

## HAVA RESİMLERİNİN ÇEKİMİNDE ATMOSFERİK ETKİLER

Yük. Müh. Gonca COŞKUN  
İTÜ İnşaat Fak.

### ÖZET

Hava resimleri çekilirken sonucu etkileyecek pek çok hata kaynakları vardır. Bunlar atmosferik etkiler, mercek distorsiyonu, filtre tablasının yataylık hatası filmin tam yatay olmaması, filmin kalınlığı, ana nokta ile odak noktasının tam çakışmama hatası, elde edilen negatiften hava fotoğrafı elde edilinceye kadar geçen film banyoları, yıkanma, kurutma aşamalarında filmin boyutlarındaki değişim hataları.

Bu yazıda yalnızca atmosferin hava resimlerinin çekiminde sonuca nasıl bir etki yaptığı ele alınmaktadır.

Hava resimlerinin çekiminde resmi çekilecek cisim ile resim çekme makinesi arasında yüzlerce, bazen binlerce metrelik uzaklık bulunmaktadır. Bu uzaklık içinde atmosfer yer almaktadır. Güneşten gelen ışık ışını atmosferden geçip yeryüzüne indikten sonra tekrar yansyarak filmin pozlanmasına neden olmaktadır.

Işık kaynağı güneşten gelen ışık ışını atmosferden geçerken, atmosferde bulunan çeşitli gazlar, endüstri artıkları, toz, nem ve duman gibi tanecikler nedeniyle yeryüzüne ulaşamaz, atmosferde saçılmaya uğrar. Işığın atmosferde saçılması atmosferin parlaklığını artırır yani ölçülebilen aydınlatma değeri artar. Bu durumun hava resimleri üzerine en belirgin etkisi; yeryüzü kontrastı ile kıyaslandığında hava kontrastını indirgeyici etki yapar. Ayrıca hava resimlerinde detay kaybına ve görüntünün netliğinin bozulmasına neden olur.

Bütün bunlar hava kirliliğinin ve pusun belirli bir büyüklüğüne kadar mavi filtre kullanılarak giderilebilmektedir.

## HARİTACILIK YÖNÜNDEN FOTOGRAMETRİDE YENİLİKLER

Doç. Dr. Hayrettin GÜRBÜZ  
Hacettepe Üniversitesi

### ÖZET

Son yıllarda, elektronik teknolojisindeki gelişmeler fotogrametriye de yansımıştır. Fotogrametrik yöntemle harita yapımının her safhasında, hem kullanılan aletlerde, hem de uygulanan yöntemlerde, on yıl öncesine göre büyük gelişmeler kaydedilmiştir.

Resim çekiminde kullanılan kameraların odak uzaklığı 60 cm'ye kadar çıkarılmış, resim boyutları 24 cm x 46 cm olan geniş formatlı kameralar yapılmıştır. Görüntü yürütme önleme sistemi ile resimlerin kalitesi ve geometrisi geliştirilmiştir. Ayrıca uzaydan çekilen resimlerden orta ölçekli harita yapımı, yakın gelecekte geliştirilecektir.

Değerlendirmede sayısal yöntem yaygın şekilde kullanılır olmuştur. Yeni analitik değerlendirme aletleri yapılmış, eski analog aletler, sayısal veri çıkışı sağlanacak duruma getirilmiştir. Bunlardan elde edilen Sayısal Arazi Modelinden (SAM) ve Sayısal Yüksek-

lik Modelinden (SYM), uygun yazılımlarla, otomatik çizim sistemleri yardımıyla, detay ve düzeç eğrisi paftaları elde edilmektedir.

Foto harita yapımında, gerek rödersman, gerekse ortofoto sistemlerinde analitik yöntem geliştirilmiştir. (SYM)'nden elde edilen profil değerleri yardımıyla, tarama işlemi, bilgisayar kontrolünde otomatik olarak yapılmaktadır.

Hassas aletler ve uygun yazılımlarla, fotogrametrik nirengi ile yeterli hassasiyette kontrol noktası üretilebilmektedir.

## 1- GİRİŞ

Son yıllarda teknolojiadaki gelişmeler fotogrametri konularına da yansımıştır. Fotogrametrik harita yapımının çeşitli safhalarında uygulanan yöntemler ve kullanılan aletler, on yıl öncesine göre büyük ölçüde değişmiştir.

Uygulamada ekonomi ve sıhhat sağlayan bu gelişmeler aşağıda,

- Resim çekimindeki yenilikler ve
- Değerlendirmedeki yenilikler

olmak üzere iki başlık altında ve sadece ana çizgileri ile incelenmiştir.

## 2- RESİM ÇEKİMİNDEKİ YENİLİKLER

Günümüzde harita yapım amacı ile resimler yerden, havadan (uçak ve helikopterlerle) ve uzaydan (uydulardaki algılayıcılarla) çekilmektedir. Bunlardaki son yılların yenilikleri sınırlı ayrıntılarıyla aşağıda sıralanmıştır.

### 2.1- Yersel kameralar

Yersel resimlerden harita yapımı, çeşitli zorlukları nedeniyle sadece özel durumlar için oldukça seyrek kullanılan bir yöntemdir. Bu nedenle yersel resim çekiminde ve kullanılan kameralardaki iyileştirmeler, ana başlıklar halinde aşağıya çıkarılmıştır:

- 1- Resim çekiminde metrik kameralar yanında amatör kameralar da kullanılabilir, maktadır,
- 2- Bazı metrik kameralara film magazinleri takılmıştır. Böylece;
  - Bu kameralarla seri resim çekimi yapılabilir hale gelmiş,
  - Cam yerine film kullanılarak çekimde hız ve ekonomi sağlanmıştır.
- 3- Resim boyutları 13 cm x 18 cm'ye, odak uzaklıkları 20 cm'ye kadar çıkarılmış, böylece;
  - Belli bir baz ve çekim uzaklığındaki model alanı genişletilmiş,
  - Belli bir hassasiyet korunarak, model derinliği artırılmış,
  - Belli bir alan, daha az model ile kapatılarak hız ve ekonomi sağlanmıştır.
- 4- Objektiflerin distorsiyonları 1-5  $\mu$  na kadar düşürülmüştür.

### 2.2- Hava Kameraları

Fotogrametrik harita yapımı amacıyla resim çekiminde kullanılan klasik  $f = 152$  mm; 23 cm x 23 cm'lik kameralar, 1938 yılında kullanılmaya başlanmıştır. 1980'li yıl-

lara gelinceye kadar, topoğrafik ve tematik haritalar için bu kameralar -bir tür standart niteliğinde- kullanılmışlardır.  $f = 85$  mm'lik çok geniş ve  $f = 210$  mm'lik normal açılı kameraların kullanımı ise oldukça sınırlı kalmıştır.

Ancak son yıllardaki bilgi işleme, bilgisayar bazlı ölçme, mekanik fonksiyonlarda otomasyon, harita üretim tekniğindeki gelişmeler, kamera fonksiyonlarının ve konfigürasyonunun, bu gelişmelerin isteklerine paralel olarak yeniden düzenlenme zorunluğunu getirmiştir.

Diğerk taraftan, bilgisayar yardımıyla objektif düzenleme, yeni optik cam türleri, modern emülsiyonların üretilmesi, görüntü yürümesi önleme sistemi, genleşme katsayısı düşük malzemeler, jet uçaklarının resim çekiminde kullanılabilmesi, bu düzenlemeyi kolaylaştıran faktörler olmuştur.

Bilindiğı gibi, fotogrametrik harita yapımında resim ölçeğı, yapım hızını ekonomisini ve sıhhatini büyük ölçüde etkiler ekonomi ve hız sağılamak amacı ile yüksekten resim çekilmesi durumunda, detayların tanınabilirliğı azaldığı gibi görülebilen min.detay boyu büyür, ayrıca elde edilen nokta konum ve yükseklik hassasiyeti de azalır. Bu sakıncaların giderilmesi için, bir taraftan değerdendirme aleti ölçme hassasiyeti artırılırken diğerk taraftan resmin kalitesinin ve geometrik doğruluğunun artırılması hedeflenmiştir.

Bu temel yaklaşım esas alınarak kameralara ve havadan resim çekimine aşağıdaki iyileştirmeler getirilmiştir.

- 1- Distorsiyon hatası yeni düzenleme tekniğı ile  $1 \mu$ 'na kadar düşürülmüştür.
- 2- Film deformasyonunu etkin bir matematik model ile giderebilmek amacı ile kameralara, istenildiğı zaman kullanılabilen kalibre edilmiş reseau plakları konulmuştur.
- 3- Odak uzaklığı 300 mm ve hatta 600 mm'ye kadar büyütülmüştür. Böylece;
  - Resim ölçeğini küçültmeden (hassasiyeti koruyarak), daha yüksekten resim çekerek (geniş model alanları elde ederek), yapımda ekonomi ve hız sağılanmıştır. Örneğın  $f = 210$  mm; 23 cm x 23 cm'lik kamera ile,  $f = 152$  mm'lik kameraya oranla % 40 ekonomi sağılanabilmektedir.
  - Dağılık ve kentsel alanların haritalanmasında, detayların kapatılması azaltılmıştır.
  - Ortofoto harita yapımında, yüksek objelerin görüntülerindeki perspektif konvergens azaltılmış ve yükseklik farklarından ileri gelen görüntü bozukluklarının (özellikle geniş açık kameralarda) etkisi en aza indirilmiştir. Böylece bu etkileri gidermek için ortofoto aletlerindeki optik, ya da elektronik yöntemle görüntü düzeltme işlemi kolaylaştırılmıştır.

Büyük odak uzaklıkları, mevcut ve halen kullanılır durumdaki değerdendirme aletlerine getirilememektedir. Ancak yeni yapılan analog değerdendirme aletlerinin uygulanabilir odak uzaklığı sınırları 85 mm-310 mm aralığına genişletilmiştir. Analitik değerdendirme aletleri için zaten böyle bir sorun söz konusu değıldir.

Uzun odak uzaklığı, baz/yükseklik (b/h) oranını küçülteceğinden, yükseklik hassasiyetini azaltacaktır. Kamera yapımcıları bunu önlemek için resim boyutlarını uçuş yönünde büyütmişlerdir (23 cm x 30 cm veya 23 cm x 46 cm). Bu

da izdüşüm merkezinin, değerlendirme aleti resim taşıyıcısının merkezinden kaymasına sebep olmuştur. Ancak gerek analitik değerlendirme aletlerinde, gerekse sayısal affinanalog değerlendirme aletlerinde böyle bir konum zorunluluğu gerekli değildir.

- 4- Resim boyutları uçuş yönünde genişletilmiştir. Metritek-21 kamerasında resim boyutları, 23 cm x 30 cm; Metritek Large Format Camera (LFC) da 23 cm x 46 cm'dir. Böylece, aynı örtü oranı ile eski kameralara oranla daha geniş model alanı elde edilebilmektedir. Ayrıca, b/h oranı büyütüldüğünden yükseklik hassasiyeti artırılmıştır. Böylece daha hassas sayısal arazi modeli elde edilebilmekte, dolayısıyla gerek tesviye eğrisi çizimi, gerekse profil değerleri hassasiyeti artırılmış, ayrıca ortofoto yapımında yükseklik deformasyonu etkisi en aza indirilerek, ortofotonon geometrik doğruluğu artırılmıştır.
- Büyük boyutlu resimler bilindiği gibi aletlerin resim taşıyıcısına sığmadığından, örtülü alan kesilerek konulmaktadır. Bu durumda iç yöneltmenin yapılabilmesi için, resimlerin dört köşesinden başka, ortalarına da köşe işaretleri görüntülenmektedir.

- 5- Daha güçlü objektifler, daha iyi emülsiyonlar ve görüntü yürümesi önleme sistemi yardımıyla resmin ayırma derecesi 100 çizgi/mm'ye (bazı durumlarda daha fazla) yükseltilmiştir. Eskiden elde edilebilen 11-28 çizgi/mm (görüntüde 35  $\mu$ ) değer ile karşılaştırıldığında, resimde büyük hassasiyet ve kalite sağlandığı görülmektedir. Böylece uygulamalarındaki tıkanıklıklar giderilerek, getirilen yeniliklerle, kullanıcıların kameralardan beklediği, geniş resim alanı, büyük ölçek, üstün görüntü kalitesi ve hassasiyet büyük oranda sağlanmış olmaktadır.

### 3- DEĞERLENDİRMEDE YENİLİKLER

Fotogrametride değerlendirme, kısaca "resimden güvenilir bilgiler elde etme işlemidir" şeklinde tanımlanabilir. Elde edilecek bilgiler, metrik bilgiler olabildiği gibi, yüzey örtüsü ve çevre hakkında semantik bilgiler de olabilir. Bu incelemede sadece, harita yapımına ilişkin metrik ve sematik bilgilerin elde edilmesi konusu ele alınmıştır.

Fotogrametrik yöntemle harita yapımı, matematiksel yaklaşımla, merkezsel izdüşüm olan fotoğraflardan, dik izdüşüm olan haritaların elde edilmesi olarak tanımlanabilir. Merkezsel izdüşümün paralel izdüşüme dönüştürülmesi,

- Mekanik (analog değerlendirme),
- Sayısal (analitik değerlendirme),
- Optik (röдресman, differansiyel yataylama)

yöntemleriyle gerçekleştirilebilmektedir. Her yöntemde kullanılan alet, uygulanan işlemler ve elde edilen ürün farklı olmaktadır.

Analog değerlendirme, genellikle mekanik yapıli izdüşüm türündeki aletlerle yapılmaktadır. Merkezsel izdüşümden dik izdüşümün elde edilmesi, buna olanak verecek şekilde düzenlenmiş mekanik aletlerde, gene mekanik hareketlerle sağlanır. Bu tür değerlendirmeden çizgisel harita elde edilir.

Analitik yöntemde, değerlendirmenin gerek yöneltme adımı gerekse detay ve yük-

seklik bilgilerinin işlenip depolanması, sayısal olarak gerçekleştirilmektedir. Bilgisayar kontrolundaki değerlendirme aletleri de merkezsiz izdüşümün (fotoğraf) dik izdüşüme (harita) dönüştürülmesi, tamamen sayısal olarak yapılmaktadır. Analitik değerlendirmeden, detaylara ait sayısal bilgileri (gerekli detay noktalarının koordinatlarını) içeren Sayısal Arazi Modeli (SAM) ile arazi topoğrafyasını tanımlayacak nitelikte yükseklik bilgilerini içeren Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) elde edilmektedir. SAM ve SYM'nden bilgisayar kontrollu çizim sistemleri kullanılarak istenilen ölçekte, sırasıyla çizgisel detay paftası ve tesviye eğrileri paftası üretilmektedir. Ayrıca SYM'nden uygun yazılımlarla, ortofoto üretiminde kullanılmak üzere profil bilgileri de elde edilebilmektedir.

Bu yöntem, elektronik teknolojiindeki gelişmelere paralel olarak 1977 yılından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. İleriki Bölümlerde sözü edilecek avantajları nedeniyle de, uygulaması giderek yaygınlaşmaktadır.

Optik yöntemde, fotoğraf çekimindeki işlemin tersi uygulanarak optik yapı aletlerle, fotoğraflık görüntü halinde paralel izdüşüme dönüştürülmektedir. Bu işlem, ya resmin tamamı bir defada tek bir izdüşüm düzeni esas alınarak yapılmakta (rödesman) veya resim, diferansiyel parçalar halinde, yüksekliği arazi yüksekliğine göre değiştirilebilen düzlemler üzerine izdüşürülmektedir. Birinci şekilde fotoplan, ikinci şekilde ortofoto paftaları elde edilmektedir.

Rödesman yöntemi kolay ve ekonomik olmasına karşın ancak çok düz arazilerde kullanılabildiğinden uygulanması sınırlı kalmıştır. Bunun yerine, 1965'lerden bu yana diferansiyel yataylama (ortofoto) yöntemi uygulanmaktadır.

Elektronik teknolojiindeki gelişmeler, gerek rödesman, gerekse ortofoto yöntemine de önemli yenilikler getirmiştir.

Aşağıda analog değerlendirme yöntemine getirilen yeniliklerle, bunların ve analitik değerlendirmenin harita yapımında sağladığı avantajlar sıralanmıştır. Ayrıca fotoğraflık değerlendirme yöntemindeki yeniliklere de kısaca değinilmiştir.

### 3.1- Analog Aletlere Getirilen Yenilikler ve Sağlanan İyileştirmeler

Mekanik hareketlerin sınırlılığı ve rijit yapısı, değerlendirmeyi, dolayısıyla harita yapım parametrelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin bazı analog aletlerde, yalnız belli odak uzaklıklı kameralarla çekilmiş, belli boyutta resimler değerlendirilebilmektedir. Ayrıca model alanı hareket boyutları, resimden haritaya büyütme oranının sınırlı kalmasına sebep olmaktadır.

Analog aletlerde model noktası konum sıhhati genellikle  $7 \mu$  ila  $10 \mu$  arasındadır. Bu değer, elde edilebilen konum ve yükseklik hassasiyetini doğrudan etkilemektedir. Gerekli hassasiyetin sağlanabilmesi için, getirdiği ekonomik yüke katlanılarak genellikle resim ölçeği büyütülmektedir.

Zaman içinde mekanik bağlantılarda meydana gelen boşluklar ve uyumsuzluklar, aletin sıhhat derecesini azaltmaktadır. Bunun olumsuz etkisini azaltmak için resim ölçeğinin büyütülmesi gerekmektedir ki, bu da ekonomi ve zamanı büyük ölçüde etkilediğinden zorunluluk olmadıkça yapılmaması gereken bir şeydir.

Çok önemli bir konu da, distorsiyon hatası, film büzülmesi, refraksiyon ve yer küreselliği etkisi gibi fotoğrafta var olan hatalarla model oluşturmadaki kalıntı hataların mekanik sistemlerle, istenilen düzeyde giderilmesi mümkün olamamasıdır. Komşu mo-

dellerin birleştirilmesi ise, ancak değerlendirmeden sonra detayların kenarlaştırılması ile yapılabilmektedir.

Diğer taraftan harita bilgilerinin tek bir ölçekte çizgisel gösterimler halinde üretilmesi, bunlarda ekleme-çıkarma, ya da düzeltme türündeki değişikliklerin yapılmasında zorluklar yaratmaktadır. Aynı alanın daha büyük ölçekli, ya da daha küçük aralıklı düzeç eğrili haritası gerektiğinde, ilgili parametrelerin elverişli olması durumunda bile, resimlerin tekrar alete konularak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bunun tersine, analitik aletlerde ve sayısal harita bilgilerinde büyük bir esneklik bulunmaktadır. Ancak halen dünyada kullanılabilir durumda pek çok analog alet bulunmaktadır. Bunların tümünü bir kenara atmak yerine, günümüz tekniğini bunlara olabildiğince uygulayarak işlemlerde ve üretimde birtakım iyileştirmeler sağlanması yoluna gidilmiştir.

Analog aletlerde ve değerlendirmede yapılan değişiklikler ve sağlanan iyileştirmeler aşağıda maddeler halinde özet olarak sıralanmıştır.

- 1- Analog aletlerdeki model noktasının mekanik hareketi dönüştürücüler (encoder) yardımıyla sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Böylece;
  - o Model noktası koordinatları, sayısal değerler halinde elde edilebilmektedir. Bu koordinatlar, ya bir ekranda görüntülenmekte veya bir otomatik kayıt cihazı ile kaydedilmektedir. Bunun her ikisi bir arada da gerçekleştirilebilmektedir. Kayıta değişik MOD'lar kullanılabilmekte ve gerekli tanıtıcı sayısal bilgiler (numara, vb. gibi) eklenebilmektedir.
  - o Bu koordinatlar, bir mikro işleyici yardımıyla sürekli olarak arazi sistemine dönüştürülebilmekte ve yukarıdaki şekilde kaydedilerek sayısal arazi modeli elde edilebilmektedir.
  - o Gerek model, gerekse arazi koordinatlarına, fotoğraf ya da model hataları ile ilgili düzeltmeler getirilebilmektedir.
  - o Tesviye eğrilerinin elle çizimi sırasında yükseklik bilgileri sayısal değerleri de elde edilebilmekte, uygun yazılımlarla bundan düzeç eğrisi sayısal değerleri ve (veya) sayısal profil değerleri elde edilebilmektedir.
- 2- Yeni üretilen analog aletlerde, uygulanabilen odak uzaklığı sınırları 85 mm-310 mm'ye genişletilmiş, böylece her tür kamera ile çekilen resimlerin aynı altte değerlendirilmesi olanağı sağlanmıştır. Ayrıca universal cam taşıyıcıları takılarak, her boyutta resmin değerlendirilmesi olanağı sağlanmıştır.
- 3- Bazılarında  $\mathcal{H}$  ve  $\omega$  hareketleri birleştirilerek, karşılıklı yöneltmenin  $\omega$  çözümündeki fazla düzeltme uygulaması ortadan kaldırılmıştır. Böylece, özellikle dağlık ve yarım modellerin karşılıklı yöneltmesinde kolaylık ve hız sağlanmıştır (Zeiss Planicart),
- 4- Çizim masasındaki pafta, bir televizyon ekranına alınarak operatörün gözlemine sunulmuştur. Böylece çizimin eksiksiz yapılması sağlanmış ve operatör yardımcısının hizmetine gerek kalmamıştır.
- 5- Bazılarında aynı televizyon ekranı üzerine, sağ ya da sol resim de görüntülene-

rek, pafta ile resmin karşılaştırılması sağlanmış ve özellikle revizyon işlemine kolaylık ve hız getirilmiştir.

- 6- Elektronik çizim masası eklenerek bu masanın getirdiği kolaylıklardan (3.3) yararlanma sağlanmıştır.

### 3.2- Analitik Değerlendirme ile Sağlanan İyileştirmeler

Analitik aletlerde, yukarıda değinildiği gibi, merkezsiz izdüşümü dik izdüşüme dönüştürme işlemi sayısal olarak gerçekleştirilmektedir. Böylece;

- 1- Her odak uzaklıklı kamera ile havadan ya da yerden çekilmiş düşeye yakın, eğik ve konvergent resimler değerlendirilebilmektedir.
- 2- İç karşılıklı ve mutlak yöneltme işlemi sayısal olarak yapılmaktadır.
  - o 4 ya da 8 köşe işaretine (fiducial mark) ölçü markası uygulanarak, resim koordinatları alındıktan sonra, resim asal noktasının ve izdüşüm merkezinin koordinatları hesaplanabilmekte; film büzülmesi etkisi verilen matematik modele uygun olarak giderilebilmektedir.
  - o Modeldeki standart noktalara otomatik olarak gidilip koordinatları alındıktan ve paralaksar giderildikten sonra, karşılıklı yöneltme sayısal olarak yapıp kalıntı paralaksar liste edilmektedir.
  - o Mutlak yöneltmede X, Y koordinatları bilinen iki noktaya elle uygulama yapıp arazi koordinatları verildikten sonra diğer yer kontrol noktasına otomatik olarak gidilebilmekte, ölçek ve yükseklik ayarları sayısal olarak yapıp kalıntı hatalar listelenmektedir.
  - o Modelde yeter sayıda ve uygun konumda yer kontrol noktası bulunması durumunda, karşılıklı ve mutlak yöneltme aynı zamanda yapılabilir.
  - o Analog alette en az 2,5 saatte yapılabilen yöneltme işlemleri, 30 dakikadan az bir zamanda gerçekleştirilebilmektedir.
- 3- İstenildiğinde elle çizim yapılarak bağlanabilen elektronik masada çizgisel harita elde edilebilmektedir. Çizim esnasında gerekli detay noktalarının koordinatı kaydedilip SAM elde edilebilmektedir. Tesviye eğrileri çizimi esnasında da,
  - Belirli zaman aralıkları ile veya
  - Belirli mesafelerde veya
  - Belirli eğrilik değişimlerindekoordinatlar kaydedilip tesviye eğrisi sayısal değerleri elde edilebilmektedir.
- 4- SAM, çizim yapmadan, sadece ölçü markası ile detay noktalarına gidip koordinatlarını kaydederek de elde edilebilmektedir.
- 5- Model, aralığı ayarlanabilen profiller boyunca taranarak, düzgün kare ağı noktalarına veya rasgele yayılmış model noktalarına gidilerek koordinatlar kaydedilmek suretiyle SYM elde edilmekte, bundan uygun yazılımlarla;
  - o Elektronik çizim sisteminde otomatik çizim için düzeç eğrisi sayısal değerleri,

- o Otomatik tarayıcı ile ortofoto elde etmek için kullanılmak üzere sayısal profil bilgileri,
- o Stereo ortofoto yapımı için profil bilgileri,
  - o Arazi topografyasının belli bir doğrultudan perspektif görünümünü veren sayısal bilgiler,
  - o Bir arazi platformunun, verilen eğimlerdeki iki düzlem arasındaki hacmi elde edilebilmektedir.

6- Resimde, alette ve model oluşturmada var olan,

- o Refraksiyon,
- o Radyal simetrik distorsiyon,
- o Yer küreselliği,
- o Film büzülmesi ve
- o Aletteki ölçek, diklik, vb. kalibrasyon hatalarının

gerek elde edilen sayısal değerlerdeki, gerekse yapılan çizimdeki etkileri otomatik olarak giderilebilmektedir. Böylece fotoğrafın merkezsiz izdüşüm olma niteliğini bozan etkenler ortadan kaldırılarak değerlendirilmenin sıhhati artırılmaktadır.

7- Gözleme sisteminde yapılan düzenlemelerle,

- o Stereoskopik, pseodoskopik ve her resmi monoskopik olarak gözleme olanağı sağlanmıştır.
- o Ölçü markasının türü (ışıklı nokta, ışıklı daire, siyah nokta), şekli (daire,  $(x + \dots)$ ), boyutlu ( $20 \mu$  ila  $60 \mu$  arasında) ve rengi değiştirilebilmektedir.
- o Gözleme sistemi büyütmesi artırılmıştır. (Wild BC2'de 9 kez, AC1'de 8 kez Zeiss planicomp C 140'da 8 kez) Ayrıca eklenen zoom sistemi ile büyütme 2-3 katına çıkarılabilmektedir (Wild AC ve BC serisinde 5,5 ila 19 kez; Zeiss Planicomp C 120'de 7,5 ila 30 kez; C 140'da 16 x kez)

8- Model noktasının koordinatları resim taşıyıcısı sisteminde, model, yer ve pafta sisteminde, istenilen eksen durumuna, ya da alınacak bir profil eksenine göre ölçülebilmekte ve otomatik olarak kaydedilebilmektedir.

9- Ölçme sistemi ayırma derecesi genellikle  $1 \mu$  na, ölçme hassasiyeti  $1,5 \mu$  ila  $2 \mu$  na indirilmiştir.

10- Hareket sisteminde

- Model noktası planimetrik hareketleri,
  - o Serbest elle ve (veya)
  - o El çarkları ile
- yavaş, orta ve hızlı şekilde sağlanabilmekte,
- X', Y ve Z yönünde bağımsız olarak ve istenilen hızda hareket sağlanabilmekte,
- Z hareketi ayak çarkı ile üç değişik hızda uygulanabilmekte,
- Profillemede X', Y, Z hareket hızları kontrol edilebilmekte,
- Yalnız sağ ya da sol resim; yalnız sağ ya da sol görüntü; normal hava resimle-

ri modelleri ya da yersel modellerde, X, Y, Z yönünde, ya da profiller boyunca hareket verilebilmektedir.

- 11- Ölçü markasının resim üzerindeki yeri operatör tarafından izlenebilmektedir.
- 12- Model noktası hareketleri ile elde edilen çizim, bir televizyon ekranında görüntülenebilmekte, bu görüntüde ekleme-çıkarma, düzeltme, özel işaret ve sembol koyma, vb. işlemler yapılabilmektedir.
- 13- Oluşturulan yazılımlarla 80 dolayında modelin değişik yönleri ile değerlendirilmesi yapılabilmekte ve her yöntemde fotogrametrik nirengi uygulamaları gerçekleştirilebilmektedir.

### 3.3 Elektronik Çizim Sistemleri ve Harita Yapımında Sağladığı Kolaylıklar

Klasik analog değerlendirme aletlerinde çizim, değişik boyutlu iç ya da dış masalarda yapılmaktadır. İç masalarda sadece model ölçeğinde çizgisel değerlendirme yapılabilmektedir. Model ölçeğinden daha büyük ölçekte değerlendirme için dış masalar kullanılmaktadır. Model noktası hareketi, genellikle mekanik olarak (dişli çarklar, dairesel diskler...) bazen de elektriksel bağlantılarla masa üzerindeki kaleme, belli oranlarda ( $v_z$ ) büyütülerek-gerektiğinde küçültülerek-iletilmektedir.

Bu bağlantı sisteminin sınırlı sıhhati, var olan  $v_z$  oranlarının model ölçeğini sınırlayıcı etkileri, vb. fotogrametrik değerlendirmeyi olumsuz yönde etkilemektedir.

Elektronik teknolojisindeki gelişmelerle sayısal değerlendirme gündeme gelince, mekanik masalar yerini elektronik çizim sistemlerine bırakmıştır.

Elektronik çizim sistemleri, çok genel anlamda, "X ve Y yönündeki kalem hareketi bilgisayar tarafından denetlenen sayısal çizim sistemleridir." şeklinde tanımlanabilir. Paftanın konulduğu yüzey, eğimi değiştirebilen bir masa tablası olabildiği gibi, silindirik bir yüzey de olabilmektedir.

Wild Aviatab TA, TA 2, TA 10; Zeiss (batı) DZ 7 ve silindirik GP 7580; Kern GP-1 bunlara örnek olarak verilebilir.

Bunların ayırma derecesi genellikle ölçmede  $10 \mu$ , konumlandırmada  $20 \mu - 40 \mu$  arasındadır. Eksenler boyunca hareket hızı 250 ila 300 mm/s; ivmeleri  $2-5 \text{ m/s}^2$ ; çizim kalemi sayısı 2 ila 4 adet (TA 2 de 2; DZ-7 de 3; Planitab'da 4); ağırlıkları 320 kg ila 420 kg dolayındadır. Ayrıca hepsinde modelden paftaya büyütme oranı ( $v_z$ ) aralığı genişletilmiştir (DZ-7 de 9:1 ila 1:9).

Analog alete bağlanarak doğrudan çizimde kullanılan; analog alete bağlanarak sayısal harita bilgileri elde edilebilen; analitik aletle birlikte çalışan ve otomatik çizim yapabilen ayrı türleri de bulunmaktadır (Zeiss DZ 7A; DZ 7 C; DZ 7 P gibi).

Bu masalar harita yapımında önemli kolaylıklar sağlamıştır. Bağlı veya ayrı çalışması durumunda, yapılabilen işlemlerden önemlileri aşağıda sıralanmıştır.

- Değişik kalınlıkta ve türde çok çeşitli çizgiler çizme (TA 10'da 200 çeşit),
- 999'a kadar değişik sembol çizme ve yeni semboller üretme,
- Noktaları düz ya da eğri çizgilerle otomatik birleştirme,
- Paralel çizgiler çizme,

- İstenilen alanı değişik şekillerde tarama,
- Kapalı şekil çizme,
- Dikdörtgen tamamlama,
- Kare ağı çizme,
- Pafta hazırlama,
- Nokta tersim etme,
- Noktalara balastro çevirme,
- Çeşitli şekil ve formda yazı yazma,
- Nokta yüksekliği ve pafta koordinat ağı yazılarını yazma,
- İstenen noktaya gitme,
- Uygun yazılımla otomatik tesviye eğrisi çizme,
- SAM'nden detay çizme,
- Paftanın modele göre yönlendirilmesi
- Tükenmez kalemle ve mürekkeple çizim yapma ve mayler altlıklara kazıma,

### 3.4 Fotografik Değerlendirmeye Getirilen Yenilikler

#### 3.4.1 Ortofoto Yapımında Yenilikler

Klasik yöntemde ortofoto yapımı, bir analog alete bağlanmış ortofoto cihazı ile yapılmaktadır. Stereo model, operatör tarafından el ile, x ya da (genellikle) y yönündeki otomatik hareket boyunca, ölçü markası araziye teğet tutularak taranırken, bir taraftan da sağ ya da sol resimden, diferansiyel görüntü ünitesi, ortofoto cihazındaki emülsiyonlu altlık üzerine fotografik olarak kaydedilmektedir. Görüntü ünitesinin boyutları, değişik boyutlu görüntüleme penceresi ile ayarlanmaktadır. Engebeli arazilerde, yükseklik farklarından ileri gelen görüntü açıklıklarını veya görüntü dublikasyonlarını minimum düzeyde tutmak için, daha küçük boyutlu görüntüleme penceresi kullanılması ve profillemenin çok yavaş yapılması gerekmektedir.

Bu yöntemin önemli sakıncaları bulunmaktadır. Bunlar;

- o Sağ ya da sol resimden alınan görüntü ünitesinin, herhangi bir düzeltme getirilmeden aynen izdüşümlendirilmesi,
- o Mekanik bağlantıların getirdiği olumsuzluk ve sınırlamalar,
- o Profilleme (ve tarama) için pahalı alet sisteminin uzun süre meşgul edilmesi,
- o Fazla zaman alması,
- o Modellerin sıhhatli bir şekilde birleştirilememesi,
- o vb.

dir.

Bu sakıncalar, son yıllarda geliştirilen analitik ortofoto yöntemi uygulaması ile büyük ölçüde giderilmiştir. Bu yöntemde, önce sayısal profil değerleri elde edilmektedir. Profil değerleri,

- o Modelde tesviye eğrileri çizilirken kaydedilen düzeç eğrisi sayısal değerlerinden hesaplanarak,
- o Doğrudan profilleme yapılarak (elle veya korelatörlerle otomatik olarak),
- o Herhangi şekilde elde edilmiş SYM'nden, hesaplayarak,
- o Daha önce çizilmiş tesviye eğrilerinin sayısallaştırılmasından hesaplanarak.

elde edilmektedir. Modelden profil değerlerinin elde edilmesinde genellikle sayısal

değer çıkışlı ikinci sınıf analog aletler kullanılmaktadır. Foto-harita için zaten tesviye eğrisi çizimi gerekli olduğundan, profil değerleri elde etmenin ortofoto yapımı içindeki zaman payı fazla tutmamaktadır.

Elde edilen sayısal profil değerleri, bilgisayar kontrollu analitik ortofoto aletlerinde kullanılarak, model bu profiller boyunca otomatik olarak taranmaktadır. Analitik ortofoto aletinde, görüntü ünitesine düzeltmeler getirilerek, gerek tarama yönündeki, gerekse buna dik yöndeki yükseklik farklarından ileri gelen görüntü hataları ile, yüksek objelerin resimlerindeki görüntü yaklaşımlarının etkisi önemli ölçüde giderilmektedir. Modelin yönlendirilmesi, görüntünün döndürülmesi ve istenen büyütme oranı otomatik olarak yapılmaktadır. Tarama işlemi, arazi topoğrafyasından bağımsız olarak büyük bir hızla (30 mm/s) yapılabilir. Tarama zamanı kısaldığından, daha küçük boyutlu görüntü pencereleri kullanılarak ortofotonun sıhhati artırılabilir.

Model birleştirmeleri analitik olarak yapıldığından komşu modeller ve komşu kolonlar arasında herhangi bir uyumsuzluk bulunmamaktadır.

Profilleme ile tarama, birbirinden ayrılmış, böylece pahalı ortofoto aleti sadece tarama süresince işgal edilir olmuştur.

Özet olarak, analitik uygulama ile, ortofoto yapımına hız, ekonomi ve sıhhat getirilmiştir.

### 3.4.2 Fotoplan Yapımında Yenilikler

Fotoplan yapımı (röдресman) özet olarak "hava fotoğrafını, eğikliğinden ileri gelen bozuklukları gidererek, belirlenen ölçekte yeniden görüntülemektir" şeklinde tanımlanabilir. Başka bir deyişle, röдресman (standart rectification) işlemi ile, resim ölçeklendirilmekte ve eğriligi giderilmektedir.

Klasik röдресman aletlerinde, bu işlemde yerine getirilmesi gereken, Newton ve Scheimflug şartları ile kaçış noktası kontrolü, mekanik olarak sağlanmaktadır. Elde edilen görüntünün ölçeklendirilmesi ve eğikliğinin giderilmesi, istenen fotoplan ölçeğinde tersim edilmiş ve en az dört adet yer kontrol noktası ile bunların görüntüleri karşılaştırılarak, izdüşüm masasına elle verilen X, Y ve ayakla verilen Z yönündeki hareketlerle amprik olarak sağlanmaktadır.

Son yıllarda üretilen bilgisayar kontrolü röдресman aletlerinde,

- Gerekli şartlar (Newton, Scheimplug ve kaçış noktası kontrolü) otomatik olarak daha hızlı ve daha doğru olarak yapılmaktadır.
- Ayırma derecesi yüksek, distorsiyonu küçük objektifler kullanılarak görüntünün metrik doğruluğu artırılmıştır.
- Ölçeklendirme ve yöneltme için pafta kullanılmasına gerek kalmamıştır.
- Pozlanma otomatik olarak ayarlanmaktadır.
- Eklenebilen renk birleştirme sistemi ile, renkli fotoğraftan renkli fotoplan yapılabilir.

Bilindiği gibi röдресman işleminde, arazideki yükseklik farklarından ileri gelen görüntü kayması giderilemediğinden, uygulaması sadece, tamamen düz sayılabilecek bölgelerle sınırlı kalmaktadır. Ülkemizde bu nitelikte arazi bulunmadığından fotoplan üretimi de yapılmamaktadır.

#### 4- SONUÇ

Elektronik teknolojinin fotogrametriye uygulanması, gerek resim çekiminde, gerekse değerlendirmede köklü değişiklikler getirmiştir. Analog aletlerin yerini analitik aletler almıştır. Sayısal değerlendirme, sağladığı çok yönlü olanaklar, sıhhat ve hız nedeniyle giderek artan bir yoğunlukta kullanılmaktadır.

Ülkemizde de daha fazla zaman geçirilmeden sayısal değerlendirmeye geçilmesi gerekli ve zorunludur. Bir yandan eskimiş ve sıhhatini büyük ölçüde kaybetmiş analog aletler, uygun konfigürasyonda analitik sistemlerle değiştirilirken, elde bulunan iyi durumdaki aletlere gerekli cihazlar eklenerek, sayısal bilgiler alınabilir duruma getirilmelidir.

#### YARARLANILAN KAYNAKLAR

- (1) Kreiling, W. Hasler, A.: The Wild AVIOLYT AC1/AVIOTAB TA 2 a Computer-Controlled Photogrammetric System. Presented Paper for com. II of XIV. Congress of ISP, Hamburg, 1980.
- (2) Voziki, E. Loitsch, J.: SORA-PR Program for Rectification of Tilted Photographs of Plane Objects, Presented Paper for com. IV of XIV. Congress of ISP, Hamburg, 1980.
- (3) Höhle, J. Jakob, A: Computer-Aided Mapping With the Wild AVIOPLOT RAP System, Presented Paper for com. II of XIV. Congress of ISP, Hamburg, 1980.
- (4) Klaver, J.: Computer-Supported Stereocompilation, Presented at the ISP Com. IV. Inter Congress Symposium "New Technology For Mapping" Ottawa, 1978.
- (5) Roberts, T.P. Wehrli, H.J.: Brewster, N.Y.: A Unique Concept in Analytical Plotters Kern Instrument Co. CH-5001 Aarau/Switzerland.
- (6) Chapuis, A.: The Kern System DSR 1-GP 1 Digital Stereo Restitution Instrument and Graphic Peripheral, Presented Paper for Com II of XIV. Congress of ISP, Hamburg, 1980.
- (7) Meier, H.K.: Progress Forward Motion Compensation for Zeiss Aerial Cameras, Bildmessung und Luftbildwesen 3 a/1984.
- (8) Faust, W.H.: Methods and Instruments for Production of Photo Maps, Bildmessung und Luftbildwesen 3 a/1984.
- (9) Peled, A. Shmutter, B.: Analytical Generation of Orthophotos from Panoramic Photographs, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol: 50, No: 2, 1984.
- (10) Colvocoressen, A.P.: Image Mapping with the Thematic Mapper, Photog. Engin. and Remote Sensing, V: 52 No: 9, Septem. 1986.
- (11) Hatzopoulos, J.N.: An Analytical System for Close-Range Photogrammetry, Photog. Engin. and Remote Sensing V: 51, No: 10, October 1985.