



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAYISAL FOTOGRAMETRİK ÜRETİMLER İÇİN YÜRÜRLÜKTEKİ ULUSLARARASI DOĞRULUK KRİTERLERİNİN İNCELENMESİ

Erol UYSAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2018
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAYISAL FOTOGRAMETRİK ÜRETİMLER İÇİN YÜRÜRLÜKTEKİ ULUSLARARASI DOĞRULUK KRİTERLERİNİN İNCELENMESİ

Erol UYSAL

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ferruh YILDIZ

2018, 38 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK
Dr. Ögr. Üyesi Lütfiye KARASAKA

Elektronik ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler nedeniyle fotogrametrideki gelişmeler baş döndürücü bir şekilde ilerleme göstermektedir. Sayısal fotogrametrik amaçlı elde edilecek ürünlerde kullanılacak donanım ve yöntemlere bağlı olarak teknoloji ile birlikte erişilecek harita doğrulukları ile ilgili kriterler farklı şekillerde ifade edilmektedir. Bu ifadeler ülkelerin kabul ettikleri kılavuzlara göre değişkenlik göstermektedir. Bu tez çalışmasında, üretilecek harita ölçeği, kullanılan donanım ve yöntemler elde edilecek sonuç ürünün kalitesi gibi parametreler göz önünde bulundurularak ASPRS, EU ve ülkemizin bu alandaki teknik şartnamesi ve yasal mevzuatı incelenmiştir. Araştırma ve inceleme çalışması sonucunda ülkelerin var olan teknik şartname ve kılavuzlarının, karşılaştırılması yapılarak günümüz ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamadığı belirlenmiştir. Bulgular ışığında ülkemiz yönetmeliğinin yeni versiyonunun fotogrametrik uygulamalar kapsamında bir önceki yönetmeliğe kıyasla güncel ihtiyaçları karşılayabilen bir yapıda olduğu ortaya çıkmıştır.

Çalışma sonunda yürürlükte olan mevcut BÖHHBÜY (Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği)' nin fotogrametrik harita üretimi, standartları, doğrulukları ve kıymetlendirme teknikleri gibi işlemlerin kontrol aşamalarında dikkate alınacak doğruluk ölçütleri sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: ASPRS, BÖHHBÜY, EU/JRC, Doğruluk Kriterleri, Sayısal Fotogrametri, Yönetmelikler

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF CURRENT INTERNATIONAL ACCURACY CRITERIA FOR DIGITAL PHOTOGRAMMETRIC PRODUCTIONS

Erol UYSAL

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

Advisor: Prof. Dr. Ferruh YILDIZ

2018, 38 Pages

Jury
Advisor Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
Assoc. Prof. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK
Asst. Prof. Dr. Lütfiye KARASAKA

Developments in photogrammetry have shown dizzily progress due to developments in electronics and computer technologies. In the products to be obtained for the digital photogrammetric, criteria with regard to the map accuracy to be achieved with the technology depending on the equipment and methods to used has expressed in different ways. These expressions vary according to the guidelines adopted by the countries. In this thesis study, technical specifications and legal regulations of ASPRS, EU and our country in this area have been examined by considering the parameters such as the map scale to be produced, the equipment used and the quality of the final product to be obtained. As a result of the research and investigation study, it has been determined that the existing technical specifications and guidelines of the countries whether to meet the requirements of today by comparing them. I In the light of results, it has been revealed that the new version of the guidelines of our country is in a structure that can meet current requirements in comparison with previous guidelines in the scope of photogrammetric applications.

At the end of the study, the current Large Scale Map and Map Information Production Regulation will be presented accuracy criteria to be considered in control steps of processes such as photogrammetric map production, standards, accuracies and assessment techniques.

Keywords: Accuracy Criteria, ASPRS, BÖHHBÜY, Digital Photogrammetry, EU/JRC Guidelines

ÖNSÖZ

"Sayısal Fotogrametrik Üretimler İçin Uluslararası Doğruluk Kriterlerinin İncelenmesi" konulu bu tez çalışmamda, gerek lisans gerek yüksek lisans sürecimin her aşamasında bilgi ve becerileriyle yol gösteren, vizyon sahibi olmamı sağlayan danışman hocam Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Ferruh Yıldız' a sonsuz şükranlarımı sunmak isterim.

Son olarak Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Hakan KARABÖRK, Dr. Öğretim Üyesi Lütfiye KARASAKA'ya ve diğer öğretim üyelerine ayrı ayrı teşekkür etmek isterim.

Erol UYSAL
KONYA-2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **viii**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **2**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **6**

3.1. Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartları 6
3.1.1. YKN, DN yoğunluğu ve dağılımı, hava triyangülasyonu doğrulukları 6
3.1.2. Sayısal uzaysal veriler için yatay doğruluk standartları 7
3.1.3. Sayısal ortofoto için yatay doğruluk standartları 8
3.1.4. Sayısal planimetrik veriler için yatay doğruluk standartları 9
3.1.5. Sayısal yükseklik verileri için düşey doğruluk standartları 10
3.1.6. ASPRS doğruluk hesaplama istatistikleri 11
3.2.Ortogörüntülerin En İyi Uygulama ve Kalite Kontrol Kılavuzu 11
3.2.1. YKN, DN yoğunluğu ve dağılımı, hava triyangülasyonu doğrulukları 11
3.2.2. Hava fotoğraflarının ortorektifikasyon işlemi ve doğruluk değerleri 13
3.2.3. Sayısal hava kameraları ile havadan görüntü alımı 14
3.2.4. Görüntü Çözünürlüğü 15
3.2.5. Radyometrik proses (işlem) 16
3.2.6. Mozaikleme 16
3.3. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği 17
3.3.1. YKN, DN yoğunluğu ve dağılımı, hava triyangülasyonu doğrulukları 17
3.3.2. YKN ve denetleme noktalarının işaretlenmesi 18
3.3.3. Yer örnekleme aralığı (YÖA) 19
3.3.4. Uçuş planlaması 20
3.3.5. Fotoğrafların taranması 20
3.3.6. Ortofoto doğruluk değerleri 20
3.4. Doğruluk Değerlerinin Karşılaştırılması 23

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **25**

4.1 Sonuçlar 25
4.2 Öneriler 29

KAYNAKLAR **30**

EKLER **31**

ÖZGEÇMİŞ **38**

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μ: Mikrometre

$\overline{X}$: Örnek Ortalama Hata, X için

S: Örnek Standart Sapma

S: Üretilecek Harita Ölçeğinin Paydasındaki Değer

Kısaltmalar

ASCII: Bilgi Değişimi İçin Amerikan Standart Kodu

ASPRS: Amerikan Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği

AT: Hava Triyangülasyonu

BI: Bilineer Enterpolasyon

BÖHBÜYY: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği

CBA: Bütünleşik Blok Dengelemesi

CC: Kübik Konvolüsyon

CCD: Yükten Bağlaşımlı Aygıt

CVA: Birleştirilmiş Düşey Doğruluk

DN: Denetleme Noktası

DTM: Sayısal Arazi Modeli

DGNSS: Diferansiyel Küresel Konumlama Sistemi

DSM: Sayısal Yüzey Modeli

DPW: Dijital Fotogrametrik İş İstasyonu

EC: Avrupa Komisyonu

EU: Avrupa Birliği

FVA: Temel Düşey Doğruluk

GIS: Coğrafi Bilgi Sistemi

GPS: Küresel Konumlama Sistemi

GSD: Yer Örnekleme Aralığı

IMU: Ataletsel Ölçü Birimi

INS: Ataletsel Seyrüsefer Sistemi

JRC: Ortak Araştırma Merkezi

KG / KK: Kalite Güvencesi ve Kalite Kontrolü

KOH_r: Hem X Hem de Y Yönündeki Koordinat Hatalarını İçeren Konumsal Karesel Ortalama Hata

KOH_x: X Yönünde Yatay Doğrusal Karesel Ortalama Hata (Sağa Değer)

KOH_y: Y Yönünde Yatay Doğrusal KOH (Yukarı Değer)

KOH_z: Z Yönünde Düşey Doğrusal KOH (Yükseklik)

KOH: Birim Ölçünün Karesel Ortalama Hatası

NDEP: Ulusal Sayısal Yükseklik Programı

NSSDA: Uzaysal Veri Doğruluğu için Ulusal Standart

NVA: Bitki Örtüsüz Düşey Doğruluk

RSAC: Uzaktan Algılama Uygulamaları Danışmanları

SAM: Sayısal Arazi Modeli

SAR: Yapay Açıklıklı Radar

SVA: Tamamlayıcı Düşey Doğruluk

SYM: Sayısal Yükseklik Modeli

TIN: Düzensiz Üçgensel Ağ

UCL: College Üniversitesi Londra

VVA: Bitki Örtüsü Düşey Doğruluk

$V_{X,Y}$: X ve Y yönündeki koordinat farkları

V_Z: Z yönündeki koordinat farkları

$V_{X,Ymax}$: X ve Y yönündeki maximum koordinat farkları

V_{Zmax}: Z yönündeki maximum koordinat farkları

YKN: Yer Kontrol Noktası

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojik gelişmeler her 3-4 yılda bir kendini yenilemektedir. Teknolojik gelişmelerin bu aralıkta değişim göstermesinden dolayı yapılan mühendislik çalışmaları sırasında ortaya çıkan problemlerin çözülmesi, çözümlerin araştırılması, kontrollerin güvenilir bir şekilde tek elden izlenmesi gerekmektedir. Bunun sağlanması için teknolojik gelişmelere uygun bir şekilde, kontrol edilmesi gereken doğruluk değerleri güncel olarak yasal mevzuatlar çerçevesinde yer alması gerekmektedir.

Sayısal fotogrametri, teknolojik ilerlemelere bağlı olarak baş döndürücü bir şekilde farklı uygulamalar ile sürekli geliştirilmektedir. Bunun yanı sıra haritacılık amaçlı üretimlerde yararlanılan donanımlar, fotogrametrik harita üretimlerinden elde edilecek doğruluklar teknolojiye bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Üretilecek harita ölçeğine, uygulama türüne ve kullanılan donanım ve yazılımların doğruluklarına bağlı olarak harita doğrulukları ile ilgili ölçütler farklı şekillerde ifade edilmektedir. Bu ifadeler ülkelere göre değişkenlikler gösterebilmektedir.

Bu çalışmada, kullanılan donanımlar, üretilecek harita ölçeği, elde edilecek ürünün kalitesi gibi parametre ve ön koşullara bağlı olarak ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing), EU (European Union) ve ülkemizdeki bu alanda bulunan teknik şartnameler ve yasal mevzuatlar incelenip ve karşılaştırmaları yapılmıştır.

Bu çalışma sonunda yakın tarihte yürürlüğe girmiş olan BÖHHBÜY' ün fotogrametrik harita üretimi, standartları, kıymetlendirme teknikleri gibi işlemlerin kontrol aşamalarında baz alınacak doğruluk ölçütleri sunulmuştur.

Karşılaştırmalar sonucunda ülkemizin fotogrametri alanındaki yasal mevzuatı olan BÖHHBÜY' ün sayısal fotogrametrik üretimler açısından Mülga BÖHHBÜY(2005)'e nazaran günümüz teknolojik koşullarını karşılayacak düzeyde olduğu görülmüştür. Teknolojinin hızlı ilerlemesi sebebiyle mühendislik disiplinlerinden biri olan Harita Mühendisliği' inde teorik ve pratik anlamda günceli yakalayabilmek ve güncel kalabilmek önem arz etmektedir.

Günümüz koşullarının ihtiyaçlarını karşılayabilen bir yönetmeliğe sahip olmak hem şahsi hem de ulusal ölçekte gerçekleştirilecek harita üretim projelerini çok daha hızlı ve etkin kılacak ve ülkemiz adına büyük avantaj sağlayacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

ASPRS; fotogrametri, uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri ve diğer destekleyici teknolojiler ile uygulamaların tanıtımını yapmak, bilgi havuzunu genişletmek ve haritalama bilimlerinin geliştirilmesi olan bir birliktir. "Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartları (2014)", ASPRS tarafından yayınlanmış, içerisinde sayısal fotogrametrik harita üretimleri ile ilgili doğrulukları içeren yazılı metinlerden birisidir. Sayısal Uzaysal Veriler İçin ASPRS Doğruluk Standartları yönetmeliğin amacı, mevcut teknolojilere daha iyi hitap edebilmek için 1990 yılının Büyük Ölçekli Haritalar İçin ASPRS doğruluk standartlarını ve Lidar Verileri İçin Düşey Doğruluk Standartlarını güncellemektir.

Bu standart, uzaysal verilerin elde edilmesi, işlenmesi ve sonuç uzaysal ürünlerin doğruluklarını, uygulama aşamalarını, kalite kontrol prosedürlerini belirlemek için tasarlanmıştır. Bununla birlikte, standartta sayısal fotogrametrik üretimler için doğruluk ölçütlerinin bulunmasının yanı sıra lidar ve diğer tarayıcı bazlı ölçme teknikleri ile ilgili doğruluk değerlerini de kapsamaktadır.

Büyük Ölçekli Haritalar için ASPRS 1990 Doğruluk Standartları'nda yatay ve düşey doğruluk sınırları, zemin ölçeğinde olmak üzere X, Y ve Z' de Karesel Ortalama Hata (KOH) değerleri cinsinden oluşturulmuştur. Elde edilen KOH doğruluk sınırlarının, sadece basılı haritalar üzerindeki harita ölçekleri ve eş yükseklik aralıklarıyla ile ilgili olduğundan günümüz sayısal uzaysal verilerin doğrulukları için uygun olmadığı anlaşılmıştır (ASPRS, 1990).

1998'de Federal Uzaysal Veri Komitesi tarafından yayınlanan Uzaysal Veri Doğruluğu İçin Ulusal Standart' ları, uzaysal verilerin doğruluğunu sadece KOH cinsinden değil aynı zamanda %95 güven aralığı cinsinden belirterek geliştirmiştir. Bu standarda göre %95'lik güven aralığındaki düşey ve yatay doğruluklar, %95'lik daire içine düşen noktaların doğrusal bileşeni olarak bildirilmiştir. Standartta aynı zamanda KOH cinsinden bulunan doğruluk değerleri ile %95 güven aralığındaki doğruluk değerleri arasındaki dönüşüm formüllerine yer verilmiştir (FGDC, 1998).

2004 yılında Ulusal Sayısal Yükseklik Programı tarafından yayınlanan Sayısal Yükseklik Verileri İçin NDEP yönergeleri, Sayısal Arazi Modellerindeki lidar hatalarının, bitki örtülü arazilerde normal dağılımı takip etmek zorunda olmadığını belirtmiştir. Hatalar normal dağılımlı olmadığında düşey doğruluk değerlerini sağlamadığı için geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. NDEP yönergeleri, düşey

doğrulukları Temel Düşey Doğruluk (FVA), Tamamlayıcı Düşey Doğruluk (SVA) ve Birleştirilmiş Düşey Doğruluk (CVA) olarak sınıflandırmıştır (NDEP, 2004).

Ortak Araştırma Merkezi, Avrupa Birliği çatısı altındaki Avrupa Komisyonu'nun sayısal fotogrametrik üretimler ile ilgili veriler toplayan, bu verilerin uygulamalarda nasıl kullanılacağını açıklayan, uygulamalar sonunda elde edilen sonuç ürünler için kalite kontrol aşamalarında dikkat edilmesi gereken doğruluk ölçütlerini teknik şartnameler içerisinde sunan bir kuruluşudur. "Ortogörüntülerin En İyi Uygulama ve Kalite Kontrol Kılavuzu (2008)", sayısal fotogrametrik harita üretiminde yararlanılacak yönlendirici ilkelere sahip teknik şartname ve kılavuzlardan birisidir.

Bu kılavuz, sayısal ortogörüntülerin kalite kontrolü için yönlendirici ilkeleri içermektedir. Bu kılavuzun amacı, etkin kalite güvencesi için kararlı, kesin ve sağlam yöntemleri göstermek ve ortaya koymak, işlenecek sayısal görüntü verilerinin türüne göre ortofoto ve radyometrik işlemler için dikkate alınması gereken hususları tanımlamaktır. Kılavuz, sayısal fotogrametrik harita üretimlerinin yanında uydu görüntüleriyle sayısal ortofoto üretim sürecini de içermektedir.

Bu kılavuzun ilk sürümü, 1998 yılında Uzaktan Algılama Uygulama Danışmanları ve Londra College Üniversitesi Geomatik Bölümü ile ortak olarak gerçekleştirilen çalışmayla bir sözleşme çerçevesinde oluşturulmuştur. Taslak sürümün içeriği ile ilgili bilgi bulunmamaktadır.

Taslak kılavuz, 1999 yılında teknik özelliklerin revize edilip geliştirilmesiyle kullanıma sunulmuştur.

2003 yılında, kılavuzun 2. sürümünde, bir önceki teknik şartnameler üzerinde çalışılarak özellikle analog filmlerin taranması, havadan elde edilmiş sayısal verilerin ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin ortorektifikasyon işlemleri gibi bilgiler eklenmiş ve revize edilmiştir (EU/JRC, 2003).

Ortogörüntülerin En İyi Uygulama ve Kalite Kontrol Kılavuzu'nun mevcut halinde bir önceki sürümün içeriğine ek olarak görüntü çözünürlüğü, radyometrik işlem ve ortofoto mozaik üretimi ile ilgili bilgiler eklenmiş ve kılavuzun son hali elde edilmiştir.

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY), 26 Haziran 2018 tarihinde Bakanlar Kurulunun kararıyla Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren ülkemizin temel yasal düzenlemelerinden birisidir. Bu yönetmelik, 12 bölüm ve 12 tane ekten oluşmaktadır. Bu yönetmelik içerisinde bulunan 12 bölümden 5.si olan Fotogrametrik Çalışmalar bölümünde, fotogrametrik amaçlı harita

üretimlerinde dikkat edilmesi gereken teknik hususlar ve doğruluk değerleri bulunmaktadır.

BÖHHBÜY, ülkemizdeki kamu kurum ve kuruluşları ile gerçek ve tüzel kişiler tarafından harita ve harita bilgisinin üretilmesi, üretilen ve üretilecek olan mekânsal bilgilerin elde edilmesi, derlenmesi, yorumlanması, görselleştirilmesi, araziye uygulanması, sayısal elektronik ortamlarda saklanması, iletimi ve değişimine ilişkin teknik esasları kapsamaktadır.

1988 yılında yürürlüğe girmiş olan Büyük Ölçekle Harita Yapım Yönetmeliği (Mülga), günümüz BÖHHBÜY' ün ilk sürümü olup büyük ölçekli haritaların yapımında standart birliğini sağlamak ve bu haritaları kadastral duruma getirmek amacı ile hazırlanmıştır. Bu yönetmeliğin, klasik fotogrametrik ölçümleri ve dar açılı analog hava kameraları ile elde edilmiş hava fotoğrafları üzerinden değerlendirme tekniklerini ve yöntemlerini kapsadığı bilinmektedir. 2005 yılında bu yönetmeliğin yeni sürümünün yayınlamasıyla beraber yürürlükten kaldırılmıştır.

15 Temmuz 2005 yılında yayınlanan Büyük Ölçekle Harita Yapım Yönetmeliği (Mülga), bilim ve teknolojideki ilerlemeler paralelinde mekansal bilgilerin ve fotogrametrik haritaların üretiminde dönemin ihtiyaçlarını karşılayabilecek analitik fotogrametrik değerlendirme tekniklerine uygun şekilde hazırlanmıştır. Bu sayede, fotogrametrik tekniklerle yüksek doğruluklu ve güvenirlikli sayısal fotogrametrik harita üretimlerine ulaşılmıştır.

İlerleyen süreçte klasik optik hava kameralarının yerini sayısal metrik hava kameralarının alması ve sayısal fotogrametrik sistemlerin harita üretimlerinde etkin bir şekilde kullanılmasıyla birlikte fotogrametride önemli gelişmeler elde edilmiştir. Film kullanımı, dolayısıyla film-banyo işlemlerinin ortadan kalkmasıyla harita üretim projelerinde maliyet önemli ölçüde azalmış ve fotogrametrik üretim süreci olumlu yönde değişmiştir. "Yer Örnekleme Aralığı" kavramının yönetmeliğe girmesi uygulamaların bu kavramla bağdaştırılarak gerçekleştirilmesi, akabinde elde edilecek sonuç ürünlerin doğruluk ölçütlerinin YÖA kavramına bağlı olarak yönetmelikte yer alması oldukça önemli bir gelişme olmuştur. Ayrıca, hava araçlarına entegre edilmiş GNSS-IMU donanımı sayesinde dış yöneltme parametreleri, fotoğraf alımı sırasında eş zamanlı olarak elde edilebilir hale gelmiştir. Bu gelişmeler sayesinde sayısal fotogrametrik değerlendirme yöntemleri ile elde edilecek sayısal fotogrametrik ürünler daha yüksek doğruluklu olarak elde edilebilir duruma gelmiştir. Tüm bu gelişmelerin ülkemiz yönetmeliğinde yer verilmiş olması, mevcut BÖHHBÜY' ü sayısal

fotogrametrik harita üretim süreci açısından güncel, günümüz ihtiyaçlarını karşılayabilen bir hale getirmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, materyal olarak 2014 yılında ASPRS' nin bünyesinde yayınlanmış olan "Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartları", Avrupa Birliğinin Ortak Araştırma Merkezinin 2008 yılında yayınladığı "Ortogörüntülerin En İyi Uygulama ve Kalite Kontrol Kılavuzu" ve 2018 yılında yürürlüğe girmiş olan "Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği" kullanılmıştır.

Kaynak araştırması bölümünde bahsedilen mevzuatlar tanım, amaç, kapsam ve uygulanabilirlik bakımından ele alınmıştır.

Bu bölümde, ele alınan mevzuatlar yer kontrol ve denetleme noktalarının sayısı, konumlarının blok içinde dağılımı, konum ve yükseklik doğrulukları; hava triyangülasyonu, sayısal yükseklik verileri, sayısal ortofoto ve planimetrik haritalar için doğruluk standartları her bir yönetmelik için ayrı ayrı detaylı olarak incelenmiştir. İnceleme sonrasında mevzuatlarda yer alan doğruluk standartları sayısal fotogrametrik üretimler açısından karşılaştırılmıştır.

3.1. Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartları

3.1.1. YKN, DN yoğunluğu ve dağılımı, hava triyangülasyonu doğrulukları

Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartları mevzuatında olması gereken YKN sayısı belirtilmemiştir. Ancak, YKN' lerin nitelik olarak iyi tanımlanmış, kolay görünür ve yeniden ölçülebilir olması gerektiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, hava triyangülasyonunda kullanılan YKN'lerin doğruluğu, hava triyangülasyonu sonucunda elde edilen değerden en az 3 kat ve daha iyi olmalıdır. Örneğin, 15 cm'lik konumsal KOH'a sahip bir ortofoto için hava triyangülasyonu sonucunun 7.5 cm ve kullanılan YKN'lerin 2.5 cm olması gerekmektedir. Çizelge 3.1' de hava triyangülasyonu ve YKN doğruluk değerlerinin örneklendirilmiş doğruluk değerleri gösterilmiştir (ASPRS, 2014).

Çizelge 3.1. Ortofoto ve yükseklik verilerinin hava triyangülasyonu ve YKN doğrulukları(ASPRS, 2014)

Ürün Doğruluğu (KOH_X, KOH_Y)	**Hava Triyangülasyonu Doğruluğu**		**YKN Doğruluğu**	
	KOH_x, KOH_Y	KOH_z	KOH_x, KOH_Y	KOH_z
15 cm	7.5 cm	7.5 cm	2.5 cm	2.5 cm

ASPRS standartlarına göre denetleme noktalarının sayısı, sayısal ortofoto, yükseklik ve planimetrik veri doğrulukları için 20'den az olmaması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, uygulama sonunda elde edilen denetleme noktalarının doğruluk değeri, beklenen doğruluk değerinden en az 3 kat daha iyi olmalıdır. Denetleme noktalarının dağılımı ise, projeden beklenen hassasiyete göre projeye özgü olarak alan bazlı ve arazi örtüsünün bitki örtülü olup olmadığına göre belirtilmiştir. Başlangıç olarak, ilk 2500km^2'lik bir alan için 100 denetleme noktası önerilmektedir. 2500 km^2'lik üzerindeki alanlar için her 500 km^2'lik ek alanlar için 5 ek denetleme noktası eklenmesi gerektiği belirtilmiştir. Eklenmesi gereken 5 denetleme noktasının 3'ünün bitki örtüsüz, 2'sinin de bitki örtülü araziler için olması gerektiği ifade edilmiştir. Alan bazlı denetleme noktalarının sayısı ve dağılımı ile ilgili genişletilmiş örnekler Ek-1'de gösterilmiştir.

3.1.2. Sayısal uzaysal veriler için yatay doğruluk standartları

ASPRS 2014 standartlarına göre Çizelge 3.2, sayısal ortofoto, sayısal planimetrik veriler ve ölçeklendirilmiş planimetrik haritalar için temel yatay doğruluk değerlerini ve bazı değerler için örneklendirilmiş doğruluk değerlerini belirtmektedir. Ayrıca, Çizelge 3.2' de ortofoto mozaik üretiminden önceki işlem olan Seamline (Birleşim Çizgisi) geçirme işleminin doğruluk değeri de yer almaktadır. Bu standarda göre yatay doğruluklar, yatay doğruluk sınıflarının KOH_x ve KOH_Y değerlerine göre tanımlanmaktadır. Bununla birlikte, standartta yer alan doğruluk değerleri Yer Örnekleme Aralığı (YÖA) cinsinden ifade edilmiştir. Yatay doğruluk standartlarına ilişkin genişletilmiş örnekler Ek-2 de gösterilmiştir (ASPRS, 2014).

Çizelge 3.2. Sayısal uzaysal veriler için yatay doğruluk standartları (ASPRS, 2014)

Yatay Doğruluk Sınıfı	Mutlak Doğruluk			Ortofoto Mozaik Seamline (Birleşim Çizgisi) Kayıklığı (cm)
	KOH_x , KOH_y (cm)	KOH_r (cm)	%95 Güven Aralığındaki Yatay Doğruluk(cm)	
YÖA-cm	**≤ YÖA**	**≤ 1.414 X YÖA**	**≤ 2.448 X YÖA**	**≤ 2 X YÖA**
10	10	14.14	24.48	20
20	20	28.28	48.96	40
30	30	42.42	73.44	60

3.1.3. Sayısal ortofoto için yatay doğruluk standartları

Daha önceki ASPRS standartlarında (1990), sayısal ortofoto için yatay doğruluk standartlarının ifade edilmesinde 3 temel yatay doğruluk sınıflandırılması yapılmıştır. Bu sınıflardan I. 'si daha zorlu mühendislik uygulamalarında uygulanabilen, çok yüksek doğruluk gerektiren konumsal veriler için tanımlanmıştır. II. doğruluk sınıfı ise, yüksek doğruluk gerektiren standart harita üretimi ve coğrafi bilgi sistemleri uygulamalarında için geçerlidir. III. sınıf ve daha büyük sınıftaki ürünler, daha düşük doğruluk gerektiren uygulamalar ve görselleştirilmiş konumsal veriler için tanımlanmıştır. Ancak, 1990 ASPRS standartlarındaki farklı yatay doğruluk sınıfları, birçok güncel harita üretim uygulamaları için piksel büyüklüğü türünden olmak üzere modernize edilmiştir. Bu sınıflandırmada, belirtilen sınıf değerleri arttıkça (I, II, III, …N) haritalama projelerinden elde edilen doğruluk değerleri azalmaktadır. Aşağıdaki Çizelge 3.3' de ortofoto piksel büyüklüğünün doğruluk sınıflarının katsayılarıyla çarpılıp elde edilen doğruluk değerleri ve 15 cm'lik bir piksel büyüklüğü için belirtilen doğruluk sınıflarında örneklendirilmiş doğruluk değerleri belirtilmektedir. Diğer bir ifadeyle Çizelge 3.3'de belirtilen doğruluklar, I. sınıf doğruluk değerlerinin doğrudan katları olacak şekilde değerler almaktadır. Yani, II. sınıf doğruluk değerleri, I. sınıf doğruluk değerlerinin 2 katıdır (ASPRS, 2014).

Çizelge 3.3. Sayısal ortofoto için yatay doğruluk standartları (ASPRS, 2014)

Yatay Veri Doğruluk Sınıfları	X ve Y yönündeki KOH	Ortofoto Mozaik Seamline(Birleşim Çizgisi) Maksimum Uyumsuzluk	Hava triyangülasyonu ya da INS bazlı, X, Y, Z yönündeki KOH
I	Piksel büyüklüğü X 1 **(15 cm X 1 = 15 cm)**	Piksel büyüklüğü X 2 **(15 cm X 2 = 30 cm)**	Piksel büyüklüğü X 0.5 **(15 cm X 0.5 = 7.5 cm)**
II	Piksel büyüklüğü X 2 **(15 cm X 2 = 30 cm)**	Piksel büyüklüğü X 4 **(15 cm X 4 = 60 cm)**	Piksel büyüklüğü X 1 **(15 cm X 1 = 15 cm)**
III	Piksel büyüklüğü X 3 **(15 cm X 3 = 45 cm)**	Piksel büyüklüğü X 6 **(15 cm X 6 = 90 cm)**	Piksel büyüklüğü X 1.5 **(15 cm X 1.5 = 22.5 cm)**
…			
N	Piksel büyüklüğü X N **(15 cm X N = 15 X N cm)**	Piksel büyüklüğü X 2N **(15 cm X 2N = 30 X N cm)**	Piksel büyüklüğü X 0.5N **(15 cm X 0.5N = 7.5 X N cm)**

3.1.4. Sayısal planimetrik veriler için yatay doğruluk standartları

Planimetrik veriler için yatay doğruluk standartları, piksel büyüklüğü cinsinden değil de belirtilmiş katsayıların harita ölçeği ile çarpılması sonucu elde edilen doğruluk değerleri ile ifade edilmiştir. Aşağıdaki Çizelge 3.4, doğruluk sınıfları için gerekli olan doğruluk değerlerini ve 1/1200 ölçekli harita için derlenmiş doğruluk değerlerini göstermektedir. Ayrıca, sayısal planimetrik veriler için doğruluk sınıflarının belirli harita ölçeği ve YÖA' ya göre genişletilmiş doğruluk örnekleri Ek-3'te gösterilmiştir (ASPRS, 2014).

Çizelge 3.4. Sayısal planimetrik veriler için yatay doğruluk standartları (ASPRS, 2014)

Yatay Veri Doğruluk Sınıfları	X ve Y yönündeki KOH (cm)	Hava triyangülasyonu ya da INS bazlı, X, Y, Z yönündeki KOH (cm)
I	0.0125 X Harita Ölçeği **(0.0125 X 1200 = 15 cm)**	0.00625 X Harita Ölçeği **(0.00625 X 1200 = 7.5 cm)**
II	0.025 X Harita Ölçeği **(0.025 X 1200 = 30 cm)**	0.0125 X Harita Ölçeği **(0.0125 X 1200 = 15 cm)**
III	0.0375 X Harita Ölçeği **(0.0375 X 1200 = 45 cm)**	0.01875 X Harita Ölçeği **(0.01875 X 1200 = 22.5 cm)**
...		
N	N x 0.0125 X Harita Ölçeği **(N X 0.0125 X 1200 = 15 X N cm)**	N x 0.00625 X Harita Ölçeği **(N X 0.00625 X 1200 = 7. X N cm)**

3.1.5. Sayısal yükseklik verileri için düşey doğruluk standartları

Düşey doğruluk, bitki örtüsüz arazilerde KOH istatistikleri, bitki örtülü arazilerde ise %95' lik değerlendirme istatistikleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Çünkü bitki örtüsüz arazilerde yükseklik hataları normal dağılım gösterdiği için KOH kullanarak değerlendirilmektedir. Bitki örtülü arazilerde ise, yükseklik hataları normal dağılım göstermediği için %95' lik güven aralığı istatistiklerine göre değerlendirilmektedir. Bitki örtüsüz düşey doğruluk (NVA), Z yönündeki KOH' un 1.96 katsayısı ile çarpılarak elde edilmektedir. Bitki örtülü düşey doğruluk(VVA) ise, Z yönündeki KOH' un 3 katıdır. Ayrıca, bitki örtülü düşey doğruluk değerleri bitki örtüsüz düşey doğruluk değerlerinin 1.5 katıdır. Aşağıdaki Çizelge 3.5'te sayısal yükseklik verileri için düşey doğruluk standartları ve örneklendirilmiş doğruluk değerleri yer almaktadır. Uygun eş yükseklik eğrisi aralıklarını da içeren genişletilmiş doğruluk örnekleri Ek-4 de gösterilmiştir (ASPRS, 2014).

Çizelge 3.5. Sayısal yükseklik verileri için düşey doğruluk standartları (ASPRS, 2014)

Düşey Doğruluk Sınıfı	**Mutlak Doğruluk**		
	Bitki Örtüsüz KOH_z (cm)	%95 Güven Aralığında Bitki Örtüsüz Düşey Doğruluk (cm)	%95 Güven Aralığında Bitki Örtülü Düşey Doğruluk (cm)
YÖA-cm	**≤ YÖA**	**≤ 1.96 X YÖA**	**≤ 3.00 X YÖA**
10	10	19.6	29.4
20	20	39.2	58.8
30	30	58.8	88.2

3.1.6. ASPRS doğruluk hesaplama istatistikleri

ASPRS doğruluk standartlarının mevcut hali daha önceki mevzuatlarda yer alan doğruluk standartlarından farklılık göstermektedir. 1998 yılında yayınlanmış olan Uzaysal Veri Doğruluğu İçin Ulusal Standart' ta yatay doğruluğun KOH cinsinden, düşey doğruluğun ise bitki örtüsüz arazilerde KOH cinsinden bitki örtülü arazilerde %95'lik güven aralığı istatistiklerine göre ifade edilmiştir.

ASPRS 2014 standartlarında yayınlamış olduğu raporda, önceki mevzuatlardaki doğruluk değerlerinin güncel doğruluk değerlerine dönüşümünü, aynı zamanda KOH cinsinden elde edilmiş doğruluk değerlerinin %95 güven aralığı istatistiklerine göre belirtilmiş doğruluk değerlerine dönüşümünü açıklamıştır. Açıklamada, örnek veri kümesindeki değerlerin kullanılarak yapıldığı örnek uygulama ve uygulama sonucunda ortaya çıkan doğruluk değerleri yer almıştır. Uygulamada, bir veri kümesinin yatay ve düşey doğruluğunu belirlemek için 5 YKN bulunmaktadır. Ayrıca uygulamada ortalama hata, standart sapma değerleri de yer almaktadır. Uygulamanın detaylı çözümü formülleri ile beraber EK-5'te gösterilmiştir (ASPRS, 2014).

3.2.Ortogörüntülerin En İyi Uygulama ve Kalite Kontrol Kılavuzu

3.2.1. YKN, DN yoğunluğu ve dağılımı, hava triyangülasyonu doğrulukları

Ortogörüntülerin En İyi Uygulama ve Kalite Kontrol Kılavuzu'nda YKN' lerin karakteristik olarak iyi tanımlanmış, kolay görünebilir arazi üzerinde erişilebilir (özel mülklerde, binalarda vb. olmamalı) olması gerektiği ifade edilmiştir. YKN' lerin sayı ve yoğunluk olarak blok içerisindeki dağılımı Çizelge 3.6'da gösterilmiştir. YKN' lerin doğruluğu, sayısal ortofoto için beklenen doğruluk değerinden en az 3 kat daha hassas olmalıdır. Örneğin, 15 cm' lik KOH' a sahip bir ortofoto için YKN' lerin 5 cm KOH ya da daha iyi bir KOH değerine sahip olmalıdır.

Ortogörüntülerin En İyi Uygulama ve Kalite Kontrol Kılavuzu'na göre, denetleme noktaları blok içerisinde homojen bir şekilde dağılmalıdır. Denetleme noktalarına ilişkin doğruluk değeri belirtmemiş olmakla beraber en 20 adet denetleme noktası olması gerektiği belirtilmiştir (EU/JRC, 2008).

Çizelge 3.6. Uçuş yapılandırması ve YKN dağılımı ve sayısı (EU/JRC, 2008)

Amaç / Yöntem	**YKN' lerin sayısı**
Tek bir modelin yöneltmesi	Minimum 4 (paralaksların test edilmesine izin verir)
Hava triyangülasyonu için, hava yoluyla DGNSS' siz blok dengelemesi	Blok çevresindeki her 5 baz uzunluğa (en az) ve tüm kolonlardaki her dört baz uzunluğuna 1 YKN.
Çapraz kolonlar ile DGNSS kontrollü uçuş (CBA-Yöntem: Bütünleşik Blok Dengelemesi)	Bir bloğun her bir köşesinde 1 çift YKN, ortada 1çift YKN. Olası ilave kontrol gerektiğinde, çapraz kolonlar eklenebilir ve düzensiz bloklar içinde daha fazla kontrol noktası eklenebilir.
DGNSS kontrollü uçuş (çapraz kolonlar yok)	Bir bloğun her bir köşesinde 1 çift YKN, ortada 1 çift YKN.
DGNSS/INS kontrollü uçuş	Bir bloğun her bir köşesinde 1 çift YKN, ortada 1 çift YKN.

3.2.2. Hava fotoğraflarının ortorektifikasyon işlemi ve doğruluk değerleri

Çizelge 3.7. Hava fotoğrafları için kabul edilebilir doğruluk değerleri

Aşama	Pratik Prosedür	Önerilen Kabul Edilebilir Sınırlar
Hava triyangülasyonu için bağlama noktaları	Manuel ya da otomatik olarak yapılmalıdır.	Manuel seçim: Model başına en az 6, Otomatik AT: Model başına en az 12, (Von Grüber) bağlama noktaları ile homojen dağılmış bir şekilde gerçekleştirilmelidir.
İç Yöneltme	En az 4 az köşe noktası kullanarak (8 referans noktası kullanılması önerilmektedir) afin dönüşümü gerçekleştirilir.	Afin dönüşümü (4 köşe noktası ile) sonrası KOH < 0.5 piksel olmalıdır. 8 referans noktası kullanılması durumunda KOH < 1.0 piksel olmalıdır. (Her iki durum için 0.7 pikselden fazla paralaks olmadan KOH elde edilmelidir.
Mutlak Yöneltme	Model koordinatları ölçülür ve arazi koordinatlarına dönüştürülür.	Blok dengelemesindeki YKN' den elde edilen KOH < 0.5 x Ortofoto KOH'u
Karşılıklı Blok Doğruluğu	Blok dengelemesi, bağlama noktaları ve YKN' ler (varsa GNSS/INS verileri) kullanılarak gerçekleştirilir.	KOH ≤ 0.5 x Ortofoto Piksel Büyüklüğü
Mutlak Blok Doğruluğu	Blok dengelemesi, bağlama noktaları ve YKN' ler (varsa GNSS/INS verileri) kullanılarak arazi koordinat sistemine göre koordinatlar elde edilene kadar gerçekleştirilir.	Elde edilen KOH, hedef ürün KOH' unun 1/3'ü olacak şekilde, KOH ≤ 1/3 x hedef ürün KOH'u $\sigma_0 \leq 0.5$ piksel
SYM(DEM) Grid Aralığı	Çıktı ölçeğine ve arazi rölyefine göre belirtilir.	Arazi eğimine bağlı olarak ortofoto piksel büyüklüğünün 5-20 katı olmalıdır.
SYM(DEM) Yükseklik Doğruluğu	Stereo-eşleme ve yüzey oluşturma yöntemlerini kullanarak otomatik DEM üretimi önerilir. [SYM, Havadan Lazer Tarama (ALS) ve İnterferometrik Yapay Açıklık Radarı (InSAR) ile elde edilebilir]	2 x KOH_Z
Örnekleme Yöntemi	Kübik konvolüsyon veya bilineer enterpolasyon	En yoğun ortorektifikasyon modelinin kullanımı kabul edilebilirdir.

Hava fotoğraflarıyla ortorektifikasyon işleminin her aşaması için kabul edilebilir doğruluk değerleri yukarıdaki Çizelge 3.7' de gösterilmiştir. Doğruluk değerleri, iç yöneltme aşamasından Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üretimine kadar olan aşamalar için ifade edilmiştir. İç yöneltme işleminde, afin dönüşümünde 4 köşe veya 8 referans noktası kullanılarak elde edilen doğruluk;

- KOH < 0.7 piksel olmalıdır.

Mutlak yöneltme işleminde, model koordinatları ölçülür ve arazi koordinat sistemine dönüştürülür. Blok dengelemesi sonucunda elde edilen doğruluk;

- KOH < 0.5 x Ortofoto Piksel Büyüklüğü

olmalıdır. Örneğin, 10 cm' lik bir piksel büyüklüğü için 4 cm'lik bir KOH kabul edilebilir bir doğruluk değeridir.

Karşılıklı blok doğruluğu, bağlama noktaları, YKN' ler ve GNSS/INS verileri kullanılarak gerçekleştirilir. Blok dengelemesi sonucunda elde edilen doğruluk;

- KOH ≤ 0.5 x Ortofoto Piksel Büyüklüğü

olmalıdır. Örneğin, 10 cm' lik bir piksel büyüklüğü için 4 cm'lik bir KOH kabul edilebilir bir doğruluk değeridir.

Mutlak blok doğruluğu, bağlama noktaları, YKN' ler ve GNSS/INS verileri kullanılarak arazi koordinat sistemine göre koordinatlar elde edilene kadar gerçekleştirilir. Blok dengelemesi sonucunda elde edilen doğruluk;

- KOH ≤ 1/3 x hedef ürün KOH'u

olmalıdır. Örneğin, 15 cm'lik bir piksel büyüklüğü için 5cm veya daha iyi KOH değerleri kabul edilebilir değerlerdir.

Bu doğruluk değerlerin yanı sıra, Çizelge 3.7' de Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) grid aralığı ve yükseklik doğruluğu da belirtilmiştir. SYM grid aralığı, arazi rölyefine bağlı olarak ortofoto piksel büyüklüğünün 5 ile 20 katı arasında olmalıdır. SYM yükseklik doğruluğu ise Z yönündeki KOH' un 2 katıdır (EU/JRC, 2008).

3.2.3. Sayısal hava kameraları ile havadan görüntü alımı

Sayısal hava kameralarının son yıllardaki gelişimi düşünüldüğünde sayısal hava kameraları, optik mekanik hava kameralarına göre farklı seçeneklerde görüntü alımı sunmaktadır. Sayısal hava kameralarının kullanılmasıyla gerçekleştirilen uçuş planlaması, uçuş koşulları, uçuş için gerekli uçuş yüksekliği ve bindirme oranları gibi konular aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Sayısal hava kameralarıyla görüntü alımının etkin bir şekilde gerçekleşebilmesi için uçuş koşullarının uygun düzeyde olması gerekmektedir. Yani, görüntüler üzerinde oluşabilecek parlama ve gölgelenmenin önlenmesi bakımından güneş açısının uçuş yönüne ve zamanına göre kabul edilebilir düzeyde olması gerekmektedir. Bir başka ifadeyle, her bir görüntünün tolere edilebilir bulut örtüsüne ve yeterli kontrasta sahip olması gerekmektedir. Görüntü üzerinde uzun gölgeleri önlemek için güneş açısı 30°' den büyük olmamalıdır.

Uçuş yüksekliği, görüntü alımı yapılacak sahaya göre uygun bir şekilde belirlenmelidir. Uçuş yüksekliği, [YÖA = (h/f) x CCD] denklemi kullanılarak elde edilmektedir.

[YÖA = (h/f) x CCD] denkleminde; (3.1)

h: Uçuş Yüksekliği

f: Odak Uzaklığı

YÖA: Yer Örnekleme Aralığı – bir pikselin arazideki mesafesidir.

CCD: Yükten Bağlaşımlı Aygıt

olarak ifade edilmektedir.

Uçuş planlanırken, YÖA farklılıkları arazi rölyefine ve uçuş yüksekliğine bağlı olarak %10-15'i geçmemeli ve ileri bindirme oranı en az %60, enine bindirme oranı ise %15-45 arasında olmalıdır (EU/JRC, 2008).

3.2.4. Görüntü Çözünürlüğü

Sayısal fotogrametrik harita üretim projelerinde uygun YÖA' nın ve görüntü çözünürlüğünün belirlenmesi, belirlenen değerlerin tutarlı ve uygun maliyetli olması önem arz etmektedir. Bu sebeple YÖA' nın boyutu, sayısal hava görüntüleri için proje maliyeti için önemli etkiye sahiptir. Örneğin, YÖA boyutunun yarıya indirilmesi diğer parametreleri (fotoğraf ölçeği ve uçuş yüksekliği) de etkileyeceği için proje maliyetini 2-4 kat arttıracaktır.

Bu kılavuza göre YÖA, (3.1) denklemine göre tanımlanmıştır.

Radyometrik çözünürlük, ortofoto mozaik üretimi aşamasında radyometrik proses için ve seamline (Birleşim Çizgisi) geçirme işlemi için önem arz etmektedir. Elde edilen görüntülerin radyometrik çözünürlüğü en az 8 bit olmalıdır. Ancak, günümüzde teknolojinin ilerlemesiyle birlikte 14-16 bitlik radyometrik çözünürlüğe sahip bazı sayısal hava kameraları (Leica DMC_II, Leica DMC_III gibi) bulunmaktadır.

Bununla birlikte fotogrametrik amaçlı üretimlerde kullanılan bu sayısal hava kameralarının kalibrasyonları, akredite kuruluş tarafından yapılmalıdır. Kalibrasyonlar, hem geometrik hem de radyometrik çözünürlük için gerçekleştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Radyometrik çözünürlük için kalibrasyonların en az 12 bit düzeyinde olması gerekmektedir (EU/JRC, 2008).

3.2.5. Radyometrik proses (işlem)

Radyometrik işlem aşaması, hem filmlerin taranarak sayısal fotogrametrik olarak değerlendirilmesi hem de sayısal olarak elde edilen görüntüler için geçerli bir işlemdir. Görüntüler film bazlı analog hava kameralarıyla elde edildiğinde hava fotoğrafları yüksek çözünürlüğe sahip fotogrametrik tarayıcılarla taranmalıdır. Bu tarayıcıların geometrik doğruluğu, 5 µ'den küçük olmalıdır.

Tarama çözünürlüğü, taranan görüntülerin piksel büyüklüğü, fotoğraf ölçeği ve ortofoto çözünürlüğü ile ilgilidir. Bu kılavuza göre, taranan görüntünün çözünürlüğü, sonuç ortofoto çözünürlüğünden 1.5 kat daha iyi olması önerilmektedir. Farklı fotoğraf ölçeklerine göre tarama çözünürlükleri Çizelge 3.8'de gösterilmiştir (EU/JRC, 2008).

Çizelge 3.8. Farklı fotoğraf ölçekleri için tarama çözünürlüğü (EU/JRC, 2008)

Fotoğraf Ölçeği	Tarama Çözünürlüğü (µm)	Taranan Görüntünün Çözünürlüğü (m)	Sonuç Ortofotonun Çözünürlüğü (m)
1/40000	15	0.6	1
1/35000	17		
1/30000	20		

3.2.6. Mozaikleme

Mozaikleme, birden çok ortofotonun birleştirilmesi işlemdir. Geniş alanların görsel olarak daha etkin bir şekilde gözlemlenebilmesi için üretilir. Bu amaçla üretilen ortofoto mozaiklerin tutarlı radyometrik doğruluğa sahip olması gerekmektedir. Aşağıdaki Çizelge 3.9' da, ortomozaiklerin üretiminde dikkat edilmesi gereken hususlar belirtilmiştir (EU/JRC, 2008).

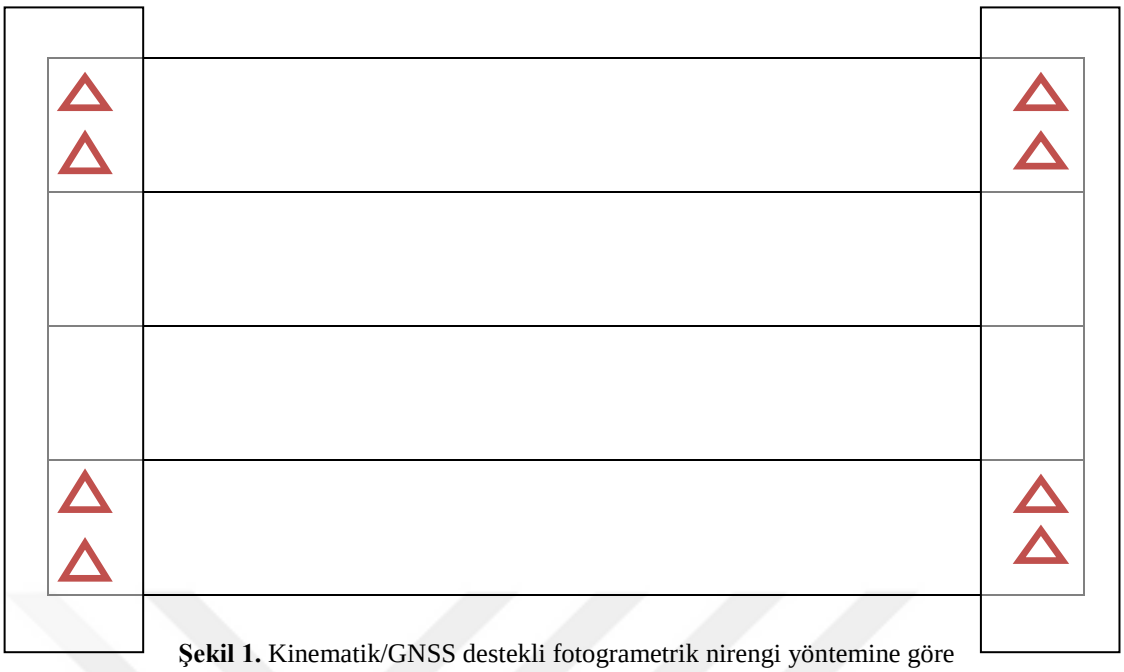
Çizelge 3.9. Ortomozaiklerin üretimi için en iyi uygulama ve kalite kontrolü (EU/JRC, 2008)

İşlemler	En İyi Uygulama	Kalite Kontrol
Radyometrik Ön İşleme	Görüntüler radyometrik olarak homojen olmalıdır. Mümkün olduğunca mozaik aynı günde, aynı koşullar altında çekilmiş görüntülerden oluşmalıdır.	Görüntüler homojen kontrast oranına sahip olmalıdır. Görüntülerdeki benzer nesneler ortalama %10'dan fazla değişkenlik göstermemelidir.
Alan Seçimi	Görüntülerdeki kenarlaşma hatalarını gidermek için kullanılmalıdır.	Birleşim çizgileri, nadir ve ayak ucu noktalarına göre kontrol edilmelidir.
Birleşim Çizgileri	Otomatik birleşim çizgisi üretme ile oluşturulmalıdır, ancak birleşim çizgileri gözden geçirilebilir ve düzenlenebilir şekilde üretilmelidir.	-Birleşim çizgilerinin oluşturduğu ilgili alanların tamamını kapsama durumu görsel olarak kontrol edilmelidir. Birleşim çizgileri, bina, köprü vb. nesneler) üzerinden geçirilmemelidir. -Geometrik tutarsızlıklar ve kontrast farklılıkları birleşim çizgisi boyunca görsel olarak kontrol edilmelidir.

3.3. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği

3.3.1. YKN, DN yoğunluğu ve dağılımı, hava triyangülasyonu doğrulukları

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'ne göre YKN yoğunluğu ve dağılımı Kinematik/GNSS Destekli fotogrametrik nirengi yöntemine belirlenir. Resimleri çekilecek alanın uçuş planlarına başlangıç kolonunda ve son kolonda olmak üzere blok köşelerine en 2'şer adet YKN noktaları tesis edilir. Yani toplamda 8 adet YKN yeterlidir. Ancak, bu noktalara ek olarak idare tarafından eklenmek isterse tercihen blok ortasına YKN eklemesi yapılabilmektedir. Aşağıdaki Şekil 1'de Kinematik/GNSS destekli fotogrametrik nirengi yöntemine göre YKN sayısı ve dağılımı gösterilmiştir (BÖHHBÜY, 2018).



Şekil 1. Kinematik/GNSS destekli fotogrametrik nirengi yöntemine göre YKN sayısı ve dağılımı

Denetleme noktalarının sayısı, fotogrametrik nirengi ölçmeleri için en az 4 adet olmalıdır. Bir başka ifadeyle, denetleme noktalarının sayısı blok içerisinde bulunan YKN sayısının en az %30'u kadar olmalıdır.

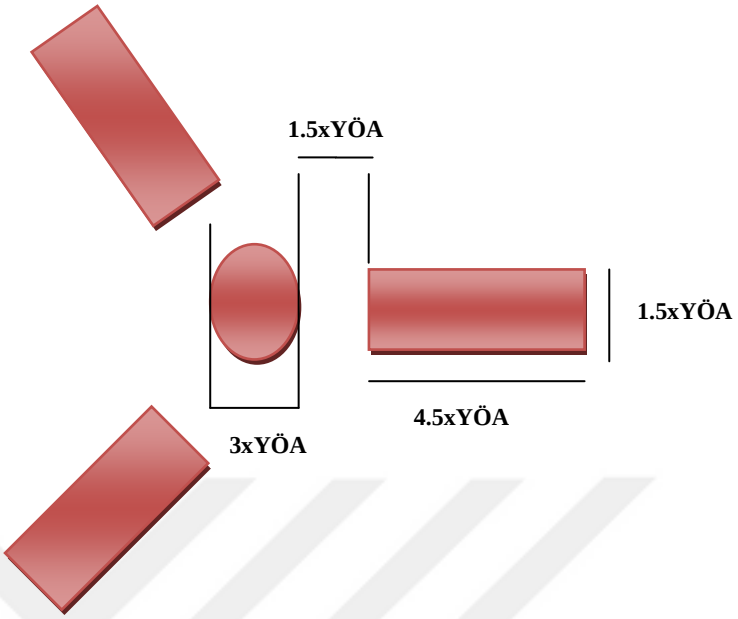
Denetleme noktalarının doğruluğu, Yer Örnekleme Aralığı (YÖA) cinsinden belirtilmiştir. Bu doğruluklar; $V_{X,Y} \leq \pm 0.75$xYÖA ve $V_Z \leq \pm 1$xYÖA olmalıdır. Denetleme noktalarındaki maksimum farklar (Denetleme noktalarının arazi ölçülerinden hesaplanan jeodezik koordinatları ile blok dengeleme sonunda elde edilen koordinatları arasındaki); $V_{X,Ymax} \leq \pm 1.5$xYÖA ve $V_{Zmax} \leq \pm 2$xYÖA şeklindedir.

Fotogrametrik nirengi ölçmelerinde YKN ve denetleme noktaları ile birlikte bağlama noktaları da ölçülür. Bağlama noktalarının sayısı en az 15 adet olmalıdır. Bağlama noktaları otomatik ya da yarı otomatik algoritmalarla piksel büyüklüğünün 1/3' ü ya da daha iyi doğrulukta olması gerekir (BÖHHBÜY, 2018).

3.3.2. YKN ve denetleme noktalarının işaretlenmesi

Fotogrametrik yer işaretleri, beyaz renkte ya da tesis edilecek zeminin hakim olduğu renge zıt renkte olacak şekilde tesis edilmelidir. Ayrıca, fotogrametrik yer işaretleri, kolay görünebilir şekilde açık alanlara 3 ya da 4 kollu olacak şekilde tesis edilmelidir. Fotogrametrik yer işaretlerinin kol uzunlukları ve birbirlerine göre

uzaklıkları YÖA cinsinden boyutlandırılmıştır. Fotogrametrik yer işaretlerinin boyut ve şekillerine ilişkin gösterimi Şekil 2' de gösterilmiştir (BÖHHBÜY, 2018).



Şekil 2. Fotogrametrik yer işaretlerinin boyut ve şeklinin gösterimi (BÖHHBÜY, 2018)

3.3.3. Yer örnekleme aralığı (YÖA)

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'ne göre Yer Örnekleme Aralığı (YÖA), sayısal hava fotoğrafındaki bir pikselin arazi üzerindeki karşılığını ifade etmektedir. YÖA, üretilecek harita ve sayısal ortofoto ölçeğine bağlı olarak belirlenmektedir. Sayısal hava kameralarıyla çekilecek hava fotoğraflarının harita ve sayısal ortofoto ölçeğine göre aldığı YÖA değerleri ve belirtilen ölçeklerde yönetmelik çerçevesinde belirlenmiş uygun eş yükseklik eğrisi aralıkları da içerecek şekilde aşağıdaki Çizelge 3.10' da ki gibi sınıflandırılmaktadır (BÖHHBÜY, 2018).

Çizelge 3.10. Harita ve ortofoto ölçeğine göre YÖA ve eş yükseklik eğrisi değerleri (BÖHHBÜY, 2018)

Harita ve Ortofoto Ölçeği	YÖA	Eş Yükseklik Eğrisi
1/500	5 cm	1 m
1/1000	10 cm	1 m
1/2000	20 cm	2 m
1/5000	30 cm	5 m

3.3.4. Uçuş planlaması

Fotogrametrik harita üretim amaçlı uçuşlar üretilecek harita ölçeğinden beklenen doğruluk derecesini sağlayan fotoğraf ölçeğinin belirlenmesi suretiyle gerçekleştirilir. Fotogrametrik harita üretim amaçlı uçuşlar, ülkemiz iklim koşulları göz önünde bulundurularak Nisan ayı başından Ekim ayı sonuna kadar geçen sürede (yaklaşık 7 ay), genellikle güneşin tepede olduğu saatlerde (10:00-14:00) gerçekleştirilir. Bunun sebebi, fotoğraf çekimi sırasında güneş yükseklik açısının 30°' den büyük olma koşuludur. Bu sayede fotoğraf üzerinde gölge oluşması engellenmiş olur.

Uçuşta, üretilecek harita ölçeğinin doğruluğunu belirleyecek etkenler dikkate alınarak fotoğraf ölçeği, hedeflenen harita ölçeğinin gerektirdiği YÖA ve uçuş yüksekliği belirlenir.

Uçuş planlarında arazinin topoğrafik durumunun farklılık göstermesinden dolayı aynı blok içerisindeki YÖA farklılıkları ±%10'u geçmemelidir.

Uçuş planı, ileri bindirme oranın en az %70, enine bindirme oranının ise en az %30 olacak şekilde yapılmalıdır (BÖHHBÜY, 2018).

3.3.5. Fotoğrafların taranması

Film bazlı analog hava kameralarıyla elde edilen hava fotoğraflarının sayısal fotogrametrik değerlendirme tekniklerine göre değerlendirilebilmesi için fotoğraflar, yüksek çözünürlüğe sahip fotogrametrik tarayıcılarla sayısallaştırılmalıdır. Tarama işleminde piksel büyüklüğü 21 μ' den daha küçük olmalıdır. Taramada kullanılacak sayısal fotogrametrik tarayıcıların geometrik doğruluğu ≤± 3μ olmalıdır. Ayrıca, fotoğraflar 8 bitlik radyometrik çözünürlükte taranmalıdır (BÖHHBÜY, 2018).

3.3.6. Ortofoto doğruluk değerleri

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği' ne göre ortofoto, arazi topoğrafyasındaki yükseklik farklarından kaynaklanan yer değiştirmeler ile algılayıcı yöneltme hatası, mercek bozulmaları ve yeryüzünün küreselliğinden kaynaklanan hataların giderildiği yer referanslı düşey görüntüler olarak tanımlanmaktadır. Ortofoto görüntüler üzerinden, hedeflenen harita ölçeğinin sağlamış

olduğu doğruluk değerleri içinde olmak suretiyle ölçüler alınabilir, hesaplamalar yapılabilmektedir.

Sayısal hava kameraları kullanılarak elde edilen ortofotolar, hedeflenen harita ölçeğinin gerektirdiği YÖA' da üretilir. Hedeflenen ortofoto ölçeğine göre olması gereken YÖA değerleri Çizelge 3.10' da gösterilmiştir.

Ortofoto üretiminde Sayısal Arazi Modeli (SAM) kullanılır. Sayısal arazi modelinde arazinin topoğrafik yapısına göre 3 boyutlu gridler üretilir. Olması gereken SAM grid aralığı, arazinin topoğrafik yapısına bağlı olarak;

- 1/2000 ve 1/5000 ölçeğinde en fazla 30 m,
- 1/1000 ölçeğinde ise en fazla 10 m'dir.

Üretilen sayısal ortofotonun vektör verisinden alınan noktaların koordinatları ile detay noktalarının ölçülen koordinatlarının farklarının KOH cinsinden doğrulukları aşağıdaki denklemlerde gösterildiği gibidir.

$$- KOH_{X,Y}\,(cm) \leq \pm(-1.665x10^{-6} x\, S^{2} + 0.01745xS - 1.166), \quad (3.2)$$

$$- KOH_{Z}\,(cm) \leq \pm[1.33xKOH_{X,Y}\,(cm)] \quad (3.3)$$

şeklindedir.

Denklem (3.2)'de;

S: Üretilecek harita ölçeğinin paydasındaki değer,

$KOH_{X,Y}$: Nokta konum doğruluğu,

Denklem (3.3)'de;

KOH_{Z} : Nokta yükseklik doğruluğu,

olarak ifade edilir. Farklı ölçeklere göre elde edilmiş nokta konum ve yükseklik doğruluklarına ilişkin örnek doğruluk değerleri Çizelge3.11' de gösterilmiştir (BÖHHBÜY, 2018).

Çizelge 3.11. Farklı ölçeklerde nokta konum ve yükseklik doğruluğu (BÖHHBÜY, 2018)

Harita Ölçeği	YÖA	S	$KOH_{X,Y}$ (cm)	KOH_{Z}(cm)
1/1000	10 cm	1000	14.62	19.44
1/2000	20 cm	2000	27.07	36.01
1/5000	30 cm	5000	44.46	59.13

Nokta konum ve yükseklik doğruluklarından, belirgin olan detay noktaların konumlarının ve yüksekliklerinin karşılaştırılmasında faydalanır. Elde edilmiş doğruluk değerlerinin bir de kesit kontrolünün yapılması gerekmektedir.

Kesit kontrolünde, arazinin eğimine göre dik doğrultuda noktalar alınır. Alınan noktalar arazide bilinen veya belirgin noktalar değildir. Yani herhangi bir detayın köşesi değildir. Bu noktaların önce X ve Y koordinatları okunur. Daha sonra bu noktalara nivelman ya da CORS yöntemiyle ortometrik kot verilir. Bu noktaların sayısal vektör harita üzerinde aynı X ve Y koordinatlarına karşılık gelen yerlerdeki model yükseklikleri ölçülür. Ölçülen değerler ile Denklem (3.3)' e göre elde edilen KOH_Z değeri arasındaki farkların KOH' u, KOH_Z değerinin 1.5 katından küçük olmalıdır.

Ortofoto üretiminden sonra ortofoto mozaik üretilmesi durumunda ortak alanda radyometrik düzeltme yapılmalıdır. Mozaiklemedeki ortofotolar arasındaki kayıklık en fazla ±2 x YÖA kadar olmalıdır (BÖHHBÜY, 2018).

3.4. Doğruluk Değerlerinin Karşılaştırılması

Çizelge 3.12. Yönetmeliklere göre doğruluk değerlerinin karşılaştırılması (EU/JRC, 2008; ASPRS, 2014; BÖHHBÜY, 2018)

ASPRS, EU/JRC ve BÖHHBÜY Doğruluk Değerlerinin Karşılaştırılması				
Konu	**Öğe**	**ASPRS**	**EU/JRC**	**BÖHHBÜY**
YKN Doğruluğu	$KOH_{X,Y,Z}$ -15 cm	2.5 cm	4 cm	-
YKN Sayısı	Adet	-	Bir blok için toplamda 10 adet YKN	Bir blok için toplamda 8 adet YKN
DN Doğruluğu	YÖA-10 cm	≤± 3.33 cm	-	$V_{X,Y}$ ≤± 7.5 cm V_Z ≤± 10 cm Farklar; $V_{X,Ymax}$ ≤± 15 cm V_{Zmax} ≤± 20 cm
DN Sayısı	Adet	en az 20 adet	en az 20 adet	en az 4 adet ve bir blok için YKN sayısının en az %30'u kadar
Bağlama Noktaları Doğruluğu	Piksel Büyüklüğü-10cm	-	KOH ≤ 5 cm	KOH ≤ 3.33 cm
Bağlama Noktaları Sayısı	Adet	-	en az 12 adet	en az 15 adet
Nokta Konum Doğruluğu	YÖA-10 cm YÖA-20 cm YÖA-30 cm	14.1 cm 28.3 cm 42.4 cm	-	14.6 cm 27.1 cm 44.5 cm
Nokta Yükseklik Doğruluğu	YÖA-10 cm YÖA-20 cm YÖA-30cm	19.6 cm 39.2 cm 58.8 cm	-	19.4 cm 36.0 cm 59.1 cm
SYM/SAM Grid Aralığı	1/1000 1/2000 1/5000	-	Ölçek ya da piksel büyüklüğünün 5-20 katı	10 m 30 m 30 m
Tarayıcı Doğruluğu	Geometrik Doğruluk	-	≤± 5 µ	≤± 3 µ

Bu bölümde, çalışmada incelenen yönetmeliklerin ortak konu başlıklarınca karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma işlemi yönetmelik içeriklerinde bulunan doğruluk değerleri ve sonuç ürünün doğruluk değerlerine etki edecek konular (uçuş planlaması, tarayıcı doğruluğu gibi) kapsamında gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmada ortak konular için belirli sayısal değerler verilmiş olup bu değerlere göre ortaya çıkan doğruluk değerleri Çizelge 3.12' de gösterilmiştir.

YKN sayısı, bir blokta olması gereken adet olarak karşılaştırılmış olup EU/JRC ve BÖHHBÜY YKN sayılarının birbirine yakın olduğu görülmektedir.

YKN doğruluğunda, 15 cm'lik KOH' a sahip bir ortofoto için değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme sonucunda ASPRS doğruluk değerinin EU/JRC doğruluk değerine göre daha doğruluklu olduğu görülmektedir.

Denetleme noktalarının doğruluğunun değerlendirilmesi, 10 cm' lik YÖA değerine göre karşılaştırılmış olup, ASPRS doğruluk değerinin BÖHHBÜY doğruluk değerine göre daha doğruluklu olduğu görülmektedir.

Denetleme noktalarının sayısı, ASPRS ve EU/JRC yönetmeliklerinde aynı miktara sahip olduğu, BÖHHBÜY' ün ise bu iki yönetmeliğe göre daha az miktarda denetleme noktası sayısı ile değerlendirme yaptığı gözlenmektedir.

Bağlama noktaları doğruluğunda, 10 cm'lik piksel büyüklüğüne karşılaştırılması gerçekleştirilmiş olup BÖHHBÜY' ün daha doğruluklu bir doğruluk değerine sahip olduğu görülmektedir.

Bağlama noktaları sayısında, EU/JRC ve BÖHHBÜY' ün belirtmiş olduğu değerlerin birbirine yakın adette olduğu görülmektedir.

Nokta konum doğruluğu değerlendirmesi, farklı YÖA değerlerine göre karşılaştırılmış olup 10 cm ve 30 cm YÖA'da ASPRS doğruluk değerleri BÖHHBÜY değerlerine göre daha doğruluklu, 20 cm YÖA'da ise BÖHHBÜY değerinin daha doğruluklu olduğu görülmektedir.

Nokta yükseklik doğruluğu değerlendirmesi de farklı YÖA değerlerine göre karşılaştırılmıştır. 10 cm ve 20 cm YÖA'da BÖHHBÜY değerlerinin ASPRS doğruluk değerlerine göre daha doğruluklu, 30 cm YÖA' da ise ASPRS değerinin daha doğruluklu olduğu görülmektedir.

Nokta konum ve yükseklik doğruluğunda karşılaştırılmasında ASPRS ve BÖHHBÜY değerlerinin birbirine yakın değerler olduğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1 Sonuçlar

Sayısal fotogrametrik üretimler bakımından ele alınan yönetmelik ve mevzuatlar, ülkelerin kendilerince benimsemiş oldukları uygulamalarda değerlendirme yöntemleri, kullanmış oldukları donanım ve yazılımlar paralelinde elde ettikleri sonuç ürünün doğruluk değerleri farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar ülkelerin gerçekleştirmiş olduğu uygulamalar sonucu standartlara dönüştürülüp yönetmelik ve mevzuatlara sabitlenmiştir.

Yönlendirici ilkelerin ülkeden ülkeye farklılık göstermesinin sebeplerin biri de ülkelerin bulunmuş oldukları konumlar ve sahip oldukları arazilerin topoğrafik durumudur.

Çalışmada Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartları, Ortogörüntülerin En İyi Uygulama ve Kalite Kontrol Kılavuzu ve Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği irdelenmiştir. Var olan içerikleri materyal ve yöntem bölümünde detaylıca açıklanmış olup bu kılavuz ve yönetmeliklerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Karşılaştırma işlemi sayısal fotogrametrik üretimler bakımından ortak konu başlıkları, doğruluk kriterleri ve bu kriterlere bağlı parametreler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma sonuçlarına göre dikkat çeken kriterler aşağıdaki gibi maddeler halinde belirtilmektedir. Bunlar:

Mevzuatların yürürlüğe giriş tarihleri göz önüne alındığında BÖHHBÜY'ün 2018, ASPRS'nin 2014 ve EU/JRC'nin 2008 yılında yayınlandığı bilinmektedir.

"Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartları" teknik şartnamesinde sayısal fotogrametrik üretimler için doğruluk ölçütlerinin bulunmasının yanı sıra fotogrametrik harita üretim tekniklerine yardımcı olan tamamlayıcı olan Lidar ve diğer tarayıcı bazlı ölçme teknikleri ile ilgili doğruluk değerleri ve örnek veri setleri yer almaktadır.

"Ortogörüntülerin En İyi Uygulama ve Kalite Kontrol Kılavuzu" içeriğinde uydu görüntüleriyle ilgili sayısal ortofoto üretim süreci de bulunmaktadır.

"Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği" fotogrametrik çalışmalar bölümünde sadece klasik ve sayısal fotogrametrik harita üretim içeriğine sahiptir.

YKN yoğunluğu ve dağılımı, hava triyangülasyonu doğrulukları bakımından ASPRS için, hava triyangülasyonunda kullanılan YKN'ler, hava triyangülasyonu sonucunun beklenen doğruluk değerinden en az 3 kat daha iyi olması gerektiği, YKN sayısı ile ilgili bir açıklama olmadığı tespit edilmiştir. Bu doğruluk değerlerine ilişkin örnek doğruluk değerleri Çizelge 3.1' de gösterilmiştir. EU/JRC için YKN'ler, ortofoto için hedeflenen şartnameden en az 3 kat daha iyi olması gerektiği, YKN yoğunluğu ve dağılımı için, bir bloğun her bir köşesinde 1 çift YKN, ortada 1 çift YKN olması gerektiği (bkz. Çizelge 3.6) anlaşılmıştır. BÖHHBÜY için ise, YKN doğruluk değerleri ile ilgili açıklama bulunmadığı tespit edilmiş ve YKN yoğunluğu ve dağılımı için, blok içerisindeki kolonların baş ve sonlarında 2'şer adet YKN tesis edilmesi gerektiği anlaşılmıştır (bkz. Şekil 1).

Denetleme noktası dağılımı ve doğrulukları bakımından ASPRS için, 20'den az denetleme noktası olmamalı, alana ve arazi örtüsüne göre ilk 2500 km^2' lik alan için 100 sabit düşey denetleme noktası önerildiği, 2500 km^2'nin üzerindeki alanlar için her ek 500 km^2'lik alan için 5 ek denetleme noktası eklenmesi gerektiği ve bunların 3'ünün bitki örtüsüz, 2'sinin de bitki örtülü olan alanlar için olması gerektiği (bkz. Ek-1) ve denetleme noktalarının doğruluğunun uygulama sonunda elde edilen doğruluk değerinin, beklenen doğruluk değerinden en az 3 kat daha iyi olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. EU/JRC için, en az 20 denetleme noktası olması gerektiği, doğruluk değerleri ile ilgili bir açıklamanın bulunmadığı tespit edilmiştir. BÖHHBÜY için ise, kullanılan YKN sayısının en az %30'u kadar ve 4 adetten az olmaması gerektiği ve denetleme noktalarının doğruluğunun YÖA cinsinden, X ve Y koordinatlarında $\leq \pm 0.75$xYÖA ve Z koordinatında $\leq \pm 1$xYÖA olduğu ve denetleme noktalarında maksimum farkların (Denetleme noktalarının arazi ölçülerinden hesaplanan jeodezik koordinatları ile blok dengeleme sonunda elde edilen koordinatları arasındaki); X ve Y koordinatlarında $\leq \pm 1.5$xYÖA ve Z koordinatında $\leq \pm 2$xYÖA doğruluk değerleriyle belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bağlama noktası doğruluğu bakımından ASPRS için, ilgili açıklamanın bulunmadığı tespit edilmiştir. EU/JRC için, bağlama noktasının doğruluğu KOH $\leq$ 0.5 x Piksel Büyüklüğü bağıntısıyla belirlenmesi gerektiği anlaşılmıştır. BÖHHBÜY için, KOH $\leq$ 1/3 x Piksel Büyüklüğü bağıntısıyla doğruluk değerinin belirlenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Bağlama noktası sayısı bakımından ASPRS için, ilgili açıklamanın bulunmadığı tespit edilmiştir. EU/JRC için, otomatik hava triyangülasyonu gerçekleştirildiğinde

model başına en az 12 bağlama noktası, manuel olarak gerçekleştirildiğinde ise model başına en az 6 bağlama noktası olması gerektiği anlaşılmıştır. BÖHHBÜY için, blok dengelemesi sırasında model alanı içinde en az 15 adet bağlama noktası olması gerektiği anlaşılmıştır.

Nokta konum doğruluğu bakımından ASPRS için, doğruluğun ≤±1.414xYÖA bağıntısıyla belirleneceği sonucuna varılmıştır (bkz. Çizelge 3.2). EU/JRC için, böyle bir doğruluk değerinin olmadığı tespit edilmiştir. BÖHHBÜY için doğruluğun, $KOH_{X,Y}(cm) \leq \pm(-1.665x10^{-6} x\ S^2 + 0.01745xS - l.166)$ bağıntısıyla belirlenmesi gerektiği tespit edilmiştir (bkz. Çizelge 3.11).

Nokta yükseklik doğruluğu bakımından ASPRS için, doğruluğun ≤ ±1.96 X YÖA bağıntısıyla belirlenmesi gerektiği anlaşılmıştır (bkz. Çizelge 3.5). EU/JRC için, böyle bir doğruluğun olmadığı tespit edilmiştir. BÖHHBÜY için doğruluğun, KOH_z (cm) ≤ ±[l.33x$KOH_{X,Y}$ (cm)] bağıntısıyla belirlenmesi gerektiği tespit edilmiştir (bkz. Çizelge 3.11).

Nokta konum ve yükseklik doğruluğu karşılaştırmasında ASPRS ve BÖHHBÜY değerleri arasındaki farkların çok fazla olmadığı görülmekte ve farkların birbirleri ile tutarlı olduğu görülmektedir (bkz. Çizelge 3.12).

Uçuş planı ve koşulları bakımından ASPRS için, ilgili açıklamanın bulunmadığı tespit edilmiştir. EU/JRC için, güneşin yükseklik açısının, 30°'den büyük olması gerektiği, uçuş planında YÖA farklılıklarının %10-15'i geçmemesi gerektiği, ileri bindirmenin en az %60, enine bindirme ise %15-40 arasında olması gerektiği anlaşılmıştır. BÖHHBÜY için, uçuşların ülkemiz iklim koşulları göz önünde bulundurularak Nisan ayı başında ile Ekim ayı sonuna kadar geçen sürede (yaklaşık 7 ay), bulutsuz bir havada, genellikle güneşin tepede olduğu saatlerde (10:00-14:00) gerçekleştirilmesi gerektiği ve güneşin yükseklik açısının 30°'den büyük olması gerektiği, uçuş planlarında YÖA farklılıklarının ±%10'u geçmemesi gerektiği, ileri bindirme oranının en az %70, enine bindirme oranı ise en az %30 olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Fotoğrafların taranması ve radyometrik çözünürlüğü bakımından ASPRS için, ilgili doğruluk ölçütlerinin bulunmadığı tespit edilmiştir. EU/JRC için, elde edinilen görüntülerin radyometrik çözünürlüğü en az 8 bit olması gerektiği, görüntünün bir film kamerasıyla elde edildiğinde yüksek çözünürlüklü fotogrametrik tarayıcılarla taranması gerektiği, bu tarayıcıların geometrik doğruluğunun <±5 μ olması gerektiği anlaşılmıştır. BÖHHBÜY için, görüntülerin her bir bant için en az 8 bit (256 gri düzeyi) radyometrik

çözünürlüklü olması gerektiği, film bazlı analog hava kameralarıyla elde edilen hava fotoğraflarının, yüksek çözünürlüklü sayısal fotogrametrik tarayıcı sınıfına giren tarayıcılarla taranması gerektiği, bu tarayıcıların geometrik doğruluğunun ≤±3 µ olması gerektiği anlaşılmıştır.

Yöneltme aşamalarına ve blok dengelemesi doğruluk değerlerine sadece EU/JRC' de yer verilmiştir (bkz. Çizelge 3.7).

SYM/SAM grid aralığı bakımından ASPRS için, ilgili açıklamanın bulunmadığı tespit edilmiştir. EU/JRC için, arazi rölyefine bağlı olarak ortofoto piksel boyutunun 5 ile 20 katı arasında değer alması gerektiği ve BÖHHBÜY için, arazinin topoğrafik yapısına bağlı olarak; SAM grid aralığı 1/2000 ve 1/5000 ölçeğinde en fazla 30 m, 1/1000 ölçeğinde ise en fazla 10 m olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

4.2 Öneriler

Teknolojik gelişimlerin sürekli kendisini güncellemesinden dolayı sayısal fotogrametrik üretimlerin yanında uydu görüntüleri, insansız hava araçları ve lidar teknolojisi kullanarak elde edilecek fotogrametrik harita üretim sürecinin yöntem ve doğruluk kriterleri de BÖHHBÜY bünyesine eklenmelidir.

Fotogrametrik üretim süreci içerisindeki aşamaları kapsayacak şekilde farklı arazi örtüsü kategorileri için örneklendirilmiş veri setlerinin emsal olması açısından BÖHHBÜY' e eklenmelidir. Böylelikle proje sırasında karşılaşılacak problemlerin çözümü çok daha hızlı ve efektif olacaktır.

IMU donanımı sayesinde elde edilen dış yöneltme parametrelerinin açısal doğruluk ölçütleri eklenmelidir.

Fotogrametrik harita üretimi için radyometrik işlemlerden daha yüksek verimin alınması adına fotoğraf alımı sırasında radyometrik çözünürlük kapasitesi 12-16 bit olan metrik hava kameraları kullanılmalıdır.

Sayısal metrik hava kameralarının kalibrasyonu akredite kurumlar ve kuruluşlarca her 2-3 yılda bir yapılmalıdır.

Teknolojinin çok hızlı ilerlemesi ve sürekli yeni yazılım ve donanımların piyasaya sürülmesinden dolayı standartların eklenmesi bir dezavantaj gibi görünüyor olsa da güncelliği sağlayabilmek ve ihtiyaçları karşılamak adına alanında uzman bilim insanlarıyla oluşturulacak komisyonların yurtiçinde ya da yurtdışında yapılacak olan bilimsel kongre ve sempozyumlara katılması, verileri elde etmesi, akabinde gerekli kontrollerin yapılmasından sonra BÖHHBÜY' ün zenginleştirilmesi gerekir.

KAYNAKLAR

ASPRS, 1990, ASPRS Accuracy Standards For Large-Scale Maps, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1068-1070.

ASPRS, 2014, ASPRS Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1-37.

BÖHHBÜY, 2018, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, Fotogrametrik Çalışmalar, 5. Bölüm**:** 19-25.

EU/JRC, 2003, Guidelines for Best Practice and Quality Checking of Ortho Imagery, ((2.0)).

EU/JRC, 2008, Guidelines for Best Practice and Quality Checking of Ortho Imagery, (3.0), 1-33.

FGDC, 1998, Geospatial Positioning Accuracy Standards. Part 3: National Standard For Spatial Data Accuracy (NSSDA), Geological Survey.

NDEP, 2004, NDEP Guidelines for Digital Elevation Data, *Retrieved December*, 7, 2010.

EKLER

EK-1 Alan Bazlı Denetleme Noktalarının Sayısı (ASPRS-Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartlarına göre)

Proje Alanı (km^2)	**Ortofotoların ve Planimetriklerin Yatay Doğruluk Uygulamaları**	**Yükseklik Veri Setlerinin Düşey ve Yatay Doğruluk Uygulamaları**		
	Sabit 2D / 3D Denetleme Noktalarının Toplam Sayısı (net biçimde tanımlanmış noktalar)	**Bitki Örtüsüz Doğruluktaki Sabit 3B'lu Denetleme noktalarının Sayısı**	**Bitki Örtülü Doğruluktaki Sabit 3B Denetleme Noktalarının Sayısı**	**Sabit 3B Denetleme Noktalarının Toplam Sayısı**
≤500	20	20	5	25
501-750	25	20	10	30
751-1000	30	25	15	40
1001-1250	35	30	20	50
1251-1500	40	35	25	60
1501-1750	45	40	30	70
1751-2000	50	45	35	80
2001-2250	55	50	40	90
2251-2500	60	55	45	100

EK-2 Sayısal Ortofoto Doğrulukları İçin Genişletilmiş Doğruluk Örnekleri (ASPRS-Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartlarına göre)

Ortofoto Piksel Boyutları	**Yatay Veri Doğruluk Sınıfları**	**KOH_x, KOH_y (cm)**	**KOHr (cm)**	**Ortofoto Mozaik (Birleşim Çizgisi) Maksimum Uyumsuzluk (cm)**	**%95 Güven Aralığında Yatay Doğruluklar (cm)**
1.25 cm	I	1.3	1.8	2.5	3.1
	II	2.5	3.5	5.0	6.1
	III	3.8	5.3	7.5	9.2
2.5 cm	I	2.5	3.5	5.0	6.1
	II	5.0	7.1	10.0	12.2
	III	7.5	10.6	15.0	18.4
5 cm	I	5.0	7.1	10.0	12.2
	II	10.0	14.1	20.0	24.5
	III	15.0	21.2	30.0	36.7
7.5 cm	I	7.5	10.6	15.0	18.4
	II	15.0	21.2	30.0	36.7
	II	22.5	31.8	45.0	55.1
15 cm	I	15.0	21.2	30.0	36.7
	II	30.0	42.4	60.0	73.4
	III	45.0	63.6	90.0	110.1
30 cm	I	30.0	42.4	60.0	73.4
	II	60.0	84.9	120.0	146.9
	III	90.0	127.3	180.0	220.3
60 cm	I	60.0	84.9	120.0	146.8
	II	120.0	169.7	240.0	293.7
	III	180.0	254.6	360.0	440.6
1 metre	I	100.0	141.4	200.0	244.7
	II	200.0	282.8	400.0	489.5
	III	300.0	424.3	600.0	734.3
2 metre	I	200.0	282.8	400.0	489.5
	I	400.0	565.7	800.0	979.1
	III	600.0	848.5	1200.0	1468.6
5 metre	I	500.0	707.1	1000.0	1224.0
	I	1000.0	1414.2	2000.0	2447.7
	III	1500.0	2121.3	3000.0	3671.5

EK-3 Sayısal Planimetrik Veriler İçin Genişletilmiş Doğruluk Örnekleri (ASPRS-Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartlarına göre)

Harita Ölçeği	Kaynak Görüntülerin Yaklaşık YÖA	Yatay Veri Doğruluk Sınıfları	KOHx, KOHy (cm)	KOHr (cm)	%95 Güven Aralığındaki Yatay Doğruluklar(cm)
1:50	0.625 cm	I	0.6	0.9	1.5
		II	1.3	1.8	3.1
		III	1.9	2.7	4.6
1:100	1.25 cm	I	1.3	1.8	3.1
		II	2.5	3.5	6.1
		III	3.8	5.3	9.2
1:200	2.5 cm	I	2.5	3.5	6.1
		II	5.0	7.1	12.2
		III	7.5	10.6	18.4
1:400	5 cm	I	5.0	7.1	12.2
		II	10.0	14.1	24.5
		III	15.0	21.2	36.7
1:600	7.5 cm	I	7.5	10.6	18.4
		II	15.0	21.2	36.7
		III	22.5	31.8	55.1
1:1200	15 cm	I	15.0	21.2	36.7
		II	30.0	42.4	73.4
		III	45.0	63.6	110.1
1:2400	30 cm	I	30.0	42.4	73.4
		II	60.0	84.0	146.9
		III	90.0	127.3	220.3
1:4800	60 cm	I	60.0	84.9	146.9
		II	120.0	169.7	293.7
		III	180.0	254.6	440.6
1:12000	1 metre	I	100.0	141.4	244.8
		II	200.0	282.8	489.5
		III	300.0	424.3	734.3
1:25000	2 metre	I	200.0	282.8	489.5
		II	400.0	565.7	979.1
		III	600.0	848.5	1468.6

EK-4 Sayısal Yükseklik Verileri İçin Genişletilmiş Doğruluk Örnekleri (ASPRS-Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartlarına göre)

Yükseklik Verileri Doğruluk Sınıfları	Bitki Örtüsüz Alanda KOHz (cm)	%95 Güven Aralığında Bitki Örtüsüz Düşey Doğruluk (NVA) (cm)	%95 Güven Aralığında Bitki Örtülü Düşey Doğruluk (VVA) (cm)	Uygun Eş Yükseklik Eğrisi Aralığı
1	1.0	2.0	2.9	3 cm
2	2.5	4.9	7.4	7.5 cm
3	5.0	9.8	14.7	15 cm
4	10.0	19.6	29.4	30 cm
5	15.0	29.4	44.1	45 cm
6	20.0	39.2	58.8	60 cm
7	33.3	65.3	98.0	1-metre
8	66.7	130.7	196.0	2-metre
9	100.0	196.0	294.0	3-metre
10	333.3	653.3	980.0	10-metre

EK-5 Doğruluk Hesaplama Örneği (ASPRS-Sayısal Uzaysal Veriler İçin Doğruluk Standartlarına göre)

Nokta Adı	Haritadan Elde Edilmiş Değerler			Ölçülen Kontrol Noktası Değerleri			Paralakslar (Hatalar)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	Δx	Δy	Δz
	metre	metre	metre	metre	metre	metre	metre	metre	metre
YKN1	359584.394	5142449.934	477.127	359584.534	5142450.004	477.198	-0.140	-0.070	-0.071
YKN2	359872.190	5147939.180	412.406	359872.290	5147939.280	412.396	-0.100	-0.100	0.010
YKN3	359893.089	5136979.824	487.292	359893.072	5136979.894	487.190	0.017	-0.070	0.102
YKN4	359927.194	5151084.129	393.591	359927.264	5151083.979	393.691	-0.070	0.150	-0.100
YKN5	372737.074	5151675.999	451.305	372736.944	5151675.879	451.218	0.130	0.120	0.087
Kontrol Noktalarının Sayısı							5	5	5
Ortalama Hata (m)							-0.033	0.006	0.006
Standart Sapma (m)							0.108	0.119	0.091
KOH (m)							0.102	0.106	0.081
KOH_r (m)							0.147	$\sqrt{KOH_x^2 + KOH_y^2}$	
%95 Güven Aralıklı NSSDA Yatay Doğruluk							0.255	KOH_r x 1.7308	
%95 Güven Aralıklı NSSDA Düşey Doğruluk							0.160	KOHz x 1.9600	

X, Y, Z Yönündeki Ortalama Hatanın Hesaplanması:

$$\overline{x} = \frac{1}{(n)} \sum_{i=1}^{n} x_i$$

X Yönündeki Ortalama Hata:

$$\overline{x} = \frac{-0.140 - 0.100 + 0.017 - 0.070 + 0.130}{5} = \textbf{- 0.33 m}$$

Y Yönündeki Ortalama Hata:

$$\overline{y} = \frac{-0.070 - 0.100 - 0.070 + 0.150 + 0.120}{5} = \textbf{0.006 m}$$

Z Yönündeki Ortalama Hata:

$$\overline{Z} = \frac{-0.070 + 0.010 + 0.102 - 0.100 + 0.087}{5} = \mathbf{0.006\ m}$$

Standart Sapmanın Hesaplanması:

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2}$$

X Yönündeki Standart Sapma:

$$s_x = \sqrt{\frac{(-0.140 - (-0.033))^2 + (-0.100 - (-0.033))^2 + (0.017 - (-0.033))^2 + (-0.070 - (-0.033))^2 + (0.130 - (-0.033))^2}{(5-1)}}$$

=0.108 m

Y Yönündeki Standart Sapma:

$$s_y = \sqrt{\frac{(-0.070 - 0.006)^2 + (-0.100 - 0.006)^2 + (-0.070 - 0.006)^2 + (0.150 - 0.006)^2 + (0.120 - 0.006)^2}{(5-1)}}$$

= 0.019 m

Z Yönündeki Standart Sapma:

$$s_z = \sqrt{\frac{(-0.071 - 0.006)^2 + (0.100 - 0.006)^2 + (0.102 - 0.006)^2 + (-0.100 - 0.006)^2 + (0.087 - 0.006)^2}{(5-1)}}$$

=0.091 m

KOH' nın Hesaplanması:

$$KOH = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_{i(harita)} - x_{i(ölçülen)})^2}$$

$$KOH_x = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_{i(harita)} - x_{i(ölçülen)})^2}$$

$$= \sqrt{\frac{(-0.140)^2 + (-0.100)^2 + (0.017)^2 + (-0.070)^2 + (0.130)^2}{5}} = \mathbf{0.102\ m}$$

$$KOH_y = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_{i(harita)} - y_{i(ölçülen)})^2}$$

$$= \sqrt{\frac{(-0.070)^2 + (-0.100)^2 + (-0.070)^2 + (0.150)^2 + (0.120)^2}{5}} = \mathbf{0.107\ m}$$

$$KOH_r = \sqrt{KOH_x^{\,2} + KOH_y^{\,2}} = \sqrt{(0.102)^2 + (0.107)^2} = \mathbf{0.147\ m}$$

$$KOH_Z = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(z_{i(harita)} - z_{i(ölçülen}})^2}$$

$$= \sqrt{\frac{(-0.071)^2 + (0.010)^2 + (0.102)^2 + (-0.100)^2 + (0.087)^2}{5}} = \mathbf{0.081\ m}$$

%95 Güven Aralıklı Yatay Konum Doğruluğu:

$2.4477 \text{ x } \left(\frac{KOH_r}{1.4142}\right) = 1.7308 \text{ x } 0.147 = 0.255 \text{ m}$

%95 Güven Aralıklı Düşey Doğruluk:

$1.96 \text{ x } KOH_z = 1.96 \text{ x } 0.081 = 0.160 \text{ m}$

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Erol UYSAL
Uyruğu	**:**	T.C
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Muğla / 02.01.1992
Telefon	**:**	+ 90 554 784 19 39
Faks	**:**	-
e-mail	**:**	eroluysal7@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**Anadolu Lisesi, Yatağan, MUĞLA**	**2010**
Üniversite	:	**Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA**	**2015**
Yüksek Lisans	:	**Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA**	**2018**
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2015-2018	**İMKB Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Selçuklu, KONYA**	**Harita Öğretmeni**

UZMANLIK ALANI

- Fotogrametri Ana Bilimdalı

YABANCI DİLLER

- İngilizce / YDS: 62.50 , YÖKDİL: 75

YAYINLAR

Uysal, E, 2016, Uzay Fotogrametrisi , Geomatik Dergisi, ISSN: 2564 – 6761, 2016/1, Sayı 1.