

# FOTOGRAMETRİDE GÖRÜŞ ALANI ANALİZİ İÇİN BİR YAKLAŞIM

E. Ö. Avşar<sup>a</sup>, M. O. Altan<sup>a</sup>

<sup>a</sup> İTÜ, İnşaat Fakültesi, 34469 Maslak İstanbul - (avsarem, oaltan)@itu.edu.tr

**ANAHTAR KELİMELER:** Fotogrametri, Görüş Alanı, Görüş Piramidi

## ÖZET:

Fotogrametrik çalışmalarda kullanılacak kamera ve lensin seçimi yapılacak olan çalışmanın niteliğine ve hedeflenen doğruluklara bağlı olarak önemli bir parametredir. Kullanılacak kamera ve lensin seçiminde aynı zamanda; belirlenen veya mümkün kamera konumlarına bağlı olarak, hedef alanın ve/veya noktalarının kamera görüş alanı (field of view) içerisinde kalma durumları da tasarım açısından önemli bir etmendir. Yapılan çalışmada öncelikle görüş alanı testi, kullanılan test verileriyle grafik olarak ortaya konmuştur. Bu aşamada; AutoCad ortamındaki yaklaşım temel olarak hedef noktalarının koordinatlarına bağlı olarak kameranın görüş alanının (görüş piramidi) manüel olarak döndürülerek maksimum hedef noktasının görüş alanı içerisinde kalmasına dayanmaktadır. Bu yöntem hem zaman ve zorluk açısından kullanışsız hem de kullanıcı tabanlı olduğu için hataya açıktır. Görüş alanı testine matematiksel yaklaşımda ise nokta düzlem ilişkileri kullanılmıştır. Her bir kamera konumu için hedef noktaların tümünün görüş alanı içerisinde kalabilmesi için görüş piramidini oluşturan dört düzlemden her birinin denklemi elde edilmelidir. Bu dört düzlem kameranın konumu ve piramidin ilgili üçgen parçasının sınır çizgileri üzerindeki birer nokta olmak toplam üç nokta ile ifade edilebilir. Bu düzlemlerin her biri uzayı iki bölüme ayırmaktadır. Bu iki bölüm pozitif (+) ve negatif (-) taraflar olarak nitelenebilir. Düzlem denklemlerinin elde edilmesiyle birlikte hedef koordinatları düzlem denkleminde yerine konularak noktanın düzlemle ilişkisi ortaya konabilir. Herhangi bir hedef noktası elde edilen düzlem denkleminde yerine konduğu zaman; eğer karşılıklı iki düzlem denkleminde ters işaretli değer alıyorsa bu iki düzlemin arasındadır, dolayısıyla aranan koşul; hedef noktalarının, piramidi oluşturan karşılıklı düzlemlerinin arasında aynı anda kalması olacaktır. Bu amaçla Matlab'de yazılan algoritma; verilen sayıda kamera konumuna bağlı olarak, her bir kamera için, hedef noktalarının en dışta kalanlarını açısal olarak hesaplayarak, görüş alanının orta aksını bu noktaların açısal olarak ortasına gelecek şekilde konumlamakta ve görüş alanının sınır çizgileri üzerinde bulunan noktaların koordinatlarını hesaplamaktadır. Bu noktalar ve kamera konumlarına bağlı olarak düzlemleri oluşturmaktadır. Kullanılan algoritma, eğer kullanıcı tarafından sensör boyutları tanımlanmış ise verilen odak uzaklığına bağlı olarak noktalarının görüş alanı piramidi içinde kalıp kalmadığını hesaplamakta, göstermekte ve bunu görsel olarak çizmektedir. Eğer kullanıcı tarafından sensör boyutları tanımlanmamış ise ilgili kamera konumundan tüm hedef noktalarını görecek minimum sensör boyutunu hesaplamakta ve buna uygun şekli çizmektedir.

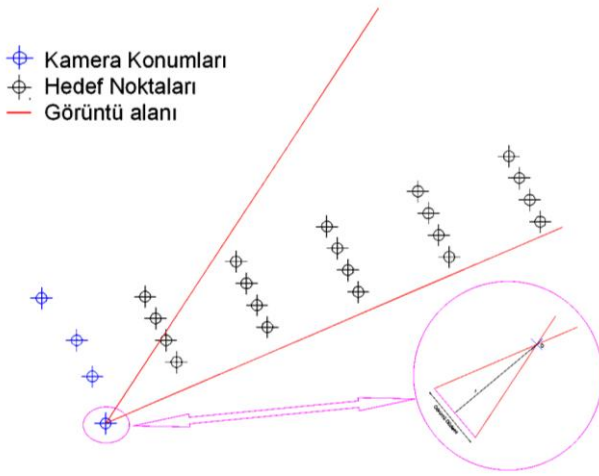
## 1. GİRİŞ

Özellikle deformasyon analizi gibi sürekli izleme yapılması gereken çalışmalarda; kameralar sabit olarak konumlandırılırlar. Bu gibi çalışmalarda kullanılan kameraların ve lenslerin seçiminde çalışmanın niteliğine ve hedeflenen doğrulukları en önemli parametredir. Bununla birlikte belirlenen veya mümkün kamera konumlarına bağlı olarak, hedef alanın ve/veya noktalarının kamera görüş alanı (field of view) içerisinde kalma durumları da yapılacak olan ağın tasarımı açısından önemli bir etmendir. Bu çalışmada belirli kamera konumları ve hedef noktalarına bağlı olarak kullanılacak kameranın seçimi için ortaya çıkan koşulları değerlendirmek amacıyla hazırlanan algoritmanın adımları ve dayandığı temel prensipler anlatılmaktadır.

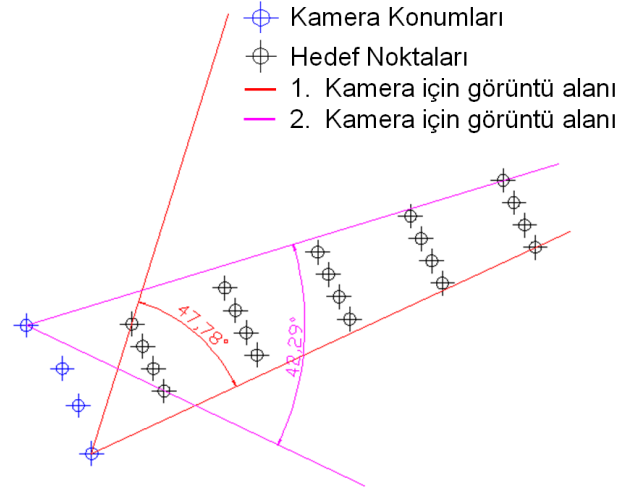
## 2. GÖRÜŞ ALANI ANALİZİ

### 2.1 Grafikselle Yaklaşım

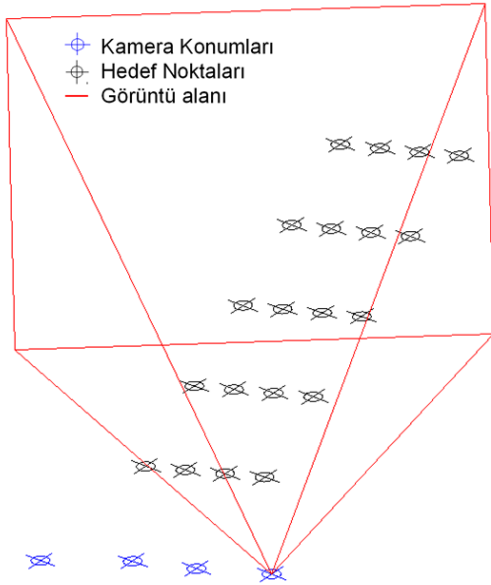
Yapılan çalışmada öncelikle görüş alanı testi için; örnek olarak seçilen verideki kamera konumlarında iki boyutlu olarak CAD ortamında; seçilen kameranın sensör boyutları ve odak uzaklığına bağlı olarak kameranın görüntü düzlemi oluşturulmuştur. Buna bağlı olarak elde edilecek görüntü alanı ortaya konmuştur (Şekil 1). İkinci aşamada; aynı işlem üç boyutlu olarak ele alınmış ve neticesinde görüş alanı piramidi elde edilmiştir (Şekil 2). Buradaki yaklaşım temel olarak, hedef noktalarının koordinatlarına bağlı olarak kameranın görüş alanının veya piramidinin manüel olarak döndürülerek maksimum hedef noktasının görüş alanı içerisinde kalmasına dayanmaktadır. Söz konusu yöntem sadece grafikselle olarak bir yaklaşım sergilemektedir. Buna ek olarak hem zaman ve zorluk açısından kullanışsız hem de kullanıcı tabanlı olduğu için hataya açıktır.



Şekil 1. İki boyutlu görüş alanı analizi



Şekil 3. Görüş alanı için gerekli açılar



Şekil 2. Üç boyutlu görüş piramidi analizi

## 2.2 Matematiksel Temeller

Grafiksel yöntemden yola çıkarak belirli matematiksel eklemelerle görüş alanı/piramidi analizini gerçekleştirmek mümkündür. Burada ilk aşama olarak hedef noktalarının tümünü görebilmek için gerekli olarak görüş açısını belirlemektir. Şekil 3'te görülebileceği üzere bu işlemi belirlemek için bulunulan kamera konumuna bağlı olarak görüş alanının en dışında kalan noktaları tespit etmek ve bunların arasındaki açıyı belirlemek gereklidir. Bu açıları CAD ortamında elde edebilmek mümkündür. Ancak görüntü alanı analizinin otomatik olarak yapılabilmesi için; çalışmada, ilerleyen bölümlerde ele alınacak olan farklı bir yöntem kullanılmıştır.

Buradan yola çıkarak kullanılacak odak uzaklığına bağlı olarak aşağıdaki eşitlikler kullanılarak istenilen görüş alanını sağlayacak minimum sensör boyutlarını hesaplayabilmek mümkündür.

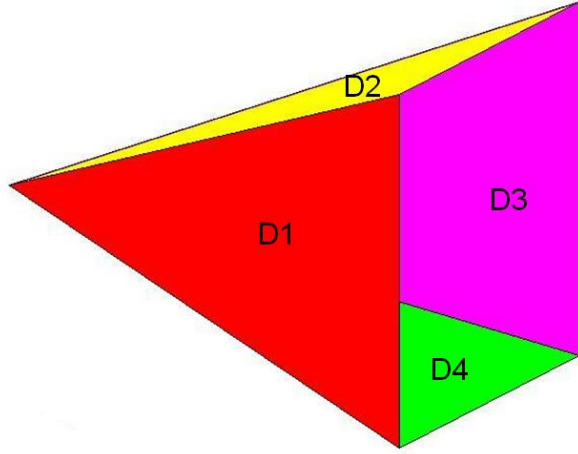
$$SW = 2 * f * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (1)$$

$$SH = 2 * f * \tan\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

Burada  $f$  = odak uzaklığı  
 $\alpha, \beta$  = gerekli açı değerleri  
 $SW, SH$  = sensör genişliği ve yüksekliğidir.

## 2.3 Matematiksel Yöntem

Üç boyutlu anlamda düşünüldüğü zaman görüş piramidi birbirini resim çekme makinesinin izdüşüm merkezinde kesen dört farklı düzlemden meydana gelmektedir (Şekil 4). Görüş piramidinin her bir düzlemi uzayı iki parçaya ayırmaktadır. Bunlar düzlemin kendisi (üzeri) ve dışıdır. Düzlemin dışı olarak ifade ettiğimiz uzay için ise; matematiksel olarak, düzleme göre artı (+) ve eksi (-) olmak üzere iki yön söz konusudur.



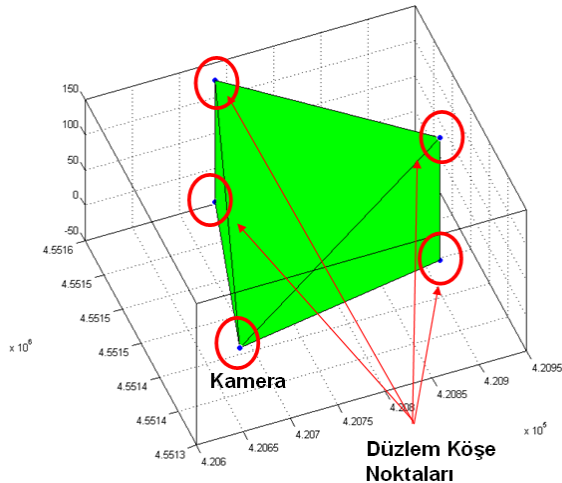
Şekil 4. Görüş piramidini oluşturan düzlemler

Herhangi bir noktanın bu piramidin içinde olması fiziksel olarak piramidi oluşturan düzlemlerin arasında bulunmasıdır. Dolayısıyla aranan koşul hedef noktalarının Şekil 4 örneğinde görülen D1-D3 ve D2-D4 düzlemlerinin arasında aynı anda kalması olacaktır. Bu nedenle görüş alanı testine matematiksel yaklaşımda temel olarak nokta düzlem ilişkileri kullanılmıştır.

Bu amaçla yazılan algoritma; öncelikle XY ve XZ düzlemlerinde kamera konumlarından hedef noktalarına olan doğrultuları hesaplamaktadır. Bu değerlere bağlı olarak en dışta kalan hedef noktalarını belirleyerek, her iki düzlem için; kamera konumlarından hedef noktalarının tümünü görmek için gerekli olan açılarını hesaplamaktadır.

Eğer kullanıcı tarafından tanımlanmış bir kamera bilgisi varsa işlemleri buna göre devam ettirir. Eğer kullanıcı tarafından kamera tanımlanmamış ise hedef noktalarının tümünü görece minimum sensör boyutlarını daha önce verilen formüller yardımıyla hesaplar. Bu hesaplama yapılırken hem XY hem de XZ düzlemleri için noktalarının görüş piramidinin tam sınırında kalmaması için belirli bir sınır değer uygulaması yapılır.

Daha sonra; kameranın her iki düzlemde döndürülmesi gereken açıları hesaplar ve buna bağlı olarak kameranın görüş piramidinin kenar çizgileri üzerinde kalan noktaların koordinatlarını hesaplar (Şekil 5).



Şekil 5. Düzlemlerin Köşe Noktaları

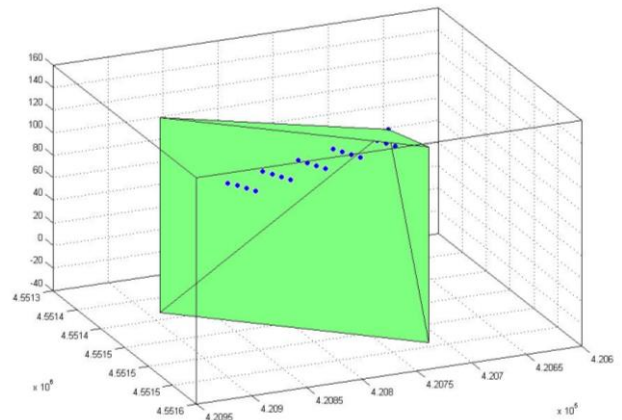
Daha sonra her bir düzlemin denklemi hesaplanır. Hedef noktalarının koordinatlarının düzlem denklemlerinde yerine konması ile her bir düzlemle olan ilişkisi ortaya konur. Bu değerlere bağlı olarak daha belirtilen kurala bağlı olarak hedef noktalarının görüş piramidinin içinde kalıp kalmadığı basitleştirilmiş matematiksel gösterimle raporlanarak ifade edilir (Tablo 1).

| NN | 1. D | 4. D | 1-4. D | 2. D | 3. D | 2-3. D | 1-2-3-4. D. | NN |
|----|------|------|--------|------|------|--------|-------------|----|
| 1  | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 1  |
| 2  | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 2  |
| 3  | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 3  |
| 4  | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 4  |
| 5  | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 5  |
| 6  | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 6  |
| 7  | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 7  |
| 8  | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 8  |
| 9  | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 9  |
| 10 | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 10 |
| 11 | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 11 |
| 12 | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 12 |
| 13 | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 13 |
| 14 | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 14 |
| 15 | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 15 |
| 16 | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 16 |
| 17 | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 17 |
| 18 | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 18 |
| 19 | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 19 |
| 20 | 1    | -1   | 0      | 1    | -1   | 0      | 0           | 20 |

Tablo 1. Özet tablo

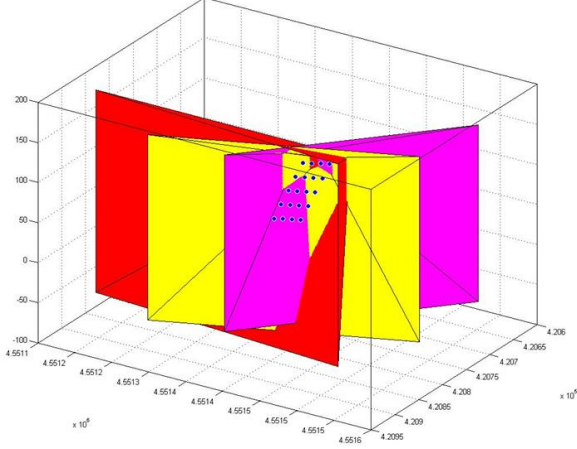
Yukarıdaki tabloda her bir noktanın her bir düzlemle ilişkisi (2., 3., 5. ve 6. kolonlar), koşulu ayrı ayrı düzlem çiftleriyle kontrol edebilmesine ilişkin veriler (4. ve 7. kolonlar) ve piramide ilişkin kontrol bilgisi (8. kolon) sunulmaktadır.

Algoritma matematiksel gösterimin yanında görüş piramidini hedef noktalarla birlikte görsel olarak da ifade eder (Şekil 6).



Şekil 6. Görüş piramidi ve hedef noktaları

Algoritmanın önemli bir özelliği hedef nokta sayısından ve kamera sayısından bağımsız olarak çalışabilmesidir (Şekil 7).



Şekil 7. Birden fazla kamera için algoritma sonucu

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yukarıda açıklanmaya çalışılan algoritma yapılacak çalışmanın öncül hazırlıkları kapsamında uygun kameranın seçimi, uygun kamera konumlarının seçimi amacıyla kullanılabilir. Kullanıcının hedeflediği doğruluğa bağlı olarak belirleyeceği odak uzaklığına bağlı olarak kullanması gereken sensör boyutlarını belirlemek amacıyla kullanılabilir. Aynı zamanda kullanıcının kamerası var veya belirli ise buna bağlı olarak analizlerini yapabileceklerdir. Algoritmanın en önemli artısı kamera sayısından bağımsız olmasıdır. Ancak yazılımın renk seçenekleri kısıtlı olduğu için belirli sayıdan (8) fazla kamera kullanılması durumunda aynı rengin tonları kullanılmaktadır.