

90'LI YILLARDA FOTOGRAMETRİ

M. Orhan ALTAN



Özet

Bu çalışmada fotogrametri, başlangıç yıllarından itibaren ele alınarak hangi evrelerden geçtiği açıklanmış ve bu evreler hakkında bilgi verilerek karakteristik özellikleri anlatılmıştır.

Günümüzde fotogrametrik uygulamalar ile, bu uygulamalarda elde edilen presizyon açıklandıktan sonra araştırma aşamasında bulunan ;

- Eş zamanlı (On-line) nokta tayini (triangülasyon),
- GPS verilerinin fotogrametride kullanılması,
- Digital verilerin işlenmesi,

konularında algılayıcı (sensor) ve sistem geliştirmelerine dayanan yenilikler ile

bu sistemlerin gelecekteki kullanım olanakları açıklanmıştır. Ayrıca fotogrametrik işlenen verilerin büyük ölçüde kullanıldığı;

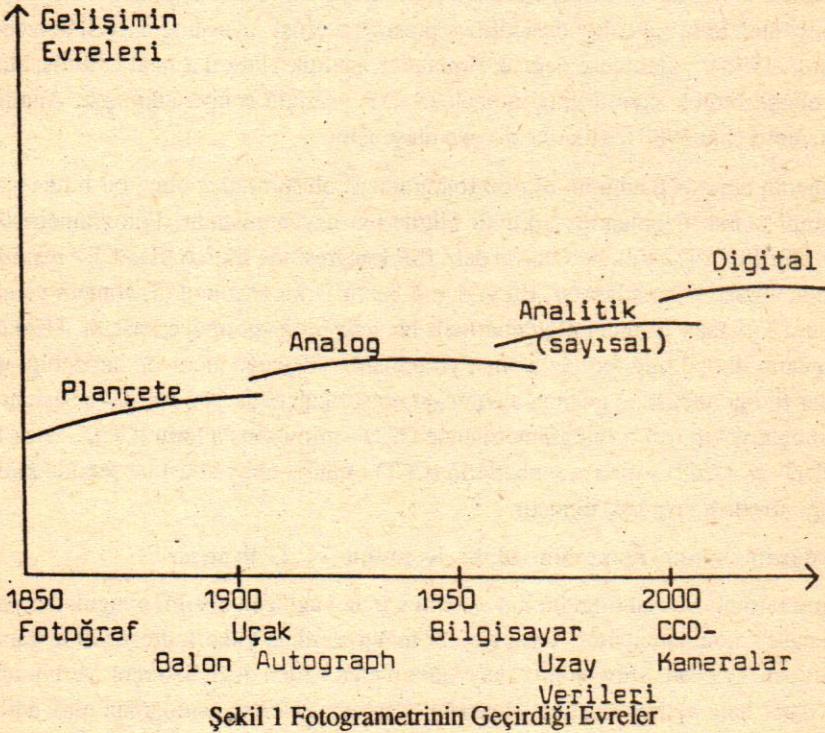
- Ülke bilgi sistemleri ve bu sistemlerin bir alt parçası olan
- Sayısal arazi modelleri konularındaki son gelişmeler anlatılmıştır.

1. Fotogrametrinin Tarihsel Gelişimi

Kelime anlamı olarak, Grekçe "Işık" anlamındaki **photos**, "çizgili veya yazılı bir şey..." anlamındaki **gramma** ile "ölçmek" anlamına gelen **metron** kelimelerinin birleşiminden oluşan **FOTOGRAMETRİ** bilimi'nin başlangıcı eski devirlere kadar uzanır. Fotogrametrinin matematik temelini oluşturan merkezi izdüşüm ve perspektif ile ilgili kavramlar İtalyan Leonardo da Vinci (1452-1519) ve Alman Albrecht Dürer (1471-1528) tarafından birbirinden bağımsız olarak ilk kez ele alınmıştır. 1600'lerde Alman astronom Johannes Kepler (1571-1630) stereoskopinin tam bir tanımını yapmış, İsviçreli fizikçi ve tabiat bilgini M. A. Kappeler stereoskopik görüntü ve değerlendirme tekniğine dayanarak 1726 yılında Luzern gölü yakınındaki Pilatus dağı'nın iki perspektif resminden bu dağın bir haritasını çizmiştir.

Ancak tüm bu gelişmeler, merkezi izdüşümün tek anlamlı ve aynı anda kayıt edilmesi olanağını sağlayan fotoğrafçılığın, Fransız fizikçi Louis J.M. Daguerre tarafından bulunuşundan sonra teknik alandaki gelişmelere ve gelişme evrelerine paralel bir süreç izlemiştir. Teknik alandaki gelişmeler belirli evreler boyunca ilerler. Her evre yeni bir buluşun özelliklerini taşır ve bu buluşa bağlı olarak yeni alet ve yöntemler geliştirilir. Bir süre geçtikten sonra bu evre süresini tamamlar, gelişme teknik olanakların sınırına dayanır. Bu durumda yeni bir gelişme bir öncekinin yerini alır.

Bu gelişme zinciri fotogrametride de gözlenebilir. Fotoğrafın bulunuşu ile fotogrametri yalnız harita üretiminde kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. 18. yüzyılın ikinci yarısında **plançete** için gerekli yatay ve düşey açılar fotoğrafların kapsamında bulunan izdüşüm noktalarından elde ediliyordu. Ölçülen izdüşüm noktası koordinat değerlerinden jeodezideki plançete yöntemine benzer değerlendirme yapan bu analog çağ, yüzyılımızın başında **Pulfrich** (1901) ve **Fourcade** (1902) tarafından bağımsız olarak resim çiftleri üzerinde homolog noktaların konumunu belirleyen stereokomparatörün bulunması ile en olgun zamanını yaşamıştır.



Şekil 1 Fotogrametrinin Geçirdiği Evreler

Fotogrametrik gelişmenin ikinci büyük evrimi stereoautograph'ın icadına dayanır. **Orel-Pulfrich** çiftinin birbirinden bağımsız olarak yapmış olduğu çalışmalar ve **Vivian Thompson** (1908) analog fotogrametri çağını başlatır. Bu gelişmeye en büyük yardım, ABD'de **Wright** kardeşlerin birinci dünya savaşından önce ilk kez kullandıkları uçağın icadı gelir. Analog fotogrametri çağında fotogrametri, harita yapımının standart yöntemi durumuna gelir.

Gelişmenin üçüncü adımı ise **analitik** (veya **sayısal**) fotogrametri adını almaktadır. Bu çağın başlangıcı, bilgisayar teknolojisinin uygulamaya konmasına dayanır. Fotogrametri alanında sayısal işlemlerin hız ve kapsam yönünden önemi uzun yıllar boyu bilinmesine rağmen, problemlerin sayısal olarak ele alınmayışının bir nedeni de elde uygun hesap aracının bulunmayışı idi. Bu nedenle sayısal yöntemlerden uzaklaşılarak benzeşime dayanan analog yöntemlere önem verilmiş ise de bilgisayarları ilk kullananlar arasında fotogrametristler başta gelmektedir.

Modern mono- ve stereokomparatorlar 1960 ların başında piyasaya sürülmüş ve **H. H. Schmidt**'in en genel biçimde deyimlendirdiği fotogrametrinin matematik temelini dayanan analitik hava triyangülasyonu yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Paralel olarak fotogrametrinin topoğrafik olmayan uygulama alanlarında da gelişme, analitik yöntemlerin sağladığı esneklik ve presizyon artışı sayesinde önemli derecede olmuştur. 1970'li yıllarda ise değişik firmalarca analitik plotterler imal edilmiş, buna bağlı olarak birçok sayısal arazi modeli (SAM) yazılımı ortaya çıkmıştır. Analitik fotogrametri çağı 1980'li yıllarda zirveye ulaşmıştır.

Gelişmenin dördüncü adımını **digital** fotogrametri oluşturmakta olup, bir bilgisayar da digital olarak depolanmış görüntü bilgilerine dayanmaktadır. Fotogrametristler bu tür bilgilere 1972 yılında Ottawa'daki ISP kongresinde ilk LANDSAT - resimlerinin sunulmasıyla karşılaştılar. Bu yıldan itibaren farklı terminoloji, yöntem ve alet donanımı kullanan uzaktan algılama hızlı bir gelişim göstermeye başladı. Uzaktan algılamanın digital bilgileri depolama, yorumlama ve ölçme alanında kaydettiği gelişmeler fotogrametrik uygulama alanındaki araştırmalara da yön vermeye başlamıştır. Örneğin yakın resim fotogrametrisinde CCD - array sensor'lerin (CCD - satır tarayıcılar) veya CCD - matrix sensorlerin (CCD - matris tarayıcılar) ne şekilde kullanılacağı araştırılmaya başlanmıştır.

2. Fotogrametrinin Zamamımızdaki Konumu ve Gelişmeler

Fotogrametrinin sayısal bilgi üretim sistemi içinde bugün en önemli uygulama yöntemi analitik uygulamalardır. Basit amatör makinelerden yüksek presizyonlu kameralara varıncaya kadar birçok bilgi kaynağının elde edilen değişik birçok veriyi işlemeye hazır hale getiren analitik plotterler, komparatorlar ve buralardan elde edilen verileri işleyen bilgisayar programları, fotogrametrinin klasik uygulama alanı olan harita üretimi yanında, özellikle topoğrafik olmayan alanda da standart yöntem hali-

ne gelmesini sağlamıştır. Analitik yöntemin gerek resim çekimi, gerekse incelenecek cisim üzerinde kısıtlamaları ortadan kaldırması uygulamaya büyük bir esneklik getirmektedir. en büyük uygulama alanı olan haritacılık alanındaki presizyonu ele alacak olursak "Oberschwaben" Test blokundan elde edilen sonuçlar, işaretlenmiş noktalarda RMK 15/23 kamerası ile % 20 enine örtü oranı ile, yerleştirme noktası aralığı konumda $i_{x,y} = 2b$ ve yükseklikte $i_z = 4b$ durumunda;

Bağımsız Modellerde : $m_{x,y} = 9,9 \mu m$, $m_z = 14.7 \mu m$

Demet Yönteminde : $m_0 = 5.3 \mu m$, $m_{x,y} = 8.8 \mu m$, $m_z = 15.8 \mu m$

eğer yükseklik yerleştirme noktası aralığı $I_z = 2,5 b$ ve enine örtü oranı % 60 olacak olursa, kalibrasyonlu demet yönteminde

$$m_0 = 3.6 \mu m, \quad m_{x,y} = 2.5 \mu m, \quad m_z = 5.0 \mu m$$

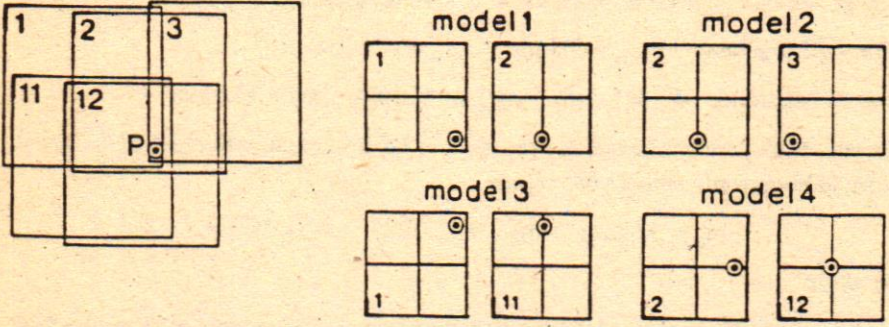
elde edilir.

Tüm bu çalışmalara belirli ağırlıklar ile birlikte matematik modele eklenen jeodezik ölçüler veya dış yöneltme elemanlarını önceden belirleyen sistemler de gözönüne alıncak olursa, prezisyonun daha da arttığı görülür.

2.1. On-Line Triyangülasyon

Bilgisayarların değerlendirme aletine doğrudan doğruya bağlanması ile gerek ölçme ve gerek değerlendirmeye yönteminde yapılacak değişiklikler sonucunda klasik şerit triyangülasyonu kavramını aşan yeni bir on-line triyangülasyon biçimi oluşturulabilir. Bu yeni yöntemin temel amacı, kaba ölçme hataları ve diğer model hatalarını ölçme işleminin yürütülmesi sırasında ortaya çıkarmaktır. Böylece ek ölçmenin derhal yapılma olanağı elde edilmekte, tüm ölçme işlemi değerlendirme adımı ile birlikte yürütülerek ölçme işlemi bittiğinde tüm değerlendirme sonuçları da elde edilmektedir. Sonuçta triyangülasyon (ölçme+hesaplama) olarak daha hızlı ve güvenilir sonuçlarla kapatılmaktadır.

Bu tür bir triyangülasyon, ancak revize edilmiş bir analitik plotter yardımıyla gerçekleştirilebilir. Triyangülasyon işlemin klasik yöntemde olduğu gibi bir şerit boyunca gerçekleştirilmesi, bu ölçme düzeninin sonucunda oluşacak olan sayısal modelin güvenlik yapısını kötüleştirceğinden, örneğin analitik plotterin sağladığı olanaklar kullanılarak bu yapı daha sağlıklı bir biçime kavuşturulabilir. Bu amaçla şeridin ilk iki modelinin ölçülmesinin yapılmasından sonra komşu şeritlerin başlardaki modelleri ölçülebilir. Ayrıca analitik plotterde bir noktaya her zaman belirli komutla yeniden ulaşmak mümkün olduğundan, şerit doğrultusunun enine doğrultusundaki noktaları analitik plotterde taşımak daha uygun olacaktır. Bu noktaların yerde veya resim üzerinde işaretlenmiş olmaları gerekmemektedir. Böyle bir ölçme düzeninin uygun bir yazılım ile desteklenmesi gerekir.

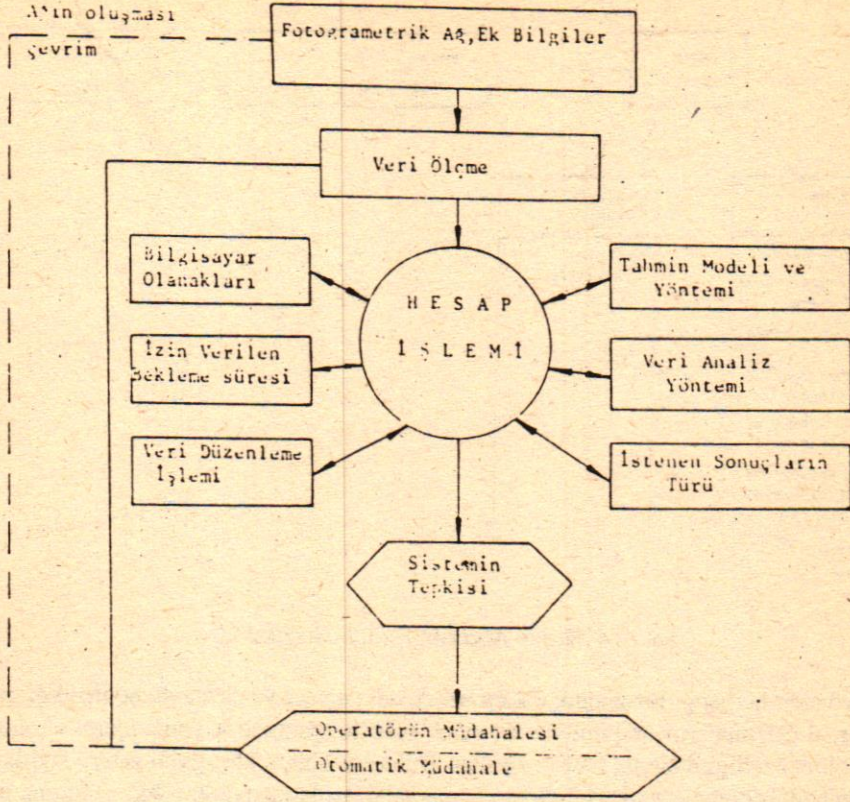


Şekil . 2 Herhangi bir şekilde işaretlenmemiş bir P noktasının analitik plotterde ölçülmesi.

Günümüzdeki bilgisayar teknolojisinin sağladığı olanaklar gözönüne alındığında analitik plotterlerdeki yazılımın halen şerit triyagülasyonunun klasik yöntemlerini kullandığı ve gelişmelerden tam anlamıyla yararlanmadığı gözlenmektedir. Gerçekleştirilmesi arzu edilen durum, demet yöntemine dayanan bir çözümünden yararlanarak operatöre ölçme işleminin her adımında o ana kadar birikmiş olan triyagülasyon sonuçları hakkında bilgi ve uyarıda bulunmaktadır. Bu amaçla da gelişmiş bir dengeleme algoritması, hata araması için gelişmiş yöntemler ve tüm bu işlemleri öngören hızlı bir hesap algoritması gerekmektedir. Bu hesap algoritmasının aşağıda bir bölümü sıralanan bir dizi parametreyi gözönüne alması gerekir.

- Bilgisayar özellikler (CPU - hızı, RAM, I/O- Zamanı, v.b.)
- Operatör için izin verilen bekleme süresi
- On-Line düzende çalışabilecek blok büyüklüğü
- Ölçme yöntemi
- İstenen sonuçların türü
- Veri Analiz Yöntemleri
- Veri Düzeltme Yöntemleri
- Tahmin modeli ve yöntemi

Şekil. 3 de görülen eş-zamanlı (On-Line) triyagülasyon yöntemi akış biçimi ve gözönüne alması gereken parametrelerin kapsamı, sistemin ele alınış şekli ile sıkı bir i-

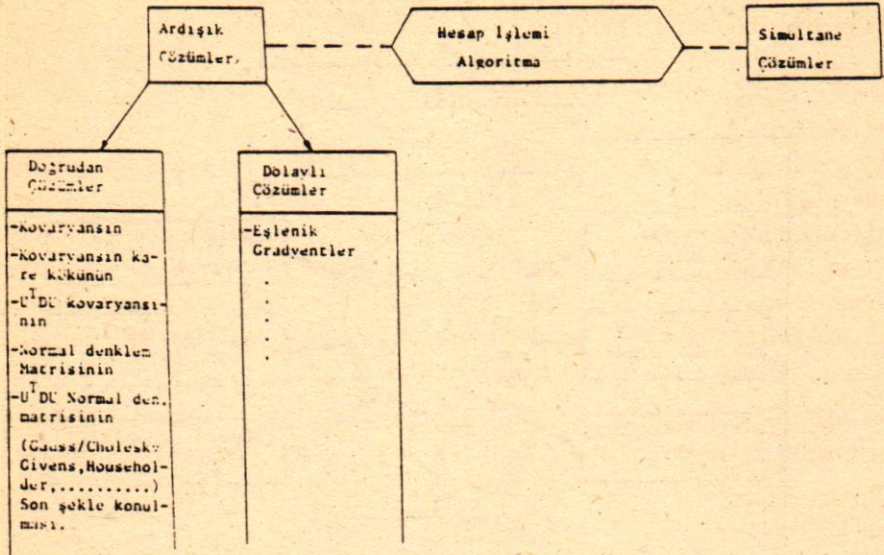


Şekil. 3. Eş - Zamanlı (On-Line) Triangülasyon Yöntemi

İlişki içindedir. Ayrıca burada görülen her parametre de kendi içinde uygun seçimi gerektiren seçenekler bulundurmaktadır. Eş - zamanlı triangülasyon probleminin en önemli elemanı olan hesap algoritması için öngörülen çözüm türleri Şek. 4 de görülmektedir. Şu ana kadar düşünülen algoritma seçenekleri ve bu seçeneklerin pratik uygulamalar ile denenmesi, aynı zamanda alet yapımçı firmaların da konuya eğilmeleri ile gerçekleştirilebilir. Örneğin küçük resim boyutları yardımıyla büyütülmüş ve / veya sayısı artırılmış sistemler olarak ele alınabilir.

2.2. GPS Verilerinin Fotogrametride Kullanılması

Değişik ölçeklerde harita yapımında standart yöntem olan fotogrametrik değerlendirme tekniklerinin amacı arazi çalışmaları minimuma indirerek harita ve planların daha ekonomik ve hızlı olarak elde etmektir. Fotogrametrik resimlerin değerlendirilmesi sırasında yerel koordinat sistemi içinde koordinatları bilinen noktalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktaların klasik jeodezik yöntemler - astronomik konum belirlenmesi, triangülasyon, poligonasyon ve nivelman ölçmeleri - ile elde edilmeleri tek



Şekil. 4 Hesap Algoritması İçin Seçenekler

nik yönden herhangi bir güçlük çıkarmaz. Ancak, amacı yukarıda da belirtildiği gibi, arazi çalışmalarını minimuma indirmek olan fotogrametrik yöntemlerin ekonomik olma özelliğini büyük ölçüde zedeler. Bilhassa sabit nokta ağının yeterli sıklıkta bulunmadığı bölgelerde yersel ölçme harcamaları uçuş maliyetinin birkaç katına ulaşır.

Hava fotogrametrisinin başlangıcından itibaren arazide belirlenen kontrol noktalarının sayısını minimuma indirecek ve diğer kontrol noktası değerlerini ise fotogrametrik değerlendirme işlemlerinin kapsamında belirlemeye yönelik yöntemler geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla geliştirilen yöntemler "hava triyangülasyonu" adı altında toplanmaktadır. Standart harita yapım yöntemlerinde uygulanan hava triyangülasyonunda iki boyutlu ölçme resmi içeriğinden bilinen veya ek parametre olarak dengeleme işlemine katılan iç yöneltme elemanları ile üç boyutlu ışın demetleri oluşturulmaktadır. Bu ışın demetlerinin oluşturulması için şerit veya blok kapsamında belirli aralıklarla ($i = 2b$ konum kontrol noktası, $i = 4b$ yükseklik kontrol noktası) kontrol noktalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ancak, kontrol noktası bulunmayan ve bu tür noktaların tesis edilmesinin ekonomik ve arazi koşulları nedeniyle mümkün olmadığı bölgelerin haritalarının çıkartılmasında fotogrametrik harita yapım yöntemlerinin uygulanabilmesi için dış yöneltme parametreleri olarak adlandırılan resim çekim noktası koordinatları (X_0, Y_0, Z_0) ve resim dönüklük değerlerinin (ω, ϕ, χ) belirlenmesi için daha hassas belirleme yöntemleri kullanarak problemi düzlem geriden kestirmenin bir benzer şekli olan uzay geriden kestirme şekline dönüştürmektir.

Bu amaçla, bir hava resminin tam resim çekim anında, resim çekim doğrultusunu ve çekim yerini bir önceki resme göre veya mutlak olarak belirlemeye yarayan yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar arasında **ufuk kamerası**, ω ve ϕ yöneltme açılarının belirlenmesinde kullanılmakta olup, duyarlılığı $\pm 1'$ 'dir. İstenen presizyon en az $\pm 10''$ olduğundan bugün için geçerli bir yöntem değildir. **Güneş periskopu**, resmin çekildiği andaki güneşin resmi ve zaman yardımıyla resim çekim merkezinin coğrafi koordinatları ile boyuna ve enine dönüklük değerleri ve elde edilmektedir. Bu yöntem NASA tarafından ay uçuşlarında (Ranger - misyonları) kullanılmış olup şu anda uygulamadan kaldırılmıştır. Bu arada bir **gyrodüzeç**, nadir noktasının belirlenmesinde ve buradan da boyuna ve enine eğiklik değerlerinin türetilmesinde kullanılmaktadır. İzdüşüm merkezinin bağlı konumunun elde edilmesi için geliştirilen **stataskop** aleti ise $\pm 1 - 2$ m doğrulukta olup, okuma duyarlılığı 0,5 m dir.

Stataskop büyük duyarlık gerektirmeyen ölçmeler için yeterli olup, orta ve küçük ölçekli harita işlerinde yararlıdır. Uçuş güzergahı üzerinde bulunan noktalardan yararlanılarak kestirme yöntemiyle çalışan Decca Shoran v.b. yöntemler de bugün için gerekli olan presizyonu belirleyecek duyarlılıkta değildir.

Yukarıda sözkonusu edilen yöntemlerden farklı olarak kinematik sateletik gözlemleri ile Global Positioning System (GPS) dayanarak kameranın uzaydaki üç boyutlu konumunu 2 ila 5 cm duyarlılıkla belirlemek bugün için artık üzerinde çalışılan ve yakın gelecekte rutin fotogrametrik uygulama kullanılacak bir yöntemdir.

Kinematik GPS konumlandırma istenen presizyon derecesine bağlı olarak üç değişik türde gerçekleştirilir. Bunlar

- differential pseudorange
- phase smoothed pseudorange
- phase reduction

olarak ayrılır. Bu yöntemlere bağlı olarak da aletsel donanım ve bilgisayar programları da farklılık gösterir. Araştırmalarda fotogrametrik uygulamalarda önem kazanan z- doğrultusundaki kamera koordinatı belirleme presizyonunun ne mertebede olması gerektiği değişik harita ölçeklere bağlı olarak aşağıdaki çizelge de verilmiştir.

GPS verilerinden yararlanarak blok dengelemesinin presizyonunu araştıran çalışmalardan ise aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Hollanda'da 4x4 km lik bir test alanında GPS verileri düz arazide yapılan fotogrametrik uçuşta simülasyon sonucunda değişik kontrol noktası dağılımı sonucunda bulunan değerler aşağıda verilmiştir.

Norveç'te yapılan diğer bir çalışmada da NAVSTAR Global Positioning Sistem kullanılarak oldukça hızlı uçuş yapan bir uçak ile (380 km/h), iki adet Trimble 4000 SL GPS alıcısı, Wild RC 10 geniş açılı kamerası ile yapılan test uçuşunda, toplam 55

Çizelge 1

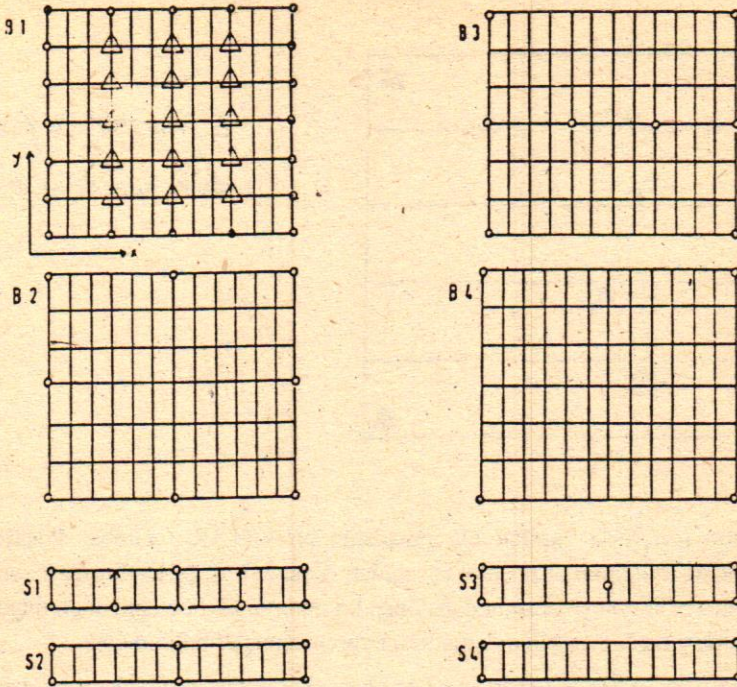
Harita ölçeği	Resim ölçeği	İstenen Kamera Konum Doğruluğu	Kinematik GPS Tekniği
1: 100.000	1: 100.000	16.0 m	Differential Pseudorange
1: 50.000	1: 70.000	8.0 m	
1: 25.000	1: 50.000	4.0 m	
1: 10.000	1: 30.000	0.7 m	Phase Smoothed Pseudorange
1: 5.000	1: 15.000	0.35 m	Phase Reduction
1: 1.000	1: 8.000	0.15 m	
Koordinat belirleme	1: 4.000	0.15 m	

modelden 5 şeritlik bir blokda (uçuş yüksekliği 2300 m, resim ölçeği 1: 15. 000) elde edilen ve Planicomp C 100 kullanılarak değerlendirilen resimlerden izdüşüm merkezi koordinatlarını konumda 0,25 m, yükseklikte, 0, 15 m kadar ulaşan doğruluk dereceleri elde edilmiştir.

Blok içindeki kontrol noktası dağılımı çevrede toplam 8 tane kontrol noktası olması durumuna kadar değişmemektedir.

Gerek konum gerekse yükseklik için ise aşağıda şekli verilen durum ideal kontrol noktası dağılımıdır denmektedir. (GPS de 3 düzeltme parametrisinin kullanılması durumunda)

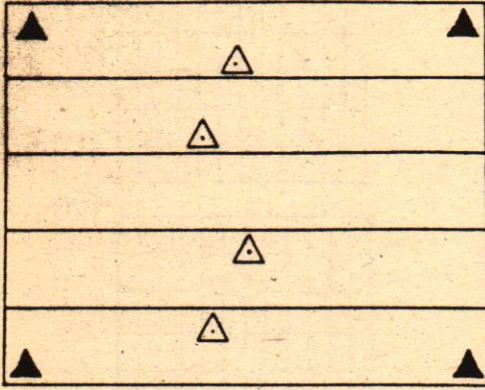
Bu durumda elde edilen yükseklik presizyonu %0 0.09 H (H= uçuş yüksekliği) dir. Benzer şekilde İspanya'da, ancak burada yerdeki kontrol noktası koordinatlarının da GPS ölçmeleri sonucunda elde edilmesi ile yapılan karma dengeleme işlemlerinde de rutin fotogrametrik uygulamanın sağlaması gereken sınırlarda değerler elde edilmiştir.



Şekil. 5 Kullanılan Blok ve Şeritlerin Konfigurasyonu

Çizelge 2

(konfigurasyon)		(yer noktalarında standart sapma (cm))				
		ort.			maks.	
		S(X)	S(Y)	S(Z)	S(X)	S(Y)
B1		1.8	2.0	3.4	2.7	3.6
B1*		1.6	1.6	2.7	2.6	3.1
B2*		1.8	1.9	3.1	2.8	3.5
B3*		1.9	2.0	3.2	2.8	3.9
B4*		2.0	2.1	3.3	3.2	3.9
B4		10.1	10.6	200	26.1	27.4
S1		2.6	3.2	4.6	3.3	4.5
S1*		2.1	2.6	3.6	2.7	3.6
S2*		2.2	2.9	4.0	2.8	4.1
S3*		2.4	3.4	4.2	2.8	4.4
S4*		2.7	4.2	4.7	3.3	6.4
S4		24.5	50.0	300	50	50



△ Yükseklik Kont.Nok.

▲ Konum Kont.Nok.

Aynı şekilde İsviçre'de yapılan bir çalışmada NAVSTAR / Global Positioning System verileri kullanılarak iki blokta yapılan ölçme ve değerlendirmeler sonunda da dış yöneltme bilinmeyenlerinin daha önce bu raporda sözkonusu edilen duyarlılık sınırları içinde kalan ve uygulama için umut veren sonuçlar bulunmuştur.

Benzer çalışmalar ABD'de de yapılmakta olup, elde edilen duyarlılık derceleri rutin uygulamalar için geçerli sınırlar içindedir.

Bu teorik ve uygulamalı çalışmalar sonunda rutin bir fotogrametrik çalışma için aşağıda sıralanan koşulların yerine getirilmesinin uygun olacağı anlaşılmaktadır.

- **GPS alıcısı:** Kinematik konumlandırma tekniği uygulancağından C / A kodlu, Standart Positioning Service (SPS) GPS alıcılarına ihtiyaç bulunmaktadır. Alıcılar sekiz veya daha fazla kanallı olmalıdır. Yer alıcısı ile uçaktaki alıcı arasındaki mesafe 20 km den daha az olmalıdır. Değerlendirme için harita ölçeğine bağlı olarak Çizelge 1'de verilen değerlendirme teknikleri uygulanmalıdır.

- **Fotogrametrik Kamera:** Kamera elektronik implusleri 1 msan. altında verecek donanımları bulundurmalı ve shutterin açıldığı zaman bu impuls GPS alıcısı ile senkron biçimde çalışmayı sağlayabilmelidir.

- **Yazılım:** Kullanılacak entegre yazılım kinematik ve statik indirgemesini yapabilmeli, GPS - sistemi ile yerel sistem (örneğin WG 84) arasında dönüşümü sağlayabilmeli, fotogrametrik değerlendirme programı kendi kendine kalibrasyon (self calibration bundle technique) demet yöntemini uygulayabilmelidir.

Çalışmalarda uçaktaki GPS alıcısı yanında bir yer alıcısından da söz edilmektedir. Gerekli presizyon sınırın aşılmasının istenmediği ve yer alıcısının bulunmadığı durumlarda kameranın dönüklüğünün kaydedildiği otomatik düzenlerin de bulunması gerekir.

Presizyonlu uygulamalar için ise jeoid ile yerel sistem arasındaki dönüşümü sağlayan bilgilerin elde bulunması önerilmektedir.

2.3. Digital Verilerin İşlenmesi

Mikroelektronik ve yarı iletken teknolojisindeki büyük gelişmelerden etkilenen ve etkisi çok ileriki yıllarda görülecek olan yeni bir çalışma fotogrametristlerin uğraş alanı içine girmiştir. Uzaktan algılamanın kullandığı CCD- Kameralar ve teknolojsi, fotografik olarak çekilen resimleri bütünleyen veya onların ileriki yıllarda yerini alacak gelişme içindedir. Bilinen resim tarayıcılarının yanında bugün birçok analitik plotter, fotografik resimleri digilatize edecek donanımlara sahiptir.

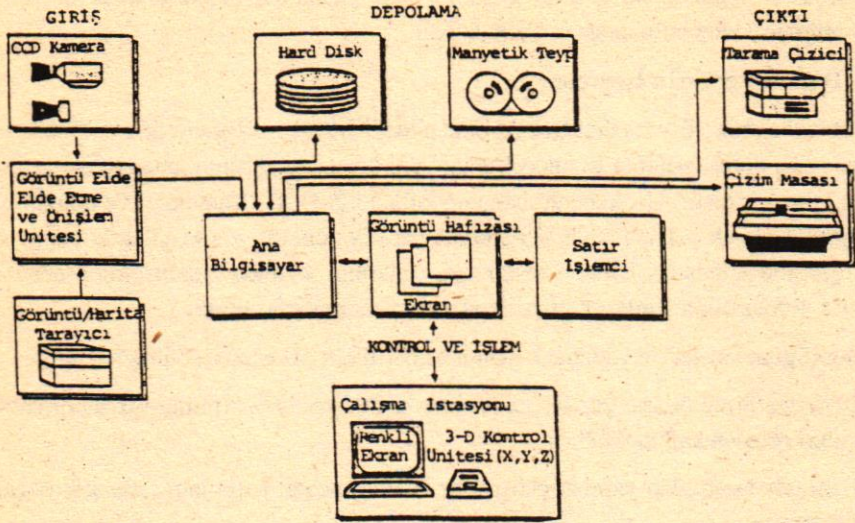
Bu tür digital veriler ile yapılacak olan işlemlerin birçok avantajı bulunmaktadır.

- Değerlendirme öncesi yapılan çalışmalar basitleşmektedir (fotografik laboratuvar işlemleri ortadan kalkmaktadır),
- Operatör tarafından yapılan çalışmalar basitleşmekte, hatta tam otomatik değerlendirme ve,
- Sonuçlar veri bankalarına doğrudan iletilebilmekte veya ileriki işlemlere doğrudan devam etme olanağı elde edilmektedir.

Şekil 6'da da görüleceği üzere bu tür verileri işleyen bir sistem aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

- Bilinen bilgisayar çevre donanımları ile grafik işlem ünitesi
- Güçlü bir monitör
- Veri elde etme, ön işlem ve çıktısı için özel bord lar

Temel algoritmaların seri bir şekilde çözümünü sağlayacak işlemci esnekliği ve kapasitesinin büyüklüğü nedeniyle bir digital istasyon "entegre fotogrametrik sistem" olarak da tanımlanabilir. Tüm bu donanımlara sahip bir digital sistem fotogrametrik ve kartografik işlemler yanında veri hazırlama, veri işleme alanlarında değişik amaçlarla da kullanılabilir. Tüm bu entegre sistemin çeşitli bileşenleri için çalışmalar halen sürdürülmektedir. Ancak bu sistemin CCD - kameralar ile ilgili konuda yapılan çalışmalarla elde edilen sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.



Şekil. 6 Bir Digital Veri İşleme Sistemi

2.4. Ülke Bilgi Sistemleri

Bugün çeşitli uygulama türleri ile karşılaştığımız mekansal arazi modellerinden söz edildiği zaman, yalnız sayısal arazi modelinden mi söz edildiğini, yoksa topoğrafya yanında ;

- Sulama ağından,
- Ulaşım yollarından,
- Yüzeydeki bitki örtüsünden

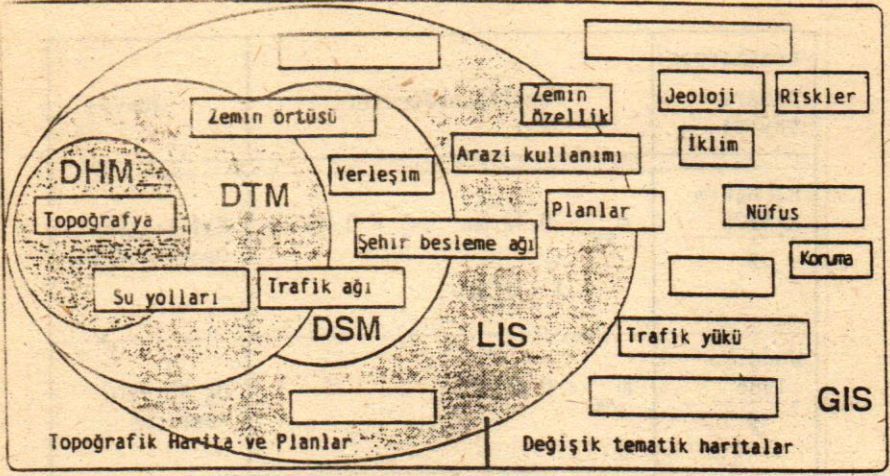
söz edilip edilmediğinin belirtilmesi gerekir.

Bu türden topoğrafyaya ek bilgilerin sayısal modelin dışında tutulması mümkünse de, arazi yüzeyi özellikle su yolları ve trafik ağı ile o şekilde etkilenmekte ki bazı durumlarda bunların etkisini ortadan kaldırmak da mümkün olamamaktadır. Bu duruma topoğrafyayı tam olarak yansıtmaya çalışan **sayısal arazi modeli (DTM = SAM)** ve **sayısal yükseklik modeli (DHM = SYM)** yanında, klasik topoğrafik haritanın birçok önemli bileşenini bulunduran **sayısal durum modeli (DSM = SDM)** elde edilebilmektedir. Eğer bu sonuncu sistemin elemanlarına arazi - ye ait bilgileri,

Araştırmacı Kamera sayısı /	Presizyon ölçüleri	Yöntem
El Hakim 1986 2	$m_{xy} = 0.12 \text{ mm}$ $m_z = 0.15 \text{ mm}$ 1 : 2500	Kalibrasyonlu Demet Yöntemi
Wong.Ho 1986 2	$m_{xy} = 0.4 \text{ mm}$	Üç Boyutlu Kestirme
Haggren 1986 4	$m_{xy} = 1 \text{ mm}$ 1 : 5000	DLT
Gruen, Beyer 1986 4	$m_{xy} = 0.10 \text{ mm}$ $m_z = 0.15 \text{ mm}$ 1 : 5000 % 00.08	Kalibrasyonlu Demet Yöntemi 2 Boyutlu Test Alanı
Beyer 1987 2	$m_{xy} = 0.10 \text{ mm}$ $m_z = 0.07 \text{ mm}$ 1 : 5000 % 00.03	Kalibrasyonlu Demet Yöntemi 3 Boyutlu Test Alanı

Tablo 1. CCD- Kameralar ile elde edile presizyon

onun kullanımı ve kullanımından doğan hukuksal bileşenleri de ekleyecek olursak **arazi bilgi sistemi**'ni (LIS = ABS) elde ederiz. Tüm olarak arazi ve kullanımı ile ilgili bilgileri kapsayan bu sisteme yaşanan çevreyi oluşturan diğer bilgileri de ekleyecek olursak **coğrafik bilgi sistemi**'ni (GIS = CBS) oluştururuz. Konuya katılan bileşenlerin farklı kombinasyonları ile farklı coğrafik bilgi sistemleri oluşturulabilir.



Şekil. 7 Değişik Sayısal Modellerin Gösterilimi

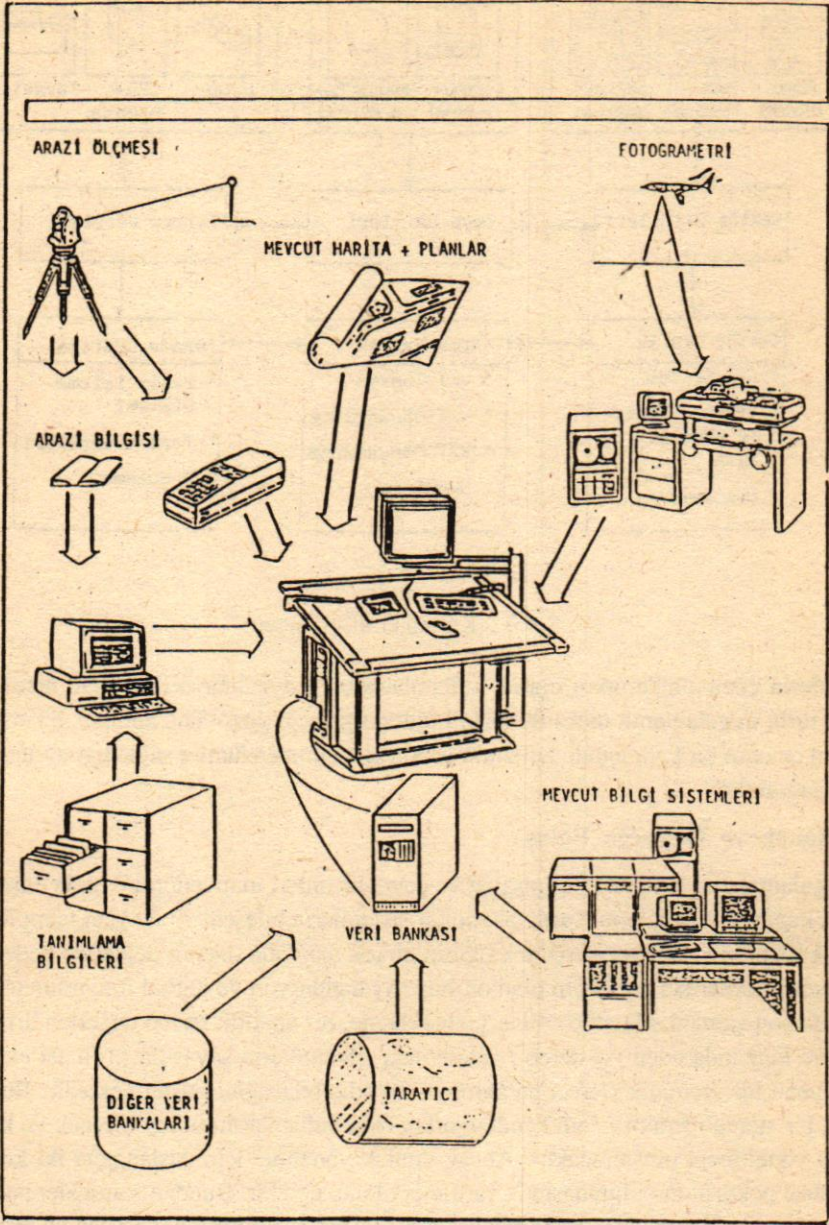
Bugün, Coğrafi Bilgi Sistemleri karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülmesi için tasarlanan ve mekandaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemi olarak adlandırılmaktadır.

Fotogrametri bu coğrafi bilgi sistemlerinin üretilmesinde bugün önemli görevler yüklenmektedir. Ancak fotogrametriye bilgi akışı sağlayan birçok ek sistem de gerekmektedir. Bu türden sistemlerin uygulanması sırasında fotogrametrik verilerin diğer veriler ile entegre biçimde kullanılabilmesinin sağlanması gerekmektedir. Bu da karma bir coğrafi bilgi sisteminin oluşturulmasını gerektirmektedir.

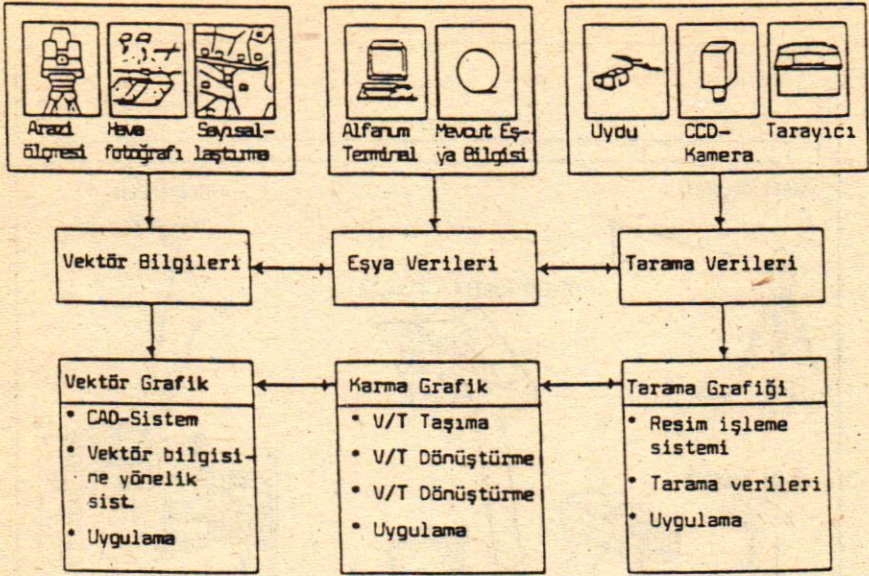
Bu tür karma grafik sistemler vektör bilgilerini (harita bilgileri) ve değişik resim işleme sistemlerini entegre bir biçimde bulundurmaktadırlar. Bu sistemler eş zamanlı olarak çalışmakta ve bilgi transferi sistemin içinde tek bir yönden kumandası ile mümkün olur. Bu tür bir sistemin çekirdeğini bu durumda veri yapılarını saklayan ve bu verileri idare eden ana sistem oluşturur. Daha önce de ele alındığı üzere cismin sistem içindeki yeri yeni cismin konum koordinatları ile tanımlanır. Bu durumda konum, veri sistemi içinde en önemli bileşeni oluşturur. Coğrafi cisimler içinde önemli özellik de topoloji, yani cisimlerin komşuluk ilişkileridir.

Bunun yanında o cismi tanımlayan grafik olmayan bilgilerden de önemli derecede yararlanır. Bu durumda tüm bu işlevleri görecektir çok hızlı çalışan ve geniş bilgi depolama olanaklarına sahip bilgi işleme sisteminin önemi açık bir şekilde görülmektedir.

1990'lı yıllarda batılı ülkelerde bilgi sistemleri ve buna dayalı mekansal veri tabanlarının kullanımı standart işlemler grubuna girecek ve gerçek hayatta karmaşık prob-



Şekil 8: Veri Elde etme ve İşleme Sistemleri



Şekil 9. Karma Grafik Sistem

lemelerin çözümünde etkin olarak kullanılacaktır. Kaynakları kısıtlı olan ülkelerde, her türlü uygulamanın mekanla ilişkili olduğu gerçeği gözönüne alınırsa, bu sistemlerin entegre bir yapı içinde kullanılmasının çok etkin çözümler sağladığı ayrıca vurgulanmalıdır.

3. Sonuç ve Geleceğe Bakış

Uygulamalarda kullanılan bilgisayar ve çevre birimleri maliyetlerinin hızla düşmesi, hız, kapasite ve güçlerinin artması, bu tür sistemlerin bileşenlerinde yeni teknolojilerin kullanılması, fotogrametri tekniğinin birçok alanında önemli değişime neden olmuştur. Bunlardan bir kesim olan on-line triyagülasyon ve digital fotogrametri alanında son zamanlarda elde edilen hızlı gelişme, bir analitik stereo değerlendirme aletine kumanda eden ve stereo resimlerdeki görüntülerin sayasılaştırılması esasına dayanan bir otomatik stereooperatörün imal edilebileceğini göstermektedir. Bu türden bir stereooperatör kendi kendine orta nokta bulucularını bulup ölçecek ve karşılıklı yöneltmeyi oluşturacaktır. Ancak mutlak yöneltme için başlangıçta iki konum kontrol noktasının bulunmasında yardımcı olmak gerekir. Bundan sonra alet paraksları ölçecek, bölgenin sayısal modelini oluşturacak ortofotosunu basacak ve tüm harita altlık bilgilerini kendisi elde edecektir.

Aynı benzer aleti uzaktan algılama verilerinin sayısal analizinde temel gereç olarak kullanılırken göreceğiz. Bildiğimiz klasik harita hazırlama donanımlarını imal eden kuruluşlar, ya bir elektronik firması ile ortak çalışmak zorunda kalacaklar veya bu

konulardaki pazarı belirli bir anlamda onlara terk edecekler. Özellikle bilgi için tüm görüntü sayısal hale getirilecek ve değerlendirmeden önce tümüyle bilgisayarın deposunda veya belirli bir ortamında depolanacaktır.

Tüm bu gelişmeler, sınırları ve olanakları şu anda görülebilen, hissedilebilen teknolojik araştırmalara dayanmaktadır. Ancak bilgisayar dünyasının zamanımızda üzerinde çalıştığı **uzman sistemler** ve **yapay zekâ** konularında ne türden yeniliklerle karşı karşıya geleceğimizi ancak mantık ve hayâl etme gücümüzün sınırlarını zorlayarak bulmamız mümkündür. Belki bu bizi CCD- kameralarının sonunda, yeni ufuklara götüren bir çağın simgesi de olabilir.

Gelişmiş ülkelerde günlük hayatın mekanla ilişkili her dalında günden güne artan oranda kullanılan bu teknolojiler ülkemiz için de büyük önem taşımaktadır. Bu tür teknolojileri kullanırken bilgisayar uzmanı olmaya gerek olmamasına rağmen, konunun ve bilgisayarın olanaklarını abartmamak gerekir. Bu teknolojiler teknik elemanların görevlerini üstlenmezler. Bunlar onların etkinliği ve üretkenliğini artırarak daha güvenli görev yapmalarını sağlar.

KAYNAKLAR

- /1/ ACKERMANN, F. : Use of Camera Orientation Data in Photogrammetry, ISPRS Comm I. Symposium, Stuttgart, 1986
- /2/ ALBERTZ, J., KONIG, G. : A Digital Stereophotogrammetric System, International Archives of photogrammetry and Remote Sensing voi XXV, part A2, PP 1-7, 1984
- /3/ ALTAN, M. O. : 11- Parameter Transformation at a Control. Survey of a Cooling Tower, Presented Paper to FIG Congress, Montreax, 1982
- /4/ ALTAN, M.O.: Genauigkeitsuntersuchung Photogrammetrischer Deformationsmessungen an einem Testfeld, Bul, No. 1, 1984
- /5/ ALTAN, M. O. : A Super Precise Test - field for Close-Range Applications, Presented Paper to Comm V. of the ISPRS, Ottawa, 1986
- /6/ ASP (AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY) : Manual of Photogrammetry. Fourth Edition. Falls Church/Virginia, 1980
- /7/ ASLUND, N. et al. : A General Prurpose Version of the Computer - Controlled Image Scanner OSIRIS. Proceedings International Symposium on Imaga Processing, Interactions with Photorgammetry and Remote Sensing, Graz 1977, pp.
- /8/ BLAIS, J. A. R. : Theoretical Considerations for Land Information System. The Canadion Surveyor, 41 (1987) S. 51 - 64.
- /9/ BROWN, D. : Advanced Methods for the Calibration of Metric Cameras. Paper Symposium On Computational Photogrammetry, Syracuse University, 1969
- /10/ EI - HAKİM, S. F., 1986 : A Real - Time System for Object Measurement with CCD Cameras. Proceedings of the Symposium "Real - Time Photogrammetry - A New Challenge", June 16 - 19, 1986 Ottawa, Canada; Int. Arch. of Phot. and Remote Sensing, Vol. 26, Part 5, pp. 363 - 373

- /11/ **FÖRSTNER, W.** : Quality assessment of object location and point transfer using digital image correlation techniques. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vo. XXV, Part A3a, pp. 197-219, 1984
- /12/ **FRIESS, P.** : The NAVSTAR Global Positioning System for Aerial Triangulation, *Proc. 41 Phot. Woche, Stuttgart*, 14-19 Eylül 1987, 33 - 45
- /13/ **GRÜN, A., Beyer, H.**, 1986 : Real - time Photogrammetry at the Digital Photogrammetric Station (DIPS) of ETH Zurich. Paper presented at the ISPRS Commission V Symposium "Real - Time Photogrammetry - A New Challenge", Ottawa, Canada, June 16 - 19, 1986. *The Canadian Surveyor*, Vol . 41, No. 2, 1987, pp. 181 - 189
- /14/ **GRÜN, A.**, 1987: Towards Real - Time Photogrammetry. Invited Paper zur 41. Photogrammetrischen Woche, Stuttgart, 14 - 19, September 1987
- /15/ **GRANSHAW, S. I.** : Bundle adjustment methods in engineering photogrammetry. *Photogrammetric Record* 10, No. 56, pp. 181-207, 1980
- /16/ **HAGGREN, H.**, 1986 : Real - Time Photogrammetry us Used for Machine Vision Applications. *Proceedings of the Symposium "Real - Time Photogrammetry - A New Challenge"*, June 16 - 19, 1986, Ottawa, Canada; *Int. Arch. of Phot. and Remote Sensing*, Vol. 26, Part 5, pp. 374 - 382
- /17/ **LAPINE, L. A.** : Practical Photogrammetric Control by Kinematic GPS, *GPS World*, May/June 1990
- /18/ **MARBLE, D.F., PEUQEUT, D. J.** : Geoprachic Informations Systems and Remote Sensing. *Manual of Remote Sensing*, ASP, (1983), S. 923 -958
- /19/ **MIKHAIL, E. M., AKEY, M.L., MITCHELL, O.R.**: Detection and sub - pixel location of photogrammetric targets in digital images. *Photogrammetria* 39 (1984), pp. 63-83, 1984
- /20/ **SCHROTH, R.** : On the stochastic properties of image coordinates. *International Archives of Photogrammetry*, Vol. XXIV, Part 3, pp. 446-458, 1982
- /21/ **WESTER - EBBINGHAUS, W.** : Ein photogrammetrisches System für Sonderranwendungen. *Bildmessung und Luftbildwesen* 51 (1983) , S. 118 - 128, 1983
- /22/ **WROBEL, B.** : Multi - Image Camera Calibration with a Small Testfield Using Tie Conditions: Numerical Stability and Correlation Properties. Paper Symposium ISP Commission V, Stockholm 1978, 11 p., 1978.

BAŞKAN - Hocamıza değerli açıklamalarından dolayı çok teşekkür ediyoruz. Kendilerine yönelmek istediğiniz sorular var mı?.. Görüyorum ki yok. Kendisine tekrar teşekkür ediyorum.

Oturumumuzun 4 ncü konusu "Erozyon Belirleme Çalışmalarında Sayısal Arazi Modellerinin Kullanılması". Bu konuyu Sayın Doçent Doktor Gönül Toz ve Sayın Doktor Feyza Akyüz sunacaklar. Sanıyorum bu konuyla ilgili bir de dia gösterisi var. Bununla ilgili gösteriyi sunmak üzere kendilerini kürsüye davet ediyorum.