



International Geoinformatics Student Symposium

<https://igss.mersin.edu.tr>



Yer Kontrol Noktalarının Harita Üretimine Etkileri

Volkan İZCİ*¹  Ali ULVİ² 

¹ Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

² Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yer Kontrol Noktası
İHA
Fotogrametri
Hassasiyet

ÖZ

Hava fotogrametrisinde kullanılan önemli araçların başında Yer Kontrol Noktaları (YKN) gelmektedir. YKN koordinatları jeodezik yöntemler ile elde edilmekte ve haritadaki herhangi bir nokta koordinatlarının gerçek yer merkezli jeodezik koordinatlarına tam olarak karşılık gelmesine yardımcı olmaktadır. YKN'lerin elde edilmesi, uzaktan algılanan görüntülerin geometrik düzeltilmesinde temel ve önemli bir adımdır. Özellikle, YKN'lerin mekânsal dağılımı, görüntü düzeltmesinin doğruluğunu ve kalitesini etkileyebilmektedir. YKN'lerin sayısı ve geometrik dağılımı fotogrametrik ürünlerin konum doğruluğunu da doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle özellikle İHA fotogrametrisi çalışmalarında, YKN sayısının ve yerlerinin çalışma öncesinde doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir. YKN'lerin sayısı doğrudan emek, zaman, iş gücü ve maliyet değerlerini etkilediğinden uygun YKN tasarımı çalışmalarda oldukça fazla avantaj sağlamaktadır.

Effects of Ground Control Points on Map Production

Keywords

Ground Control Point
UAV
Photogrammetry
Precision

ABSTRACT

Ground Control Points (YKN) are one of the most important tools used in aerial photogrammetry. YKN coordinates are obtained by geodetic methods and they help the coordinates of any point on the map to correspond exactly to the real earth-centered geodetic coordinates. Obtaining GCPs is a fundamental and important step in the geometric correction of remotely sensed images. In particular, the spatial distribution of GCPs can affect the accuracy and quality of image correction. The number and geometric distribution of YKNs also directly affect the position accuracy of photogrammetric products. For this reason, especially in UAV photogrammetry studies, the number and locations of GCPs should be determined accurately before the study. Since the number of GCPs directly affects the labor, time, labor, and cost values, the appropriate GCP design provides many advantages in the studies.

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama, yeryüzünün ve yer kaynaklarının incelenmesinde onlarla fiziksel bağlantı kurmadan kaydetme ve inceleme tekniğidir. Bir başka deyişle uzaktan algılama; hava araçları ve uydular aracılığı ile fiziksel bir temas olmadan yeryüzü görüntülerini çekip, bu görüntüler üzerinden bilgi edinmeyi amaçlayan bir bilim dalıdır.

Uzaktan algılama teknolojileri ile mekânsal bilginin üretilmesinde ve yönetilmesinde hızlı, güvenilir ve düşük maliyetli katma değeri yüksek projeler geliştirilebilir. Uzaktan algılama ile ilgili faaliyetler uydu görüntüleri, İHA ve drone teknolojileri ile temin edilen görüntüler ile gerçekleştirilir.

Tarım, orman, çevre, su yönetimi, savunma, istihbarat, madencilik, afet yönetimi, yeraltı ve yerüstü kaynakların yönetilmesi, kentsel planlama ve mekâna dayalı birçok mühendislik ve araştırma projelerinde uzaktan algılama teknolojilerinden faydalanılır.

Uydu, drone, İHA görüntülerinin işleme teknikleri ile savunma ve sivil kullanımlar için önem arz eden obje tanıma ve tespit, sınıflandırma algoritmalarındaki yüksek başarımlar, derin öğrenme, makine öğrenmesi konularında çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte uzaktan algılama teknolojilerinin savunma amaçlı obje tanıma ve hedef tespit etme, tarımsal alanların izlenmesi, orman çeşitliliğinin tespiti, arazi örtüsü ve kullanımının belirlenmesi, çevre, maden, hidroloji, ekoloji, meteoroloji, oşinografi, jeoloji, şehir planlama, kent atlasları oluşturma, afet yönetimi, tabii kaynakların yönetimi gibi konularda kullanımı her geçen gün artmaktadır (URL-1, 2021)

Uzaktan algılamanın konularından olan Haritacılık Uygulamalarında

- Sayısal arazi modellerinin üretilmesi
- Ortofoto harita üretimi
- Yeryüzü deformasyon tespiti
- Altlık görüntü ihtiyacı için kullanılır.

Ortofoto (Foto-Plan): Resmin eğiklik ve dönüklüğünden ileri gelen hataların giderilmesi, ayrıca arazideki yükseklik farklarından ileri gelen nokta kaymalarının asgari düzeye indirilmesi suretiyle elde edilen; perspektif resimlerdeki resim eğikliği ve arazideki yükseklik farklarından dolayı oluşan görüntü kaymalarının giderilmesi ile elde edilen ve harita gibi belirli ve sabit bir ölçeğe sahip olan; hava fotoğrafları veya uydu görüntülerinin yeryüzüne uyumlandırılması sonucunda sabit bir ölçek kazandırılmış olan ve üzerinden belirli hassasiyette koordinat alınmasına olanak sağlayan, geometrik ve perspektif bozulmaları giderilmiş, düzeltilmiş hava fotoğrafı ve topoğrafik görüntüye “ortofoto” veya “foto-plan”, uydu görüntülerinden elde edilen türüne de “orto-görüntü” denir (Özbal mumcu, 2007).

Ortofoto Harita (Foto-Harita): Üzerine harita kenar bilgileri, gridler, eş yükseklik eğrileri, yer, yöre ve mevkii isimleri ile diğer kartografik bilgilerin eklendiği ortofoto görüntülere veya resimlerdeki eğiklik etkileri ve yükseklik farklarından (rölyef kayma) ileri gelen hataların giderilmesi ile elde edilen ortofoto

görüntülerin üzerine eş yükseklik eğrileri, yükseklik bilgileri ve harita kenar bilgileri eklenmek suretiyle elde edilen, görüntü parçacıklarının birleştirilmesiyle standart veya rasgele ölçeklerde üretilen fotoğraf formunda haritaya “ortofoto harita” veya “fotoharita”, uydu görüntülerinden elde edilen türüne “ortogörüntü harita” denir (Özbal mumcu, 2007).

İHA ile üretilen Ortofoto haritalar birçok mühendislik çalışmasına altlık oluşturmaktadır. Ortofoto üretim aşamaları:

- ✓ Çalışma Alanın Belirlenmesi
- ✓ Yer Kontrol Noktaları Tesisi
- ✓ İHA Uçuş Planının Hazırlanması
- ✓ Uçuş Boyunca Verilerin Toplanması
- ✓ Verilerin İşlenmesi
- ✓ Kalite Kontrol Raporunun Oluşturulması
- ✓ Sonuç Ürünün Oluşturulması şeklinde sıralanabilir (URL-2, 2021).

Hava Fotogrametrisi ve Yer Kontrol Noktaları

Hava fotogrametrisi, belirli bir yükseklikten hava araçları yardımıyla elde edilen fotoğrafları kullanan fotogrametri tekniği olup ihtiyaca bağlı haritalamada yaygın bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu alanda kullanılan hava araçlarının arasında İHA' lar da bulunmaktadır. İHA' lar ile hava fotogrametrisi tekniğinin birlikte kullanımına İHA fotogrametrisi adı verilmektedir. Adından da anlaşılacağı üzere İHA' lar içerisinde pilot bulundurmayan, uzaktan operatör yönlendirmesi ya da operatör tarafından belirlenen plana göre uçuş gerçekleştiren araçlardır. İHA' ların bu alanda kullanımı operasyonel kolaylık, düşük yatırım ve işletim maliyeti, yüksek konum doğruluğu gibi avantajlar sağlamakta ve elde edilen haritanın genel doğruluğunu büyük ölçüde artırmaktadır.

Hava fotogrametrisinde kullanılan önemli araçların başında Yer Kontrol Noktaları (YKN) gelmektedir. YKN koordinatları jeodezik yöntemler ile elde edilmekte ve haritadaki herhangi bir nokta koordinatlarının gerçek yer merkezli jeodezik koordinatlarına tam olarak karşılık gelmesine yardımcı olmaktadır. YKN'lerin elde edilmesi, uzaktan algılanan görüntülerin geometrik düzeltilmesinde temel ve önemli bir adımdır. Özellikle, YKN'lerin mekânsal dağılımı, görüntü düzeltilmesinin doğruluğunu ve kalitesini etkileyebilmektedir. YKN'lerin sayısı ve geometrik dağılımı fotogrametrik ürünlerin konum doğruluğunu da doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle özellikle İHA fotogrametrisi çalışmalarında, YKN sayısının ve yerlerinin çalışma öncesinde doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir. YKN'lerin sayısı doğrudan emek, zaman, iş gücü ve maliyet değerlerini etkilediğinden uygun YKN tasarımı çalışmalarda oldukça fazla avantaj sağlamaktadır.

Son yıllarda Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) sistemine sahip İHA' ların yaygınlaşması ile ihtiyaç duyulan YKN sayısı azalmış olsa da YKN ihtiyacı tamamen ortadan kalkmamıştır. Buna karşın az sayıda da olsa YKN'lerin geometrik dağılımı RTK' lı İHA' lardan elde edilen ürünlerin konum doğruluğunu etkilemektedir. Bunun yanı sıra RTK' lı İHA' ların maliyetleri çok yüksek olması sebebiyle halen çalışmalarda nispeten maliyeti daha uygun olan RTK' sız İHA sistemleri tercih

edilmektedir. Bu tercihte hâlihazırda birçok YKN kullanımına sebep olmaktadır (Kapıcıoğlu vd., 2018).

2. YER KONTROL NOKTASI

Büyük Ölçekli Harita Ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin 6. maddesinde

“n) Yer kontrol noktası (YKN): Yeryüzünde tesis edilen, koordinatları ve/veya yüksekliği jeodezik yöntemlerle belirlenen noktaların genel adını, ifade eder.” denilmektedir.

YKN' ler, stratejik olarak ilgilenilen alan boyunca yerleştirilen, yerdeki büyük işaretli ve görüntülerde kolayca seçilebilir nitelikte hedeflerdir. Bu YKN' ler haritadaki herhangi bir noktanın enlemini ve boylamını, gerçek yer merkezli koordinatlarına tam olarak karşılık gelmesini sağlamaya yardımcı olmaktadır. YKN' ler doğru kullanıldığında üretilen haritanın genel doğruluğu da büyük ölçüde artmaktadır. Bu durum hassas haritalamanın ve doğruluğun gerekli olduğu durumlarda oldukça önemlidir (URL-3, 2021).

YKN'larının seçimi, dağılımı ve doğruluğu, rektifikasyon sonuçlarını etkilemesi açısından çok önemlidir.



Şekil 1. Yer Kontrol Noktası

2.1. Yer Kontrol Noktası ile Kontrol Noktası Arasındaki Fark

YKN'ler projede göreceli ve mutlak doğruluğu geliştirmek için kullanılırken, KN ise mutlak doğruluğu değerlendirmek ve üç boyutlu konumu ve işaretlemelerdeki olası hataları tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bir projede doğru ölçeklendirmek, döndürmek ve konumlandırmak için gerekenden daha fazla YKN varsa, YKN' lerin bazıları projenin doğruluğunu değerlendirmek için KN olarak kullanılabilir. KN' lerin başlangıçtaki ve hesaplanan konumları arasındaki fark mutlak doğruluğu tahmin etmeye yardımcı olmakta ve bu fark proje kalite raporunda verilmektedir (Kapıcıoğlu vd., 2018).

2.2. YKN İşaretçilerini Yerleştirme

YKN noktalarının yerleşimi, haritalanan ilgi alanı boyunca dağılmış olmalıdır. Haritalanan alanda gözle görülür yükseklik değişiklikleri varsa, YKN yerleşiminin (tepeler, madenler, vadiler vb.) bunları farklı yükseltiler boyunca nispeten düz bir yüzeye yerleştirerek hesaba katılmalıdır. Öncelikli bölgenin (harita doğruluğunun en yüksek olmasını istediğiniz yer), onu çevreleyen ve bölgeye dağılmış YKN noktalarına sahip olmak gerekir. YKN'leri bölge çevresine yerleştirirken, haritanın kenarı

ile YKN'lerin konumu arasında 15m' lik bir tampon bölge önerilir. Bu, işlemeyi gerçekleştirmek için yeterli görüntü kapsamının olmasını sağlayacaktır.



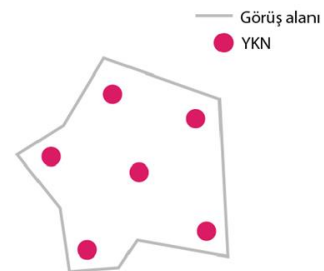
Şekil 2. YKN Tesisi

2.3. Yer Kontrol Nokta Sayısı ve Dağılımı

YKN dizaynındaki en önemli parametre YKN sayısı ve dağılımıdır. Genel olarak incelenecek alana en az üç YKN yerleştirilmesi ve her birinin en az iki resimde işaretlenmesi gerekmektedir. Fakat ölçüm yanlışlıklarını en aza indirmek ve YKN' leri yerleştirirken ortaya çıkabilecek hataları tespit etmeye yardımcı olmak için her biri beş görüntüde tanımlanmış en az beş YKN kullanılması önerilmektedir. Fakat topoğrafyanın karmaşık olduğu alanlarda daha fazla sayıda YKN kullanılabilir.

Ayrıca hacimsel veya doğrusal ölçümler yapmak için ortofoto kullanılacaksa ve bu ölçümleri belirli bir doğruluk aralığında sağlanması gerekliliği varsa YKN'ler önemlidir. Özellikle 3cm doğruluğunun gerekli olduğu birçok inşaat mühendisliği ve inşaat projesi için YKN' ler kullanılmalıdır.

YKN' lerin dağılımının belirlenmesindeki önemli hususların başında YKN' lerin ilgi alanına homojen bir şekilde dağıtılması gelmektedir. Bölge üzerinde tüm noktalar aynı yere yerleştirildiğinde doğruluk sağlanamayacaktır. Ayrıca rekonstrüksiyonun kalitesini daha da artırmak için alanın ortasına bir YKN yerleştirilmesi önerilmektedir. Ölçek ve oryantasyondaki hatayı en aza indirmek için YKN' ler yatay olarak eşit bir şekilde dağıtılmalı ve tam olarak alan kenarlarına yerleştirilmemelidir. YKN'leri tam köşelere yerleştirilmesi, resimlerde YKN' lerin görünürlüğünü önemli ölçüde azaltmaktadır (Kapıcıoğlu vd., 2018).



Şekil 3. YKN Dağılımı

3. YER KONTROL NOKTALARI VE ÖLÇÜMLERİN DOĞRULUĞU

Bir insansız hava aracı (İHA) araştırmasının doğruluğu, uçuş tasarımı, kamera görüntü kalitesi,

kamera modelleme metodolojisi, SfM algoritmaları ve coğrafi referanslama stratejisi dahil olmak üzere birçok farklı değişkenin sonucudur. Uçuş tasarımı yeterli ileri ve yan turları içermeli ve yer üzerinde sabit bir irtifa ve tüm alan boyunca homojen bir kapsama sağlamalıdır. Bu konfigürasyonla ve kaliteli bir kamera seçilerek, hareketten (SfM) fotogrametriden modern yapı kullanılarak görüntülerin işlenmesi etkilidir. Bu tür teknikler, yüksek düzeyde test edilmiş matematiksel ve fotogrametrik algoritmaları kullanır. Uygun bir işleme çözünürlüğü veya filtreler seçmek ve uygun yer kontrol hedeflerini basitçe belirlemek ve işaretlemek de doğruluğa etki eder (Sanz-Ablanedo vd., 2018).

Geleneksel bir havadan ölçümlerde (insanlı) kullanılacak YKN'lerin sayısı, fotogrametrik literatürde, ne kadar çok kontrol noktası kullanılırsa, elde edilen doğruluğun o kadar iyi olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (DeWitt & Wolf, 2000). Bununla birlikte, geniş coğrafi alanlarda kontrol noktaları kurmanın içerdiği maliyetler, minimum işletme maliyetleri ile uygun doğruluğu elde etmek için bir uzlaşmayı zorlar (DeWitt & Wolf, 2000). Bu ilkelerin başlangıçta İHA tabanlı fotogrametri için geçerli olması gerekse de, bu son teknoloji, daha küçük alanlar ve metrik olmayan kameraların artan kullanımı ve kamera modellemesi için kendi kendine kalibrasyon ile belirli özellikler sunar. YKN'lerin sayısının bir İHA SfM anketinin doğruluğunu nasıl etkilediğine dair çok az yayınlanmış çalışma vardır ve birçok sonuç ya yetersiz ya da çelişkilidir. Örneğin, kaynak (Mancini vd., 2013) kullanılan YKN'lerin sayısının önemli bir doğruluk kaybı olmaksızın daha da azaltılabileceğini belirtmektedir. Kaynak (Harwin S & Lucieer, 2012) YKN'lerin farklı alt kümelerini kullanır, bu da YKN'lerin sayısının doğruluk sonuçlarında önemli bir parametre olduğunu düşündürür. Kaynak (Tahar, 2013), 4 ila 12 YKN kullanan farklı kurulumların doğruluğunu analiz eder ve yazarlar, 7 veya daha fazla YKN kullandıktan sonra hata aralığının azaldığı sonucuna varır. Kaynak (Şahbazi vd., 2015), 3 ila 22 YKN kullanarak sonuçları analiz eder. Doğruluğu en üst düzeye çıkarmak için yüksek sayıda iyi dağıtılmış YKN sağlanmasını önerirler, ancak aynı zamanda iyi dağıtılmış ve yüksek örtüşme ile minimum sayıda YKN ile benzer sonuçların elde edilebileceğini de belirtirler. Kaynak (Harwin vd., 2015), daha yüksek sayıda YKN kullanıldığında en doğru modellerin üretildiği sonucuna varır. Kaynak (Agüera-Vega vd., 2017), YKN sayısı arttıkça hem yatay hem de dikey doğruluğun arttığını buldu. Ayrıca, 18 hektarlık (ha) bir SfM araştırmasında, optimum sonuçları elde etmek için 15 YKN'nin gerekli olduğunu bulmuşlardır.

3.1. YKN' nin Önemine Ait Örnek Çalışmalar

Ham uzaktan algılanan görüntüler, genellikle uzaktan algılama platformundan, sensörden, atmosferden ve/veya Dünyadan kaynaklanan geometrik bozulmaları içerir. Bu nedenle bu görüntüler coğrafi bilgi sisteminde doğrudan harita tabanlı ürünlerle kullanıma uygun değildir. Yapılan araştırmalar, YKN sayısının, kesinliğinin ve mekânsal örüntüsünün düzeltilmiş görüntünün doğruluğunu ve güvenilirliğini etkilediğini göstermiştir (Kapıcıoğlu vd., 2018).

YKN' lerin elde edilmesi, uzaktan algılanan görüntülerin geometrik olarak düzeltilmesinde temel ve önemli bir adımdır. Literatürde YKN' lerin mekânsal dağılımının, görüntü düzeltmesinin doğruluğunu ve kalitesini etkilediğini belirten çalışmalar bulunmakta olup, yapılan bazı çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

Son yıllarda RTK' lı sistemlerin çıkması ile YKN kullanılan sistemler ile YKN kullanmayan sistemlerin karşılaştırılmasına yönelik çalışmalarda gerçekleştirilmiştir.

Forlani vd. (2018), uçuş planını değiştirmeden, üç farklı yöntemi bir test alanı üzerinde gözlemlemiştir. Bu yöntemlerde; yalnızca YKN, yalnızca RTK verileri ve RTK verileri ile bir YKN kullanmıştır. Sonuçta RTK modundan bağımsız olarak, birinci ve üçüncü yapılandırılmaların en iyi Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) iç tutarlılığını sağladığını gözlenmiştir. Sadece RTK verileri kullanıldığında doğruluğun neredeyse iki kat daha kötüleştiği gözlenmiştir.

Stöcker vd. (2017), ise, konum hatalarının RTK sistemlerine ek dört YKN' eklenmesiyle azaltılabileceğini belirtmiştir.

Rabah vd. (2018)' nin çalışması, klasik YKN kullanan yöntemin, doğrudan coğrafi Georeferanstan (DG) daha doğru olduğunu göstermiştir. Doğrudan Georeferanslama yöntemi, Sanal referans istasyonu Doğrudan Geo-referanslama (VRS-DG) ve RTK-DG için elde edilen doğruluklar düzey Karesel Ortalama Hata (RMS) için 0.029 ve 0.034, yatay RMS için 0.026 ve 0.029 m'dir. Diğer taraftan, klasik YKN kullanan yöntemde ise yatay RMS'nin doğruluğu 0.014 m ve 0.013 m dikey RMS olarak belirlemiştir.

Yukarıdaki çalışmalardan anlaşılacağı gibi, YKN' lerin kullanılması, Doğrudan Coğrafi referanslama yönteminden daha doğru sonuçlar vermektedir. RTK konumlandırma özelliğine sahip yerleşik alıcıları olan uçaklar kullanılsa da, doğru sonuçlar almak için YKN' ye ihtiyacınız vardır.

Wang vd. (2012), uzaktan algılanan görüntülerin geometrik düzeltilmesindeki YKN seçimi ile örnekleme tasarımının ilişkisini araştırmak amacıyla hem bir simülasyon deneyi hem de gerçek görüntü analizleri gerçekleştirmiştir. Çalışmada basit rastgele örnekleme, uzaysal kapsama örnekleme ve evrensel kriging model tabanlı örnekleme karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, örnekleme tasarımının YKN' lerdeki geometrik düzeltmenin doğruluğunu güçlü bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca çalışmaya göre evrensel kriging model tabanlı örnekleme YKN optimizasyonu, hem simülasyon hem de gerçek görüntü deneylerinde en iyi sonucu ortaya koymuştur. Bu sonuçlara ek olarak çalışmada, YKN' lerin daha dağınık olmasının geometrik düzeltme doğruluğunu artırdığı belirtilmiştir.

Ruzgiene vd. (2015), İHA görüntü dönüşümü için kullanılan YKN sayısının haritalama sonuçlarını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışmaya göre İHA görüntü düzeltmesi, YKN'ler kullanılmadan sadece projeksiyon merkez koordinatları kullanılarak gerçekleştirildiğinde 3 m'ye kadar önemli bozulmalara sahip olduğu fakat iyi dağıtılmış 5 YKN noktasıyla bu bozulmaların ihmal edilebilir düzeyde indiği belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışmada, uygun sayıda YKN kullanımının, İHA fotogrametri ürününün kalitesini artırdığı belirtilmiştir.

Aguera-Vega vd. (2017) sayısal yüzey modelinde koordinatlandırma için kullanılan YKN'nin sayısının ve İHA fotogrametrisi ile elde edilen ortofoto doğruluklarının etkisini incelemiştir. Zemin seviyesinden 120 m yükseklikte, yaklaşık 17 hektarlık alanda gerçekleştirilen çalışmada, bölge yüzeyinin 160 adet fotoğrafı çekilmiş ve farklı YKN noktalarını dikkate alan fotogrametrik proje yapılmıştır. Çalışmada doğruluk ölçüm yöntemi olarak RMS kullanılmıştır. Sonuçlar, kullanılan YKN sayısı arttıkça hem yatay hem de dikey doğruluğun arttığını göstermiştir.

Sanz-Ablanedo vd., bir Structure From Motion (SFM) fotogrametrik değerlendirmenin kalitesini, çoklu YKN kombinasyonları ile doğruluklarını hesaplayarak incelemiştir. Çalışma, 1200 hektarlık bir alanda 2500'den fazla fotoğraf ve 102 YKN kullanılarak gerçekleştirilmiş ve doğruluklar Yer Örneklem Mesafesi (YÖM) ile ilişkilendirilmiştir. Sonuçlar, belirli bir YKN sayısı için, optimum dağıtım kullanılarak elde edilen doğruluğun, YKN'lerin kötü dağılımı durumundan iki kat daha iyi olacağını gösterilmiştir. Ayrıca büyük projelerde, yüksek sayıda YKN ile yüksek hassasiyet elde edilebileceği belirtilmiştir.

Ülkemizde de, T.Türk ve T.Öcalan bu konu ile ilgili çalışma yapmış ve değerlendirme yapılırken aşağıda belirtilen iki yaklaşım uygulanmıştır.

- YKN'ler kullanılarak fotogrametrik değerlendirme
- YKN'ler kullanılmadan fotogrametrik değerlendirme

- ✓ Çalışma alanı içerisine tesis edilen sabit referans noktası kullanılarak (kısa baz) PPK çözümü
- ✓ TUSAGA-Aktif SIVS sabit referans istasyonu kullanılarak (uzun baz) PPK çözümü

YKN'ler kullanılarak yapılan değerlendirme esnasında standart İHA fotogrametrisi işlem adımları uygulanmıştır. YKN'ler kullanılmadan yapılan değerlendirmede ise İHA'dan elde edilen kinematik gözlem verileri ile çalışma alanındaki sabit istasyon statik gözlem verisi referans alınarak (kısa baz) PPK çözümü gerçekleştirilmiştir. Kısa baz çözümünde kullanılan referans istasyonu statik verisi uçuş süresine eşit nitelikte yaklaşık 70 dakikalık gözlem bilgilerini içermektedir. Daha sonra ise İHA'dan elde edilen kinematik verilerle Sivas il sınırı içerisinde yer alan SIVS isimli TUSAGA Aktif istasyonu referans alınarak (uzun baz) PPK çözümü gerçekleştirilmiştir. Bu çözüm için uçuş süresini kapsayan 24 saat ve 1 sn aralıklı RINEX formatındaki SIVS istasyonu statik gözlem verisi kullanılmıştır. Yapılan kısa ve uzun baz PPK çözümleri için IGS final (sp3) uydu yörünge bilgileri kullanılmıştır (Türk & Öcalan, 2020).

İki farklı yaklaşımın uygulanması sonucunda elde edilen karesel ortalama hata (RMSE) değerleri Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. Değerlendirme türüne göre elde edilen karesel ortalama hata (RMSE) değerleri

Değerlendirme Türü	RMSE (Yatay) (cm)	RMSE (Düşey) (cm)
YKN kullanılarak	3.6	5.0
YKN'siz (Kısa Baz Çözümü)	4.5	9.0
YKN'siz (Uzun Baz Çözümü) SIVS noktasına dayalı	9.1	8.9

Elde edilen RMSE değerleri literatürde yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Tomaştık vd. (2019) tarafından 300 metre yükseklik farkının bulunduğu ve bitki örtüsünün orman olduğu çalışma alanında farklı stratejilerle uçuş yapılmıştır. Bu çalışmada YKN (4 ve 9 adet olmak üzere iki farklı yaklaşım) kullanılarak ve YKN kullanılmadan (PPK yöntemiyle) üretilen ortogörüntü ve Sayısal Yüzey Modeli (YM) gibi ürünlerin arazide belirlenen kontrol noktalarıyla (check point) karşılaştırılması sonucunda RMSE değerleri elde edilmiştir. 9 YKN kullanılarak elde edilen RMSE değerleri yatayda 8 cm ile 20 cm arasında iken, düşeyde 16 cm ile 62 cm arasındadır. YKN kullanılmadan (PPK yöntemiyle) elde edilen RMSE değerlerine bakıldığında ise, yatayda 6 cm ile 9 cm arasında değişmekte iken düşeyde 8 cm ile 15 cm arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu makale kapsamında elde edilen RMSE değerleri ile söz konusu çalışmada elde edilen değerler karşılaştırıldığında; 9 YKN kullanarak elde edilen sonuçlarda hem yatayda hem de düşeyde çalışmamızın daha doğru sonuç verdiği, PPK çözümüyle (YKN siz) edilen sonuçlarda ise yaklaşık benzer sonuçların çıktığı görülmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden biri olarak literatürdeki çalışmanın ormanlık alanda gerçekleştirilmesi gösterilebilir (Türk & Öcalan, 2020).

4. SONUÇ

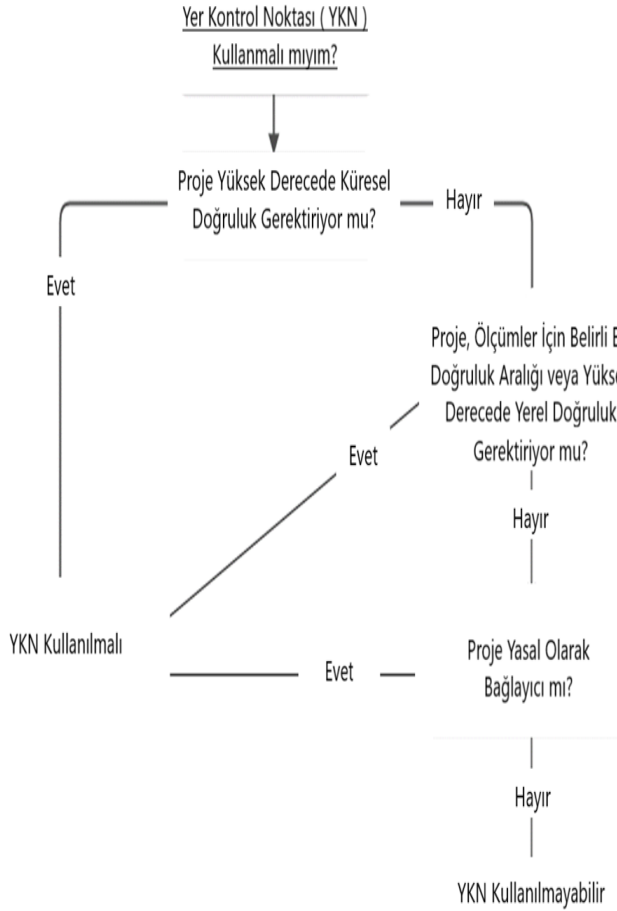
Kullanım ve uygulama alanı giderek artan GNSS teknolojisinde hassas ve yüksek doğrulukta konum bilgisinin elde edilmesi için geleneksel olarak bağlı konum belirleme tekniklerinin kullanıldığı bilinmektedir. Günümüzde mutlak anlamda yüksek doğruluk sağlayan GNSS-PPP (Precise Point Positioning) gibi alternatif konum belirleme teknikleri geliştirilse de, bağlı konumlamaya dayalı İHA uygulamaları geomatik/harita disiplini çalışmalarında etkinliğini sürdürmektedir.

Buna karşın önümüzdeki süreçte İHA uygulamalarında mutlak anlamda doğrudan konumlandırma yönteminin; kullanıcılar için zaman, maliyet, doğruluk ve işgücü gibi ölçütler dikkate alındığında sağladığı faydalar açısından ön plana çıkarak giderek yaygınlaşacağı da öngörülmektedir.

İHA fotogrametrisi bağlamında elde edilecek ürün doğrulukları için YKN'li ve YKN'siz çözümler karşılaştırıldığında, geleneksel klasik fotogrametrik kıymetlendirme uygulamalarında gerek datum tanımı, gerekse ürün doğrulukları açısından YKN kullanımı ve bunların doğruluğu hiç kuşkusuz son derece önemlidir. İHA sistemlerinin etkin kullanımıyla yaygınlaşan İHA-

fotogrametrisi uygulamalarında da şüphesiz YKN kullanımı en uygun çözümler için kritik öneme sahiptir ve gereklidir. Ancak gelişen ve değişen teknoloji, GNSS konum belirlemedeki yenilikler, uygulamanın niteliği ve elde edilecek ürünlerin doğruluğu açısından kullanıcılara alternatifler yaratmaktadır.

İHA sistemleri ile YKN kullanmaksızın tarım, ormancılık vb. çalışmalarda gereksinim duyulan en uygun doğruluktaki fotogrametrik ürünler bu yaklaşımla elde edilebilir. Ancak jeodezik nitelikteki yüksek doğruluk gerektiren temel çalışmalar için üretilen fotogrametrik ürünler için YKN'li yaklaşımların kullanımı hala kaçınılmaz ve gereklidir.



Şekil 4. YKN Kullanma Durumu

2. KAYNAKLAR

Agüera-Vega F, Carvajal-Ramirez F & Martínez-Carricondo P (2017). Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle. *Survey*, 2017(98), 221-227.

DeWitt B & Wolf P (2000). *Elements of Photogrammetry (with Applications in GIS)*. ISBN: 0-07-292454-3.

Forlani G, Dall'Asta E, Diotri F, di Cella U M, Roncella R & Santise M (2018). Quality Assessment of DSMs Produced from UAV Flights Georeferenced with On-Board RTK Positioning. *Remote Sens.*, 10(2), 311.

Harwin S & Lucieer A (2012). Assessing the accuracy of georeferenced point clouds produced via multi-view stereopsis from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery.)

Harwin S, Lucieer A & Osborn J (2015). The impact of the calibration method on the accuracy of point clouds derived using unmanned aerial vehicle multi-view stereopsis. *Remote Sensing*, 2015 (7), 11933-11953.

Kapıcıoğlu H Ş, Hastaoğlu K Ö, Poyraz F, Gül Y (2018). Investigation of topographic effect in ground control point selection in UAV photogrammetry: Gaziantep/ Nizip. *International Conference On Innovative Engineering Applications - CIEA 2018*, 1174-1178.

Mancini F, Dubbini M, Gattelli M, Stecchi F, Fabbri S & Gabbianelli G (2013). Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for High-Resolution Reconstruction of Topography: The Structure from Motion Approach on Coastal Environments.

Özbalımcu M (2007). Fotogrametrik Yöntemle Ortofoto Harita Üretiminin Temel Esasları, Ortofotonun Yararları ve Kullanım Alanları. *TUFUAB IX. Teknik Sempozyumu*, İstanbul.

Rabah M, Basiouny M, Ghanem E & Elhadary A (2018). Using RTK and VRS in direct geo-referencing of the UAV imagery, *NRIAG J. Astron. Geophys*, 7(2), 220-226.

Ruzgienė B, Berteška T, Gečyte S, Jakubauskienė E & Aksamitauskas V Č (2015). The surface modelling based on UAV Photogrammetry and qualitative estimation, *Measurement*, vol. 73, pp. 619-627.

Sanz-Ablanedo E, Chandler J H, Rodríguez-Pérez J R & Ordóñez C (2018). Accuracy of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used. *Remote Sens.* 10 (10).

Stöcker C, Nex F, Koeva M & Gerke M (2017). Quality Assessment of Combined IMU/GNSS Data for Direct Georeferencing in the Context of Uav- Based Mapping, *ISPRS - Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. XLII-2/W6, pp. 355-361.

Şahbazi M, Sohn G, Theau J & Menard P (2015). Development and evaluation of a UAV-photogrammetry system for precise 3D environmental modeling. *Sensors*, 27493-27524.

Tahar K N (2013). An evaluation on different number of ground control points in unmanned aerial vehicle photogrammetric block.

Tarık Türk, Taylan ÖCALAN, "PPK GNSS Sistemine Sahip İnsansız Hava Araçları İle Elde Edilen Fotogrametrik Ürünlerin Doğruluğunun Farklı Yaklaşımlarla

İrdelenmesi”, *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2(1), 22-28.

URL-2 <https://ihaharita.com/fotogrametrik-yontemle-ortofoto-uretimi-nasil-yapilir/>

Wang J, Gea Y, Heuvelink G B M, Zhou C & Brus D (2012). Effect of the sampling design of ground control points on the geometric correction of remotely sensed imagery, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 18, no. 1, pp. 91–100.

URL-3 <https://blog.dronedeploy.com/what-are-groundcontrol-points-gcps-and-how-do-i-use-them-4f4c3771fd0b>

URL-1 <https://www.basarsoft.com.tr/uzaktan-argilama/>



© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>