

Necati ÖLÇÜCÜOĞLU

1. GİRİŞ

Prof.Dr.Friedrich ACKERMANN, Harita Genel Komutanlığı'nın davetlisi olarak 8-11 EKİM 1989 tarihleri arasında ülkemize gelmiştir.

Prof.Dr.F.ACKERMANN, 1923 yılında Moosbeuren (B.Almanya)'da doğmuş, 1954 yılında Stuttgart Teknik Üniversitesi'nde ölçme üzerine mühendislik diploması almıştır. 1961 yılında ITC'de fotogrametri mühendisliğinde master, 1964'de ise Stuttgart Teknik Üniversitesinde doktora yapmıştır. Konuk profesör, 1966 yılından itibaren Stuttgart Üniversitesi Fotogrametri Enstitüsünde Direktör ve Fotogrametri Profesörü, ayrıca ITC'de öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Fotogrametri konusunda dünyaca ünlü olan Prof.Dr.F.ACKERMANN'ın 1964 yılında "Otto Von Gruber Ödülü", 1976 yılında "Uluslararası Fotogrametri Birliği Altın Madalya Ödülü" ve 1988 yılında Helsinki Teknik Üniversitesi Onursal Doktorluğu bulunmaktadır.

Ziyaretinin ilk gününde Harita Genel Komutanlığı'nın teknik dairelerini ve Harita Müzesini gezen Prof.Dr.ACKERMANN, Harita Genel Komutanlığı'nın teknik olarak ileri düzeyde bulunduğunu belirtmiş ve harita müzesine hayranlığını müze şeref defterine yazdığı aşağıdaki satırlarla ifade etmiştir;

"Bu fevkalade müzeyi görmekle derinden etkilendim. Bu ülke ve diğer ülkelerde ölçme, harita yapımı ve fotogrametrinin tarihi ile ilgili gerçek hazinenin sergilendiği çok nadide bir koleksiyon. Böyle birşey görmedim ve böyle son derece dikkate değer bir müzeyi kurmuş ve muhafaza etmiş olması dolayısıyla Haritaya en yürekten tebriklerimi sunarım."

Konuk profesör ziyaretinin son iki gününde; "Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS)", Lazer ile Havadan Profilleme" ve "GPS Verilerinin Fotogrametrik Nirengide Kullanılması (Kinematik GPS)" konularında konferans vermiştir. Konferansa Harita Genel Komutanlığı personeli ile beraber Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Devlet Liman ve Havayolları, Karayolları Genel Müdürlüğü,

(*) Konferansların yazılı metinlerinin bulunmaması nedeniyle bu metin, konferans süresince yapılan teyp kayıtlarından hazırlanmıştır.

M.T.A.Genel Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Hacettepe Üniversitesi, Gazi Üniversitesi, Ankara Büyükşehir Belediyesi ve İlçe Belediyelerden 60'a yakın izleyici katılmıştır.

Bu yayın ile Prof.ACKERMANN'ın verdiği konferanstaki bilgilerin konferanslara katılamayan meslektaşlara da duyurulması amaçlanmıştır.

2. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (GIS)

Coğrafi bilgi sistemleri (GIS) çağdaş gelişmeye uygun, oldukça güncel bir konudur. Ancak halen açık ve belirgin olarak bazı kavramlar henüz oturmamıştır.

Coğrafi bilgi sistemi ile ilgili gelişmeler izlendiğinde, Şekil-1'deki durum görülmektedir.

	Kavram	Uygulama	Veri
Konuşmalar	100	10	1
Çalışmalar	1	10	≥100

Şekil-1

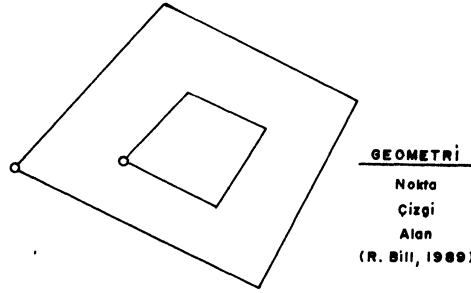
Şekil-1'de görüldüğü gibi, GIS konusunda kavram ve ilkeler üzerinde yapılan konuşmalar 100 birim alınır, uygulama ve programlama 10, bunun verilerle doldurulması ise 1 birim tutmaktadır. Fakat gerçek çalışmada ise bunun tam tersi yani veri ile doldurma 100 veya daha fazla, uygulama 10, kavram ise 1 olmaktadır.

GIS özellikle mesleki açıdan önemli olduğundan ilgilenilmesi gerekmektedir. Bu nedenledir ki Stuttgart Teknik Üniversitesinde birtakım kurslar düzenlenmiştir. GIS kavramından söz ederken, herşeyden önce harita yapım görevinden bahsetmek gerekli olmaktadır. Bir bakıma klasik harita, grafik anlamda bilgi sistemi olup bilgilerin toplanması ve sunuluşu ile bir grafik ortam

oluşturmaktadır.

Haritada da birçok bilgi olup, özellikle kartografyada bunlar kalıplar halinde hazırlanmaktadır. Örneğin; hidrografiya, eşyükseklik eğrisi, bitki örtüsü kalıbı gibi. GIS'de de aynı yaklaşım bulunmaktadır. Bu bakımdan harita, grafik nesnelerin editlenmesi ve sunulduğu ile bir araç durumundadır. Harita herşeyden önce birçok kullanıcı tarafından kullanılır. Bu nedenle kullanıcı haritadan neyi aramak isterse buna göre bakmaktadır. GIS'nde bilgiler toplanır, depolanır, analiz edilir ve kullanıcılara sunulur.

Haritacılıkta herşey önce geometri üzerine kurulmuştur. GIS'deki geometri; en basit anlamıyla nokta, çizgi ve alanlardan oluşmakta ve bunlar geometrik temel elemanlar olarak adlandırılmaktadır (Şekil-2).

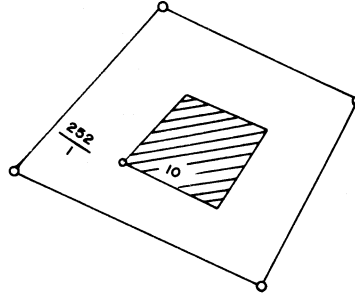


Şekil-2

Nokta, çizgi ve alan kavramları soyut kavramlar olup, bunların grafik olarak sunulması gerekmektedir. Örneğin; noktaların küçük dairelerle gösterilmesi, evlerin taranması ve parsel numaralarının yazılması gibi.

Haritada temel geometrik elemanlar gösterilirken birtakım semboller kullanılmaktadır. Fakat bilgisayarda bunların gösterilmesi başka bir kavramdır. Geometrik elemanların yanında bunlara ait örneğin, parsel numarası gibi ifadeler de eklenmektedir. Grafik olmayan bu ifadelere öznitelik (Attribute) adı verilmektedir. Başlangıçta grafik olmayan öznitelik bilgilerinin eklenmesi kolay görülebilirse de çok sayıda bilgilerin eklenmesi ile grafikte sınırsız öznitelik ortaya çıkabilmektedir. Örneğin; ev'de yaşayanlar, evin hu-

kuki durumu vs. Zaten bunlarında haritada gösterilmesi mümkün olmamaktadır. Öznitelik bilgileri, detayları tanımlayıcı bilgilerdir. Örneğin; Atatürk Bulvarı üzerindeki evin, numarası, ev sahibi, gaz ve su numarası gibi bilgiler veri tabanında tek anlamlı olarak sayısal veya sözel olarak depolanırlar (Şekil-3).



Gratik: Çizgi cinsi kalınlığı
Tarama, Sembol
Öznitelik: Bina _ No
Kat adedi
Parsel _ No
Mülkiyet

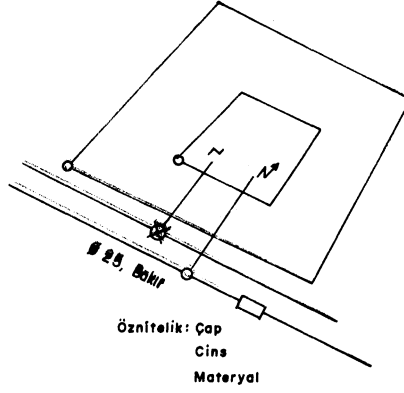
Şekil-3

Öznitelik bilgileri sadece parsel ile sınırlı olmayıp, başka katmanlarda eklenebilmektedir. Örneğin; bir su, elektrik veya gaz hattı katmanı ilave edilebilmektedir. Bu durumda bunların öznitelik bilgisi olarak bir gaz hattının boru çapı, kullanılan malzemenin cinsi, topraktan olan derinliği vs. bilgileri de taşımaktadır (Şekil-4).

GIS içinde başka bir bakış açısı ise detayların temsil edilme biçimidir. Detayların nokta, çizgi, alan olarak önceden anlatılan biçimde gösterimi "vektör" veri yapısı olup, diğer bir yaklaşım ise detayların pikseller ve bunların gri değerleri ile ifade edilmesidir. Bu yaklaşım ise "raster" veri yapısıdır (Şekil-5).

Buraya kadar iki boyut olarak söz edilmiş olup, aslında bir üçüncü boyut bulunmaktadır. Örneğin bir evin üçüncü boyutu vardır (Şekil-6).

Buraya kadar açıklananlara ek olarak tamamen farklı bir veri de dinamik veridir. Dinamik veriler harita ile ilgisi olmayan zamanla değişen verilerdir.

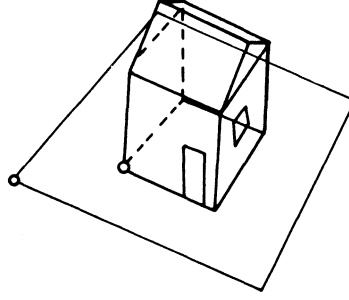


Şekil-4

VEKTÖR VE RASTER VERİLERİNİN HESABI			
Grafik Elemanları	Vektörgrafik		Rastergrafik Gösterim
	Yapı	Gösterim	
Nokta	$X = \text{Koor.}$ $Y = \text{Koor.}$ Sembol Nokta no ...	○ 2345	 Öznitelik: Renk
Çizgi	Nokta bağlantısı Sembol Kalınlık Renk 		
Alan	Hiyerarşi Çigillerin işareti İlişkilendirme Alanların işareti 		
Metin	x, y Koordinatları Yazı yüksekliği	Text	

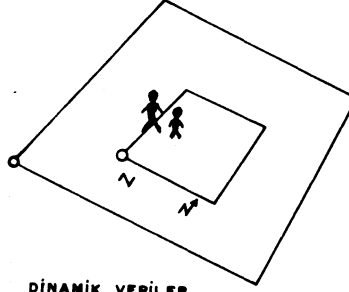
Schilther 1987

Şekil-5



CAD: 3D

Şekil-6



DİNAMİK VERİLER

- Elektrik tüketimi
- Su tüketimi
- Şahıslar

Şekil-7

Örnek olarak bir evde ne kadar su ve elektrik tüketildiği ya da o evde yaşayan insan sayısı hakkında bilgi sahibi olmak istenilebilir. Bu tür veriler haritada kullanılan verilerden tamamen farklı olup, trafik bilgileri de dahil birçok konuda düşünülmektedir.

GIS'de basit bir sıra izlenmesine rağmen birçok kaynaklardan bilgiler toplanmaktadır. Bu bilgiler geometrik, raster veya öznitelik bilgileri olmaktadır. Bu nedenle sorun bu bilgileri bilgisayar ortamında, yani veri tabanında depolamaktır. Ama bilgi sistemleri veri tabanına dayalı olmasına rağmen farklı bir sistemdir. Bilgi sisteminde veriler toplanacak ama bir takım analiz

ve işlemler yapılarak kullanıcılara sunulacaktır. Bu nedenle bilgi sistemi bütün bu işlevleri içerisinde toplayan bir sistemdir.

Başlangıçta da belirtildiği gibi harita da aslında bir GIS'dir, ama GIS, haritanın içermediği birçok bilgiyi bulundurması ve çağdaş yaklaşımlar içinde ele alınması sonucunda haritanın birkaç boyut ötesindedir.

Bilgi sistemi denilince, verilerin toplanması, depolanması, analizi, işlenmesi ve görüntülenmesi işlemleri gerekmektedir. Burada verilerden amaçlanan tüm öznitelikleri ile üçboyutlu verilerdir.

GIS içerisinde diğer önemli bir konu ise nesne kavramı veya nesneye yönelik GIS'dir. Bu durumda nesneyi tanımlamak gerekmektedir. Nesne, örneğin bir ev nesne olup, geometrik temel elemanlardan ve bunu tanımlayan özniteliklerden oluşmaktadır. Ayrıca grafik açısından bunun nasıl gösterileceği de bilinmektedir.

GIS'de diğer bir kavram ise modellendirme kavramıdır. Çünkü GIS aslında gerçek dünya'nın bir modellendirilmesidir. Ancak bu modellendirme kullanıcı açısından önemlidir. Örneğin; bir hidrografiya uzmanı sadece sularla ilgilenmektedir. Bu şekilde gerçek dünya, kendi kullanımımız açısından modellenmektedir.

GIS içerisinde son bir kavram ise bilgilerin sunulmasıdır. Çünkü bilgilerin bilgisayar ortamında bulunması yeterli olmayıp, kullanıcılara sunulması gerekmektedir. Önemli bir kavram olan bilgi sunuşunda, bilgiler harita biçiminde sunulabilirse de yeterli değildir. Grafik bilgilerle beraber öznitelikleri de birtakım rapor, liste, ekran görüntüleri vs. biçiminde sunulmalıdır. Bilgi sunuşu otomatik olarak yapılmaktadır. Örneğin, GIS içinde Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) verileri var ise eşyükseklik eğrilerinin çizimi buradan türetilmektedir. Bilgi sunuşuna çeşitlilik kazandırmak için etkileşimli olmalıdır.

GIS'tan beklentiler şunlardır ;

* Coğrafi veriler çok sayıda ve heterojen yapıdadır. Bu nedenle GIS bu verileri yönetebilmelidir.

* GIS'lerinin sorgulama yeteneği olmalıdır. Diğer deyimle, GIS soru sormaya uygun olmalıdır. GIS'e sorulan sorular basit olabileceği gibi değişik kaynaklardan birleştirilerek elde edilmiş sorular da olabilmelidir. Örneğin; Ankara'da tek katlı ve beşden fazla insan yaşayan evler veya Ankara'da eğimi

% 5 den az olan ve toprak yapısı dengesiz olan evler gibi.

* Gerek sorgulama gerekse grafik işlemlerde etkileşim özelliği olmalıdır.

* Değişik kullanımlar ve farklı beklentilere cevap verecek şekilde ölçüler yeniden biçimlendirilebilmelidir.

* Verilerin kullanılmasında sistemin öğretme yeteneği olmalıdır.

Bilgi sistemlerinin sınıflandırılması istendiğinde, hedeflediği uygulama alanları, birbirinden farklı olan çeşitli sistemler görülmektedir. Bunlar aşağıda incelenmiştir;

a. MS (Mapping System) : Bu bir sayısal harita sistemidir. Yaklaşık 10 sene önce fotogrametride bilgisayar destekli kıymetlendirme ve çizim faaliyetleri ile başlamıştır. GIS açısından bakıldığında haritacılık sistemlerinin birçok sınırlamaları bulunmakta, fakat ara ürün olan sayısal veri üretmektedir. Toplanan veriler harita üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Bu sistemlerde veri toplama, veri yönetimi, geometrik editleme, sembolizasyon, öz-nitelik verileri ve kartoğrafik uygulamalar açısından sınırlamalar bulunmaktadır.

b. IGS (Interactive Graphics System) : Etkileşimli Grafik Sistem, MS ile pratikte aynı gruba girmektedir. En önemli fark olarak burada bilgisayar grafiğine daha ağırlık verilerek etkileşim artırılmıştır. MS genel olarak haritacılık amacıyla geliştirilmiş olmasına rağmen, IGS daha geniş alanlara hizmet vermek amacıyla geliştirilmiştir. Her ikisinde iki boyutludur.

c. LIS (Land Information System) : Arazi Bilgi Sistemi (LIS) bazen GIS ile eş anlamlı olarak kullanılmakla beraber, GIS'in daha alt düzeyinde ve kadastro çalışmalarına yöneliktir. LIS'de araziye ilişkin olarak, kadastral yapısı ve arazi kullanım bilgileri bulunmaktadır. Sonuçta harita ve istatistiksel bilgiler sunmaktadır. LIS, ölçme mühendisliğinden doğmuş bir kavram olduğundan arazinin kadastral yönü ile ilgilidir.

d. CAD (Computer Aided Design) : Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) üç boyutlu (3D) olup, adından da anlaşıldığı gibi daha çok makina mühendisliğinde kullanılmaktadır. CAD; mimarlık, araç imalatı gibi konularda görüntüleme, döndürme, bakış açılarını değiştirme ve hareketlerde çok iyi bir sistemdir. CAD sistemleri ile haritacılık alanında yapılabilecek fazla bir şey yoktur, ancak örneğin yol yapımı için tasarlanan yolun topoğrafya ile ilişkilendiril-

mesi ve görüntülenmesi biçiminde dolaylı kullanımı bulunmaktadır. CAD'in bizim açımızdan önemi GIS'e olan katkılarıdır. Bilindiği gibi GIS'ler 2D olup, bazen 2 1/2 D iki boyuttaki detaylara ek olarak topoğrafya yüzeyi olarakta adlandırılmaktadır. GIS'e üçboyutluluk kazandırmak için CAD sistemlerine ihtiyaç bulunmaktadır.

e. GIS (Geographical Information System) : Coğrafi bilgi sistemleri (GIS), çok amaca yönelik sistemlerdir, LIS, MS vs. ise sadece belirli bir amaca yöneliktir. GIS, konuma bağlı bilgileri toplayan, depolayan ve çeşitli amaçlar doğrultusunda işleyen, analiz eden ve sunan sistemlerdir. GIS'de çok çeşitli uygulamalara cevap veren sadece geometri ve öznitelige dayalı olmayan sorgulama vardır. Bu nedenle tamamen çeşitli ve farklı verileri birleştirerek, disiplinlerarası çalışmalara sunmaktadır. GIS yaklaşımı haritacılar tarafından kaydedilmiş olmayıp, harita kullanan planlayıcılar ve çevre düzenleyicilerden doğmuştur.

f. NIS (Network Information System) : Ağ bilgi sistemi, GIS içinde fazla önemi olmayan bir bilgi sistemidir.

g. EIS (Enviromental Information System) : Çevre Bilgi Sistemi, GIS'e dayalı olup, genel olarak çevre düzenlemesi ve çevre kirliliği vs. konularına yöneliktir.

Bu sınıflandırma dışında GIS başka yollarla da sınıflandırılabilir;

(1) Sistem fonksiyonlarına göre :

- Veri toplama
- Depolama
- Editleme
- Analiz
- Sunuş

(2) Amaca göre :

- Ölçme/Kadaastro
- Araştırma
- Planlama

(3) Veri kaynaklarına göre :

- Yersel ölçme
- Resimler
- Haritalar
- İstatistik bilgileri

(4) Veri yapılarına göre :

- Vektör
- Raster
- Karma (Hybrid)

GIS'lerin verilere göre sınıflandırılması genelde verinin nereden geldiği ile ilgili olmaktadır. Vektör veriler nokta, çizgi ve alan biçiminde olup, raster veriler ise fotoğraf veya uydulardan piksel formunda gelmektedir. Günümüzde bu ayırım önemli olmakla beraber, ilerde ortadan kalkacaktır. Özellikle verilerin raster veya vektör biçiminde olması kullanılacak donanım ve yazılımı etkilemektedir. Vektör ve raster veri yapıları tamamen birbirinden farklıdır. Bu konuda ayrıntıya girilmeden, bir çizgi vektör gösterimde iki uç nokta koordinatları ile belirlenirken, raster gösterimde birbirini takip eden pikseller topluluğu biçimindedir. Yine bir alan vektör olarak etrafını çeviren poligonla gösterilirken, raster olarak içerisini dolduran piksellerden oluşmaktadır.

Vektör veri yapısı; kolayca ayırt edilmesi ve iyi bir mantıksal yapıda olması bakımından dolayı nesnelerle ilişkilendirilmesi kolaydır. Ayrıca veri miktarı da azdır.

Raster veri yapılarında ise, öznitelikler geometrik eleman olarak pikselle ilişkilendirilmektedir. Mantıksal veri yapısı zayıf olup, veri toplama çok kolaydır. Bununla beraber alanı doldurma özelliğinden dolayı çok fazla veri vardır.

GIS içinde en fazla ve bilinen sistemler olarak vektör türü sistemler daha çok geliştirilmiş olup, raster türü sistemler daha başlangıç safhasındadır ve hızla gelişmemektedir.

GIS'den aşağıdaki fonksiyonlar beklenilmelidir;

- * Sayısallaştırma, editleme
- * Poligonlaştırma
- * Genelleştirme
- * Kullanıcı ile arayüzü (interface) olması
- * Raster/vektör veya vektör/raster dönüşümü
- * Değişik türde bilgi sunma
- * Analiz için sorgulama vs.

GIS içerisinde bazı fonksiyonlar daha da önemli olmaktadır. Bunlar ;

a. Genelleştirme ; Bu fonksiyon içerisinde gerek çizgi gerekse poligonlar üzerinden nokta azaltması (seyrekleştirme), bazı poligonlardan kenarları çıkararak yeni poligonlar oluşturma ve genelleştirilen paftalar arasında kenarlaşma yapabilmelidir (Şekil-8 a).

b. Özet bilgi çıkarma : Bu fonksiyon içerisinde poligonların ağırlık merkezlerinin hesaplanması, otomatik eşyükseklik eğrisi çizimi, yakınlık haritaları, yeniden sınıflandırma, grid biçime dönüşüm vs. yapılmalıdır (Şekil-8 b).

c. Pafta işlemleri : Bu fonksiyon içerisinde, ölçek değişimi, esnek çakıştırma, projeksiyon sistemi değiştirme ve paftaların koordinat dönüşüm olanakları olmalıdır (Şekil-8 c).

d. Tampon bölge yaratma : Bu fonksiyon içerisinde, bir nokta etrafında dairesel veya kare, bir çizgi etrafında ise istenilen genişlikte tampon alan yaratılabilmelidir. Aynı şekilde bir poligonun içinde veya dışında da tampon alan oluşturulabilmelidir (Şekil-8 d).

e. Poligon birleştirme/ayırma : Daha karmaşık katmanlar oluşturmak, birleşik katmanlardan bazı poligonları ayırmak ve çeşitli katmanların birleştirilmesi sonucu istenen poligonlarda alan hesabı yapmak amacıyla bu olanaklar olmalıdır (Şekil-8 e).

f. Alan hesabı, uzunluk hesabı, poligon içindeki noktalar, hacim hesabı ve kesit çıkarma gibi işlemleri yapabilmelidir.

g. GIS içindeki DEM verilerini kullanarak ;

- Görüş analizleri
- Güneş ışını toplama yerleri (gölgeleme)
- Yükseklik hesaplamaları
- Kesit çıkarma
- Su toplama havzaları
- Eğim ve bakış
- Eşyüksekti eğrisi çizimi
- Üç boyutlu perspektif görüş

elde edilmelidir.

GIS'de çıktı olarak değişik biçimler söz konusudur. Bunlar genellikle harita, listeler, kütükler ve ekran görüntüleri biçiminde olmaktadır (Şekil-9).

TEMELE FONKSİYONLAR

Cizgi Koor. Azaltma	Poligonda Koor. Azaltma	Çizgi Çıkarma	Kenarlaşma

HARİTA GENELLEŞTİRME (a)

Merkez Hesabı	Otomatik Münhane	Yakınlık Haritası	Yeniden Sınıflandırma	Grid Dönüşüm

ÖZET BİLGİ ÇIKARMA (b)

Ölçek Değişimi	Elastik Çıkıştırma	Projeksiyon Değişimi	Koordinat Dönüşümü

PAFTA İŞLEMLERİ (c)

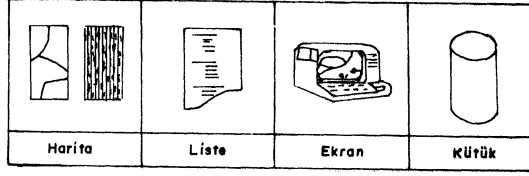
Nokta	Çember Tampon	Kare Tampon
Çizgi	Çizgi Tampon	Geniş Çizgi Tampon
Poligon	Poligon Dışı Tampon	Poligon İçi Tampon

TAMPON OLUŞTURMA (d)

Kompleks Harita için Birleştirme	Ayırma	Alan Hesabı için Birleştirme

POLİGON BİRLEŞTİRME/AYIRMA (e)

Şekil-8



Şekil-9

GIS kavramı içerisinde önemli konulardan birisi ise bilgi sistemlerinin temeli olan veri tabanlarıdır. Veri tabanları GIS'in çekirdeğini oluşturmaktadır olup, bu konuda çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Çok farklı bir kavram olan veri tabanlarında, bu gün için ilişkisel model veri tabanları en çok kullanılmaktadır. Günümüzdeki veri tabanları için yapılabilecek tek eleştiri üçboyutlu (3D) isteklere cevap vermiyor olmasıdır. Şimdilik CAD sistemlerinin 3D özelliğinden yararlanılmaktadır.

Bilgi sistemleri içerisinde fotogrametri, analitik aletler ile üçboyutlu veri toplayan stereo sayısallaştırıcıları bünyesinde bulundurmaktadır. Şekil-10'da çeşitli yaklaşımlar içerisinde fotogrametride veri toplamının biçimleri görülmektedir.

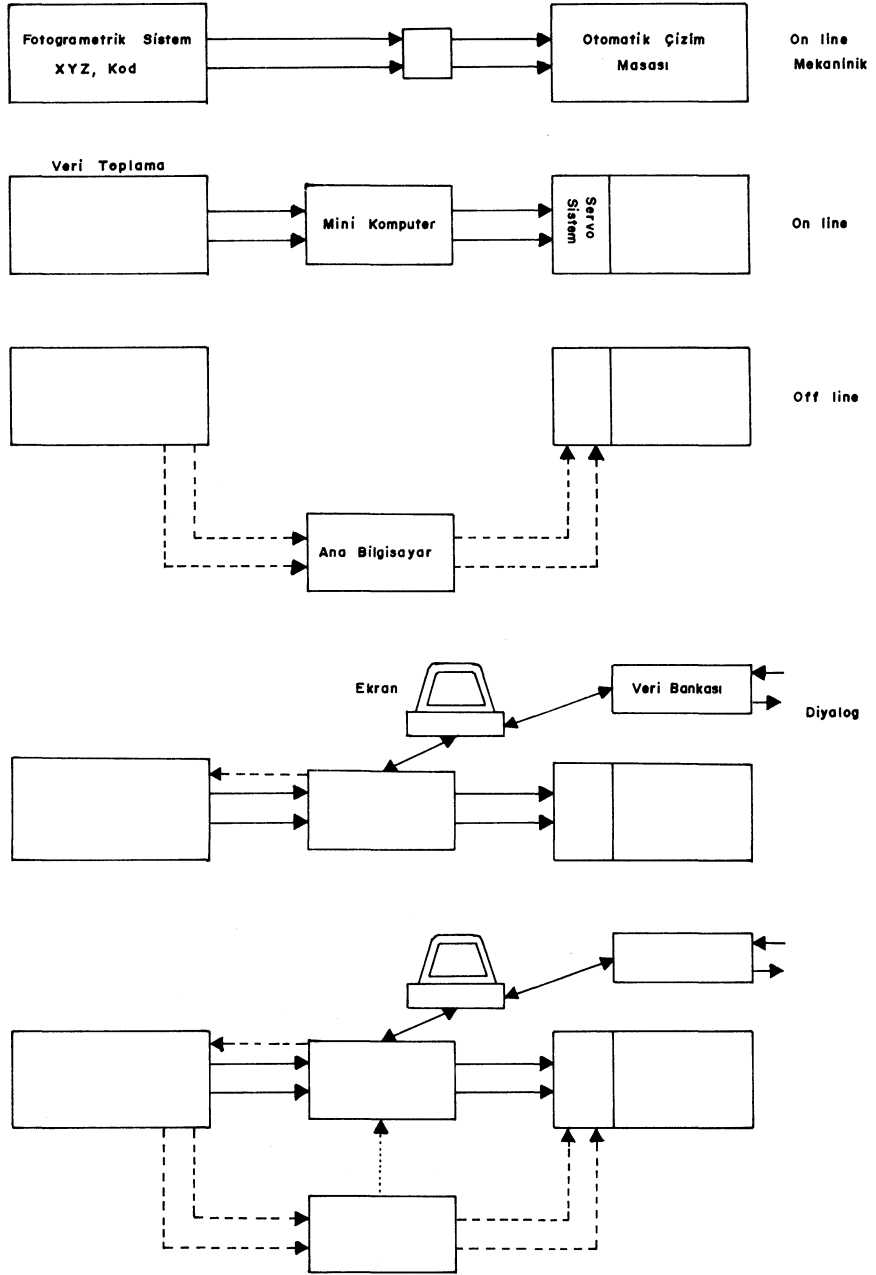
Fotogrametristler, GIS içerisinde sadece veri toplamaktan sorumlu değildirler. Ayrıca toplanan verilerin doğruluğu ve tamlılığı da kontrol edilmektedir.

3. GPS VERİLERİNİN FOTOGRAMETRİK NİRENGİDE KULLANILMASI (KİNEMATİK GPS)

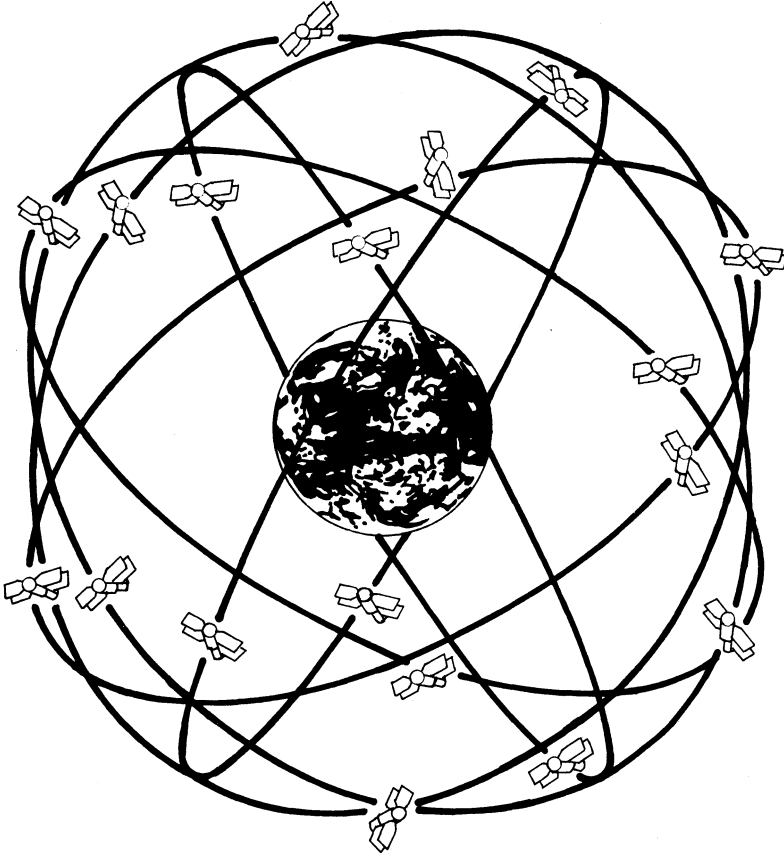
Navigasyon ve konum belirleme amacıyla planlanmış olan bu sistemler Amerika Birleşik Devletleri tarafından oluşturulmuştur. Jeodezi ve fotogrametri ise gelecekte yoğun kullanımının olacağı alanlardır. GPS sistemi, uydular ve bunlarla ilgili ön deneysel çalışmalar açısından henüz tamamen sonuçlandırılmamıştır. Bu sistemde kullanılacak 21 uydudan, 3'ü yedek uydu olacak ve 1991 yılının sonlarında tamamlanacaktır (Şekil-11).

GPS sisteminde temel düşünce; dünya üzerindeki her yerde en az 6 veya 7 uyduyu gözleyip, konum belirlemektir. Bu amaçla kullanılan uydular iki farklı dalga boyunda (L_1 ve L_2) elektromanyetik sinyal yaymaktadırlar (Şekil-12).

Bunlardan L_1 sinyali 1575.42 MHz ve dalga boyu 19 cm, L_2 sinyali ise 1227.60 MHz ve dalga boyu 24 cm dir. Bu dalgalar bazı kodlarla modüle edil-



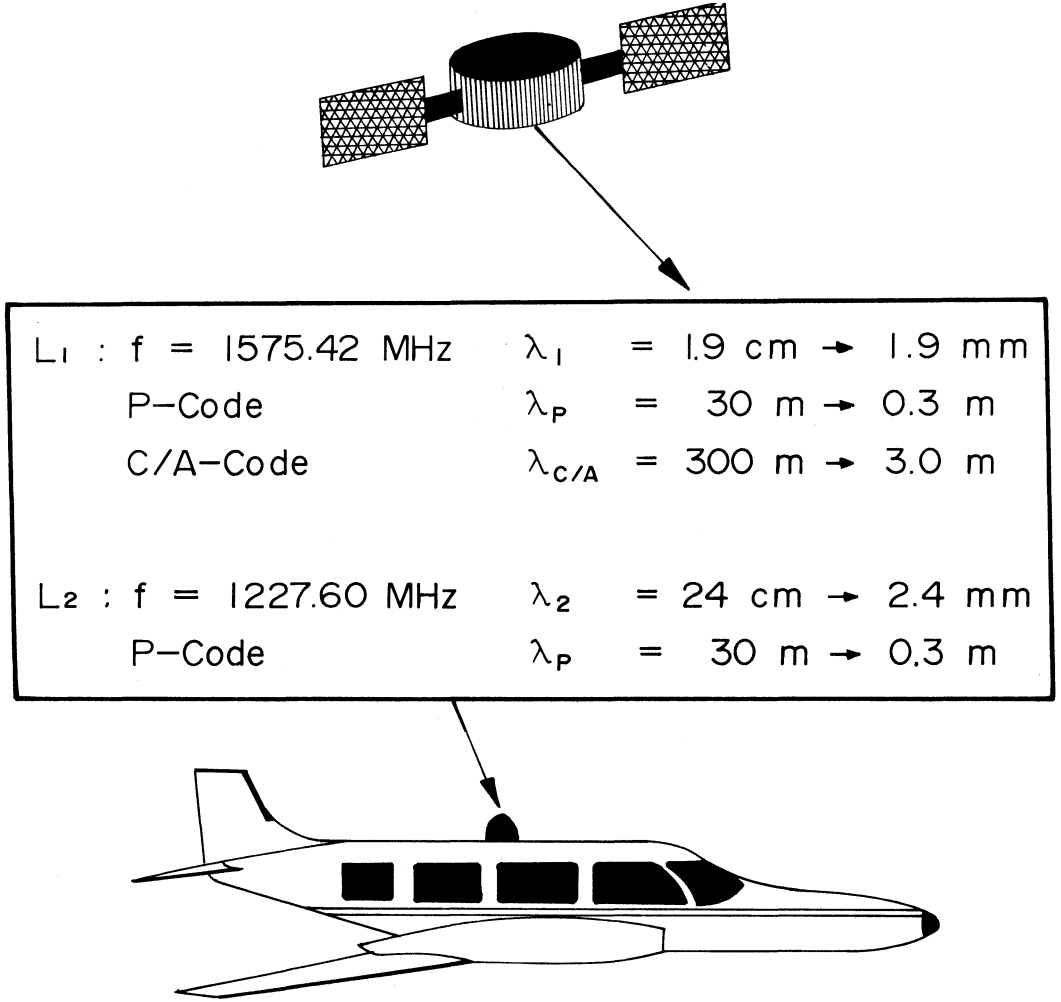
Şekil-10



Şekil-11

miştir. Bunlar P (Precision) kodu ve C/A (Coarse/Acquisition) kodudur. P kodunun yetkili olmayanlar tarafından kullanılması sınırlandırılırken C/A kodu tüm kullanıcılara açılmıştır. GPS ölçümleri iki şekilde yapılmaktadır.

a. Pseydo uzaklık ölçümü : Bu ölçüm yönteminde uydudan alıcıya olan uzaklık ölçülmekte ve bu amaçla uyduda ve alıcıda birer saat bulunmaktadır. Fakat bunlar birbirleriyle senkronize değildirler. Saat hatasından dolayı ölçülen uzunluk çok etkilenmekte ve bu hata bazen 1000 m den fazla olmaktadır. Bu nedenle ortaya giderilmesi gereken sistematik bir hata çıkmaktadır. Temel olarak bir dalga sinyalinin dalga boyunun 1/100'ü oranında ölçüm yapılmaktadır.



Şekil-12

Buna göre C/A kodunda 3 m , P kodunda ise 0.3 m doğrulukla ölçülebilmektedir. Bu ölçüm yöntemi daha çok navigasyon amacıyla kullanılmaktadır.

b. Faz ölçümü : Geodezik ve fotogrametrik açıdan faz ölçümü daha önemli olup, bu yöntemde alıcıya gelen son dalga, alıcı içerisindeki standart dalga ile karşılaştırılmaktadır. Böylece alıcıya gelen en son dalga ölçülmekte ve bu aradaki tam dalga sayısı ölçülmemektedir. Ortaya çıkan bu ek bilinmeyene " Belirsizlik Faktörü (Ambiguity Factor) " denilmektedir.

Pseydo uzaklık ölçümünde P ve C/A kodu kullanılmakta ve genelde navigasyona hizmet etmektedir. Faz ölçümü yöntemi ile pseydo mesafe ölçümü karşılaştırıldığında, faz ölçümünün doğruluğunun yüksek olduğu görülmektedir.

GPS ile konum belirlemenin esası basit olup, uydu ile alıcı arasındaki mesafeler ölçülerek kestirme yapılmaktadır (Şekil-13 a).

Pseydo mesafe ölçümünde saat hatası da bilinmeyen olarak ele alındığından alıcının 3 koordinat bilinmeyişi ile beraber 4 bilinmeyen olmaktadır. Bu nedenle GPS ölçümlerinde en az 4 uyduya ölçüm yapmak gerekmektedir. Kinematik GPS uygulamasında fonksiyonel model;

$$\rho_p(t) = \sqrt{[X^s(t) - X_p(t)]^2 + [Y^s(t) - Y_p(t)]^2 + [Z^s(t) - Z_p(t)]^2}$$

biçimindedir. Burada;

$X^s(t), Y^s(t), Z^s(t)$: Uydu koordinatı (Bilinen)

$X_p(t), Y_p(t), Z_p(t)$: Alıcı koordinatları (Bilinmeyen)

$\rho_p^s(t)$: Uydu-alıcı uzaklığı (Gözlem)

anlamındadır.

GPS'in fotogrametride uygulanması "Kinematik Konum Belirleme" olarak bilinmektedir. Çünkü, fotogrametrik uygulamada kameranın konumunun belirlenmesi amaçlandığından, uçak sabit olmayıp sürekli hareket etmektedir. Geodezide ise genel olarak alıcı yereye ölçüm anında sabit olduğu için durağandır. Uçak resim alımı sırasında hızla hareket ettiğinden; fotogrametrideki sorunlar, geodezideki GPS ile konum belirlemeden farklıdır.

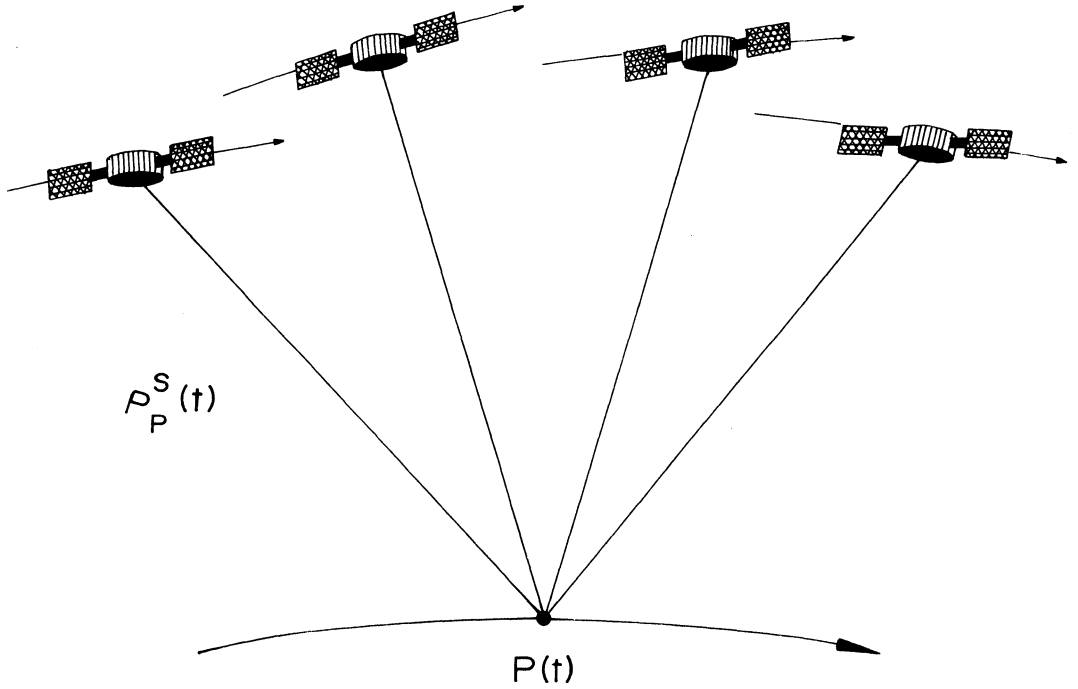
Kinematik konum belirlemede iki türlü çözüm bulunmaktadır. Bunlardan birincisi navigasyon çözümü olup, uçaklarda sadece bir alıcı bulunmakta, başka alıcı bulunmamaktadır. Bu çözüm yöntemi çok büyük sistematik hatalara yatkındır. İkinci bir çözüm ise, relatif konum belirleme olup, alıcının biri uçakta diğeri ise yereye bilinen bir nokta üzerindedir. Bu çözüm ile daha doğru sonuçlar elde edilmektedir.

Kinematik konum belirlemede asıl sorun sistematik hatalardır. Rastgele hatalar, faz ölçüm yönteminde milimetre düzeyinde kaldığından sorun olmamaktadır. Uçakta bulunan alıcı çok sık aralıklarla ve genelde 0.6 sn. aralıkta

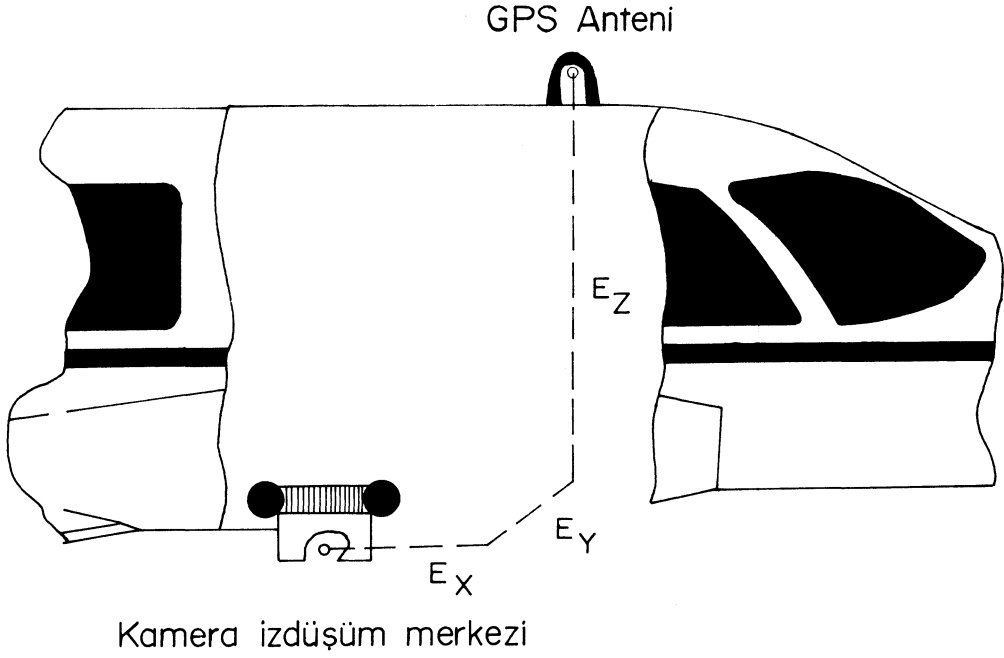
ölçüm yapmaktadır. Böylece her 0.6 sn. aralıklarla belirlenen konumlardan, kameranın alım yaptığı andaki konuma en yakın iki ölçümden hesaplanmaktadır. İzdüşüm merkezi koordinatlarının GPS ile saptanmasında, X ve Y'de standart sapma ± 3 cm., Z'de ise ± 4 cm. dolayındadır. Bunun anlamı fotogrametrik açıdan rastgele hataların çok küçük olduğunu, asıl sorunun sistematik hatalar olduğunu göstermektedir.

GPS ölçümlerinde çok sayıda sistematik hata bulunmaktadır. Uydudan başlanırsa, uydu efemeris verilerinde yani uydu konumunda sistematik hata ve saat hatası bulunmaktadır. Ayrıca sinyal uydudan alıcıya gelene kadar atmosferin çeşitli katmanlarından geçtiği için çeşitli sistematik hatalar bulunmaktadır.

Kinematik konum belirlemede sorunlardan birisi ise, GPS anteni ile kamera izdüşüm merkezi arasındaki açıklıktır (Şekil-13 b). Bilindiği gibi GPS ile konumu belirlenen yer anten olup, fotogrametride ise kullanılan konum kamera objektifidir. Bu nedenle GPS anten koordinatlarından kamera izdüşüm merkezi koordinatlarına geçilebilmelidir.

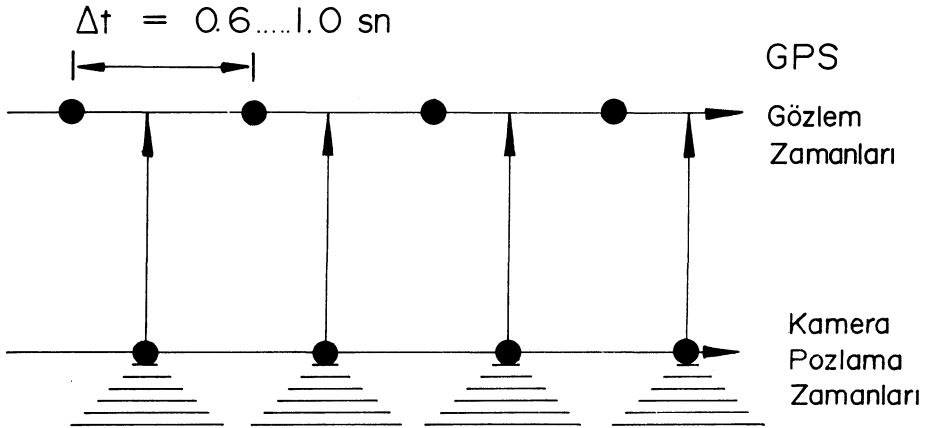


Şekil-13 a



Şekil-13 b

Kinematik konum belirlemede diğer bir sorun ise, kameranın alım yaptığı yani pozladığı anın tespit edilmesidir (Şekil-14).



Şekil-14

GPS ölçümleri her 0.6 saniye aralıklarla kaydedilirken, kameranın herhangi bir anda yaptığı pozlamanın bir sinyal ile kayıt edilmesi gerekmektedir. Bu kayıtın doğruluğu en az milisaniye düzeyinde olmalıdır. Bu kayıt verileri yardımı ile, anten konum ve pozlama zamanından kameranın, konumu entropolasyonla belirlenmelidir.

GPS verilerinden konum ve durum (Attitude) verilerinin fotogrametride kullanılmasında birkaç yol bulunmaktadır. Bunlar;

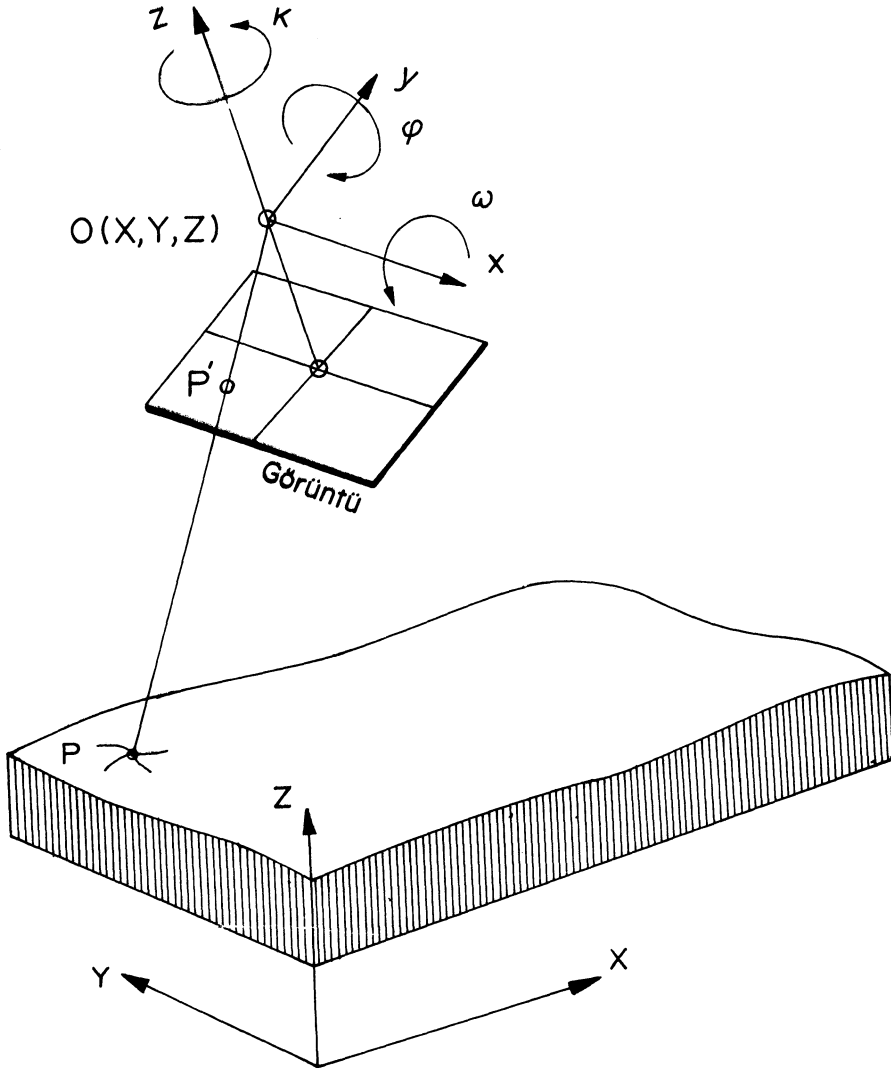
- (1) GPS verilerinin orjinal kullanımı olan navigasyon amacıyla kullanılmasıdır. Bu amaç için eş zamanlı pseypo uzaklık ölçümleri yapılmaktadır.
- (2) GPS verilerinin önemli bir kullanımı olup, kameranın konumunu belirleyerek fotogrametrik nirengide ek veriler olarak kullanılması ve diğer ölçülerle birlikte dengelenmesidir.
- (3) Fotogrametrik nirengi uygulanmadan GPS ile ölçülen kamera yöneltme elemanlarının, analitik aletlerde doğrudan kullanılmasıdır.
- (4) Yeni algılayıcıların (linear array, kamera, tarayıcı, lazer ve mikrodalga profillemeye) yöneltilmesi için verilerin fotogrametrik nirengi ile birlikte ve doğrudan kullanılmasıdır.

Fotogrametrik nirengi uygulamasından amaç, fotoğrafın 6 yöneltme elemanının hesaplama ile belirlenmesidir. Günümüzde bu işlem, yereyde yapılmış kontrol noktaları yardımıyla gerçekleştirilmektedir (Şekil-15). GPS ölçümleri ile belirlenmesi gereken 6 parametreden 3 konum parametresi ölçülmektedir. Eğer gelecekte herhangi bir şekilde diğer 3 açısal parametre de ölçülebilirse, bu durumda fotogrametrik nirengiye gerek olmayacaktır. Fotogrametride gelecekte yapılacak gelişmeler, bu parametrelerin hangi doğrulukta belirleneceği yönünde olacaktır.

GPS konum verilerinin fotogrametrik nirengide kullanılmasının matematik modeli;

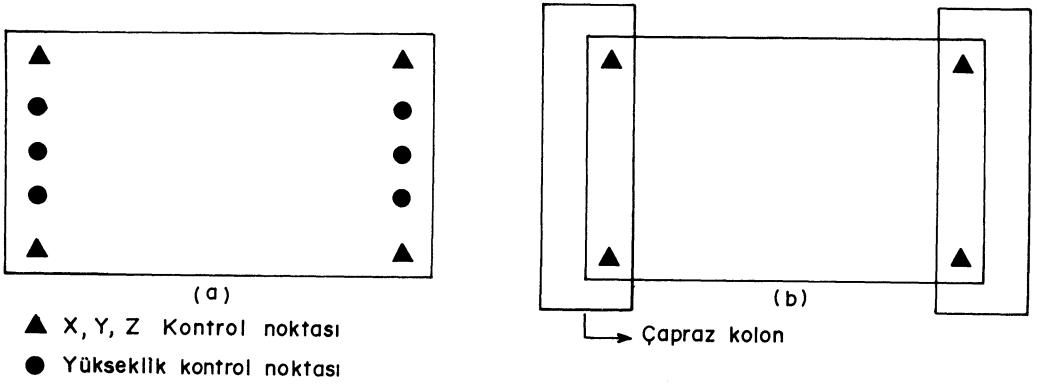
$$\begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_U \\ Y_U \\ Z_U \end{bmatrix} + (1+\Delta m) R_D \begin{bmatrix} X_{PZ} \\ Y_{PZ} \\ Z_{PZ} \end{bmatrix} + R_B \begin{bmatrix} X_{PZ}^A \\ Y_{PZ}^A \\ Z_{PZ}^A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{bmatrix} dt$$

biçiminde olacaktır.



Şekil-15

GPS verilerinin fotogrametrik nirengide kullanılması, kontrol noktaları ile de desteklenmektedir. Sadece datum probleminin çözümü için blok köşelerinde x , y , z koordinatları bilinen noktaların bulunması yeterlidir (Şekil-16). Ayrıca ek kontrol noktası olarak blok başında ve sonunda yapılacak yükseklik kontrol noktaları ile her kolonun dönüşümünde kullanılacak doğrusal parametreler bulunmaktadır.



Şekil-16

Eğer blok başında ve sonunda yükseklik kontrol noktası bulunmazsa, bunun yerine geçecek çapraz kolon uçuşları yapılmalıdır (Şekil-16 b). Bu yaklaşım sadece bu gün için geçerlidir. Gelecekte GPS sistemi tamamlanınca; 8, 9, 10 uyduyu aynı anda gözleme olanağı ile beraber yeni kuşak alıcılar 8, 9, 10 kanallı olacak ve bunun sonucu uyduya aynı anda gözlem yapılabilecektir. Böylece sistematik hataları diferansiyel konumlama yöntemi ile azaltacak veya doğrudan çözecek yeterli bilgilerin bulunduğu gözlemler elde edilecektir. Bu nedenle, sistematik hataların giderilmesi için ayrı bir bilgiye gereksinim olmayacağından, Şekil-16'da gösterildiği biçimde kontrol noktasına da gerek olmayacaktır. Fakat günümüzdeki uygulamalarda, güvenilirlik nedenlerinden dolayı bu şekildeki standart kontrol noktaları önerilmektedir.

GPS verilerinin etkinliği simülasyon ve deneysel verilerle denenmiştir.

Bu testte, 6 kolondan oluşan ve 35 km x 54 km boyutunda bir simülasyon bloğu oluşturulmuştur. Bloкта resim ölçeği 1/30.000, bindirme oranları ise % 60 ve % 20'dir. Simülasyon bloğunda Şekil-16'da gösterilen kontrol noktası dağılımı uygulanmıştır. Simülasyon gözlemlerinin hassasiyeti olarak;

Resim koordinatlarında	$\sigma_{x,y}$	= 10 m
Kontrol noktalarında	$\sigma_{x,y,z}$	= 10 cm
GPS anten koordinatlarında	$\sigma_{x,y,z}$	= 10 cm

kabul edilmiştir.

GPS gözlemlerinin blok dengelemede birlikte dengeleme sonunda;

Planimetride $\hat{\sigma}_{x,y} = 0.6 \text{ m}$

Yükseklikte $\hat{\sigma}_z = 0.6 \text{ m}$

elde edilmiştir.

Simülasyon bloğunda resim ölçeği 1/30.000 ve ölçüm hassasiyeti 10 m olarak alındığından, dengeleme sonuçları $2 \sigma_{x,y}$ 'ye karşılık gelmektedir. Bu şekilde elde edilen doğruluk 1/10.000 ölçeğindeki kıymetlendirme ve 2.5 m eşyükseklik eğrisi aralığı için yeterlidir.

Deneyisel uygulama FLEVOLAND test alanında yapılmıştır. Test alanında her birinin uzunluğu yaklaşık 4 km olan 10 kolonda uçuş yapılmış ve 184 fotoğraf alınmıştır. Fotoğraf alımında Wild RC 10 kamerası (21/23) kullanılmış ve boyuna bindirme % 70, enine bindirme % 50 - % 60 uygulanmıştır (Şekil-17).

Test alanında, resim ölçeği 1/3800 olarak gerçekleşmiştir. Resim ölçeği büyük seçilerek GPS verilerinin kullanılmasında birkaç cm lik doğruluğun araştırılması arzu edilmiştir.

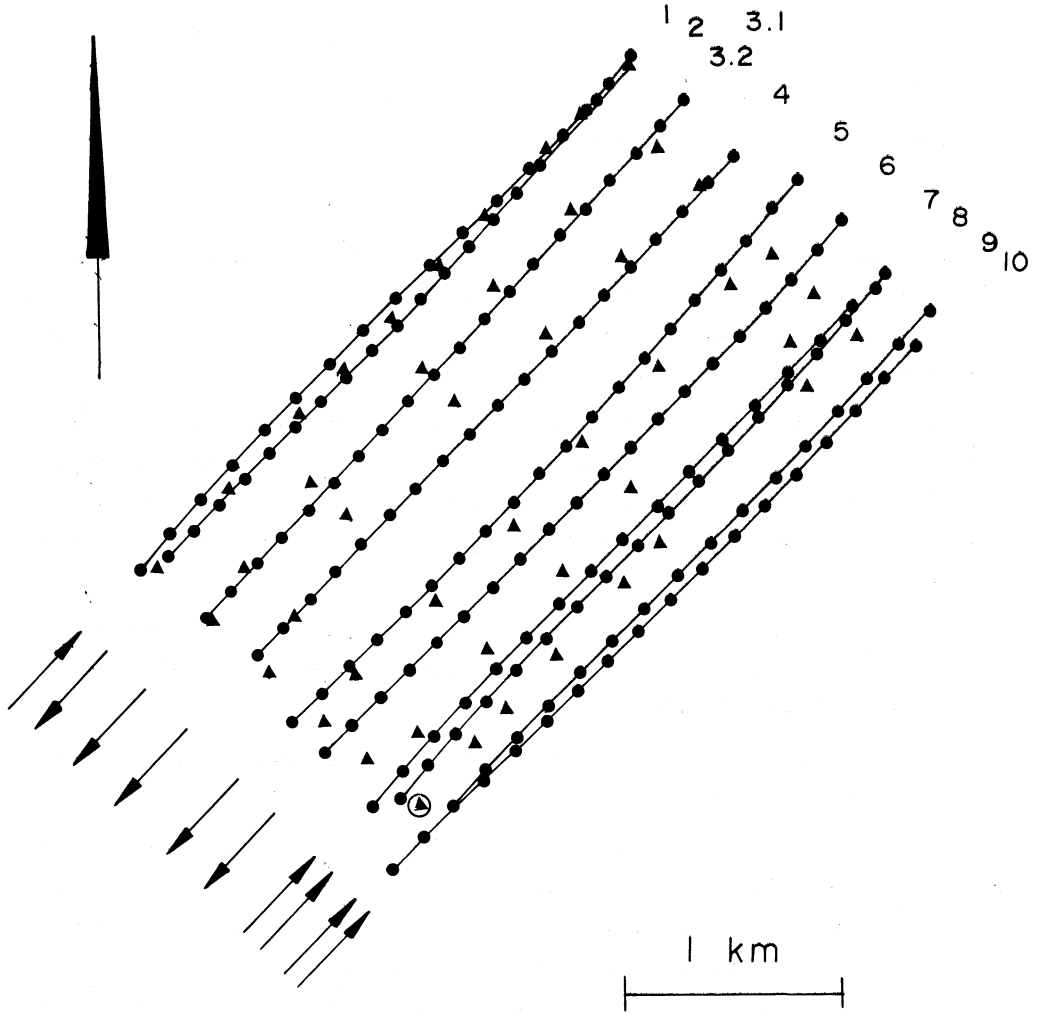
FLEVOLAND test uçuşu ve dengeleme sonuçları Şekil-18'de gösterilen biçimde analiz edilmiştir.

Test araştırmasında navigasyon çözümü ve relatif konumlama ayrı ayrı denenmiştir. Navigasyon çözümü, sonradan drift modellemeye uygun olup, yeterli doğrusal drift model kullanılarak 5 cm den daha iyi doğruluk elde edilmiştir. Relatif konulamada ise 15 dakikadan az kısa uçuşlarda 1 dm lik doğruluk doğrudan elde edilmiştir. Bu kısa kolonlarda sonradan drift modelleme ile 5 cm daha iyi doğruluk elde edilmiştir.

Yapılan simülasyon ve deneyisel çalışmalar GPS verilerinin bu amaçla kullanılabilirliğini göstermektedir.

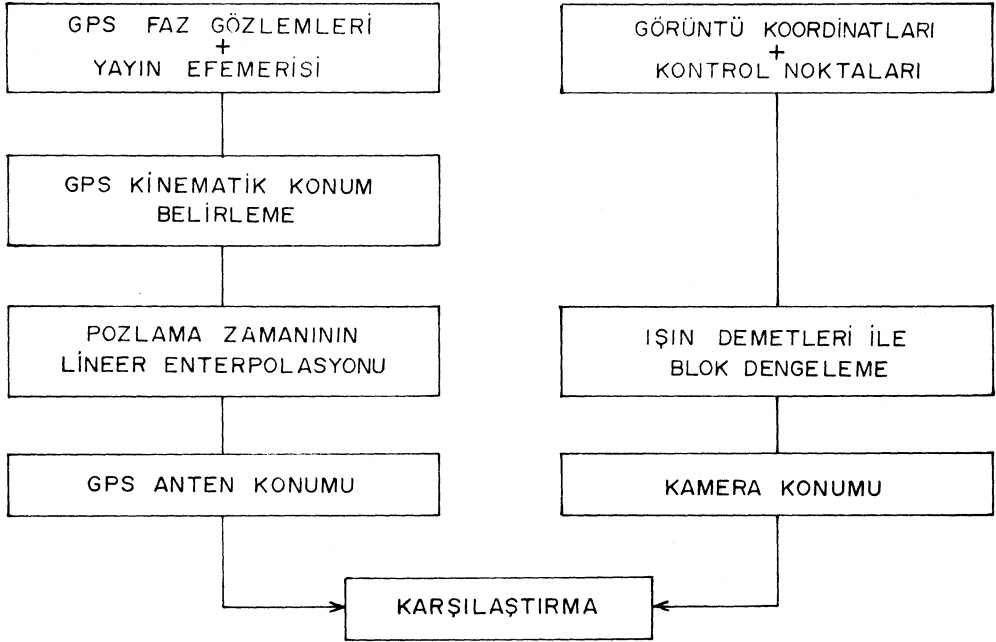
Gelecek yıl GPS verilerinin fotogrametrik nirengide uygulamaya yönelik olarak kullanılması gerçekleşecektir. Bu arada GPS'in fotogrametrik nirengi ile kullanılmasında ve GPS verilerinin işlenmesinde yazılımlar hazırlanacaktır. Fotogrametrik yazılımlar gelişmelerini tamamlarken, uydu tarafından da gelişmeler tamamlanacaktır. Çünkü 2-3 ayda bir yeni uydu gönderilmektedir. Böylece gelecek yıl yeterli sayıda uydu kullanıma hazır olacaktır.

Bu uygulamada kullanılacak GPS alıcılarında aşağıdaki özellikler ;



- ⊙▲ sabit GPS alıcısı
- ▲ X, Y, Z kontrol noktaları
- Kamera izdüşüm merkezi
- Uçuş doğrultusu

Şekil-17: FLEVOLAND Test Uçuşu



Şekil-18

- * 8-10 kanallı olması,
- * 1 saniyeden daha az gözlem hızı olması,
- * Dışarıya impuls vermesi,
- * Atmosferik düzeltmeler için her iki dalgaya gözlem yapabilmesi

arzu edilmektedir.

Kinematik GPS uygulamasında kullanılacak kameralar ise;

- * Fotoğraf alım anındaki zamanı bir impuls olarak vermelidir.
- * Blok dengelemede kullanılması için, kamera konumu ile alıcı anten arasındaki açıklık kayıt edilebilmelidir.

Fotogrametrik nirengide GPS uygulaması ile kontrol noktaları daha fazla azaltılarak ekonomi beklenilmektedir. GPS ölçümlerinin doğruluğu yeterli olduğundan fotogrametrik nirengide yeni bir aşama beklenilmektedir.

4. LAZER İLE HAVADAN PROFİLLEME

Lazer ile havadan arazinin profillemesi işlemi, GPS uygulamalarının bir

başka alanda denenmesidir. Bu yaklaşım, GPS verileri ve lazer ölçümleri ile DTM (Digital Terrain Model) verilerinin doğrudan elde edilmesini sağlamaktadır.

Havadan lazer ile profillemenin temeli oldukça basit olup, uçak uçuş anında yereye lazer ışını göndermektedir. Yereye çarpıp geri dönen ışın ile, uçakla arazi arasındaki uzaklık ölçülmektedir. Ayrıca uçaktaki lazerin konumu GPS ile, yereye gönderilen lazer ışınını temsil eden vektörün durumu da INS (Inertial Navigation System) ile belirlenmektedir. Böylece bu ölçüler yardımıyla yereye lazer ışınının değdiği yerin koordinatları belirlenmektedir (Şekil-19).

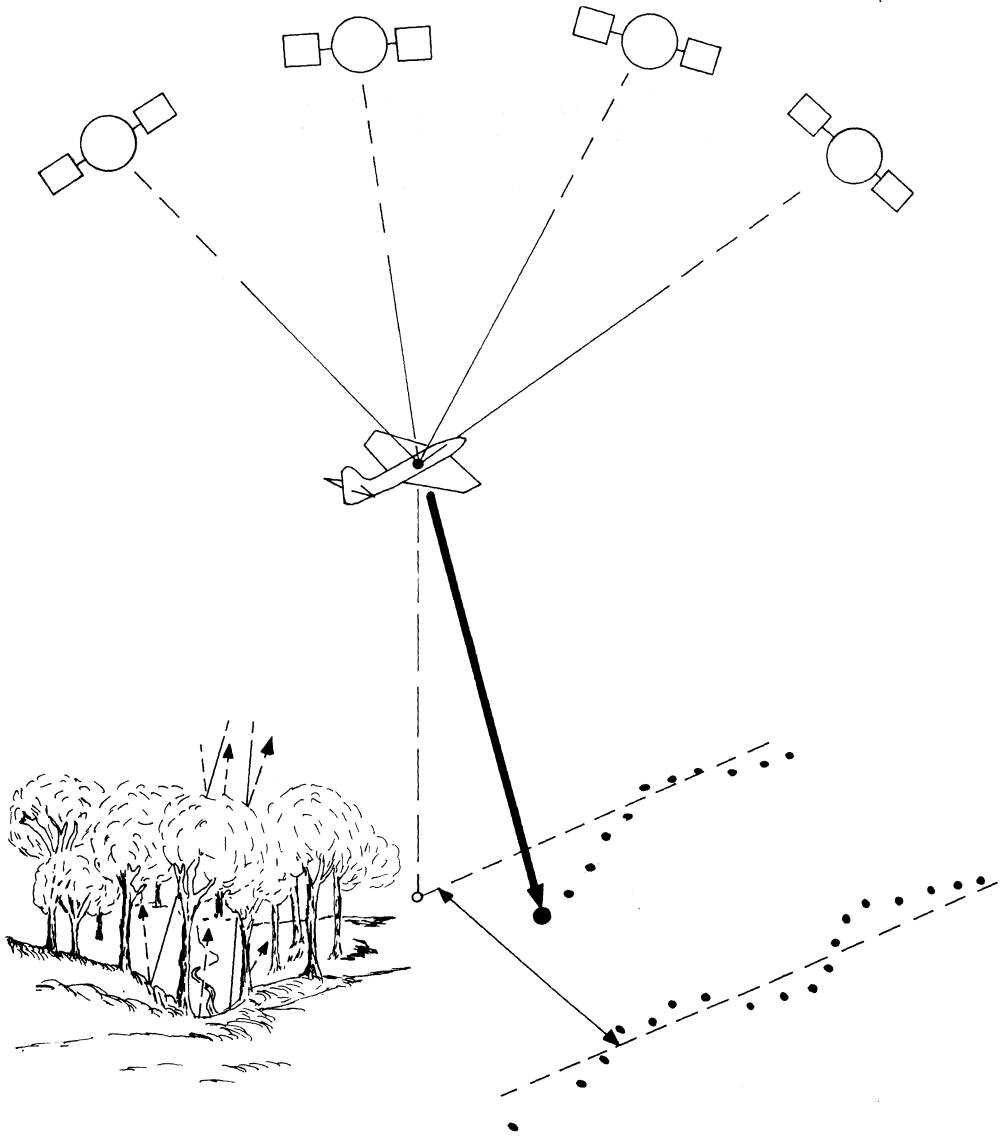
Lazer ile havadan profilleme yöntemi kısaca ALPS (Airborne Laser Profiling System) olarak isimlendirilmektedir. ALPS sisteminde farklı algılayıcıların kombinasyonu söz konusudur (Şekil-20). Bunlar ;

- * Uçaktaki antenin konumunu belirleyen GPS alıcısı,
- * Uzaklık ölçümünde kullanılan ve yereye yaklaşık dik olarak lazer ışını gönderen cihaz,
- * Lazer ışınının konumunu, diğer deyimle lazer cihazının bulunduğu platformun eğikliklerini ölçen INS,

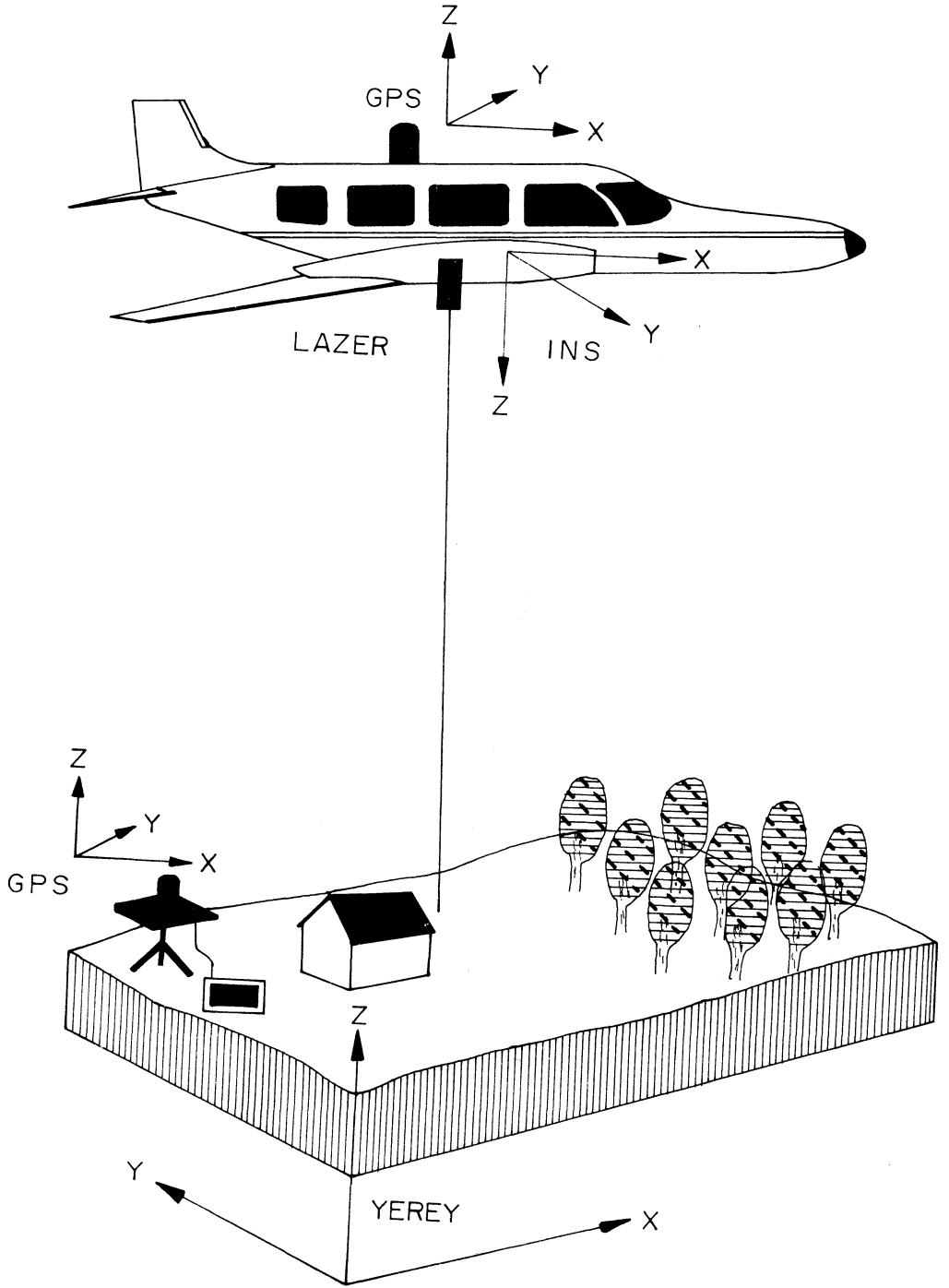
olmaktadır.

DTM verileri fotogrametristler tarafından oldukça fazla ilgilenilen verilerdir. Özellikle ağaçlık ve ormanlık alanlarda daha da önemli olmaktadır. Hangi yöntem olursa olsun, ormanlık alanlarda DTM verilerinin toplanması çok zordur. Bu alanlarda çalışmak fotogrametride de çok zor olup, ağaçlar arasından araziye görmek mümkün olamamaktadır. B.Almanya arazi ölçmeleri konusunda çok iyi bir düzeyde olmasına rağmen, ormanlık alanlarda fotogrametrik yöntemle yapılan haritaların yükseklik doğruluğu iyi değildir. Bu nedenle B.Almanya Ulusal Ölçme Dairesi, ormanlık alanların yükseklik doğruluğunun artırılması amacıyla çeşitli kurumlara ek ölçüm görevi vermiştir. Ancak bu amaç için yapılan yersel takeometrik ölçümler çok pahalı olup, 1 Km² lik alanın maliyeti 10.000 \$ dır. Bu konferansın konusu olan havadan lazer ile ölçüm yöntemi Kanada ve A.B.D.'de halen uygulanmakta, fakat Avrupa'da bu konuya yönelik bir çalışma henüz bulunmamaktadır. Bu nedenlerle, yöntemi test etmek ve sistemin nasıl çalıştığının görülmesi arzu edilmiştir.

ALPS uygulamasında, yaklaşık dik olarak ormanlık alana gönderilen lazer



Şekil-19



Şekil-20

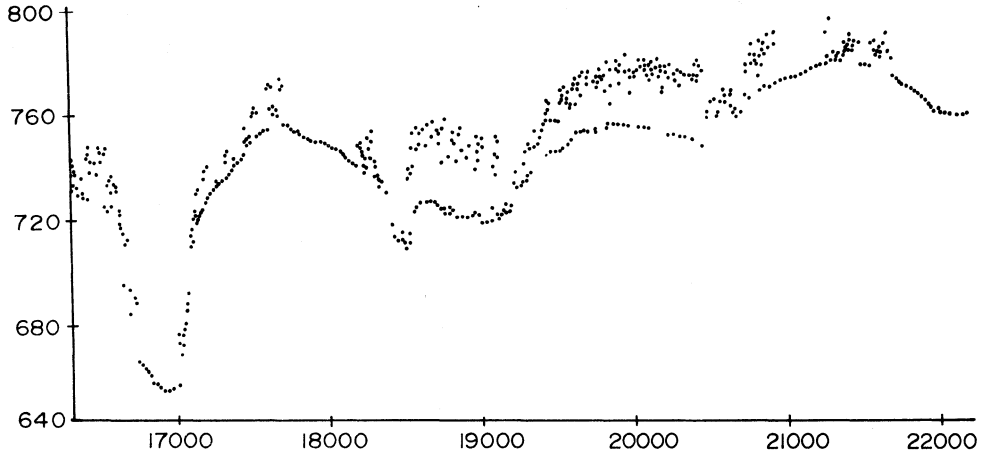
ışınlarının bir kısmı ağaç yapraklarından yansırken, bir bölümü ağaçlar arasındaki açıklıklardan araziye ulaşır. Gerekli ölçümlerin yapılması için, gerek ağaçlardan gerekse yereyden yansıyan lazer ışınlarının alınıp kaydedilmesi gerekmektedir. ALPS sisteminde çalışmaya uygun şekilde ışın üreten lazer cihazı uygulamada mevcuttur. Bu cihazlardan biri Kanada yapısı olan OPTECH 501 cihazıdır. Bu cihaz kızıl ötesine yakın lazer yayar ve çok hızlı ölçüm imkanı vardır. OPTECH 501 cihazının bazı özellikleri şunlardır;

Hedef	: Özel hedef ve reflektör gerekmez.
Lazer	: GaAs Lazer diodu, dalga boyu 904 nm.
Güç	: 150 W.
Mesafe	: Yüzey ve havaya bağlı olarak maksimum 500 metre.
Hız	: 2 kHz kadar.
Ayırma gücü	: 0,1 m.
Doğruluk	: 0,2 m., deneysel sonuç 0,1 m.den az.
Boyutu	: 260x190x150 mm.
Ağırlık	: Kontrol birimi ve sensörün herbiri 3 kg.

Geçen sene yapılan ilk çalışmalarda lazer özellikleri ve doğruluğu araştırılmış, ayrıca bu sistem içinde gerekli olacak GPS ve INS'in bütünleşmesi sağlanmıştır.

GAMMERTINGEN test alanında, vadi ve ormanlıktan oluşan bir bölge seçilmiştir. Büyük olmayan bu alan 6 km uzunluğunda ve 2,4 km genişliğindedir. Yapılan uçuşta 40 adet boyuna ve 4 adet de çapraz uçuş bulunmaktadır. Bölgede yapılan uçuşlarda kuzey kısmında uçuş hatları 100 m , güney kısımda ise 50 m dir. Böyle birbirine çok yakın uçuşu gerçekleştirmek için navigasyon amacıyla GPS kullanılmıştır. Pilot kabininde bulunan GPS kayıt edici, planlanan uçuşun doğrultusunda olup olmadığını ve sapma miktarını göstermektedir. Test uçuşunda, planlanan uçuş doğrultusu ile gerçekleşen uçuş doğrultusu arasındaki standart sapma 15 m dir. Bu şekildeki uçuşu klasik navigasyon ile gerçekleştirmek mümkün olmamaktadır. Test uçuşu sonunda yaklaşık 2,9 m aralıklarla 78060 noktanın kayıtları yapılmış ve bu uçuşdan elde edilen bir profil örnek olarak Şekil-21'de varılmıştır.

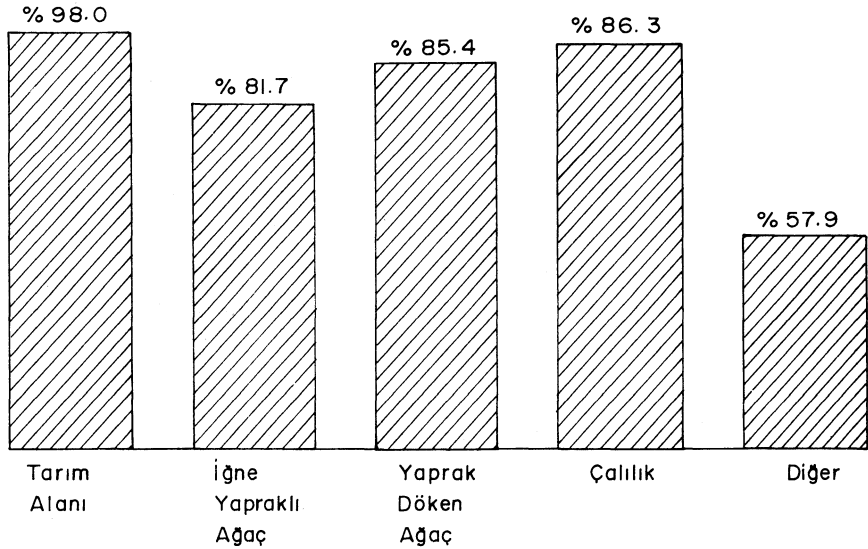
Bu test sırasında bir şanssızlık eseri olarak uçuş anında 2 GPS uydusundan sinyal alınamadığından tam bir kapsama sağlanamamış ve sorun çıkarmıştır. İstenen doğruluk elde edilemediğinden uçuş birkaç kez kesilerek yeniden yapılmıştır. Fakat lazer çok iyi çalışmıştır. Şekil-21'de de görüldüğü gibi



Şekil-21

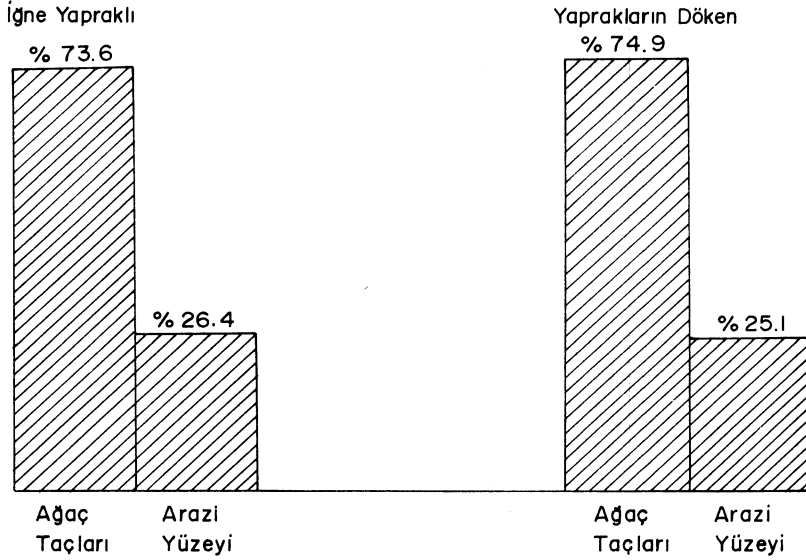
yansıyan tüm lazer ışınları kaydedilebilmiştir. Kaydedilen noktalardan alt sıra araziye, üsttekiler ise ağaçlardan yansıyanları göstermektedir. Bu durum genel olarak lazerin çok iyi çalıştığını göstermektedir. Eğer kalem ile çizilirse arazinin profili ortaya çıkmaktadır. Bazı yerlerde küçük problemler olmasına karşın, ormanlık bir alan için oldukça iyidir.

Lazer ışınının değişik ortamlardan yansıtma oranları Şekil-22'de verilmiştir.



Şekil-22

Ormanlık alanda, lazer ışınının geçme oranları ise Şekil-23'de verilmiştir.

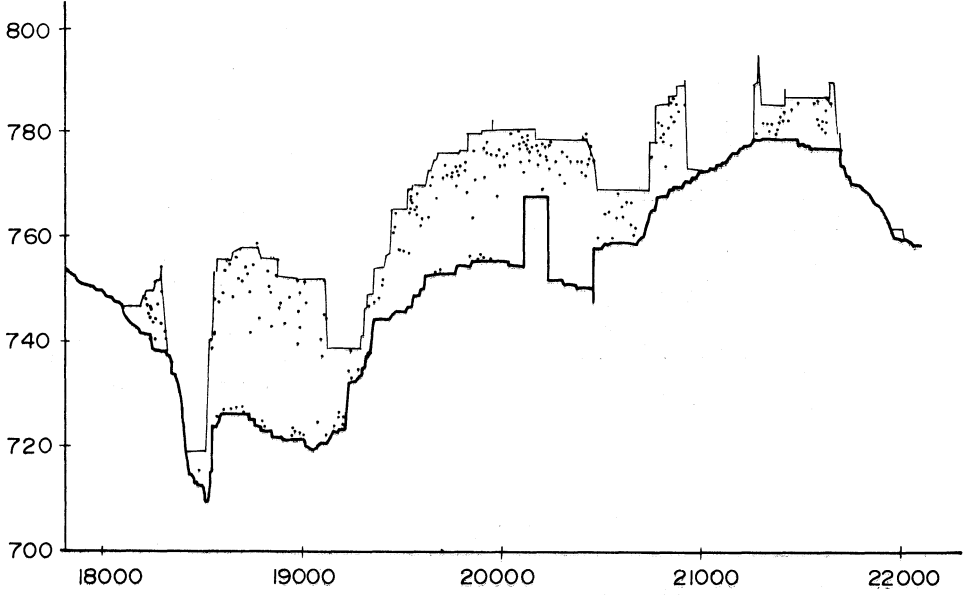


Şekil-23

Şekil-23'den görüldüğü gibi ormanlık alanda lazer ışınının yaklaşık % 25'i arazi yüzeyine ulaşmaktadır. Bu ise iyi bir profil elde etmek için yeterlidir. Yapılan bu uygulamada 23 Hz yani her saniyede 23 lazer ışını gönderilmiştir. Uçağın hızı 60 m/sn. olup, böylece yaklaşık 2 m de bir nokta alınmıştır. Uygulamadaki 23 Hz. en az ölçüm sınırır. Bunun nedeni, uçakta kullanılan bilgisayarın hız sorunundan ileri gelmektedir. Fakat test sırasında bu bilgisayarın değiştirilmesi arzu edilmemiştir. Gelecekte 100 Hz. veya 200 Hz. kullanılması ile her 50 cm de veya 20 cm de bir veri alınması mümkün olacaktır. Lazer ışınlarından % 25'nin geri döneceği varsayılırsa, uygulamada yaklaşık her 1 m de veri alınacaktır.

Lazer ile yapılan ölçümlerin doğruluğu ile ilgili çeşitli sonuçlar elde edilmiştir. Gammertingen test çalışmasında 7 cm , Hambach test çalışmasında ise 14 cm , Rotterdam test çalışmasında da 7 cm sonuç elde edilmiştir. Sonuç olarak lazer ile yapılan ölçülerin doğruluğu yaklaşık ± 10 cm kabul edilebilmektedir.

Lazer verilerinin işlenmesinde ilk çalışma araziden yansıyan veriler ile ağaçlardan yansıyan verilerin ayrılmasıdır. Bu ayırma işlemi otomatik olarak nokta kümelerinin alt ve üst zarflarının hesaplanmasıyla yapılmaktadır (Şekil-24). Seçilen bir band genişliğine bağlı olarak alt zarfın altında bulunan tüm noktalar araziden yansıyan noktalar olarak seçilmektedir.

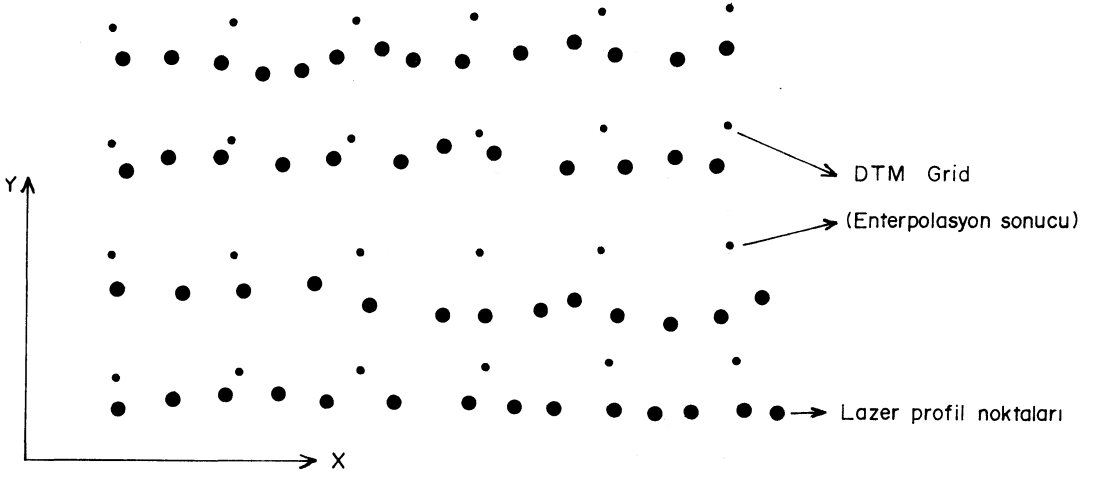


Şekil-24

Noktaların seçiminden sonra, DTM'e girdi (input) olarak hazırlanmasında filtrelenmektedir. Filtreleme işlemi sonuç kalitesini önemli ölçüde artırmaktadır. Bunun için arazi profil analizinin uygulanması önerilmektedir. Burada önemli olan, gözlemlerden gürültülerin ayıklanmasıdır. Uygun algoritmalar ile dışlanacak bu ölçüler belirlenir ve atılır. DTM elde edilmesinde, bir profilde çok sayıda noktanın bulunması bir sakıncadır. Eğer profiller arası uzaklığın bir profildeki noktalar arasındaki uzaklığa oranı çok büyük ise DTM doğru olmayacak ve gerçek araziye temsil etmeyecektir. Bu nedenle lazer noktaları seyreltilmelidir. Azaltma işlemi sayısal arazi analizleri ile tekrarlanabilir. Böylece arazinin karakteristik noktalarının kalması sağlanmış olur.

Son aşamada ise düzensiz yapıda bulunan ölçümler enterpolasyon yazılım-

ları ile düzenli grid biçimine dönüştürülmelidir (Şekil-25).



Şekil-25

Yapılan test çalışmaları sonunda, ALPS uygulamalarında çıkarılan genel sonuçlar şunlardır;

- Çeşitli yüzeylerden değişik miktarlarda lazer yansıması olmaktadır.
- Yaz aylarında bile lazer ışınının yeterli düzeyde arazi yüzeyine girmesi mümkündür.
- Lazer ölçme sonuçları yüksek doğruluktadır.
- Donanım bütünleşmesi ve uydu dağılımının yetersiz olması mutlak yönlendirmeyi etkilemektedir.
- Ek bir sistem bileşeni olarak gözle yapılan kontrol önerilmektedir.

YAZAR ADRESLERİ

Doç.Dr.Şerif HEKİMOĞLU
Trakya Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
22030 EDİRNE

Yük.Müh.Bnb.Necati ÖLÇÜCÜOĞLU
Harita Genel Komutanlığı
06100 ANKARA

Yük.Müh.Öyzb. Emin AYHAN
Harita Genel Komutanlığı
06100 ANKARA