

# DİJİTAL FOTOGRAMETRİK TEKNİKLERİN MİMARİ VE TARİHİ YAPILARA UYGULANMASI

Fevzi KARSLI<sup>1</sup>  
Eminnur AYHAN<sup>2</sup>  
Jurgen FRIEDRICH<sup>3</sup>

## ÖZET

Son yıllarda bilgisayar teknolojisinin gelişimine paralel olarak, fotogrametri alanında da dijital tekniklerin kullanımı gelişme göstermektedir. Fotogrametrik işlemlerin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesi doğruluk, ekonomi ve hız açısından önem kazanmakta, önemli yapıların mimari projelerinin ve rölelerinin bilgisayar ortamına aktarılmasını ve değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada mimari ve tarihi özelliği olan ve korunması gerekli yapıların dijital fotogrametrik yöntemle rölevesinin çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, önemli derecede mimari özelliği olan Atatürk Köşkü'nün dijital fotogrametrik yöntemle değerlendirmesi yapılmıştır. Değerlendirme, dijital görüntülerin çekilmesi, bilgisayar ortamına aktarımı ve ön işlenmesi, fotogrametrik olarak obje uzayının yeniden teşkili ve CAD programı yardımıyla ilgili binaya ait detayların çizdirilmesi aşamalarından oluşmaktadır.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde tarihi eserlerin korunması alanında ve mimari ölçülerde, fotogrametrik yöntemler yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Alınan fotoğrafların değerlendirmesi grafik ve nümerik olarak yapılabilir. Bu sayede bilinen ölçme metotlarıyla elde edilebilecek detayla kıyaslanmayacak sayıda çok bilgi bulunabilir. Tarihi yapılarda çoğu kez, bulunan karmaşık şekillerin ölçekli çizimleri klasik metotlarla elde edilemezken, fotogrametrik metotlar bu şekilleri gerçek konumlarında bütün ayrıntılarıyla istenen ölçekte verirler. Resmi çekilen tarihi eser veya mimari yapı her hangi bir nedenle hasar görürse daha evvel çekilmiş olan bu resimden faydalanılarak onarmak mümkün olur. Mimarlık fotogrametrisinde binaların restorasyon çalışmalarında bina cepheleri bina

(1) Arş. Gör. KTÜ Müh. Mim. Fak. Jeodezi ve Fotog. Müh. Böl.

(2) Yrd. Doç. Dr. KTÜ Müh. Mim. Fak. Jeodezi ve Fotog. Müh. Böl.

(3) Yrd. Doç. Dr. KTÜ Müh. Mim. Fak. Jeodezi ve Fotog. Müh. Böl.

içerisindeki bazı detaylar veya kubbe kesitlerin çıkarılması gibi konularla karşılaşılır. Özellikle dijital kameraların gelişmesi ve fotogrametri alanında kullanılması ile birlikte söz konusu mimari ve tarihi yapıların değerlendirilmesi kolaylaşmıştır. Bu çalışmada Atatürk Köşkünün fotogrametrik olarak üç boyutlu değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Sözü edilen yapıya ait görüntüler Nikon E2/E2s dijital kamerasıyla çekilmiş, bilgisayar ortamına aktarımından sonra gerekli fotogrametrik işlemler sırasıyla gerçekleştirilmiştir. Buradaki ana hedef mimari yada tarihi yapının üç boyutlu olarak modellenmesidir .

## 2. ATATÜRK KÖŞKÜ

Atatürk Köşkü (müzesi) Trabzon ve Türkiye'nin önemli tarihi ve turistik mekanlarından bir tanesidir. Soğuksu semtinde küçük bir çam korusu içinde yer alır. Atatürk 1934 ve 1937 yıllarında Trabzon'u ziyaretlerinde bu köşkte konuk edilmiştir. Avrupa mimari tarzında inşa edilen köşk üç + yarım katlı taş bir yapıdır. Atatürk 1937 yılında vasiyetnamesinin bir bölümünü bu konakta yazmıştır [6].

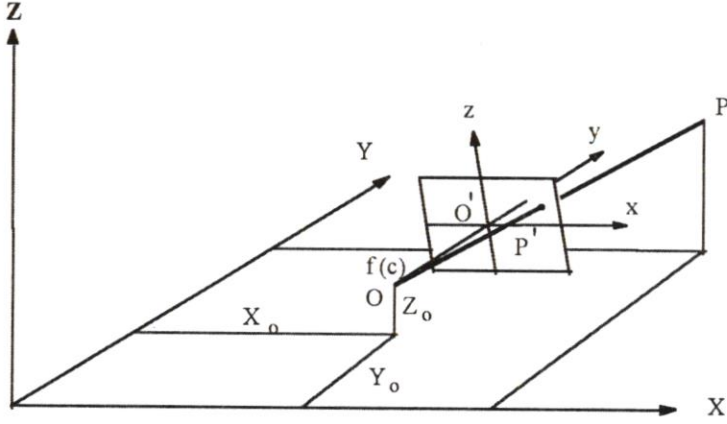


Şekil 1. Atatürk Köşkü (Trabzon)

## 3. FOTOGRAMETRİK DEĞERLENDİRME

Fotogrametrik değerlendirme resim çekimi ile başlayıp, iç yöneltme, karşılıklı ve mutlak yöneltme ve global yöneltme işlemleriyle devam eder.

### 3.1. MATEMATİK MODEL



Şekil 2. Cisim uzayı (X,Y,Z) ve görüntü uzayı (x,z) koordinat sistemleri

Fotogrametride matematik modelin oluşturulmasına temel olan kurallardan biri kollinearite (doğrusallık) koşuludur. Kollinearite koşulu gereği, 0 izdüşüm merkezi, P cisim noktası ve P' izdüşüm noktası aynı doğru üzerinde bulunmalıdır. Yersel fotogrametri için yazılmış doğrusallık eşitlikleri matris olarak,

$$\begin{bmatrix} X_{ij} - X_{oj} \\ Z_{ij} - Z_{oj} \\ c_j \end{bmatrix} = \lambda_{ij} [M]_j \begin{bmatrix} X_i - X_{oj} \\ Z_i - Z_{oj} \\ Y_i - Y_{oj} \end{bmatrix}$$

şeklinde ifade edilirler. Burada;

$X_{ij}, Z_{ij}$  : j fotoğrafında ölçülmüş i cisim noktasının görüntü koordinatları.

$X_{oj}, Z_{oj}, c_j$  : j fotoğrafının iç yönelme parametreleri, asal mesafe ve asal noktanın x ve z koordinatları.

$\lambda_{ij}$  : j fotoğrafı üzerindeki i noktası için ölçek faktörü.

$M_j$  : Üç eksen etrafındaki dönüklükler j, w, k'nın bir fonksiyonu olarak 3x3'lük dönüklük matrisi.

$X_i, Y_i, Z_i$  : i noktasının cisim uzayı koordinatları.

$X_{oj}, Y_{oj}, Z_{oj}$  : j fotoğrafının izdüşüm merkezinin cisim uzayı koordinatlarıdır. (1) eşitlikleri düzenlenerek kısaltmalar yapılırsa, R vektörü;

$$\begin{aligned}
R_1 &= m_{11}(X-X_0) + m_{12}(Z-Z_0) + m_{13}(Y-Y_0) \\
R_2 &= m_{21}(X-X_0) + m_{22}(Z-Z_0) + m_{23}(Y-Y_0) \\
R_3 &= m_{31}(X-X_0) + m_{32}(Z-Z_0) + m_{33}(Y-Y_0)
\end{aligned} \tag{2}$$

olarak ifade edilebilir. Doğrusallık koşulunda cisim noktası (P), izdüşüm merkezi (O) ve görüntü noktası (P') aynı doğru üzerindedir. Bu şart fiziksel olarak daima gerçekleştirilemez. Bir takım bozucu etkiler, örneğin mercek distorsiyonu, atmosferik kırılma vb. etkiler gerçek ışının bir doğru üzerinde olmasını engeller. Ancak bu bozucu etkiler bilinir veya belirlenirse doğrusallık koşulunda indirgenmiş veri kullanılır veya uygun düzeltmeler kullanılabilir. Eşitlikler içerisine distorsiyon parametreleri dahil edilirse j fotoğrafı için eşitlikler,

$$\begin{aligned}
F_x &= \{(x_i - x_0) + dr_x + dp_x + dq_x\}R_{3i} - cR_{1i} = 0 \\
F_z &= \{(z_i - z_0) + dr_z + dp_z + dq_z\}R_{3i} - cR_{2i} = 0
\end{aligned} \tag{3}$$

şeklinde genişletilebilir. Fotoğrafın çapsal simetrik mercek distorsiyon düzeltmeleri ise;

$$dr_x = (x_i - x_0) + (k_1 r_i^2 + k_2 r_i^4 + k_3 r_i^6) \tag{4}$$

$$dr_z = (z_i - z_0) + (k_1 r_i^2 + k_2 r_i^4 + k_3 r_i^6)$$

şeklinde yazılabilir. Dış merkezlilik mercek distorsiyon düzeltmeleri ise;

$$Dp_x = P_1 \{r^2 + 2(x_i - x_0)^2\} + 2P_2(x_i - x_0)(z_i - z_0) \tag{5}$$

$$Dp_z = P_2 \{r^2 + 2(z_i - z_0)^2\} + 2P_1(x_i - x_0)(z_i - z_0)$$

ifadesi ile yazılabilir.

Distorsiyon hatalarını da içeren  $F_x$  ve  $F_z$  fonksiyonlarının j fotoğrafı ve i noktası için sonuç formülleri,

$$F_x = x_{ij} - x_{0j} + \Delta_{xi} - c_j \frac{m_{11}(X_i - X_{0j}) + m_{12}(Z_i - Z_{0j}) + m_{13}(Y_i - Y_{0j})}{m_{31}(X_i - X_{0j}) + m_{32}(Z_i - Z_{0j}) + m_{33}(Y_i - Y_{0j})} \tag{6}$$

$$F_z = z_{ij} - z_{0j} + \Delta_{zi} - c_j \frac{m_{21}(X_i - X_{0j}) + m_{22}(Z_i - Z_{0j}) + m_{23}(Y_i - Y_{0j})}{m_{31}(X_i - X_{0j}) + m_{32}(Z_i - Z_{0j}) + m_{33}(Y_i - Y_{0j})}$$

olarak ifade edilebilir. Eşitlikler en küçük kareler dengelemesine göre dengelenerek bilinmeyenler belirlenir.

Burada bilinmeyen parametreler her fotoğraf için (X0, Y0, Z0, w, j, k) dış yöneltme elemanları ve resim elemanları ölçülmüş noktaların cisim uzayı koordinatlarıdır [3].

### **3.2. RESİMLERİN ÇEKİLMESİ**

Resim çekimi yapılmadan önce, çekim yapılacak detay üzerinde iki nokta işaretlenmiş ve bu iki nokta arasındaki uzaklık ölçülmüştür. Ölçülen bu baz mesafesi resim koordinat sistemi ile detay üzerinde belirlenen bir jeodezik koordinat sistemi arasındaki dönüşüm ve ölçek için gereklidir. Daha sonra bu uzunluk deste dengelemesiyle resim uzayından cisim uzayına geçişte kullanılacaktır. Resim çekimi Nikon E2/E2s dijital kamerası ile 24 mm lens kullanılarak yapılmıştır. Çekim anında 24 mm lens kullanılıyor olması, odak uzaklığının 24 mm olduğu anlamına gelmemektedir. Kamera sabiti olarak bu mesafenin belirli bir kısmı kullanılmaktadır. Değerlendirme sırasında modelin iyi sonuç verebilmesi için çekilen resimler yaklaşık 1/150 ölçeğinde ve %60 bindirmeli olarak alınmaya çalışılmıştır. Atatürk Köşkünün tamamı için bindirmeli olarak 17 adet JPEG formatında dijital görüntüler çekilmiştir. Alınana görüntülerin kalitesinin yükseltilmesi amacıyla Adobe Photosop 5.0 grafik yazılımı yardımıyla görüntü işlemeye tabi tutulmuşlardır.

### **3.3. ÇALIŞMADA KULLANILAN DİJİTAL KAMERA**

Bu çalışmada Nikon E2/E2s Dijital kamerası kullanılmıştır. Kamera geometrik çözünürlüğü 1280x1000 olup radyometrik çözünürlüğü ya da renk derinliği 24 bittir. 24 mm ve 50 mm olmak üzere iki tip lens kullanılmaktadır. CCD sensör boyutları 8.7 x 6.8 mm ve bir pixel'in boyutları 6.8 mm'dir. Bu kamera JPEG ve TIFF formatında görüntüleri depolama özelliğine sahiptir. Görüntü kaydedici sistem olarak PCMCIA kartlarını kullanılmaktadır. Bu kart görüntü boyutuna ve formatına bağlı olarak 5 ile 84 digital görüntüyü alabilme kapasitesine sahip olup 15Mb hafıza içermektedir. Kamera otomatik ve manuel odaklama özelliğine sahiptir. Ayrıca video ve sayısal çıkış üniteleri de mevcuttur. Özellikle dijital çıkış için bilgisayar donanımına ekli bir SCSI kart, aktarma kablosu ayrıca software olarak ta TWAIN yazılımı kullanılmaktadır. Bu şekilde alınan görüntü gerçek zamanlı bir biçimde bilgisayar ekranına aktarılmaktadır [4].

### **3.4. KALİBRASYON**

Bilindiği gibi dijital kameralarda iç yöneltme elemanları belli değildir. Dijital bir görüntünün metrik anlamda değerlendirilebilmesi ve görüntü sistemi ile uzay sistemi ara-

sında bir ilişkinin kurulabilmesi için çekilen kameranın iç yöneltme elamanları olan kamera sabiti (c), resim orta noktası koordinatları (x, y) ve distorsiyon parametrelerinin belirlenmesi yani kalibre edilmesi gerekmektedir. Söz konusu kalibrasyon işlemi Elcovision 10 yazılımı ile yapılmıştır. Bu yazılım ile iç yöneltme elamanlarından x, y, c ve radyal distorsiyonun R1 ve R2 parametrelerini hesaplamaktadır. İç yöneltme elamanlarının değerleri aşağıya çıkarılmıştır.

$$\begin{aligned}c &= 6.8 \text{ mm} & R_1 &= 0.00171 \\x_o &= 0.176 & R_2 &= -0.00043 \\Y_o &= 0.029\end{aligned}$$

### 3.5. YÖNELTME İŞLEMLERİ

#### 3.5.1. İç yöneltme

Çekilen dijital görüntülerin ayrı ayrı iç yöneltmeleri Elcovision 10 yazılımı ile yapılmıştır. Dijital görüntü üzerindeki resim koordinatlarının hesaplanabilmesi için yazılım içinde mevcut reseau ölçmeleri yapılmıştır. İstenilen transformasyon yöntemiyle resim koordinatlarına geçiş sağlanmıştır.

#### 3.5.2. Dış Yöneltme

Dış yöneltme karşılıklı ve mutlak yöneltme işlemlerinin birlikte gerçekleştirilmesidir. Dış yöneltme ile her bir resmin dönüklük elemanları (j, w, k) ve obje koordinat sisteminin başlangıç koordinatları (X0,Y0,Z0) belirlenmiştir. Bu işlemin gerçekleştirilebilmesi için her bir resim üzerin en az 5 noktada resim koordinat ölçüsü yapılmıştır. Nokta sayısının 10-12 olması durumunda daha duyarlı sonuçlar elde edilmektedir. Böylece her bir resme ait dönüklük ve öteleme parametreleri ortaya çıkarılmıştır. Söz konusu parametreler ışın demetleri ile dengeleme sonucu bulunmaktadır. Deste dengeleme işlemi (Bundle Adjustment Process) ile model sistemi cisim uzayı sistemine dönüştürülür. Bu adımda cisim uzayındaki bir uzunluk veya nokta koordinatları sisteme verilir. Cisim uzayı koordinat sistemi tanımlanır ve detay üzerindeki noktalar veya uzunluk yardımıyla X,Y,Z düzlemleri belirlenir. Uygulamada bir uzunluk sisteme verilmiştir. Bu veriler verilerek ve hesaplama yapılarak sonuç değerlere yani cisim uzayı koordinatlarına ulaşırlar. Deste dengelemede matematik model kollinarite eşitliklerine dayanmaktadır.

### 4. Yazılım

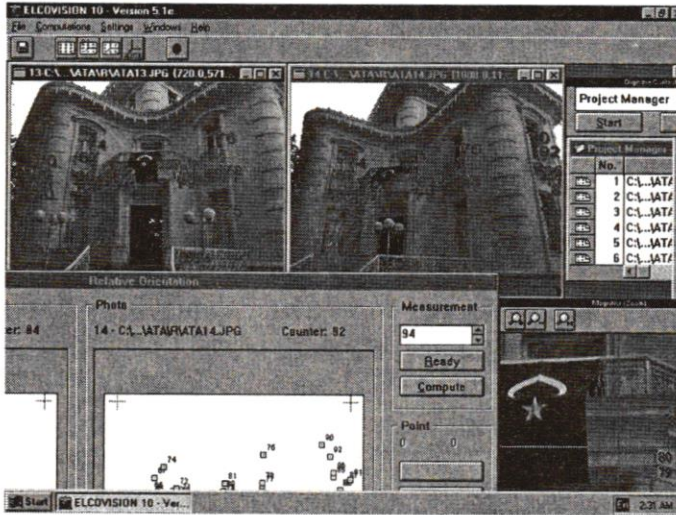
Bu çalışmada Elcovision 10 yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım analog yada dijital kamera ile çekilmiş görüntüleri değerlendirebilmektedir. Yazılım 1000 dijital resmi ay-

nı anda işleme ve değerlendirme kapasitesine sahiptir. Yazılım aşağıdaki modülleri içermektedir [5].

- Reseau Ölçme
- Model Yönelme (Karşılıklı ve Mutlak Yönelme)
- Deste Dengelemesi
- Rektifikasyon (Ortofoto)
- ElCad (CAD modülü)

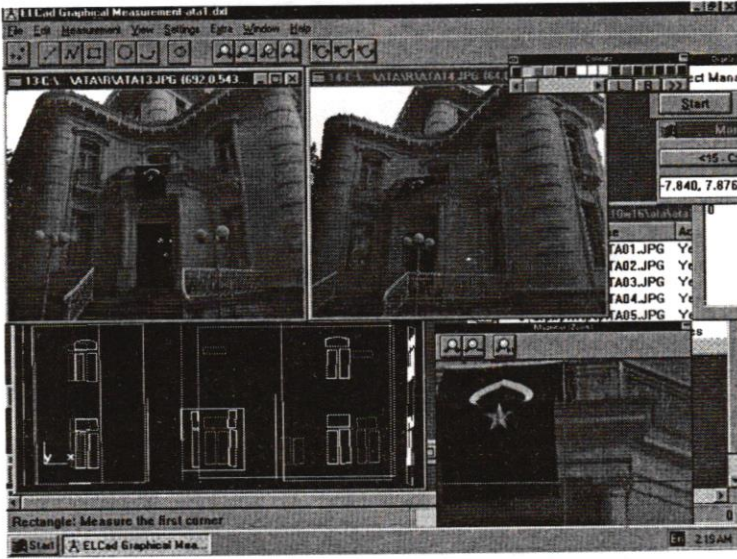
## 6. Uygulama

Uygulama aşamasında Trabzon Atatürk Köşkü'nün rölevesi belli ölçüde çıkarılmış ve resim üzerinden fotogrametrik olarak ne kadar detay çıkarılabileceği ortaya konmuştur. Bu aşamada uygulama alanına ait yöneltilerek ve stereo modeli elde edilmiş resimler üzerinden Elcad modülü ile çizimler yapılmıştır. Bu çizimler ve örnekleri aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 3. Karşılıklı Yönelme (Atatürk Köşkü)

Şekil 3 çekilen dijital resimler üzerinde yapılan karşılıklı yönelme işlemini göstermektedir. Şekil 4 ise görüntüde yönelme işlemi tamamlandıktan sonra ELCad ortamında binaya ait ana detayların çizimi ile ilgili olarak sağ ve sol resim kullanılarak yapılan ölçü işlemi görülmektedir. Bu aşamada çizim yapıldıktan sonra sonuçlandırılan çizim düzeltme amacıyla AutoCAD ortamına aktarılmaktadır.



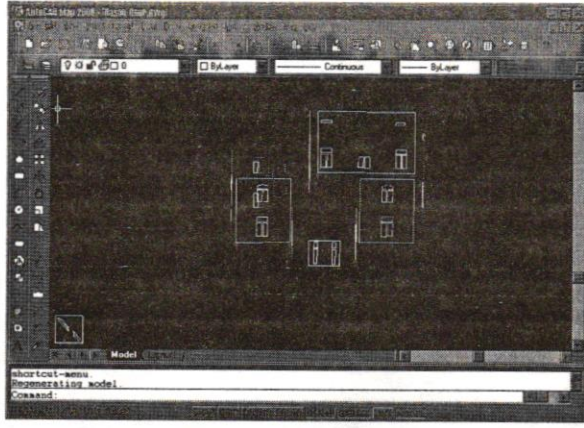
Şekil 4. Yöneltilmiş görüntü üzerinde ELCad ile Çizim



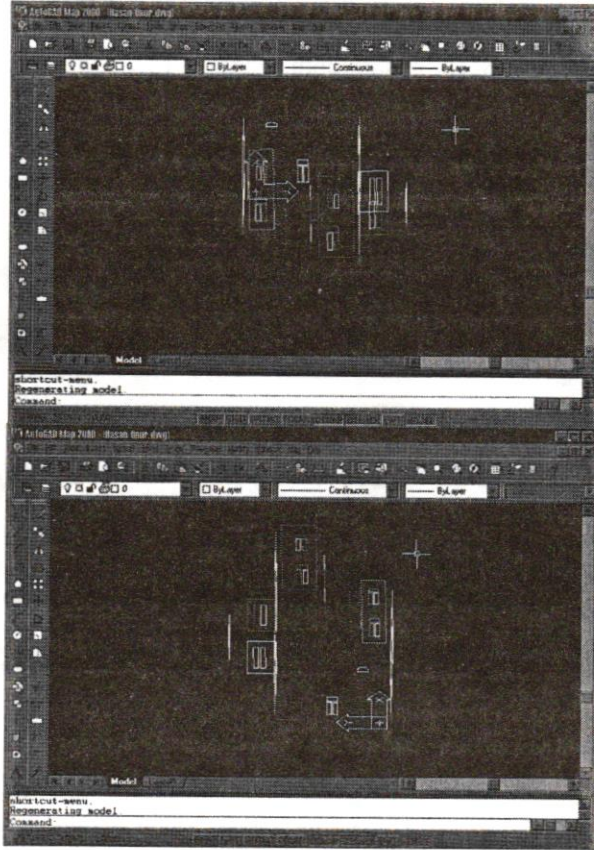
Şekil 5. Atatürk Köşkü öden görünüşü (AutoCad ortamı)

Şekil 5'de binaya ait tüm veriler değerlendirilerek çizim gerçekleştirilmiştir. Burada bina üzerindeki bütün detaylar gösterilmemiştir. Ancak gerekirse geriye kalan detayların çizimi de mümkündür.



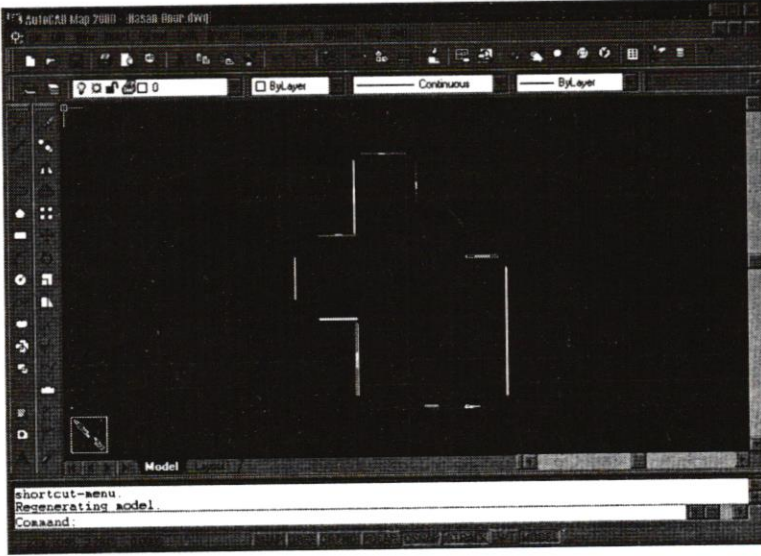


**Şekil 6.** Atatürk Kışkı arkadan görünüşü  
Şekil 6'da yine Kışkın arka plandan bakıldığında grafik çizimi gösterilmektedir



**Şekil 7.** Kışkın yandan görünüşleri

Şekil 6 ve 7 Atatürk köşküne ait yandan görünüşlerin AutoCAD ortamında çizimlerini göstermektedir.



Şekil 8. Köşkün üstten görünüşü

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışma sonucunda özellikle dijital fotogrametrik tekniklerin, mimari ve tarihi yapıların restorasyonu için önemli bir yeri olduğu ortaya çıkmıştır. Fotogrametrimin Mimarlık ve tarihi eser çalışmalarında kullanılmasının en büyük avantajlarından biri, resmi çekilmiş olan eserin herhangi bir nedenle hasar görmesi halinde çekilmiş olan bu resimden faydalanılarak onarılabilesidir. Ayrıca bu konularda fotogrametrik tekniklerin arazi ölçme teknikleriyle kıyaslanamayacak üstünlükleri söz konusudur. Değerlendirme yönteminin dijital teknikle gerçekleştirilmesi zaman, hız ve maliyet açısından avantajlar sağlamaktadır. Ortaya çıkarılan çizimlerin Cad programlarıyla (AutoCAD 14) entegrasyonu sağlanmıştır. Dijital kamera ile alınan görüntülerin direkt bilgisayar ortamına atılması ile görüntü üzerinde doğabilecek bir takım hatalar elimine edilmiştir.

Nikon E2/E2s kamerası ile çekilen mimari yapıya ait resimlerin değerlendirilmesinde kullanılan ELCOVISION 10 yazılımı ile sayısal resimler yüksek doğrulukla ve çok kısa sürede değerlendirilebilir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Dallas, R. W. A., 1996. Architectural and Archaeological Photogrammetry, Close Range Photogrammetry and Machine Vision, Whittles Publishing, Ed. By K. B. Atkinson.
2. Ayhan, E., 1996. Dönel Yüzeylerin Yakın Resim Fotogrametrisi Yöntemleriyle Belirlenmesi, Doktora tezi, KTÜ Trabzon.
3. Kraus, K., 1993. Photogrammetry, Fundamentals and Standart Processes, Volume 1, Ümmler, Bonn.
4. Instruction Manual, Nikon Digital Still Camera E2/E2s.
5. User's Guide to Elcovision 10 , PMS Photo Mess System, Austria.
6. Trabzon, İl Turizm Müdürlüğü yayını, 1993.