

ORTOPROJEKTÖR VE ORTOFOTO HARİTASI

Hazırlayan : Müh. Yzb.
İlhami TÜZEL

1. GİRİŞ :

İlk defa 1965 de Almanya'da Baden - Württemberg Topoğrafya dairesinin Karlsruhe'deki ofisinde, kartoğrafik işlemi müteakip bir foto-harita olarak negredilen ortofoto; normal bir perspektif fotoğraftan hazırlanmış bulunan ve üzerinde fotoğraf eğikliği (fotoğraf alımındaki φ ve ω eğikliği) ve arazi engebeliğinden doğan relief kaymaların giderilmiş olduğu bir fotoğrafik reproduksiyondur.

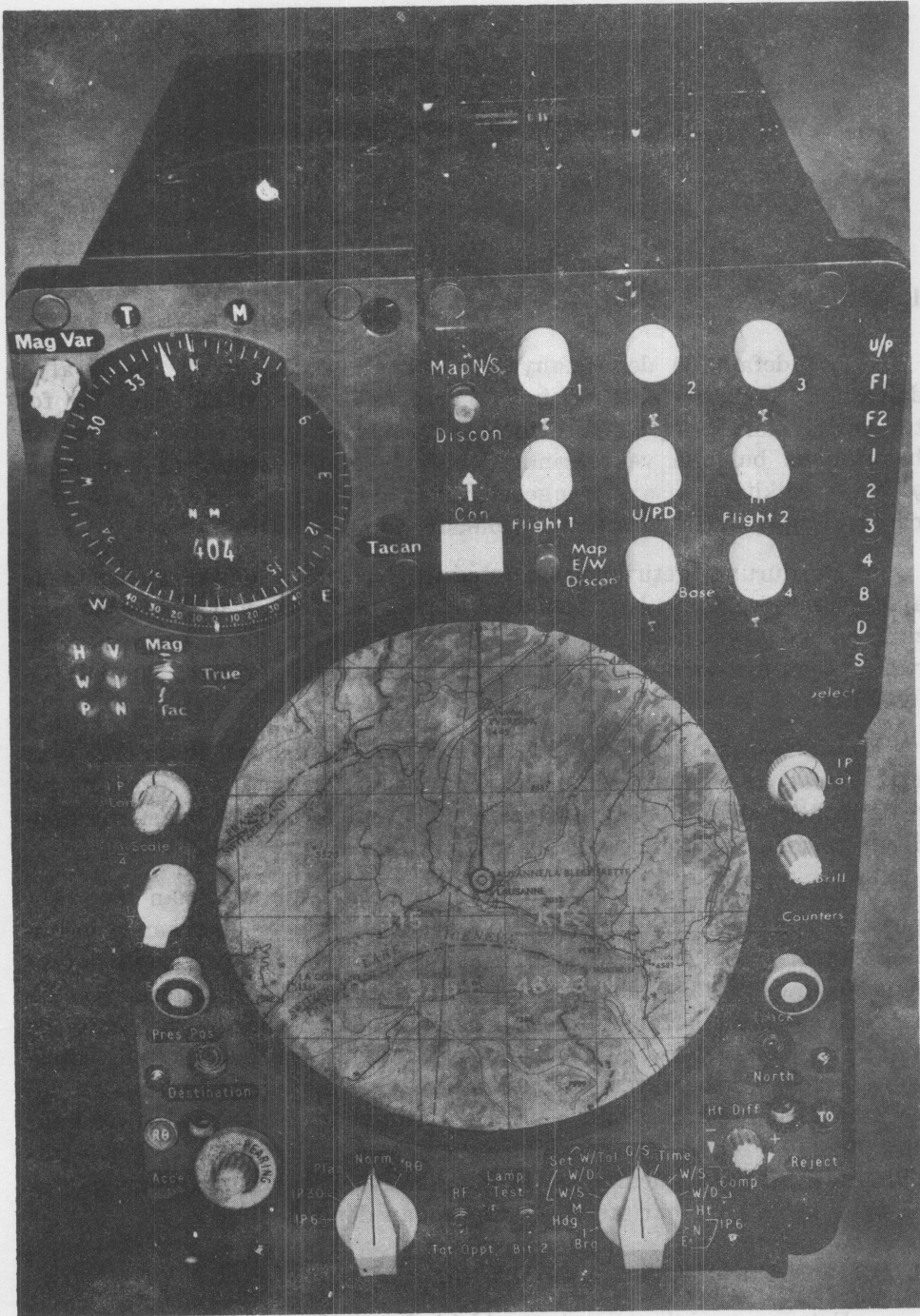
Bu duruma getirilmiş bir fotoğraf, ölçeğin de ilavesiyle harita ile aynı metrik özellikleri haiz olacaktır. Harita, ufki bir düzlem üzerine arazinin ortogonal projeksiyonudur. Böyle bir projeksiyonla elde edilen ve harita ile aynı metrik özellikleri havi bir fotoğrafa da verilecek isim ORTOFOTO olmak gerekir.

Bilhassa son yıllarda dünyanın her tarafında hızla gelişmekte olan kartoğrafik çalışma, fotogrametrinin gelişen kullanışını ve tekniğini gerektirmektedir. Ortofoto da gelişmekte olan yeni bir konu olması bakımından tatbikati, haritacılık kuruluşları için faydalı sayılabilir.

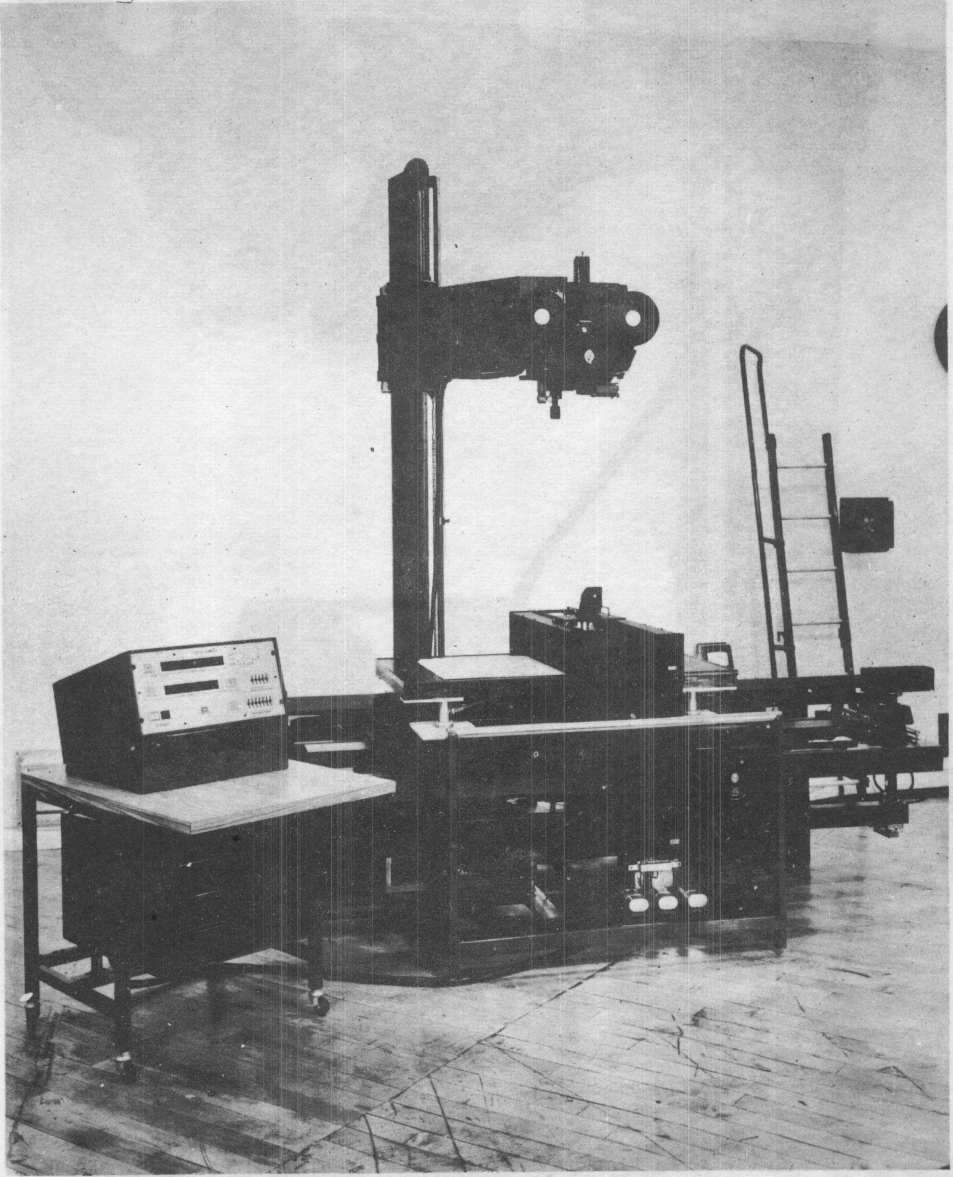
Ekonomik sonuçları itibariyle günbegün önem kazanan ortofoto; gerek yeni haritaların istihsalinde ve gerekse revizyon konusunda önemlidir. Normal usul ile rödresman edilmiş mozaiklerden çok daha hassas olan bir foto haritası, bilhassa arızalı arazide s.hhatlilik gösteren özellikleri sonucu önem kazanmaktadır. Foto haritaların önemli bir özelliği de fotoğrafın haiz olduğu bilgileri taşıması bakımından kesif detaylı bölgelerde normal haritaya nazaran okuma kolaylığı ile kıymetlendirme ve bütünleme zorunluğunun azalmış olması durumudur. Bu bakımdan okunaklılık yönünün muhafaza edilebilmesi için harita ölçeği $\geq 1 : 25.000$ olabilir. Bu ölçek daha küçük ölçekler için bir temel olarak hazırlanır ve grafik metodlarla çizgi haritası haline sonradan dönüştürülür.

II. ORTOFOTO ÜRETİM METODLARI :

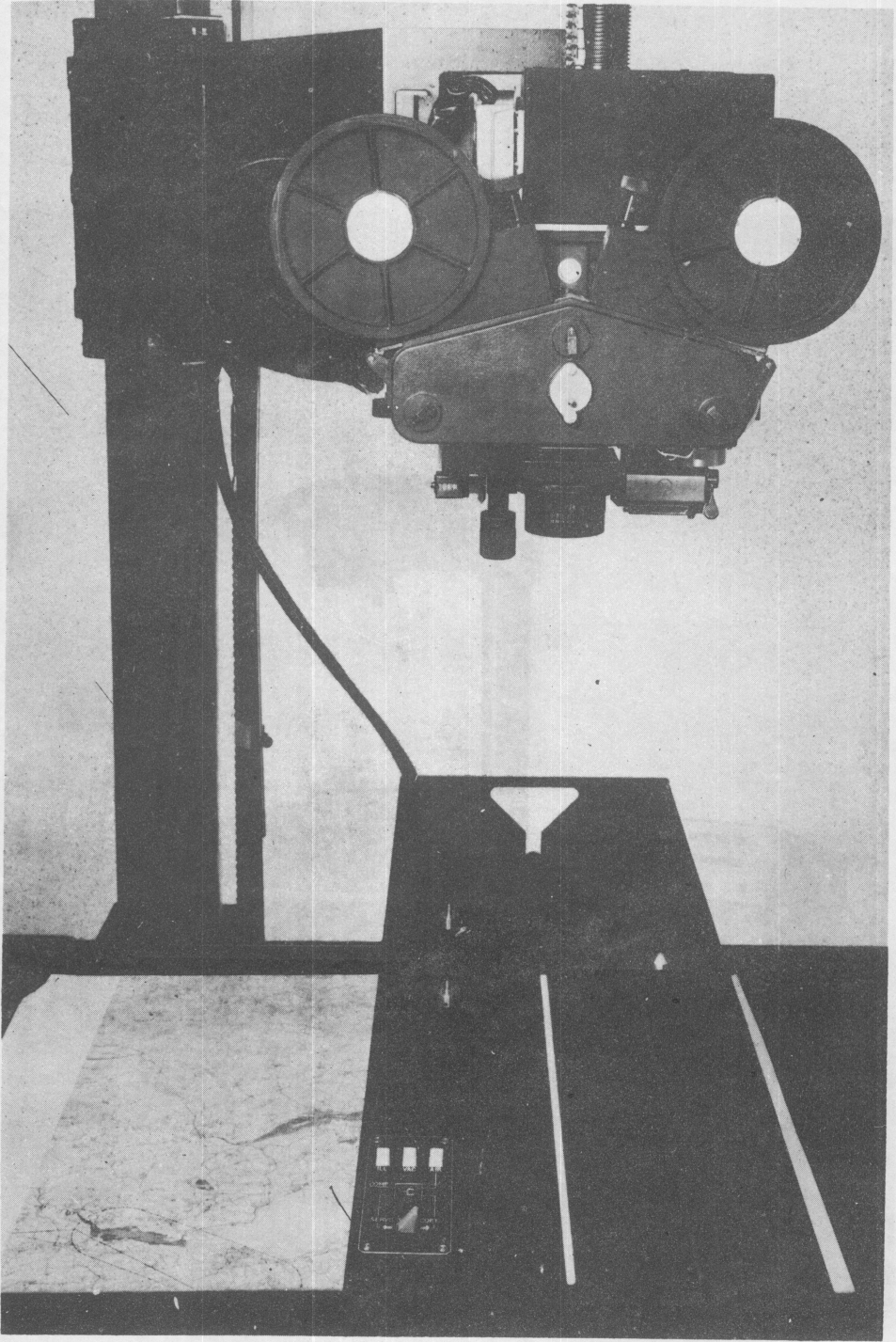
Fotogrametrinin gayesi arazideki detayı fotoğraflar halinde kaydetmek ve bu kayıtlardan yani fotoğraflardan istenilen harita veya koor-



Şekil 4 : Harrier Seyrisefer tertibatı ve Kompüter



Şekil 2 : Harita Rektifiye Makinası



Şekil 3 : Rektifiye Makinası Görme Yarığı

dinat değerlerini elde etmektir. Yani ya stereokıymetlendirme yapılır veya fotoğraflardan direkt ölçüler yapılır. Normal kıymetlendirmenin dışında, bunun en basit usulü hava fotoğraflarının rödresmanıdır. Rödresman problemi bugün çeşitli metodlarla geliştirilmiştir. (şekil-1) *

Şeklin birinci kısmında ortalama bir düzleme göre basit rödresman (Örneğin Zeiss SEG-V cihazı ile yapılan) görülmektedir. Burada relief kayma ($dr = dh \cdot \tan \alpha$) kadar olmaktadır. Burada (dh), ortalama ufki düzleme nazaran yükseklik farkı ve (α) açısı da kamera görüş açığından gelen değerdir.

Nadir noktasına göre aykırık yükseklik

Şeklin ikinci kısmında (ortada) yine ufki bir düzlem üzerine kıymetlendirme aletinde elde edilen modelin şeritler halinde parçalı rödresmanı görülmektedir. Birinci durumda beliren hata burada daha da azal-

makta ve ($dr = \frac{\Delta x}{2} \tan \alpha \tan \beta_x$) lik bir değere ulaşmaktadır. Bu for-

mülde de yukarıdakine ilaveten (Δx) *Tarama* profillemeye slit (profillemeye yarığı) genişliğini ve (β_x) de arazinin x-istikametindeki eğimini ifade etmekte-

dir. Metodun icrasında Zeiss GZ-1 Ortoprojektör ve C8 stereoplanigraf (1)

kullanıldığı gibi bundan başka Zeiss Jena'nın Topocart-Orograf-Orto- (2)

fot (Topocart kıymetlendirme aleti, Orograf kesik hatlar çizen alet ve

Ortofoto ise fotografik reproduksiyonu veren alettir.) Kombinasyonu ve (3)

Şeklin üçüncü kısmında yine parçalı rödresman, fakat optiksel interpolasyon usulü kullanılarak daha da geliştirilmiş metodun geometrik şekli görülmektedir. Burada prejeksiyon yüzeyi arazi eğimine uygun olarak eğdirilmektedir, bu sonuç ile sistem hataları (0,1 - 0,2 mm) ye kadar düşürülmektedir. Bu üç metod da aşağıda izah edilecektir.

III. ORTOPROJEKTÖR VE PARÇALI RÖDRESMAN METODU :

Burada en yaygın ortoprojektör olan GZ-1 den bahsedeceğiz. Alet ancak Zeiss Planimat ve C8 stereoplanigraf ile müstereken kullanılabilir. C8 de bulunan kameralara benzer normal bir kamerayı taşır. (şekil-2) Ayrıca görüntüde netlik sağlayacak yardımcı aksesuarı da vardır. Projektör, Prejeksiyon sistemi ve hareket eden slit kısmından ibarettir. Projektör sistemi ; foto taşıyıcısını, net görüntüyü sağlayacak mercek sistemini ve hareket eden ışıltma sistemini ihtiva eder. Sistem bütün olarak (Z) istikametinde hareket edebilen vidalı üç mil üzerinde monte edilmiştir.

* Şekiller yazının sonunda gösterilmiştir.

ON-LINE
usulü

C8-GZ-1 ortoprojektör kombinasyonu ile parçalı rödresman şu şekilde yapılır: Problemin gayesi yukarıda izaha çalıştığım (dr) relief kayma hatalarını elimine etmektir. Bu suretle normal haritaya en yakın bir fotoğraf elde edilecektir. Önce hava fotoğrafı negatiflerinden basılacak diapozitif camlar kolon başlangıç ve sonuç pozları için birer ve diğer ara modelleri için de ikişer adet olarak basılır. Meselâ kolonun sol başından işe başladığımıza göre seçilen modelin sol resmi sol kameraya sağ resmi de sağ kameraya yerleştirilir. Gereken odak uzaklığı bağlanır. Sağ resim çift olarak basıldığından bir tanesi de karanlık odada bulunan ortoprojektöre yerleştirilir.

Aynı odak uzaklığı bu kameraya da bağlanır. Kıymetlendirme aleti ortoprojektöre bağlanmadan önce bildiğimiz usulde modelin önce rölatif ayarı yapılır. Bu suretle aletin koordinat sistemi (xyz) olarak model koordinat sistemi ile çakışması için modelin kati (yani baz ve rakım) ayarı yapılacaktır. Herhangi bir ölçekte hazırlanacak bir harita kağıdı ve gerekli model ölçeği ile çarkların kıymetlendirme aletine tatbiki suretiyle kati ayar tamamlanır. Bundan sonra kıymetlendirme aletinin sağ kamera değerleri (γ, φ, ω) aynen ortoprojektöre taşınır. Kıymetlendirme aletinin (Y) hareketi modelin topoğrafik hareketine uygun bir hıza motor vasıtasıyla bağlanır. Yani (Y) hareketi otomatik olarak yürüyecektir. Aynı şekilde (X) hareketi de her profil hattı sonunda sağa kayacak şekilde otomatik mekanizma ile ayarlanır. Bu sağa kayma miktarı yine arazinin (X) istikametindeki eğimine göre seçilmiş bulunan slit (profilleme yarığı) genişliği kadar olacaktır. Profili takip etmesi gereken operatörün kullanacağı sadece (Z) hareketidir. Bu hareket de aletin kullanma kollarından (Y) koluna bağlanacaktır.

Bu suretle operatör, belli bir istikamette ve belli bir hızla gitmekte olan müşiri bu kol vasıtasıyla daha kolaylıkla arazi yüzeyine tatbik etmek imkânını bulur. Zaman zaman profillemeye sırasında vermesi gereken fasılalar için, alette (Y) hareketini ve buna bağlı olarak da (x) hareketini sağlayan motoru profillemeye hattı sonunda bir düğme ile durdurmak zorunda kalacaktır.

Kıymetlendirme aletinde bütün ayarlar bittikten sonra alet X ve Y hareketlerinde direkt ve Z hareketinde senkronlar vasıtasıyla ortoprojektöre bağlanır. Her iki alette de bir hareketin aynı anda ve aynı yönde olması sağlanır ve (Z) hareketi düzeltme işlemi de buna uygun devam eder. Bu suretle müşir ve slit (profillemeye yarığı) daima model ve projeksiyon yüzeyinde aynı noktalara tekabül eder. (Şekil-3)

Üçüncü şekilde, iki aletin birbirine bağlanışını ve karanlık odadaki ortoprojektörün projeksiyon düzlemine yerleştirilmiş bulunan bir fotoğrafik film üzerine kıymetlendirme aletindeki stereo modelin yeniden resmedilişini şematik olarak görmekteyiz.

Ortoprojektör ve kıymetlendirme aleti iki şekilde çalışabilir.

a) ON-LINE METODU : Ortoprojektörün kıymetlendirme aletine direkt olarak bağlanması şeklinde çalışmadır ki bunu detaylı olarak gördük. Günümüzde en çok kullanılan bu metod ile, değiştirilebilen kameralarla geniş (c : 153 mm) ve normal (c : 210) mm açındaki fotoğrafların ortofotoları elde edilebilir.

Normal bir modelin ortofotosunu elde edebilmek için (bu metodla ve yetişmiş bir operatör ile) gerekli ortalama zaman :

2,5 saat – Rölatif ve kati ayar.

0,5 " – Ortoprojektörü kıymetlendirme aletine göre ayarlama

2,5 " – Üç defa büyütülmüş bir ortofotoyu 4 mm genişliğinde slit ile ve 5 mm/sn süratle elde etmek için gerekli zaman, Ortalama sürat 2,5 ile 7,5 mm/sn arasındadır.

b) OFF-LINE METODU : GZ-1 aynı zamanda bir hafıza ünitesi ile de çalıştırılabilir. Bu durumda, modelin profillemesi sırasında elde edilen değerler yani profiller otomatik olarak kaydedilir. (şekil-5) Bu kayıt kıymetlendirme aletine bağlı olarak çalışan SG-I gibi bir hafıza ünitesinde depo edilir. Sonuçlar bir hafıza plakası (şekil-6) üzerinde, pozitif yönde yapılan profillemeye plakanın sol ve negatif yönde yapılanı da sağ tarafında çizgiler halinde kazanmak suretiyle kaydedilmiştir. Sonradan bu plaka LG-I profillemeye ünitesine (şekil-4) konur ve buradan otomatik olarak daha evvel depolanmış değerlere göre ortoprojektör çalışır.

Off-Line metodu öncekine nazaran birçok avantajları olan bir metoddur.

1. Projeksiyonun ve profillemenin ayrı ayrı zamanlarda yapılması bir organizasyon için önemli faktördür. Ayrıca arazinin biçimine göre kıymetlendirme aletine bağlanan sürat, ikinci safhada yani ortoprojektörün profillemeye ünitesi ile çalışması safhasında daha da azaltılabilir. Bu suretle daha hassas bir ortofoto elde edilir.
2. Profillemeye hataları, hatalı kısmı mürekkeple plaka üzerinde kapatmak ve yeniden profilemek suretiyle kolaylıkla düzelti-

lebilir. Bir hata durumunda on-line metodunda model yeniden profillemelidir.

3. Birkaç kıymetlendirme aleti bir GZ-I ve LG-I profilleme ünitesini desteklemek suretiyle çalıştırılabilir. Örneğin : dört kıymetlendirme aletinden alınan hafıza plakaları profillemeye ünitesine konarak ortoprojektör devamlı çalıştırılabilir.
4. Otomatik ^{off-line} projeksiyon sırasındaki elektriksel interpolasyon sayesinde ortoprojektördeki profil genişliği, sıhhati arttırmak bakımından, hafıza profilleri arasındaki mesafenin 1/6 s kadar küçültülebilir. On-line metodda ise daha küçük slit kullanmak hataları küçültür. Fakat profillemeye zamanını arttırdığı gibi operatörü de yorar.
5. Metodun daha geniş gelişmiş avantajı olarak Optiksel İnterpolasyon sistemi ve Elektriki Münhani Çizici (HLZ) zikredilebilir.
6. Bundan öte söylenebilecek bir fayda da hafıza plâkalarının ileride tekrar kullanılabilme imkânıdır.

IV. OPTİKSEL İNTERPOLASYON SİSTEMİ :

Bu sistem ufki sıhhatliliği artmış, küçük relief hataların bertaraf edilebildiği homojen ortofotalarının elde edilmesini sağlar. Eğer arazinin, resim çekme anındaki pozisyonunu projeksiyon anında yani ortofoto elde edilirken verebilirsek ve eğer ışınları projeksiyon yüzeyinden film yüzeyine dik olarak—ortogonal Proj. esasında—aksettirebilirsek sistem hataları elimine edilmiş olacaktır. Bu sistem bize bu imkânı sağlamaktadır.

Pratikte bu özellik fiber glastlar ile temin edilir. Bu özel mercek ortoprojektörün sliti üzerine yerleştirilir. (şekil-7)

Merceğin tabanı düz üst kısmı eğimlidir. (şekil-8) Eğimli üst yüzey, film yüzeyi ile profili takip edilen arazinin X—istikametindeki eğimi arasındaki açıya tekabül eden bir açı yapan prejeksiyon yüzeyi olarak kullanılır. Bu eğik yüzeyle yolu değiştirilen ışınlar vasıtasıyla görüntü film yüzeyine intikâl ettirilmiş olur. Bu sonuç ile kalınlıkları ^{6mm} (Mikron) olan rödresman komponentlerinin fiberleri ile (şekil-9) 70-80 hat/mm karakterinde bir fotoğrafik sonuç elde edilirki ortofotoyu daha zayıf bir görüntüye düşürmüş olmaz. Bu merceğin üst kısmı pratik çalışmalarda karşılaşılabilecek bütün arazi eğimlerini ihtiva edecek şekilde imal edilmiştir. Mercek bir kontrol motoru tarafından arazi eğimine üst kısmının uyması için döndürülür. Bu sistem ile ufki sıhhatliliğin arttığı yapılan testlerle isbat edilmiştir. (şekil-10)

Konstürüksiyon ve optiksel sebeplerden dolayı, arzu edilen her türlü eğime uygun hatayı gidermek de mümkün değildir. Bu sebepten sistem ancak maksimum eğimi 35° ye kadar olan araziler için uygun görülmektedir. Eğer arazi eğimi daha fazla ise yine bu kısımlar da max. 35° ye göre düzeltmeye tabi olacaktır. Teorik mütaalalarla bu sınırlamanın hiçbir önemi olmadığı söylenmektedir. *Bu durum da köşef kayma hatası yani $\beta_x > 35^\circ$ de $\rightarrow dr = \Delta x \tan(\tan \beta_x - \tan 35^\circ)$*

Optiksel İnterpolasyon metodu ile hatalar önemsenmiyecek kadar azalmaktadır. Fazla arızalı araziler için bile ufki hata (0.15-20) mm içerisinde kalmaktadır. Bu bakımdan slit genişliği her halikârda 4 mm ve bazı hallerde de 8 mm olarak almakta hiçbir mahzur yoktur, istihsal gücü artmış olacaktır. *XY (planimetrik hata)*

V. MÜNHANİYİ VEREN KESİK HATLARIN ELDE EDİLMESİ :

Bu imkânı verecek aksesuar (HS-Dropped-Line Unit) ortoprojektörün Z çubuğuna senkronlar yolu ile bağlanmış üzerinde, çeşitli kalınlıkta yarıklar bulunan ve özel bir lamba ile aydınlatılan disklerdir. Profilleme yarığını üzerinde taşıyan kola irtibatlanmış ikinci bir kol ile alınan ışın bu diskten geçirilerek aynı masadaki bir başka negatif üzerine düşürülür. (Şekil-11)

Ortofoto yapımı sırasında arazi eğimindeki yani Z kolundaki değişikliğe uygun olarak ayarlanan münhani aralığına göre disk de dönecektir ve bu dönüşü paralel olarak kesik hatlar da film yüzeyine resmedilmiş olacaktır. Kesik hatlardaki (şekil-12) kalınlık değişimleri belirli bir münhanı aralığını ifade etmektedir. Çeşitli disklerle ve değişebilen çarklarla çeşitli aralıkta münhani elde etmek mümkün olacaktır.

Nihayet, elde edilmiş bulunan bu kesik hatlardan grafik usul ile münhaniler çizilir. Münhanilerin numaralanmasında ortofoto üzerine resmedilmiş bulunan nirengilerden faydalanılır. Gayet tabiidir ki bu da özel bir ihtisas istemektedir. (Şekil-13)

VI. HLZ ELEKTRONİK MÜNHANİ ÇİZİCİ :

Kesik hatlar yerine münhani seviyesindeki değişimleri eğriler halinde resmedecek elektronik münhani çizici, kesik hatlar resmeden aksesuarın gelişmiş hali olarak mütaalâ edilir. İki komşu profil hattının devamlı olarak mevcudiyeti gerekli olduğundan avantaj ancak, GZ-1 e bağlı olarak hafıza kısmı ile çalışma metodunun (Off-line) tatbiki ile sağlanabilir.

Sistem, hafıza ünitesindeki bir merkezi elektronik kısmı ile HLZ elektronik projeksiyon başlığından (şekil-14) teşekkül eder. Bu başlık ortoprojektörün slit taşıyıcı kısmına direkt olarak bağlanmıştır. Ortoprojektörün Z-koluna bağlanmış bulunan bir jenaratör model yüzeyi ile olan kesişmeleri arzu edilen münhani hatlarına uygun olarak belirtir. İki komşu profil hattının yükseklik değerleri devamlı olarak gerekli olduğundan hafıza plakaları kullanılır. Y-istikametindeki profiller 100-8000 arasında değişen bir frekans ile sayma sistemi tarafından profilendir. Böyle bir frekansla çalışmak suretiyle ve 10 mm/sn lik slit sürati ile y-istikametindeki profiller, film yüzeyinde en azından 0,1 mm lik aralıklarla birbirinden ayrılmış olur. (şekil-15). Elektronik münhani çizici çeşitli münhani aralıklarına imkân verir ve saniyede 40-50 nokta resmetmek suretiyle münhaniyi belirtir.

Optiksel interpolate ve elektronik münhani çizimi usulunde çalışma, iş veren yönünden zaman ve sıhhat olarak kazanç sağlar. Münhanilerin elde çizilmesine ihtiyaç kalmadığından zaman tasarrufu yapılmıştır. Ancak elde edilmiş münhanilere topoğrafik yönden bazı ilaveler gerekebilir. Yapılan pratik çalışmalar sıhhatlilik yönünü de ortaya koymuştur. (şekil-16) Bu sıhhatlilik hiçbir zaman normal kıymetlendirme sıhhatini ge-
münhani çizimi

ELEKTRONİK MÜNHANİ ÇİZİMİ VE OPT. INTERPOLASYON SİSTEMİNDEN SAĞLANAN FAYDALAR :

1. Opt. İnterpolasyon sistemi kalan küçük hataları ve detayın X-istikametindeki deformasyonu elimine etmektedir.
2. Enterpolasyon elementleri olan 16μ (mikron) lik fibelerle ortofoto-da 30 hat/mm ve 6μ lik fibelerle de 80-90 hat/mm lik görüntü kuvveti sağladıklarından fotoğrafik sonuç sağlamdır.
3. Daha fazla hız ve geniş slit seçmekle projeksiyon zamanını azaltmak imkânı vardır.
4. Yapılan denemelere göre, eğer opt. interpolasyon metodu kullanılırsa ilk metoda nazaran % 25 lik maliyet kazancı sağlanır. Bu maliyete ayar, stereo profillemeye, ortoprojeksiyon, materyal ve 10 yıllık amortisman dahil edilmiştir.
5. Elektronik münhani çizici kullanılırsa bu maliyet kazancı % 45 civarındadır.

Yukarıda izaha çalışılan özelliklerden dolayı ortoprojeksiyon önem kazanacak bir teknik olmaktadır. Ortoprojektör hafıza kısmı ile kullanıldığı zaman keza profillemeye de otomatik olarak yapılabilirse bu durumda ancak modelin ayarı operatör tarafından yapılacaktır. Mevzuda otomasyonundan öte durumlarda alet ve takip edilecek metodlarda ekonominin etkisi olacaktır. Üretim sür'atı ve maliyet yönünden mütalâa edilirse, ortofoto normal kıymetlendirmenin üzerindedir. Bu mütalâa sonucu elde edilen oran ; 1/5.000 ölçekli çalışmada detay ve münhani dahil 10 : 1 olarak kaba hesaplarla ortaya konmuştur.

Verilen tabloda maliyet konusunda kaba bir fikir sahibi olunabilir. (şekil-18)

VII. ORTOFOTODA HATALAR :

1. Müşirin yere tam temas edilememesinden doğan hata : Profillemeye aslına uygun yapılamadığından münhaniler sıhhatli olmayacağı gibi planimetride de çoğalacak relief kaymalardan dolayı hata çıkacaktır. Esas olan müşirin yere tam olarak temas durumunu muhafaza etmektir.
2. Slit genişliğinden doğan hata : Slit genişliğinin (b) büyümesi ile orantılı olarak X-istikametindeki eğimi belirgin olan arazilerde planimetrik hatalar çoğalacaktır. Slitin ortası müş'ire tekabül ettiğinden, bunun sağında ve solunda kalan (X-istikametinde) slit uçları bir tarafta araziye batacak diğer tarafta araziden yükselecektir. Bu suretle bilhassa düz hatlarda kırıklıklar hasıl edecek şekilde planimetrik hatalar çıkacaktır. Daha küçük slit genişliği almak ve geniş açılı kamera yerine normal açılısları kullanmak hatayı azaltacaktır. Bu hususu diğer taraftan fiber glastlar en iyi şekilde elimine etmektedir. (şekil-19)
3. Slit uzunluğundan doğan hata : Slit uzunluğu (k) arttırıldığı oranda hız da çoğaltılmalıdır ki fazla poz verilmesi önlenmek suretiyle normal bir fotoğrafın elde edilmesi mümkün olsun. Hızın arttırılamayacağı hallerde daha büyük (k) si bulunan slit kullanılmamalıdır.

VIII. SONUÇ :

1. Genellikle ortofotonun tatbikatı sistem hatalarının ortadan kaldırılabilmesi için düz veya az arızalı arazi kesimlerinde yapılmalıdır. Ayrıca çöl, bataklık, sazlık ve orman gibi arazilerde detayın çizgi haritaya nazaran daha iyi belirgin olabileceği ortofoto yoluyla yapılması faydalı olur.

Türkiyenin temel harita ihtiyacını tamamen karşılamış ve hatta önemli bölgelerinin de büyük ölçekli haritalarını çıkartmış ve kurulmuş

düzeni ile çıkartmakta olan Genel Müdürlüğümüz için Ortofoto metodunu lüzumlu mütalâa etmemekteyim. 1/25.000 haritalarımız başlangıç safhasında olsa idi. , çabuk ve ucuz üretilmesi bakımından bu metod tatbik edilebilirdi.

2. Ortofotonun revizyona tatbikatı, ancak belirgin detaylardaki değişiklikler için uygulanabilir. Elde edilmiş ortofotonun orijinale uygulanması ve değişikliklerin orijinalde buna göre çizilmesi veya iptal edilmesiyle revizyonu mümkündür. Değişen meskün sahalara, bariz yollar, barajlar, büyük kanallar ve orman sınırlarındaki bariz oynama gibi değişiklikler orijinale işlenebilecek ve bunun dışında meselâ : çeşme, pınar, küçük yollar, arklar ve enerji nakil hatları işlenemeyecektir.

3. Normal kıymetlendirmeye nazaran sıhhatlilikteki kayıp göze alınarak, ortofoto metodu ile bir 1/5.000 lik paftanın vasat detaylı bir arazi için haritası yapılmak istenirse % 50 nisbetinde zaman kazancı sağlanmaktadır.

ortofoto