DİREK LİNEER TRASFORMASYON YÖNTEMİNDE YAPAY ZEKA TEKNİKLERİNİN UYGULANMASI

Emre Bendeş[1], Coşkun Özkan[2]

[1]Erciyes Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, ebendes@erciyes.edu.tr
[2] Erciyes Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, cozkan@erciyes.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Direk lineer transformasyon (DLT) yönteminin çözümü daha önce bu alanda sık kullanılmayan ya da hiç kullanılmamış sezgisel algoritmalardan Yapay Arı Algoritması (ABC) ve Diferansiyel Gelişim Algoritması (DGA) ile gerçekleştirilmiştir. Kamera kalibrasyonu özellikle fotogrametri, görüntü işleme ve bilgisayar görme alanlarında kullanılan klasik problemlerden birisidir. Görüntüden hassas bilgilerin çıkarılması gerektiği çalışmalarda kamera kalibrasyonu önemli bir işlem olarak ortaya çıkmaktadır. Kamera kalibrasyonu kullanıldığı çalışmalarda çoğunlukla ön işlem olarak kullanılmaktadır. DLT yöntemi 2 boyutlu görüntü düzlemi ile 3 boyutlu cismin koordinatları arasında kamera parametrelerini kullanmadan lineer ilişki kurmuş kamera kalibrasyon yöntemidir. Bu yönteme mercek kaynaklı distorsiyonlar eklenebilmektedir. DLT ile elde edilecek 11 parametreden kamera parametrelerine dönmekte mümkündür. Böylelikle DLT yöntemi ile hem iç hem de dış parametreler elde edilebilmektedir. DLT yöntemi lineer haliyle ve bozulma parametrelerinin de dahil edildiği kamera parametreleri kullanılarak çözülmeye çalışılmıştır. Çözümde kullanılan ABC algoritması kamera kalibrasyonunda ilk kez kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kamera Kalibrasyon, Görüntü İşleme, Optimizasyon.

ABTRACT

In this paper we purpose to solve Direct Linear Transformation (DLT) by using Artificial Bee Colony (ABC) algorithm and Differential Evolution Algorithm (DGA) that used rarely or never used before in solution of DLT. Camera calibration is one of the classical problem especially in the fields of photogrammetry, image processing and computer vision. Camera calibration an important application when getting correct metric information from image is necessary for. Camera calibration is a pre-step whether a complete application for application fields. DLT that one of the camera calibration methods is establish relation with 3D object coordinate and 2D image plane linearly. Lens distortions also can be added. With eleven L parameters that DLT produces possible to translate into internal and external camera parameters as well. In this paper we try to solve simple linear DLT version and try solution with internal and external calibration parameters by using heuristic optimization algorithms. ABC is first time used in solution of camera calibration.

Keywords : Camera Calibration, Image Processing, Optimization.

GİRİŞ

Kamera kalibrasyon bilgisayar görme, fotogrametri alanlarının klasik problemlerinden biridir. Bu alanlarda birçok çalışmada doğru metrik bilginin görüntüden çıkartılması gerekmektedir. Kalibrasyon işlemleri 3 boyutlu noktaların karşılık geldiği 2 boyutlu noktalar üzerine projeksiyonunu içerir.

Çoğu kalibrasyon işleminde projeksiyon işlemleri kamera parametreleri ile gerçekleştirilmektedir. İç ve dış parametreler olarak iki grupta toplanan kamera parametreleri kalibrasyon metoduna göre değişiklik gösterebilmektedir.

Kamera kalibrasyon lineer ve lineer olmayan olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Lineer teknikler uygulaması kolaydır fakat bir çok lineer kamera kalibrasyon tekniğinde mercekten kaynaklanan distorsiyonlar göz ardı edilmektedir. Böyle bir yöntemde sistem bilinmeyenleri en küçük kareler yöntemi ile kolaylıkla hesaplanabilir. Bu yöntemlerin kolay hesaplanabilir olması avantajıdır. Doğruluk ve kararlılığının eksik olması dezavantajları arasındadır.

Lineer olmayan kamera kalibrasyon tekniklerinde ise mercek kaynaklı radyal ve/veya teğetsel distorsiyonlar sisteme dahil edilmektedir. Sisteme bu tür eklemelerin anlamı yeni kamera parametrelerinin eklenmesidir. Lineer olmayan yöntemlerin çözümü lineer sistemlere göre daha karmaşık ve zordur. Böyle bir sistemin çözümü için

iteratif algoritmalar kullanılmaktadır. Bu sistemler elde edilecek sonuç açısından lineer yöntemlere göre daha kararlıdır. Bazı metotlarda iki adımlı çözüm önerilmiştir. İlk aşamada sistemin basitleştirilmiş versiyonunun lineer çözümü gerçekleştirilmektedir. İkinci aşamada ise ilk adımda elde edilen çözümler başlangıç noktası olarak kabul edilip, çözüme devam edilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan DLT yöntemi projeksiyon işlemlerinde ki bağıntıyı kamera iç ve dış parametrelerini kullanmadan lineer bir şekilde kurmaktadır (Atkinson 2001). Kamera parametrelerinden elde edilebilen 11 tane L parametresini kullanmaktadır.

Kalibrasyon işleminde kullanılan kalibrasyon paleti Jean-Yves Bouguet (Bouguet 2001) tarafından internet sitesi tarafından sunulan dama tahtası şeklindeki palettir. Bu palet üzerinde 3cm eninde ve boyunda kareler bulunmaktadır. Bouguet tarafından yayınlanan paletin 25 değişik açıdan çekilmiş görüntüsü kalibrasyon sırasında kullanılmıştır. Değişik açılardan çekilen resimler üzerindeki köşe noktalarının elde edilmesi için horris corner köşe bulma algoritması kullanılmıştır (Derpanis 2004; Karaboga 2004; Karaboga 2005; NIXON 2005; Karaboga D. 2006; Karaboga D. 2008).

Kalibrasyon eşitliklerinin çözülmesi sezgisel algoritmalar ile gerçekleştirilmiştir. Bu algoritmalardan yapay arı koloni algoritması kamera kalibrasyonda ilk kez kullanılmıştır. Diferansiyel gelişim algoritması bu problemde kullanılan diğer sezgisel algoritmadır.

Yapay Arı Koloni Algoritması (Artificial Bee Colony Algorithm - ABC)

Yapay Arı Koloni Algoritması (ABC), problemin çözümünde sosyal böcek kolonilerinin ya da diğer canlı gruplarının birlikte hareketlerinden esinlenen sürü zekâsına dayalı algoritmalardan birisidir (Karaboga 2005). Sürü zekasına dayanan optimizasyon algoritmaları doğada sürü halinde hareket eden canlıların yem alanına ulaşmada sergilemiş oldukları davranışları temel alarak bilgisayar ortamında problem çözmede kullanmaktadır. Bu algoritmalar popülasyon bireylerinin konumlarına da bağlı olarak araştırma uzayını sezgisel olarak araştırmaktadır. Yapay arı koloni algoritması da arıların yem arama davranışlarını kullanmaktadır.

Yapay arı koloni algoritmasında arılar bulundukları pozisyonlarla temsil edilir ve her bir arı bir yem alanına bağlı olarak çalışır. Bu pozisyonlar problem çözümünün parametreleri ile ifade edilir. Dolayısıyla araştırma uzayının boyutunu parametre sayısı belirlemektedir. Sürü içerisinde en iyi pozisyonda bulunan birey, o adımdaki, problemin çözümünü ifade etmektedir. Arıların bulundukları konumlarını değerlendirmek için uygunluk ya da maliyet fonksiyonu denen bir fonksiyona ihtiyaç duyulur. Arılar iteratif olarak bir önceki konumunu ve bir önceki adımdaki iyi çözümlerin konumlarını da dikkate alarak yeni konumlarını belirlemek yoluyla problem uzayında optimum çözümü bulmaya çalışırlar.

ABC algoritmasında üç çeşit arı bulunmaktadır: İşçi (employed) arılar, gözcü (onlooker) arılar ve kâşif (scout) arılar. Temelde arı popülâsyonunu işçi ve gözcü arılar oluşturmaktadır. Toplam arı sayısını yarısı işçi diğer yarısı da gözcü arıdır (Karaboga D. 2006). Arı kolonisinde çözümleri temsil eden yem alanları bulunmaktadır. Her bir yem alanında bir işçi arı bulunur. İşçi arılar kendi konumlarını değiştirdiğinde bağlı bulunduğu yem alanının ifade ettiği çözümü de değiştirmiş olur. Bütün arı çeşitleri problem uzayında kendi çalışma şekillerinde arama yaparak yem alanlarının konumlarını değiştirmektedir. Yem alanı sayısı işçi arı sayısı kadar olduğu için algoritmanın bir adımdaki çözüm sayısı popülasyon büyüklüğünün yarısı kadardır (Karaboga 2005; Karaboga D. 2006; Karaboga D. 2008). Aşağıda ABC algoritmasının adımları verilmiştir.

Başlangıç parametrelerini belirle
REPEAT

- İşçi arıları kaynaklara gönder ve nektar miktarlarını hesapla
- Gözcü arıları kaynaklara gönder ve nektar miktarlarını hesapla
- Rastgele yeni kaynaklar bulmaları için kaşif arıları gönder

- O ana kadarki en iyi kaynağı hafızada tut

UNTIL (durma kriteri sağlanana kadar)

Yukarıdaki ABC algoritmasının yapay kodunda da görüldüğü üzere ilk adımda algoritmanın parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. ABC algoritmasının avantajlarından birisi parametre sayısının az olmasıdır. ABC nin en temel halinde üç tane parametre bulunmaktadır. Bu parametreler ve görevleri aşağıda verildiği gibidir.

Yem alanı: her bir yem alanında sadece bir işçi arı bulunmaktadır. Dolayısıyla bu parametre toplam arı sayısının yarısına eşittir.

Limit: işçi arların kaşif olması için gereken gelişme olmayan adım sayısı.

Adım sayısı: algoritmanın maksimum kaç adım koşacağını belirler.

Parametre değerleri belirlendikten sonra ABC algoritmasında parametre değerleri belirlendikten sonra arıların ilk konumlarını alırlar. İlk aşamada işçi arılar rastgele araştırma uzayında dağılırlar. Bunun anlamı arıların konumlarını temsil eden bütün parametreler kendi sınırları içerisinde rastgele ürettirilir. Bu adımda işçi arılar ilk kez bulundukları başlangıç pozisyonlarının yem miktarlarını ölçerler. Yani temsil ettikleri parametreler maliyet fonksiyonuna verilir. Bu fonksiyonun sonucu ise o arının konumunun uygunluk değeridir. İşçi arıların konumuna göre gözcü arılarda ilk pozisyonlarını seçerler.

Başlangıç aşamasında parametreler ayarlanıp arılar konumlarını aldıktan sonra asıl arama işlemlerinin gerçekleştirileceği döngüye başlanır. Burada ilk olarak işçi arılar bulundukları konumun komşuluğunda yeni yem alanı ararlar. Bu işlem için greedy selection olarak isimlendirilir. Bu işlem arının kendisi dışında rastgele seçilen bir arının rastgele seçilen bir parametresi ile farkının -1,1 aralığında rastgele bir sayı ile çarpılıp orijinal değerle toplanması ile gerçekleştirilir. Matematiksel ifadesi (1) eşitliğindeki gibidir.

$$v_{ij}=x_{ij} + \theta_{ij}(x_{ij} - x_{kj}) \quad (1)$$

x_{ij} i. arının j. parametresidir. k rastgele seçilen bir arı indisidir. θ ise i. arının j. parametresi için üretilmiş -1,1 aralığında rastgele sayıyı temsil etmektedir. İşçi arı arama işlemini her adımda bu şekilde gerçekleştirirken aslında bağlı bulunduğu yem alanını geliştirmektedir. Aslında arıların değil yem alanının konum bilgisi vardır ve arılar aslında bu konumları geliştirmektedir. İşçi arılar bir yem alanına aittir ve arama işlemi sonuna kadar o yem alanlının konumunu geliştirir. Gözcü arılar ise bir yem alana aitliği yoktur. Bu arılar işçi arılardan yem alanlarının konum bilgisini alırlar. Yem alanını uygunluk değerlerine bağlı olarak rastgele seçerler. Seçme işlemi rulet tekeri gibi yöntemler kullanılabilir. Bir gözcü arının yem alanlarını seçme olasılığı şu şekilde ölçülür.

$$p_i = \frac{M_i}{\sum_{n=1}^{ps} M_n} \quad (2)$$

Yukarıdaki eşitlikte p_i gözü arı tarafından yem alanının seçilme olasılığıdır. M_i ile belirtilen i. yem alanının uygunluk değeri toplam uygunluk değerlerine oranı ile bu yem alanının seçilme olasılığı elde edilir. Bir yem alanı gözcü arı tarafından seçilirken 0,1 arasında rastgele bir sayı üretilir. Bu o anda baktığı yem alanın seçilme oranından büyükse bu yem alanı gözcü arı tarafından seçilir. Eğer küçükse bu durumda sıradaki yem alanına bakılır. Bu şekilde bir yem alanı seçilene kadar işlemlere devam edilir.

Algoritmaların adımı boyunca bazı yem alanlarının konumları o yem alnına bağlı olan işçi arı tarafından geliştirilemez. Limit parametresi kadar adımda yem alanı geliştirilememiş ise bu yem alanındaki işçi arı kaşif arıya dönüşür ve başlangıç aşamasındaki gibi arama uzayında rastgele bir konuma gider. Arama işlemine bu yeni konumdan işçi arı olarak devam eder.

Bir yem alanı bünyesinde bir tane işçi arı bulunabilirken birden fazla gözcü arı olabilir. Yem alanı ilk önce işçi arı ile geliştirmeye çalışılır. Sonraki adımda bu yem alanını seçmiş gözcü arılar tarafından geliştirilmeye çalışılır. Her arı yem alanının konumu greedy selection ile değiştirir. Eğer aynı adımda bir arı yem alanının konumunu değiştirmiş ise diğer arılar bu son konumdan arama işlemine devam ederler. Gözcü arılar uygunluk değeri iyi olan yem alanının çevresini daha fazla arama olasılığını artırması açısından önemlidir. Her adımda önce işç,i sonra gözcü sonrada kaşife dönüşen işçi arılar arama işlemini tamamladıktan sonra en iyi uygunluğa sahip konum o adımın aday çözümünü ifade eder.

Diferansiyel gelişim algoritması (DGA)

Price ve Storn tarafından 1995 yılında geliştirilmiş, popülasyon temelli sezgisel optimizasyon tekniğidir (Storn 1995). Genetik Algoritma gibi evrimsel algoritmalardandır. Diferansiyel gelişim algoritması genetik algoritmada olduğu gibi evrimsel gelişimi bilgisayar çözümüne uygulamaktadır.

Problemin parametrelerinden oluşan dizi bir bireyi temsil etmektedir. Bu bireylerin sayısı popülasyon büyüklüğünü belirlemektedir. Her parametre gen olarak isimlendirilirken bireyi temsil eden gen dizisi kromozom olarak isimlendirilir. Kromozomların değerlendirilmesi işlemi için uygunluk fonksiyonu kullanılır. Uygunluk fonksiyonu kromozomları oluşturan sayı dizisini parametre olarak alır ve bu kromozomun uygunluğunu ifade eden sayısal bir değeri çıkış olarak alır. DGA ’da kullanılan algoritma parametreleri aşağıdaki gibidir.

N: Popülasyonun büyüklüğü

D: Parametre sayısı (gen sayısı)

Cr: Çaprazlama oranı

G: Jenerasyon (adım sayısı)

F: Ölçekleme faktörü

Genetik algoritmadaki çaprazlama, mutasyon ve seçim operatörleri diferansiyel gelişim algoritmasında da kullanılmaktadır. Farklı olarak her bir operatör tüm popülasyona sırayla uygulanmamaktadır. Kromozomlar tek tek ele alınmakta, rastgele seçilen diğer üç kromozomda kullanılarak yeni bir birey elde edilmektedir. Bu işlemler sırasında mutasyon ve çaprazlama operatörleri kullanılmış olmaktadır. Mevcut kromozomla elde edilen yeni kromozomun uygunlukları karşılaştırılarak uygunluğu daha iyi olan, yeni birey olarak bir sonraki popülasyona aktarılmaktadır. Böylelikle seçim operatörü de kullanılmış olmaktadır.

Başlangıç popülasyonunun oluşturulması
Değerlendirme
Durma kriterleri sağlanıncaya kadar aşağıdaki adımlar tekrarla

- Mutasyon
- Çaprazlama (Rekombinasyon)
- Değerlendirme
- Seleksiyon

Np problem çözümünde kullanılacak kromozom sayısıdır. Kromozom sayısı diferansiyel gelişim algoritmansın doğası gereği en az üç tane olmalıdır. Çünkü sonraki bireyler oluşturulurken kendisi dışında iki bireyin bilgisinden yararlanılmaktadır. Başlangıçta NP adet D boyutlu kromozomdan meydana gelen başlangıç popülasyonu, her gen kendi aralığında rastgele üretilerek elde edilir (Karaboga 2004). Bu üretilen ilk popülasyon uygunluk değerlerinin hesaplanması için maliyet fonksiyonuna gönderilir. Bu aşamadan sonra döngü ile durma kriterleri sağlanana kadar arama işlemine geçilir.

İlk aşamada kromozomlar mutasyona tabi tutulurlar. Diferansiyel gelişim algoritmasında, mutasyon işlemine tabi tutulacak olan kromozom dışında ve birbirlerinden de farklı olan üç kromozom seçilir (r_1,r_2,r_3). Seçilen kromozomlardan ilk ikisinin farkı alınır. Daha sonra bu fark kromozomu F parametresiyle çarpılır. F parametresi genellikle 0-2 arasında değerler almaktadır. Elde edilen ağırlıklandırılmış fark kromozomu seçilen üçüncü kromozomu (r3) ile toplanır. (3) eşitliği mutasyon işleminin matematiksel işlemi verilmiştir.

$$x_{i,j} = x_{i,r_3} + F(x_{i,r_1} - x_{i,r_2})$$
(3)

Çaprazlama ile aday çözüm üretilirken bir kısım genler ebeveynden bazı genler ise bir önceki adımda üretilmiş mutasyona uğramış fark kromozomundan elde edilir. Bu aşamada ise hangisinden hangi oranda gen alınacağını belirlemek gerekmektedir. Diferansiyel gelişim algoritmasında bu oranı CR parametresi belirlemektedir. CR parametresi [0,1) aralığında değerler almaktadır. Çaprazlama işlemi yapılırken her bir gen için 0 1 aralığında rastgele bir sayı üretilir. Üretilen sayının Cr parametresinden küçük olanlar bir önceki adımda üretilen fark kromozomundan, büyük olanlar ise ebeveyn kromozomdan genler alınır.

Elde edilen aday kromozom maliyet fonksiyonuna gönderilerek uygunluk değeri hesaplanır. Bu işlem değerlendirme adımına denk gelmektedir. Son olarak eğer üretilen aday birey eskisinden daha iyi uygunluk değerine sahipse onun yerini alır aksi takdirde eski birey yerini koruyarak işlemlere devam edilir. Bu işlemler bir adımda bütün bireylere uygulanır. O adımın en iyi bireyi şayet durma kriterini sağlıyorsa çözüm bulunmuştur. Aksi takdirde arama işlemlerine devam edilir.

Direkt Lineer Transformasyon (DLT)

Direkt Lineer Transformasyon (DLT) yöntemi lineer bir kalibrasyon metodudur. 1971 yılında Abdel-Aziz ve Karara (Abdel-Aziz) tarafından geliştirilmiştir. Görüntü koordinat sistemi ile cisim koordinat sistemi arasında lineer bir bağıntı kurar. Direkt lineer transformasyon yönteminde onbir tane parametre bulunmaktadır. DLT parametreleri iç ve dış parametrelerin kombinasyonudur. Bu parametrelerden iç ve dış parametreleri elde etmekte mümkündür. DLT eşitlikleri kolinearite eşitliğinden çıkartılmaktadır. (4) eşitliğinde DLT parametreleri ile koordinatlar arası dönüşüm verilmiştir. Eşitlik (6) ile(16) arasında ise iç ve dış parametrelerden nasıl L parametrelerinin elde edildiği verilmiştir.

$$x - \delta_x = \frac{L_1 X + L_2 X + L_3 X + L_4}{L_9 X + L_{10} X + L_{11} X + 1}$$
$$y - \delta_y = \frac{L_5 X + L_6 X + L_7 X + L_8}{L_9 X + L_{10} X + L_{11} X + 1}$$
(4)

$$D = -(T_x r_{31} + T_y r_{32} + T_z r_{33})$$
(5)

$$L_1 = \frac{x_p r_{31} - f_x r_{11}}{D}$$
(6)

$$L_2 = \frac{x_p r_{32} - f_x r_{12}}{D}$$
(7)

$$L_3 = \frac{x_p r_{33} - f_x r_{13}}{D}$$
(8)

$$L_3 = \frac{(f_x r_{11} - x_p r_{31})T_x + (f_x r_{12} - x_p r_{32})T_y + (f_x r_{13} - x_p r_{33})T_z}{D}$$

(9)

$$L_5 = \frac{y_p r_{31} - f_y r_{21}}{D}$$

(10)

$$L_6 = \frac{y_p r_{32} - f_y r_{22}}{D}$$

(11)

$$L_7 = \frac{y_p r_{33} - f_y r_{23}}{D}$$

(12)

$$L_8 = \frac{(f_y r_{21} - y_p r_{31})T_x + (f_y r_{22} - y_p r_{32})T_y + (f_y r_{23} - y_p r_{33})T_z}{D}$$

(13)

$$L_9 = \frac{r_{31}}{D}$$

(14)

$$L_{10} = \frac{r_{32}}{D}$$

(15)

$$L_{11} = \frac{r_{33}}{D}$$

(16)

İstenirse L parametrelerinden iç ve dış parametrelere dönülebileceğini söylemiştik. Aşağıdaki eşitlikle ile bu işlem yerine getirilir.

$$D = \frac{1}{\sqrt{L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2}}$$

(17)

$$x_p = (L_1 L_9 + L_2 L_{10} + L_3 L_{11}) D^2$$

(18)

$$y_p = (L_5 L_9 + L_6 L_{10} + L_7 L_{11}) D^2$$

(19)

$$f_x = \sqrt{(L_1^2 + L_2^2 + L_3^2) D^2 - x_p^2}$$

(20)

$$f_y = \sqrt{(L_5^2 + L_6^2 + L_7^2)D^2 - x_p^2}$$

(21)

$$\varphi = \sin^{-1}\left(L_9 D\right)$$

(22)

$$\omega = \tan^{-1}\left(\frac{-L_{10}}{L_{11}}\right)$$

(23)

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{D(x_p L_9 + L_1)}{f_x \cos\varphi}\right)$$

(24)

$$\begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} L_1 & L_2 & L_3 \\ L_5 & L_6 & L_7 \\ L_9 & L_{10} & L_{11} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} L_4 \\ L_8 \\ L_1 \end{bmatrix}$$

(25)

Deneysel Sonuçlar

Kamera kalibrasyonunda hesaplanan şey kamera parametreleri vasıtasıyla noktaların koordinatları olduğu için x ve y yönlerinde iki veri grubu bulunmaktadır. Her yönde ayrı hesaplanan ortalama karesel hata değerlerinin karelerinin toplamının karekökü bir görüntü için maliyet fonksiyonunun çıkışını temsil etmektedir. Optimizasyon algoritmaları da bu değeri minimize etmeye çalışmaktadır.

$$MSE_x = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(x - x'\right)^2$$

$$MSE_y = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y - y'\right)^2$$

$$h = \sqrt{MSE_x{}^2 + MSE_y{}^2}$$

(26)

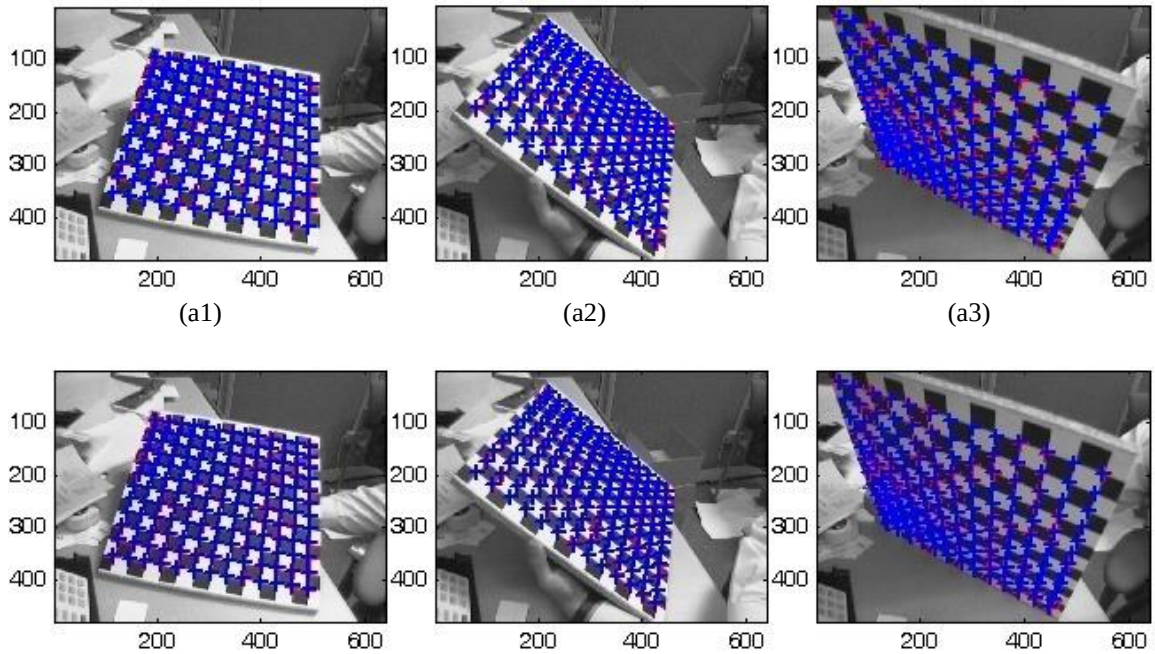
Burada n kontrol noktası sayısını ifade etmektedir. Bu çalışmada her görüntü üzerinde 156 tane kontrol noktası kullanılmaktadır. (x,y), referans görüntü üzerindeki kontrol noktalarının koordinatlarını, (x´,y´) ise sistem tarafında hesaplanan koordinatları temsil etmektedir.

DLT metodunda yapılan denemeler iki grup halinde incelenebilir. İlk olarak DLT lineer haliyle çözülmüştür. Bu işlemin tek resme uygulanıp üretilen iyi sonuçlardan elde edilecek aralıklarda çok görüntüyle eğitim yapılması ilk grubu oluştururken, ikinci grupta ise kamera parametrelerinden 2.bölüm de verilen eşitlikler yardımıyla DLT metoduna dönülerek çözüm yapılmaya çalışılmıştır.

Şekil 14 ‘de DGA ve ABC algoritmaların 3, 5 ve 18. görüntüler için elde edilmiş sonuçları sağdan sola doğru gösterilmiştir. Şekillerde iki renkte “+” işareti görülmektedir. Bunlardan kırmızı olanlar resim üzerinde bulunmuş köşe koordinatlarıdır. Mavi olanlar ise DLT ile hesaplanmış olan noktalardır.

DLT ‘de görüntüler için parametreler bağımsız olduğundan ve onbirinci parametre diğer parametreler ile hesaplanabildiğinden 20 görüntü için 200 tane parametre oluşacaktır. Bu parametrelerin tablo gösterimi çok uzun

olacağından **Tablo 39**'de kullanılan algoritmalarla elde edilen hata değerleri ve paralel koşmalar sırasında elde edilen standart hata verilmiştir. Algoritmalar bu haliyle çalışırken kullanacakları aralıkları her görüntü tek başına eğitilerek bulunan değerlerden çıkarılmaktadır. Dolayısıyla 200 farklı aralık kullanılmaktadır.



(a1) (a2) (a3)

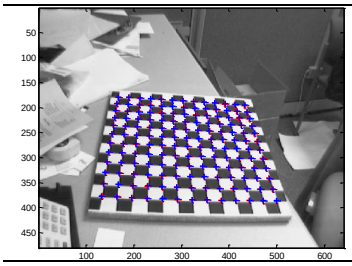
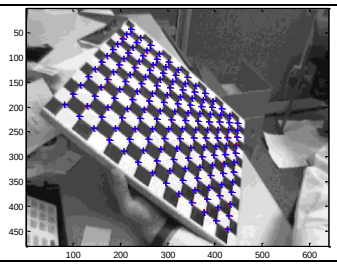
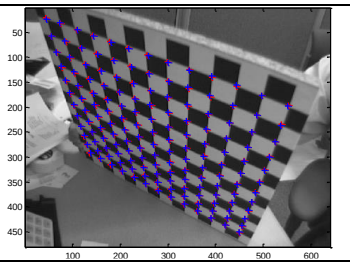
(b1) (b2) (b3)

Şekil 14: (a1), (a2), (a3) ABC ile DLT çözümü sonuçları. (b1), (b2), (b3) DGA ile DLT çözümü sonuçları

20 Görüntü, 20 Paralel Koşma		
	Uygunluk	S.Hata
ABC	25,7630	0,7749
DGA	26,6220	2,6711

Tablo 39: Algoritmaların Dlt İçin Sonuçları.

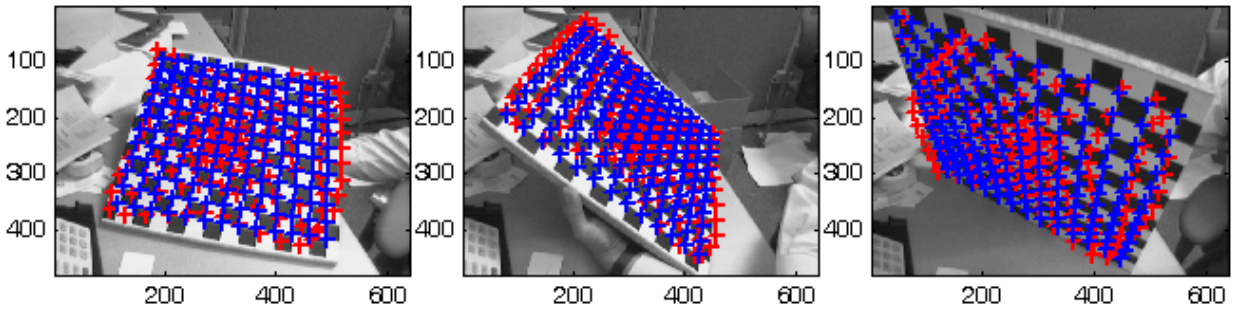
İç ve dış kamera parametreleri ile yapılan deneme sonuçları ise **Tablo 40**, **Tablo 41** ve **Şekil 15** ile verilmiştir.

1.Görüntü	2.Görüntü	3.Görüntü
		
Hata=0,3013	Hata=0,0164	Hata=1,7972

Tablo 40: DGA İle Kamera Parametreleri Kullanarak DLT'den Elde Edilen Sonuçlar.

Yukarıda tablo halinde verilen sonuçlar DGA kullanılarak elde edilmiş ve tek görüntü ile çalıştırılmıştır. Homografi görüntülerinin altında çalışmaya ait uygunluk değeri olan hata verisi gösterilmiştir. Resimler birbirinden bağımsız olarak eğitildiğinde görüldüğü gibi uygun sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 15‘de verilen sonuçlar çoklu görüntüyle çalışılmış DLT sonuçlarıdır. Burada da yine iç ve dış kamera parametreleri kullanılmıştır. Her resim için aynı iç parametreler üretilirken dış parametreler her resim için farklı üretilmiştir.



Şekil 15: DGA İle Kamera Parametreleri Kullanarak 20 Görüntüyle DLT’den Elde Edilen Sonuçlar.

Hata=13006		
Pi	**Değer**	**Standart Sapma**
xp	-18,4940	0,6306
yp	-8,5753	0,8651
k1	7,14E-05	2,57E-07
k2	-1,40E-09	9,21E-12
k3	7,97E-15	7,06E-17
p1	2,70E-06	1,95E-06
p2	-1,17E-06	1,26E-06
p3	1,05E-02	0,0095
fx	0,6914	0,4128
fy	0,2296	0,3127

Tablo 41: DGA ile DLT için Üretilen İç Parametreler.

SONUÇLAR

Bu çalışmada lineer DLT yöntemi çözümünün popülasyon tabanlı sezgisel algoritmalardan yapay arı algoritması ve diferansiyel gelişim algoritması ile eğitimi denenmiş ve deneysel sonuçları gösterilmiştir. Çözümler L parametreleri ve kamera parametreleri ürettirilerek gerçekleştirilmiştir. Tek görüntülü çalışmalarda kamera parametrelerinin kullanılmasında daha küçük hata değerleri elde edildiği gözlenmiştir. Görüntüler aynı anda işleme alındığında problemin daha zorlaştığı için yüksek hata değerleri elde edilmiştir. Bu işlemde iç parametreler bütün görüntüleri etkilerken dış parametreler sadece ait olduğu görüntüyü etkilemektedir. Bu durumda problemin çözümünü zorlaştıran temel etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

Abdel-Aziz, Y. I., Karara, M. (1971). "Direct Linear Transformation From Comparator Coordinates Into Object Space Coordinates in Close-Range Photogrammetry." American Society of Photogrametry Symposium on Close-Range Photogrammetry: 420-475.

Atkinson, K. B. (2001). Close Range Photogrammetry and Machine Vision Departman of Geometric Engineering University College London, Whittles Publishing.

Bouguet, J. Y. (2001). "Camera Calibration Toolbox for Matlab." from http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/index.html.

Derpanis, K. G. (2004). "The Horris Corner Detector."

Karaboga, D. (2004). Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları.

Karaboga, D. (2005). An Idea Based On Honey Bee Swarm For Numerıcal Optımızatıon. Engineering Faculty, Computer Engineering Department, Erciyes University.

Karaboga D. , B. A. B. (2006). "A Powerful And Efficıent Algorıthm For Numerıcal Functıon Optımızatıon: Artıfıcıal Bee Colony (Abc) Algorithm." Journal of Global Optimization **39**(3,pp:459-171): 459-171.

Karaboga D., B. A. B. (2008). "On The Performance Of Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm." Applied Soft Computing **8**(1): 687-697.

NIXON , M., AGUADO ,A. (2005). "Computer Vision Demonstration Website." 2008, from http://users.ecs.soton.ac.uk/msn/book/new_demo/corners/.

Storn, R., Price, K. (1995). Differential Evolution: A Simple and Efficient Adaptive Scheme for Global Optimization over Continuous Spaces. International Computer Science Institute. Berkeley.