

METRİK OLMAYAN DİJİTAL KAMERALARIN FOTOGRAMETRİK AMAÇLI UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

*Fevzi KARSLI
Eminnur AYHAN
Esra TUNÇI*

ÖZET

Bu çalışmada, daha önceden metrik anlamda iç yöneltme elemanları ve ölçü potansiyelleri belli olmayan dijital kameraların düzlem test alanı kullanılarak, ölçü doğrulukları araştırılmıştır. İki boyutlu kalibrasyon için EOS firması tarafından tasarlanmış test levhası, aynı firmaya ait Camera Calibrator 4.0 ve Photo Modeler 4.0 yazılımları kullanılarak, etkili ve hızlı bir hesaplama metodu uygulanmıştır. Kodak DX3600 ve Nikon Coolpix 5000 dijital kameraları kalibre edilerek test edilmiş ve doğrulukları incelenmiştir. Fotogrametrik projelerde kullanılabilirlikleri de irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Dijital kamera, kalibrasyon*

ABSTRACT

INVESTIGATION INTO APPLICABILITY OF PHOTOGRAMMETRIC PURPOSE FOR NON-METRIC DIGITAL CAMERAS

In this paper, measurement accuracies of digital cameras which have unknown inner orientation and measurement potential in metric meaning have been researched by using plane test field. For two-dimensional calibration, an effective and fast calculation method has been used with the Camera Calibrator 4.0 Photo Modeler 4.0 software and test pattern, designed by EOS system. The Kodak DX3600 and Nikon Coolpix5000 digital cameras have been calibrated and tested then their accuracies have been investigated. Also the usability of these cameras in photogrammetric projects has been inspected.

Key Words: *Digital cameras, calibration*

*1 Arş. Gör.(KTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği)
2Yrd. Doç. Dr. (KTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği)*

1. GİRİŞ

Özellikle son beş yıl içerisinde dijital yüksek çözünürlüklü kameralar, fotogrametriciler açısından ilgi alanı olmuş ve bu amaçla kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek duyarlılıkta doğruluk için, bu kameraların hassas bir biçimde kalibre edilmeleri ve metrik performanslarının belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada bu amaca yönelik olarak, seçilen iki tip dijital kamera önce iki boyutlu test alanı ile kalibrasyonu yapılmış ve elde edilen kamera bilgileri ile obje uzayında bir değerlendirme yapılmıştır. Böylece iki boyutlu bir test alanının kalibrasyon için yeterli olup olmadığı ve bu kameraların bugünkü fotogrametrik projeler için istenilen doğruluğu verecek şekilde kullanılıp kullanılamayacağı irdelenmiştir.

2. KULLANILAN KAMERALARIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

2.1. KODAK DX3600

Kodak firması tarafından üretilen bu kamera, 1800×1200 piksel çözünürlüklü, 5.6-11.1 mm aralığında değişebilen odak uzaklığı olan bir kameradır. Kamera normal çekim mesafesi olarak 0.5 m'ye kadar ölçüm yapabilmektedir. Kamera görüntüleri JPEG garfik formatı ve MOV video formatlı üretmektedir. Çekilen görüntüler kendi iç hafızasında saklanabildiği gibi yardımcı bir yazılım ile bilgisayar ortamına aktarılabilir.

2.2. NIKON COOLPIX 5000

Bu kamera, 2560×1920 piksel geometrik çözünürlüğünde olup, 7.1-21.4 mm arasında değişken odak uzaklığı değeri alabilmektedir. Özellikle büyük nesnelerin değerlendirilmesi ve mimari fotogrametri amacıyla kullanılabilir olan bu kamera TIFF, JPEG formatlarında görüntü üretmektedir. Ayrıca normal çekim mesafesi 0.5 m'ye kadar inmektedir. Kendi iç hafıza kaydına ilaveten bu kamera özel bir yazılım aracılığıyla çekilen görüntüleri bilgisayar ortamına aktarmak mümkündür.

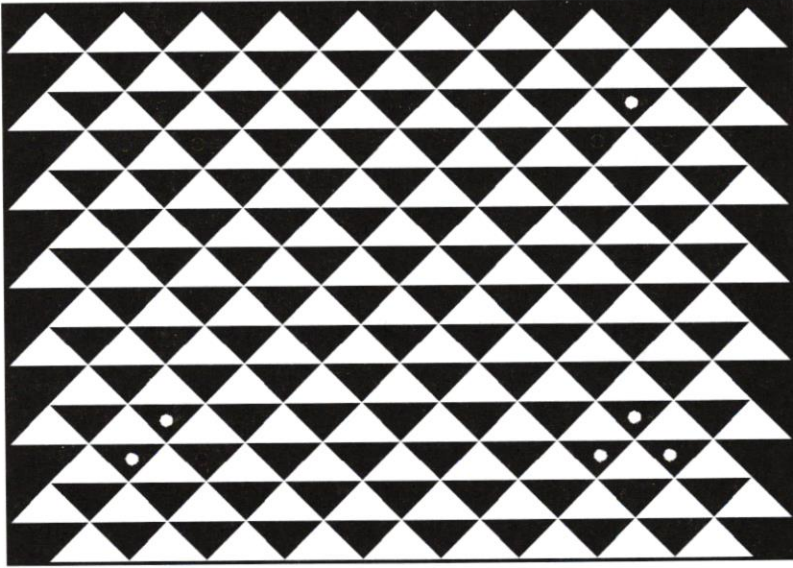
3. MATEMATİK MODEL VE YAZILIM

Kamera kalibrasyonu için EOS firması tarafından üretilen iki boyutlu test alanını (şekil 1), resim koordinatlarının ölçümü ve obje koordinatlarının hesaplanması için ise aynı sisteme ait Camera Calibrator 4.0 ve Photo Modeler 4.0 yazılım modülleri kullanılmıştır. Aşağıdaki bölüm uygulanan kalibrasyon metodunun teorisini ve yazılım modüllerinin işlevselliğini açıklamaktadır.

3.1. KALİBRASYON

Obje koordinatlarının, dijital görüntülerden doğru hesaplanabilmesi için, kullanılacak olan

her bir yeni dijital kameranın iç yöneltme parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Photo Modeler yazılımının kurulum paketi içinde, iki boyutlu kalibrasyon alanının dijital bir test örneği bulunmaktadır. Bu test alanına istenilen ölçekte hassas bir biçimde çıktı alınabilmektedir. Bunun için söz konusu test alanı A2 boyutunda olacak şekilde çıktı alınmıştır. Kalibrasyon alanı yada test alanı, düzgün karelere ayrılmış, bu karelerin yarısı siyah yarısı beyaz renkle temsil edilmiş ve üzerinde 4 adet kontrol noktası işaretlenmiştir. Test alanı üzerindeki kare boyutu 3.3 cm'dir. Buradan hareketle herhangi keyfi bir koordinat başlangıcı tanımlanarak bütün noktaların uzay koordinatları belirlenebilmektedir. Etkin ve doğru bir kalibrasyon sonucu elde edebilmek için kameraların en geniş lens açılarında (en küçük odak uzaklığı) konvergent bir geometri oluşturacak şekilde bu test alanına her bir kamera ile 8 adet görüntü alınmıştır. Görüntüler tüm görüntü alanını kaplamalı ve çok iyi kontrastta ve netlikte olmalıdır. Bu nedenle çekilen görüntüler üzerinde Photo Modeler yazılımının görüntü iyileştirme özelliği kullanılarak bir takım iyileştirmeler yapılarak istenilen netliğe getirilmiştir.



Şekil 1. İki boyutlu kalibrasyon test alanı

3.2. MERCEK DİSTORSİYONU

Photo Modeler yazılımı, Brown tarafından 1972'de ortaya çıkarılan parametre kümesinin basitleştirilmiş olan dört parametrelili, standart mercek distorsiyonu formüllerini kullanır (Brown, 1971). Aşağıdaki formüller Photo Modeler yazılımının distorsiyon düzeltmelerinin nasıl uygulandığını göstermektedir. Görüntü üzerinde herhangi bir (x, y) noktası için düzeltilmiş değeri şu şekilde verilmiştir;

$$\begin{aligned}x_c &= x + \Delta r_x + \Delta p_x \\y_c &= y + \Delta r_y + \Delta p_y\end{aligned}\tag{1}$$

Burada;

x_c, y_c : düzeltilmiş görüntü noktası koordinatları,

Δr_x : Çapsal mercek distorsiyon düzeltmesinin x bileşeni,

Δr_y : Çapsal mercek distorsiyon düzeltmesinin y bileşeni,

Δp_x : Teğetsel distorsiyon düzeltmesinin x bileşeni,

Δp_y : Teğetsel distorsiyon düzeltmesinin y bileşeni.

3.2.1. Çapsal Mercek Distorsiyon Düzeltmesi

Ana mercek distorsiyon etkisi, çapsal mercek distorsiyonu tarafından etkilenir.

$$\begin{aligned}x_c &= x^* (1 + \Delta r_b / r) \\y_c &= y^* (1 + \Delta r_b / r)\end{aligned}\tag{2}$$

Eğer daha çapsal distorsiyon formüllerini r'ye bölünürse;

$$\begin{aligned}\Delta r &= \Delta r_b / r \\x_c &= x^* (1 + \Delta r) \\y_c &= y^* (1 + \Delta r)\end{aligned}\tag{3}$$

elde edilir.

Δr için Photomodeler tarafından kullanılan formül aşağıdaki gibidir.

$$\Delta r = K_1 * r^2 + K_2 * r^4\tag{4}$$

Burada $r^2 = x^2 + y^2$

Çapsal mercek distorsiyonu için standart dengelenmiş form,

$$\Delta r = A_0 + A_1 * r^2 + A_2 * r^4\tag{5}$$

şeklinde yazılır.

Bu dengelenmiş formu, Photo Modeler yazılımının dengelenmemiş formuna dönüştürmek için, aşağıdaki formüller kullanılır.

$$\begin{aligned}
 s &= (1 - A_0) \\
 f &= f_2 / s \\
 K_1 &= A_1 / s \\
 K_2 &= A_2 / s
 \end{aligned} \tag{6}$$

Burada orijinal kalibrasyon içinde dengelenmiş distorsiyonu ile verilmiş odak uzaklığıdır (asal uzaklık) ve Photo Modeler'da kullanılan odak uzaklığıdır. Dengelenmiş nokta ile aşağıdaki biçimde formüller yeniden düzenlenir.

$$\begin{aligned}
 A_0 &= -(K_1 * r_0^2 + K_2 * r_0^4) \\
 s &= (1 - A_0) \\
 f_2 &= f * s \\
 A_1 &= K_1 * s \\
 A_2 &= K_2 * s
 \end{aligned} \tag{7}$$

3.2.2. Teğetsel Mercek Distorsiyonu

Bu distorsiyon biçimi genellikle modellenmez. Çünkü etkis ve büyüklüğü çapsal distorsiyona oranla çok küçüktür. Daha hassas ve doru kalibrasyon işlemleri için dikkate alınması gerekir. gerekir. PhotoModeler yazılımının teğetsel mercek distorsiyonu için kullandığı formüller aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned}
 \Delta p_x &= P_1 * (r^2 + 2 * x^2) + 2 * P_2 * x * y \\
 \Delta p_y &= P_2 * (r^2 + 2 * y^2) + 2 * P_1 * x * y
 \end{aligned} \tag{8}$$

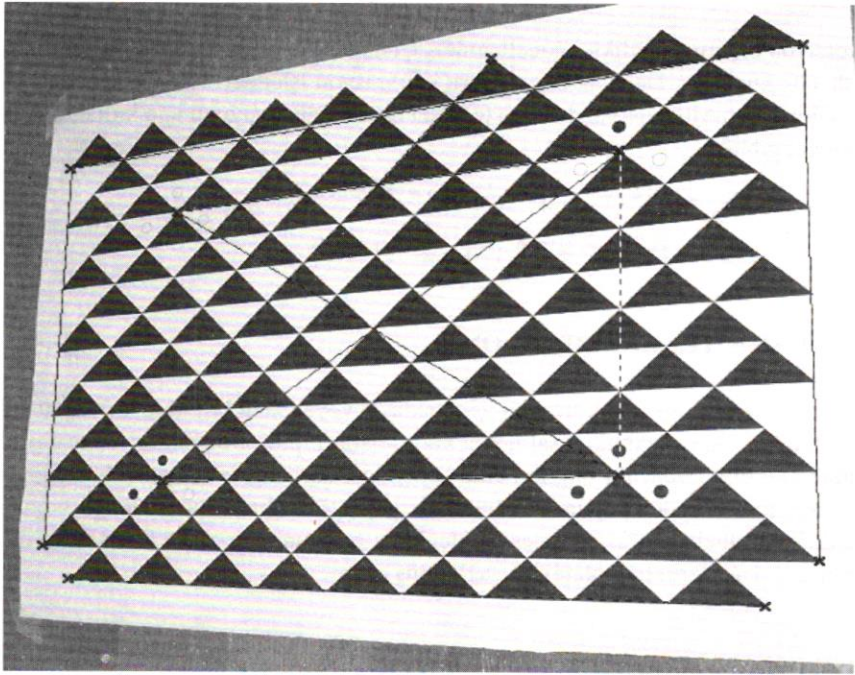
3.3. ARI OTOMOTİK KALİBRASYON

Photo Modeler yazılımında kalibrasyon için yaklaşık veya öncül bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgiler, odak uzaklığı, asal nokta koordinatları, piksel büyüklükleri ve resim formatı büyüklüğü gibi bilgilerdir. Bu bilgileri elde etmek için herhangi bir boyutta bir kağıt duvara yapıştırılarak kalibrasyonu yapılacak kamera ile görüntüsü alınır. Burada kağıt boyutları ve kamera ile kağıt düzlemi arasında mesafe ölçülerek programa girilir ve böylece kalibrasyon için başlangıç değerlerin hesaplanması sağlanmış olur.

4. UYGULAMA

Şekil 1'deki iki boyutlu test alanına, Kodak DX3600 ve Nikon Coolpix 5000 dijital kameraları ile test alanı sabitlenerek yatay ve düşey düzlemlerden yaklaşık 45 derece açıyla 8'er adet görüntü alınmıştır. Test alanı üzerindeki bütün grid noktalarının uzay koordinatları çıktı alınan A2 ebatlı düzlem üzerinde hesaplanmıştır. Görüntüler üzerindeki gridlerin (karelerin) kesim noktalarının resim koordinatlarını hesaplamak için manuel olarak her bir görüntü üzerinde işaretlerle temsil edilen kontrol noktaları ölçülmüştür. Kontrol noktalarından 1 ile 4 nolu nokta arasındaki uzaklık ölçek için programa girilmiştir. Otomatik işaretleme ile program en küçük kareler ilkesine göre piksel altı doğrulukla diğer bütün noktaların (111 nokta) resim koordinatlarını hesaplamıştır. Böylece ilgili kameraya ait kalibrasyon bilgileri elde edilmiş ve bu bilgiler üç boyutlu değerlendirme işleminde kullanılmak üzere kamera dosyası (*.cam) şeklinde kaydedilmiştir.

Kameraların ölçü doğruluklarının testi için aynı levhaya çekilmiş görüntüler bu kez üç boyutlu değerlendirme için kullanılmıştır. Test için obje yüzeyi üzerinde 10 farklı uzunluk seçilmiştir (Şekil 2). Fotogrametrik olarak hesaplanan uzunluklar ile gerçek koordinatlardan bulunan uzunluklar arasındaki farklar elde edilmiş ve bu farklar Tablo 1'de gösterilmektedir. Bu farklar kalibrasyonu yapılan kameraların düzlem levha kullanılması durumunda elde edilen doğruluklarını göstermektedir.



Şekil 2. Test alanının kontrol uzaklıkları

Uzaklık	Kodak DX3600	Nikon Coolpix 5000
1	0,776	0,146
2	0,920	0,510
3	0,746	0,154
4	0,614	0,134
5	0,004	0,006
6	0,056	0,326
7	0,070	0,190
8	0,760	0,590
9	0,850	0,741
10	0,510	0,800
Ortalama mutlak fark	0,531 mm	0,360 mm

Tablo 1. Kontrol mesafelerinin farkları

5. SONUÇLAR

İki boyutlu bir test alanı ile her iki kameranın kalibrasyonu başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Özellikle dijital kameraların yoğun bir biçimde kullanıldığı fotogrametrik işlemler için, yeterli bir doğruluk ortaya çıkarılmıştır. Bilindiği gibi fotogrametrik amaçlı kullanılacak kameralar için genelde üç boyutlu test alanı kullanılmaktadır. Böyle bir test ağı kullanılması durumunda daha duyarlıklı sonuçların elde edilebileceği ortadadır. Eğer iç yöneltilme elemanları zayıf bir doğrulukla hesaplanırsa, bu durumda kontrol mesafelerinin doğruluğu bu yönde azalma gösterecektir. Yapılan değerlendirme sonucunda iki boyutlu kalibrasyonun yeterli olduğu ancak daha nitelikli ve doğru sonuç için üç boyutlu test alanı kullanılması önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Brown, D. C., "Close Range Camera Calibration", Photogrammetric Engineering, Vol.37, No. 6, pp.885-886, 1971.
- EOS Inc., "Core technology of PhotoModeler 4.0", <http://www.photomodeler.com/corp03.html>, Erişim Tarihi 04.01.2003.
- "Kodak DX 3600 Zoom Digital Camera User's Guide", <http://www.kodak.com>, Erişim Tarihi 12.12.2002.
- "Nikon Digital Camera COOLPIX 5000 Specifications", <http://www.nikon-coolpix.com>, Erişim Tarihi 10.01.2003.
- Wiggenhagen, M., "Calibration of Digital Consumer Cameras For Photogrammetric Applications", ISPRS Commission III, Vol.34, Part 3B, Photogrammetric Computer Vision, Graz, 2002.