

**Makale
(Article)**

Alana Dayalı Görüntü Eşleme Metotları İle Sayısal Arazi Modeli Üretimi

Fikret KARALAR*, **Murat UYSAL****, **Abdullah VARLIK*****, **Zekai Cevdet CAN******

* Afyon Bayındırlık Müdürlüğü, Afyon

** Afyon Kocatepe Üniversitesi, Müh. Fak. Har. Müh. Böl, Afyon

*** İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü, İstanbul

**** Hacettepe Üniversitesi, Ankara

Özet

Son yıllarda doğru ve güncel olarak geniş alanların Sayısal Arazi Modellerinin (SAM) üretilmesi için uygun tekniklerden biri Fotogrametri dir. Otomatik SAM oluşturma Dijital Fotogrametrinin başlıca fonksiyonel modülüdür. Aslında birçok Dijital Fotogrametrik Sistem bu fonksiyonelliği sunar ve birçok kullanıcı için önemli olduğu dikkate alınmalıdır. Dijital Fotogrametrinin bize sunduğu en büyük avantajlardan biriside görüntü eşleme teknikleri ve dış yöneltme parametreleri yardımıyla düzenli bir SAM' inin üretilmesidir. Bu yöntemlerde, dış yöneltme parametreleri biliniyor iken herhangi bir noktanın verilen X, Y arazi koordinatları ile noktanın Z koordinatı uygun yazılımlarla hesaplanır. Bu çalışmada ise otomatik olarak Sayısal Arazi Modeli elde etmek için Gruen ve Baltsavias'ın çalışmalarından yararlanılarak yeni bir yöntem denenerek geliştirilmiştir. Bu yöntemde görüntü eşleme teknikleri ve dış yöneltme parametreleri yardımıyla düzenli bir SAM üretmek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Dijital Fotogrametri, Sayısal Arazi Modeli, Görüntü Eşleme, Dış Yöneltme Parametreleri

Digital Terrain Model Generation By Using Area Based Image Matching Techniques

Abstract

Recently, Photogrammetry is the one of the most suitable methods to be Digital Terrain Model (DTM) generation for large areas accurately and actually. Automatic DTM generation is fundamental functional module of Digital Photogrammetry. In fact, many of Digital Photogrammetric systems offer that function and must take into consideration that be significant for a great number of users. One of the most advantages the Digital Photogrammetry have been formed a regular DTM by means of image matching techniques and exterior orientation parameters, too. In this methods, while exterior orientation parameters is known, it is calculated X, Y land coordinate of each point and Z coordinate of the point with appropriate software. In the study, To obtain Digital Terrain Model as automatic has been developed a new method helped by from Gruen ve Baltsavias' studies. In the method make possible to form a regular DTM generation with image matching techniques and exterior orientation parameters.

Keywords: Digital Photogrammetry, Digital Terrain Model, Image Matching, Exterior Orientation Parameters

Bu makaleye atf yapmak için

Karalar, F., Uysal, M., Varlık, A., Can, Z. C.. "Alana Dayalı Görüntü Eşleme Metotları İle Sayısal Arazi Modeli Üretimi" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2010, 2(2) 12-22

How to cite this article

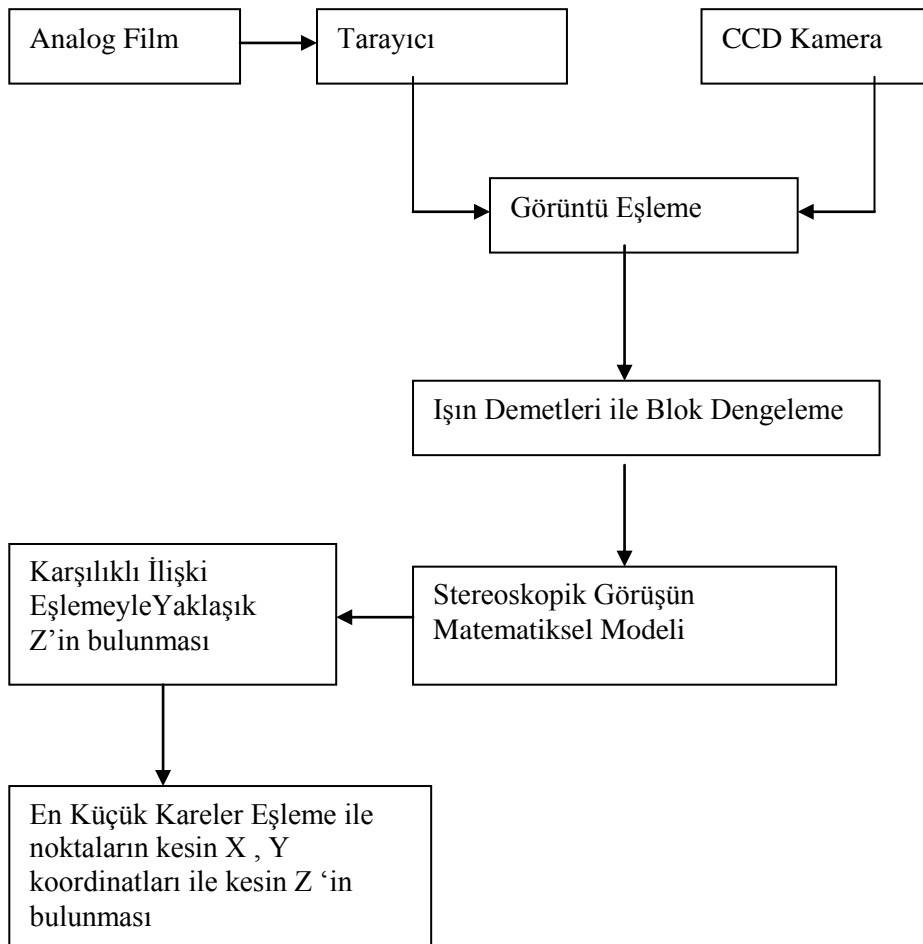
Karalar, F., Uysal, M., Varlık, A., Can, Z. C.. "Digital Terrain Model Generation By Using Area Based Image Matching Techniques "Electronic Journal of Map Technologies, 2010, 2 (2) 12-22

1. GİRİŐ

Otomatik eř yükseklik eğrisi çizimi için ilk çalışmalarından birisi 2 283 226 patent nosuyla H. B. Porter tarafından 1942 de Amerika Birleşik Devletlerinde yapılmıştır. Bundan sonra SAM üretiminin otomasyonu için çeşitli aletler ve teknikler geliştirilmiştir. Bunlar analog, analitik ve dijital teknikler olmak üzere üç'e ayrılırlar.

Dijital fotogrametrinin sunduğu en büyük yararlarından biriside görüntü eşleme teknikleri ve dış yöneltme parametreleri yardımıyla düzenli bir SAM'ın oluşturulmasıdır. Bu yöntemlerde dış yöneltme elemanları biliniyorken X ve Y arazi koordinatları verilerek Z koordinatları uygun yazılımlarla hesaplanır. Bu çalışmada ise otomatik olarak Sayısal Arazi Modeli elde etmek için Gruen ve Baltsavias'ın çalışmalarından yararlanılarak yeni bir yöntem denenerek geliştirilmiştir. Bu yöntemde görüntü eşleme teknikleri ve dış yöneltme parametreleri yardımıyla düzenli bir SAM oluşturmak mümkündür.

Şekil 1'de sayısal arazi modeli üretim şeması görölmektedir.



Şekil 1. Sayısal Arazi Modeli Üretim Şeması

2. HESAP MODELİ

Görüntü eşleme teknikleri ve dış yöneltme parametreleri yardımıyla düzenli bir SAM oluşturmak mümkündür. Herhangi bir noktanın X, Y arazi koordinatları verildiğinde noktanın Z koordinatı iki adımda aşağıdaki şekilde bulunur.

Bir noktanın kabaca yaklaşık Z değeri verildiğinde noktanın daha kesin yaklaşık Z değeri stereoskopik görüşün matematiksel modeli yardımıyla hesaplanır. Bu amaç için, sol ve sağ parçaların uygun farklı Z

değerlerini kapsayan konumları Karşılıklı İlişki görüntü eşleme yöntemiyle bulunur. Parçaların merkezlerinin koordinatları resimlerin dış yöneltme elemanları yardımıyla hesaplanır. En yüksek karşılıklı ilişki katsayı değerini veren parçanın yüksekliği yer yüzeyinin daha kesin yaklaşık yüksekliğini verir. Bu metotla, görüntü üstündeki noktanın konumu 1 – 2 piksel hassasiyetle hesaplanır.

Her hangi bir nokta için kaba bir yaklaşık yükseklik değeri verdiğimizden ve bu kaba yaklaşık Z değeri ile noktanın resim koordinatlarını hesapladığımızdan dolayı o noktanın yüksekliği ve resimlerdeki konumu da farklı olacaktır. Bir başka Z değeri verildiğinde noktanın resimdeki konumu Doğrusallık Şartından dolayı farklı olacaktır. Sayısal arazi modeli oluşturmada bu problemi gidermek için, noktanın yüksekliğinin belli bir değer altında ve üstünde olmak üzere bir araştırma yükseklik aralığı seçilir. Bu seçilen aralıkta belli bir miktar örneğin 15 cm ve 30 cm gibi arttırılarak nokta için yeni kaba yaklaşık Z değerleri hesap edilir. Hesap edilen bu kaba yaklaşık Z değerleri ile noktanın her iki resim için doğrusallık denklemlerinden faydalanılarak resim koordinatları hesaplanır.

$$\xi = \xi_0 - c * \frac{r_{11}(X - X_0) + r_{21}(Y - Y_0) + r_{31}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} \quad (1)$$

$$\eta = \eta_0 - c * \frac{r_{12}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{32}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)}$$

- ξ_0, η_0 = Resim orta noktasının koordinatları,
 c = Kamera sabiti,
 $r_{11} \dots r_{33}$ = Dönüklük matrisinin elemanları,
 X_0, Y_0, Z_0 = İzdüşüm merkezinin koordinatları,
 ξ, η = kare ağındaki her bir hücrenin resim koordinatları

Bir yer noktasının sol resim içindeki yerini merkez alan $(2n + 1) * (2n + 1)$ boyutlarındaki karenin içine giren piksellerin gri değerleri $f_1[u,v]$ olarak hesaplanır. Burada $u, v = -n \dots n$ arasında değer alır. Sağ resimde ise her bir resim noktası merkez olmak üzere nokta etrafında oluşturulacak bir pencere boyutu tanımlanır. Oluşturulan bu pencere içindeki piksel noktaları merkez olmak üzere her bir pikselde sırayla ve ayrı ayrı olarak $(2n + 1) * (2n + 1)$ boyutlarında oluşturulan karelerin içindeki her pikselin resim koordinatları hesaplanır ve bu karelerdeki her pikselin gri değerleri $f_2[u,v]$ hesaplanır. $(2n + 1) * (2n + 1)$ boyutlarında oluşturulan bu karelerde her biri için ayrı ayrı olmak üzere Karşılıklı İlişki katsayısı hesaplanır. Hesaplanan ρ Karşılıklı İlişki katsayılarından en büyükleri seçilir. ρ çapraz ilişki katsayısı değerlerinden en büyük değerli olan ρ katsayısı değerine karşılık gelen piksel kare ağıımızın noktasıdır. Dolayısıyla arazide o noktaya karşılık gelen noktanın yüksekliği de daha kesin yaklaşık Z yüksekliği olarak alınır.

Bir stereo modelde her iki resmin dış yöneltme elemanları ve kesin yüksekliği hesaplanacak noktanın (SAM noktası) yaklaşık yüksekliği ile X, Y arazi koordinatları bilindiğine göre bu noktanın kesin Z koordinatı En Küçük Kareler Görüntü Eşleme metoduna o nokta için yazılacak doğrusallık denklemleri dahil edilerek dengeleme ile bulunur. Dengelemenin bilinmeyenleri 2 yer değiştirme parametresi, sağ resim için 6 Affin dönüşüm parametreleri, bir radyometrik parametre ve noktanın Z değişimidir. Sol ve sağ resimlerin gri değerleri arasındaki farklılıklar dengeleme ile minimize edilir. Sol ve sağ X, Y resim koordinatları için oluşturulan 4 doğrusallık denklemi seçilen bir ağırlık değeri ile gözlem denklemleri gibi kullanılır.

Bir yer noktasının her iki resimdeki yerini merkez alan $(2n + 1) * (2n + 1)$ boyutlarındaki karenin içine giren gri değerleri $f_i[u,v]$ olarak hesaplanır.

Dış yöneltme bilinmeyenlerinin hatasız olduğu kabul edilse bile noktanın yüksekliği yaklaşık olduğundan doğrusallık denklemlerinden elde edilen resim koordinatları ξ_0^i, η_0^i hatalı olacaktır. Ayrıca iki resim arasında meydana gelen arazinin şekline, yüksekliğine ve noktanın resimlerdeki konumlarına göre oluşan geometrik ve radyometrik deformasyonlar nedeniyle sol resimde bulunan karedeki gri değerler ile sağ resimdeki gri değerler uyuşmazlar. Noktanın resimdeki gerçek yerini ve kesin Z koordinat değerini bulabilmek için sol ve sağ resim arasında Affin dönüşüm parametrelerinde, sol resme ait X, Y yönünde getirilecek düzeltmeler için aşağıda gösterilen matematiksel yol izlenir. Her iki resimdeki gri değerler arasında aşağıdaki gibi bir bağıntı vardır.

$$v[u,v] = f_1[u,v] - f_2[u,v] \quad (2)$$

$v[u,v]$: gerçek hata vektörü
 $f_1[u,v]$: sol resim parçasının gri değerleri
 $f_2[u,v]$: sağ resim parçasının gri değerleri

Burada v bir pikselin sol ve sağ resimdeki gri değerleri arasındaki farktır. Modelde sağ resim için bir Affin dönüşümü ve sol resim için X, Y yönünde birer öteleme aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\begin{aligned} X_2 &= a_0 + a_1 X_2^0 + a_2 Y_2^0 \\ Y_2 &= b_0 + b_1 X_2^0 + b_2 Y_2^0 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} X_1 &= c_0 + X_1^0 \\ Y_1 &= d_0 + Y_1^0 \end{aligned} \quad (4)$$

Burada;

$X_1^0, Y_1^0, X_2^0, Y_2^0$: sol ve sağ resimlerin yaklaşık koordinatları
 a_0, b_0, c_0, d_0 : sol ve sağ resimlerde X, Y yönündeki öteleme
 a_1, a_2, b_1, b_2 : sağ resimdeki dönüklük parametreleri
 X_1, Y_1, X_2, Y_2 : sol ve sağ resimdeki düzeltilmiş koordinatlar

Klasik En Küçük Kareler yaklaşımıyla (1) eşitliğindeki uygun gözlem denklemleri lineer hale getirilirse;

$$\begin{aligned} v[u,v] &= (f_2^0[u,v] + \frac{\partial f_2^0[u,v]}{\partial x} d_{2x} + \frac{\partial f_2^0[u,v]}{\partial y} d_{2y}) - (f_1^0[u,v] \\ &+ \frac{\partial f_1^0[u,v]}{\partial x} d_{1x} + \frac{\partial f_1^0[u,v]}{\partial y} d_{1y}) \end{aligned} \quad (5)$$

denklemi elde edilir. Burada;

$v[u,v]$: hata vektörü
 $f_1^0[u,v]$: sol resimdeki parçanın gri değerleri
 $f_2^0[u,v]$: sağ resimdeki parçanın gri değerleri

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_2^0[\mathbf{u}, \mathbf{v}]}{\partial x} &: \text{sağ resimdeki parçanın gri değerlerinin X 'e göre 1. türevi} \\ \frac{\partial f_2^0[\mathbf{k}, \mathbf{l}]}{\partial y} &: \text{sağ resimdeki parçanın gri değerlerinin Y 'e göre 1. türevi} \\ d_1x, d_1y &: \text{Affin dönüşüm denklemlerinin 1. türevi} \\ \frac{\partial f_1^0[\mathbf{k}, \mathbf{l}]}{\partial x} &: \text{sol resimdeki parçanın gri değerlerinin X 'e göre 1. türevi} \\ \frac{\partial f_1^0[\mathbf{k}, \mathbf{l}]}{\partial y} &: \text{sol resimdeki parçanın gri değerlerinin Y 'e göre 1. türevi} \\ d_2x, d_2y &: \text{sol resimdeki parçanın öteleme denklemlerinin 1. türevi} \end{aligned}$$

Sağ resim için; Affin dönüşüm denklemlerinin 1. türevi alınırsa dx_2 ve dy_2 bulunur.

$$\begin{aligned} dx_2 &= da_0 + da_1X_2^0 + da_2Y_2^0 \\ dy_2 &= db_0 + db_1X_2^0 + db_2Y_2^0 \end{aligned} \quad (6)$$

Sol resim için; öteleme denklemlerinin türevleri alınırsa;

$$\begin{aligned} dx_1 &= dc_0 \\ dy_1 &= dd_0 \end{aligned} \quad (7)$$

basitleştirilmiş nütasyonları kullanırsak;

$$g_x = \frac{\partial f_2^0[\mathbf{u}, \mathbf{v}]}{\partial x} \quad g_y = \frac{\partial f_2^0[\mathbf{u}, \mathbf{v}]}{\partial y} \quad (8)$$

$$f_x = \frac{\partial f_1^0[\mathbf{u}, \mathbf{v}]}{\partial x} \quad f_y = \frac{\partial f_1^0[\mathbf{u}, \mathbf{v}]}{\partial y} \quad (9)$$

ve (5) eşitliğindeki sisteme bir radyometrik işaret parametresi ilave edilirse (5) eşitliği;

$$\begin{aligned} \mathbf{v}[\mathbf{u}, \mathbf{v}] &= f_2^0[\mathbf{u}, \mathbf{v}] - f_1^0[\mathbf{u}, \mathbf{v}] + g_x da_0 + g_x da_1X_2^0 + g_x da_2Y_2^0 + g_y db_0 + g_y db_1X_2^0 \\ &+ g_y db_2Y_2^0 - f_x dc_0 - f_y dd_0 \end{aligned} \quad (10)$$

şeklini alır. Bir kare ağı noktası için doğrusallık şartı yazılırsa;

$$\xi = \xi_0 - c \frac{Z_x}{Z_n} \quad (11)$$

$$\eta = \eta_0 - c \frac{Z_y}{Z_n} \quad (12)$$

Doğrusallık denklemlerinin sol ve sağ resim için Z 'e göre türevleri alınırsa;

$$\frac{\partial F\xi}{\partial z} = -c \frac{Z_n \cdot r_{31} - Z_x \cdot r_{33}}{Z_n^2} \quad (13)$$

$$\frac{\partial F\eta}{\partial z} = -c \cdot \frac{Z_n \cdot r_{32} - Z_y \cdot r_{33}}{Zn^2} \quad (14)$$

ve basitleştirilmiş notasyon kullanılırsa;

$$\frac{\partial F(\xi, \eta)}{\partial z} = Fz \quad (15)$$

olur. Doğrusallık denklemlerinden elde edilen gözlem denklemlerini aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\begin{aligned} v_{\xi^1} &= Fz \times dz - (\xi - \xi_0^1) + dc_0 \\ v_{\eta^1} &= Fz \times dz - (\eta^1 - \eta_0^1) + dd_0 \\ v_{\xi^2} &= Fz \times dz - (\xi^2 - \xi_0^2) + da_0 + da_1 X_2^0 + da_2 Y_2^0 \\ v_{\eta^2} &= Fz \times dz - (\eta^2 - \eta_0^2) + db_0 + db_1 X_2^0 + db_2 Y_2^0 \end{aligned} \quad (16)$$

burada ;

$$\begin{aligned} \xi^1, \eta^1, \xi^2, \eta^2 &: \text{hesapla bulunan resim koordinatlarını} \\ \xi_0^1, \eta_0^1, \xi_0^2, \eta_0^2 &: \text{ölçülen resim koordinatlarını} \end{aligned}$$

gösterir. En küçük kareler görüntü eşleme metoduna o nokta için yazılan doğrusallık denklemleri dahil edilerek dengeleme ile x parametreler vektörü bulunur.

$$\mathbf{x}^T = [da_0, da_1, da_2, db_0, db_1, db_2, dc_0, dd_0, dz, r] \quad (17)$$

Burada , xT parametre vektörünün katsayıları A matrisini verir.

$$\mathbf{A}^T = [g_x, g_x X_0^2, g_x Y_0^2, g_y, g_y X_0^2, g_y Y_0^2, -f_x, -f_y, Fz, 1] \quad (18)$$

Dengeleme sonucunda kare ağına ait noktaların kesin yüksekliği ;

$$Z = Z_0 + dz \quad (19)$$

formülü ile bulunur.

3. DİJİTAL FOTOGRAMETRİK YAZILIM (DİFO)

PC tabanlı bilgisayarlarda sayısal fotoğrafların fotogrametrik değerlendirilmesinin yapılabilmesi için Delphi yazılım geliştirme diliyle Digital Fotogrametrik yazılım akademik çalışmalar için test ve araştırma amacıyla Doç. Dr. Zekai Cevdet CAN, Jeodezi ve Fotogrametri Yük. Mühendisleri, Fikret KARALAR, Abdullah VARLIK ve Murat UYSAL tarafından geliştirilmiştir.

Taranarak ya da CCD kamera ile elde edilen sayısal görüntüler programın ana modülüne aktarılır. Ana modül haricinde görüntü piramitleri oluşturan ayrı bir modülde hazırlanmıştır,. Yazılımın ana formunun görünüşü Şekil 2'de görülmektedir.

Ana modül üzerinde aşağıdaki işlemler gerçekleştirilebilir.

a - Alana Dayalı Görüntü Eşleme yöntemleri kullanılarak yer kontrol noktaları ve bağlantı noktalarının koordinatlarının ölçümü.

b – Işın Demetleriyle Blok Dengeleme.

c - Sayısal Arazi Modeli Üretimi. (DİFO-SAM)

- Perspektif Görünüş. (DİFO-PERS)

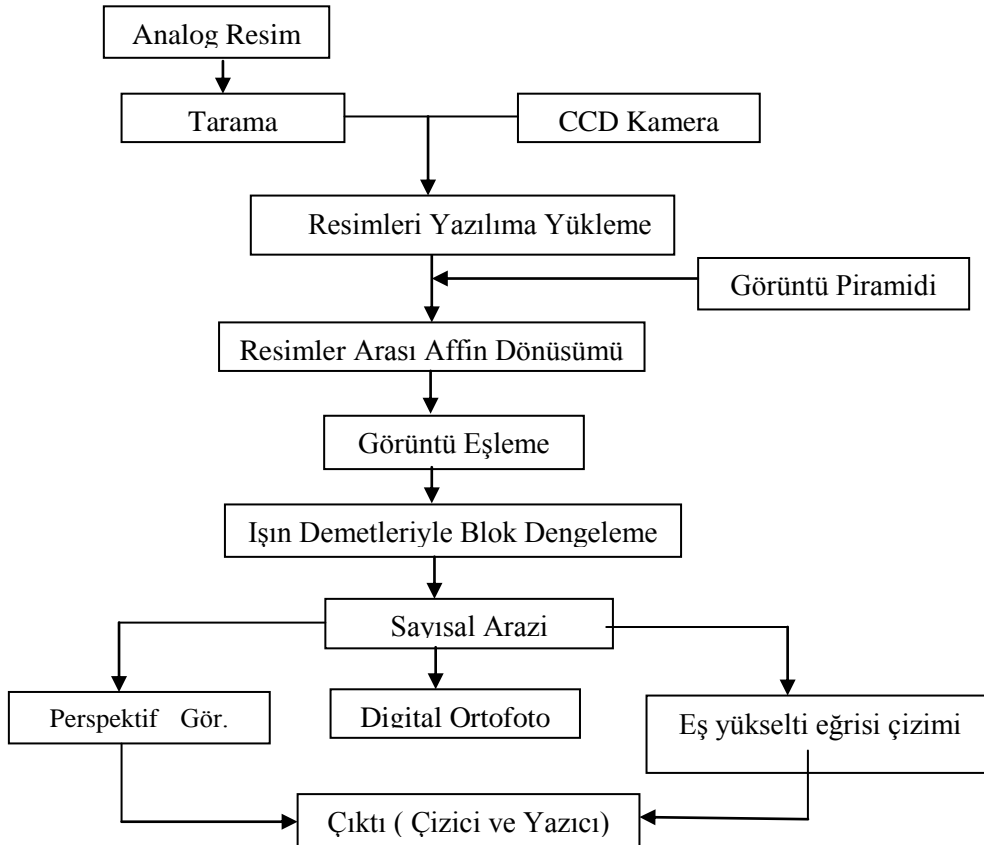
- Digital Ortofoto. (DİFO-ORTO)

Eşyükselti Eğrisi Çizimi. (DİFO-EYE)

Dijital Fotogrametrik Yazılımın ana işlem adımları Şekil 3' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Digital Fotogrametri Yazılımının Ana Formu



Şekil 1. Dijital Fotogrametrik Yazılım işlem adımları

4. SAYISAL UYGULAMA

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Fotogrametri Daire Başkanlığından temin edilen, Sivas iline ait 1:4000 ölçekli 134, 135, 136 ve 137 no'lu dört adet hava fotoğrafı, DİFO yazılımı ile sayısal arazi modelini üretmek için kullanılmıştır. Hava fotoğrafları ile birlikte aynı kurumdan 7 adet yer kontrol noktasının koordinatları tedarik edilmiştir. Alınan hava fotoğrafları 3 modellik bir şerit oluşturmaktadır. Bu alan içinde yer koordinatları bilinen 7 nokta vardır. Resim başına koordinatı bilinen en az iki nokta düşmektedir. Elde edilecek Sayısal Arazi Modelini test edebilmek için her resim üzerinde 6 bağlantı noktası ve yer kontrol noktalarının yanı sıra 134 no 'lu resimde SAM'i yapılacak bölgenin içerisinde kalan 15 adet bağlantı noktası ölçülmüştür. Görüntü Eşleme tekniği olarak En Küçük Kareler görüntü eşleme metodu kullanılmıştır. Yapılan ölçüm değerleri Işın Demetleriyle Blok Dengelemesi ne sokularak dengelenmiş değerler bulunmuştur. En Küçük Kareler Görüntü Eşleme metodu kullanılarak yapılan Işın Demetleriyle Blok Dengelemesinde elde edilen sonuçlar şöyledir.

Ölçü sayısı : 160 $M_0 = 0.00000883494 \text{ m (0.21 piksel)}$
 Bilinmeyen sayısı : 132 $[V] = 0$

Tablo 1. Kontrol noktalarının yatay ve düşey konumdaki hata miktarları

| Nokta No | m_x (m) | m_y (m) | m_z (m) |
|----------|-------------|-------------|-------------|
| 1006 | 0.086 | 0.049 | - |
| 1004 | 0.035 | 0.038 | 0.201 |
| 1001 | 0.072 | 0.064 | 0.408 |

Yapılan uygulamada her resme ait dış yöneltme parametrelerinin hata miktarları da hesaplanmıştır Dış yöneltme elemanlarından X_0 , Y_0 , Z_0 'in hata miktarları metre değerlerinin ise grad olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Dış yöneltme parametrelerinin hata miktarları

| Dış Yöneltme Parametreleri | Foto No 134 | Foto No 135 | Foto No 136 | Foto No 137 |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| X_0 | 0.856 | 0.809 | 0.747 | 1.244 |
| Y_0 | 0.707 | 0.575 | 0.532 | 0.759 |
| Z_0 | 0.262 | 0.152 | 0.160 | 0.204 |
| ω | 0.03295 | 0.02597 | 0.02359 | 0.03533 |
| φ | 0.03810 | 0.03638 | 0.03356 | 0.05560 |
| κ | 0.00559 | 0.00458 | 0.00439 | 0.00757 |

Yapılan dengelemenin sonuçlarına göre dış yöneltme parametrelerinin hata miktarlarının oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Sayısal Arazi Modeli üretiminde Tablo 2 deki dış yöneltme parametreleri kullanıldığı için elde edilen SAM'inin hassasiyeti de bu yüzden düşük olmaktadır. Oluşturulan Sayısal Arazi Modelinin içerisinde kalan SAM'ini test etmek için ölçülen 8, 9, 13, 14, 15, 17 no 'lu bağlantı noktalarının arazi koordinatları Demet Dengeleme ile bulunmuştur. Sayısal Yükseklik Modelinde noktaların yükseklikleri şu şekilde test edilmiştir. SAM'i içinde kalan bağlantı noktalarındaki yükseklikler ayrıca dörtgen elemanlarında Bilineer Enterpolasyon yöntemiyle elde edilerek sonuçlar Işın Demetleriyle Blok Dengelemesinde hesaplanan değerler ile karşılaştırılmıştır.

$$Z = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy$$

$$\text{Polinom katsayıları : } a_0 = Z_1 \quad , \quad a_1 = Z_2 - Z_1 \quad , \quad a_2 = Z_3 - Z_1 \\ a_3 = Z_1 - Z_2 - Z_3 + Z_4$$

Tablo 3. Bağlantı noktalarının yükseklik farklarının karşılaştırılması

| Bağlantı Nokta No | Işın Demetleri ile Blok Dengelemesinden Elde Edilen Z (m) | SAM 'inden Elde Edilen Z (m) | Fark (cm) |
|-------------------|---|--------------------------------|-------------|
| 9 | 1559.964 | 1560.813 | -85.00 |
| 13 | 1499.411 | 1498.819 | +59.00 |
| 14 | 1520.061 | 1519.914 | +14.00 |
| 15 | 1517.354 | 1516.366 | +98.00 |
| 17 | 1506.914 | 1504.924 | +98.95 |

Form26

Bağlantı Noktası X: 40355 X yönünde kare sayısı: 20
 Y: 8607 Y yönünde kare sayısı: 20

Bitiş Noktası X: 40631 Pencere: 2 Yaklaşık: 10 Adm: 30
 Y: 8778 Ağırlık: 10

Bağlantı yaklaşık Z: 1507

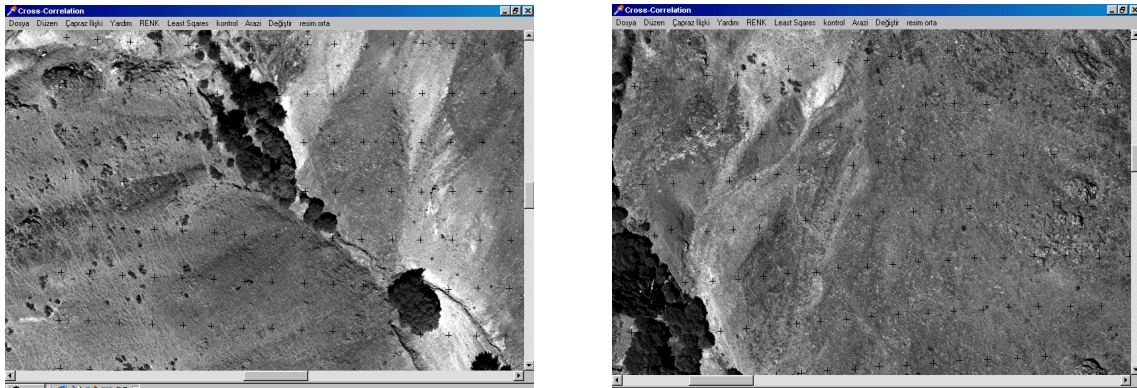
[DTM] [Dosyala] [Dosyaoku]

```

0 0 40355 8607 1505.10000862367 0.891557237469897 15.778650957757
0 1 40355 8615.54999999702 1502.90000876784 0.929013850062811 9.00140455615008
0 2 40355 8624.09999999404 1502.80003227293 0.892563352261277 13.1479424512896
0 3 40355 8632.64999999106 1500.00002411939 0.920423024512274 12.0044846843238
0 4 40355 8641.19999998808 1496.00000505522 0.93595598254333 10.1447502610158
0 5 40355 8649.7499999851 1493.50002117259 0.940993537496979 13.1174251975826
0 6 40355 8658.29999998212 1490.40001278929 0.934199435675465 8.89239686233637
0 7 40355 8666.84999997914 1487.60004265234 0.922036206393386 10.2575348954978
0 8 40355 8675.39999997616 1484.50002954528 0.901525123049396 8.67774575799034
  
```

şekil 4. Kare ağı noktalarının X, Y, Z koordinatlarının hesaplanması.

şekil 5'te Sol ve Sağ görüntü üzerinde artı işaretleriyle işaretlenmiş kare ağı noktaları görölmektedir.

**şekil 5.** Sol ve Sağ görüntü üzerinde kare ağı noktaları

5. SONUÇ

Dijital Fotogrametrinin kullanıcılara sunduğu en büyük avantajlardan biriside Görüntü Eşleme Teknikleri ve dış yöneltme parametreleri yardımıyla düzenli Sayısal Arazi Modelleri oluşturmasıdır. Ancak günümüzde SAM'lerinin üretimi için uygun birçok algoritma henüz yeterli olgunluk seviyesine gelememiştir. Bozukluk oranı hala çok yüksektir, hassasiyetin kontrolü ve sonuçların güvenilirliği sınırlıdır. Görüntü Eşleme Tekniği yıllardır araştırma konusu ise de şimdiye kadar güvenilir, hassas ve

genel kabul gören teknikler sistemler geliştirilememiştir. Laboratuarlarda kendisini kanıtlamış, çok gelişmiş yazılımlarda dahi sorunlar vardır.

Geliştirilen yazılımda Stereoskopik Görüşün Matematiksel Modeli yardımıyla görüntü eşleme teknikleri ve dış yönlendirme elemanları kullanılarak oluşturulan SAM'inde de bazı sorunlar ne yazık ki giderilememiştir. Bunlar resim dokusundaki tekillik, yüzey tekilliğinin güvenilir bir şekilde tespit edilememesi ve modellenememesi, Sayısal Arazi Modeli ile Sayısal Yüzey Modeli arasındaki ayrımın yapılamaması. Örneğın binalar ve diğeri insan yapısı cisimler, ağaçlar, çalıkları ve diğeri bitkisel elemanlar Sayısal Arazi Modelinin bir parçası değıldirler. Yapılan sayısal uygulamada SAM'inin hassasiyetinin ve güvenilirliğinin test edilmesinde bağılantı noktalarının yüksekliklerinde ortaya çıkan farkların iki büyük nedeni vardır.

Bunlardan birincisi; Karşılıklı İlişki Görüntü Eşleme Tekniğinin doğasındaki var olan hatadır. Bu eşleme yöntemi ne yazık ki her zaman tam ve doğru eşleme yapamamaktadır. Gri değer farklarının birbirine çok benzediğı veya birbirinin aynısı olduğı durumlarda hatalı eşleme olmakta ve bu da sonucu etkilemektedir. Tam ve doğru bir eşlemenin yapılabilmesi için görüntü filtreleme yöntemlerinin uygulanması uygun bir çözüml olabilir. Uygun filtreleme yöntemleri kullanılarak gri değer farklılıkları (noise) azaltılır, böylece görüntüler yumuşatılarak daha net eşlemeler yapılabilir. Karşılıklı İlişki Görüntü Eşleme metodu yerine Elemana Dayalı Görüntü Eşleme metodunun (Future Based Matching) kullanılması durumunda Sayısal Arazi Modeli elde etmede olumlu sonuçlar alınabilir. İkinci neden ise; Projeksiyon merkezinin koordinatlarının (X_0 , Y_0 , Z_0) hatalı olarak tespit edilerek ölçülmesi ve bu şekilde dengelemeye sokulmasıdır. Tez kapsamında geliştirilen yazılımda Resim Orta Noktaları elle tespit edilip ölçülmektedir. Bu tespitler sırasında ister istemez hatalı ölçümler yapılmaktadır. 42 μ m de sayısalılaştırılmış bir hava fotoğrafında piksel boyutu arazide 0.168 m lik bir değere karşılık gelmektedir. Resim orta bulucularının işaretlenmesinde yapılacak 1 – 2 piksellik bir hata resim orta noktalarının koordinatlarının 0.17 m – 0.34 m arasında veya daha fazla miktarlarda hatalı olacağı anlamına gelmektedir. Projeksiyon merkezinin yatay konum hatası ± 1 m civarındadır. Bu yüzden SAM 'inde doğrusallık şartı kullanılarak belirlenen kare ağı noktalarının resim koordinatları da doğal olarak hatalı olacaktır.

Geliştirilen yöntemde yükseklik farklarının sebep olduğı ani sıçramalar ve etkiler azaltılmıştır. Bunun için, her bir kare ağı noktası kendinden bir önceki noktanın hesaplanan kesin yüksekliğini yaklaşık yükseklik olarak olmakta ve bu değere göre noktanın kesin yüksekliği hesaplanmaktadır. Ayrıca kare ağındaki kare sayısını arttırmakla yükseklik farklarının sebep olduğı etkiler azaltılabilir.

Bu yöntemle SAM'i elde etmenin en büyük avantajlarından biriside, yüzlerce noktanın yüksekliğinin ölçülmesine gerek kalmadan SAM'i oluşturulacak olan bölgede SAM'inin başlangıç noktasının kabaca yaklaşık Z yükseklik değeri ile SAM'inin üretilmesidir. Bu şekilde SAM'leri daha az zaman ve emek harcanarak elde edilebilmekte ve bu da ekonomik olarak büyük bir avantaj sağlamaktadır. Geliştirilen bu yeni yöntemin daha da geliştirilerek yukarıda bahsedilen sorunların giderilmesi suretiyle SAM'lerin daha doğru ve hassas bir şekilde hızlıca, otomatik olarak elde edilmesi mümkün olacaktır. Ancak bilinen görüntü eşleme algoritmalarındaki ilerlemeler ve çok amaçlı algılayıcıların bütünleştirilmesi sonucunda analitik değerlendirme aletlerindeki yüksek kalite düzeyindeki ürünler alınabilecektir.

Elde edilecek hassas ve güvenilir bir SAM'i yardımıyla Dijital Ortofoto, Perspektif Görünüş ve Eř Yükseklik Eğrili Haritalar gibi Dijital Fotogrametrik ürünlerin bu gelişime paralel olarak daha hassas ve güvenilir bir şekilde üretilmesi de mümkün olacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. Can, Z.Cevdet, Karalar, F., Uysal, M., Varlık, A. 1999, “The First Turkish Digital Photogrammetry Software”, Third Turkish – German Joint Geodetic Days, s.5, İstanbul, 1999.
2. Can, Z. Cevdet, İ. Baz, 1987, “Fotogrametrik Modellerden Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modeli İçin B-Spline İnterpolasyonu ve Perspektif Çizim”, İTÜ Dergisi, Cilt 45 , s. 3 – 4, İstanbul, 1987.
3. Gruen , A., 1998, “DTM Generation and Visualization”, Symposium On Digital Photogrammetry, s.VI-1, İstanbul, 1998.
4. Gruen,A.,Emmanuel B., 1987, “High Image Precision Image Matching For DTM Generation”, Photogrammetria (PRS) , 42 , Elsevier Science Publishers , B. V., s. 97 – 112 , Amsterdam , 1987.
5. Gruen,A.,Emmanuel B., 1985, “Adaptive Least Squares Correlation with Geometrical Constraints”, Proc. SPIE , Vol. 595 , s. 72 – 82 Cannes , France , 1985.
6. Gruen,A.,Emmanuel B., 1988, “Geometrically Constrained Multiphoto Matching”, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing , Vol. 54 , No : 5 s . 633 - 641, 1988.
7. Güler , A., 1985, “ Sayısal Arazi Modellerinde İki İnterpolasyon Yöntemi ile Denemeler “ , Harita ve Kadastro Mühendisliği Odası Dergisi , Sayı : 52 – 53 , s. 98 – 118, Ankara, 1985.
8. Güler , A., 1978, “ Sayısal Arazi Modellerinde İnterpolasyon Yöntemleri “ Harita ve Kadastro Mühendisliği Odası Dergisi , Sayı : 85 , s. 53 – 70 , Ankara, 1978.
9. Karalar, F., 1998, “Alana Dayalı Görüntü Eşleme Metodları ile Sayısal Arazi Modeli ve Digital Ortofoto Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, A.K.Ü.; Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
10. Kraus, K., 1992, “With contributions by P. Waldhausl Photogrammetry”, Volume 1, Dümmler / Bonn, 1992.
11. YILDIZ, F., 2007, “Sayısal Arazi Modelleri, Yüksek Lisans Ders Notları”, Konya , 1992.