

MARMARA DEPREM BÖLGESİNE İLİŞKİN ORTOFOTO HARİTA ÜRETİMİNDE KULLANMAK AMACIYLA EN UYGUN SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ VERİSİ TOPLAMA YÖNTEMLERİNİN BELİRLENMESİ

Mahmut ÖZBALMUMCU

ÖZET

Sayısal yükseklik modeli (SYM, Digital Elevation Model: DEM) verilerinin doğruluğu, ortofoto haritanın doğruluğunu etkileyen en önemli konulardan birisidir. DEM verileri; gerek hava fotoğraflarının orto-rektifikasyonunda, gerekse araziye ilişkin eş yükseklik eğrilerinin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. DEM verilerinin doğruluğu ve sıklığı yanında, araziye en iyi temsil edebilecek verilerin hangi yöntemle toplanması gerektiği, günümüzde yoğun olarak araştırılmaktadır. Fotogrametrik yöntemle harita üretiminde sayısal (dijital) fotogrametrik sistemlerin kullanılmaya başlaması ile birlikte, DEM verilerinin tam otomatik olarak üretilmesi olanaklı hale gelmiş, ancak, otomatik yöntemlerle üretilen DEM verilerinin ormanlık ve meskun alanlar, kontrastlığı düşük alanlar, bataklıklar, ağaçlık bölgeler gibi alanlarda çeşitli sorunlara sahip olduğu, bu bölgelerde arazi ile tam olarak uyum sağlamadığı ve bu verilerin yoğun bir editleme yükü getirdiği belirlenmiştir. Manuel, yarı otomatik veya tam otomatik olarak toplanan DEM verilerinin bütün hatalardan arındırılmış olması ve arazi yüzeyini tam olarak temsil etmesi halinde bile, eş yükseklik eğrilerinin üretiminde zaman zaman sorunlar meydana getirdiği anlaşılmıştır.

DEM verisi üretiminde yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem ise, daha önce fotogrametrik veya kartografik yöntemlerle toplanan üç boyutlu sayısal eş yükseklik eğrisi verilerinden belirli sıklıkta DEM veya TIN (Triangulated Irregular Network, Düzensiz Üçgenleme Modeli) verilerinin toplanmasıdır.

Deprem etki alanında; kıyı bölgeleri, ormanlık alanlar, meskun alanlar, bağlık ve meyvelik alanlar, engebeli alanlar gibi çok farklı arazi türleri bulunmaktadır. Bu nedenle, ortofoto harita üretimi için gerekli olan DEM verileri ile eş yükseklik eğrilerinin üretiminde standart ve belirgin bir yöntemin uygulanması mümkün görülmemektedir.

Çalışmanın temel amacı; deprem bölgesine ilişkin ortofoto harita üretimi için ihtiyaç duyulan DEM verileri ile eş yükseklik eğrilerinin üretiminde, değişen arazi özellikleri de dikkate alınarak en uygun veri toplama yöntemlerini belirlemek ve çeşitli yöntemlerle elde edilen sonuçların doğruluğunu araştırmaktır.

ABSTRACT

The accuracy of Digital Elevation Model (DEM) data is one of the most important point which effects the precision of the final orthophotos. DEM data has been commonly used for both ortho-rectification of aerial photographs and for generation of contour lines of the land surface. Besides the accuracy and density of the data, investigations for the most appropriate data collection method of DEM representing the land surface are still being carried out for many years. The advance of the digital photogrammetric systems made it possible to collect the DEM data full-automatically. But, it is understood that the DEM data produced full-

automatically by the digital instruments which might have some problems in places like forestry and urban areas, swamps, low contrast areas and trees, were not compatible with the ground surface and, for that reason, it could be required to make intense editing works on the stereo models. Although the DEM data collected manually, semi-automatically or full-automatically is eliminated from errors and represents the land surface very well, it is often encountered with some problems especially in the production of contour lines.

Another method for producing DEM data is to extract the data at the regular grid structure or to get TIN data with the irregular height points with specific density from the digital contours produced by the photogrammetric or cartographic methods in 3-dimensional.

In the areas effected from the earthquake, there are various kinds of topographical structures such as coastal regions, forestry areas, vineyards, orchards, roughy grounds, plant areas. For that reason, it is rather difficult to apply a standard technique for the production of the DEM data and contour lines necessary for the orthophoto maps.

The main purpose of this paper is to determine the appropriate method in the production of DEM data and contour lines required for producing orthophoto maps in the earthquake area and to investigate the accuracies of the final results obtained from the different methods.

1. GİRİŞ

Türkiye’de meydana gelen Marmara Depreminin yol açtığı zararları belirlemek, planlama ve yeniden yapılanma çalışmalarında kullanmak üzere, Harita Genel Komutanlığınca yaklaşık 700 adet 1:5.000 ölçekli ortofoto haritanın üretimi gerçekleştirilmiştir.

Hava fotoğraflarından yararlanarak ortofoto harita üretiminde ihtiyaç duyulan temel veriler; uygun ölçekte çekilmiş güncel hava fotoğrafları, yeterli doğrulukta kontrol noktaları ile, yeteri sıklık ve hassasiyetteki sayısal yükseklik modeli verileridir /6/.

Yalnızca ortofoto üretiminde kullanılacak DEM verilerinin kabul edilebilir düzeyde hatalara sahip olması, üretilen sonuç ortofoto harita doğruluğunu önemli ölçüde etkilememektedir. Ancak, DEM verilerinin doğruluğunun araziye ilişkin eş yükseklik eğrilerinin üretiminde son derece etkili olduğu, verilerdeki küçük hataların eş yükseklik eğrisi üretiminde büyük hatalara yol açabileceği, yeteri sıklık ve doğrulukta verilerin kullanılmaması halinde, bu verilerden üretilen eş yükseklik eğrilerinin arazinin topoğrafik yapısını tam olarak yansıtmayacağı bilinmektedir /2/.

Orotfoto harita ve vektör haritalarda bulunan eş yükseklik eğrilerinin üretiminde, iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Birinci yöntem; daha önce üretilmiş DEM verilerinden, genelleştirme yoluyla otomatik olarak eş yükseklik eğrileri üretimidir. İkinci yöntem; analog, sayısal çıkışlı analog, analitik veya sayısal fotogrametri aletlerinde oluşturulan stereo modellerde doğrudan üç boyutlu sayısallaştırma yapılarak eş yükseklik eğrilerinin üretilmesidir /4/.

DEM verisi üretiminde ise, genellikle iki temel yaklaşımdan birisi uygulanmaktadır. Birinci yaklaşımda, fotoğraf ölçeği ve üretilecek ortofotonun ölçeğine uygun, yeteri doğruluk ve sıklıktaki DEM verileri; analog, sayısal çıkışlı analog ve analitik fotogrametri aletlerinde

manuel veya yarı otomatik yöntemle, sayısal fotogrametri aletlerinde ise tam otomatik olarak toplanmaktadır. İkinci yaklaşımda, daha önce toplanan sayısal eş yükseklik eğrisi verilerinden belirli sıklıkta ve düzenli grid yapısında DEM veya üçgenleme yoluyla TIN verileri toplanmaktadır. Bu amaçla çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Sözü edilen veriler; çalışma istasyonları, kişisel bilgisayarlar, görüntü işleme sistemleri veya sayısal fotogrametri aletleri kullanılarak üretilmektedir /8/.

Türkiye’de meydana gelen Marmara depreminden etkilenen ve ortofoto haritası üretilen bölgede arazi yapısı çok çeşitlilik arz etmekte; standart ve belirgin bir arazi yapısı ve bitki örtüsü bulunmamaktadır. Depremin geniş alanda etkili olması nedeniyle, bölgeler arasında arazi yapısı bakımından önemli farklılıklar bulunmakta, hatta çoğu zaman aynı pafta veya stereo model içinde bile, değişik arazi karakteristikleri ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle, araziye en iyi şekilde temsil edebilecek DEM verilerinin toplanması büyük önem kazanmaktadır.

Yapılan çalışmada; üç farklı yöntemle elde edilen DEM verileri ve eş yükseklik eğrisi verileri çeşitli kriterlere göre karşılaştırılarak, DEM verisi ve eş yükseklik eğrisi üretiminin hassas ve hızlı olarak yapılabilmesi için en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır.

2. PROJE ALANININ TANITILMASI

Marmara bölgesinde meydana gelen deprem; Gölçük, Adapazarı, Kocaeli, İstanbul, Yalova, Eskişehir, Bolu ve Bursa illerini büyük ölçüde etkilemiştir. Depremin yol açtığı zararları yaklaşık olarak tespit etmek ve çeşitli planlama çalışmalarında kullanmak amacıyla, bölgeyi kapsayan 700 adet 1:5.000 ölçekli ortofoto haritanın üretimi tamamlanmıştır. Söz konusu ortofoto haritaların üretiminde, 153 mm odak uzaklığına sahip Zeiss RMK-TOP 15 kamerası ile çekilen 1:16.000 ölçekli hava fotoğrafları kullanılmıştır. Projenin gerçekleştirilmesi için gereksinim duyulan jeodezik yer kontrol noktalarının yerleri, kinematik GPS destekli fotogrametrik nirengi uygulamasına yönelik olarak planlanmıştır.

3. DEM VERİSİ ÜRETİMİNDE UYGULANAN İŞLEM ADIMLARI KULLANILAN ALET, DONANIM ve YAZILIMLARIN TANITILMASI

Ortofoto harita üretimi için ihtiyaç duyulan DEM verileri ve eş yükseklik eğrilerinin üretimi için en uygun yöntemlerin belirlenmesi amacıyla yapılan araştırmalar, bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. DEM verisi üretiminde uygulanan işlem adımları ve kullanılan donanım ve yazılımlar aşağıda belirtildiği gibidir.

a. Hava Fotoğraflarının Taranması

153 mm odak uzaklığına sahip Zeiss-RMK TOP 15 kamerasıyla, kinematik GPS destekli olarak çekilen, % 60 boyuna ve % 30 enine bindirmeli, 1:16.000 ölçekli, 23cm x 23cm formatlı, siyah/beyaz hava fotoğrafları, Zeiss PHODIS-SCAI hassas fotoğraf tarayıcıda, 21 mikron duyarlılığında taranmıştır.

b. Fotogrametrik Nirengi İşlemleri

Kontrol noktalarının dağılımı dikkate alınarak oluşturulan bloklarda bulunan taranmış hava fotoğraflarından yararlanarak; Zeiss-ST 10 sayısal fotogrametri aletinde kontrol, pas ve paralaks noktaları ile kolon ve model bağlama noktalarının resim koordinatları ölçülmüş, GPS verileri SKIP yazılımı ile proses edilerek fotoğrafların izdüşüm merkezi koordinatları hesaplanmış, ölçülen resim koordinatları, kontrol noktalarının arazi koordinatları ve SKIP sonuç verileri kullanılarak, PATB-GPS yazılımı ile blok dengelemesi yapılmış ve düzgün bir blok oluşumu sağlanmış, sonuçta bloktaki tüm fotoğrafların yöneltme bilgilerini içeren bir kütük elde edilmiştir.

c. Stereo Modellerin Oluşturulması

Vision-SOFTPLOTTER sayısal fotogrametri aletlerinde yapılacak çalışmalarla ilgili projeler oluşturulmuş, çalışma bölgelerine ilişkin olarak blok, stereo model, ortofoto, DEM, TIN, mozaik ve 3-boyutlu vektörel sayısallaştırma parametreleri sisteme girilmiş, ilgili kamera verileri ile blok içindeki bütün taranmış fotoğrafların iç yöneltmesi tam otomatik olarak yapılmış, PATB-GPS blok dengelemesi yapılarak bloktaki bütün yöneltme bilinmeyenleri ve blok parametreleri hesaplanmış, son aşamada blok içindeki tüm stereo modeller oluşturulmuştur.

d. Sayısal Vektör Veri Dosyalarının Oluşturulması, Eş Yükseklik Eğrilerinin Kıymetlendirilmesi ve Editlenmesi

Sayısal fotogrametri aletlerinde oluşturulan stereo modellerde eş yükseklik eğrileri ve yükseklik noktalarının kıymetlendirmesi yapılarak, elde edilen sayısal veriler ilgili dosyalara kaydedilmiştir. Daha sonra, Vision-KDMS formatında üretilen bu sayısal veriler MicroStation-DGN formatına çevrilerek, PC bazlı çalışma istasyonlarında editlenmiş ve kolon boyunca toplanan verilerin birbirleriyle kenarlaşmaları sağlanmıştır. Sonuçta, elde edilen düzeltilmiş eş yükseklik eğrileri ve kot noktaları dosyası, stereo modellerde doğruluğu kontrol edilmek üzere DGN'den tekrar KDMS formatına dönüştürülmüştür.

e. Editlenmiş Eş Yükseklik Eğrilerinin Kontrolü

KDMS formatına dönüştürülen eş yükseklik eğrileri ve kot noktaları, sayısal fotogrametri aletlerinde, ilgili stereo modellerde tekrar kontrol edilerek, arazi ile tam uyumlu hale getirilmiştir.

f. TIN ve DEM Verilerinin Üretimi

Eş yükseklik eğrilerinden yararlanarak, sayısal fotogrametri aletinde üçgenleme yapısındaki TIN modeli verileri hesaplanmış; gerekli görülen yerlerde, karakteristik noktalarda ve kırık hatlarda ilave yükseklik noktalarının ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerden ortofoto harita üretimi için gerekli olan sayısal yükseklik modeli verileri ve eş yükseklik eğrilerinin üretimi tamamlanmıştır.

4. DEM VERİLERİ VE EŞ YÜKSEKLİK EĞRİLERİNİN ÜRETİMİ YÖNTEMLERİ

Bu bölümde, DEM verilerinin üretiminde kullanılması olanaklı olan üç farklı yöntem ayrıntılı olarak incelenmiştir.

a. DEM Verilerinin Manuel, Yarı Otomatik ve Otomatik Yöntemlerle Üretimi:

Bu yöntemde; Vision-Softplotter sayısal fotogrametri aletlerinde oluşturulan stereo modellerden yararlanarak DEM verileri tam otomatik olarak üretilmiştir. Sayısal aletlerde tam otomatik olarak üretilen DEM verilerinin doğruluğu stereo modellerde kontrol edilerek, mevcut hatalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Otomatik yöntemle üretilen DEM verilerinin, engebeli ve bitki örtüsü bulunmayan arazilerde oldukça iyi sonuçlar verdiği, özellikle ormanlık ve meskun alanlarda, kontrastlığın az veya çok olduğu bölgelerde, bataklık, kumluk ve düz arazilerde çeşitli hatalara sahip olduğu, kabul edilebilir hata sınırlarını aşan veri miktarının fazla olduğu ve bu hatalı verilerin editlenmesi gerektiği, bu verilerle üretilen ortofoto ve eş yükseklik eğrilerinin de hatalı olacağı anlaşılmıştır. Otomatik DEM verisi üretiminin çok iyi sonuçlar verdiği engebeli arazilerde elde edilen verilerde de, çok fazla editleme yapılması gerektiği tespit edilmiştir. 21 mikronda taranmış hava fotoğraflarından yararlanarak oluşturulan bir stereo modelde, 20 m x 20 m sıklığında, düzenli grid yapısındaki DEM veya üçgenleme yapısındaki TIN verileri, ortalama 45 dakikada tam otomatik olarak hesaplanabilmektedir. Daha sonra, otomatik olarak üretilen DEM verilerinin arazi ile tam uyumunun sağlanması amacıyla, hatalı noktalar editlenmiş ve veriler düzeltilmiştir. Arazi ile tam uyumlu olan DEM verilerinden yararlanarak, otomatik olarak 5 m'de bir eş yükseklik eğrileri çizdirilmiştir. Hatasız ve yeteri sıklıktaki DEM verileri kullanılmış olmasına rağmen, stereo modeller üzerinde yapılan kontrollerde, DEM verilerinden üretilen eş yükseklik eğrilerinin arazi ile tam uyumlu olmadığı; özellikle dere ve sırt hatları, tepe zirveleri ve yüksekliğin aniden değiştiği bölgelerde eş yükseklik eğrilerinin hatalı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Sözü edilen hataları gidermek amacıyla, DEM veya TIN verilerini içeren stereo modellerde, dere, sırt ve şev hatlarında ilave yükseklik noktaları ölçülerek break-line çizgileri tanımlanmış, tepe, höyük, kokurdan, çukur, boyun gibi arazinin karakteristik noktalarında ve ani yükseklik değişimi olan bölgelerde ilave yükseklik noktaları ölçülmüş, nehir, göl, baraj, gölet ve deniz gibi alanlar kapalı (cut-out) alanlar olarak tanımlanmıştır. Yaklaşık 10 adet stereo model üzerinde manuel olarak gerçekleştirilen DEM veya TIN verisi toplanması ve düzeltilmesi çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre; bir modelin DEM veya TIN verilerinin yaklaşık 8 saatlik bir sürede editlenerek düzeltilebildiği ve bunun sonucunda minimum hataya sahip eş yükseklik eğrilerinin üretilbildiği görülmüştür. Bütün düzeltmelere rağmen, tamamen hatasız eş yükseklik eğrilerinin elde edilemediği, ortofoto harita üretiminin önemli bir işlem adımını oluşturan DEM verisi üretiminin beklenenden çok fazla zaman aldığı, bu sonuçlara göre ortofoto harita üretiminin istenilen sürede gerçekleştirilemeyeceği anlaşılmış ve farklı arazi karakteristiklerine sahip yaklaşık 10 adet stereo model üzerinde yapılan deneme sonuçlarına göre, DEM verisi üretimi farklı yöntemlerin denenmesi gerektiğine karar verilmiştir. Değişken arazi kesimlerinde söz konusu hataların daha fazla olduğu ve verilerin düzeltilmesinin çok fazla zaman aldığı; özellikle yoğun meskun ve ormanlık alanlara sahip deprem bölgesinde, otomatik DEM verisi toplanması ve bu verilerden eş yükseklik eğrisi üretimlerinin her bir model için ortalama olarak 2 gün sürebileceği; bu olumsuz koşullar nedeniyle söz konusu yöntemin kullanılmasının hemen hemen imkansız olduğu sonucuna varılmıştır.

b. Eş Yükseklik Eğrilerinin Stereo Modellerden Nokta-Nokta Sayısallaştırma ile Doğrudan Kıymetlendirilmesi ve bu Verilerden DEM Verilerinin Üretimi:

4.a'da belirtilen yöntemden istenen olumlu sonuçların alınamaması üzerine, ikinci bir yöntemin denenmesine karar verilmiş ve daha önce üretilen 10 adet stereo modelde deneme çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla, taranmış hava fotoğraflarından yararlanarak sayısal fotogrametri aletlerinde oluşturulan stereo modellerde eş yükseklik eğrileri manuel olarak kıymetlendirilmiş, tepe, boyun, kokurdan, höyük, çukur, şev üstü, şev altı gibi karakteristik noktalar ile yüksekliğin aniden değiştiği dere ve sırt hatları boyunca ilave yükseklik noktaları ölçülmüştür. Bu aşamada yeteri sıklıktaki sayısallaştırma noktalarıyla üretilen ve arazi ile bire-bir uyumlu olan eş yükseklik eğrilerinden (ana, ara ve yardımcı münhaniler) yararlanarak, ortofoto harita üretimi için ihtiyaç duyulan DEM verilerinin iki farklı yöntemle üretilebileceği tespit edilmiş ve denenmesine karar verilmiştir.

Birinci yaklaşımda; sayısal eş yükseklik eğrileri ve ilave kot noktalarından yararlanarak, önce sayısal fotogrametri aletlerinde üçgenleme yöntemi ile TIN verileri hesaplanmış, TIN verilerinden 20 mx20 m sıklıkta ve düzenli grid yapısında DEM verileri üretilmiştir. Stereo modellerde yapılan kontrollerde, sonuç DEM verilerinin arazi ile uyumu kontrol edilmiş ve bu verilerin arazi ile tam uyumlu olmadığı görülmüş, hatalı DEM noktaları editlenerek düzeltilmiştir. Bunun yanında, karakteristik noktalar ve hatlar boyunca 4.a'da belirtildiği gibi ilave yükseklik noktalarının ölçümüne gerek duyulduğu anlaşılmış, yapılan tüm ölçümler ve işlemler sonucunda elde edilen hatasız DEM verileri ile 1:5.000 ölçekli ortofoto ve foto-mozaik görüntüleri, daha sonrada hatasız eş yükseklik eğrileri ile ortofoto harita üretimleri gerçekleştirilmiştir. Ancak bu yöntemin de oldukça uzun zaman aldığı, bir modelin eş yükseklik eğrilerinin kıymetlendirmesinin 1 gün, aynı modele ait hatasız DEM verilerinin üretiminin de 1 gün olmak üzere, ihtiyaç duyulan verilerin minimum 2 günde üretilbildiği anlaşılmıştır.

İkinci yaklaşımda ise; daha önce manuel olarak kıymetlendirilen eş yükseklik eğrilerinden yararlanarak, sayısal fotogrametri aletinde üçgenleme yolu ile TIN verileri hesaplanmış, TIN verilerini içeren stereo modellerde yalnızca şev üstü, şev altı, dere, sırt gibi kırık hatlarda ilave yükseklik noktaları manuel olarak ölçülmüş, sonuçta elde edilen bu verilerle ortofoto görüntü ve ortofoto harita üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ortofoto haritaların konum ve yükseklik doğruluğu açısından, hatasız olarak varsayılabilecek bir önceki yaklaşımla tamamen aynı sonuçları verdiği görülmüş ve sonuç olarak DEM verilerinin bu yöntemde belirtildiği gibi, manuel olarak kıymetlendirilen eş yükseklik eğrilerinden TIN yapısında daha kısa sürede üretilbileceği ve bu yöntemin uygulanmasının yararlı olduğuna karar verilmiştir.

5. SONUÇ

Belirtilen tüm koşullar yerine getirildiği takdirde, 4.a ve 4.b' de açıklanan her 3 ayrı yöntemle de üretilen DEM veya TIN verileri ile eş yükseklik eğrilerinin, 1:5.000 ölçekli ortofoto görüntü ve ortofoto haritadan beklenen doğruluğu sağladığı, ancak zaman, maliyet, ekonomi ve üretim hızı gibi kriterler göz önüne alındığında, 4.b'de belirtilen ikinci yaklaşımın uygulanması ile son derece olumlu sonuçlar elde edilebileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- /1/ Ackermann, F. : Structural Changes in Photogrammetry, 43. Photogrammetric Week, Stuttgart University, Germany, Heft 15: 9-24, 9-14 September 1991.
- /2/ Ackermann, F. : Automation in Digital Photogrammetry by Digital Image Processing, Türk Haritacılığının Yüzüncü Yılı-TUJJB ve TUFUAB Kongreleri Bildiri Kitabı, Ankara, Cilt 4 : 1171-1180, 1-5 Mayıs 1995.
- /3/ Chilchi, M. : Production of a DEM Using Space Data, Space Cartography'97, GDTA, Toulouse, Cedex, France, 01.09 to 17.10.1997.
- /4/ Fritsch,D.,
Haala, N.,
Hahn, M.,
Sester, M. : Digital Photogrammetry in Small Scale Imagery, Camera Models and Sensor Systems, Fundamentals of Digital Image Processing, Segmentation and Classification, Matching Techniques, Digital Orthophoto, Photogrammetric Orientation Tasks, Surface Reconstruction-Digital Elevation Models, Extraction of Cartographic Features, Institute of Photogrammetry, University of Stuttgart, Germany, 1997.
- /5/ Krzystek, P. : Fully Automatic Measurement of Digital Elevation Models With MATCH-T, 43. Photogrammetric Week, Stuttgart University, Germany, Heft 15: 203-204, 9-14 September 1991.
- /6/ Kraus, K. : Photogrammetry-Volume 1, Fundamentals and Standart Processes, Fourth Edition, Ferd. Dümmler. Verlas, Bonn, Germany, 1993.
- /7/ OEEPE : Test on Orthophoto and Stereo-Orthophoto Accuracy, European Organisation for Experimental Photogrammetric Research, OEEPE-Official Publication No:25, Enschede, Netherlands, May 1991.
- /8/ OEEPE : OEEPE-Workshop on Application of Digital Photogrammetric Workstations, European Organisation for Experimental Photogrammetric Research, OEEPE-Official Publication No :33, Enschede, Netherlands, June 1996.