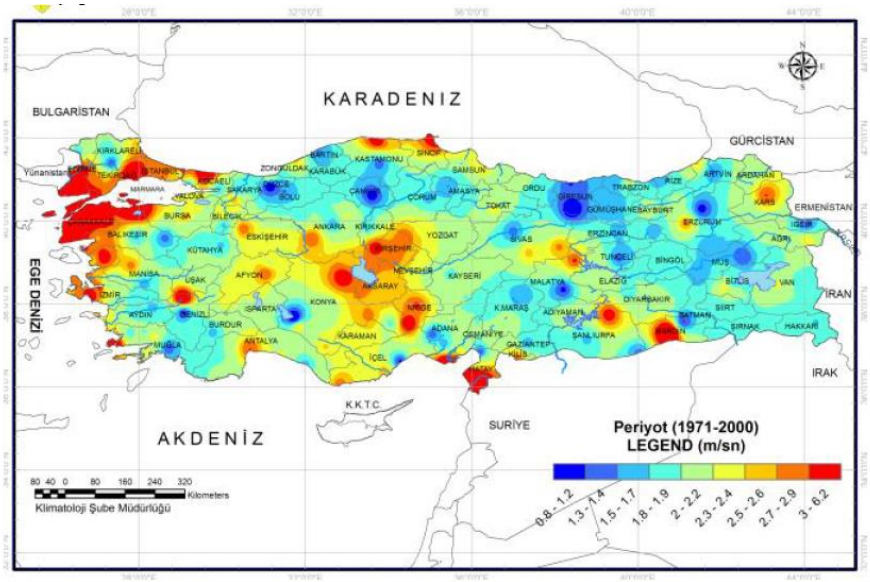

**Şekil 3.2.** Türkiye Orajlı Gün Haritası

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 1971-2000 yılları arasında yapmış olduğu istatistiklere göre (MGM, 2015) ülkemizde havanın kapalı (bulutlu) seyrettiği gün sayıları ve kapalılık oranları belirlenmiştir (Şekil 3.3). Genel olarak Karadeniz bölgesi havanın en kapalı olduğu bölgedir. UltraCam-X kamera kullanılması durumunda YÖA:30cm çözünürlük için uçuşların yeryüzünden ortalama 4000 m yükseklikten yapılması planlandığına göre yer yakını bulut tabakaların hareketlerinin bilinmesi ve uygun çekim zamanının belirlenmesi gerekir. Uçuş planlamasında bu verilerin de dikkate alınması gerekmektedir.




**Şekil 3.3.** Türkiye Bulut Haritası

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 1971-2000 yılları arasında yapmış olduğu istatistiklere göre (MGM, 2015) ülkemizin en fazla rüzgar olan bölgeleri belirlenmiş olup rüzgarın en çok hissedildiği İstanbul'un batısı, Tekirdağ, Edirne'nin güneyi, Çanakkale, İzmir yarımadası, Sinop, Hatay'ın güneyi, Mardin'in güney bölgeleri vs. dir (Şekil 3.4). Bu bölgelerde rüzgar ortalama 3-6.2 m/sn hızla esmektedir. Uçağın belirlenen koridorda uçmasını engelleyebilecek bu tür hava olaylarının önceden bilinmesinde yarar görülmektedir. Bu nedenle uçuş planlamasında bu veriler de dikkate alınmalıdır.



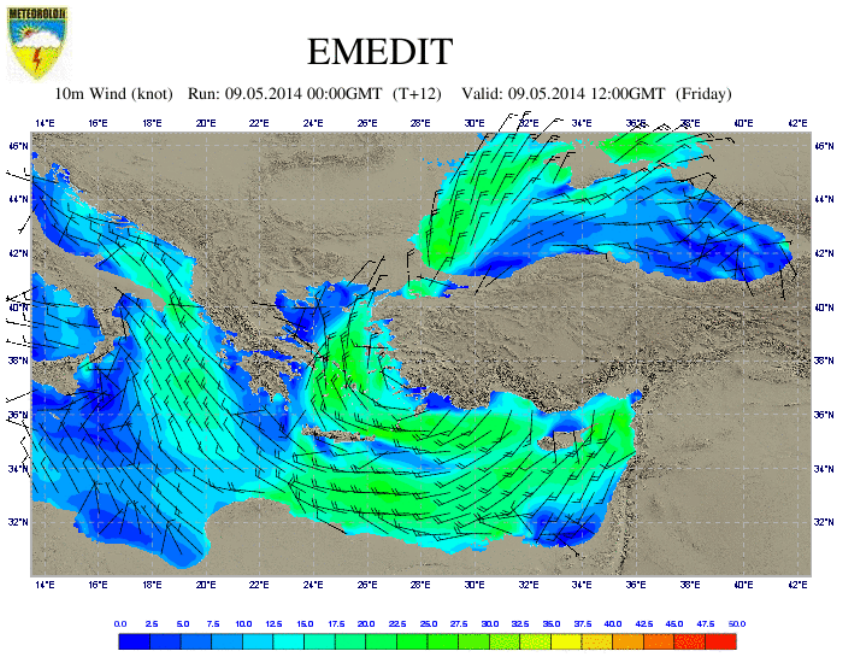

**Şekil 3.4.** Türkiye Rüzgar Haritası

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 1971-2000 yılları arasında yapmış olduğu istatistiklere göre (MGM, 2015) ülkemizin en çok yağış alan bölgesi Doğu Karadeniz bölgesidir (Şekil 3.5). Yılın ortalama 171 ila 183 günü yağışlıdır. Bunun yanı sıra diğer bölgelerin de yıllık yağış gün sayıları belirlenmiştir. Hava fotoğraf alımını olumsuz yönde engelleyebilecek bu hava olayının önceden bilinmesinde yarar görülmektedir. Uçuş planlamasında bu veriler de dikkate alınmalıdır.




**Şekil 3.5.** Türkiye Yağış Haritası

Ülkemiz üç tarafı denizlerle çevrili olması nedeniyle meteorolojik olarak açık cephe sistemlerinin etkisi altında kalmaktadır. Bu nedenle kıyı alanlarının fotoğraf alımlarında Meteoroloji Genel Müdürlüğünün bu konuda yayınlamış olduğu günlük/haftalık veriler (MGM, 2015) dikkate alınmalıdır (Şekil 3.6). Hava fotoğraf alımını olumsuz yönde engelleyebilecek bu hava olayının önceden bilinmesi gerekir. Uçuş planlamasında bu verilerin de dikkate alınması gerekir.



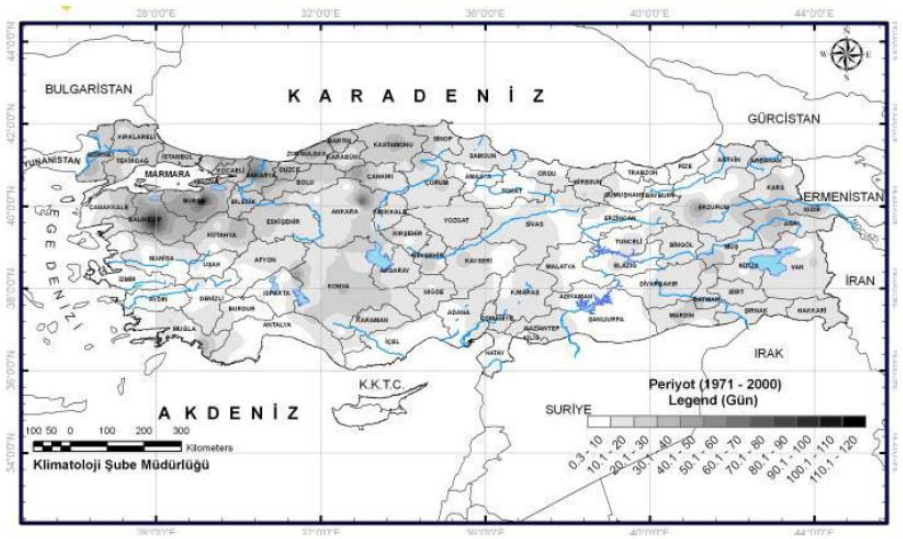

**Şekil 3.6.** Türkiye Haftalık Meteroloji Haritası

Meteoroloji Genel Müdürlüğünce hava sıcaklığının 25$^{o}$ C nin üstünde olduğu günler yaz günleri olarak tanımlanmaktadır. Bu günlerde genelde hava açık, bulutsuz ve yağışsız olur. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 1971-2000 yılları arasında yapmış olduğu istatistiklere göre (MGM, 2015) ülkemizin yıllık yaz günlerini belirlemiştir (Şekil 3.7). Güney Ege, Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu bölgeleri en uzun yaz günleri sürelerine sahiptir. Bu bölgelerde yıllık yaz günü sayıları 176-194 gün arasında değişmektedir. Ardahan bölgesinde en az yaz gününe sahip bölgemizdir. Yıllık yaz günü sayısı bu ilimizde 6-25 gün arasında değişmektedir. Uçuş planlamasında bu verilerin de dikkate alınması gerekmektedir.




**Şekil 3.7.** Türkiye Sıcaklık Haritası

Türkiye coğrafyasının en az ışınım alan bölgesi Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesidir. Bu bölgenin hem enlem değeri büyük hem de rutubetli iklimi vardır. Atmosferdeki fazla su buharı, ışınımın perdelenmesi ne neden olmaktadır. Marmara ve Kuzey Ege Bölgesi, Karadeniz'e göre biraz daha iyi durumdadır. Güney Ege, Batı Akdeniz ve Orta Anadolu Bölgeleri orta derecede ışınım almaktadır. Doğu Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri ışınım değerleri iyi olan bölgelerimizdir. Güney Doğu Bölgesinin sağ en alt ucu ise ışınım değerleri en iyi olan bölgemizdir. Sert ve soğuk iklime sahip bu yer kışın en fazla ışınım alan yerdir. Rakım yüksektir. Havadaki su buharı, yağmur ve kar şeklinde yoğuşmakta ve atmosfer daha berrak olup ışınım perdelenmesi en az seviyede oluşmaktadır. Atmosferdeki suyun buharlaşarak nemli hava kütlelerini oluşturması yer yakını soğuk tabaka ile karşılaşınca da yoğunlaşarak sis adı verilen hava olayını meydana getirmesi ülkemizde sıklıkla görülen bir durumdur. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 1971-2000 yılları arasında yapmış olduğu istatistiklere göre (MGM, 2015) ülkemizin yıllık sisli günlerini ve bölgelerini belirlemiştir (Şekil 3.8). Uçuş planlamasında bu verilerin de dikkate alınması gerekir.




**Şekil 3.8.** Türkiye Sis Haritası

## 3.4. Hava Fotoğraf Alım Amaçlı Uçaklar

Ülkemizde ve dünyada genel olarak tek ya da çift motorlu, pervaneli, kabin basınçlı uçaklar hava fotoğraf alım amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan uçaklardan bazıları bu tez çalışması için aşağıda örnek olarak aşağıdaki verilmiştir. Hava fotoğraf alım amaçlı uçakların GNSS/IMU sistemleri, uçuş yönetim sistemleri ile donatılmış uçaklar olması gerekmektedir. Uçaklar genel olarak 5-6 saat havada kalma süresi olan, 3-5 kişi personel taşıyabilen türden uçaklardır. Bunlara örnek olarak;

a- Rockwell Commander 690 Jet Prop (Çizelge 3.3),
b- Casa C 212/200 (Çizelge 3.4),
c- Piper PA-31P-425 (Çizelge 3.5),
d- Cessna 421-C Golden Eagle (Çizelge 3.6),
e- Cessna 402 Bimotere (Çizelge 3.7),
f- Cessna 172-P (Çizelge 3.8),
g- Partenavia P68 (Çizelge 3.9),

modelleri verilebilir. Bu uçakların teknik özellikleri de aşağıda çizelgeler halinde sunulmuştur.

**Çizelge 3.3.** Rockwell Commander 690 Jet Prop Teknik Özellikler

| | | |
|---|---|---|
| **Personel Sayısı** | 1-2 | Kabin Basınçlı |
| **Motor Türü** | 2 TurboProp Engines | Two camera ports |
| **Motor Modeli** | Garrett TPE331-10-511K | |
| **Motor Gücü (Her biri için)** | 634 kW | 850 shp |
| **Maksimum Hız** | 535 km/h | 289 kts |
| **Maksimum İrtifa** | 10600 m. | 35000 ft |
| **Menzil** | 3852 km | 2394 mi. |
| **Boş Ağırlığı** | 3307 kg | 7291 lbs. |
| **Azami Yüklü Ağırlığı** | 5330 kg | 11750 lbs. |
| **Kanat Açıklığı** | 15.89 m | 52.1 ft |
| **Uzunluğu** | 13.10 m | 43 ft. |
| **Genişliği** | 4.55 m | 14.9 ft. |
| **Uçuş Süresi** | 5.5 h | |
| **Flight & sensor control management** | Leica FCMS or TrackAir TopoFlight | |
| **GNSS/IMU Sistemi** | Applanix POS/AV - 510 DG | |
| **GNSS Sistemi** | NovaTel MiLLeniun RT 2 | |

**Çizelge 3.4.** Casa C 212/200 Teknik Özellikler

| | | |
|---|---|---|
| **Personel Sayısı** | 1-2 | |
| **Motor Türü** | 2 TurboProp Engines | Two camera ports |
| **Motor Modeli** | Garret TPE 331-10 | |
| **Motor Gücü (Her biri için)** | 671 kW | 900 shp |
| **Maksimum Hız** | 385 km/h | 208 kts |
| **Maksimum İrtifa** | 8000 m | 26400 ft |
| **Menzil** | 1433 km | 891 mi. |
| **Boş Ağırlığı** | 3780 kg | 8333 lbs. |
| **Azami Yüklü Ağırlığı** | 7700 kg | 16976 lbs. |
| **Kanat Açıklığı** | 20.27 m | 66.50 ft |
| **Uzunluğu** | 16.15 m | 53.00 ft. |
| **Genişliği** | 6.88 m | 22.60 ft. |
| **Uçuş Süresi** | 5.0 h | |
| **Flight & sensor control management** | Hyperspectral SAT NAV Garmin | |
| **GNSS/IMU Sistemi** | Applanix POS/AV - 510 DG | |
| **GNNS Sistemi** | Trimble SSi 4000 | |

**Çizelge 3.5.** Piper PA-31P-425 Teknik Özellikler

| | | |
|---|---|---|
| **Personel Sayısı** | 1-2 | |
| **Motor Türü** | 2 Engines Turbo charced | Two camera ports |
| **Motor Modeli** | TIO-540A | |
| **Motor Gücü (Her biri için)** | 230 kW | 308 shp |
| **Maksimum Hız** | 420 km/h | 227 kts |
| **Maksimum İrtifa** | 8850 m | 29000 ft |
| **Menzil** | 3095 km | 1925 mi. |
| **Boş Ağırlığı** | 1843 kg | 4062 lbs. |
| **Azami Yüklü Ağırlığı** | 2950 kg | 6500 lbs. |
| **Kanat Açıklığı** | 12.40 m | 40.80 ft |
| **Uzunluğu** | 9.94 m | 32.80 ft. |
| **Genişliği** | 4.04 m | 13.30 ft. |
| **Uçuş Süresi** | 5.0 h | |
| **Flight & sensor control management** | Hyperspectral SAT NAV Garmin | |
| **GNSS/IMU Sistemi** | Applanix POS/AV-510 DG | |
| **GNNS Sistemi** | Novatel Milleninum RT2 | |

**Çizelge 3.6.** Cessna 421-C Golden Eagle Teknik Özellikler

| | | |
|---|---|---|
| **Personel Sayısı** | 1-2 | |
| **Motor Türü** | 2 Engines Continental | |
| **Motor Modeli** | GTSIO-520-L | |
| **Motor Gücü (Her biri için)** | 280 kW | 375 hp |
| **Maksimum Hız** | 475 km/h | 256 kts |
| **Maksimum İrtifa** | 9205 m | 30205 ft |
| **Menzil** | 1920 km | 1200 mi. |
| **Boş Ağırlığı** | 2041 kg | 4501 lbs. |
| **Azami Yüklü Ağırlığı** | 3379 kg | 7540 lbs. |
| **Kanat Açıklığı** | 12.53 m | 41.15 ft |
| **Uzunluğu** | 11.09 m | 36.95 ft. |
| **Genişliği** | 3.49 m | 11.51 ft. |
| **Uçuş Süresi** | 5.5 h | |
| **Flight & sensor control management** | Novatel Milleninum RT2 | |
| **GNSS/IMU Sistemi** | Applanix POS/AV-510 DG | |
| **GNNS Sistemi** | Sat NAV Garmin | |

**Çizelge 3.7.** Cessna 402 Bimotere Teknik Özellikler

| | | |
|---|---|---|
| **Personel Sayısı** | 1-2 | |
| **Motor Türü** | 2 Engines Continental | One camera port |
| **Motor Modeli** | GTSIO-520-L | |
| **Motor Gücü (Her biri için)** | 280 kW | 375 hp |
| **Maksimum Hız** | 475 km/h | 256 kts |
| **Maksimum İrtifa** | 7000 m | 23100 ft |
| **Menzil** | 1920 km | 1200 mi. |
| **Boş Ağırlığı** | 2041 kg | 4501 lbs. |
| **Azami Yüklü Ağırlığı** | 3379 kg | 7540 lbs. |
| **Kanat Açıklığı** | 12.53 m | 41.15 ft |
| **Uzunluğu** | 11.09 m | 36.95 ft. |
| **Genişliği** | 3.49 m | 11.51 ft. |
| **Uçuş Süresi** | 5.5 h | |
| **Flight & sensor control management** | Novatel Milleninum RT2 | |
| **GNSS/IMU Sistemi** | Applanix POS/AV-510 DG | |
| **GNNS Sistemi** | SAT NAV Garmin | |

**Çizelge 3.8.** Cessna 172-P Teknik Özellikler

| | | |
|---|---|---|
| **Personel Sayısı** | 1-2 | |
| **Motor Türü** | 2 Engines Continental | One camera port |
| **Motor Modeli** | GTSIO-520-L | |
| **Motor Gücü (Her biri için)** | 280 kW | 375 hp |
| **Maksimum Hız** | 475 km/h | 256 kts |
| **Maksimum İrtifa** | 4500 m | 15000 ft |
| **Menzil** | 1920 km | 1200 mi. |
| **Boş Ağırlığı** | 2041 kg | 4501 lbs. |
| **Azami Yüklü Ağırlığı** | 3379 kg | 7540 lbs. |
| **Kanat Açıklığı** | 12.53 m | 41.15 ft |
| **Uzunluğu** | 11.09 m | 36.95 ft. |
| **Genişliği** | 3.49 m | 11.51 ft. |
| **Uçuş Süresi** | 5.5 h | |
| **GNSS/IMU Sistemi** | Applanix POS/AV 510 DG | |
| **GNNS Sistemi** | Trimble | |

**Çizelge 3.9.** Partenavia P68 Teknik Özellikler

| | | |
|---|---|---|
| **Personel Sayısı** | 1-2 | |
| **Motor Türü** | 2 Engines Continental | One camera port |
| **Motor Modeli** | GTSIO-520-L | |
| **Motor Gücü (Her biri için)** | 280 kW | 375 hp |
| **Maksimum Hız** | 475 km/h | 256 kts |
| **Maksimum İrtifa** | 6000 m | 20000 ft |
| **Menzil** | 1920 km | 1200 mi. |
| **Boş Ağırlığı** | 2041 kg | 4501 lbs. |
| **Azami Yüklü Ağırlığı** | 3379 kg | 7540 lbs. |
| **Kanat Açıklığı** | 12.53 m | 41.15 ft |
| **Uzunluğu** | 11.09 m | 36.95 ft. |
| **Genişliği** | 3.49 m | 11.51 ft. |
| **Uçuş Süresi** | 5.5 h | |
| **GNSS/IMU Sistemi** | Applanix POS/AV 510 DG | |
| **GNNS Sistemi** | Novatel Milleninum RT2 | |

Ülke genelinde yürütülen projelerde genellikle uçaklardan biri yedek bırakılır, diğerleri aktif uçuş görevi görür. Böyle bir projede 6 uçak planlanmış ise uçuş planlamasına göre 5 aktif 1 yedek şeklinde uçacak demektir. Öte yandan uçakların sivil havacılık kuralları gereği her 50 saatte bir küçük, her 500 saatlik uçuşlarda ise büyük bakımları söz konusudur. Yürürlükteki mevzuat gereği önce Milli Savunma Bakanlığından fotoğraf çekim izni daha sonra da uçuş izni için Sivil Havacılık Genel Müdürlüğünden NOTAM[1] (**no**tice **t**o **a**ir**m**en) alınması gerekmektedir. Bu uçakların ülke genelindeki askeri ve sivil hava alanlarına iniş/kalkış yapabilecek teknik özelliklerde olması gerekir.

Ayrıca, uçuş ve bakım işlemleri Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından çıkarılmış bulunan "Ticari Hava İşletmeleri Yönetmeliği", "Sürekli Uçuşa Elverişlilik ve Bakım Sorumluluğu Yönetmeliği" gibi uçuş ve bakım işlemlerine ilişkin idari ve teknik hususların düzenlendiği hukuki mevzuat hükümlerinin de yerine getirilmesi gerekir.

Şekil 3.9'dan da görüleceği üzere ülkemizde 19 uluslararası, 31 yerel, 17 askeri olmak üzere toplamda 67 adet hava alanı bulunmaktadır. Her bir

[1] Havacıları uçuş ve yer emniyetini etkileyebilecek bazı önemli durumlardan haberdar etmek için yayınlanan bildiri.

fotogrametrik blokların uçuşlarında iniş/kalkış yapılacak hava alanı ile yedek havaalanı önceden belirlenir.




**Şekil 3.9.** Türkiye'deki askeri ve sivil hava alanları (2014)

Uçuş planlamasından her bir uçağın fotoğraf alımı yapacağı bölge için önce o bölgedeki ilgili hava limanları ile koordinasyona geçilerek uçuş izinleri, NOTAM ve yakıt ikmalleri gibi idari ve teknik konular önceden çözülmelidir. Ülke genelinde her hava limanında uçakların kullanabileceği nitelikte yakıt temini söz konusu olamayacağı için hava fotoğrafı alım süresince bir yakıt tankeri ile uçakların yakıt ikmalleri kesintisiz sağlanmalıdır.

Sivil havacılık mevzuatına göre uçakların her 50 uçuş saatinde bir yapılması gereken küçük bakımları vardır. Bunların yapılması zorunludur. Uçaklar, özel süspansiyon sistemlerine sahip olup hava kamerası, IMU cihazı, LIDAR tarama cihazı gibi donanımların montajlarını basit bir şekilde yapılabilecek şekilde uluslararası akredite edilmiş havacılık firmalarınca uçak donanımı üzerinde gerekli düzenlemeleri yapılmış ve güvenlik sertifikaları düzenlenmiş olmalıdır.

ULTRACAM-X frame hava kamerası ile 30 cm YÖA'lı uçuş yapılması durumunda yeryüzünden itibaren ortalama 4200 m yükseklikten uçuşlar gerçekleştirilecek demektir. Batı ve Orta Anadolu'da ortalama arazi yükseltisi 1000 m olarak kabul edilirse uçakların ortalama deniz seviyesinden (MSL) itibaren 5200 m yükseklikten, Doğu Anadolu için ortalama arazi yükseltisi de 2000 m olarak kabul edilirse uçakların deniz seviyesinden (MSL) itibaren

6200m yükseklikten uçması gerekecektir. Çizelge 3.3, Çizelge 3.4, Çizelge 3.5, Çizelge 3.6, Çizelge 3.7, Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9'da her bir uçak için azami uçuş yüksekliklerine (service ceiling) değerleri incelenirse;

- Rockwell Commander 690 Jet Prop (10600 m, 35000 ft),
- Casa C 212/200 (8000 m, 26400 ft),
- Piper PA-31P-425 (8850m, 29000 ft),
- Cessna 421-C Golden Eagle (9205 m, 30205 ft),
- Cessna 402 Bimotore (7000 m, 23100 ft),
- Cessna 172-P (4500 m, 15000 ft),
- Partenavia P68 (6000 m, 20000 ft),

olduğu görülür. Fotoğraf alımı için kullanılacak uçakların maksimum uçuş yükseklikleri ile ilgili teknik bir sorun bulunmaması gerekir. Yukarıda teknik özellikleri verilen uçakların görselleri aşağıda verilmiştir (Şekil 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16).




**Şekil 3.10.** Rockwell Commander 690 Jet Prop




**Şekil 3.11.** Casa C 212/200



**Şekil 3.12.** Piper PA-31/350




**Şekil 3.13.** Cessna 421-C Golden Eagle




**Şekil 3.14.** Cessna 402 Bimotore




**Şekil 3.15.** Cessna 172-P



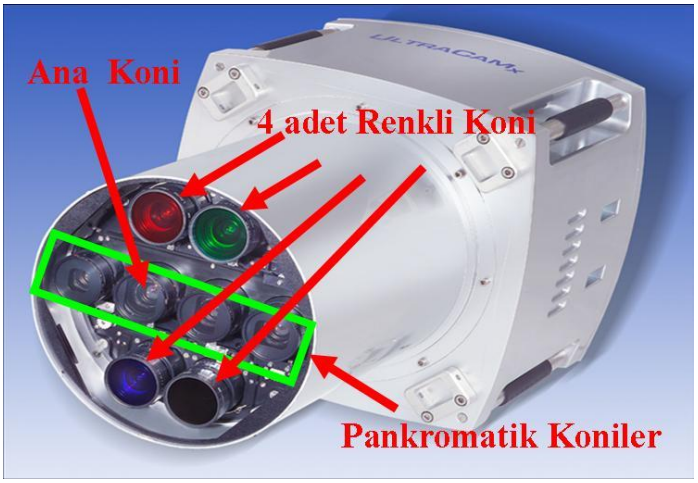

**Şekil 3.16.** Partenavia P68

## 3.5. Projelerde Kullanılan Sayısal Hava Kameraları

Hava fotogrametrisi amaçlı olarak ülkemizde ve dünyada genel olarak çerçeve bazlı (frame based) ve geniş çerçeveli sayısal hava kameraları kullanılmaktadır. Bu kameralara en iyi örnek Vexcel Ultracam-X sayısal hava kamerasıdır. Geniş çerçeveli ve çerçeve bazlı sayısal görüntü alımı yaptığından ülkemizdeki kamu ve özel sektörde genel olarak bu kamera kullanılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada bu kamera hakkında teknik bilgi verilecektir.

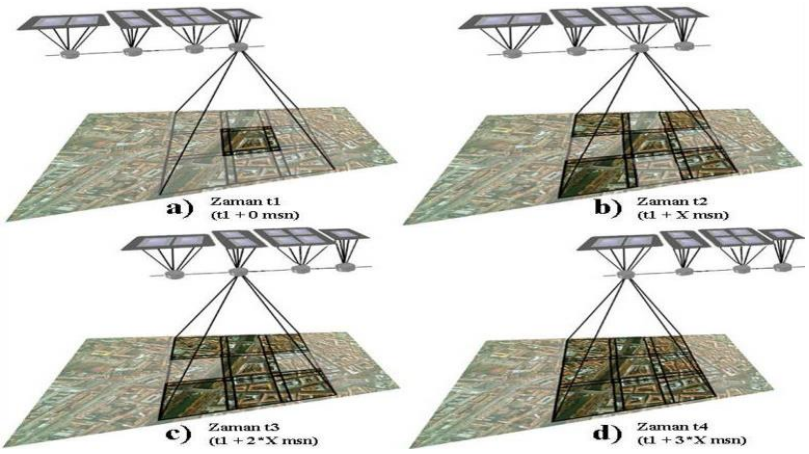
Bu kamera frame bazlı bir kamera olup pankromatik, R (red), G (green), B (blue) ve NIR (Near Infra Red) görüntü kaydedebilen özelliğe sahiptirler. UltraCam-X Sayısal Hava Kamerası, pankromatik görüntü için 4 adet kamera konisine yerleştirilmiş 9 adet CCD algılayıcı ile pozlama yapar. Görüntüler, görüntü oluşturma işlemleri esnasında birleştirilir ve UltraCam-X 14430*9420

piksellik pankromatik bütünleşik görüntü elde edilir. Renkli görüntü ise 4810 piksele 3140 piksel boyutunda kırmızı, yeşil, mavi ve kızılötesi kanallarda 4 koni tarafından aynı anda kaydedilir. Şekil 3.17'de UltraCam-X Sayısal Hava Kamera konisi görülmektedir. Kameranın odak uzaklığı 100.5 mm olup, CCD üzerindeki bir pikselin büyüklüğü ise 7.2 µm dir.



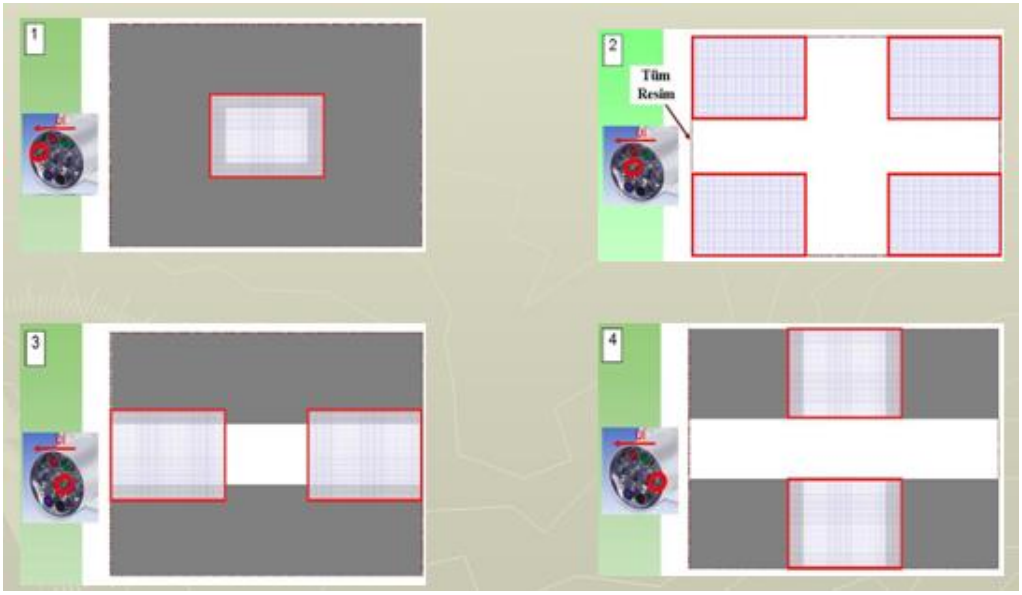

**Şekil 3.17.** UltraCam-X Sayısal Hava Kamera konisi

UltraCam-X geniş formatlı sayısal hava kamerasında pankromatik görüntü "sintopik" görüntüleme prensibi ile çerçeve görüntüyü oluşturur. Çerçeve görüntü, dört aşamalı dokuz parça görüntünün birleşiminden oluşur (Şekil 3.18).

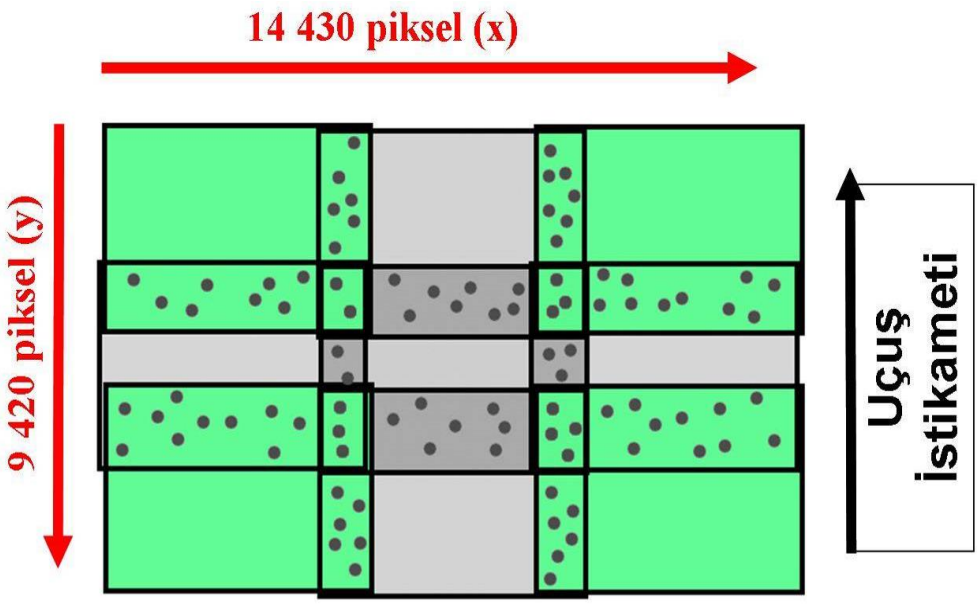



**Şekil 3.18.** Pankromatik görüntü oluşumunda dört aşamalı sayısal görüntü kaydı.

Ultracam-X kamerasında pankromatik görüntü, Şekil 3.18'den de görüleceği üzere dört pankromatik kameranın t1, t2, t3 ve t4 zamanlarında yapmış oldukları sayısal görüntü kayıtları görülmektedir. Şekil 3.19'da görüldüğü sıra ve Şekil 3.20'de görüldüğü şekliyle ortak bindirme alanlarındaki bağlama (tie) noktaları yardımıyla birleştirilerek çerçeve görüntünün (9420*14430 piksel) oluşumu aşağıdaki sıra ile gerçekleşmektedir.




**Şekil 3.19.** Sintopik görüntüleme prensibinde kayıt sırası




**Şekil 3.20.** Sintopik görüntüleme prensibinde çerçeve görüntünün oluşumu

Multispektral 4 kamera konisi (**R**ed; **G**reen; **B**lue; **NIR**), son pankromatik kamera konisinin pozlama zamanı ile eş zamanlı olarak bütünleşik (birleştirilmiş) pankromatik görüntü alanının tamamını kaplayacak şekilde pozlama yapar. Bu sayede renkli (RGB) ve yakın kızıl ötesi (NIR) görüntüler de elde edilmiş olur (Şekil 3.21).

Hava fotoğrafı çekiminde kullanılacak Vexcel Ultacam-X kamerası 13 adet sensörden oluşmaktadır, bu sensörlerden 9 tanesi 5 cm YÖA'lı pankromatik görüntü, 3 tanesi RGB (Red, Green, Blue ) formatında renkli bir tanesi de yakın kızıl ötesi (NIR: Near Infa Red) görüntü toplar.




**Şekil 3.21.** RGB ve NIR Görüntülerin Oluşumu

Uçuş sırasında kaydedilen görüntüler "raw" formatındadır yani direk görüntülenemezler ancak proses sonrası "tif" ya da diğer bir raster formatta kullanılabilirler. Vexcel UltraCam-X resim prosesleri beş seviyeden geçerek sonuç ürün haline gelirler.

SEVİYE 00: CCD lerden okunan ham görüntü birimleri, ayna görüntü vardır.

SEVİYE 0: Doğrulanmış görüntü birimleri, ayna depolama yoktur.

SEVİYE 1: Dahili ara format, radyometrik olarak düzeltilmiş 13 adet yardımcı görüntü birimi (sub-images)

SEVİYE 2: Dağıtıma (kullanılmaya) hazır format. Pankromatik yardımcı görüntüler birleştirilmiş ve geometrik olarak düzeltilmiştir. Dört renkli kanal, pankromatik veriden ayrı olarak tek bir dosyada tutulmaktadır. Renkli

görüntüler alındıkları andaki çözünürlüklerindedir fakat geometrik olarak pankromatik görüntüyle eşlenmiş durumdadır. Veri, her kanal (5 adet kanal) için 16 bit çözünürlüktedir.

SEVİYE 3: Sonuç renkli görüntü (RGB, NIR ve RGB-NIR Pan-sharpened görüntüler). Kullanıcı tarafından 8 veya 16 bitlik görüntü formatı seçilebilir. TIFF veya JPEG standart format.

UltraCam-X Sayısal Kameraları, İleri Hareket Kompenzasyon (FMC: Forward Motion Compensation)) sistemi gibi çalışan TDI (Transfer Delay Integration) sistemi (elektronik FMC) ile donatılmıştır.

UltraCam-X kamerası, ışığa karşı duyarlıdır. Bu nedenle kameranın düşük ışık koşullarında çalışma özelliği vardır. TDI nedeniyle kamera 90 derece döndürülemediği için her zaman küçük formatlı kenar, uçuş doğrultusuna paralel olarak uçağa montajı yapılacaktır.

Ultracam_X kamerasının temel bileşenleri şunlardır (Şekil 3.22).

(a) Algılayıcı birim (SX),

(b) Hesaplama birimi (CX),

(c) Kamera işletim ara yüzü (IPX),

(ç) Veri depolama birimi (DX),

(d) Veri transfer birimi (DKX).




**Şekil 3.22.** Ultracam_X kamerasının temel bileşenleri

Tüm sayısal hava kameralarda olduğu gibi UltraCam_X kamera sistemi ile birlikte çalışan INS (inersial navigation system) sistemi de vardır (Şekil 3.23).

UltraCam_X sayısal hava kamera sisteminde kullanılan yazılımlar ise şunlardır.

- OPC (Ofis Veri İşleme Yazılımı) (1 CPU destekli)
- UltraMap (Ofis Veri İşleme Yazılımı) (20 CPU destekli)

Diğer yazılımlar ise,

- Görev Planlama Yazılımı (Örneğin, Mission Planning Software (WinMP))
- Navigasyon Sistemi Yazılımı (Örneğin, IGI'nın CCNS4)
- GNSS ve IMU Ölçümlerini İşleme Yazılımı (Örneğin, AeroOffice)
- Fotogrametrik Nirengi ve Dengeleme Yazılımı (Örneğin, MATCH-AT)
- Stereo Model Oluşturma, Değerlendirme, Nokta Okuma Yazılımı (Örneğin, SOFTPLOTTER)




**Şekil 3.23.** UltraCam-X sayısal hava kamerası INS (inersial navigation system) sistemi

Projelerde genel olarak, "Uçuş Yönetim Sistemi" olarak, GNSS-IMU sistemine sahip "APPLANIX Post Track" sistemi kullanılmaktadır (Şekil 3.24). Bu sistemin önemli bir özelliği olan Direct Georeferencing (Doğrudan

Konumlama) özelliği sayesinde, veri toplama işlemleri hızlı ve hassas yapılacağı gibi, bu özellik üretimde de düşük maliyet ve yüksek ürün kalitesi sağlayacaktır.

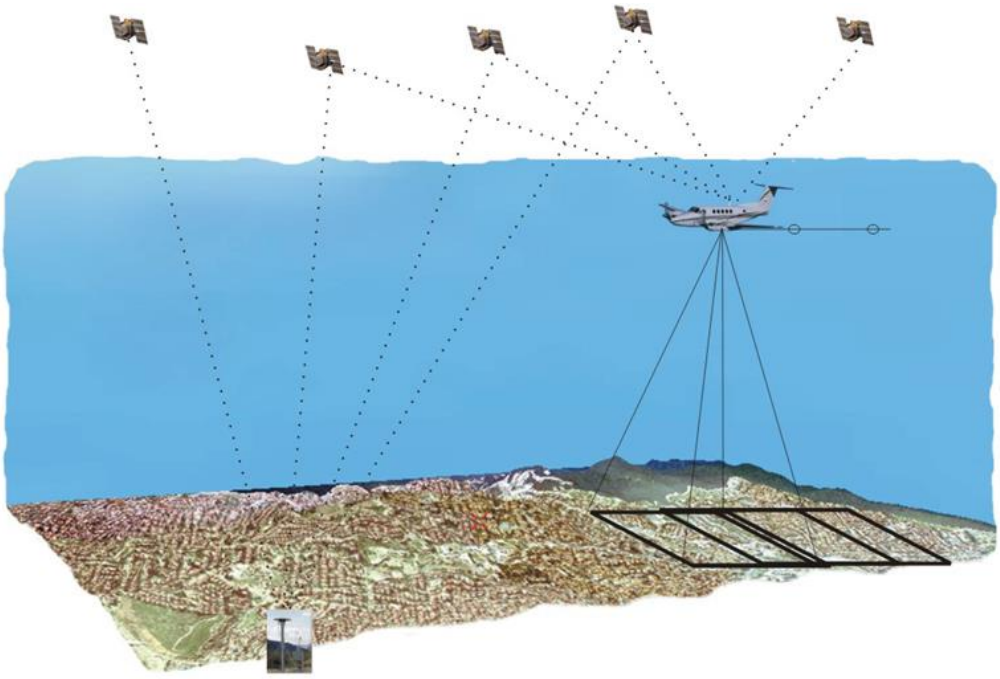



**Şekil 3.24.** Uçuş Yönetim sistemi

Genel anlamda, Uçuş Yönetim Sistemleri temel olarak iki işlevi yerine getirirler. Birinci işlevleri; havadan veri toplama için yapılan uçuş navigasyonudur. Bunun için, uçuştan önce projeye ait tüm veriler uçuş yönetim sisteminin bilgisayarına yüklenir ve bundan sonra tüm uçuş ve fotoğraf alım işlemleri bu sistemin idaresinde otomatik olarak gerçekleştirilir.

Uçuş yönetim sistemlerinin ikinci işlevleri; uçuş sırasında çekilen resimlerin projeksiyon merkezi koordinatlarını ($X_o$,$Y_o$,$Z_o$) ve dönüklük açılarını (Omega, Phi, Kappa ) ölçerek kaydetmektir. Bu gözlemler sistemin bileşenlerinden olan GNSS ve IMU ekipmanları ile gerçekleştirilmektedir.

Yapılan uçuş planları, uçağın Uçuş Yönetim Sistemine (FMS) entegre edilerek uçuş navigasyonu sağlanır, uçakta bulunan GNNS alıcıları ve pilot ara yüzü sayesinde uçuşun yapılan plana göre gerçekleştirildiği kontrol edilmelidir (Şekil 3.25).



**Şekil 3.25.** GNSS/IMU destekli uçuş

Uçuş yapılması ve görüntü alımında aşağıdaki genel kurallara uyulması gerekir (ASPRS, 2014):

a- Görüntü alımı sırasında, güneşin yükseklik açısının $30^{o}$'den büyük olması sağlanmalıdır.

b- Proje takvimine göre fotoğraf alımları üç farklı sezonda (18 ay) gerçekleştirilmesi planlandığından uçuş görevlerinin Nisan-Eylül dönemlerinde yapılmasına dikkat edilmelidir.

c- Uçuşlar bulutsuz bir havada ve yerel öğlen saatinden 2 saat önce ve sonraki zaman aralığında gerçekleştirilmelidir.

d- Uçuş planlarının planlanan durumdan olan farkları; fotoğraf ölçeğinde 2cm 'yi geçmemesi sağlanmalıdır.

e- Kamera ekseninin düşey doğrultudaki sapması 5 grad'dan fazla olmamalıdır.

f- Belirtilen dönemler dışındaki zamanlarda zorunlu hallerde hava fotoğrafı çekimi ve görüntü alımı için işveren, idarenin onayı alınmalıdır.

g- Görüntü alımında; olabildiğince geniş formatlı, kalibrasyonlu, görüntü yürümesini düzeltme özelliğine (TDI: Transfer Delay Integration) sahip, GNSS-IMU sistemi ve GNSS destekli Uçuş Yönetim Sistemleri ile entegre çalışan, sayısal (dijital) hava kameraları kullanılmalıdır.

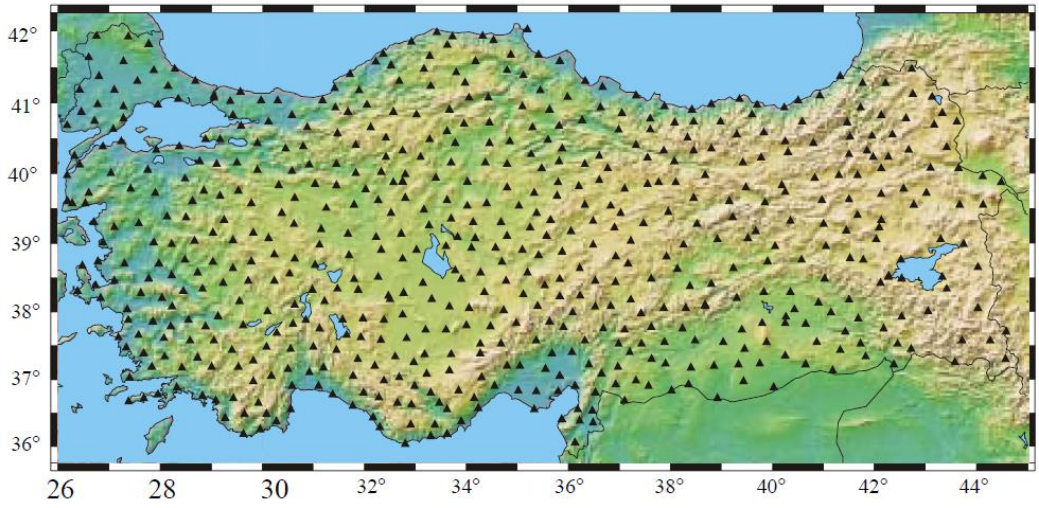
h- Görüntü alımında kullanılacak hava kameralarının, üretici firmasınca öngörülen "sistem kalibrasyonları" ile "boresight kalibrasyonları"na ait dokümanların mevcut olması gerekir.

i- Görüntü alımı için gerekli tüm izinlerin (NOTAM, uçak konaklama, vb.) önceden alınmış olması gerekir.

## 3.6. Jeodezik Çalışmalar

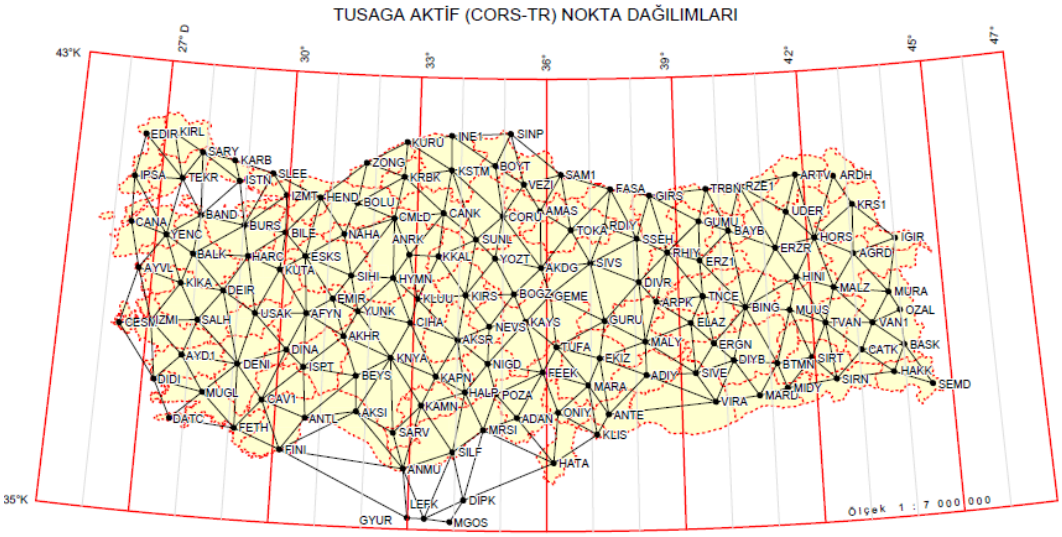
Ülkemizde yakın bir tarihe kadar ED50 datumu (Meşedağ, Ankara mebdeli) kullanılmış ve tüm jeodezik ağlar, haritalar ve ölçüler bu datumda üretilmiştir. Söz konusu Ulusal Jeodezik Ağ (UJA) çalışmaları, Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından 1950-1954 yıllarında başlatılmış ve daha sonraki sıklaştırmalarla birlikte 449215 nokta tesis edilmiştir. Tesis edildiği zamanın sınırlı teknolojisi nedeniyle UJA 1/100000-1/50,000 (10-20 ppm) bağıl duyarlılığa sahiptir (yani 100 km bir bazda 1-2 m hata söz konusu olabilmektedir).

UJA duyarlığı, bugünkü teknolojinin ulaştığı duyarlığın çok gerisinde kaldığından 1997-2001 yıllarında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve HGK tarafından 594 noktadan oluşan TUTGA (Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı) ağı kurulmuştur (Şekil 3.26). HGK tarafından hesaplanan TUTGA noktalarının koordinat ve hızları ITRF sisteminde tanımlanmıştır. Ağın bağıl duyarlığı 0.1-0.01 ppm; nokta konum duyarlılıkları ise 1-3 cm seviyesindedir.




**Şekil 3.26.** TUTGA Noktalarının dağılımı

Bunun yanında 2009 yılında HGK ve TKGM tarafından sürekli yayın yapan sabit istasyonlar projesi (Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı Aktif; TUSAGA_Aktif) hayata geçirilmiştir. CORS-TR olarak da adlandırılan bu proje kapsamında ülke genelinde ortalama 80 km ila 100 km aralıklı 145 adet nokta tesisi yapılmıştır. Bu noktaların TUTGA'ya dayalı olarak ITRF96 koordinatları belirlenmiştir (Şekil 3.27).




**Şekil 3.27.** TUSAGA-Aktif (CORS-TR) noktalarının dağılımı (2014)

Projenin başlıca amaçları, HGK ve TKGM başta olmak üzere harita ve harita bilgisi üreten kurumların, jeodezik nokta tesisi (nirengi, poligon vd), ölçüm ve hesabı, yersel harita ve kadastro ölçmeleri, veri dönüşümü ve yeni verilerin derlenmesi, farklı koordinat sistemleri (ED50/ITRFyy) arasındaki hücresel dönüşüm parametrelerini belirlenmesi, CBS/KBS amaçlı diğer yersel ölçmelerde arazide ekonomik, hızlı ve doğru olarak verilerin toplanmasını ve kullanıcılara düzeltilmiş konum bilgisi şeklinde anlık olarak yayımlanmasını sağlamaktır. Mekânsal CBS Alt Yapı Projeleri amaçları doğrultusunda araziye tesis edilecek yer kontrol ve kontrol noktaları bölgeye en yakın TUSAGA-Aktif ve TUTGA noktalarına dayalı olarak ölçülmesi gerekir ve ITRF96 sisteminde koordinatları belirlenmelidir. Uçuş esnasında da TUSAGA-Aktif nokta verileri GNSS/IMU çözümleri için kullanılabilmektedir.

### 3.6.1. Pafta isimlendirme

Tezin yukarıdaki bölümlerinde de belirtildiği üzere uçuş planlamasına esas olan blokların teşkili, bölümlendirilmesi, numaralandırılması, öncelikle 3º'lik TM dilimler itibariyle 1/100000 'lik paftalar üzerinde avan proje olarak yapılır. Daha sonra detay uçuş planları ise her bir 1/100000 'lik pafta içerisinde yer alan 1/25000 ölçekli paftalar kullanılarak detaylandırılır. Türkiye coğrafyasında 388 adet dolu ya da kısmi dolu 1/100000 'lik pafta bulunmaktadır. Her bir 1/100000'lik pafta içerisinde de 16 adet 1/25000 ölçekli, 400 (dört yüz) adet de 1/5,000 ölçekli pafta bulunmaktadır. Ülkedeki toplam 1/25000 ölçekli pafta sayısı da 5570 adettir. Coğrafi konuma göre değişmekle birlikte paftaların kuzey-güney ve doğu batı kenarlarının yaklaşık olarak arazi uzunlukları aşağıda Çizelge 3.10'da özetlenmiştir.

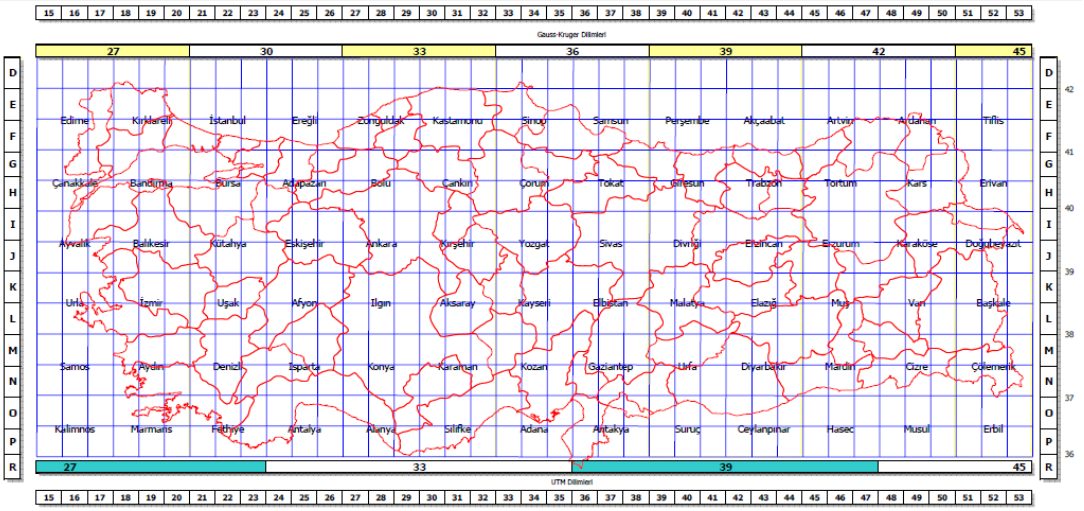
**Çizelge 3.10.** Harita Ölçeklerine göre paftaların alanları ve kenarların yaklaşık arazi uzunlukları

| Harita Ölçeği | Kuzey-Güney Kenar Uzunluğu | Doğu-Batı Kenar Uzunluğu | Pafta Alanı |
|---|---|---|---|
| 1/100000 | 55.000 m | 44,000 m | 242,000 ha |
| 1/50000 | 27.500 m | 22,000 m | 60.500 ha |
| 1/10000 | 5.500 m | 4.400 m | 2.420 ha |
| 1/5000 | 2.750 m | 2.200 m | 605 ha |

30'x30' ebatlı 1/100000 ölçekli bir paftadan 1/5000 ölçekli paftanın elde edilmesi ve paftaların isimlendirilmesi aşağıdaki esaslara göre yapılmaktadır.

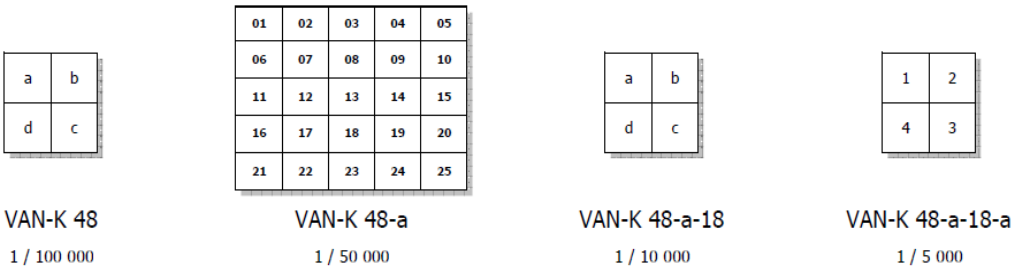
1/100000 ölçekli paftaların isimlendirmesi ve pafta köşelerinin koordinat hesapları şu şekilde yapılmaktadır. Türkiye coğrafyasının 26º ve 45º doğu meridyenleri, 36º ve 42º kuzey enlemleri arasında kalan sahası 30'lık bölümlere ayrılmıştır. Bu bölümlere kuzey batı köşeden (26º doğu meridyeni ile 42º kuzey enlem noktası) başlamak üzere batı-doğu yönünde 16 sayısından başlamak üzere 53 e kadar sayısal olarak, yine kuzey batı köşeden (26º doğu meridyeni ile 42º kuzey enlem noktası) başlamak üzere de güneye doğru E harfinden başlamak üzere P harfine kadar alfabetik kodlama yapılmıştır (Şekil 3.28). Örneğin K48 gibi. Bu saha içerisindeki nüfus olarak en büyük kent yerleşim merkezinin ismi

de verilerek 1/100000 ölçekli pafta isimlendirilmiş olmaktadır (VAN K48 gibi). Buradaki her 30' lık saha 1/100000 ölçekli pafta sahasıdır.




**Şekil 3.28.** 1/100000 Ölçekli pafta isimlendirme

1/100000 ölçekli paftanın kuzey-güney ve doğu batı yönünde iki eşit parçaya bölünmesi ile oluşan dört parçanın her birine 1/50000 ölçekli pafta (VAN-K48-a gibi), 1/50000 ölçekli paftanın kuzey-güney ve doğu-batı yönünde beş eşit parçaya bölünmesiyle oluşan yirmibeş eşit parçanın her birine 1/10000 ölçekli pafta (VAN-K48-a-18 gibi), 1/10000 ölçekli paftanın kuzey-güney ve doğu batı yönünde iki eşit parçaya bölünmesi ile oluşan dört parçanın her birine 1/5000 ölçekli pafta (VAN-K48-a-18-a gibi) olarak isim verilmektedir (Şekil 3.29).




**Şekil 3.29.** Paftaların isimlendirilmesi

Paftaların köşe koordinatları, ITRF96 sisteminde TM projeksiyonunda ve GRS80 elipsoidinde hesaplanmalıdır.

### 3.6.2. Fotogrametrik blokların teşkili ve yer kontrol nokta yerlerinin seçimi

Fotogrametrik blokların teşkilinde bu amaçla hazırlanmış uçuş planlama yazılımları kullanılır. Örneğin WWMP (World Wide Mission Planning) yazılımı bunlara örnek olarak verilebilir. Bu yazılım, IGI/Almanya firmasınca geliştirilmiştir. Bu yazılım ile hazırlanmış bir uçuş planı; uçuş alanı, pafta indeksi, uçuş kolonları, hava fotoğrafı orta noktaları bilgilerini içermektedir.

Mekânsal alt yapı CBS projelerine altlık olacak fotogrametrik çalışmaların ülke genelinde hazırlanacağı düşünülürse fotogrametrik blokların oluşturulması, bloklar içerisine yer kontrol noktalarının yer seçimlerinin yapılmasında aşağıdaki hususlara uyulması gerekir.

a- Planlanacak bloklar ortalama 1000 fotoğraf ve 2000km$^2$ sahayı kapsayacak şekilde olmalıdır.

b- Öncelikle 1/100000 ölçekli sayısal (raster) haritalar üzerinde avan proje olarak fotogrametrik blokların genel yapısı oluşturulmalı ve 100,000'lik pafta isimlerine göre bloklar numaralandırılmalıdır.

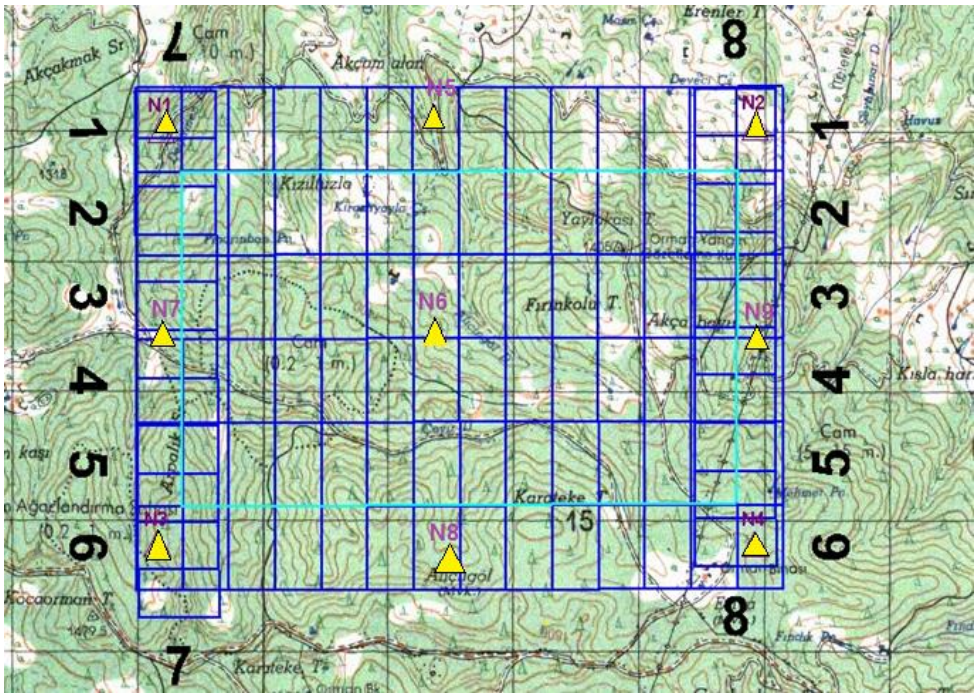
c- İkinci olarak 1/25000 ölçekli sayısal (raster) haritalar kullanılan uçuş yönetim yazılımına yüklenerek bu yazılım sayesinde ayrıntılı fotogrametrik uçuş blokları oluşturulmalıdır.

d- Kesinleştirilen uçuş blokları üzerinde araziye tesis edilecek yer kontrol noktası (YKN) yerlerinin seçimi / istikşafı yapılmalıdır.

e- Uçuşlar doğu-batı yönünde yapılmalı, blok baş ve sonlarında ilave birer adet kuzey-güney dik kolon uçuşlarının yapılmasına özen gösterilmelidir. Deniz ve göl kenarlarında ise dik kolon yerine çapraz uçuşlar tercih edilmelidir.

f- Uçuşlar GNSS/IMU destekli olarak yapılacağından YKN'larının blok içerisindeki dağılımında; blok köşelerinde birer adet, blok kenar ortalarında da birer adet ve blok ortasında da bir adet olmak üzere toplam dokuz adet YKN ile blok çözümü yapılmalıdır (Şekil 3.30).

g- Ayrıca 1/25000 ölçekli istikşaf (yer seçimi) kanavaları hazırlanmalıdır.




**Şekil 3.30.** YKN 'ların blok içerisindeki dağılımı

h- Arazide daha önceki harita çalışmaları nedeniyle araziye tesis edilmiş, tahrip olmamış noktaların tesislerinden de yararlanılmaya özen gösterilmelidir.

Proje alanının bloklara ayrılması;

a- Arazinin doğal yapısı, topografik özellikleri, engebe ve dağlık durumu,

b- Blokların büyüklüğü (ortalama 1000 fotoğraf) ve arazide kapladığı alanlar,

c- Paftaların kenarlaşmalarına göre yapılmalıdır.

Yer kontrol noktalarının (YKN) yerlerinin seçiminde de aşağıdaki kurallara uyulması tavsiye olunmaktadır:

a- Harita sahasındaki tüm TUTGA, C1, C2 derece noktalar, kontrol noktası olarak alınmalı ve işaretlemeleri yapılmalıdır.

b- Blok köşelerinde birer adet, blok kenar ortalarında da birer adet ve blok ortasında da bir adet olmak üzere toplam en az dokuz adet (Şekil 3.30) YKN ile blok çözümleri yapılacaktır. Arazide bu konumlara uyan C1, C2 veya C3 dereceli nokta tesisleri var ise bu tesislerden yararlanılmalıdır.

c- YKN'ları ayrıca sayısal yükseklik modeli (SAM, DEM) ve ortofoto harita üretiminde kullanılmalıdır.

### 3.6.3. Yer kontrol noktası (YKN) tesisi, röperleme, işaretleme

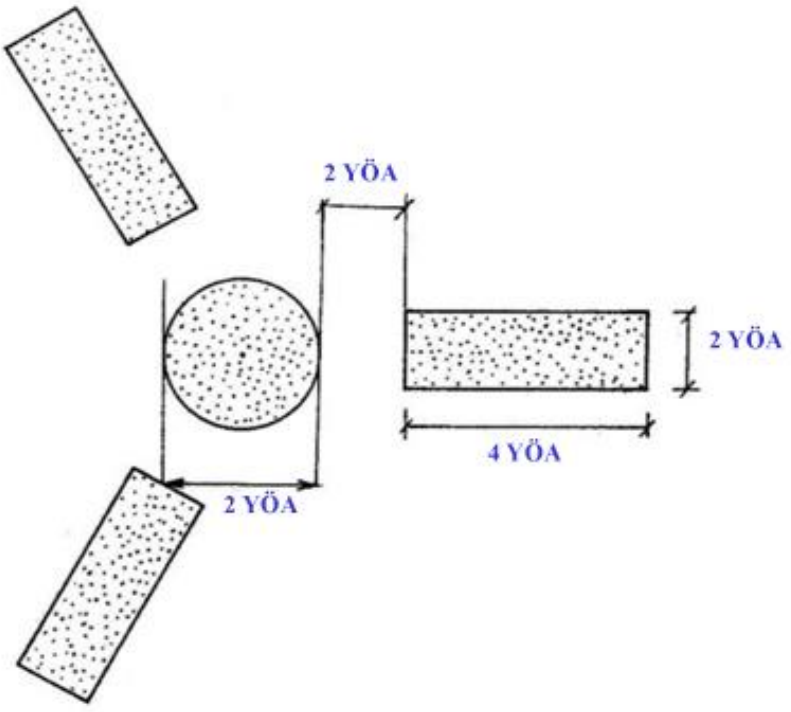
Bu kapsamda;

a- Arazide mevcut eski C1, C2, C3 dereceli noktalar kontrol edilir ve ihtiyaç duyulanların yenilenmesi yapılır,

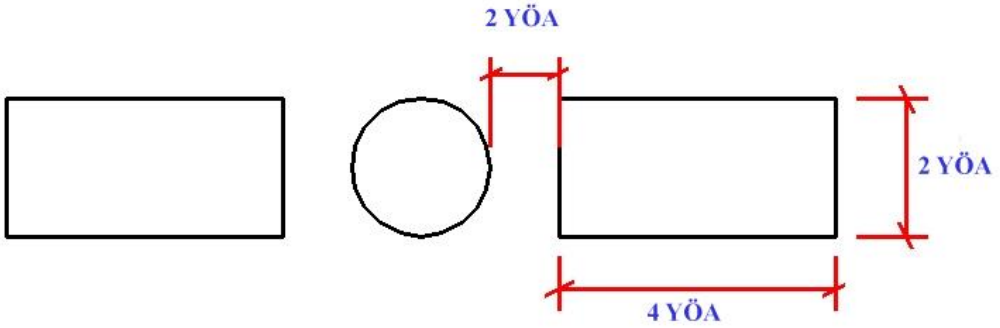
b- Araziye yeni tesis YKN'larının tesisi ve röperlenme işlemleri yapılır,

c- Tüm YKN'larında, uçuş öncesi hava işaretleri hazırlanır. Açık arazide 120 dereceli üç kanat olarak (Şekil 3.31), tarımsal saha içerisinde de tahrip olmaması için tarla kenarlarında Şekil 3.32'de gösterildiği şekliyle yapılır. İşaretlerin genişlik ve uzunlukları YÖA esasına göre belirlenir. Gayri meskûn sahada yapılacak çalışmalarda YÖA=30 cm olarak belirlendiğinden genişlikler 60 cm, uzunluklar ise 120 cm olmalıdır. Zemin ile kontrast yapacak şekilde boyama yada kireçleme yapılır.

Fotogrametrik blokların geometrik durumu ve GNSS-IMU destekli uçuşlar dikkate alınarak, yeni C1, C2 ve C3 derece nirengi noktalarının tesisi, röperlenmesi ve hava işaretlerinin hazırlanması, BÖHHBÜY'e göre yapılır ve tüm tesis edilen YKN'ları için röper krokileri düzenlenir.




**Şekil 3.31.** Açık arazide YKN hava işareti




**Şekil 3.32.** Tarımsal arazide YKN hava işareti

YKN hava işaretlerinin yapılmasında aşağıdaki kurallara uyulur;

a- Malzeme olarak, yapılaşmamış arazide taş blokaj üzerine; yapılaşmış arazide ise, her türlü yapı yüzeyleri üzerine yağlı boya kullanılır,

b- Hava işaretleri mümkün olduğunca açık alanlara yapılır, bu işaretlerin en az 60$^{o}$'lik görüş açısına sahip olması ve bu görüş konisi içinde bina, ağaç gibi herhangi bir engel bulunmamasını temin edecek; engel varsa, engel yüksekliğinin 1.5 katı ötesinde tesis ve işaretleme yapmaya özen gösterilmelidir,

c- Herhangi bir bölgede görüntü alımından 3 gün öncesine kadar tüm hava işaretleri tamamlanır ve görüntü alımı tamamlanıncaya kadar bu işaretler korunur ve yapılacak sürekli kontrollerle bozulan hava işaretleri yenilenir,

d- Çeşitli nedenlerle yapılacak revizyon ve tamamlama uçuşlarından önce de, uçuş bölgesindeki hava işaretleri eksiksiz ve zamanında tamamlanmalıdır,

e- Tüm işaretli noktaları, 1/25000 ölçekli kanavalar üzerinde gösterilir.

### 3.6.4. YKN ölçü, hesap ve diğer jeodezik çalışmalar

Bu işlem adımında sırasıyla aşağıdaki çalışmalar gerçekleştirilmelidir.

a- YKN'larının (C1, C2, C3 derece) GNSS yöntemiyle ölçüsü yapılır.

b- GNSS Nivelman ölçüleri gerçekleştirilir.

c- YKN'larının üç boyutlu (3B) koordinatları hesaplanır.

d- Yerel GNSS Nivelman Jeoidi (Geoidi) hesaplanır.

e- ITRF96 datumunda koordinat hesabı yapılır.

f- Ağ dengelemesi ve koordinat hesaplamalarında, TUTGA99A[2] ve "TUSAGA-Aktif" referans noktaları, üst derece ağ noktası olarak kullanılır.

g- Ülke genelinde değişik harita projelerinde oluşturulan jeodezik ağ noktalarından kullanılabilir durumda olanlar sıklaştırma ağına katılarak, proje kapsamında koordinatları yeniden hesaplanır.

GNSS ölçüsü yapılacak olan YKN noktaları TKGM tarafından yürürlüğe konulmuş olan ve şu anda yaygın olarak kullanılan "TUSAGA-Aktif Sistemi ile Koordinat Belirleme, Ölçüm, Hesap ve Kontrol Yönergesi"' esaslarına göre yapılır. Bu yönteme göre, herhangi bir nirengi noktasında, bir GNSS sistemiyle kesintisiz olarak 2 saatlik statik ölçü yapılması durumunda, bu noktanın koordinatları C1, C2 ve C3 derece koordinat doğruluğunda hesaplanabilecektir (Şekil 3.33).



**Şekil 3.33.** GNSS Yöntemi ile Statik Ölçü Çalışması

YKN hesabında bu noktaları çevreleyen TUTGA noktaları ile hız kestirimleri yapılarak 2005.00 Referans Epoku koordinatlarının hesaplanması gerekliliği nedeniyle; TUTGA noktalarına ait hız vektörleri esas alınarak, Yatay Kontrol Ağının geometrisine göre yeni oluşturulan C1, C2, C3 derece noktalarında hız kestirimi yapılır.

Ülke yükseklik sistemine bağlı yükseklik noktaları üretmek amacıyla, TUDKA99'un sıklaştırmasının yapılması gerekir. Proje kapsamında yapılan GNSS nivelman ölçülerinden yararlanarak, çeşitli hesaplamalarla bölgesel anlamda (her 1/100000 'lik pafta bölgesinde) Yerel GNSS Nivelman Jeoidi belirlenmelidir.

[2] Yer tabakanın hareketinden dolayı 1999 depremi sonrasında yapılan çalışma, iyileştirilmiş Türkiye jeoiti.

Üretilen bir modele dayalı yerel jeoid (geoit) parametreleri kullanılarak, proje alanında GNSS tekniği ile elde edilen yeni YKN'nın Elipsoit Yüksekliklerinden (h), Jeoid Yükseklikleri (N) hesaplanır ve buradan Helmert Ortometrik Yükseklikleri (H) belirlenir.

### 3.7. Fotogrametrik Nirengi (FN) İşleri

Fotogrametrik Nirengi işlemleri, model bazında yapılacak ölçmeler ile fotogrametrik blok bazında yapılacak dengeleme işlemleri ile gerçekleştirilir. Fotogrametrik nirengi ölçümleri, uygulamada "Intergraph Z/I", "Leica Photogrammetric Suite", "Photomod AT", "Match AT" gibi çeşitli yazılımlarla gerçekleştirilebilir. Fotogrametrik nirengi ölçümünde;

a- Proje alanı, arazi yapısına ve YKN'larının konumuna bağlı olarak ayrı ayrı ve mümkün oldukça kare veya düzgün dikdörtgen biçiminde alt fotogrametrik bloklara ayrılarak yapılmalıdır.

b- Blokların belirlenmesinde, pafta bölümlerine dikkat edilmelidir.

c- Komşu bloklar arasında, uçuş yönünde en az 1 kolonluk, buna dik doğrultuda da en az 2-3 modellik ortak bir alan bulunması, blokların ortak alanında yeteri sayıda YKN'larının mevcut olması sağlanmalıdır.

d- Kinematik GNSS uçuşları ile belirlenen izdüşüm merkezlerinin koordinatları, fotogrametrik blok dengelemede kullanmaya özen gösterilmelidir.

e- Model bağlama noktalarının standart "Von Gruber" noktalarına yakın yerlerde olmak ve kolon bağlamalar her modelde yapılmak kaydıyla, otomatik korelasyon yöntemiyle fotogrametrik nirengi uygulandığı durumlarda, korelasyonun beşte bir (0.20) pikseli geçmemesi sağlanmalıdır.

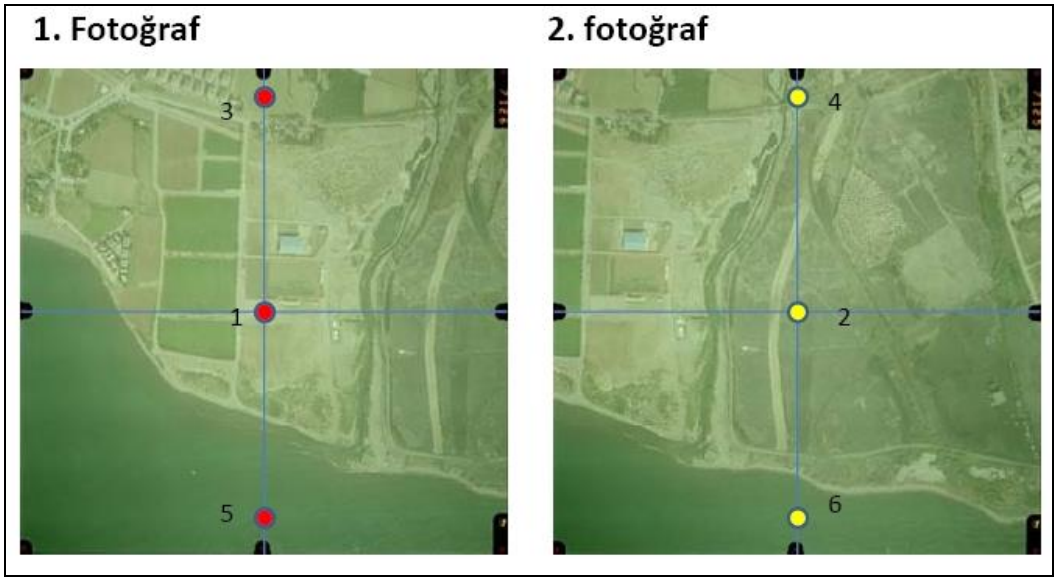
f- Fotogrametrik nirengi ölçümlerindeki tüm kaba ve sistematik hatalar dengelemeden önce ayıklanmalıdır.

g- Fotogrametrik blok dengelemesi sonunda, hata sınırını aşan ölçümler varsa yenilenmelidir.

Fotogrametrik nirengi ölçmeleri doğrudan operatör tarafından elle (manuel) yapılan fotogrametrik nirengi ölçümlerinde, karşılıklı yöneltme en az 9 nokta ile gerçekleştirilmelidir. Yöneltme sonunda bulunan hatanın, hiçbir

noktada 8 mikrometreyi (8µ), bu hataların ortalama hatasının da 5 mikrometreyi (5µ) geçmemesine özen gösterilmelidir.

Modellerin ve kolonların birbirine bağlanması işlemi, her bir resmin (görüntünün) yaklaşık orta düşeyinde bulunan "Von Gruber"[3] noktalarına yakın, kolay tanımlanabilen ve iyi yorumlanabilen detay noktalarından; ikisi modelin kenarında, birisi ortasında olmak üzere en az 3 adet standart model ve kolon bağlama noktası alınarak yapılır. Model alanında da en az 6 bağlama (bağlantı) noktası seçilmelidir. Herhangi bir model alanında seçilen bu bağlama noktalarının, komşu model ve kolonlarla ortak alanda bulunması ve bağlantıları güvence altına alınması sağlanmalıdır (Şekil 3.34, Şekil 3.35).

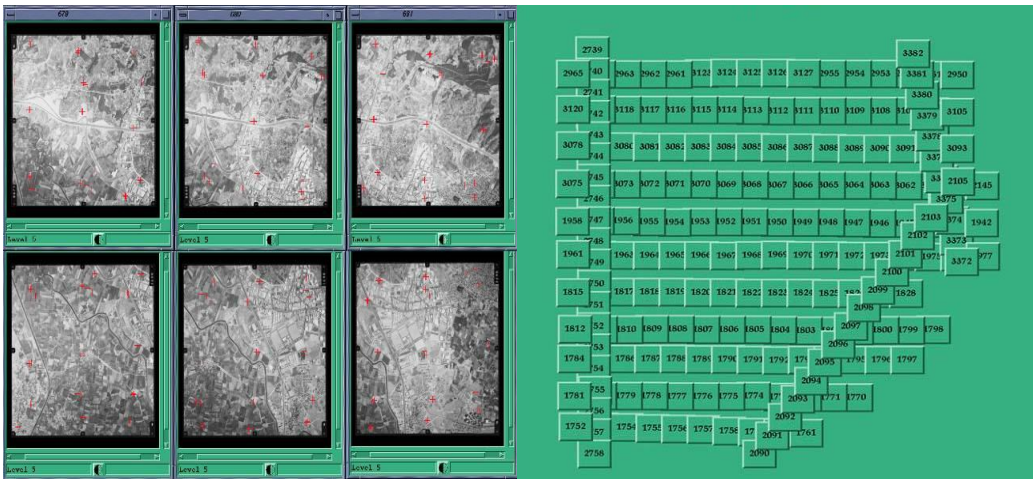



**Şekil 3.34.** Fotogrametrik Nirengide, Standart Von Gruber Noktaları (Kolon ve Model Bağlama Noktaları)

Pilye tesisi olan YKN'ları stereoskopik olarak, diğerleri ise monoskopik olarak ölçülmelidir. Otomatik ve yarı otomatik fotogrametrik nirengi ölçümlerinde eşleştirme algoritmaları, en az piksel büyüklüğünün üçte biri (1/3) oranında eşleştirmeyi sağlayacak şekilde uygulanmalıdır. Blokların fotogrametrik nirengi açısından kenarlaşması ve kontrol altına alınması için, blokların doğu ve batı istikametindeki kolonlarından ikişer resim, güney ve

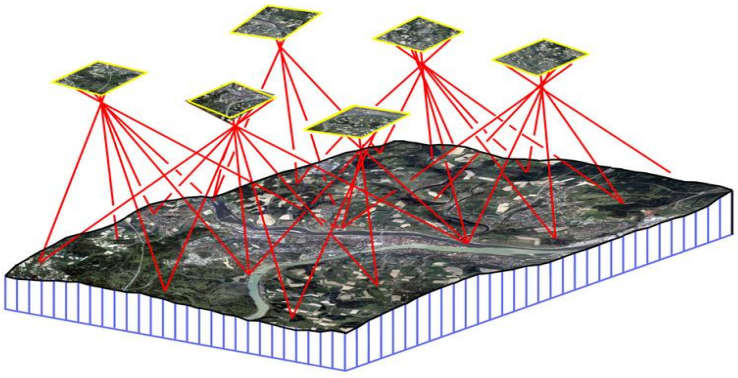
[3] Karşılıklı yöneltme yapmak için düşey paralaksların giderildiği standart ve homojen dağılımdaki model noktaları.

kuzey istikametinde ise birer kolon bloğun dışına taşarak ölçümler tamamlanmalıdır.



**Şekil 3.35.** Fotogrametrik Nirengi Ölçümü ve Blok Oluşumu Temel Prensibi

Günümüzde fotogrametrik nirengi ölçümlerinin dengelemesi işlemlerinde "ışın demetleri" yöntemi kullanılmaktadır (Şekil 3.36). Dengeleme, fotogrametrik bloklar esas alınarak yapılır. Fotogrametrik nirengi ölçümlerinin dengelenmesinde, Kinematik GNSS ve IMU verilerini birlikte kullanabilen, kaba hata taraması/araştırması ve ayıklaması (blunder detection, gross error detection) yapabilen, dengeleme sırasında atmosferik kırılma ve yer küreselliği etkilerini hesaba katan ve 44'e kadar ek parametre kullanabilme (self calibration) yeteneğine sahip yazılımlar kullanılmaktadır. Inpho firması tarafından üretilen "MATCH-AT (ver:6, Inpho)" bu tür yazılımlara örnek gösterilebilir. Işın demetleri ile fotogrametrik blok dengelemenin temel prensibi Şekil 3.36'da gösterilmiştir.



**Şekil 3.36.** Işın Demetleriyle Blok Dengeleme Temel Prensibi

Dengelemede; dengeleme öncesi (apriori) doğruluk ölçütü olarak görüntü noktaları için beşte bir (1/5) piksel boyutunu; YKN'ları için, jeodezik ağın dengelemesi sonucu ulaşılan karesel ortalama hata (koh) değerlerini aşmayacak değerler verilir.

Dengeleme sonunda, birbirinden bağımsız olarak dengelenen blokların bindirme alanlarında kalan ortak noktaların koordinatları arasındaki aykırılıkların, konum koordinatlarında (X,Y) 10cm'yi, yükseklikte ise uçuş yüksekliğinin on binde birini (%0.01) geçmemesi sağlanmalıdır. Hata sınırı içinde kalan noktaların koordinatlarının ortalamaları alınarak, koordinatlar tek anlamlı hale getirilir.

Dengeleme sonucunda, bağlantı noktalarına getirilecek düzeltmelerden hesaplanacak ortalama hatanın (resim ölçeğinde); konum koordinatlarında ± 8μ, yükseklikte ± 0,00005 x h (h: uçuş yüksekliği) değerini (uçuş yüksekliğinin yüzbinde beşini) aşmaması; kalıntı hataların ise nokta başına bu değerlerin 3 katından fazla olmaması sağlanmalıdır.

Fotogrametrik blok dengelemede aşağıdaki kurallara uyulur:

a- Fotogrametrik nirengi ölçümlerindeki kaba ve sistematik hataları otomatik olarak test ve irdeleme yeteneğine sahip blok dengeleme yazılımı kullanılır.

b- Atmosferik kırılma, yer küreselliği, objektif distorsiyon hatası ve görüntü deformasyonu gibi sistematik hatalar, yazılımın desteğiyle dengeleme sırasında giderilir.

c- Işın demetleriyle blok dengelemede, ek parametre sayısı olabildiğince fazla olmalıdır.

Blok Dengeleme Hesabı çıktısında, aşağıda belirtilen bilgiler bulunmalıdır;

a- Dengelemeye giren YKN ve FN noktalarının ölçü değerleri, dengelenmiş arazi koordinatları, konum ve yükseklik için karesel ortalama hataları ve hata analizleri,

b- Bloktaki tüm noktaların koordinat özetleri,

c- Dengelemedeki iterasyon sayısı ve ölçütleri,

d- Ayıklanan noktaların numarası ve sayısı,

e- Her model için dış yöneltme bilgileri ve yöneltme bilinmeyenlerinin karesel ortalama hataları,

f- Dengelemeye dahil edilen Airborne Kinematik GNSS yöntemi ile ölçülmüş izdüşüm merkezi koordinatlarının ortalama hataları ile kaba hatalı ve ayıklanmış olanların listesi,

g- Dengelemede kullanılan GNSS/IMU sistemi ile ölçülmüş fotoğraf dönüklük açılarının (Omega, Phi, Kappa) ortalama hataları ve kaba hatalı olup ayıklananların listesi,

Blok dengelemesi sonunda hazırlanacak bir indeks haritada, kontrol noktaları, izdüşüm merkezleri, fotoğrafların ve kolonların konumları gösterilir. Bu indekste; gerçekleşen boyuna (ileri) ve enine (yan) bindirmeler, komşu bloklar ile bağlantıyı sağlayacak denetim (check) noktaları gösterilir. Fotogrametrik nirengi blok dengelemesinden çıkarılan noktalar da bu kanavada işaretlenir.

## 3.8. Ortofoto Üretimi

Renkli ortofoto üretimleri için; öncelikle fotogrametrik nirengi dengelemesinin, tamamlanmış olması gerekmektedir. Anılan bu husus yukarıda da açıklandığı üzere, fotogrametrik kıymetlendirme için de bir ön gerekliliktir. Orto görüntü üretiminin yapılabilmesi için ikinci ön gereklilik ise sayısal yükseklik modeli üretimlerinin tamamlanmış olmasıdır. Bir sonraki aşama; hava fotoğrafı alım aşamasında çekilen hava fotoğraflarının; fotogrametrik nirengi dengelemesi sonucu elde edilen koordinat bilgileri kullanılarak; sayısal görüntülerin koordinatlı hale getirilmesi veya görüntü üzerindeki her bir piksele kullanılan projeksiyon sistemine uygun koordinatların atanması (register) işlemidir (Kraus, 1998).

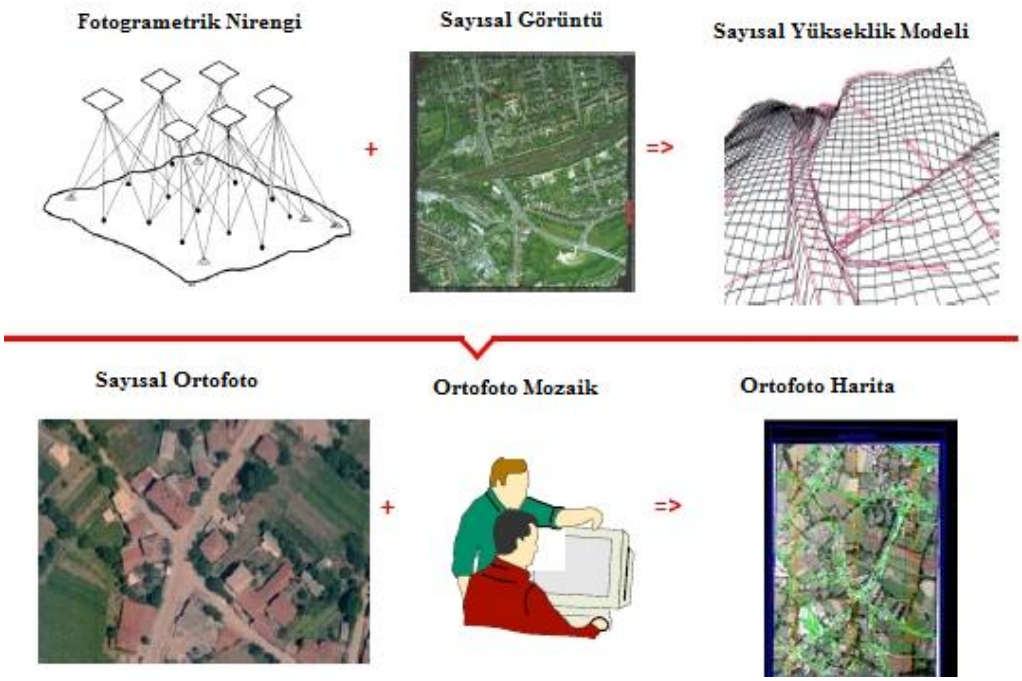
Bu süreçten geçen koordinatlı hava fotoğrafları, arazideki yükseklik farkları nedeniyle; fotoğraflar üzerinde detaylar oldukları konumdan daha farklı yerlerde görünür. Oluşan bu görüntü kayıklıklarına rölyef kayıklığı (relief displacements) adı verilir. Bu görüntü kayıklılıkları sayısal yükseklik modeli kullanılarak düzeltilir. Bu işleme de düşeye çevirme (rectification) adı verilir. Bu işlemlerin uygulanması sonucu elde edilen görüntüler; orto görüntü olarak, kullanılan projeksiyon sistemindeki pafta bölümlemeleri esas alınarak açılmış

pafta çerçeveleri içerisine oturtulmuş orto görüntüler ise ortofoto haritalar olarak adlandırılmaktadır. Bu görüntüler gerçekte fotogrametrik blok esaslı olarak hazırlanmakta, çok sayıdaki hava fotoğrafından oluşan bu bloklar mozaikleme işlemine tabi tutularak resim geçişleri nedeniyle olabilecek görselleştirme bozuklukları düzenlenmekte, gerekli ise görüntü zenginleştirme işlemlerine tabi tutulmaktadır (Ecker, 1992).

Yukarıda belirtilen hususlar göz önüne alınarak iş akışı aşağıdaki şekilde olmalıdır.

- Fotogrametrik Nirengi dengelemesi sonuçları kullanılarak hava fotoğrafları register edilir.
- Sayısal yükseklik modeli verileri kullanılarak yükseklik farkları nedeniyle oluşan görüntü kayıklıkları (relief displacement) giderilir.
- Orto görüntüler üzerinde resim geçişleri nedeniyle oluşan görselleştirme bozuklukları giderilir.
- Orto mozaikler oluşturulur.
- İstenilen formatta ortofoto haritalar şeklinde bölümlemeler yapılır.

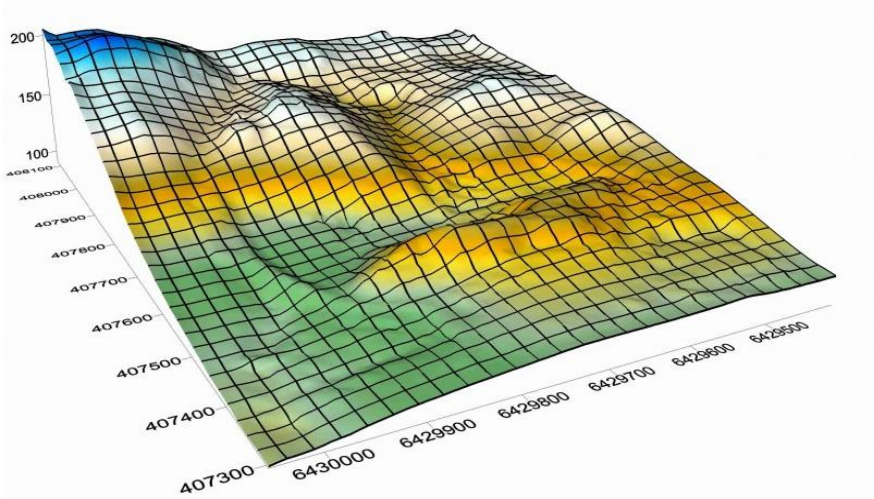
Sayısal ortofoto üretiminde uygulanan tipik iş akışı, Şekil 3.37'de gösterilmiştir.




**Şekil 3.37.** Sayısal (Dijital) Ortofoto Üretimi Temel Prensibi ve İş Akışı

### 3.8.1. Sayısal yükseklik modeli verilerinin üretimi

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verileri, arazinin yapısına, engebe durumuna göre otomatik ya da manuel olarak (operatör tarafından) üretilir. SYM otomatik olarak, arazi ölçeğinde (genellikle meskûn dışı sahada) 5 m, 10 m, veya 25 m aralıklı raster (grid) yapı oluşturularak şekilde toplanabilir. Her bir operatör stereo model bazında otomatik olarak toplanan bu SYM verilerini edit eder. SYM Üretim Şefleri tarafından da fotogrametrik blok bazında her bir SYM verilerinin kontrolleri yapılır. Eksiklerin var olması durumlarında ilgili operatörler tarafından giderilmesi sağlanır. Eğer SYM veri toplama operatörleri arazi ölçeğinde her 10 m veya 25 m lik grid yapıda SYM verisi toplamış ise bu verileri 5 m'lik grid yapıya da dönüştürebilirler (Şekil 3.38). Bu çalışma sonunda da SYM Üretim Şefleri tarafından kalite kontrol çalışması ayrıca yapılır.




**Şekil 3.38**. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) Grid Veri Yapısına Örnek

Ayrıca stereo kıymetlendirme ile arazinin morfolojik yapısını gösteren temel karakteristik noktalardan oluşan Morfolojik Veriler (kuru ve sulu dereler, sırt hatları, zirveler, şevler, yollar, köprüler, viyadükler, kokurdanlar, çukurlar vb.) manuel olarak toplanır. Bu SYM verileri otomatik toplanan SYM verilerine eklenir ve oluşacak modelin topografyayı birebir yansıtması sağlanır. SYM verilerine, arazinin düz, dalgalı veya dağlık olmasına bağlı olarak, arazi modeline ilişkin yüzeyi tanımlayıcı gerekli yumuşatma parametreleri kullanılabilir (Chang ve ark., 2004).

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verilerinin üretiminde, aşağıdaki kurallara uyulur (Joachim, 2009):

- SYM verileri stereo modellerden toplanır.
- Proje alanındaki arazinin güncel durumunu yansıtan morfolojik veriler stereo modellerden toplanır ve SYM verisi türetme hesabında da bu veriler kullanılır.
- Grid formattaki modelin nokta aralığı, arazi yapısına bağlı olarak 10m veya 25m düzenli grid aralığında olur daha sonra 5m lik formlara dönüştürülür.
- Ayrı ayrı hesaplanan SYM verileri ve bunlardan elde edilen eş yükseklik eğrilerinin birbiri ile kenarlaşması sağlanır.
- Herhangi bir nedenle SYM oluşturulamayan bölgeler veya alanların olması durumunda uydu görüntüsü, SRTM, SAR, inSAR vs yöntemlerle bütünleşme yapılabilir.
- SYM üretilmesinde modeller, kolonlar ve bloklar arası oluşabilecek uyuşumsuzluklar önlenmelidir.

  SYM verilerinde, korelasyonun düşük olduğu yükseklik noktaları stereo modelde editlenerek tekrar ölçülmelidir.
- Sayısal yükseklik modelinden elde edilecek SYM noktalarının yükseklik değeri ile kontrol ve denetim ölçmelerinden elde edilecek yükseklik değeri arasındaki farkların aritmetik ortalamaları ve dağılımın standart sapması için hesaplanan değer; [0.07mmx$M_d$] ($M_d$: ortofoto harita ölçeği) değerinden fazla olmamalıdır.
- Üretilen ortofotolar, 1/5000 ölçekli indekse göre yada belirlenen bir formata göre kesilmiş renkli sayısal ortofotolar, üretimin hemen ardından Georeferenced TIFF (GeoTIFF) formatında üretilir müteakibinde doğruluk, bütünlük ve kartografik kontrol ve testlerden sonra gerekli görülen değişiklik ve düzeltmeler yapılır.
- SYM verileri, editlenmiş ve kalite kontrolü yapılmış olarak, blok ve proje bazında hem ASCII (.txt) hem de binary formatta hazırlanır.
- Sayısal Arazi Modeli (SAM) / Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verilerinden elde edilmiş eş yükseklik eğrileri de, aynı şekilde blok ve pafta bazında CAD formatında (.dtm, .dgn) hazırlanır.

### 3.8.2. Ortofoto ve mozaik üretimi

Ortofoto; genel olarak eğiklik, dönüklük ve ölçek farklılıkları giderilmiş ve her noktasında ölçeğin aynı olduğu resimler veya görüntüler olarak tanımlanabilir. Söz konusu işlemlerden geçmemiş ham resimler üzerinde ölçek her noktada aynı değildir ve arazi topografyasına bağlı olarak farklılık gösterir. Bu sebeple, hatasız bir ortofoto üretimi için hassas SYM verilerine ihtiyaç vardır.

Ortofoto üretimine başlamadan önce, tüm blok bazında, resimlerin birleşme alanları seamline[4] editi yapılarak resim birleşmelerinin; binaları, yerleşim alanlarını ve sanat yapılarını bölmesi engellenir. Bu işlem yapıldıktan sonra, bütün blok bazında her resim için dodging[5] ve balancing[6] dengelemeleri yapılarak, görüntüler arasındaki radyometrik farklılıklar giderilir ve oluşacak mozaiklerdeki renk farklılıklarının önüne geçilir. Oluşacak ortofoto mozaikleri, kontrast, parlaklık ve renk ton farklılıklarından arınmış olarak üretilmesi sağlanmış olur. Ortofotolar ITRF96 datumunda GRS80 elipsoidinde ve TM-3 projeksiyon esasına göre koordinatlandırılır. Yükseklikler TUDKA (Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağına) dayalı olarak ortometrik yüksekliler olarak hesaplanır. Paftalandırma ise İdarenin istediği formatlarda (ya da 1/5000 gibi) ulusal pafta bölümleme sistemine göre üretilir ayrıca blok bazında tek bir mozaik görüntü de oluşturulur. Ortofoto harita üretiminde, aşağıda belirtilen genel ilkelere uyulması gerekir (Mc Glone, 2004):

- Ortofoto haritalar, SYM verileri kullanılarak oluşturulmalıdır.
- Sayısal renkli ortofoto görüntüler stereo modellerden üretilmelidir.
- Ortofoto üretiminde kullanılacak piksel boyutları işin amacına uygun olarak belirlenmiş olmalıdır.
- Tüm renkli ortofotolar sayısal olarak üretilmelidir.
- Raster görüntülerin yataylanmasında (rectification), geometrik düzeltmeler piksel bazında yapılmalıdır.

[4] İki görüntü kenarlaştırılırken oluşan renk farklarını giderme işlemi.
[5] İki görüntü arasındaki kontrast farklarını giderme işlemi.
[6] İki görüntü arasında renk tonlarındaki farkılılıkları giderme işlemi.

- Raster görüntülerin radyometrik düzeltmeleri, arazi karakteristiklerine ve görüntü kalitesine bağlı olarak, “En yakın Komşu Pikselleri”ni esas alan yöntem veya “Bikübik Enterpolasyon” yöntemlerinden birisiyle yapılmalıdır.
- Ortofoto görüntüler birbirleriyle birleştirilerek blok bazında mozaikler oluşturulmalı ve istenilen formatta ya da 1/5,000 ölçekli pafta bölümleme indeksine göre kesilip isimlendirilmelidir.
- Paftaların birden fazla görüntüden oluşması durumunda, görüntüler arasında radyometrik renk ve ton farklılıkları dengelenerek homojen hale getirilmelidir.
- Radyometrik düzeltmelerden sonra oluşacak raster görüntülerde, radyometrik yorumlamayı engelleyici nesne (bulut, pus, gürültü, vb.), renk ve ton bozukluklarının olmamasına özen gösterilmelidir.
- Her bir 1/5,000 ölçekli renkli sayısal ortofoto haritalar pafta ismine göre ITRF96 koordinat sisteminde koordinatlandırılmalıdır. Ayrıca önerilen bir sıkıştırma yazılımı ile depolanmalıdır. (Georeferenced TIFF (GeoTIFF) ve Mr.SID programları gibi)
- TIFF raster dosyaları ise sıkıştırılmamış orijinal haliyle saklanmalıdır.
- 1/5,000 ölçekli indekse göre kesilen renkli sayısal ortofoto haritaların dosya adları, 1/5.000’lik pafta isimleri esas alınarak adlandırılmalıdır.
- Üretilen tüm ortofoto haritalar, MicroStation programı ile açılabilir formatta olmalıdır.
- Blok bazında Mr.SID ve/veya benzeri programlarla sıkıştırılmış formatlarda ortofoto mozaiklerin oluşturduğu 1/5.000’lik ortofoto harita görüntü dosyası ismi, blok numarası verilerek isimlendirilir.

### 3.9. Proje Planlaması

Mekânsal alt yapı projelerinin planlanmasında proje sahasının büyüklüğü, ekipmanlar, personel sayısı, işin amacı, elde edilecek çıktılar ve kalite yönetimi, kalite yönetimini doğrudan ve dolaylı etkileyen parametrelerin tamamının dikkate alınması gerekir. Çizelge 3.2. 'de ulusal bir projenin ülke genelinde yürütülmesindeki genel anlamda bir proje planlamasının etapları ve süreleri verilmişti.

Çizelge 3.2.'deki örnek ülke genelinde tarımsal amaçlar doğrultusunda yaklaşık 730475. $km^2$ lik bir sahada yapılacak YÖA 30cm uçuşlu sayısal görüntü alımı ve 1/5000 ölçekli ortofoto harita üretiminin proje takvimi ve etaplandırılmasını göstermektedir. Proje, LPIS[7] (Land Parcel Identification System) adlı ulusal bir CBS projesinin altlığını oluşturacaktır. Sistemin parametreleri tezin bölümlerinden de anlaşılacağı üzere; 1/100000 ölçekli harita sahası bazında fotogrametrik blokların oluşturulması, araziye yer kontrol noktalarının tesis, işaretleme, ölçü ve hesaplamaları, uçuş planlamaları, 6 adet fotogrametrik amaçlı uçakla sayısal hava kameraları (örneğin, UltraCam-X) kullanarak görüntü alımı, fotogrametrik nirengi ölçmeleri ve blok dengelemeler, fotogrametrik bloklar bazında sayısal yükseklik modellerinin elde edilmesi, ortofoto görüntülerinin elde edilmesi, tüm işlem adımları için kalite kontrollerin yapılması gibi tüm işlemler mekânsal alt yapı projesinin sistem bileşenlerinin alt parametreleri olarak sıralanabilir. Tüm bu işlem adımları bir akış tablosu içinde Çizelge 3.11 'de özetlenmiştir (Kraus,1992).

Çizelge 3.11 Mekânsal Altyapı Projesinin örnek işlem adımları

| İŞ NO | ANA İŞLEM | İŞ MİKTARI | ALT İŞLEM ADIMLARI |
|---|---|---|---|
| 01 | **1/100000 ÖLÇEKLİ PAFTALAR ÜZERİNDE BLOKLARIN AVAN PROJELERİNİN YAPILMASI**<br><br>**(I. BÖLÜM: 2000 KOTUN ALTINDAKİ BÖLGELER)**<br><br>**(II.BÖLÜM: 2000 KOTUN ÜSTÜNDEKİ BÖLGE)** | **≈ 730745 $km^2$** | ▪ Türkiye Coğrafyasının Ortalama Arazi Kotu Olarak 2000 Kotun Altındaki Bölgelerin (I. Bölümdeki) 1/100000 lik Paftaların Belirlenmesi, Bölümlendirmelerin Yapılması, Avan Proje Olarak Blokların Adlandırılması, 1/25000 Ölçekli Paftaların Belirlenmesi<br>▪ Türkiye Coğrafyasının Ortalama Arazi Kotu Olarak 2000 Kotun Üstündeki Bölgelerin (II. Bölümdeki) 1/100000 lik Paftaların Belirlenmesi, Bölümlendirmelerin Yapılması, Avan Proje Olarak Blokların Adlandırılması, 1/25000 Ölçekli Paftaların Belirlenmesi<br>▪ Fotogrametrik Blokların Oluşturulması<br>▪ Yeni Yer Kontrol Noktası (YKN) Yerlerinin Seçimi |

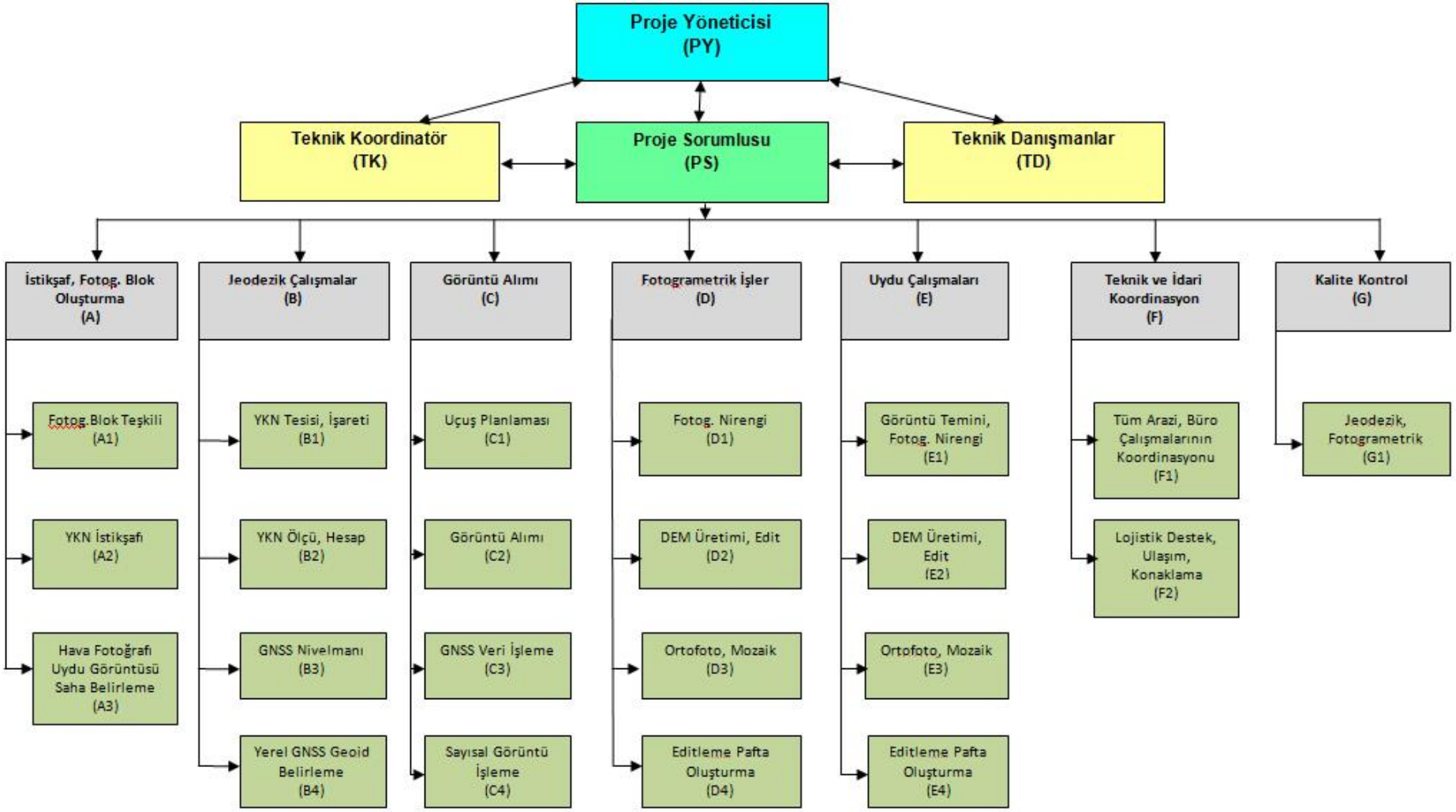
[7] Tarım Reformu Genel Müdürlüğünün planladığı Arazi Parsel Tanımlama Sistemi.

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | ▪ İstikşaf Kanavasının / Haritasının Hazırlanması<br>▪ Diğer Planlama Faaliyetleri<br>▪ İstikşaf Kanavası / Haritasının İdareye Teslimi, Onayı<br>▪ İstikşaf Çalışmalarına ait Raporun İdareye Sunulması |
| **02** | **İSTİKŞAF, YER KONTROL NOKTASI (YKN) YERLERİNİN SEÇİMİ, FOTOGRAMETRİK BLOK PLANI** | **≈ 730745 km²**<br>≈ .... Blok-Yeni<br>≈ ... YKN-Eski<br>≈ ... YKN-Yeni | ▪ 1/25000 Ölçekli Haritalar İtibariyle Fotogrametrik Blokların Oluşturulması<br>▪ Yeni Yer Kontrol Noktası (YKN) Yerlerinin Seçimi<br>▪ İstikşaf Kanavasının / Haritasının Hazırlanması<br>▪ Diğer Planlama Faaliyetleri<br>▪ İstikşaf Kanavası / Haritasının İdareye Teslimi, Onayı<br>İstikşaf Çalışmalarına ait Raporun İdareye Sunulması |
| **03** | **YER KONTROL NOKTASI (YKN) TESİSİ, RÖPERLEME VE İŞARETLEME** | **≈ 730745 km²**<br>≈ ... YKN-Eski<br>≈ ... YKN-Yeni | ▪ Mevcut Eski YKN'larının Kontrolü ve Hava İşaretlerinin Yenilenmesi<br>▪ Yeni YKN'larının (C1,C2,C3) Tesisi , Röperlenmesi ve Hava İşaretlerinin Yapılması |
| **04** | **HAVA FOTOĞRAFI ALIMI<br>UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN TEMİNİ** | **≈ 730745 km²**<br>≈ ... Blok | ▪ Uçuş Planlarının Hazırlanması,<br>▪ YKN Hava işaretlerinin Kontrolü<br>▪ Hava Fotoğrafı Alımı<br>▪ GNSS/IMU Uçuş Verilerinin Proses Edilmesi<br>▪ Görüntü İşleme Çalışmaları (Dijital Resimlerin Prosesi)<br>▪ Sayısal Görüntülerin İdareye Teslimi ve Onayı<br>▪ Sayısal Görüntülere ait Uçuş Raporunun Sunulması |
| **05** | **YKN ÖLÇÜSÜ, HESABI VE DİĞER JEODEZİK ÇALIŞMALAR** | **≈ 730745 km²**<br>≈ ... YKN-Eski<br>≈ ... YKN-Yeni | ▪ YKN'larının (C1,C2,C3) GNNS Yöntemiyle Ölçümü<br>▪ Nivelman Ölçümlerinin Yapılması<br>▪ YKN'larının 3-Boyutlu Koordinatlarının Hesabı<br>▪ Yerel GNNS / Nivelman Jeoidi Hesabı<br>▪ ED50-ITRF Datum Dönüşümü Hesabı<br>▪ Jeodezik Verilerin İdareye Teslimi ve Onayı |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | ▪ Jeodezik Verilerle ilgili Raporun Sunulması |
| **06** | **FOTOGRAMETRİK NİRENGİ (FN) İŞLERİ** | **≈ 730745 km²**<br>≈ ... Blok<br>≈ ... YKN-Eski<br>≈ ... YKN-Yeni | ▪ Fotogrametrik Nirengi (FN) Ölçümü<br>▪ Fotogrametrik Nirengi Blok Dengelemesi<br>▪ Fotog .Nirengi Ölçümlerinin İdareye Teslimi ve Onayı<br>▪ Fotog. Nirengi Ölçümlerine ait Raporun Sunulması |
| **07** | **SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİNİN ELDE EDİLMESİ** | **≈ 730745 km²**<br>≈ ... Fotoğraf<br>≈ ... Uydu Gör.<br>≈ ... Pafta | ▪ Proje sahasına ait grid yapıdaki SYM Verilerinin Üretimi<br>▪ Proje sahasına ait morfolojik yapıya ait SYM Verilerinin Üretimi<br>▪ Proje sahasında üretilen SYM verilerinin Editlenmesi, Kontrol İşlemleri ve Raporun Sunulması |
| **08** | **ORTOFOTO GÖRÜNTÜLERİN ÜRETİMİ** | **≈ 730745 km²**<br>≈ ... Fotoğraf<br>≈ ... Pafta | ▪ Ortofoto görüntülerin Üretimi<br>▪ Mozaiklerin Üretimi, Paftalandırma<br>▪ Radyometrik kontrollerin yapılması<br>▪ Ortofoto Haritalarla ilgili Raporun Sunulması |

Yukarıda ana işlem adımları ile özetlenen bir mekânsal alt yapı projesi için bu projeyi gerçekleştirecek idari ve teknik kadronun, lojistik destek birimlerinin, idari ve teknik kadro için öngörülen birimlerin sayısı ve muhteviyatı, bunlar arasındaki görev dağılımları ve sorumluluklar gibi hususların da ayrıca planlanması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında örnek çalışma olarak sunulan mekânsal alt yapı projesi için idari ve teknik kadronun ve bu birimlerin birbirleriyle ilişkileri, yetki ve sorumluluk paylaşımları Çizelge 3.12'de özetlendiği şekliyle verilebilir.

**Çizelge 3.12.** Mekânsal Altyapı Projeleri için örnek bir idari ve teknik yetki paylaşım çizelgesi



Çizelge 3.12. den de görüleceği üzere projenin idari ve teknik organizasyonunda yapılacak işlemler Çizelge 3.11.'deki teknik iş planı da dikkate alınarak yedi (7) ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar;

(A): İstikşaf, Fotogrametrik Blok Oluşturma,

(B): Jeodezik Çalışmalar,

(C): Görüntü Alımı,

(D): Fotogrametrik İşler,

(E): Uydu Çalışmaları,

(F): Teknik Koordinasyon,

(G): Kalite Kontrol işlemleridir.

Böyle bir organizasyonda teknik çalışmaların genel sorumlusu "Proje Sorumlusudur (PS)" dir. PS, bu 7 iş bölümünde tarif edilen her bir teknik işlemleri yürütmek üzere yedi ayrı çalışma grubu için "Proje Yöneticisi (PY)" nin de görüşünü alarak "Grup Amirlerini" atar. Grup amirleri en az 10 yıl büro ve/veya arazi de çalışmış, fotogrametri alanında tecrübeli Harita Mühendislerinin olması önerilir. Proje Yöneticisi, Proje Sorumlusu, Teknik Koordinatör ve Teknik Danışmanlar aynı zamanda "Proje Yönetim Kurulu (PYK)" gibi görev yaparlar. PYK' nın Başkanı (PY) dir.

**Proje Yöneticisi (PY):** Projenin idari ve teknik olarak yürütülmesinden sorumlu kişidir. Projenin tüm resmi işlemlerinde yazışmalarında ve görüşmelerinde kurumu temsil yetkisine sahip kişidir. İşlemlerin sürdürülebilirliği açısından gerekli görülen durumlarda Proje Sorumlusu (PS) veya Teknik Koordinatöre (TK) yetkilerini verebilir.

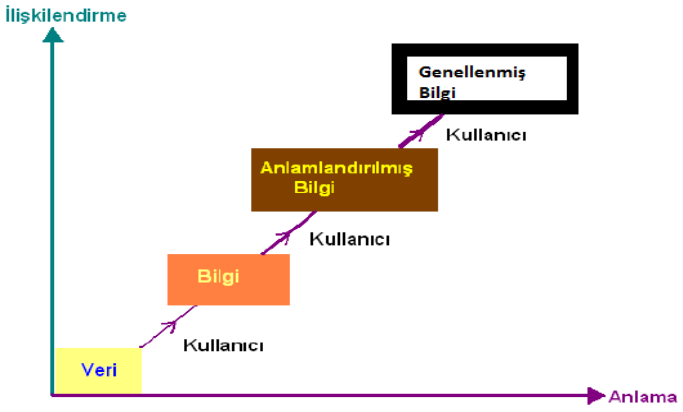
**Proje Sorumlusu (PS):** PS, projenin idari ve teknik açıdan yürütülmesinde (PY) 'ye karşı sorumludur. Teknik işlemlerin yürütülmesinden sorumlu kişidir. (PS), bu çalışmaları sırasında "Teknik Koordinatör (TK)" ve "Teknik Danışmanlar (TD)"dan bilgi alır. Projenin iş planı ve zaman tablosuna göre başarılı bir şekilde yürütülmesini sağlar. Proje dolayısıyla uçuş izinleri ve NOTAM gibi izinlerin planlanması, yazışmaların takip edilmesi, iniş/kalkış hava alanlarının belirlenmesi gibi planlamalar (PS)' nin sorumluluğundadır.

**Teknik Koordinatör (TK):** (PY)' nin sorumluluğunda (PS) ve (TD) ile birlikte projenin teknik olarak iş ve zaman planlamasına uygun olarak yapılması, yapılan işlerin metodolojiye, bilimsel ve teknik kurallara uygunluğu, iç kalite kontrollerin değerlendirilmesi, raporlama işlemleri gibi hususlarda görevlidir.

**Teknik Danışmanlar (TD):** Proje süresince İş Ortaklığı, metodolojinin yerine getirilmesinde ve uygulamada karşılaşılabilecek problemlerin çözümünde üniversitelerin fotogrametri anabilim dallarından Profesör, Doçent gibi akademik ünvana sahip bilim insanlarından görev verilebilir. Görev alabilecek öğretim üyeleri (TD)'dır.

## 3.10. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Veri ve bilgilerin sistemli bir şekilde toplanması, depolanması, işlenmesi, anlamlandırılması için oluşturulmuş sistemler bilgi sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Günümüzde teknolojinin giderek artan olanakları, verilerin sayısal ortamlarda saklanmasını kolaylaştırırken verinin anlamlandırılarak bilgiye dönüştürülmesi ve bilginin karar süreçlerinde kullanılması için veri ve bilginin yönetimine dayalı sistemleri zorunlu kılmıştır (Şekil 3.39).




**Şekil 3.39.** Veri ve genellenmiş bilgi arasındaki süreç

Bilgi sistemleri, verinin anlamlaştırılarak bilgiye dönüştürülmesi ve bunların yönetilmesi için oluşturulmuş sistemlerdir. Bilgi sistemlerinin temel fonksiyonu karar verme işlemini kolaylaştırmak ve bu süreci kısaltmaktır. Bilgi sistemleri, kullanıcının ihtiyaç duyduğu verilerin ilişkilendirilip anlaşılmasına da yardımcı olur.

Veri, bir bilgi sisteminde yönetilirken anlamlı bir bilgiye dönüştürülmesi için kullanıcının sistemle etkileşim içinde olması gerekir. Verinin bilgiden anlamlandırılmış bilgiye sonra da genellenmiş bilgiye dönüştürülmesi

aşamalarında kullanıcı müdahalesi giderek artar. Bunun yanında veri, bilgi, anlamlandırılmış bilgi, genellenmiş bilgi arasındaki ilişkinin de kurulması gerekir. Verinin, bilgi ve anlamlandırılmış ve genellenmiş bilgiye dönüşümü genellikle problem çözme ve karar süreçlerini destekleme ihtiyaçlarından doğar. Bu süreçte çoğunlukla nerede ne var sorularının cevaplarının verilmesi gerekir.

Nerede sorusunun cevabı dünya üzerindeki konum yada bir mekanla ilgilidir ve haritalarla ifade edilir.

Ne sorusunun cevabı ise ilgilenilen olgunun özniteliklerini ifade eder.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), temel olarak ne nerede sorusunun cevabı için geliştirilmiş bir bilgi sistemidir. CBS'de grafik veriler nerede sorusuna, grafik olmayan öznitelik bilgileri ise ne sorusuna cevap verirler.

CBS, mekânsal tabanlı bilgilerin (grafik ve öznitelik) bilgisayar ortamında toplanması, girilmesi, saklanması, sorgulanması, mekânsal analizlerinin yapılması, görüntülenmesi ve farklı formatlarda çıktı alınması ve kullanıcıya sunulması için oluşturulan bir bilgi sistemidir.

### 3.10.1. CBS'nin bileşenleri

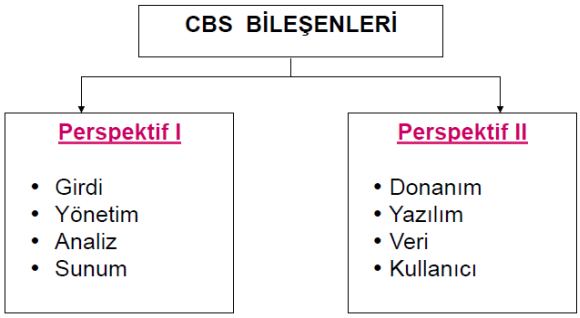
Coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenlerini iki ayrı perspektifte incelenebilir (Şekil 3.40).

- Perspektif I (girdi, yönetim, analiz, sunum)
- Perspektif II (donanım, yazılım, veri, kullanıcı)

Perspektif I; CBS bileşenlerini sistemin iç işleyiş yapısının alt parametreleri olarak ele almıştır. Sistemin algoritmasının temel iskeletini de tanımlamaktadır.

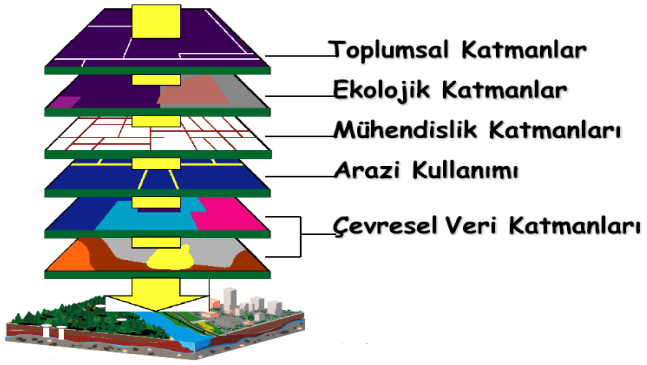
Perspektif II; sisteminin fiziksel yapısını ele almaktadır.

CBS bileşenleri hangi perspektiften ele alınırsa alınsın önemli olan her bir bileşenin eşit öneme sahip olduğudur. CBS'de yazılım ve donanım kadar veri toplama, işleme ve yönetme, kullanıcı yetkinliği, analiz ve sunum da çok önemlidir.



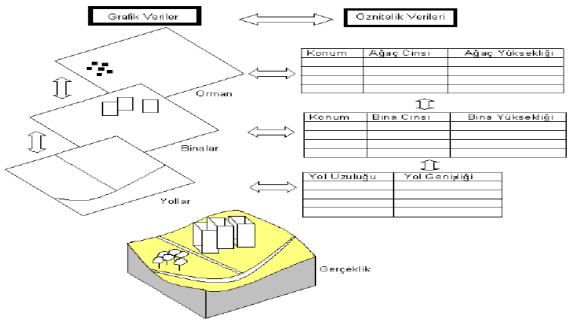

**Şekil 3.40.** CBS'nin bileşenleri

CBS'nin temel çalışma prensibi belli bir coğrafi bölge için grafik (mekânsal/konumsal) ve öznitelik (mekânsal/konumsal olmayan) verilerin ilişkilendirilerek farklı katmanlar halinde saklanması ve bu katmanları kullanarak istenilen analizlerin yapılmasına dayanmaktadır (Şekil 3.41).




**Şekil 3.41.** CBS'de katmanlar

Grafik veriler olarak, sayısal formattaki haritalar, uydu görüntüleri, ortofoto görüntüler, hava fotoğrafları sayılabilir (Şekil 3.42).




**Şekil 3.42.** Grafik ve Öznitelik Verileri

Öznitelik verileri olarak ise, grafik veri ile ilişkilendirilmiş her türlü tablosal veriler (koordinat bilgileri, mülkiyet bilgileri, alan, hacim, uzunluk bilgileri vs) sayılabilir (Şekil 3.42).

Veri temininde ve CBS'de kullanımında verinin kalitesine ait özelliklerin değerlendirilmesi gerekir. CBS'deki herhangi bir verinin kalitesinin değerlendirilebilmesi için ana ölçütler olarak aşağıdakilerin bilinmesi gerekir.

- doğruluk; verinin gerçek olguyu temsil derecesini belirler,
- hassasiyet; verinin ayrıntı düzeyini dolayısıyla ölçeğini belirler,
- sıklık; verinin toplanma sıklığını belirler,
- güncellik; verinin ne kadar güncel olduğunu belirler,
- kapsama alanı; yeryüzünde temsil ettiği alanı belirler.

### 3.10.2. CBS'nin yararları

CBS'nin sağladığı temel yararlar şunlardır;

a- Daha etkin planlama ve yönetim uygulamalarının geliştirilmesi,

b- Kararların hızlı ve yerinde alınabilmesi,

c- Kısa ve uzun vadede güncel ve zamana bağlı değişimim gözlenebilen veri yönetiminin oluşturulması,

d- Maliyetlerin azaltılması,

e- Daha iyi hizmetlerin sunulması,

f- Hizmetlerin, kararların ve çözümlerin ilgili paydaşlar ile kolay paylaşımı,

g- Görsel analitik yöntemlerle anlatılması zor olguların daha kolay şekilde anlatılabilmesi,

Bir CBS'nin kurulması sistemin büyüklüğüne, kullanıcı sayısına, veri çeşidine ve CBS platformuna göre değişebiliyor olsa da genel olarak maliyetin (Düzgün, 2010);

a- %20-30 arası yazılım ve donanım maliyetidir. Eğer yazılım açık kaynak kodlu ise bu maliyet daha da aşağıya düşebilmektedir.

b- %40-50 arası veri elde etme maliyetidir. Eğer veriler sayısal olarak başka kurumlarca daha önce temin edilmiş ise ve bu veriler ya da bir bölümü kullanılabiliyor ise maliyet azalır.

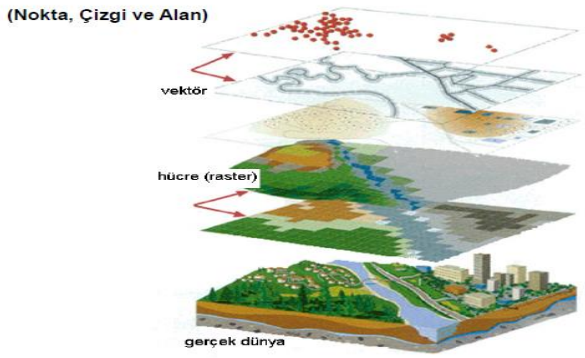
c- %10-20 arası ise işletme giderleri ve diğer maliyetlerdir.

### 3.10.3. Mekânsal verinin sunumu

Koordinat, adres vb. konum bilgisi içeren veya harita üzerinde bir lokasyona bağlanmış her türlü veri mekânsal veri olarak tanımlanır. CBS, mekânsal verileri ve bu verilere bağlı sözel bilgileri entegre bir şekilde depolayan bir yapıya sahip olmalıdır. Mekânsal veriler temel olarak "mekânsal" ve "öznitelik" veriler olmak üzere iki gruba ayrılır. Mekânsal veriler, objelerin yerini, şeklini ve diğer mekânsal veriler ile ilişkilerini belirler. Öznitelik veriler ise, özelliklere ait verilerin veri tabanında tutulmasıdır.

Mekânsal veri, haritadaki konum bilgisi yani dünya üzerindeki koordinatları (projeksiyonu, coğrafi koordinatları vs.) veya adres bilgisi mahalle, cadde, sokak bilgisi, bina no, posta kodu, bölge no gibi bilgilerle tanımlanır. Mekânsal verilerin yeryüzündeki şekilleri ve birbirleriyle ilişkileri CBS ortamında aşağıdaki gibi farklı biçimlerde ifade edilebilir. CBS'de mekânsal veri iki faklı modelde sunulur (Şekil 3.43).

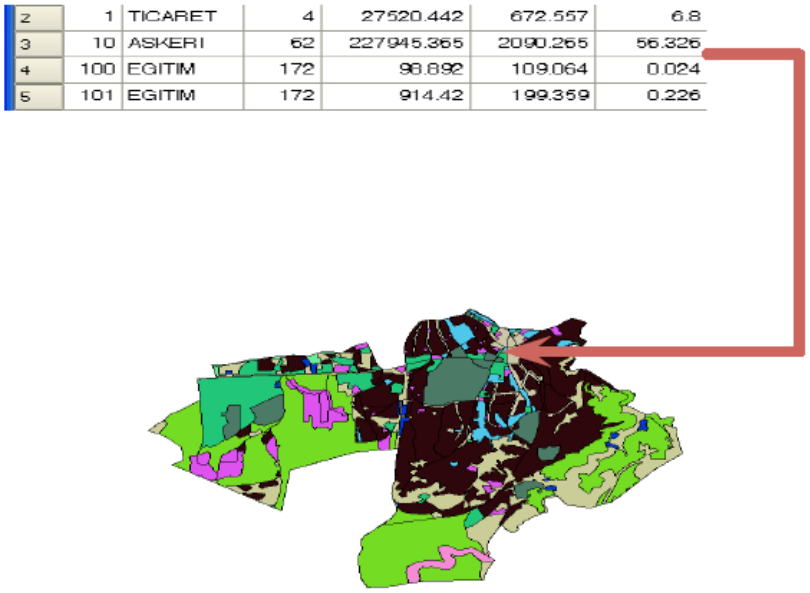
- Vektör veri modeli
- Hücresel (raster) veri modeli




**Şekil 3.43.** CBS'de mekânsal verinin sunumu

#### 3.10.3.1. Vektör veri modeli

Vektör veri modeli 3 temel yapıdan oluşur. Nokta, çizgi ve alan formlarıdır. Vektör veri formatında konuma ait verilerin mekânsal özellikleri (x,y,z) koordinat değerleri ile depolanırlar (Şekil 3.44).



| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1 | TICARET | 4 | 27520.442 | 672.557 | 6.8 |
| 3 | 10 | ASKERI | 62 | 227945.365 | 2090.265 | 56.326 |
| 4 | 100 | EGITIM | 172 | 98.692 | 109.064 | 0.024 |
| 5 | 101 | EGITIM | 172 | 914.42 | 199.359 | 0.226 |

**Şekil 3.44.** Vektör veri modeli

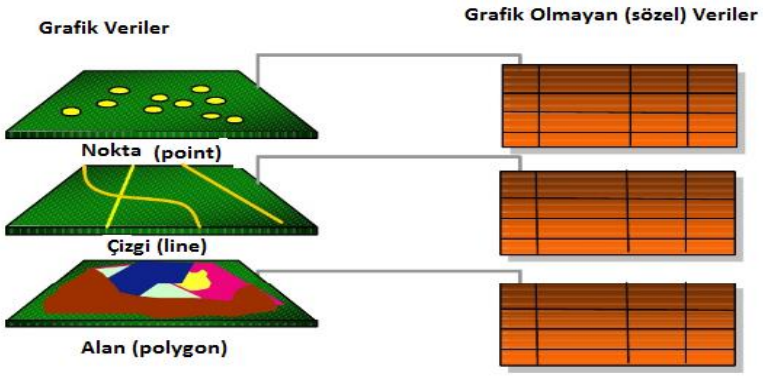
Noktalar; tek bir (x,y,z) koordinat çifti ile temsil edilirler. Yani elektrik direkleri, bina köşeleri, parsel köşeleri, çeşmeler, kuyular vs. tek bir koordinat çifti ile ifade edilirler.

Çizgiler; bir başlangıç ve bitiş noktası olan (x,y,z) koordinatlar dizisi ile temsil edilirler. Dereler, yollar, parsel kenarları, bina hatları, elektrik hatları vs. bunlara örnek olarak verilebilir.

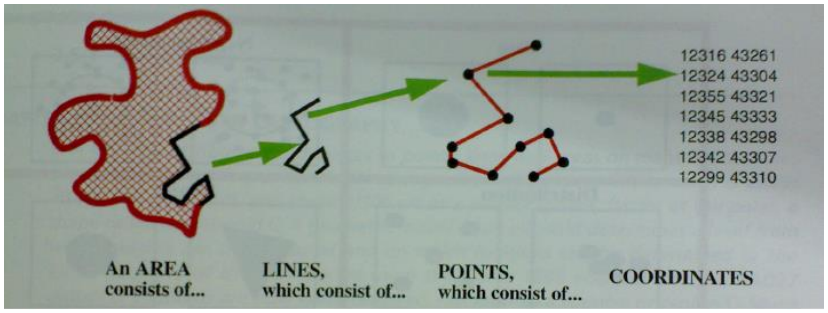
Alanlar ise; başlangıç ve bitiş noktası aynı olan (x,y,z) koordinatlar dizisi ile temsil edilirler. Göller, parseller, binalar, vs. bunlara örnek olarak verilebilir.

Bu özellikler gösterildikleri semboller ile harita üzerinde birbirlerinden farklı anlamlar ifade ederler. Bu ayrımlar veri tabanları yardımıyla yapılır. Veri tabanına girilmiş olan veriler vasıtasıyla aynı özellik grubuna giren mekânsal veriler birbirinden renk ve sembol olarak ayırt edilir (Şekil 3.45).

CBS veri tabanlarının bu özelliği sayesinde harita üzerinde farklı veriler farklı katmanlar halinde sunulmuş olur. Sonuç olarak vektör veri modelinde poligonlar çizgilerden, çizgiler noktalardan, noktalar ise koordinat dizilerinden oluşur (Şekil 3.46).




**Şekil 3.45.** CBS' de Mekânsal verilerin gösterimi




**Şekil 3.46.** Vektör veri modelinin yapısı

### 3.10.3.2. Hücresel (raster) veri modeli

Hücresel veri modellerinde;

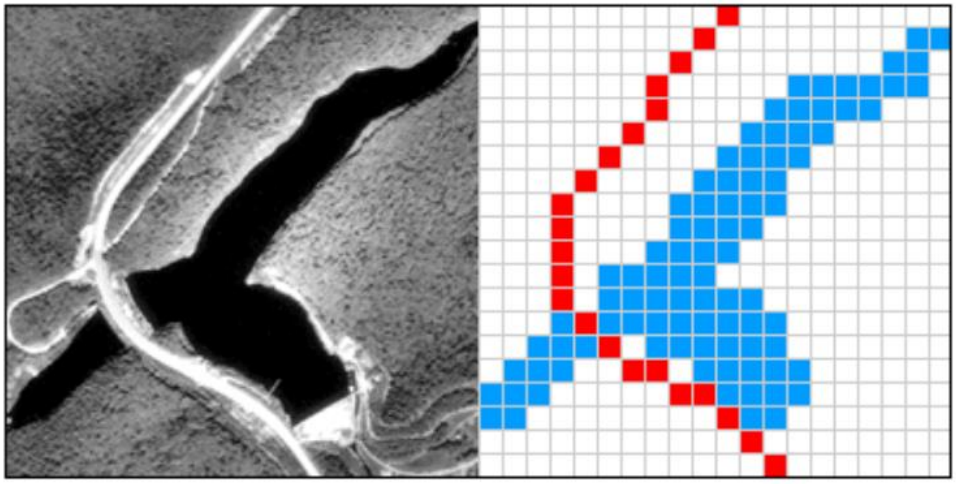
a- Veriler hücrelere bağlı olarak temsil edilirler,

b- Veriler aynı boyuttaki hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşur,

c- En küçük birim piksel/hücre olarak tanımlanır,

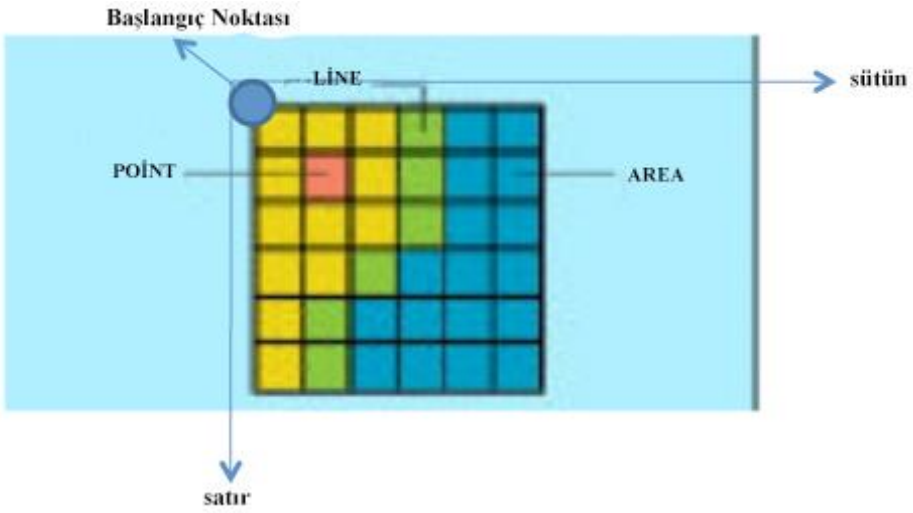
d- Verinin hassasiyeti hücre boyutuna göre değişen çözünürlük (resolution) özelliği ile tanımlanır,

e- Her hücre nümerik bir değere sahiptir. Bu değer bazen coğrafi bir özelliğe ait kod değeri olarak tanımlanabilir ve belli bir renk aralığında atanmış bir değeri taşır (Şekil 3.47).



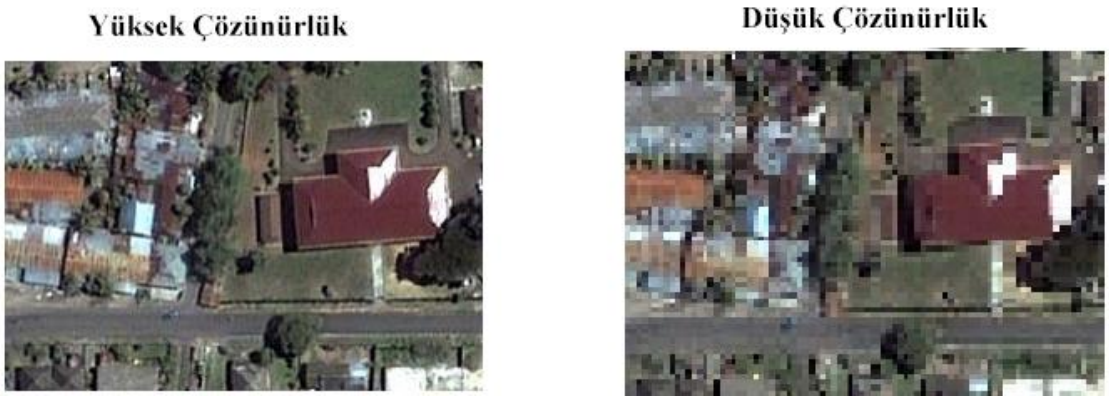
**Şekil 3.47.** Hücresel (piksel) veri modeli

Hücresel (raster) veri modelinde her bir hücrenin koordinatı satır ve sütun numarasıyla belirlenirken, koordinat başlangıcı olarak genelde sol-üst köşe başlangıç noktası olarak alınır (Şekil 3.48).




**Şekil 3.48.** Hücresel (piksel) veri modelinde koordinat başlangıcı

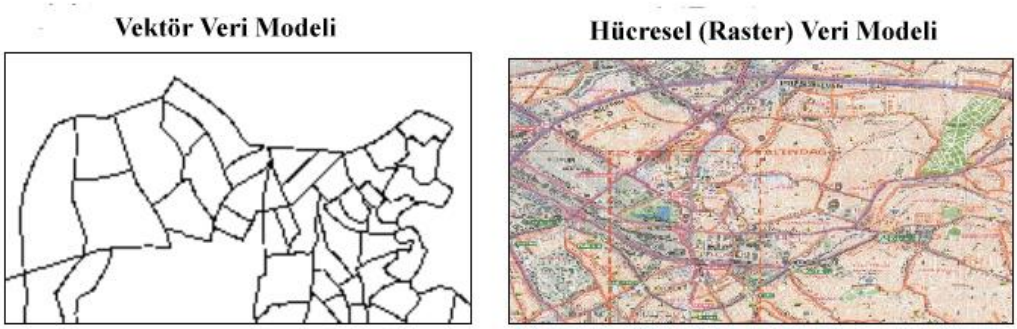
Hücresel (raster) veri modelinde, mekânsal çözünürlük arttığında hücre boyutu küçülür, görüntü kalitesi ve veri boyutu artar. Mekânsal çözünürlük azaldığında da hücre boyutu büyür, görüntü kalitesi ve veri boyutu azalır (Şekil 3.49).




**Şekil 3.49.** Hücresel veri modelinde Mekânsal çözünürlüğün etkisi

### 3.10.4. Vektör ve hücresel (raster) veri modellerinin karşılaştırılması

CBS'de yeryüzüne ait bilgiler, vektör ve hücresel (raster) veri modellerinde birbirlerinden soyutlanmış farklı tabakalar şeklinde depolanırlar (Şekil 3.50). Bu iki temel yapı coğrafi analizlerde ve sorgulamalarda etkin bir biçimde kullanılmakla birlikte, vektör ve hücresel formatların birbirlerine göre üstün ve zayıf yönlerini ortaya çıkarır.




**Şekil 3.50.** Vektör ve Raster veri modelleri

Vektör ve hücresel veri modellerinde verilerin kendine ait özellikleri ve faklı analiz olanakları vardır. Dolayısıyla farklı amaçlar için hem vektör hem de hücresel veri modeli içinde çalışma yapılabilir. Ancak vektör ve hücresel veri modelleri arasında birebir tersine dönüşüm mümkün olmayabilir. Vektör ve hücresel veri modelleri arasında bir karşılaştırma yapmak gerekirse (Baysal, Yıldız, 2009);

a- Hücresel verilerin veri depolama hacmi vektör verilere göre oldukça büyüktür.
b- Bazı konumsal analizler (çakıştırma analizleri, alan hesaplamaları, yakınlık analizleri vb) hücresel veri formatında daha kolaydır.
c- Verilerin hassasiyeti hücresel verilerde hücre boyutu ile orantılı olduğundan hassas çalışmalarda veri kayıplarına neden olabilir.
d- Vektörel veri formatında grafik objeleri tanımlayan öznitelik bilgilerine ulaşma, güncelleme daha kolaydır.

### 3.10.5. CBS Altlığı Olarak Sayısal Ortofoto Görüntüler

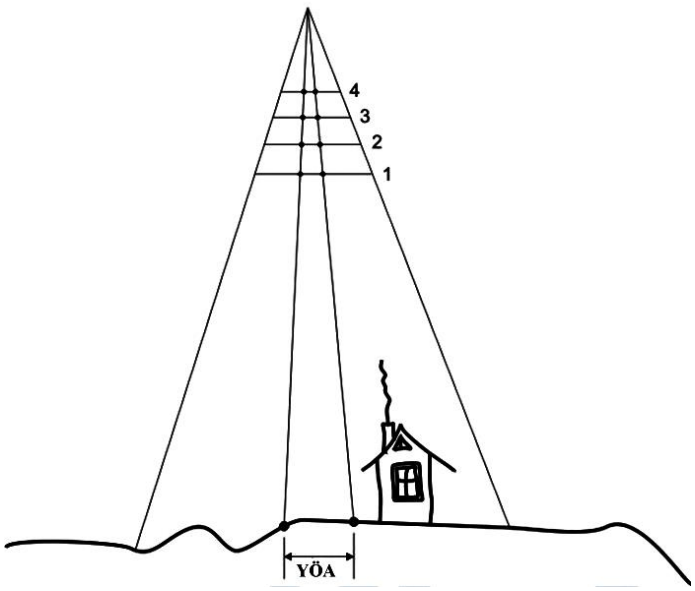
CBS amaçlı sayısal grafik veri üretiminde en önemli ürünlerden biri sayısal ortofotodur. Sayısal ortofotolar, yersel yada hava fotogrametrisi yöntemleriyle üretilebildiği gibi yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin işlenmesi yoluyla da üretilebilmektedir. Günümüzde topoğrafik verilerin üretiminde en hızlı ve en ucuz yöntem ortofoto olmuştur. Sayısal ortofotonun kullanımının artma nedenleri olarak (Joachim, H., 2009);

• Uydu veya hava fotoğraflarından kolaylıkla üretilebilmesi,
• Yüksek çözünürlüklü sayısal kameraların üretilmiş olması,
• Sayısal arazi modeli (DTM'ler) için verilerinin üretimi otomatik görüntü korelasyonları ve farklı donanımlarla desteklenebiliyor olmması (LIDARgibi),
• Gerekli olan yer kontrol noktası verilerinin GNSS teknikleri ile daha hızlı ve daha az sayıda çözülebiliyor olması,
• Sayısal görüntü işleme için gerekli olan yüksek performanslı bilgisayar donanımlarının gelişmiş olması, depolama birimlerinin hız ve kapasitesinin artması, daha az maliyetle satın alınabiliyor olması,
• Sayısal görüntü işleme yazılımlarının algoritmalarının gelişmiş olması, daha farklı ürünler için yazılımların alınabiliyor olması,
• Kamu yatırımlarında ve uygulamalarında sayısal koordinatlı görüntülere daha çok ihtiyaç duyulması,
• Sayısal görüntülerin web ortamında 3B görüntüler için uygun altlıklar olması,
•Sayısal görüntülerin CBS ortamlarına daha hızlı ve daha ucuz veri sağlayabiliyor olması, olarak sıralanabilir.

Ülkemizde tüm yatırımcı kuruluşlar (Tarım Bakanlığı, Çevre Şehircilik Bakanlığı, Belediyeler, Enerji Bakanlığı vs) tüm ulusal ve uluslararası altyapı projeleri için altlık olarak sayısal ortofoto ürünlerini kullanmaktadırlar. Sayısal ortofotonun tercih nedenleri olarak yukarıda bahsedilen avantajlar sıralanabilir.

### 3.10.6. Sayısal Ortofotonun Avantajları

Ortofoto harita üretiminde ölçek ve doğruluğu belirleyen en önemli parametre yer örnekleme aralığıdır (GSD: YÖA) (Şekil 3.51). Günümüzde büyük ölçekli ortofoto üretim çalışmalarında yer örnekleme aralığı, 1/1000 ölçekli üretimlerde 8 cm-10 cm, 1/2000 ölçekli çalışmalarda 15cm-18cm, 1/5000 ölçekli çalışmalarda da 25 cm-30 cm arasında seçilmektedir (Graham, Koh, 2002).




**Şekil 3.51.** Yer Örnekleme Aralığı (YÖA, Ground Sampling Distance: GSD)

Günümüzde ortofoto ürünler sayısal fotogrametrik tekniklerle tam otomatik işlem adımları ile üretilmektedir. Üretilen sayısal ortofotoları klasik ortofoto üretim tekniklerine göre karşılaştırdığımızda aşağıdaki avantajlardan söz edebiliriz (Hoffmann, Reulke, 2008).

• Yüksek doğruluk ve veri zenginliği,
• Daha kısa sürede üretim, düşük maliyet, yüksek verimlilik,

• Üretimde ve türevi ürünlerde esneklik,

• Sayısal görüntü üzerinden bilgisayar teknolojileri ile daha fazla veri ve daha çok bilgi çıkarımı,

• Radyometrik manipülasyonlar (görüntü kalitesi, mozaikleme, renk düzenleme, dinamik aralık ayarının değiştirilmesi vs.)

• Vektör verileri ile raster verilerin entegrasyonu.

Mekânsal alt yapı projelerinde CBS bileşenlerinin temel katmalarında hem vektör hem de hücresel veri yapısı olacaktır. Çünkü toplanan CBS amaçlı toplanan veriler ve bu verilerden üretilen bilgiler hem vektör hem de hücresel (raster) yapıda kullanıcılara sunulmaktadır. Mekânsal alt yapı projesinin amacı CBS'den beklenenler sistem bileşenlerini ve bu bileşenleri oluşturan alt parametreleri belirler.

Örneğin; belediyelerce yürütülen kent bilgi sistemi amaçlı çalışmalarda mekânsal alt yapının en az 8-10 cm YÖA ile alınmış sayısal görüntülerden üretilen ortofoto altlıklar olmak zorundadır. Çünkü bu raster veri yapısı üzerine kurulacak kadastral bileşenler (mülkiyete ilişkin veriler, haritalar) ile örtüşmeli hata sınır değerleri içerisinde genellenmiş bilgiye dönüştürülebilmelidir.

Örneğin; Tarım Bakanlığı gibi teşkilatlar tarafından yürütülen tarımsal bilgi sistemi oluşturmaya yönelik ulusal mekânsal alt yapı projelerinde de daha küçük ölçekli raster altlıkların (YÖA 30cm ile üretilmiş sayısal ortofotolar gibi) kullanılması, bunların mülkiyet ve diğer verilerle ilişkilendirilmesi söz konusu olabilir.

Sonuç olarak CBS'nin amacı mekânsal alt yapı projesinden beklenen doğruluk, zaman, maliyet, amaçlar gibi sistem bileşenleri ile ilgilidir.

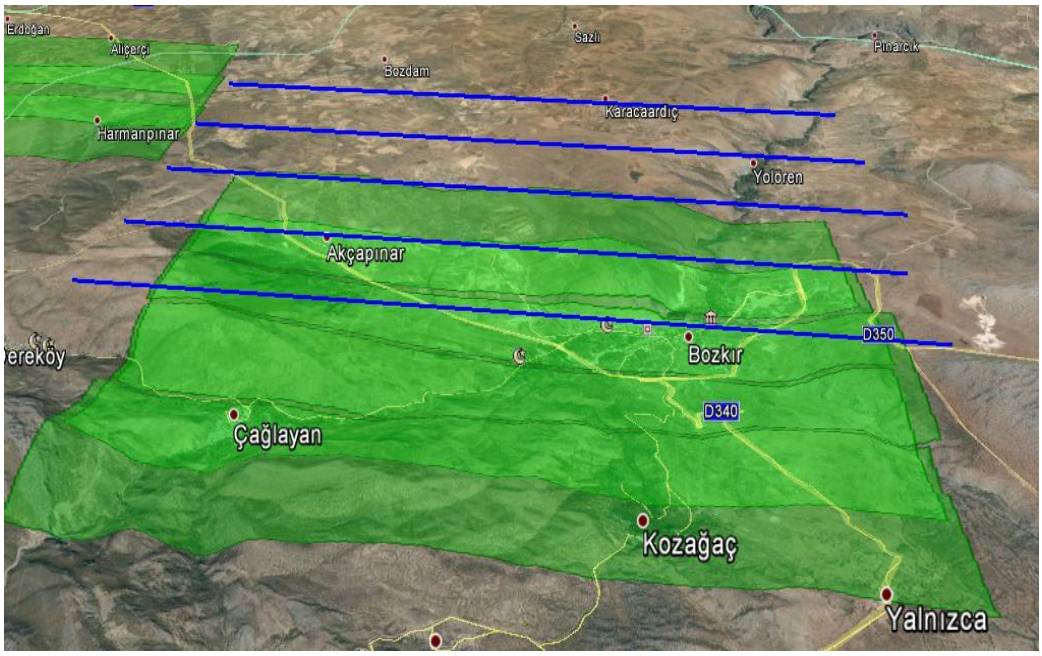
Tezin uygulama kısmında YÖA:10 cm, YÖA:30 cm ve YÖA:50 cm ile alınmış sayısal görüntülerden elde edilen sayısal ortofotoların doğruluğu araştırılarak bunların hangi tür mekânsal altyapı projelerine altlık verisi teşkil edebileceği hususunda deneysel bir çalışma yapılmıştır.

# 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada mekânsal projelerde sayısal ortofoto ürünlerinin CBS 'ne altlık olarak kullanılması durumunda farklı yer örnekleme aralıklarında üretilen sayısal ortofoto ürünlerin hangi mekânsal CBS 'ne altlık olabileceği konusunda bir çalışma yapılmıştır. Çalışmayı gerçekleştirebilmek için bir test alanı oluşturulmuş ve test alanında 10 cm, 30 cm, 50 cm YÖA 'na karşılık gelen ortofoto üretimleri gerçekleştirilmiş bu üretimlerin geometrik doğrulukların belirlenmesi ve radyometrik değişimlerin incelemesi yapılmıştır. Daha sonra elde edilen sonuçlar yorumlanarak ve analiz edilerek hangi tür Mekânsal Coğrafi Bilgi Sitemi projelerine altlık olabilecekleri ya da olamayacakları konusunda bir araştırma yapılmıştır.

## 4.1. Ortofoto Test Alanı

Test alanı Bozkır ilçe merkezi orta nokta olmak üzere kuzey-güney doğrultuda 6.6 km, doğu-batı doğrultuda da 7.5 km lik bir sahayı kapsamaktadır. Ortalama arazi kotu 1150 m olup, saha içerisindeki en yüksek nokta kotu ise 1600 m dir (Şekil 4.1). Test alanına ve uçuşa ilişkin veriler Çizelge 4.1'de özetlenmiştir. Ortofoto üretimi için sayısal görüntü alımı amaçlı uçuşlar Ağustos 2014 de yapılmıştır.




**Şekil 4.1.** Bozkır ortofoto test alanı

Test alanındaki ortofoto paftalar 1/1000 ölçekli ulusal pafta bölümleme sistemine göre isimlendirilmiş, koordinatlar WGS84 elipsoidi ITRF96 datumunda 2005.0 epokunda belirlenmiştir. Ortofoto üretimleri ve mozaik görüntüleri 10 cm, 30 cm ve 50 cm yer örnekleme aralığına karşılık gelecek piksel büyüklüklerinde "ecw" formatında ayrı ayrı üretimleri yapılmıştır. Ortofoto üretimleri için Inpho Ortho Box 6.0 yazılımı kullanılmıştır. Ortofoto mozaiklerde özellikle seamline geçişleri başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Sayısal uygulama alanına ait uçuş parametreleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Uçuş Parametreleri

| | 10 cm YÖA | 30 cm YÖA | 50 cm YÖA |
|---|---|---|---|
| Sayısal Kamera | Z/I-DMC01-0173 | Z/I-DMC01-0173 | Z/I-DMC01-0173 |
| Kamera Odak Uzaklığı | 120 mm | 120 mm | 120 mm |
| Görüntü Çerçeve Boyutları | 13842 x 7680 | 13842 x 7680 | 13842 x 7680 |
| Piksel Büyüklüğü | 12 µm | 12 µm | 12 µm |
| Boyuna / Enine Örtü Oranları | %70 / %30 | %70 / %30 | %70 / %30 |
| Kolon Sayısı | 5 | 4 | 3 |
| Fotoğraf Sayısı | 135 | 108 | 81 |
| Yaklaşık Görüntü Ölçeği | 1/12700 | 1/12700 | 1/12700 |
| Ortalama Arazi Kotu | 1150 m | 1150 m | 1150 m |
| Yer Kontrol Noktası Sayısı | 13 | 13 | 13 |
| Denetleme (check) Nokta Sayısı | 3 | 3 | 3 |
| IMU Sistemi | FSAS | FSAS | FSAS |
| GNNS Sistemi | Novatel | Novatel | Novatel |
| Uçuş | Doğu-Batı | Doğu-Batı | Doğu-Batı |

## 4.2. Fotogrametrik Nirengi Ölçmeleri

Fotogrametrik nirengi ölçümlerinde; hava fotoğrafı ve kolon bağlamaları için gerekli bağlantı noktası seçim ve ölçümleri otomatik olarak, fotogrametrik nirengi için yer kontrol noktalarının seçim ve ölçümleri ise operatör tarafından gerçekleştirilmiştir. Böylece otomatik ölçümlerde; ölçülerin tüm fotoğrafik görüntü alanına yayılması sağlanmış olmaktadır ve fotogrametrik nirengi

dengelemesi için bu sayede elde edilen fazla ölçüler ile dengelemenin serbestlik derecesi artırılmıştır. Sonuç olarak daha yüksek doğruluklu karesel ortalama hataların elde edilmiş olduğu görülmüştür.

Bağlama noktaları en az dört fotoğraftan görülebilecek şekilde seçilmiş ve ölçmeleri yapılmıştır. Görüntü eşlemede operatör seçimli bağlama noktalarının seçiminde Gruber nokta bölgelerine isabet eden yerlerde en az 27 adet nokta ölçümü yapılmıştır. Sayısal yükseklik modeli üretimi amaçlı otomatik ölçmelerde teknik standartlara uygun olarak nokta aralıkları 5 m olarak alınmıştır. Bunun yanında karakteristik noktaların (eğimin değiştiği noktalar, çukur noktalar, tepe noktalar), su toplama ve su dağıtma çizgilerine ait topografik hatların, şev üstü ve şev altı noktalarının, dere ve yol geçiş hatları, köprüler, menfezler vs gibi doğal ve yapay unsurlara ait belirleyici hatların ölçümleri elle toplanmıştır.

Fotogrametrik nirengi noktalarının ölçülmesinde Inpho (Ver.6.0) fotogrametrik değerlendirme yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım ile ölçülen hava fotoğrafı koordinatları, ışın demetleri (bundle adjustment) yöntemi esaslarına ve iyileştirici ek parametrelere göre çalışan blok dengeleme yazılımlarında dengelenmiştir. Dengelemede MATCH AT (Ver.6) blok dengeleme yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım tüm dünyada bu tür hesaplamalar için en çok tercih edilen yazılımlardan biridir. Bu yazılımda en küçük kareler dengelemesinden önce tüm ölçülere "robust kestirim algoritması"[8] uygulanır ve ölçülerin kaba hatalardan ayıklanması sağlanır. Işın demetleri dengeleme işleminde aşağıdaki parametreler dengeleme modeline dâhil edilmiştir.

- Self-Kalibrasyon
- GNSS-Mode
- Drift-Mode
- GNSS-Anten Dışmerkezliği
- INS-Mode
- INS-Dönüklük Sınırı
- Atmosferik kırılma ve yer küreselliği

[8] Kümesindeki küçük değişimlere ya da genel olarak varsayımlardaki küçük sapmalara, duyarsız olan bir dağılımdan elde edilen kestirimler.

Fotogrametrik blok dengelemede "Self-Kalibrasyon" parametre sayısı 44 olarak alınmıştır. Büyük ölçekli harita üretim çalışmalarında uluslararası standartlara göre fotogrametrik bloklar için fotogrametrik nirengi dengelemesi sırasında öncül (a-priori) standart sapmalar (default data set); aşağıdaki gibi alınmıştır.

Yer Kontrol Noktaları için;

$\sigma_{x, y} = 0.03$ m

$\sigma_{z} = 0.05$ m

Otomatik Ölçülen Bağlama Noktaları için;

$\sigma_{l} = 0.002$ mm

Manuel olarak ölçülen bağlama ve yer kontrol noktaları için;

$\sigma_{l} = 0.002$ mm

Doğrudan yer referanslandırma sistemi;

GNSS değerleri için $\sigma_{x, y, z} = 0.10$ m

INS değerleri için $\sigma_{æ, \varphi, \omega} = 0^0.010$

Her bir fotogrametrik blok için; fotogrametrik nirengi dengelemesi giriş verileri (her bir bloktaki fotoğraf sayısı, dengelemeye giren ölçü sayısı, bilinmeyen sayısı, dengelemenin serbestlik derecesi), ayrıca blok dengeleme sonrası elde edilen tüm doğruluk ölçütleri ve istatistikî veriler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** 10 cm YÖA için Sayısal Uygulama Alanı Blok Dengeleme Sonrası İstatistiki Bilgiler

| İstatistiki parametrenin adı | Hesaplanan değeri |
|---|---|
| Dengeleme toplam ölçü sayısı | 364551 |
| Dengeleme bilinmeyen sayısı | 98843 |
| Dengeleme fazla ölçü sayısı | 265708 |
| Dengeleme iterasyon sayısı | 2 |
| Dengelemenin standart sapması ($\sigma_O$) (µm olarak) | 2.4 µm |
| Dengelenmiş resim noktalarının k.o.h. (otomatik) ($\sigma_X$) (µm) | 2.2 µm |
| Dengelenmiş resim noktalarının k.o.h. (otomatik) ($\sigma_Y$) (µm) | 1.8 µm |
| Dengelenmiş resim noktalarının k.o.h. (manual) ($\sigma_X$) (µm) | 2.6 µm |
| Dengelenmiş resim noktalarının k.o.h. (manual) ($\sigma_Y$) (µm) | 1.9 µm |
| Yer kontrol noktalarının k.o.h. ($\sigma_X$) (m olarak) | x 0.052 [meter] |
| Yer kontrol noktalarının k.o.h. ($\sigma_Y$) (m olarak) | y 0.042 [meter] |
| Yer kontrol noktalarının k.o.h. ($\sigma_Z$) (m olarak) | z 0.047 [meter] |
| Denetleme noktalarının k.o.h. ($\sigma_X$) (m olarak) | x 0.084 [meter] |
| Denetleme noktalarının k.o.h. ($\sigma_Y$) (m olarak) | y 0.070 [meter] |

| | |
|---|---|
| Denetleme noktalarının k.o.h. ($\sigma_Z$) (m olarak) | z 0.098 [meter] |
| INS gözlemlerinin k.o.h. ($\sigma_\Omega$) (derece olarak) | omega 0,000 [deg] |
| INS gözlemlerinin k.o.h. ($\sigma_\phi$) (derece olarak) | phi 0.001[deg] |
| INS gözlemlerinin k.o.h. ($\sigma_\chi$) (derece olarak) | kappa 0,000 [deg] |
| Model dönüklük k.o.h. ($\sigma_\omega$) (derece/1000) olarak | omega 0.6 [deg/1000] |
| Model dönüklük k.o.h. ($\sigma_\psi$ ) (derece/1000) olarak | phi 0.7 [deg/1000] |
| Model dönüklük k.o.h. ($\sigma_K$) (derece/1000) olarak | kappa 0.2 [deg/1000] |
| Model öteleme k.o.h. ($\sigma_X$) (m olarak) | x 0.021 [meter] |
| Model öteleme k.o.h. ($\sigma_Y$) (m olarak) | y 0.020 [meter] |
| Model öteleme k.o.h. ($\sigma_Y$) (m olarak) | z 0.026 [meter] |

Fotogrametrik blokun iç (bağıl) ve dış (mutlak) doğrulukları da incelenmiştir. İç (bağıl) doğruluk yani $\sigma_0$ değeri, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY) gereği dengeleme sonunda 8 μm'den küçük olması gerekmektedir. Blok dengeleme sonunda bu değer 2.4 μm olarak elde edilmiştir.

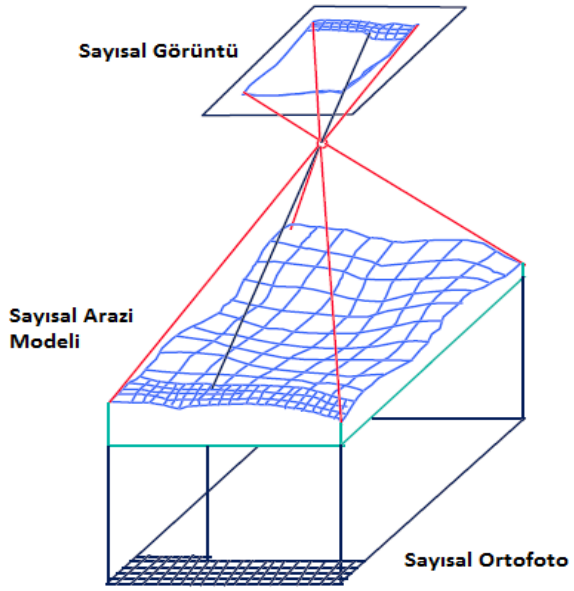
Birbirinden bağımsız olarak dengelenen blokların ortak noktalarının koordinatları arasındaki farkların konumda 5cm'den, yükseklikte 10 cm'den daha küçük gerçekleşmiştir. Bağlama (tie) noktalarına gelen düzeltmelerden hesaplanan standart sapmalar ise konum ve yükseklikte 5 cm nin altında hesaplanmıştır.

Fotogrametrik blok dengelemenin mutlak (dış) doğruluğunu test edebilmek için fotogrametrik blokların içerisindeki bazı Yer Kontrol Noktaları (YKN) Denetleme Noktası (DN: check point) olarak seçilmiş ve fotogrametrik nirengi ölçümleri yapılır. Bu dengeleme işleminde 13 yer kontrol noktasından 3 adedi denetleme (check) noktası olarak seçilmiştir. Bu noktaların fotogrametrik blok dengeleme sonunda koordinatları ve karesel ortalama hataları hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler sırasıyla ($\sigma_X$=0.084 m, $\sigma_Y$=0.070 m, $\sigma_Z$=0.098 m) dir.

## 4.3. Sayısal Ortofoto Üretimi

Renkli sayısal ortofoto harita üretimleri için; öncelikle fotogrametrik nirengi dengelemesinin, tamamlanmış olması gerekir. Bu husus ayrıca fotogrametrik kıymetlendirme için de bir ön gerekliliktir. Orto görüntü

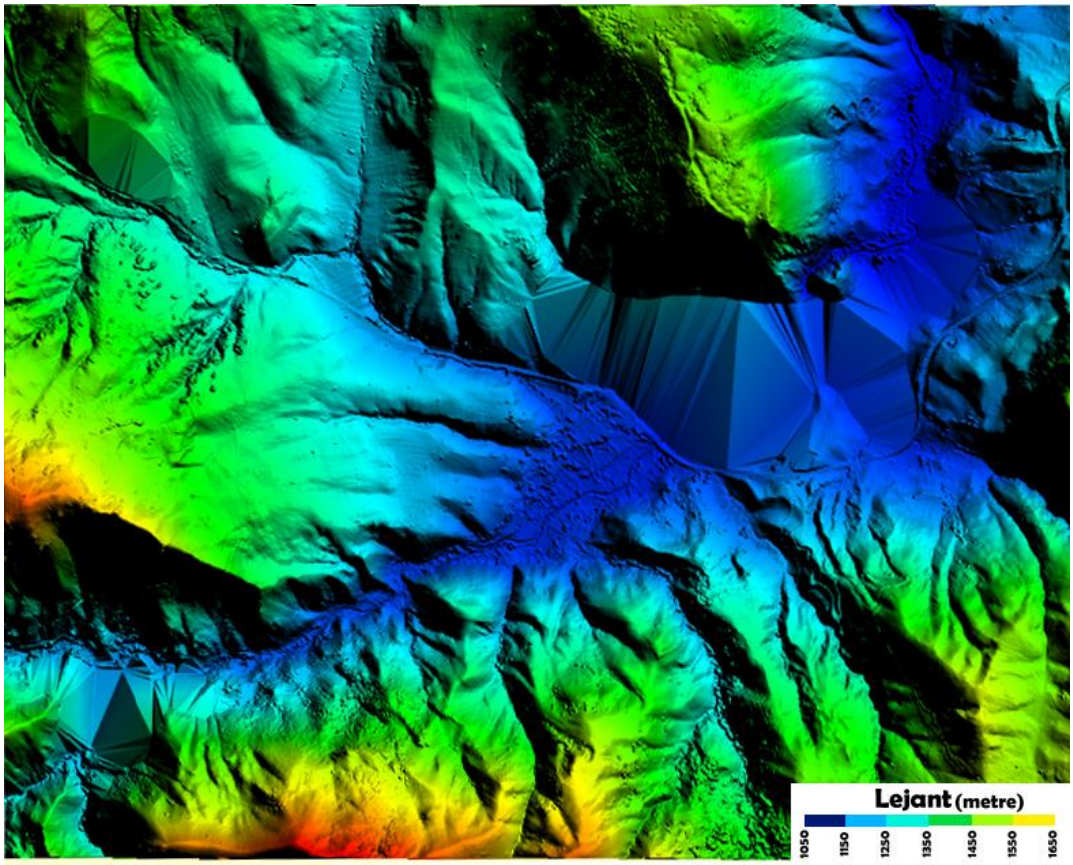
üretiminin yapılabilmesi için ikinci ön gereklilik ise sayısal arazi modeli üretimlerinin tamamlanmış olmasıdır (Şekil 4.2).




**Şekil 4.2.** Sayısal Arazi Modeli (SAM: DTM)

Bir sonraki aşama; hava fotoğrafı alım aşamasında çekilen hava fotoğraflarının, fotogrametrik nirengi dengelemesi sonucu elde edilen koordinat bilgileri kullanılarak, sayısal görüntülerin koordinatlı hale getirilmesi veya görüntü üzerindeki her bir piksele kullanılan projeksiyon sistemine uygun koordinatların atanması (register) işlemidir. Bu süreçten geçen koordinatlı hava fotoğrafları, arazideki yükseklik farkları nedeniyle; fotoğraflar üzerinde detaylar oldukları konumdan daha farklı yerlerde görünür. Oluşan bu görüntü kayıklıklarına rölyef kayıklığı adı verilir (relief displacements). İşte bu görüntü kayıklılıkları sayısal arazi modeli kullanılarak düzeltilir. Bu işleme de düşeye çevirme adı verilir (rectification). Bu çalışmada test alanında sayısal arazi modeli için veriler otomatik ve operatör seçimli olarak yapılmıştır. 10 cm YÖA ortofoto için 2 m, 30cm YÖA ortofoto için 3 m, 50 cm YÖA ortofoto üretimleri için 5 m aralıklı olarak stereo modelden otomatik yükseklik toplanmıştır. Daha sonra operatör marifetiyle de modeldeki karakteristik noktaların (su toplama ve dağıtma çizgileri, eğimin değiştiği noktalar, tepe ve çukur noktalar, şev üstü ve şev altı noktaları, vs.) elle yükseklikleri toplanmıştır. Test alanının 3B katı

modeli Şekil 4.3'de görülmektedir. Bu noktalardan 263 adedi denetleme noktası kabul edilmiş ve üretilen ortofotonun mutlak doğruluğu test edilmiştir.




**Şekil 4.3.** Test alanının 3B katı modeli

Bu işlemlerin uygulanması sonucu elde edilen görüntüler; orto görüntü olarak, kullanılan projeksiyon sistemindeki pafta bölümlemeleri esas alınarak açılmış pafta çerçeveleri içerisine oturtulmuş orto görüntüler ise ortofoto haritalar olarak adlandırılır.

Bu görüntüler genel olarak fotogrametrik blok esaslı olarak hazırlanırlar. Bu nedenle çok sayıdaki hava fotoğrafından oluşan bu bloklar mozaikleme işlemine tabi tutulur. Mozaikleme esnasında resim geçişleri nedeniyle olabilecek görselleştirme bozuklukları (seamline) düzenlenir ve radyometrik görüntü zenginleştirme işlemlerine tabi tutulur. Test alanı içinde yer alan aynı sahanın 10 cm, 30 cm ve 50 cm YÖA'lı ortofoto görüntüleri Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görülmektedir.



**Şekil 4.4.** 10 cm Yer Örnekleme Aralıklı Ortofoto Görüntü



**Şekil 4.5.** 30 cm Yer Örnekleme Aralıklı Ortofoto Görüntü



**Şekil 4.6.** 50 cm Yer Örnekleme Aralıklı Ortofoto Görüntü

## 4.4. Elde Edilen Sonuçlar

Bu çalışmada test alanında sayısal arazi modeli için veriler otomatik ve operatör seçimli olarak yapılmıştır. Bu noktalardan 263 adedi denetleme noktası kabul edilmiş ve üretilen ortofotonun mutlak doğruluğu test edilmiştir. Denetleme noktaları arazide iyi tanımlanmış doğal ve yapay objelerden oluşmaktadır. Denetleme noktaları her üç (10 cm, 30 cm, 50 cm) YÖA için aynı noktalar olarak tanımlanmıştır.

Denetleme noktalarının jeodezik koordinatları 15 dakikalık oturumlarda Tusaga-Aktif GNSS alıcısı ile ölçülmüş olup hesaplanan koordinatların doğrulukları ise;

$\sigma_X = \pm 5.5$ cm $\sigma_Y = \pm 5.6$ cm $\sigma_Z = \pm 6.3$ cm

olarak hesaplanmıştır. Stereo ortofoto üzerinden 10 cm YÖA'lıklı modelden, 30 cm YÖA'lıklı modelden ve 50 cm YÖA modelden ölçülen Denetleme noktalarının koordinatları ile jeodezik yöntemle hesaplanan koordinatların

karşılaştırılması sonunda elde edilen karesel ortalama hatalar Çizelge 4.3'deki gibi hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.3.** Karesel ortalama hatalar

| | 10cm YÖA | 30cm YÖA | 50cm YÖA |
|---|---|---|---|
| Karesel ortalama hatalar (KOH) | $\sigma_X$=± 6.5cm;<br>$\sigma_Y$=± 6.7cm;<br>$\sigma_Z$=± 7.9cm; | $\sigma_X$=± 11.6cm;<br>$\sigma_Y$=± 12.9cm;<br>$\sigma_Z$=± 15.1cm; | $\sigma_X$=± 26.3cm;<br>$\sigma_Y$=± 28.4cm;<br>$\sigma_Z$=± 33.5cm; |

BÖHHBÜY'de bu hususta bir doğruluk kriteri verilmemiştir. Ancak uluslar arası kabuller (Kapnias, Milenov, 2008), (ASPRS, 2014) bir kriter olarak kabul edilebilir.

Yürürlükteki BÖHHBÜY'nin 51-73 maddeleri sayısal fotogrametrik ve ortofoto harita üretimleri için asgari üretim standartlarını belirlemiştir. Genel olarak; yüksek çözünürlüklü sayısal hava kamera sistemlerinin kullanılabileceğini, bu kameraların ışınsal mercek distorsiyonlarının 10 μ nun altında olmasını, objektif ayırma güçlerinin 50 çizgi/mm nin altında olmamasını, sayısal kameranın en az 12 bitlik radyometrik çözünürlüğe sahip olması, sayısal kameranın görüntü yürüme önleme sistemine (TDI: Transfer Delay Integration) sahip olması, fotoğraf alımında Kinematik GNSS yönteminin kullanılması durumunda blok köşelerinde ve çapraz kolonların baş ve sonunda kontrol noktalarının tesis edilmesini, fotoğraf alımında GNSS-IMU sistemlerinin kullanılması durumunda da harita sahasındaki tüm TUTGA, C1 ve C2 noktalarının denetleme noktası olarak kullanılabileceğini, fotoğraf alımlarının K-G yada D-B doğrultuda yapılmasını, ortofoto üretiminde piksel büyüklüklerinin 25 μ altında olmasını ve 1:1000 ölçekli üretimler için otomatik sayısal yükseklik modeli veri toplama aralığının 10-20 m arasında olması önerilmektedir.

Genel olarak klasik fotogrametrik üretim amaçlı uygulamalarda fotoğraf alımı için %65 (±5) boyuna, %25 enine (±5) örtü prensibi benimsenmiştir. Bazen idareler tarafından özel amaçlı uygulamalarda bu oranlar artırılabilmektedir.

Uçuşların GNSS-IMU destekli yapılması durumumda teknik olarak gerek olmamasına rağmen fotogrametrik nirengi blok dengeleme işlemlerinin

kalitesine yönelik çalışmalarda kullanılmak üzere blok köşelerinde ve blok kenar ortalarında birer adet ayrıca biri blok ortasında olmak üzere blok içinde de koordinatları (XYZ) bilinen toplam üç adet yer kontrol noktası tesisi yeterli olmaktadır. Bu noktaların koordinatlarının BÖHHBÜY'de belirtilen teknik standartlara göre hesaplanması esastır.

Manuel ve otomatik olarak yapılan fotogrametrik nirengi ölçmeleri ile yukarıda belirtilen yer kontrol noktası sayısı ve dağılımı ile BÖHHBÜY'de öngörülen teknik doğrulukların altındaki doğruluklarda fotoğrafların dış yöneltme parametreleri ($X_o$, $Y_o$, $Z_o$, ω, φ, K) hesaplanabilmektedir. Yer kontrol noktalarının temel görevi fotogrametrik nirenginin çözümü amaçlıdır. Bunun yanında SAM'nin doğruluk analizinde de kullanılabilmektedir.

Daha çok sayıdaki kontrol nokta dağılımının fotogrametrik nirenginin matematik modeline anlamlı bir katkısı yoktur. Bu noktaların çoğu denetleme noktası olarak kullanılabilir ve dengelemenin mutlak doğruluğu hakkında bilgi sahibi olunur. Ayrıca bu noktalar gerekli olduğu durumlarda sayısal yükseklik modeli ve sayısal arazi modeli oluşturmada da denetleme noktası olarak kullanılabilir.

Avrupa Birliği ülkelerinde sayısal arazi modelinin doğruluğu denetleme noktalarından hareketle elde edilmektedir. EuroSDR (European Spatial Data Research) tarafından yayınlanan "Assessment of the Quality of Digital Terrain Models" adlı yönergede sayısal arazi modeli için doğruluğu aşağıdaki formüle göre belirlenmektedir (Kapnias va ark., 2008).

$$\sigma_{xy} = 0.75 * YÖA \qquad \sigma_z = 0.53 * YÖA \qquad (4.1)$$

Denetleme noktalarının sayısal arazi modeli verilerinden hesaplanan koordinatları ile gerçek arazi koordinatları arasındaki farklardan hesaplanan $\sigma_{xy}$ ve $\sigma_z$ değerleri yukarıdaki formülden bulunan değerlerden fazla olmaması istenilmektedir (Wolf, 1974). Bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar bu doğruluk kriterlerini sağlamaktadır.

Sonuçlar incelenirse;

10cm YÖA lıklı sayısal ortofotoda rölatif (bağıl) doğruluk;

konumda $\sigma_{XY} = \pm 0.6 * piksel$

yükseklikte $\sigma_Z = \pm 0.8 * piksel$

olduğu görülür.

30cm YÖA lıklı sayısal ortofotoda rölatif (bağıl) doğruluk;

konumda $\sigma_{XY}=\pm 0.3 * piksel$

yükseklikte $\sigma_Z=\pm 0.5 * piksel$

olduğu görülür.

50cm YÖA lıklı sayısal ortofotoda rölatif (bağıl) doğruluk;

konumda $\sigma_{XY}=\pm 0.5 * piksel$

yükseklikte $\sigma_Z=\pm 0.3 * piksel$

olduğu görülür.

ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) tarafından yürürlüğe konulan "Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, March, 2014) adlı yönergede sayısal ortofoto görüntülerin konum (x,y) ve yükseklik (z) doğrulukları bu verilerin elde edilmesindeki yöntem ve doğruluk değerlerine göre sınıflandırılarak verilmektedir (ASPRS, 2014).

Çok yüksek doğruluk isteyen mühendislik ölçme tabanlı hizmetler Sınıf-I, yüksek doğruluklu harita yapım çalışmaları (büyük ölçekli harita üretimi) Sınıf-II, daha düşük doğruluklu harita yapım çalışmaları da Sınıf-III olarak gruplandırılmıştır. Bu gruplandırmaya göre sayısal ortofoto için öngörülen yatay doğruluk standartları Çizelge 4.4'de görüldüğü şekilde verilmektedir.

**Çizelge 4.4.** Sayısal Ortofotolar için öngörülen yatay doğruluk standartları (ASPRS, 2014)

| **Yatay Doğruluk Veri Üretim Sınıfı** | **Fotogrametrik Nirengi K.O.H. (x), K.O.H. (y)** | **Ortofoto Görüntü Doğruluğu** | **Yer Kontrol Noktalarının K.O.H. (x), K.O.H. (y), K.O.H. (z)** |
|---|---|---|---|
| Sınıf-I | Piksel * 1.0 | Piksel * 2.0 | Piksel * 0.5 |
| Sınıf-II | Piksel * 2.0 | Piksel * 4.0 | Piksel * 1.0 |
| Sınıf-III | Piksel * 3.0 | Piksel * 6.0 | Piksel * 1.5 |
| ..... | | | |
| Sınıf-N | Piksel * N | Piksel * 2N | Piksel * 0.5N |

Çizelge dikkatli incelenirse; 10 cm doğrulukla ortofoto üretebilmek için, fotogrametrik nirengi dengeleme sonunda elde edilen nokta doğruluklarının 5cm veya daha küçük, fotogrametrik nirengi için araziye tesis edilen yer kontrol noktalarının jeodezik doğruluklarının da 2.5 cm veya daha küçük olması gerekmektedir.

Ülkemizde üretilen sayısal ortofotolar bu doğrulukları sağlamaktadırlar. Bu tez çalışması kapsamında yapılan sayısal uygulama sonuçları da bunu doğrulamaktadır. Benzer şekilde ASPRS tarafından sayısal ortofoto üretiminde, konum (x,y) doğrulukları ile harita ölçekleri arasında da Çizelge 4.5'de verilen korelasyonlar hesaplanabilir.

**Çizelge 4.5.** Sayısal ortofoto üretiminde, konum (x,y) doğrulukları ile harita ölçekleri arasındaki ilişki

| **Yatay Doğruluk Veri Üretim Sınıfı** | **Fotogrametrik Nirengi K.O.H. (x), K.O.H. (y) (cm)** | **Yer Kontrol Noktalarının K.O.H. (x), K.O.H. (y), K.O.H. (z) (cm)** |
|---|---|---|
| Sınıf-I | 0.0125 x harita ölçeği | 0.00625 x harita ölçeği |
| Sınıf-II | 0.0250 x harita ölçeği | 0.01250 x harita ölçeği |
| Sınıf-III | 0.0375 x harita ölçeği | 0.01875 x harita ölçeği |
| ..... | | |
| Sınıf-N | N x 0.0125 x harita ölçeği | N x 0.00625 x harita ölçeği |

Yukarıdaki çizelge özetlenirse Sınıf-I hizmetlerde; 1/1000 ölçekli çalışmalar için jeodezik yer kontrol noktalarının karesel ortalama hatalarının ±6.25 cm 'den küçük olması, bu noktalar yardımıyla yapılan fotogrametrik nirengi ölçme ve dengelemeleri sonunda da elde edilecek karesel ortalama hataların ±12.5 cm'den küçük olması önerilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında araziye tesis edilen fotogrametrik kontrol noktalarının GNSS ölçüleri sonunda hesaplanan koordinat karesel ortalama hataları yukarıda da bahsedildiği üzere;

$\sigma_X = \pm 5.5$cm; $\sigma_Y = \pm 5.6$cm; $\sigma_Z = \pm 6.3$cm;

dir. Dolayısıyla ASPRS'nin I.Sınıf çalışmalar için 1/1000 ölçekli çalışmalarda fotogrametrik yer kontrol noktaları için öngördüğü ±6.25cm lik karesel ortalama hatanın altındadır. Fotogrametrik yer kontrol noktalarının fotogrametrik nirengi ölçmeleri ve blok dengeleme sonunda elde edilen karesel ortalama hataları ise (Çizelge 4.5),

$\sigma_X$=± 5.2cm; $\sigma_Y$=± 4.2cm; $\sigma_Z$=± 4.7cm;

olarak hesaplanmıştır. Denetleme noktası kullanılarak yapılan blok dengeleme sonunda ise elde edilen karesel ortalama hatalar;

$\sigma_X$=± 8.4cm; $\sigma_Y$=± 7.0cm; $\sigma_Z$=± 9.8cm;

olarak hesaplanmıştır. Tüm bu sonuçlar da ASPRS tarafından verilen doğruluk kriterlerini sağlamaktadır.

Bilgi teknolojileri, günümüz dünyasında ekonomik, sosyal ve kültürel sistemleri birinci derecede etkileyecek konumdadır. Yöneticilerin başarısı etkin karar-destek sistemlerinin varlığına bağlıdır. Bu tür sistemlerin kurulabilmesi için öncelikle sağlıklı bilgiye ihtiyaç vardır. Yeryüzünde üretilen bilgiler yanında, uydularla elde edilen bilgi miktarı da her geçen gün çoğalmaktadır. Bilgi hacmi ve trafiği sürekli artmaktadır. İstatistiklere göre her yıl toplanan bilgiler bir önceki yıla oranla en az iki kat artmaktadır. Bilgi temelde, yazılı, çizili veya resim formatındadır. İstatistiklere göre bilgilerin %80'e varan kısmı "yer" referanslı konuma bağlı veri niteliğindedir. Yer referanslı veri altlıkları ise bir kısmı sayısal vektör harita bir kısmı da sayısal görüntü tabanlı altlıklardır. Sayısal görüntü tabanlı altlıkların en çok kullanılanı ise sayısal ortofoto görüntülerdir. Üretiminin hızlı olması, geo-referanslama özelliğinin olması, elde edilen doğrulukların arzu edilen seviyelerde olması, diğer sistemlere göre daha ekonomik olması, ürün çeşitliliğinin fazla olması gibi nedenler ortofoto ürünlerin kullanılmasında tercih nedenleri olmaktadır.

# 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

## 5.1. Sonuçlar

Mekânsal projelerde sayısal ortofoto ürünlerinin CBS 'ne altlık olarak kullanılması için gerekli olan yer örnekleme aralıklarının hangi mekânsal CBS ürününe altlık olabileceği konusunda bir çalışma yapılmıştır. Çalışmayı gerçekleştirebilmek için seçilen test alanında 10 cm, 30 cm, 50 cm YÖA'na karşılık gelen ortofoto üretimleri gerçekleştirilip bu üretimlerin geometrik doğrulukların belirlenmiş ve radyometrik değişimlerin incelemesi yapılmıştır..

Bu çalışmada yapılan uygulamalar dikkate alındığında 1/1000 ölçekli sayısal ortofotoların altlık olarak alındığı uygulamalarda 10 cm yer örnekleme aralıklı üretimlerin, 1/2000 ölçekli sayısal ortofotoların altlık olarak alındığı uygulamalarda 20 cm yer örnekleme aralıklı üretimlerin, 1/5000 – 1/10000 ölçekli sayısal ortofotoların altlık olarak alındığı uygulamalarda da 50 cm yer örnekleme aralıklı üretimlerin kullanılabileceği, beklenen geometrik ve radyometrik doğrulukları sağladığı görülmektedir.

## 5.2. Öneriler

Ülkemizde kamu ve özel sektör alanında mekânsal tabanlı tüm hizmetlerde yani; mühendislik hizmetleri ve altyapı projelerinde, çevre uygulamalarında, tarım, ormancılık, yer bilimleri, ulaştırma, savunma sanayi, ulaştırma, enerji sektöründe, belediye hizmetleri gibi birçok alanda coğrafi bilgi sistemi oluşturma amaçlı çalışmalara ihtiyaç duyulmakta ve kullanılmaktadır.

Bu kurum ve kuruluşlar hizmetleri gereği bir kısmı sayısal vektör harita kullanırken bir kısmı sayısal görüntü tabanlı sistemleri kullanmaktadır. Sayısal görüntü tabanlı sistemlerin en çok kullanılanı ise sayısal ortofoto görüntülerdir (Jacobsen, K., 2008).

Üretiminin hızlı olması, geo-referanslama özelliğinin olması, elde edilen doğrulukların arzu edilen seviyelerde olması, diğer sistemlere göre daha ekonomik olması, ürün çeşitliliğinin fazla olması gibi nedenler ortofoto ürünlerin kullanılmasında tercih nedenleri olmaktadır.

Belediyeler 1/25000 ve 1/5000 ölçekli nazım imar planı çalışmalarında 50cm ve 30cm yer örnekleme aralıklı ortofoto ürünleri, 1/1000 ölçekli uygulama

imar planı çalışmaları ve kent bilgi sistemi çalışmalarında altlık olarak 10cm yer örnekleme aralıklı ortofoto ürünleri kullanmalıdır.

Ulaştırma sektöründe bilgi sistemi oluşturma amaçlı çalışmalarda yani, karayolu, otoyol ve demiryolu, hızlı tren yolu güzergâhlarının avan projelerinde 1/2000 ölçekli ortofoto ürünler, bu projelerin uygulama projelerinin düzenlenmesi ve bilgi sistemine aktarılmasında da 1/1000 ölçekli ortofoto ürünler kullanılmalıdır.

Enerji sektöründe coğrafi bilgi sistemi oluşturma çalışmalarında doğal gaz, ham petrol güzergahlarının avan ve uygulama projelerinin tasarım ve inşaatı gibi çalışmalarda 1/2000 (yer örnekleme aralığı 15 cm) ve 1/1000 ölçekli (yer örnekleme aralığı 10cm) ortofoto ürünler kullanılmalıdır.

Tarım sektöründe arazi toplulaştırma, sulama ve drenaj ağlarının planlanması ve uygulama çalışmalarında, çiftçi kayıt sisteminin oluşturulma çalışmalarında ülke genelinde 30 cm yer örnekleme aralıklı ortofoto ürünler kullanılmalı ve coğrafi bilgi sistemi alt yapısı buna göre şekillendirmek gerekmektedir.

Ormancılık sektöründe yeni orman alanlarının planlanması ve gençleştirilmesinde 50 cm yer örnekleme aralıklı ortofoto ürünler kullanılmalı ve coğrafi bilgi sistemi alt yapısı buna göre şekillendirilmelidir.

Uygulamanın türü, uygulamadan beklenen doğruluklar, hizmet standartları, evrensel özellikleri, kullanıcı dostluğu, internet erişim olanakları gibi birçok parametre coğrafi bilgi sisteminin amacını belirlemektedir. Genel olarak incelenirse ortofotonun geometrik doğruluğu yer örnekleme aralığının iki katı (Bknz, Çizelge 4.4) olarak verilmektedir. Aslında Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 incelenirse 10 cm, 30 cm, 50 cm yer örnekleme aralıklı sayısal ortofoto görüntülerin standart çalışmalar için çok farklı olmadığı görülebilir. Ancak yüksek doğruluk isteyen (Sınıf-I gibi) çalışmalar için 10cm yer örnekleme aralıklı çalışmaların kullanılması gerektiği söylenebilir (Oskanen, 2011).

## 6. KAYNAKLAR


ASPRS, 2014, *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing,* Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, USA, 3-9.

Baysal, D., Yıldız, F., 2009, Ortofotoların Web Ortamında Sunumu, *Harita Dergisi*, Sayı:141, Ankara, 55-70.

BÖHHBÜY, 2005. Büyük Ölçekli Halihazır Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, 23.05.2005 tarihli Resmi Gazete.

CFCU, 2013, Acquisition and Creation of Orthophotos Under Digitisation of Land Parcel Identification System, Europe/132337/D/SER/TR.

Chang, H. C., Ge, L., Rizos, C., Milne, T., 2004, "Validation of DEMs Derived from Radar interferometry, Airborne Laser Scanning and Photogrammetry by Using GPS-RTK", *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*, Anchorage, 20-24 Eylül 2014, USA, 2815-2818.

Düzgün, Ş., 2010, Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş, *Ulusal Açık Ders Malzemeleri Konsorsiyumu*, ODTÜ.

Ecker, R., 1992, Digital Orthophoto Generation Based on a High Quality DTM, *ITC Journal*, 1992-1, 59-64.

Ecker, R., Kraus, K., 1994, Digital Orthophotos and GIS, *FIG Congress Publication 303*, Melbourne, Australia, 1-6.

Graham, R., Koh, A., 2002, Digital Aerial Survey, Theory and Practice, *Whittles Publishing Caithness*, ISBN 1-870325.

Hoffmann, R., Reulke R., 2008, Aspects of the Standardization of Sensor and Data Fusion Remote Sensing Data, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII, Part B1, 41-46.

MGM,2015,http://www.MGM.gov.tr/FILES/iklim/2008-yili-iklim-degerlendirmesi.pdf, [Ziyaret Tarihi: 01.Haziran.2015].

Joachim, H., 2009, DEM Jeneration Using a Digital Large Format Frame Camera, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol:75, No:1, 87-93.

Jacobsen, K., 2008, Satellite Image Orientation, *The International Archivesof of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol.XXXVII, Part B1, 703-710.

Kapnias, D., Milenov, P., Kay, S., 2008, "Guidelines for Best Practice and Quality Checking of Ortho Imagery", *JRC European Commission*, Issue 3.0.

Kraus, K., Waldhausl P., 1993, Photogrammetry, Volume 1, *Dümmler Publication*, Bonn, Germany.

Kraus, K., 1998, Digital Orthophotos in Connection with GIS, *Symposium on Digital Photogrammetry*, S VI-I, Istanbul.

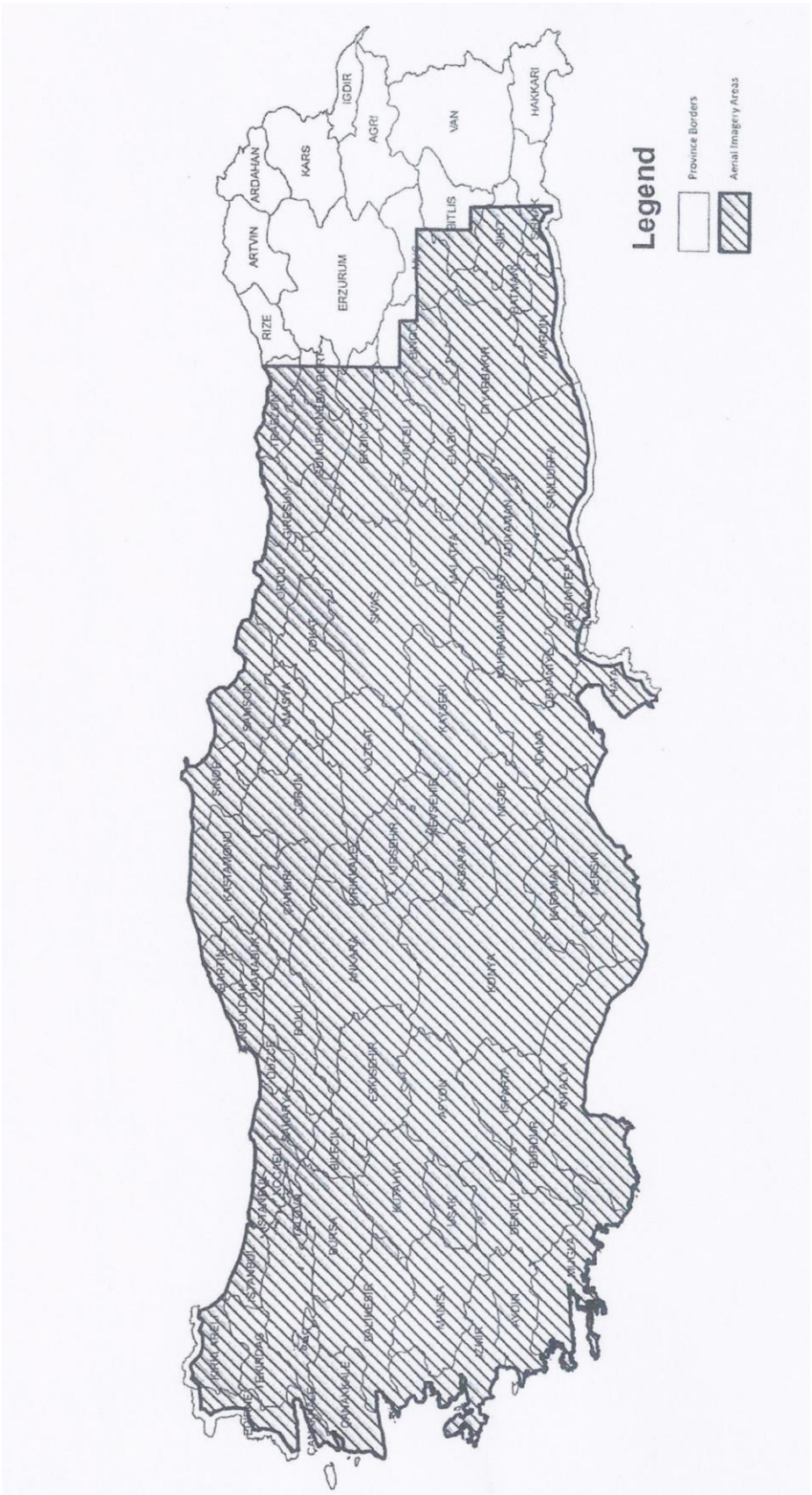
Mc Glone, C., 2004, Manual of Photogrammetry,*ASPRS, Fifth Edition*, Newyork, USA.

Oskanen, J., 2011, Digital Elevation Model Error in Terrain Analysis, *Publication of the Finnish Geodetic Institute*.

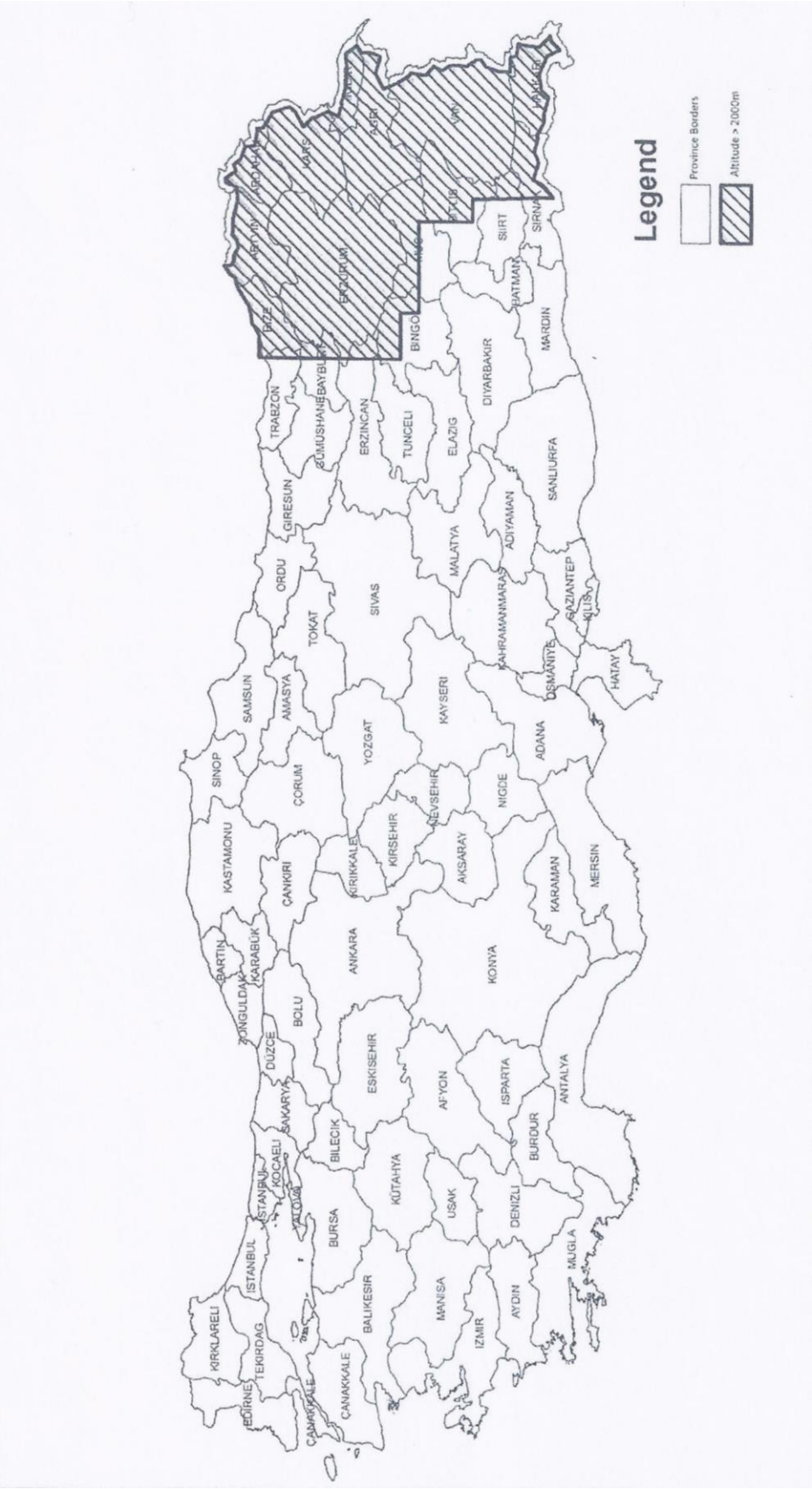
Wolf, P., 1974, Elements of Photogrammetry, *Mc Graw Hill Publication*, USA.

## 7. EKLER

EK-1 Arazi Kotunun 2000m'nin altında olduğu bölgeler.



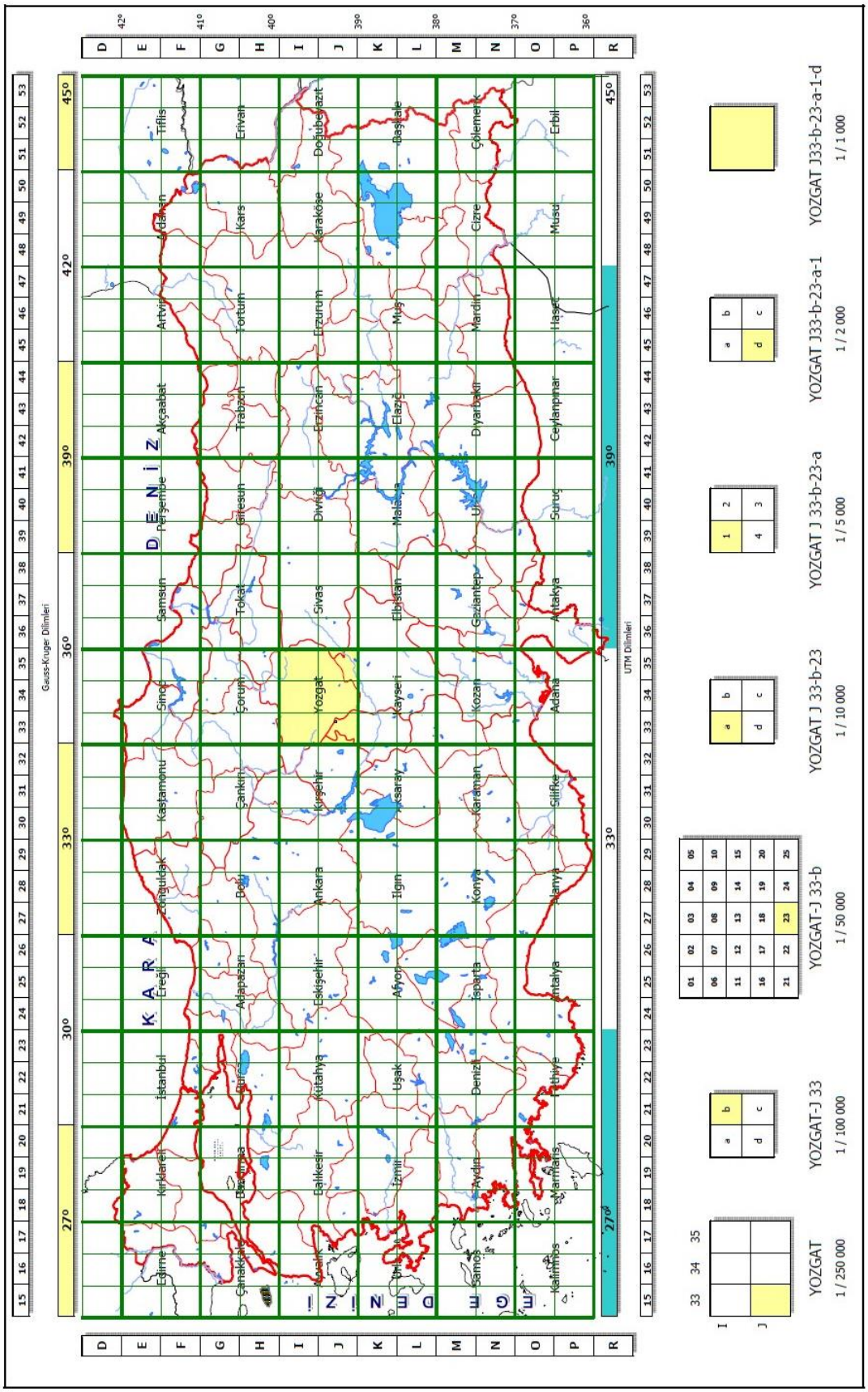
EK-2 Arazi Kotunun 2000m'nin üstünde olan bölgeler.



EK-3 Komşu ülkeler ile olan tampon bölgeler.



EK-4 Türkiye Pafta İndeksi



# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER


| | | |
|---|---|---|
| **Adı Soyadı** | **:** | Mehmet Alper YILDIZ |
| **Uyruğu** | **:** | T.C. |
| **Doğum Yeri ve Tarihi** | **:** | Meram/ 21.10.1988 |
| **Telefon** | **:** | 0 532 510 69 47 |
| **Faks** | **:** | |
| **e-mail** | **:** | m_alperyildiz@hotmail.com |


## EĞİTİM

| **Derece** | | **Adı, İlçe, İl** | **Bitirme Yılı** |
|---|---|---|---|
| Lise | : | **Naciye Mumcuoğlu Lisesi, Meram, Konya** | **2005** |
| Üniversite | : | **Yıldız Teknik Üniversitesi, Eseneler, İstanbul** | **2013** |
| Yüksek Lisans | : | | |
| Doktora | : | | |

## İŞ DENEYİMLERİ

| **Yıl** | **Kurum** | **Görevi** |
|---|---|---|
| 1 | **Paksoy Teknik Hizmetler** | **Satış Mühendisi** |
| 1 | **Ostem Harita Müh. Mim.** | **Harita Mühendisi** |
| 1 | **Sebat Proje Müh. Müşavirlik** | **Harita Mühendisi** |
| 1 | **Şah-Kar Harita Mühendislik** | **Harita Mühendisi** |

## YABANCI DİLLER

**İngilizce (İyi)**

## YAYINLAR*