

28778

T. C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## SAYISAL ARAZİ MODELLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakan YENER

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı  
(Orman İnşaatı, Geodezi ve Fotogrametri Programı)

Danışman : Prof.Dr.Kadir ERDİN

AĞUSTOS - 1993

## ÖNSÖZ

"Sayısal Arazi Modelleri" adlı bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman İnşaatı, Geodezi Ve Fotogrametri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bana bu konuda çalışma olanağı veren ve çalışmanın başından itibaren değerli fikir ve direktifleriyle beni yönlendiren ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Hocam Prof.Dr.Kadir ERDİN'e candan teşekkür ederim.

Literatür toplama aşamasında ve çalışmalarım süresince ilgi ve desteklerini esirgemeyen Sayın Hocalarım Prof. Dr.Ayhan ALKIŞ'a ve Yard.Doç.Dr.Necmettin ŞENTÜRK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin hazırlanmasındaki bütün aşamalarda ve özellikle uygulama bölümünde yardımlarından ve fikirlerinden yararlandığım Sayın Hocam Arş.Gr.Ayhan KOÇ'a ve değerli arkadaşım Arş.Gr.Cafer SELİK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin yazımında emeği geçen Sayın Ali ALTUNKAYA'ya titiz çalışmalarından dolayı teşekkür ederim.

Bahçeköy, Ağustos 1993

Hakan YENER

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ .....	I
İÇİNDEKİLER .....	II
ÖZ VE ABSTRACT .....	V
ŞEKİL LİSTESİ .....	VI
I. GİRİŞ .....	1
I.1. Fotogrametrik Verilerin İşlenmesi Ve Sayısal Yaklaşımın Gelişmesi .....	2
I.2. Sayısal Arazi Modeli (SAM) .....	5
I.2.1. Sayısal Arazi Modelinin Tanımı .....	6
I.2.2. Sayısal Arazi Modelinin Temel Amaçları .....	6
I.2.3. Sayısal Arazi Modelleri İçin Arazi Sınıflan- dırmaları .....	7
I.3. Sayısal Arazi Modelleri İçin İşlem Süreci .....	11
I.3.1. Verilerin Elde Edilmesi .....	13
I.3.1.1. Yersel Ölçümler .....	14
I.3.1.2. Fotogrametrik Ölçümler .....	14
I.3.1.2.1. Fotogrametrik Ölçüm Yöntemleri .....	15
I.3.1.2.1.1. Seçimli (Sellektiv) Yöntem .....	16
I.3.1.2.1.2. Türdeş (Homojen) Yöntem .....	16
I.3.1.2.1.3. Gelişimli (Progressive) Yöntem .....	17
I.3.1.2.1.4. Karışıklı (Composite) Yöntem .....	17
I.3.1.3. Mevcut Harita Ve Planların Sayısallaştırıl- ması .....	18
I.3.2. Verilerin İşlenmesi .....	18
I.3.2.1. Sayısal Arazi Modellerinde İnterpolasyon Yöntemleri .....	20
I.3.2.1.1. Tüm Araziyi Kapsayan Bir Tek Fonksiyonla İnterpolasyon .....	20
I.3.2.1.2. Yerel Olarak Tanımlanmış Parça Parça Fonk- siyonlarla İnterpolasyon .....	21
I.3.2.1.3. Nokta Nokta İnterpolasyon .....	21

	<u>Sayfa</u>
I.3.3. Verilerin Sergilenmesi .....	22
I.4. Sayısal Arazi Modelleme Yöntemleri .....	22
I.4.1. Raster Yöntemi .....	22
I.4.2. Üçgenleme Yöntemi .....	23
I.4.3. Sayısal Arazi Modelleme Yöntemlerinin İrdelen- mesi .....	24
I.5. Sayısal Arazi Modeli Yazılımları .....	27
I.5.1. Raster Yazılımları .....	28
I.5.1.1. SCOP Yazılım Paketi .....	28
I.5.1.1.1. SCOP Paket Programı Yazılım Aşamaları .....	29
I.5.1.1.2. SCOP Paket Programı Yazılım Olanakları .....	32
I.5.2. Üçgenleme Yazılımları .....	34
I.5.2.1. CIP Yazılım Paketi .....	34
I.5.2.2. CIP Paket Programı Yazılım Olanakları .....	34
II. MATERYAL VE METOD .....	36
II.1. Sayısal Arazi Modeli Oluşturulacak Uygulama Sa- hasının Seçimi .....	36
II.2. Uygulama Sahasının Sayısal Arazi Modellerinin Oluşturulmasında Kullanılan Yazılım Ve Donanım .	38
II.2.1. SURFER Paket Programının Tanıtımı .....	39
II.2.1.1. SURFER Programı Ana Menüleri .....	39
II.2.1.1.1. GRID Ana Menüsü .....	40
II.2.1.1.2. TOPO Ana Menüsü .....	41
II.2.1.1.3. SURF Ana Menüsü .....	43
II.2.1.1.4. VIEW Ana Menüsü .....	44
II.2.1.1.5. PLOT Ana Menüsü .....	44
III. BULGULAR .....	45
III.1. Uygulama Sahasına Ait Eşyükseklik Eğrilerinin Sayısallaştırılması Suretiyle Sayısal Arazi Mo- delinin Oluşturulması .....	46
III.2. Uygulama Sahasının 50 Metre Aralıklı Bir Kare Grid İle Kaplanması Suretiyle Sayısal Arazi Mo- delinin Oluşturulması .....	49
III.3. İki Farklı Şekilde Elde Edilen Sayısal Arazi Modellerinin Karşılaştırılması .....	52

	<u>Sayfa</u>
IV. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	54
V. ÖZET .....	58
SUMMARY .....	60
VI. KAYNAKLAR .....	62
VII.ÖZGEÇMİŞ .....	65



## ÖZ

Bu çalışmada, sayısal arazi modelleri (SAM) konusu araştırılmıştır. Önce SAM'ın tarihsel gelişimi ve kullanım alanları belirtilmiş, daha sonra sırasıyla tanımı, temel amaçları, SAM'ın oluşturulmasındaki işlem aşamaları, interpolasyon yöntemleri ve SAM yöntemleri ve yazılımları incelenmiştir.

Uygulama sahası olarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesinden temin edilen Belgrad Ormanına ait İSTANBUL F 21-c-10-a isimli 1/5000 ölçekli ortofoto harita üzerinden Büyükbent'in kuzeybatısına düşen 75 hektarlık bir orman alanı seçilmiş ve bu alana ait topoğrafik harita ve perspektif görünüm, önce eşyükseklik eğrilerinin sayısallaştırılması sureti ile elde edilen 438 adet dayanak noktasından, daha sonra 50 metre aralıklarla oluşturulan bir karesel gridin her bir düğüm noktasına karşılık gelen 336 adet dayanak noktasından, SURFER paket programı kullanılarak elde edilmiştir. Son bölümde ise ormancılık çalışmalarında SAM'dan yararlanma olanakları incelenmiştir.

## ABSTRACT

The digital terrain models (DTM) are investigated in this study. After giving some information such as the historical developments, and application field of the DTM; the definition, basic arms, phases of operation of the form methods of interpolation, methods and software of the digital terrain models were studied in this investigation.

A forest area (75 ha) was chosen on the orthophoto map at a scale of 1/5000 (İSTANBUL, F 21-c-10-a) as the study area which is the northwest of Büyükbent in Belgrad Forest. 438 and 336 post points were got by digitizing the contour lines and forming a grid System (50m x 50m) on the topographic maps of the study area respectively. Then two topographic maps and two perspective views of the study area were obtained by using the post points with SURFER pocket programme. The use of the DTM for forestry works were discussed in the last part of the study.

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil-1: Arazi Grubu I .....	9
Şekil-2: Arazi Grubu II .....	9
Şekil-3: Arazi Grubu III .....	10
Şekil-4: Arazi Grubu IV .....	10
Şekil-5: Sayısal Arazi Modelleri İçin Akış Diyagramı.	12
Şekil-6: Ortogonal Bir Raster Ağı .....	23
Şekil-7: Strüktür Çizgilerini İçeren Bir Üçgen Ağı ..	24
Şekil-8: Şev Kenarında Üçgenleme .....	26
Şekil-9: Üçgenlemede Su Bölümü .....	26
Şekil-10: Şev İçinde Üçgenleme .....	26
Şekil-11: Yanlış Üçgenleme .....	27
Şekil-12: Doğru Üçgenleme .....	27
Şekil-13: Şekil 11'den İnterpole Edilmiş 2,5 m Değer- li Eşyükseklik Eğrisi .....	27
Şekil-14: Şekil 12'den İnterpole Edilmiş 2,5 m Değer- li Eşyükseklik Eğrisi .....	27
Şekil-15: SAM Giriş Verileri .....	29
Şekil-16: Paftanın Hesaplama Birimlerine Ayrılması ...	30
Şekil-17: Dar Gözlü Bir Raster Ağında Eşyükseklik Eğ- rilerinin İnterpolasyonu .....	32
Şekil-18: SCOP Yazılımı Akış Diyagramı .....	33
Şekil-19: CIP Yazılımı Akış Diyagramı .....	35
Şekil-20: Uygulama Sahasının 1/5000 Ölçekli Topoğra- fik Haritası .....	37
Şekil-21: Uygulama Sahasının 438 Adet Dayanak Nokta- sından Elde Edilen Topoğrafik Haritası .....	47
Şekil-22: Uygulama Sahasının 438 Adet Dayanak Nokta- sından Elde Edilen Perspektif Görünümleri ..	48
Şekil-23: Uygulama Sahasının 336 Adet Dayanak Nokta- sından Elde Edilen Topoğrafik Haritası .....	50

Şekil-24: Uygulama Sahasının 336 Adet Dayanak Noktasından Elde Edilen Perspektif Görünümleri .....	51
Şekil-25: Aynı Araziye Ait Farklı Dayanak Noktalarından Elde Edilmiş Eşyükseklik Eğrilerinin Karşılaştırma Amacıyla Çalıştırılmasını Gösterir Şekil .....	53





## I. GİRİŞ

Fotogrametri, fiziksel cisimler ve oluşturdukları çevreden yansıyan ışınların şekillendirdiği fotoğrafik görüntülerin ve yaydıkları elektromanyetik enerjinin kayıt, ölçme ve yorumlama işlemleri sonucu güvenilir bilgilerin elde edildiği bir teknoloji, bilim ve sanat dalıdır (AYTAÇ, M. 1988).

Fotogrametrinin başlangıç amacı, yeryüzünün topoğrafik yapısını elde etmek iken, günümüzde bu amaç yeni birtakım uygulama alanlarını da içermektedir. Günümüzde elektronik teknolojisinde kaydedilen büyük gelişmeler ve buna bağlı olarak bilgisayar biliminin ve görüntü işleme tekniklerinin gelişmesiyle Fotogrametri bilimi de analog değerlendirmeden, sayısal değerlendirmeye doğru bir gelişim sürecine girmiştir. Fotogrametrik değerlendirme aletlerinin bilgisayarlarla desteklenmesi sonucunda en karışık problemler çözülebilmekte ve hata analizleri yapılabilmektedir. Son çeyrek yüzyılda yapılan araştırmalarda yöneltme ve nokta belirleme yöntemlerinin (hava triyangölasyonu) önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. Bu süreç içinde yapılan araştırmalar daha çok kalite kontrol yöntemleri, kaba hata araştırması, çevrim içi hava triyangölasyonu üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bunun yanı sıra, sayısal arazi modelleri (SAM), fotogrametristlerin uzun zamandan beri üzerinde çalıştıkları bir konu olup, özellikle sayısal yükseklik modelleri çalışmalarının odak noktasını oluşturmaktadır.

Öte yandan çeşitli ülkelerde birçok kullanım alanlarının yanında ormancılık çalışmalarında da kullanım olanağı bulan sayısal arazi modelleri yönteminin, ülkemiz ormanlarının rasyonel bir şekilde işletilebilmesi için çözüm bekleyen bir dizi probleme çözüm getirebilecek yapıda olması orman mühendislerini de bu konuda çalışmalara başlamaya yöneltmiştir.

Bu nedenle yapılan çalışmada ormanlık bir alanın sayısal arazi modeli oluşturulmuş ve ormancılık çalışmalarında

sayısal arazi modellerinden yararlanabilme olanakları incelenmiştir.

### I.1. Fotogrametrik Verilerin İşlenmesi ve Sayısal Yaklaşımın Gelişmesi

Fotogrametrik çalışmalarda verilerin işlenmesi;

- Hava triyângülasyonu (triyângülasyon noktalarının yer koordinatlarının elde edilmesi),
  - Çizgisel haritaların üretimi,
  - Eş yükselti eğrilerinin çizilmesi,
  - Sayısallaştırılmış modeller (resmi çekilen cisim veya arazi hakkında plan ve yükseklik bilgisi),
  - Fotoharitaların üretimi (düşeye çevrilmiş resimler, ortofoto),
  - Haritaların güncelleştirilmesi,
  - Topoğrafik veri bankalarının oluşturulması,
  - Mühendislik uygulamaları,
- gibi amaçlara yönelik olabilir.

Bütün bu saydığımız uygulama alanlarında fotogrametrik verilerin elde edilmesi üç değişik yöntemle yapılabilir.

- ANALOG YÖNTEM: Verilerin elde edilmesinde klasik fotogrametrik aletler kullanılır.

- ANALİTİK YÖNTEM: Burada hesaplayıcılar önemli rol oynamaktadır.

- ANALOG-ANALİTİK YÖNTEM: Bu yaklaşımda, farklı durumlara göre analog ve sayısal anlamda bir denge vardır.

Bu olanaklar sonucunda;

- Yüksek doğruluk,
  - Fotogrametrinin bir çok alana uygulanmasıyla değerlendirme sistemlerinin uygunluğu ve uygulanabilirliği,
  - Üretimde yüksek hız,
- gibi isteklerin artması, fotogrametrik değerlendirme sistemlerinin kısmen veya tamamen sayısallaştırıcı donanımlar bulundurmaları zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır.

Sayısal değerlendirme sistemleri iki Şekilde gelişim göstermiŐtir.

- OFF-LINE SİSTEM (evrim dışı): Klasik değerlendirme aletleri veya komparatörler, verilerin işlenmesi için bir çevrim dışı (off-line) bilgisayarla desteklenmiŐtir. Kayıt birimi, sayısal veya analog anlamda kontrol edilebilmektedir. Bu sistem ekonomik olmasına rağmen kayıt işlemi zordur.

evrim dışı (off-line) değerlendirmede, değerlendirme aleti ile ortoprojektr birbirlerinden bağlantısız olarak çalıŐırlar. Değerlendirme aletinde fotoğraf çiftlerinin oryantasyonu tamamlandıktan sonra kayıt sistemi ile bağlantı yapılarak veriler kayıt sistemine kaydedilir. Sonra profil ölçmelerine geçilir. Operatör X ve Y hareketi otomatik olarak yönetilen li iŐaretinin sadece Z hareketlerini kontrol ederek, li noktasının yer üzerinde kalmasını sağlar. Bu aşamada kayıt sisteminde profiller bir taŐıyıcı (cam) zerine kazılarak iŐaretlenir. Böylece elde edilen kayıtlar profilleri değerlendiren okuyucu bir sistem tarafından saptanan veriler ortoprojektre aktarılarak, ortoprojektr yarık diyaframının X, Y ve Z hareketleri yönetilir (ERDİN, K. 1992).

- ON-LINE SİSTEM (evrim içi): evrim içi kontrol için bir bilgisayar kullanılmaktadır. Bu zel olarak planlanan bir tam sayısal sistem (genellikle sayısal veya analitik değerlendirme aleti olarak adlandırılır) veya bir bilgisayarla desteklenen klasik bir değerlendirme aletidir.

evrim içi (on-line) değerlendirmede ortoprojektr, değerlendirme aletine mekanik ve elektronik bağlantılarla baęlanmıŐtır. Duyarlı stereo değerlendirme aletine yerleŐtirilen fotoğraf çifti oryantasyonu (karŐılıklı ve mutlak) tamamlandıktan sonra, alım kamerasına ait bilgiler boyuna ( $\varphi$ ) ve enine ( $\omega$ ) eğiklikleri ve  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$  başlangıç değerleri ortoprojektre aktarılır. Stereo modelde li noktasının X, Y hareketleri, belli bir programa göre elektronik olarak yönetilir. Değerlendirme aletindeki operatörün görevi, li

noktasının stereo modelde (üç boyutlu modelde) sürekli yer noktaları üzerinde kalmasını sağlamak amacıyla Z hareketini yönetmektir. Aradaki bağıntılarla X, Y ve Z hareketleri aynen ortoprojektöre aktarılır. Böylece yarık diyaframın X, Y doğrultularındaki hareketleriyle, değerlendirme aletinden gelen ve operatör tarafından yönetilen Z hareketleri bütünleşir. Operatörün saptadığı Z hareketleri ortoprojektörün projeksiyon sistemi tarafından aynen uygulanır (ERDİN, K. 1992).

Çevrim içi (on-line) ve çevrim dışı (off-line) değerlendirme yöntemleri karşılaştırıldığında değerlendirme hızı farklılıkları, yazılım ve donanım açısından oluşan güçlükler ve ileride güncelleştirme çalışmalarında aynı verilerin kullanılması gibi nedenler, çevrim dışı değerlendirme yönteminin uygulanmasına genel geçerlilik kazandırmıştır (ERDİN, K. 1992).

Sayısal değerlendirme aletlerinin hepsinde giriş verileri olarak resimler, sayısal fotogrametrik sistemlerde ise resimler yerine sayısallaştırılmış resim bellekleri kullanılmaktadır. Sayısal resim işleme sistemleri diğer amaçlarının yanısıra stereofotogrametride büyük bir başarı ile kullanılmaktadır. İki sayısal veri setinin fotogrametrik gözlenmesi bir bilgisayar donanımı yardımıyla kolayca yapılabilmektedir. Burada en önemli husus ölçme göstergesinin üç boyutlu kontrolünün yapılmasıdır. Sayısal teknikler, klasik harita üretiminde büyük bir yarar sağlamakta ve kullanıcıların gereksinim duydukları anda sayısal çıkış alabilmeleri, işlemlerde büyük hız sağlamaktadır. Günümüzde ise bu olanaklardan hareketle veri bankaları oluşturularak, istenilen zaman ve koşulda ilgili birim tarafından kullanılması yoluna gidilmektedir. Özellikle sayısal arazi modelleri topoğrafik veri bankalarının oluşturulmasında önemli bir fonksiyona sahiptir. Sayısal arazi modelleri planimetrik koordinatlar ve yükseklik bilgilerini içerdiğinden ve de en önemlisi, istenildiğinde sayısal çıkış alınabildiğinden, değişik kullanım alanlarında kullanıcılara yardımcı olabilecek niteliktedir.

## I.2. Sayısal Arazi Modeli (SAM)

Sayısal arazi modelleri (SAM) 1950'li yılların ortalarından beri çeşitli alanlarda kullanıla gelmektedir. Başlangıçta, o dönemin bilgisayarlarının sınırlı olanakları ile mühendislik projelerinde en ve boy kesitlerin, yarma ve dolma hacimlerinin hesabı için dar bir uygulama alanı bulan DTM (Digital Terrain Model), elektronik ve bilgisayar teknolojisinde kaydedilen büyük çaplı gelişmelere paralel olarak çok daha çeşitli kullanım alanlarına hitap edebilmektedir.

Elektronik teknolojisinde kaydedilen hızlı gelişmelerle birlikte bilgisayar olanaklarının artması ile haritacılık alanlarında elektronik takeometreler, grafik görüntü ekranları, sayısal fotogrametrik değerlendirme sistemleri, sayısal-laştırıcılar (digitizer), otomatik çizim sistemleri (plotter), sayısal veri derleyen - işleyen donanım (hardware) ve yazılım (software)'ların süratle gelişmesi, donanımların ucuzlaşması, sayısal arazi modellerinin uygulama alanlarını genişletmiştir.

Sayısal arazi modellerini uygulama amaçlarına göre iki ana grupta toplamak mümkündür. Bunlar;

1. Topoğrafik amaçlı uygulama
2. Topoğrafik olmayan uygulama

- Topoğrafik amaçlı sayısal arazi modelinden, uygun bilgisayar yazılımları ile yan ürün olarak en kesitler, boy kesitler, perspektif görünüm, alan-hacim hesapları gibi arazinin gösterimiyle ilgili önemli ürünlerin üretilmesi, karayolu ve demiryolu geçki (güzergah)'lerinin belirlenmesinde, kanal ve baraj inşaatlarında, hava alanı yapım projeleri, arazi düzenleme çalışmaları gibi uygulamaları yanında otomatik olarak eşyükseklik eğrilerinin üretilmesinde, planlama amaçlarına yönelik eğim haritalarının üretilmesinde, kartoğrafik güncelleştirme çalışmalarında, ortofoto haritaların yenilenmesinde ve güncelleştirilmesinde, topoğrafik veri bankalarının oluşturulmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

- Sayısal arazi modelleri topoğrafik amaçlı uygulamaları

yanında, sanayi , tıp, ziraat, mimarlık, kimya v.b. gibi topoğrafik olmayan alanlarda gelişmiş ülkelerde çok yönlü ve artan hızla uygulama olanağı bulmuştur.

### I.2.1. Sayısal Arazi Modelinin Tanımı

Literatürde sayısal arazi modelleri için pek çok tanıma rastlamak mümkündür. Sayısal arazi modellerinin elde edilmesinde söz konusu olan hemen her adımda bilgisayar kullanımı gerektiği için biz aşağıdaki tanımı esas alacağız.

Sayısal arazi modelleri, bilgisayarlarla yapılacak işlemlere esas olmak üzere, yeryüzeyinin sayısal gösterimi olarak tanımlanabilir. SAM kavramı, dayanak noktalarının koordinatları (x, y, z) yanında uygun bilgisayar yazılımlarını da içerir (GÜLER, A. 1985).

Yukarıdaki SAM tanımı, pratikte en yaygın kullanılan ve planimetrik bilgiler yanında, yükseklik bilgilerini de içeren geniş anlamdaki SAM tanımı ile, yalnızca yükseklik bilgilerini içeren dar anlamdaki SAM tanımlarının her ikisini de kapsamı içine almaktadır.

Tanımdan anlaşıldığı gibi SAM, yalnız koordinatları (x, y, z) ile bilinen dayanak noktalarından oluşmamaktadır; bunun yanında (x, y) koordinatları önceden verilmiş, fakat ölçülmemiş noktaların (z) değerlerini hesaplayan, grafik ve sayısal diğer verilerin gösterimini gerçekleştiren kurallar ve yazılımları da içermektedir (ÖZER, H. 1986).

### I.2.2. Sayısal Arazi Modelinin Temel Amaçları

Çeşitli alanlarda yapılan çalışmalar için, ihtiyaç duyulan obje yüzeyi konusundaki bilgiler sayısal arazi modellerinden sağlanmaktadır. Sayısal arazi modeli verileri alt-yapı bilgilerini oluşturmaktadır.

Sayısal arazi modeli üretiminin temel amaçlarını şu şekilde sıralamak mümkündür;

a) Harita üretimini hızlandırmak, maliyetini düşürmek,

- b) Haritaların doğruluğunu ve niteliğini artırmak,
- c) Üretimde teknik standardı korumak,
- d) Otomasyonu sağlamak,
- e) Topoğrafik veri bankası oluşturmak,
- f) Güncelleştirme işlemlerini hızlandırmak,
- g) Özel amaçlı harita yapımını kolaylaştırmak,
- h) Yol geçki (güzergah)'lerinin saptanmasında en uygun yöntemi saptamak,
- ı) İstenilen perspektif ve kesitleri çıkarmak,
- i) Derlenen verilerin istatistiksel analizini ve yorumunu yapmak.

Sayısal arazi modelinin temel amacının özü, dayanak noktaları yardımıyla diğer noktaların (planimetrik koordinatları (x, y) önceden verilmiş) yüksekliklerinin (z) hesabıdır (KUNDURACIOĞLU, S. 1988).

### I.2.3. Sayısal Arazi Modelleri İçin Arazi Sınıflandırmaları

Sayısal arazi modellerinin niteliği, temsil ettiği arazi tipine bağımlı olarak değişir. Sayısal arazi modellerini oluşturmada veri toplama işlemi, istenen amaca yönelik gereksinimleri karşılayacak şekilde yapılmalıdır. Bu işlem ise doğruluk, zaman ve ekonomi etkenlerine doğrudan bağımlıdır. Veri toplama aşamasında dayanak noktaları yer, sayı ve dağılım itibarıyla öyle seçilmelidir ki oluşturulacak model sözkonusu edilen üç kriter bakımından optimum düzeyde tutulabilsin. Sayısal arazi modellerinin oluşturulmasında doğruluk, zaman ve ekonomi etkenlerinin optimum hale getirilmesi ise belli kriterlere dayanan bir arazi sınıflandırması yapılması gerçeğini ortaya çıkarmıştır.

Bu sınıflandırmanın amaçlarını şöylece sıralamak mümkündür:

- 1) Arazinin öz yapısına uygun modeli seçmek,
- 2) Arazinin tipine göre uygun dağılımda noktalar seçmek, yani en uygun veri toplama yöntemini belirlemek,

- 3) En uygun interpolasyon yöntemini seçmek,
- 4) Otomasyonu sağlamak (KUNDURACIOĞLU, S. 1988).

Bu sınıflandırmalarda kullanılan kriterler:

- Arazinin eğimi (gradiyent), eğriliği,
- Doğrultu kosinüsleri ve öz vektörlerle gösterim,
- Kırık çizgilerin sayısı, yüzey alanı, düzlemlerin dağılımı,
- Armonik vektör büyüklüğü ve genlik güç spektrumudur (ALKIŞ, A. 1986).

Değişik arazi sınıflandırmaları yanında F. Silar tarafından aşağıda belirtilen kriterler kullanılarak araziler başlıca dört gruba ayrılmıştır (KOYUNCU, D. 1981).

F. Silar'ın kullandığı kriterler:

- Birbirine dik iki doğrultuda arazi yüzeyinin eğimi,
- Belirlenecek yüzeyin yapısı, örneğin bir düzlemden olan sapmanın büyüklüğü,
- Arazide yerel yükselip alçalmaların ve kırık çizgilerin sayısı, özellikle lokal tepe ve çukurların sayısı,
- Arazinin düzgünlüğü,

F. Silar'a göre arazi grupları:

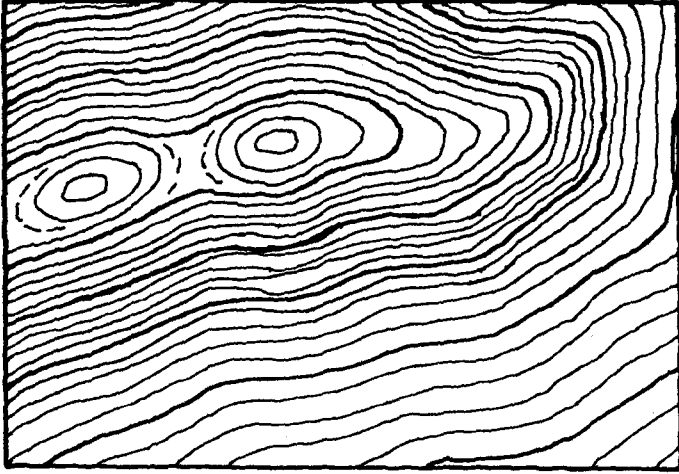
#### 1. Grup Arazi: Düzenli düzlem yüzeyler

Bu gruptaki araziler yatay veya eğik düzlemlerden ya da yavaş değişen eğimli düzgün yüzeylerden oluşur. Kırık çizgi sayısı hektarda 10'dan azdır. Eğim % 5, önerilen dayanak nokta sayısı 20-40/ha'dır (Şekil-1).

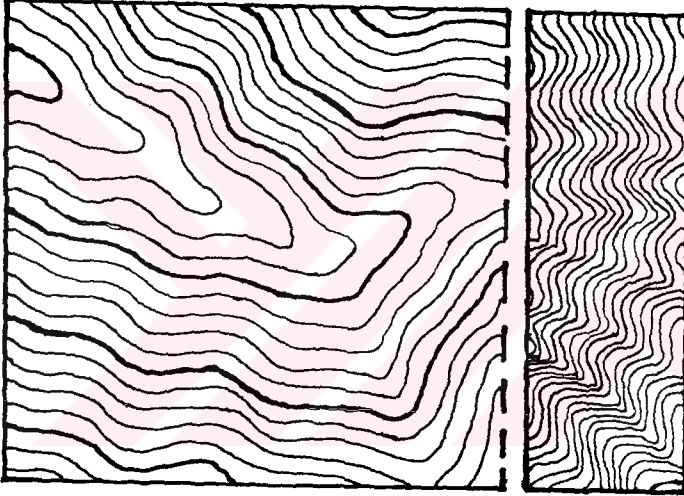
#### 2. Grup Arazi: Düzenli değişen yüzeyler

Bu gruptaki araziler çok fazla oval şekilli yüzeylerden oluşmaktadır. Kırık çizgi sayısı hektarda 10 ila 20 arasındadır. Eğim % 5-20, önerilen dayanak nokta sayısı 40-100/ha'dır (Şekil-2).





Şekil-1: Arazi Grubu I (KOYUNCU,  
D. 1981).



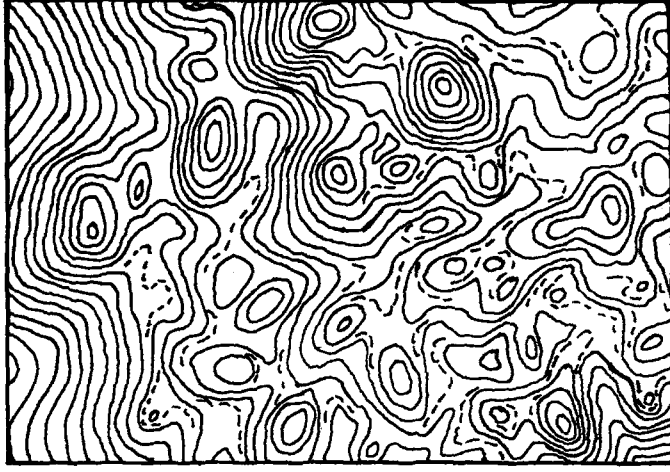
Şekil-2: Arazi Grubu II (KOYUNCU,  
D. 1981).

### 3. Grup Arazi: Düzensiz yüzeyler

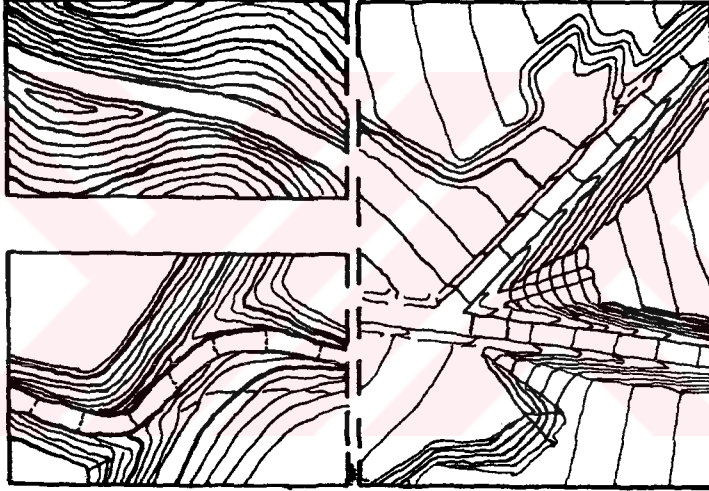
Düzensiz düzensiz eğrisel yüzeylerden oluşan bir arazi grubudur. Kırık çizgi sayısı hektarda 20'den fazladır. Eğim % 20'den büyük, önerilen dayanak nokta sayısı 100-400/ha'dır (Şekil-3).

### 4. Grup Arazi: Yapay yüzeyler

Çok sayıda bölgesel alçalıp yükselmeler görülüp, insan tarafından oluşturulan yüzeylerdir (Şekil-4).



Şekil-3: Arazi Grubu III (KOYUNCU,  
D. 19981).



Şekil-4: Arazi Grubu IV (KOYUNCU,  
D. 1981).

ITC (International Training Centre for Aerial Survey) tarafından yapılan bir sınıflandırma da mevcuttur (KUNDURACIOĞLU, S. 1988).

Bu sınıflandırmada kullanılan kriterler;

S = Farklı morfolojik özelliklerde ek olarak ölçülen nokta sayısını,

P = Kafes gözü olarak ölçülen nokta sayısını, belirtmektedir.

Bu kriterlere göre arazi grupları:

Eğer,

$S=P$  ise 1. Grup arazi (Düz arazi, hafif grup arazi)

- $S \leq P$  ise 2. Grup arazi (Az engebeli arazi)  
 $S < P$  ise 3. Grup arazi (Orta engebeli arazi)  
 $S > P$  ise 4. Grup arazi (Yapay arazi, engebeli arazi)

şeklindedir.

### I.3. Sayısal Arazi Modelleri İçin İşlem Süreci

Sayısal arazi modellerinin oluşturulmasında üç aşama söz konusudur. Bunlar:

1. Verilerin elde edilmesi
2. Verilerin işlenmesi
3. Verilerin sergilenmesi

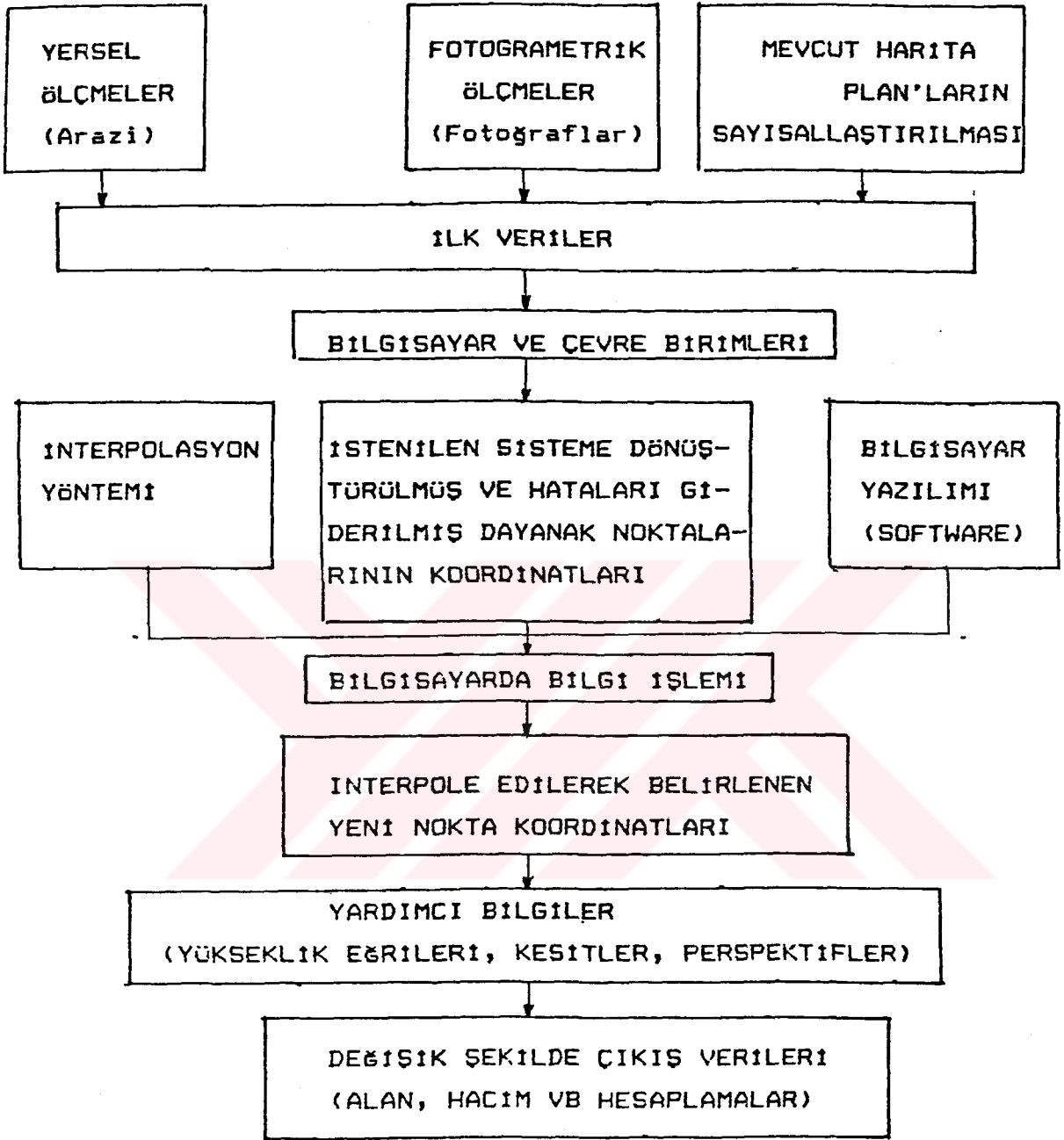
aşamalarıdır.

- Sayısal arazi modellerinin oluşturulması için gerekli olan dayanak noktalarının seçimi, sayısı ve dağılımının belirlenmesi ve bu noktaların koordinatlarının (x, y, z) ölçülerek bilgisayar ortamına aktarılıp depo edilmesi, verilerin elde edilmesi aşamasını,

- Bu dayanak noktalarının koordinatları (x, y, z) önceden belirlenen bir koordinat sistemine dönüştürüldükten sonra, amaca göre ya planimetrik koordinatları (x, y) ile bilinen yeni noktaların yükseklik değerlerini hesaplamak, ya da belirli yükseklikteki noktaların planimetrik (x, y) koordinatlarının hesaplanması veri işleme aşamasını,

- Bilgisayar seçilen bir interpolasyon yöntemiyle, yeni noktaların istenen koordinatlarını hesaplar ve bu yeni noktalardan yararlanarak yükseklik eğrilerinin çizimi, kesit ve perspektiflerin çıkarılması, alan, hacim v.b. gibi diğer hesapların sonuçlarının gösterimi verilerin sergilenmesi aşamasını, oluşturmaktadır.

Sayısal arazi modelinin oluşumu iş akışına göre aşamalar halinde gösterilirse; (Şekil-5) (ALKIŞ, A. 1986).



Şekil-5: Sayısal Arazi Modelleri İçin Akış Diyagramı.

### I.3.1. Verilerin Elde Edilmesi

Verilerin toplanması işlemi, arazi yüzeyinin şeklini en iyi şekilde temsil edebilecek dayanak nokta kümesinin seçimini ve ölçümünü içerir. Genellikle bu noktalar,

- Araziye rasgele dağılmış noktalar,
- Yapı, kırık çizgi ve arazinin karakteristik noktaları,
- Araziye yerleştiği varsayılan bir kafes ağının kesim (düğüm),

noktalarından oluşmaktadır (TOZ, G. 1989).

Sayısal arazi modeli verileri;

- Yersel ölçümlerle araziden,
- Fotogrametrik ölçümlerle fotoğraflardan,
- Kartografik sayısallaştırıcılar vasıtasıyla mevcut harita ve planların sayısallaştırılması,

ile elde edilebilir.

SAM'ın iskeletini oluşturan bu verilerin toplanmasına örnekleme (sampling) adı verilir. Her veri kaynağına özgü çeşitli örnekleme yöntemlerinin belirlediği örnekleme dokuları,

- Eşyükseklik eğrilerinin,
- Kesitlerin,
- Gridlerin,
- Morfolojik çizgi ve noktaların,

belirlediği biçimlerdedir.

Genel olarak fotogrametride ve topoğrafik haritalardaki sayısallaştırmalarda örnekleme dokusu eşyükseklik eğrileri düzenindedir. Yersel ölçmelerde ise örnekleme dokusunu morfolojik çizgiler ve noktalar belirler. Fotogrametride sözü edilen bu dört dokudan herhangi biri veya bunların bileşimi kullanılabilir. SAM'da örnekleme evresi önemli bir evredir, amaca uygun olmayan bir örneklemenin yaratacağı eksiklikleri hiçbir interpolasyon yöntemi karşılayamaz (GÜLER, A. 1985).

### I.3.1.1. Yersel Ölçümler

Sayısal arazi modeli üretiminde kullanılan yersel ölçümler doğrudan arazide yapılan ölçümlerdir. Ölçü doğruluğu yüksek fakat veri elde etmek için harcanan zaman fazladır. Özellikle son yıllarda elektronik takeometrelerin kullanıma girmesiyle önem kazanmıştır. Yapılan uygulamalı çalışmalarda doğruluk bakımından diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar vermektedir (ÖZER, H. 1986). Ölçme doğruluğunun yüksek olmasına karşın, büyük alanlarda zaman alıcı ve masraflı bir yöntemdir. Ancak söz gelimi, çok yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda, arazide yapılacak kontrol ölçmelerinde ya da büyüklük açısından diğer yöntemlerin uygulanmadığı veya uygulanmasının sakıncalı görüldüğü durumlarda uygulanır (KUNDURACIOĞLU, S. 1988).

### I.3.1.2. Fotogrametrik Ölçümler

Günümüzde sayısal arazi modellerinin temel veri kaynağını oluşturan fotogrametrik ölçümler ekonomik, hızlı ve yeterli doğruluğa sahip olması ile dikkati çekmektedir. Fotogrametrik ölçümlerle elde edilen verilerin duyarlılığı bazı önemli özel noktaların yüksekliklerinin yersel yöntemle ölçülmesiyle artırılabilir.

Analog değerlendirmede düz ve ormanlık arazilerde, yüksek yapılara sahip yoğun yerleşme bölgelerinde, ya da doğrudan doğruya eşyükseklik eğrilerinin çizilemediği durumlarda noktasal ölçüm tercih edilmektedir. Çünkü üç boyutlu modelde kötü koşullar altında tek tek noktalar yükseklik eğrilerinin çiziminden daha kolay ve doğru ölçülebilmektedir.

Fotogrametrik model üzerinden doğrudan sayısal verilerin elde edilmesini sağlayan sayısal değerlendirme sistemlerini, genel özelliklerini göz önüne alarak 5 bölümde toplamak olasıdır (ÖZER, H. 1986).

1. Mono/stereo komparatörler,
2. Karma (hibrid) değerlendirme sistemleri,

3. Bilgisayar destekli analog değerlendirme aletleri,
4. Analitik değerlendirme aletleri,
5. Tam otomatik değerlendirme aletleri.

- Komparatörler, resim koordinatlarını duyarlı olarak ölçmeye yarayan aletlerdir. Günümüzde bilgisayar desteği ile sayısal çıkışlar alınabilmektedir.

- Karma (hybrid) sistemlerde izdüşüm problemi önce kaba olarak operatör tarafından çözülür. Bunu takiben yöneltme işlemi sayısal olarak sonuçlandırılır.

- Bilgisayar destekli analog değerlendirme aletlerinde ise, yöneltme tamamen operatör tarafından analog olarak yapılır. Böylesi bir yaklaşımı sağlayan sistemin başlıca üç bileşeni vardır;

1. Analog değerlendirme aleti,
2. Mikro bilgisayar,
3. Sayısal çizim masası.

- İki boyutlu resim koordinat sisteminde ölçülmüş noktalarla arazide ölçülmüş gerçek yer noktaları arasındaki geometrik ilişkiyi matematiksel olarak çözen fotogrametrik değerlendirme aletlerine analitik değerlendirme aletleri denir. Bu aletler analog aletlerin söz konusu sınırlamalarının büyük bir kısmını ortadan kaldırmıştır (AIKIŞ, A. 1985).

Önemli bileşenleri şu şekilde sıralanabilir;

1. Stereo komparatör,
2. Bilgisayar,
3. Çevre birimleri ve arabirimler,
4. Çizim birimi.

- Tam otomatik sistemler ise ölçü markasının arazi yüzeyine çakıştırılmasını da üstlenirler. Resim taşıyıcıların hareketleri bir bilgisayar tarafından yönetilir.

#### 1.3.1.2.1. Fotogrametrik Ölçüm Yöntemleri

Fotogrametrik yöntemle veri elde etme işleminde fotogrametrik model üzerinden dayanak noktalarının seçimi aşı-

ğıdaki yöntem veya bu yöntemlerin kombinasyonundan faydalanarak elde edilir;

- Seçimli (sellektiv) Yöntem,
- Türdeş (homojen) Yöntem,
- Gelişimli (progressive) Yöntem,
- Karışıklı (composite) Yöntem.

#### I.3.1.2.1.1. Seçimli (sellektiv) Yöntem

Tüm dayanak noktaları yükseklik açısından karakteristik noktalardır. Ölçülen noktalar tek tek, rasgele dağılmış ya da diziler şeklindedir. Noktalar önceden tespit edilir veya ölçüm anında yorumlanarak saptanır.

Nokta dizileri, kırık hatlar veya arazinin iskeletini belirleyen çizgiler üzerindedir. Çünkü bu çizgiler boyunca eğim düzgün olarak değişmesine karşın, bu çizgilere dik doğrultuda kesiklikler gösterir. Ölçümde seçilmiş münferit noktalar, tepelerin zirveleri, kokurdan dipleri ve eğim değişim yerlerindeki noktalar olabilir.

Seçimli yöntem genellikle basit interpolasyon yöntemleri ile çözüme temel oluştururlar. Bu açıdan ölçülen her nokta önemli bir veri kaynağı olmaktadır. En yaygın kullanımı arazi yüzeyinin üçgenlerle kaplanmasıdır.

#### I.3.1.2.1.2. Türdeş (homojen) Yöntem

Bu yöntemde seçimli yöntemin aksine noktalar matematik kuralların uygulandığı geometrik şekillerdedir. Nokta konumları arazi şeklinden tamamen bağımsızdır. Ölçüm doğrudan her noktada yapılır. Noktaların konumları dizi sırası ve koordinatları (x, y) ile belirlenir. Karesel veya dikdörtgen biçimindeki kafes gözlemlerinden bir ağ oluşturulur. Başlangıç noktasından itibaren dizi sayısı, her dizideki nokta sayısı, noktalar ve diziler arasındaki uzaklıklar kaydedilir. Veri işlemede, uzaklıkları standartlaştırmak ve üç boyutlu verileri birleştirmek amacıyla elde edilen veriler, kafes ağı (raster) üzerine aktarılır (ALKIŞ, A. 1986). Ölçümler eşit



aralıklı profiller üzerinde nokta veya zaman modunda yapılabilir. Eğer ölçümler eşyükseklik eğrileri boyunca yapılıyorsa genellikle nokta ya da zaman modu kullanılır. Bu durumda yalnız koordinatları (x, y) arazi yüzeyinde hareket halinde iken otomatik olarak kaydedilir.

Ölçümlerde analitik ya da bilgisayar destekli mekanik stereo değerlendirme aletleri kullanılır. Veri işlemede kafes ağı (raster) yöntemi tercih edilmektedir.

#### I.3.1.2.1.3. Gelişimli (progressive) Yöntem

Makaroviç tarafından geliştirilen bu yöntemde, önce arazi büyük kafeslerle örtülür, sonra birbirini takip eden ardışık koşullarla aynı işleme devam edilir. Her koşul için veri analizi yapılır. Yüksekliğin belirli fonksiyon değerleri, verilen tolerans değerinin altında kalıncaya kadar devam edilir. Sonuçta araziyi temsil eden değişen nokta yoğunluklu bir kafes ağı (raster) elde edilir (KUNDURACIOĞLU, S. 1988).

Bu yöntemin uygulanmasında donanım olarak analitik değerlendirme sistemlerinin kullanımı zorunludur.

#### I.3.1.2.1.4. Karışıklı (composite) Yöntem

Yukarıdaki üç yöntemden her biri tek başına SAM oluşumunda veri elde etme aşamasında, elde edilen verilerle en uygun modelin oluşturulması açısından bazı eksiklikler ve olumsuzluklar göstermektedir. İyi geliştirilmiş bir SAM sisteminde bu yöntemlerin kombine edildiği karışıklı (composite) yöntem kullanılır.

Bu yöntemde donanım olarak yarı otomatik değerlendirme sistemleri ile çalışıldığında en uygun sonuçlar elde edilmektedir.

### I.3.1.3. Mevcut Harita ve Planların Sayısallaştırılması

Yeterli doğrulukta harita, ortofoto, plan ya da benzeri altlıklar mevcut ise, eşyükseklik eğrileri sayısallaştırılarak SAM için gerekli veriler toplanabilir.

Eşyükseklik eğrilerinin sayısallaştırılması;

- Nokta ölçü (point mode),
- Sürekli ölçü (stream mode),
- Tarama,

şeklinde yapılabilir.

- Noktasal ölçümde izleme başlığı (cursor) sayısallaştırılacak nokta üzerine oturtulur ve nokta koordinatları, koordinat penceresinden okunur veya gerekli komut kullanılmak suretiyle manyetik ortama aktarılır. Bu yöntem noktaların tek tek sayısallaştırılmasında kullanılır. Söz gelimi pafta köşeleri, pas noktaları, tepeler, kokurdanlar v.b. gibi noktalar.

- Sürekli ölçümde ise, sayısallaştırmaya eşyükseklik eğrisinin herhangi bir noktasından başlanır ve eğri bitinceye kadar üzerinden gidilmesi gerekir. Sayısallaştırma işlemi belirli zaman ya da mesafe aralıklarında yapılmaktadır.

- Tarama şeklinde sayısallaştırmada, otomatik tarayıcılar (scanner) kullanılır. Sayısallaştırma tamamen otomatik olarak gerçekleşir. İşlenecek yüzey 0,05 mm. raster gözlerine ayrılır ve siyah-beyaz (griton) dağılımında bir hesaplayıcının matrisine kaydedilir. Bu bilgilerden daha sonra uygun yazılımlar yardımıyla eşyükseklik eğrilerinin çizimi ve yükseklik dağılımı elde edilebilmektedir.

### I.3.2. Verilerin İşlenmesi

Yukarıda anlatılan veri elde etme yöntemleri ile elde edilen verilerin işlenmesinde temel amaç; koordinatları (x, y) ile bilinen noktaların yükseklik (z) değerlerinin bulunmasıdır. Söz konusu veri toplama yöntemlerinden biri veya

bunların kombinasyonu ile elde edilen veri kümeleri üç ana bölümde işlenir.

a) Ön Çalışma: Ürünün doğruluğunun belirlenmesine etki eden hata dağılımı, dayanak noktalarının konum, doğruluk ve sayısına bağlıdır. Bu nedenle dayanak noktalarının hesaplara, gerek sistematik gerekse rastlantısal hatalardan arındırılmış olarak girmesi ana ilkedir. Bu aşamada;

- Format seçimi,
- Koordinat transformasyonu,
- Kaba hataların ayıklanması,
- Mercek distorsiyonu,
- Film büzülmesi,
- Aletlerden kaynaklanan sistematik hataların yok edilmesi,

sağlanır.

b) Ana Çalışma: Bu aşamada daima ölçülen noktaların fonksiyonu olarak SAM alanında koordinatları (x, y) ile bilinen isteğe bağlı nokta yüksekliklerinin hesaplanması için bir algoritma uygulanır. Bu işlem interpolasyon yöntemi olarak adlandırılır. Interpolasyon iki adımda gerçekleşir. İlk adımda ülke koordinat sisteminde düzgün bir kare ağı üretilir. İkinci adımda kare ağı düğümleri arasındaki yeni noktaların arazi yükseklikleri hesaplanır. Sayısal arazi modellerinin bir bölümü, ilk adımı dikkate almayabilir. Bu durumda ilk ölçüler kare ağında alınmıştır. Her iki adımda da interpolasyon yöntemi aynı SAM için farklı olabilir. İşlemler aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Interpolasyon,
- Filtreleme,
- Veri yoğunluğu,
- Farklı veri kümelerinin birbirine bağlanması.

c) Son Çalışma: Bu aşamada ise belli bir kullanım için veri transferi ve format seçimi gerçekleştirilir.

### 1.3.2.1. Sayısal Arazi Modellerinde İnterpolasyon Yöntemleri

İnterpolasyon, dayanak nokta kümesi  $(x_i, y_i, z_i)$  ile verilmiş olan bir alan içinde ya da bu kümenin bir alt kümesi ile sınırlanan arazi içindeki herhangi bir  $(x, y)$  konumuna sahip noktanın yükseklik  $(z)$  değerinin belirlenmesidir (ÖZER, H. 1986).

İnterpolasyon yöntemlerinin bir bölümünde ilk ölçülen yükseklik değerleri hatasız kabul edilir, bazılarında ise belli bir dengeleme veya rastlantısal hataların filtrelemesi yapılır.

Sayısal arazi modelinin güvenilirliğini artırmak için araziye uyacak en uygun interpolasyon yöntemi seçilmelidir. Seçilen interpolasyon yöntemi araziye ne kadar uygun ise hesaplanan  $(z)$  değeri ile gerçek arazi yüksekliği arasındaki fark o kadar küçük olur.

İnterpolasyon (tahmin etme) yönteminin seçimi sayısal modelin kartografik nitelikleri (özellikleri) için önemlidir (JACOBI, O. 1980).

SAM interpolasyon probleminin çözümünde başlıca üç yaklaşım bulunmaktadır (GÜLER, A. 1978).

1. Tüm araziye kapsayan bir tek fonksiyonla interpolasyon,
2. Yerel olarak tanımlanmış parça parça fonksiyonla interpolasyon,
3. Nokta nokta interpolasyon.

#### 1.3.2.1.1. Tüm Araziyi Kapsayan Bir Tek Fonksiyonla İnterpolasyon

Bir tek  $z=f(x, y)$  fonksiyonunu belirlemek için bütün dayanak noktaları aynı anda kullanılır.

Buna örnek olarak Hardy (1971)'nin önerdiği tüm arazi için tek bir analitik interpolasyon denklemi kullanılan multikuadrik interpolasyon verilebilir.

### I.3.2.1.2. Yerel Olarak Tanımlanmış Parça Parça Fonksiyonlarla Interpolasyon

Bu tür interpolasyonda bütün sayısal arazi modeli daha küçük parçalara bölünür ve her bir parça seçilen bir fonksiyonla gösterilir. Bu durumda parçaların sınırları boyunca çatlaklar ve süreksizlikler meydana gelebilir. Bundan kaçınabilmek için parçalardaki fonksiyonları sınırlar boyunca çakıştırmak amacıyla birleştirme fonksiyonları kullanılabilir. Birleştirme fonksiyonlarının kullanılmasıyla problem tek fonksiyonla interpolasyona dönüşür.

Parça parça fonksiyonlarla interpolasyonda aşağıdaki yöntemlerden biri seçilebilir (ÖZER, H. 1986).

- a) En küçük parçalardaki polinomlarla interpolasyon,
- b) En küçük kareler yöntemiyle interpolasyon,
- c) Sonlu elemanlarla interpolasyon,
- d) Üçgen elemanlarında Lineer interpolasyon,
- e) Üçgen elemanlarında 5. dereceden (sürekli) polinomlarla interpolasyon,
- f) Dörtgen elemanlarında bilineer interpolasyon.

### I.3.2.1.3. Nokta Nokta Interpolasyon

Yüksekliği istenen noktayı çevreleyen, ölçü dairesi ya da kare'nin iç tarafına düşen dayanak noktaları kullanılmaktadır. Bu noktalar; ağırlıklı ortalama, düşük dereceden polinom ya da seçilen diğer bir fonksiyonun parametrelerini hesaplamada kullanılır.

Her yeni nokta çevresindeki dayanak noktalarından hesaplandığından fonksiyon katsayıları noktadan noktaya değişir, depolama işlemine gerek kalmaz.

Nokta nokta interpolasyon türleri;

- 1) Lineer interpolasyon,
- 2) Bilineer interpolasyon,
- 3) Ağırlıklı ortalama ile interpolasyon,
- 4) Kayan yüzeylerle interpolasyon.

### 1.3.3. Verilerin Sergilenmesi

Verilerin işlenmesinden sonra elde edilen sayısal arazi madelinden çalışmanın amacına göre, sayısal ya da grafik çıkışlar alınabilmektedir.

Oluşturulan modelden aşağıda sıralanan sayısal ya da grafik çıkışlar alınabilir (ÖZER, H. 1986).

- Otomatik olarak eşyükseklik eğrilerinin çizimi,
- Boyuna ve enine profiller,
- Ortofoto üretimine hizmet edecek sayısal profiller,
- Tek tek nokta yükseklikleri,
- Eğim haritaları,
- Genelleştirilmiş eşyükseklik eğrileri,
- Perspektif görünümler,
- Alan-hacim hesap sonuçları.

Bu çıkışlar sayısal olduğundan veri bankalarında saklanabilir ve istenildiğinde tekrar alınıp kullanılabilir veya güncelleştirilebilir.

### 1.4. Sayısal Arazi Modelleme Yöntemleri

Sayısal arazi modellerinin oluşturulmasındaki ilk adımda, arazi yüzeyini kaplayan bir ağ oluşturulur. Bu ağın oluşturulmasında iki yöntem vardır. Bu yöntemler;

- 1) Raster yöntemi,
- 2) Üçgenleme yöntemi'dir.

#### 1.4.1. Raster Yöntemi

Bu yöntemde arazi üzerine karesel veya dikdörtgensel bir grid sistemi yerleştirilmekte ve grid (kafes) düğüm noktalarının yükseklikleri hesaplanmaktadır.

Bu iki şekilde gerçekleştirilmektedir;

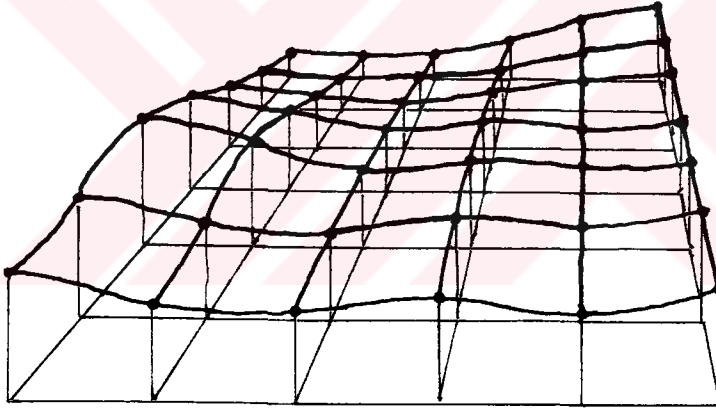
- 1) Fotogrametrik model üzerinde yapılan doğrudan ölçümlerle,
- 2) Arazi yüzeyine rastlantısal olarak dağılmış olan

dayanak noktalarının ölçülmesiyle.

Şayet dayanak noktaları raster formunda değilse, amaca uygun bir interpolasyon yöntemi seçilerek raster köşe (grid düğüm) noktalarındaki yükseklikler hesaplanmaktadır.

Dayanak noktalarından bir raster ağının köşe noktalarına geçişte herhangi bir bilgi kaybı olmamalıdır. Bu nedenle raster göz genişlikleri dayanak nokta aralıklarından daha küçük seçilir. Raster gözleri ne kadar küçük ise elde edilecek doğruluk o denli yüksektir. Dar gözlü bir rasterden hesaplanan eşyükseklik eğrilerinin arazi yüzeyini daha iyi temsil ettiği yapılan denemelerle kanıtlanmıştır. Ancak raster'in hesaplandığı dayanak noktalarının yeterli yoğunluğa sahip olması gerektiği kesinlikle unutulmamalıdır.

Şekil-6'da ortogonal bir raster ağı görülmektedir.



Şekil-6: Ortogonal Bir Raster Ağı.

#### I.4.2. Üçgenleme Yöntemi

Bu yöntemde arazi yüzeyine rastlantısal ya da düzgün olarak dağılmış bulunan dayanak noktalarının birleştirilmesi ile arazi düzlem üçgenlerden oluşan polihedron (çok yüzlü) bir yüzeyle kaplanır. Bu şekilde elde edilen triangülasyon ağlarının bazıları, strüktür çizgileri ve arazinin kırık çizgileri üzerinde bulunan dayanak noktalarına,





şekilde depolanma olanağı bu yöntemin en önemli üstünlüklerindendir.

- Yol, inşaat ve madencilik alanına yönelik çalışmalarda, iki durumu gösteren SAM'da aynı raster aralıklarını seçmek mümkündür. Bu nedenle hacim hesaplarında önem kazanan aynı noktadaki eski ve yeni yükseklik değerleri kolaylıkla hesaplanabilir.

- Raster şeklinde depolanmış bir SAM'dan yükseklik eğrilerinin interpolasyonu ve çizimi, üçgenleme yöntemine göre daha basit bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

- Diğer taraftan bir rasterin tamamı depolanmak zorundadır. Kural olarak bunun yoğunluğu her zaman dayanak nokta yoğunluğundan çok daha yüksektir.

- Düzgün aralıklı bir rasterde kırık çizgiler ya da strüktür çizgilerine ait bilgiler bulunmaz. Bunlar ancak raster çizgileri ile kesim noktalarının özel olarak depolanmasıyla dikkate alınabilir. Bu ise hiç de kolay sayılamayacak ek çalışma ve bellek gereksinimini doğurur.

- En küçük kareler yönteminin kullanılması durumunda, hesaplama zamanı çözülmesi gerekli denklem sisteminin büyüklüğüne, dolayısı ile hesap biriminin büyüklüğüne bağlıdır (STEIDLER, F. 1986).

### Üçgenleme Yöntemi

- Dayanak noktalarının rasgele dağılmış olması üçgenlemede bir zorluk yaratmaz. Bu dayanak nokta ölçümünü kolaylaştırır. Özellikle rastlantısal dağılmış noktalarda, optimal çalışma olanağı sağladığından, fotogrametrik ölçüm dışında takrometrik ve grafik bilgilerin sayısallaştırılmasından elde edilen veriler herhangi bir işleme gerek kalmaksızın kullanılabilir.

- Arazi yapısını belirleyen kırık hatlar (break line) ve strüktür çizgileri (structure line) doğrudan dikkate alınır, sınırların yeni bir poligonla tanımlanması gerekmez. Filtreleme yapmak mümkündür.

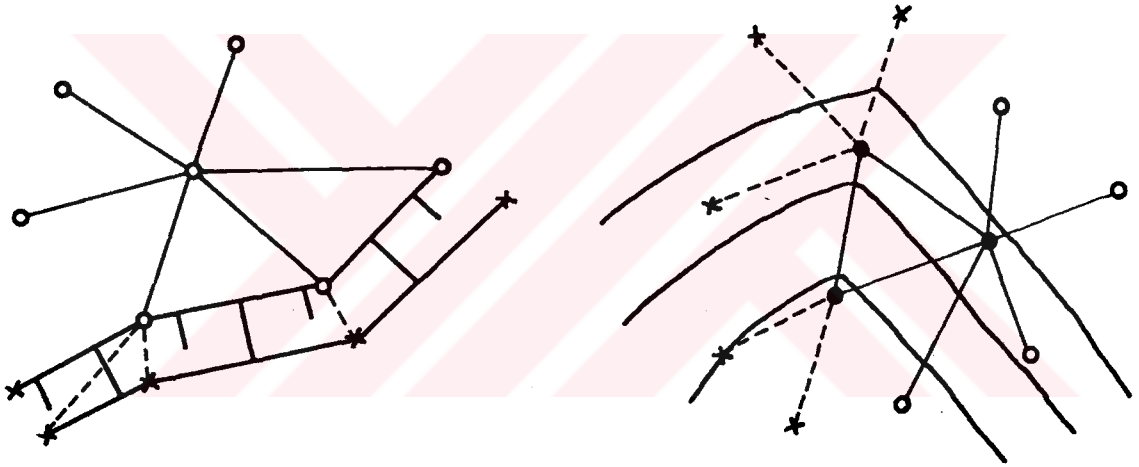
- SAM'ın depolanması için bellek gereksinimi raster yön-

temine göre çok daha azdır (KOCH, K.R. 1985, STEIDLER, F. 1986).

- Üçgenleme ve interpolasyon için gerekli zaman dayanak noktalarının sayısı ile doğru orantılı olarak artar.

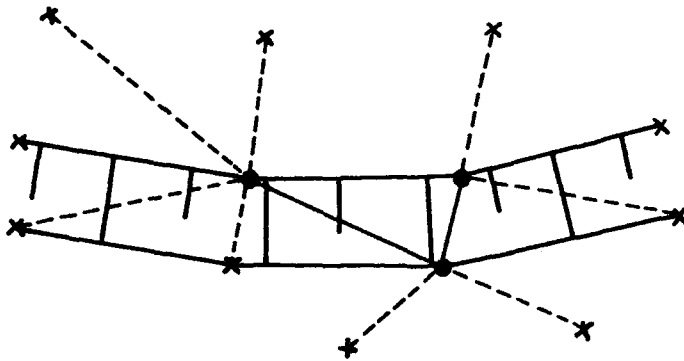
- Organizasyon raster yöntemine göre daha karmaşıktır, fakat günümüzde modern ve büyük kapasiteli bilgisayarların varlığı bu sorunu hafifletmektedir.

- Doğru üçgenleme örnekleri (LAUER, S. 1976) Şekil-8, 9, 10'da verilmiştir. Aksi halde sonuçlar gerçeği göstermekten uzaklaşır. Şekil-11, 12, 13 ve 14'de mevcut eşyükseklik eğrilerinin sayısallaştırılması ile sağlanan verilerden kurulan yanlış ve doğru üçgenleme şekilleri ve sonuçları görülmektedir (MENKE, K. 1980).

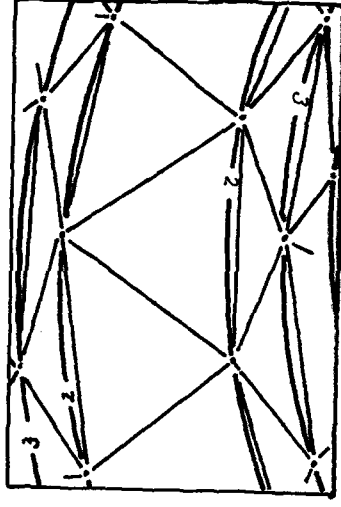
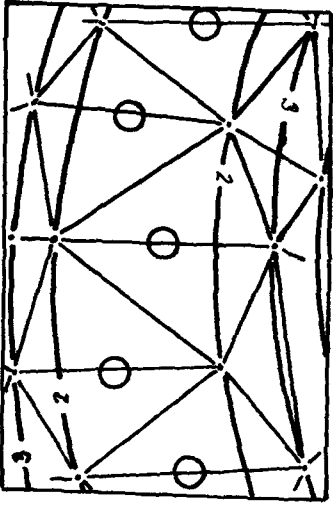


Şekil-8: Şev Kenarında Üçgenleme.

Şekil-9: Üçgenlemede Su Bölümü.

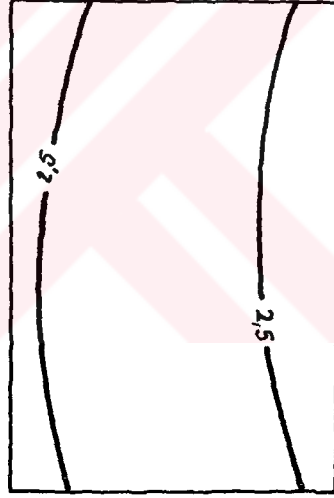
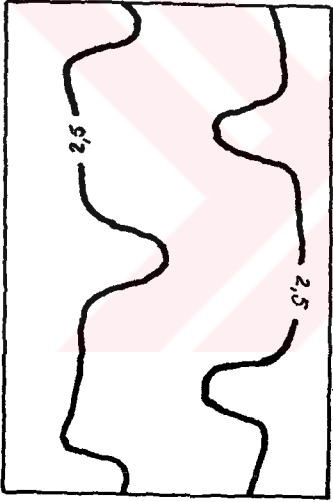


Şekil-10: Şev İçinde Üçgenleme.



Şekil-11: Yanlış Üçgenleme.

Şekil-12: Doğru Üçgenleme.



Şekil-13: Şekil 11'den İnterpole Edilmiş 2,5 m Değerli Eş-yükseklik Eğrisi.

Şekil-14: Şekil 12'den İnterpole Edilmiş 2,5 m Değerli Eş-yükseklik Eğrisi.

### I.5. Sayısal Arazi Modeli Yazılımları

Objenin ya da arazinin sayısal olarak tanımlanmasını ve buna bağlı olarak gösterimini sağlayan yazılımlardır. Değişik uygulama amaçlarına yönelik olarak çeşitli sayısal

arazi modeli yazılımları geliştirilmiştir.

Sayısal arazi modeli yazılımlarını, sayısal arazi modelini oluşturan yöntemlere göre (Raster yöntemi, Üçgenleme yöntemi) iki grupta toplamak mümkündür.

#### I.5.1. Raster Yazılımları

Bu yazılım türünde koordinatları (x, y, z) ile bilinen dayanak nokta kümesinden dar gözlü karesel bir raster interpolate edilir.

Raster yazılımlarına örnek olarak; SCOP (Stuttgart Contour Program), HIFI(Height Interpolation by Finite Elements), TASH (Topographisches Aufnahme und Auswerte System der Universität Hannover), ISOMAP gösterilebilir.

##### I.5.1.1. SCOP Yazılım Paketi

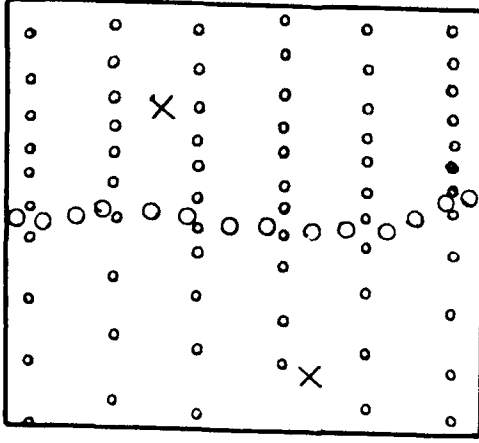
SCOP (Stuttgart Contour Program)

Sayısal arazi modeli (SAM) için geliştirilmiş bir paket programdır. Bu program raster (kare ağı/grid) sistemi esas alınarak oluşturulmuştur.

SCOP yüksek kaliteli sayısal arazi modeli ve uygulamaları için oluşturulmuş genel bir program sistemidir. SAM projelerinin bütün tipleri için uygundur.

SCOP'un temel işlevi; herhangi bir şekilde dağılmış (seçimli) ya da düzenli (raster) dayanak noktalarından amaçlanan kafes genişliğine sahip bir raster ağı ve sayısal yükseklik eğrilerinin çizimine olanak vermektedir. İnterpolasyon işleminde en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır (ÖZER, H. 1986).

Düzenli ya da düzensiz aralıklı profil noktaları, strüktür çizgileri boyunca ölçülen noktalar, topoğrafik açıdan özel olan noktalar tek tek dayanak noktası olarak kullanılmaktadır (Şekil-15).



- Profil noktaları
- Strüktür çizgi noktaları
- x Topoğrafik bakımdan önemli noktalar

Şekil-15: SAM Giriş Verileri  
(ÖZER, H. 1986).

#### I.5.1.1.1. SCOP Paket Programı Yazılım Aşamaları

##### Program 1

Profil yöntemi ile toplanan verilerdeki sistematik kayıt hatalarının ayıklanması, modelin kesin yönetilmesi ve pafta içindeki dayanak noktalarının düzenlenmesini içerir.

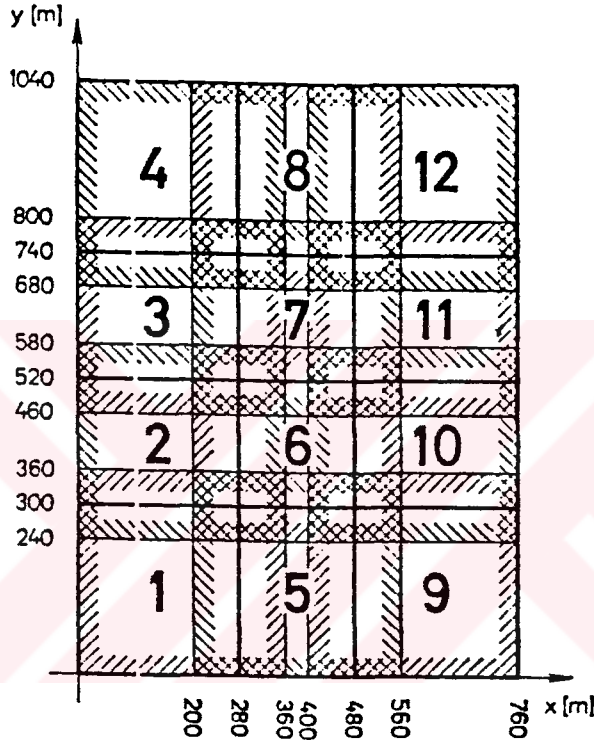
- Giriş.
- Profil yöntemi ile kaydedilen dayanak noktaları,
- Strüktür çizgilerine ait noktalar,
- Önemli yükseklik noktaları,
- Paftaya ait bilgiler ya da filtrelemeye gerek olmayan tek tek ölçülmüş diğer dayanak noktaları.
- Çıkış.
- Ülke koordinat sisteminde filtrelenmiş profil noktaları ya da filtrelenmemiş tek tek noktalar.

##### Program 2

Hesaplama birimlerinin düzenlenmesini içerir. Bir paftada (1:5000 ölçekli) 6500 veya daha fazla dayanak noktası bulunduğundan aranılan noktaların yükseklikleri (raster yükseklikleri) için yakın çevredeki noktalardan faydalanılır. Bu nedenle pafta HB'lerine (Hesaplama Birimleri) ayrılır.

(Şekil-16) HB'leri yeterli oranda bindirmeli biçimde otomatik olarak düzenlenir. Büyüklükleri profil aralığı ve profildeki nokta yoğunluğuna bağlı olarak değişir.

- Giriş  
Program 2'nin çıkışı
- Çıkış  
HB'lerinde toplanmış dayanak noktaları.



Şekil-16: Paftanın Hesaplama Birimlerine Ayrılması  
(ÖZER, H. 1986).

### Program 3

Bütün pafta üzerinde dar, eşit gözlü raster yüksekliklerinin interpolasyonunu gerçekleştirir. HB'lerin yardımı ile raster yükseklikleri en küçük kareler interpolasyonu ile belirlenir (Bir HB'nin dayanak noktaları ana bellekte daima bulunmak zorundadır).

- Giriş  
Program 2'nin çıkışı
- Çıkış  
Filtrelenmiş raster yükseklikleri.

#### Program 4

Eşyükseklik eğrilerinin raster çizgileri ile kesim noktalarının (ara kesitlerinin) doğrusal interpolasyonunu ve HB'lerinde uygun eğri parçaları için noktaların düzenlenmesini sağlar.

- Giriş  
Program 3'ün çıkışı ya da raster formunda yeterli yoğunlukta kaydedilmiş dayanak noktaları
- Çıkış  
Yüksekliklerine göre düzenlenmiş eğri parçaları.

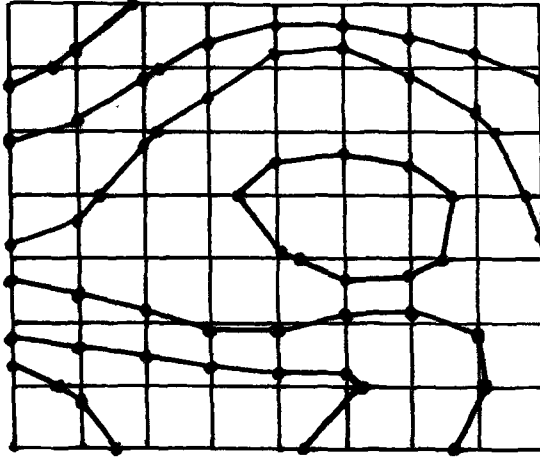
#### Program 5

Bu bölüm çizim masası için eğrilerin hazırlanması ve tamamlanmasını gerçekleştirir, Program 4'de bir ön düzenlemeye tutulan eğri parçaları yükselen değerlerine göre biraraya getirilir ve çizime arazinin en alçak yerinden başlanır. En yüksek değere sahip eşyükseklik eğrisinin çiziminden sonra yükseklik kot noktalarının hazırlığı yapılır (Tepe, kokurdan). Noktalar birbirine çok yakın ise, kot değeri birinin soluna, diğerinin sağına yazılır. Pafta içindeki grid koordinatlarının hesaplanması, pafta kenarları, başlık, ölçek, pafta numarası vb. işlemler çalışmanın son aşamasını oluşturur.

- Giriş  
Program 3 ve 4'ün çıkışı
- Program sisteminin çıkışı

Hesaplamaların sonucu olarak çizim masası için hazırlanmış bir manyetik bant elde edilir. Bu pafta altlığının bütün çizimlerini içerir. Bu sonuç Contraves firmasının DC 2 çizim masasına uyarlanmıştır (STANGER, W. 1973). Program şu anda Prof.Kraus ve Prof.Ackermann tarafından yeniden genişletilip optimizasyonu yapılmış ve çok sayıda hesaplama sistemi için

kullanıma hazır hale getirilmiştir (SIGLE, M. 1985).

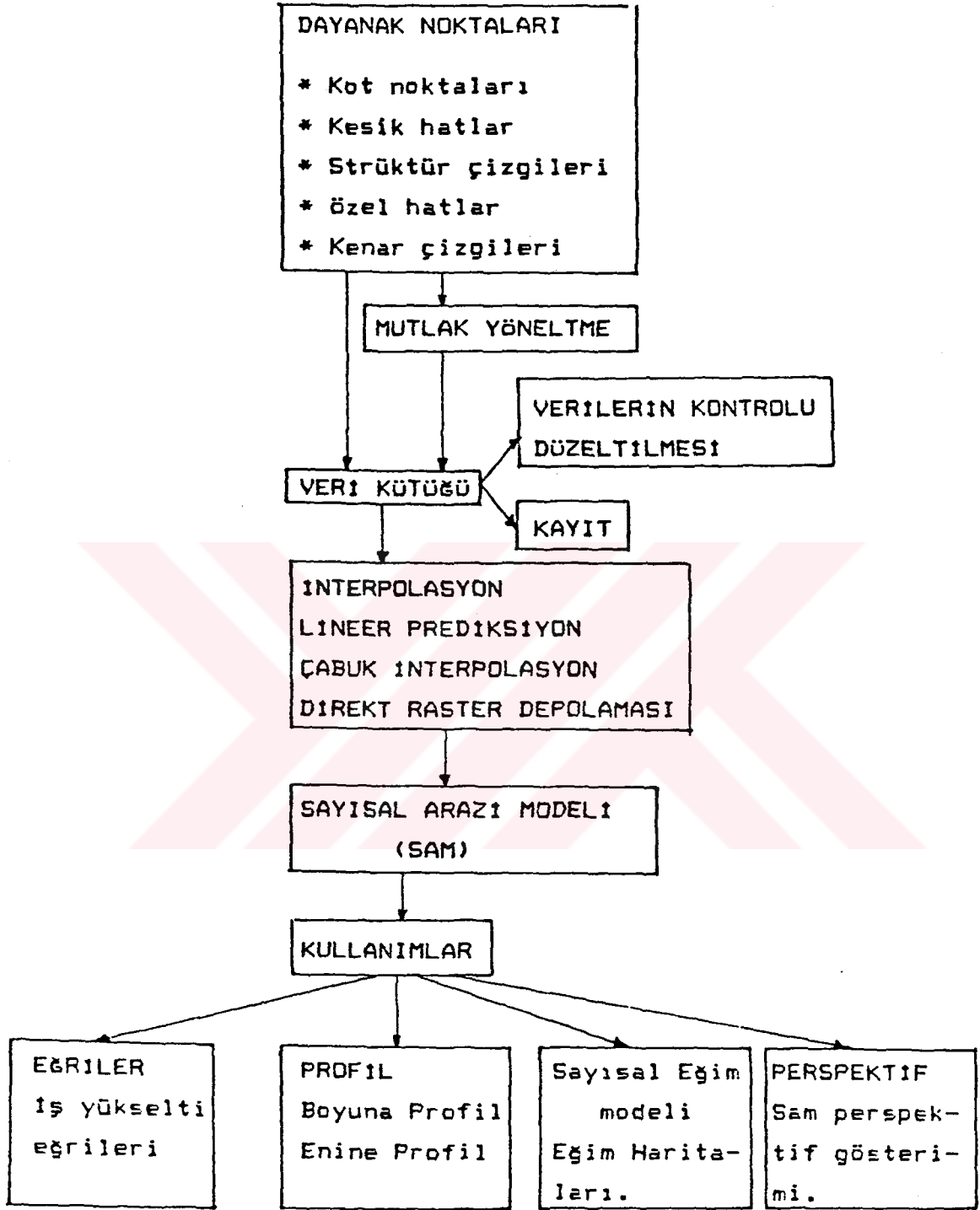


Şekil-17: Dar Gözlü Bir Raster Ağında Eşyükseklik Eğrilerinin İnterpolasyonu (ÖZER, H. 1986).

#### I.5.1.1.2. SCOP Paket Programı Yazılım Olanakları

- Raster interpolasyonu.
- Yükseklik eğrilerinin türetilmesi.
- Eğim haritaları.
- Perspektif gösterim.
- Enine ve boyuna profiller.
- Tek tek noktaların interpolasyonu.
- Hacim hesapları.
- Ortofoto için paralel profiller.
- Pafta açılımı.





Şekil-18: SCOP Yazılımı Akış Diyagramı (ÖZER, H. 1986).

## I.5.2. Üçgenleme Yazılımları

Araziye dağılmış bulunan dayanak noktalarının birleştirilmesiyle arazi üçgenlerden oluşan bir üçgenler mozayigi oluşturmaktadır. Bu tür yazılımlarda dayanak noktaları üçgenlerin köşe noktalarını oluşturmakta ve dayanak noktalarının birleştirilmesiyle arazi çok yüzlü yüzeylerle temsil edilmektedir. Karayolu çalışmalarında gösterim için çok önemli olan şevler ve strüktür çizgileri üçgen kenarlarını oluştururlar.

Üçgenleme yazılımlarına örnek olarak; CIP (Contour Interpolation Program), WITZ (Wiesbadener Topographisches Zeichen Programm), MBB (Messerschmitt Bölkow Blohm) gösterilebilir.

### I.5.2.1. CIP Yazılım Paketi

CIP (Contour Interpolation Program)

Wild firması tarafından geliştirilmiş bir paket programdır.

Temel işlevi; Arazi ya da obje üzerinde rasgele dağılmış dayanak noktalarından üçgenleme sistemi esas alınarak SAM oluşturmasıdır. Üçgenler mevcut dayanak noktalarının birleştirilmesiyle meydana getirilmektedir.

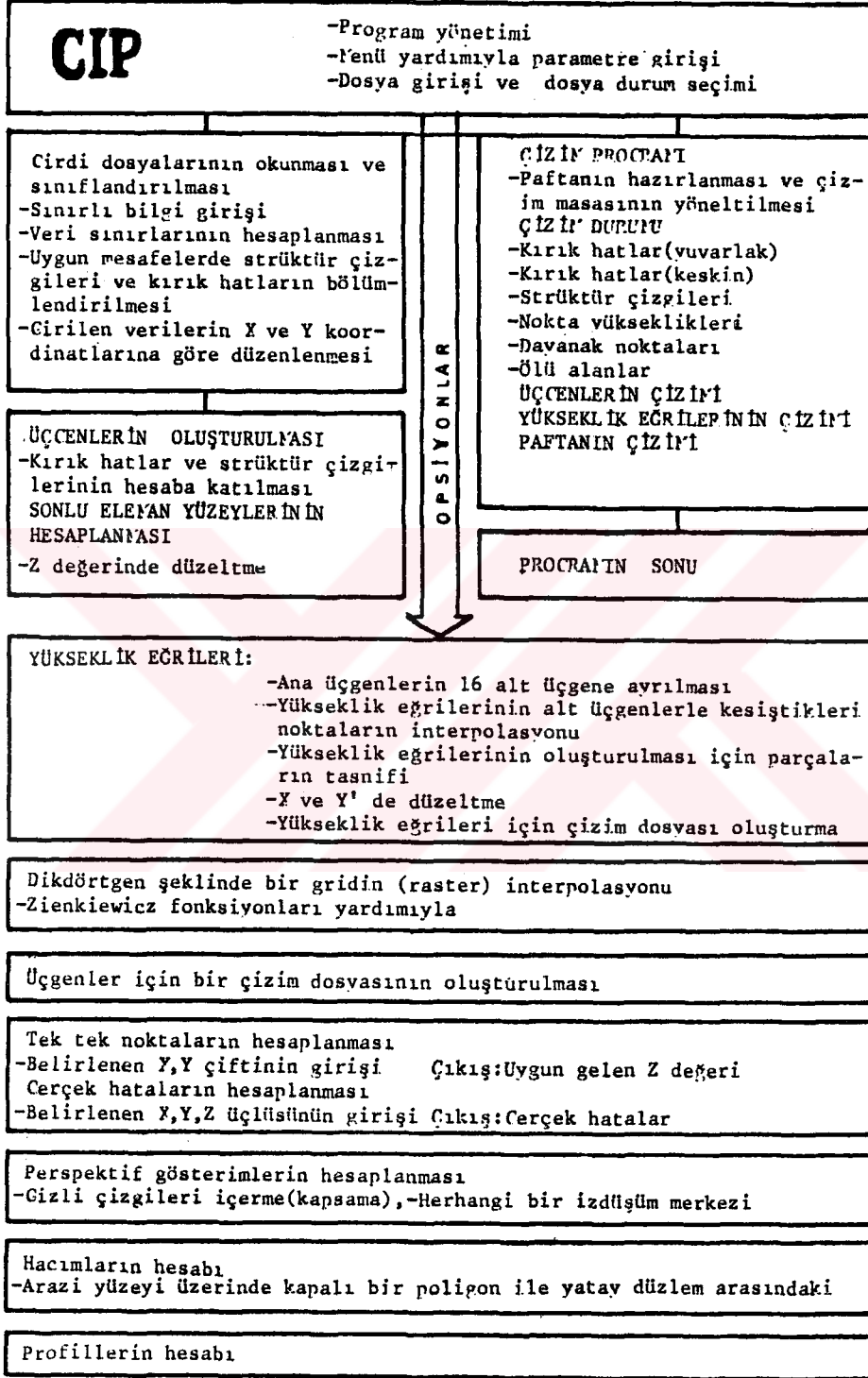
Arazi kesit hatları ve strüktür çizgileri dikkate alınmaktadır. Üçgenleme bu çizgilerin üçgen kenarlarını oluşturacak şekilde yapılır. Interpolasyon "Zeinkiewicz" fonksiyonuna göre sonlu elemanlarla yapılır.

Bu interpolasyonda düğüm noktalarının dayanak noktaları tarafından oluşturulduğu üçgen ağı temel alınmaktadır. Bu yöntem "Delauney" tarafından önerilmiştir.

### I.5.2.2. CIP Paket Programı Yazılım Olanakları

- Yükseklik eğrilerinin üretilmesi,
- Raster interpolasyonu,

- Tek tek noktaların interpolasyonu,
- Hacim hesapları.



Şekil-19: CIP Yazılımı Akış Diyagramı.

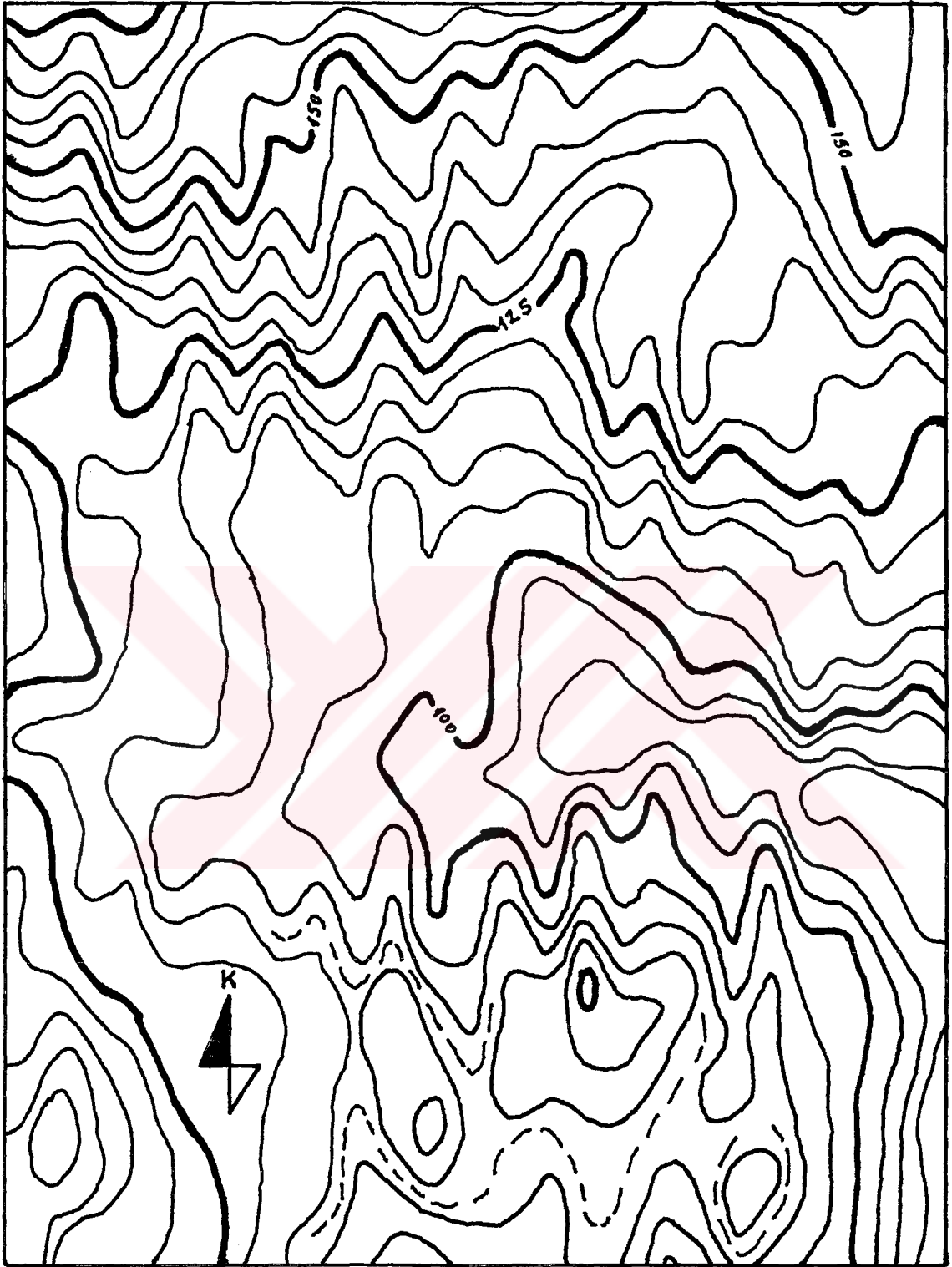
## II. MATERYAL VE METOD

### II.1. Sayısal Arazi Modeli Oluşturulacak Uygulama Sahasının Seçimi

Uygulama sahası olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesinden temin edilen Belgrad ormanına ait 1/5000 ölçekli Ortofoto harita, İSTANBUL F 21-c-10-a isimli pafta ve bu pafta üzerinde X ve Y koordinatları;

	<u>X (m)</u>	<u>Y (m)</u>
I. Nokta	4563395.88	411920.96
II. Nokta	4562396.00	411909.00
III. Nokta	4562386.00	412658.00
IV. Nokta	4563389.00	412672.00

olan noktaların çevrelediği, Büyük bent'in kuzey batısına düşen 75 hektarlık bir orman alanı seçilmiştir ve seçilen bu alanın Sayısal Arazi Modelinin oluşturulmasında 1/5000 ölçekli topoğrafik haritasındaki eşyükseklik eğrilerinden yararlanılmıştır (Şekil-20).



Şekil-20: Uygulama Sahasının 1/5000 Ölçekli Topoğrafik Haritası (İSTANBUL F 21-c-10-a'dan alıntı).

## II.2. Uygulama Sahasının Sayısal Arazi Modellerinin Oluşturulmasında Kullanılan Yazılım ve Donanım

Uygulama sahasının Sayısal Arazi Modellerinin oluşturulmasına geçmeden önce, uygulama aşamasında kullanılan yazılım ve donanım'ın tanıtılması uygun olacaktır.

### YAZILIM

1. Temel Grafik Yazılımı  
AUTOCAD R 12
2. Uygulama Yazılımı  
SURFER (ARAZİ)

### DONANIM

#### 1. Bilgisayar:

Özellikleri aşağıda belirtilmiş olan RPC AT 386 marka kişisel bilgisayar (PC) kullanılmıştır.

- MS/DOS-5.0 İşletim Sistemi
- 8 MByte RAM bellek
- 128 MByte Harddisk
- INTEL MATH COPROCESSOR 387<sup>TM</sup> DX-25 (Matematik ek işlemci)
- 1.2 MByte 5.1/4'lük ve 1.44 MByte 3.1/2'lik Floppy-disk driver (Disket sürücü)
- Ekran Özellikleri:
  - Trident Video Graphics Adapter (TVGA) Driver Version 2.0 (Grafik görüntü uyarlayıcı)
  - 1024 KByte Ekran hafızası
  - Resolution (çözünürlük): 1024 H x 768 V x 256 colors

#### 2. Digitizer (Sayısallaştırıcı):

- 24 x 36 inch'lik aktif alana sahip GTCO-T5 DIGI-PAD sayısallaştırıcı masası
- 4 tuşlu cursor (işaretleyici)
- Autodesk Device Interface (ADI 4.0) Display Driver (Ara birim)

### 3. Printer (Yazıcı):

- EPSON LQ-1070 24-Pin Dot Matrix Printer

### 4. Plotter(Çizici):

- BENSON 16 1624-S-8

## II.2.1. SURFER Paket Programının Tanıtımı

SURFER paket programı, düzenli (raster) ya da düzensiz (seçimli) bir şekilde dağılmış dayanak noktalarından arzu edilen kafes genişliğine sahip bir raster ağı ile sayısal yükseklik modellerinin ve eşyükseklik eğrilerinin çizimine olanak verir. Nokta yoğunluğu ve nokta seçimi bakımından herhangi bir sınırlama sözkonusu değildir. Düzenli ya da düzensiz aralıklı profil noktaları, strüktür çizgileri boyunca ölçülen noktalar ve topoğrafik yönden özel anlamı olan tek tek (spots heights) noktalar dayanak noktası olarak kullanılabilir.

Yazılım olanakları olarak;

- Raster interpolasyonu,
- Eşyükseklik eğrilerinin türetilmesi,
- Perspektif gösterimler,
- Hacim hesaplamaları,

gösterilebilir.

### II.2.1.1. SURFER Programı Ana Menüleri

SURFER paket programı beş ana menüden oluşur. Bunlar sırasıyla;

GRID, TOPO, SURF, VIEW ve PLOT menüleridir ve kısaca şu işlevleri görürler;

GRID: Kullanıcı tarafından belirlenen bir fonksiyon ile veya düzensiz aralıklarla dizilmiş verilerden, düzenli aralıklarla dizilmiş veri gridinin oluşturulması.

TOPO: GRID menüsü ile oluşturulmuş bir gridden eşyükseklik eğrili (topoğrafik) haritaların oluşturulması.

SURF: GRID menüsü ile oluşturulmuş bir gridden üç boyutlu yüzey çizimlerinin oluşturulması (Perspektif çizimler).

VIEW: Ekran üzerinde SURF veya TOPO menüleri ile oluşturulan bir çizimin görünümüleri (Zuylanabilen ve taşınabilen çizimler).

PLOT: SURF veya TOPO menüleri ile oluşturulan çizimlerin bilgisayarın harddiskine aktarılması ve böylece printer (yazıcı) veya ploter (çizici)'den çıktının alınması.

#### II.2.1.1.1. GRID Ana Menüsü

GRID menüsü, grid dosyaları olarak isimlendirilen, düzenli aralıklarla dizilmiş veri noktası dosyaları oluşturur ve yönetir. SURF ve TOPO ana menüleri, eşyükseklik eğrili haritalar ve üç boyutlu yüzey çizimleri oluşturmak için bu dosyaları kullanırlar. GRID ana menüsünün alt seçenekleri sırasıyla;

Random, Function, Modify ve Equip menüleridir.

Bunlardan Random menüsü, rasgele veya düzensiz aralıklarla dizilmiş x, y ve z verilerinden düzenli bir veri gridi oluşturmada kullanılır. Herbir veri noktası üç değerden oluşur. Bunlar, x, y ve z koordinat değerleridir. Genellikle birinci adım, GRID içindeki x, y, z verilerinin hazırlanmasıdır. Random menüsünün bir alt seçeneği olan Input ile dayanak noktalarının x, y, z koordinat değerleri girilir. Gridleme işlemini kontrol etmek için Random menüsündeki diğer seçenekler kullanılır. Şöyleki, gridleme yöntemi, gridleme işlemi esnasında veri noktalarının aranması için kullanılan değişkenler, sonuç (çıktı) gridinin yoğunluğu kullanıcı tarafından isteğe göre belirlenebilir. Genellikle daha yoğun bir grid, daha düzgün ve daha fazla detaylı bir sonuç çizimi oluşturacaktır.

Function menüsü, kullanıcı tarafından belirlenen iki değişkenli bir fonksiyondan bir grid oluşturmada kullanılır. Bu değişkenler x, y ve z olarak tanımlanmalı ve hesaplanacak olan bir noktanın x, y ve z koordinat değerlerine tekabül



etmelidir. Fonksiyon grid düğüm noktalarına karşılık gelen farklı noktalarda belirlenir. Bu noktaların koordinatları ve grid yoğunluğu kullanıcı tarafından girilen minimum, maximum ve artım değerlerinden hesaplanır. Şayet minimum, maximum ve artım değerleri örneğin; X ve Y eksenlerinin her ikisi için sırasıyla 1, 10 ve 1 ise sonuç gridi (10x10) veya 100 değerine sahip olacaktır. Denklemlerde sonuç gridinin belirsiz bir parçası üzerinde matematiksel hatalar oluşabilir. Örneğin,  $z=x/y$  denkleminde  $y=0$  olduğunda bir belirsizlik sözkonusu olacaktır. Şöyleki y değerinin 0'a eşdeğer olduğu durumda bir matematiksel hata meydana gelecek ve grid düğüm noktası iptal edilecektir. Bu yüzden kullanıcı tarafından denklem tayin edilirken bu hususların gözönünde bulundurulması gerekmektedir.

Modify menüsü, önceden oluşturulmuş bir grid dosyasını değiştirmek, iptal etmek veya düzeltmek için kullanılır.

Equip menüsü ise donanım konfigürasyonunu belirlemek için kullanılır.

#### II.2.1.1.2. TOPO Ana Menüsü

TOPO bir eşyükselti eğrileme, topoğrafik harita oluşturma programıdır. GRID ana menüsü ile oluşturulmuş bir gridden eşyükseklik eğrilerinin oluşturulması amacıyla kullanılır. TOPO menüsünün çalıştırılması için GRID ana menüsü vasıtasıyla oluşturulmuş ve ASCII kodlarıyla saklanmış grid dosyası ismi yazılmak suretiyle (DTM.GRD) çağrılır ve daha sonra TOPO ana menüsünün alt seçenekleri vasıtasıyla eşyükseklik eğrilerinin oluşturulması için gerekli bilgiler girilir. TOPO ana menüsünün alt seçenekleri sırasıyla;

Input, Level, Scale, Conline, Title, Border, Grid, Post, Output ve Equip menüleridir.

Input menüsü ile topoğrafik haritası oluşturulacak alana ait dayanak noktalarının x, y ve z koordinatları girilir. Ancak dayanak noktaları daha önce GRID ana menüsünden girildiği için ve TOPO ana menüsü de GRID ana menüsünde oluşturulmuş ve

bir isim verilerek ASCII kodları ile saklanmış grid dosyası TOPO menüsüne aynı isimle çağrıldığı için dayanak noktalarının Input menüsüne tekrar yüklenmesine gerek yoktur. Kısaca Input menüsünün asli görevi veri girişi ve girilen verilerin saklanmasıdır.

Level menüsü ile, oluşturulmak istenen eşyükseklik eğrilerinin minimum, maximum ve artım değerleri (iki eşyükseklik eğrisi arasındaki kot farkı) girilir. Kullanıcı tarafından girilen eşyükseklik eğrilerinin minimum ve maximum değerlerini topoğrafik haritası oluşturulacak olan arazinin en yüksek ve en alçak nokta yükseklikleri belirler. İki eşyükseklik eğrisi arasındaki kot farkını (artım değeri) ise kullanıcı isteğe göre belirleyebilir.

Scale menüsü ile, oluşturulacak topoğrafik haritanın ölçeği kullanıcı tarafından belirlenir.

Conline (contour lines) menüsü ile, eşyükseklik eğrilerinin frekans sayısı kullanıcı tarafından girilir ve bu frekansta bir eşyükseklik eğrisi kalın çizilir ve üzerine yükseklik değeri yazılır. Örneğin frekans 2 olarak girildiğinde birer eşyükseklik eğrisi atlanıp ikinci eşyükseklik eğrisi hem daha kalın çizilecek hem de üzerlerine yükseklik değerleri yazılacaktır.

Title menüsü ile, çıktı olarak elde edilecek çizime verilecek isim, ölçek ve Lejand pozisyonları ayarlanır.

Border menüsü ile, elde edilecek çıktıda X ve Y eksenlerinin konumları, bunların bölümlendirilmesi ve yapılan bölümlendirmenin yanına yazılacak sayısal değerlerin yükseklikleri, kalınlıkları v.b. özellikleri belirlenir.

Grid menüsü ile, elde edilecek topoğrafik haritanın üzerine grid yerleştirilip yerleştirilmeyeceği belirlenir.

Post menüsü ile, çıktı üzerinde dayanak noktalarının yerlerinin ve yükseklik değerlerinin yer alması veya almaması belirlenir.

Output menüsü, çıktının printer (yazıcı) veya plotter (çizici)'den alınabilmesi için yukarıda anlatılan menülerle

düzenlenen bütün bilgilerin bilgisayarın harddiskine aktarılması ve ASCII kodlarıyla kaydedilmesi işlevini görür.

Equip menüsü ile de donanım konfigürasyonu yapılır. Yani yazılıma printer, plotter uyarlaması yapılır.

### II.2.1.1.3. SURF Ana Menüsü

SURF ana menüsü, printer, plotter veya ekran üzerinde üç boyutlu arazi modeli oluşturan interaktif (etkileşimli) bir grafik program menüsüdür. GRID ana menüsü ile oluşturulmuş bir grid dosyasını kullanarak üç boyutlu yüzey çizimlerinin oluşturulmasını gerçekleştirir. SURF ana menüsünün alt seçenekleri sırasıyla;

View, Linetyp, Base, Title, Axes, Size, Post, Output ve Equip menüleridir.

View menüsü ile, elde edilecek üç boyutlu modelin değişik bakış açıları altındaki görünümünü elde etmek için Z eksenini etrafındaki dönüklük açıları belirlenir.

Linetyp menüsü ile, elde edilecek üç boyutlu model yüzeyinin üzerinin X ve Y eksenleri boyunca çizgilerle kaplanıp kaplanmayacağı ve eşyükseklik eğrilerinin yüzey üzerinde gösterilip gösterilmeyeceği belirlenir. Şöyleki yalnızca x, y çizgi tipi seçilirse yüzey sadece bir ağla kaplanacak, yalnızca z çizgi tipi seçilirse yüzeyde sadece eşyükseklik eğrileri görülecek, x, y ve z çizgi tiplerinin seçilmesi durumunda ise yüzey hem ağla kaplanacak hem de üzerinde eşyükseklik eğrileri çizilecektir. Ayrıca Linetyp menüsü ile eşyükseklik eğrilerinin minimum, maximum ve artım değerleri belirlenir.

Base menüsü ile, elde edilecek üç boyutlu yüzeyin kenarlarının X ve Y eksenlerine dik düşey çizgilerle taranmak istenip istenmediği belirlenir.

Title menüsü ile, elde edilecek üç boyutlu çizime verilecek isim yazılır ve Lejand yapılabilmeyeceği belirlenir. Verilen ismin ve Lejand'ın elde edilecek sonuç çiziminin neresine yazılacağı, büyüklüğü, rengi, hangi açı al-

tında yazılacağı v.b. gibi özellikleri belirlenir.

Axes menüsü ile, sonuç çiziminin üzerinde eksenlerin gösterilip gösterilmeyeceği, gösterilecekse hangi eksenin neyi ifade ettiği belirtilir. Örneğin z ekseninde yükseklik (m) gibi.

Size menüsü ile, üç boyutlu modelin yatay ve düşey ölçükleri belirlenir.

Post menüsü ile, sonuç çiziminin üzerinde dayanak noktalarının yer almasının istenip istenmediği belirtilir.

Output menüsü, çıktının printer veya plotter'dan alınabilmesi için yukarıda anlatılan menülerle düzenlenen bütün bilgilerin bilgisayarın harddiskine aktarılması ve ASCII kodlarıyla kaydedilmesi işlevini görür.

Equip menüsü ise, donanım konfigürasyonunu belirlemede kullanılır.

#### II.2.1.1.4. VIEW Ana Menüsü

GRID, TOPO veya SURF ana menüleri ile oluşturulan grid, eşyükseklik eğrileri veya üç boyutlu yüzeylerin ekran üzerinde görüntülenmesini sağlar. Bu görüntülerin ekranda istenilen yere taşınmasına, 1'den 9'a kadar istenilen oranda büyültülüp küçültülebilmesine olanak verir.

#### II.2.1.1.5. PLOT Ana Menüsü

SURF ve TOPO ana menüleri ile gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra, bu menülerin her ikisinde de bir alt menü halinde yer alan Output menüsü ile bilgisayarın harddiskine aktarılacak suretiyle kaydedilen topoğrafik harita ve üç boyutlu yüzey çizimlerinin (Perspektifler) printer (yazıcı) veya Plotter (çizici)'dan çıktısının elde edilmesi işlevini görür.

### III. BULGULAR

Bilindiği üzere Sayısal Arazi Modellerinin oluşturulmasında ilk adım olan verilerin elde edilmesi aşaması, oluşturulacak modelin doğruluğu üzerinde etkili olan en önemli aşamadır. Sayısal Arazi Modelinin doğruluğu esas itibariyle veri toplama aralığına bağlı olup, hesaplamalarda kullanılan interpolasyonların karmaşık yapıları daha az etkili olmaktadır. Bu yüzden modeli oluşturulacak araziye en iyi şekilde temsil edecek dayanak noktalarının dağılımı, yoğunluğu ve sayısı, elde edilecek modelin doğruluğu, ekonomikliği ve harcanan zaman açısından en önemli unsuru teşkil eder. Bu yüzden bu çalışmada uygulama sahasının Sayısal Arazi Modelinin oluşturulması iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Bunlardan ilkinde, arazinin 1/5000 ölçekli topoğrafik haritasından eşyükseklik eğrileri GTCO-T5 DIGI-PAD 24x36L sayısallaştırıcı masasında AUTOCAD R12 programı kullanılmak sureti ile sayısallaştırılmış ve elde edilen 438 adet dayanak noktasının x, y ve z koordinat değerleri SURFER programına aktarılmak suretiyle sözkonusu alanın eşyükseklik eğrili (topoğrafik) haritaları ve perspektif çizimleri elde edilmiştir. Eşyükseklik eğrilerinin sayısallaştırılması işlemi, eğrilerin sıklaştığı yani arazi eğiminin fazla olduğu yerlerde yaklaşık olarak 20 metrede bir, eğrilerin aralıklarının arttığı yani arazi eğiminin azaldığı yerlerde daha büyük aralıklarla gerçekleştirilmiş ve böylece 438 adet dayanak noktası elde edilmiştir.

Diğerinde ise, yine arazinin 1/5000 ölçekli topoğrafik haritası 50 metre aralıklı kare grid şeklinde bir ağla kaplanmış ve her karenin düğüm noktalarının x ve y koordinatları AUTOCAD R12 programı kullanılmak suretiyle ve z yükseklik değerleri de interpolasyon yapılarak hesap edilmek suretiyle 336 adet dayanak noktası elde edilmiştir. Bu dayanak noktaları SURFER programına aktarılmış ve uygulama sahasının topoğrafik haritaları ve perspektif çizimleri el-

de edilmiştir.

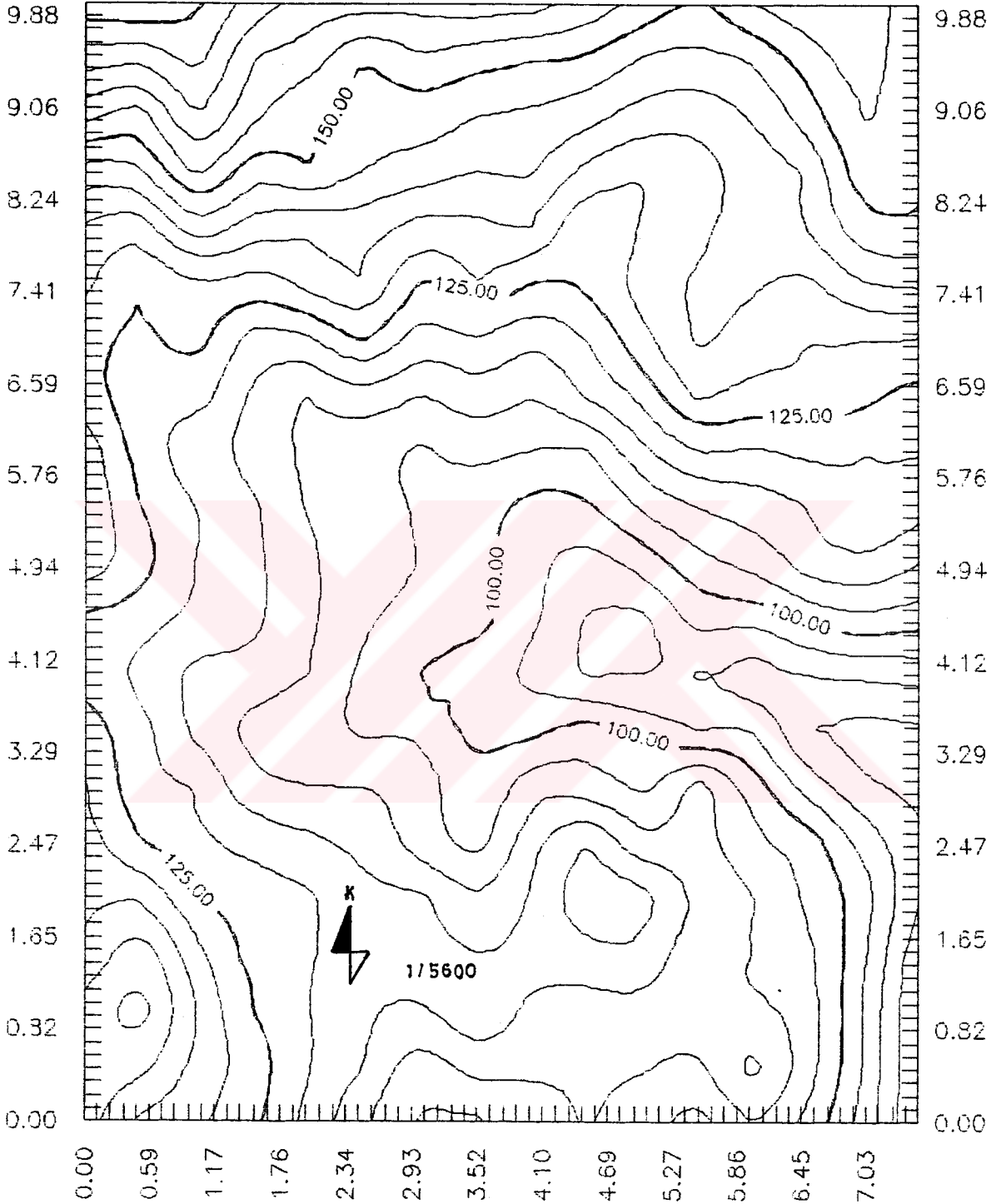
### III.1. Uygulama Sahasına Ait Eşyükseklik Eğrilerinin Sayısallaştırılması Suretiyle Sayısal Arazi Modelinin Oluşturulması

Uygulama sahasının 1/5000 ölçekli topoğrafik haritasından eşyükseklik eğrileri AUTOCAD R 12 programı kullanılmak suretiyle GTCO-T5 DIGI-PAD 24x36 L sayısallaştırıcı masasında arazi eğiminin fazla olduğu yerlerde yaklaşık olarak 20 metrede bir, arazi eğiminin az olduğu yerlerde daha geniş aralıklarla sayısallaştırılma işlemi yapılmış ve elde edilen x, y ve z koordinatları ile bilinen 438 adet dayanak noktası SURFER programına kaydedilmiştir.

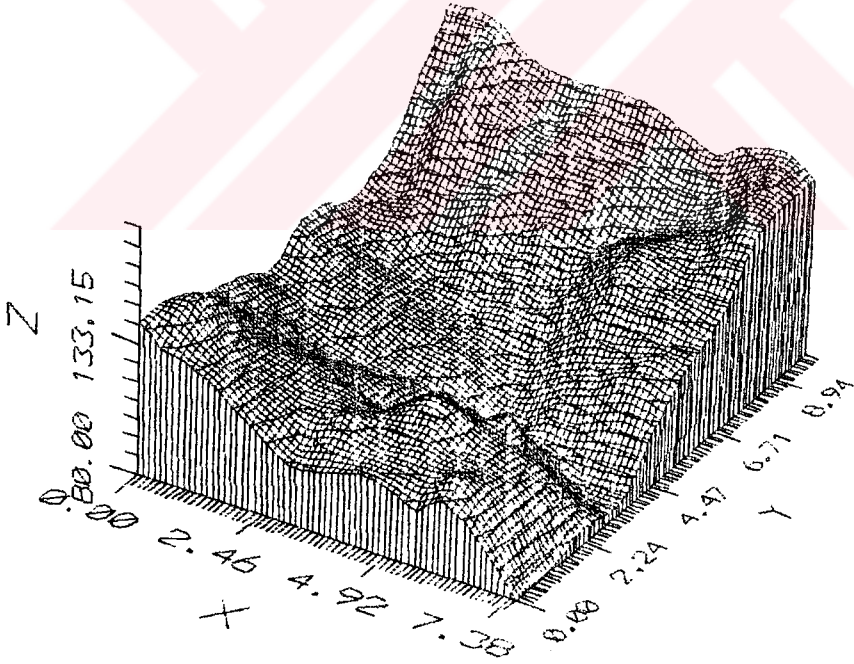
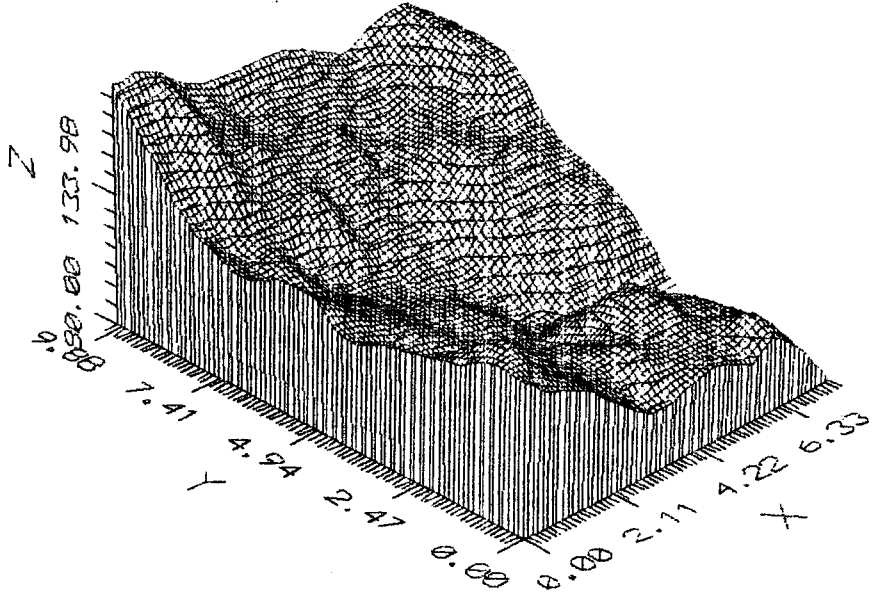
SURFER programına veri girişi işlemi tamamlandıktan sonra GRID ana menüsü yardımıyla araziye kaplayan 86x65 boyutlarında bir grid (raster) ağı oluşturulmuştur. Grid ana menüsü ile oluşturulan ve araziye kaplayan bu gridin her bir düğüm noktasının z yükseklik değerleri bilgisayar tarafından düğüm noktasına en yakın 4 adet dayanak noktasının yükseklik değerleri dikkate alınarak interpolasyonla hesaplanmış ve bundan sonra TOPO ana menüsüne girilip ölçek, eşyükseklik eğrilerinin kaç metrede bir geçirileceği v.b. gibi elde edilecek çıktı ile ilgili düzenlemeler yapıldıktan sonra arazinin topoğrafik haritası elde edilmiştir (Şekil-21).

Uygulama sahasının topoğrafik haritası elde edildikten sonra arazinin değişik bakış açıları altında üç boyutlu yüzey çizimlerini oluşturmak amacıyla SURF ana menüsüne girilmiş ve gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra değişik bakış açıları altında arazinin perspektif çizimleri elde edilmiştir (Şekil-22).

# CONTOUR



Şekil-21: Uygulama Sahasınının 438 Adet Dayanak Noktasından Elde Edilen Topoğrafik Haritası.



Şekil-22: Uygulama Sahasının 438 Adet Dayanak Noktasından Elde Edilen Perspektif Görünümleri.



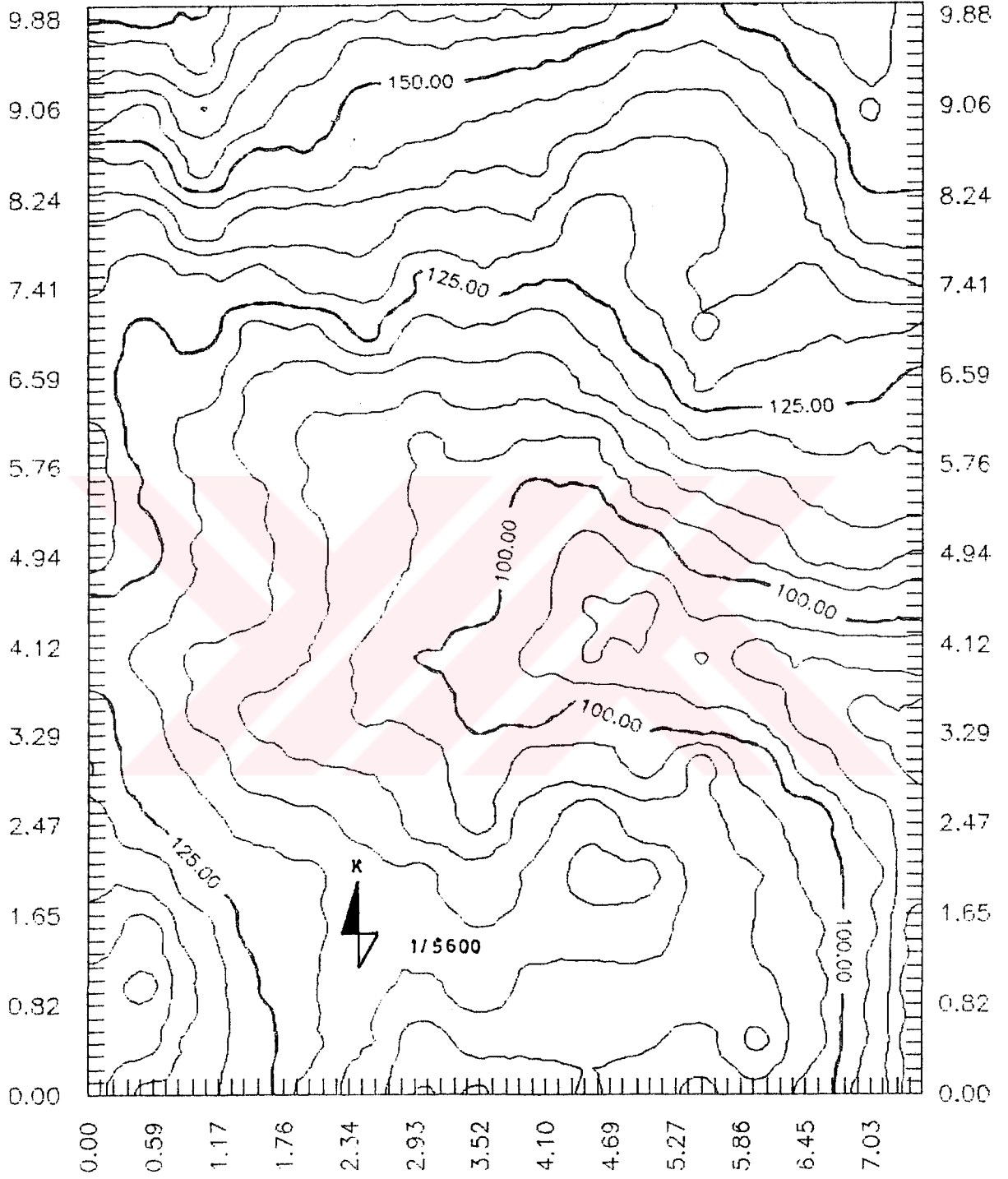
### III.2. Uygulama Sahasının 50 Metre Aralıklı Bir Kare Grid İle Kaplanması Suretiyle Sayısal Arazi Modelinin Oluşturulması

Uygulama sahasının 1/5000 ölçekli topoğrafik haritası 50 metre aralıklı kare grid şeklinde bir ağla kaplanmış ve her karenin düğüm noktalarının x ve y koordinat değerleri AUTOCAD R 12 programı kullanılmak suretiyle ve z yükseklik değerleri de interpolasyon yapılarak hesap edilerek, elde edilen 336 adet dayanak noktasının x, y ve z koordinatları SURFER programına kaydedildi.

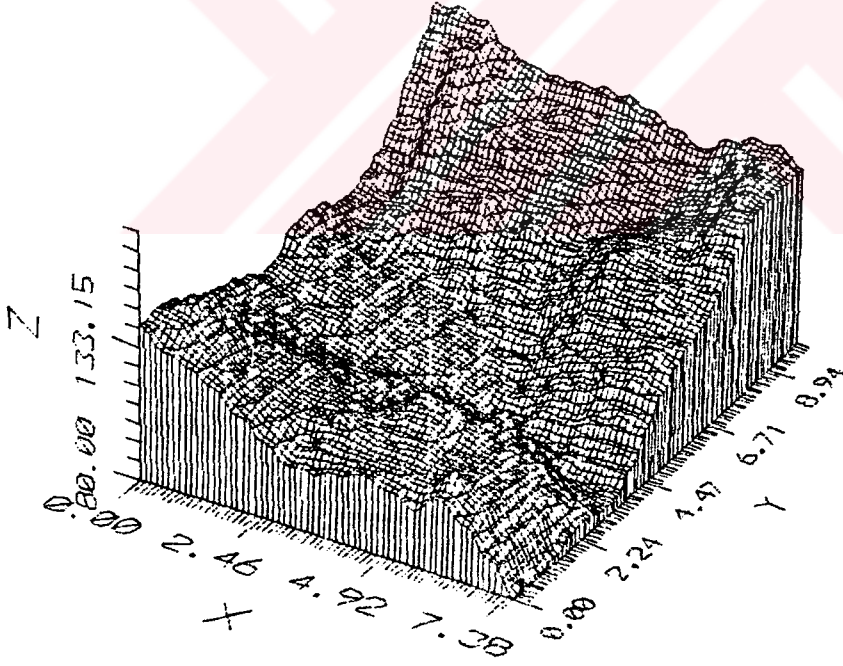
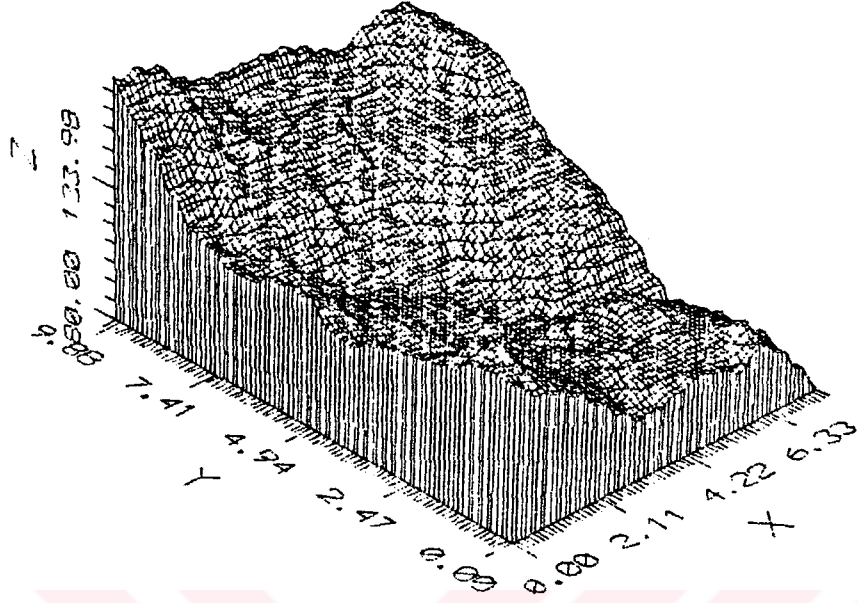
SURFER programına veri girişi tamamlandıktan sonra GRID ana menüsü yardımıyla araziye kaplayan 86x65 boyutlarında bir grid (raster) ağı oluşturulmuş ve bu gridin her bir düğüm noktasının yükseklikleri en yakın 4 adet dayanak noktasından yararlanılarak interpolasyonla hesaplanmış ve bundan sonra TOPO ana menüsüne girilerek sonuç çıktısı ile ilgili düzenlemeler yapıldıktan sonra arazinin topoğrafik haritası elde edilmiştir (Şekil-23).

Arazinin topoğrafik haritası elde edildikten sonra SURF ana menüsüne girilerek gerekli düzenlemeler yapılmış ve arazinin perspektif çizimleri elde edilmiştir (Şekil-24).

# CONTOUR



Şekil-23: Uygulama Sahasının 336 Adet Dayanak Noktasından Elde Edilen Topografik Haritası.

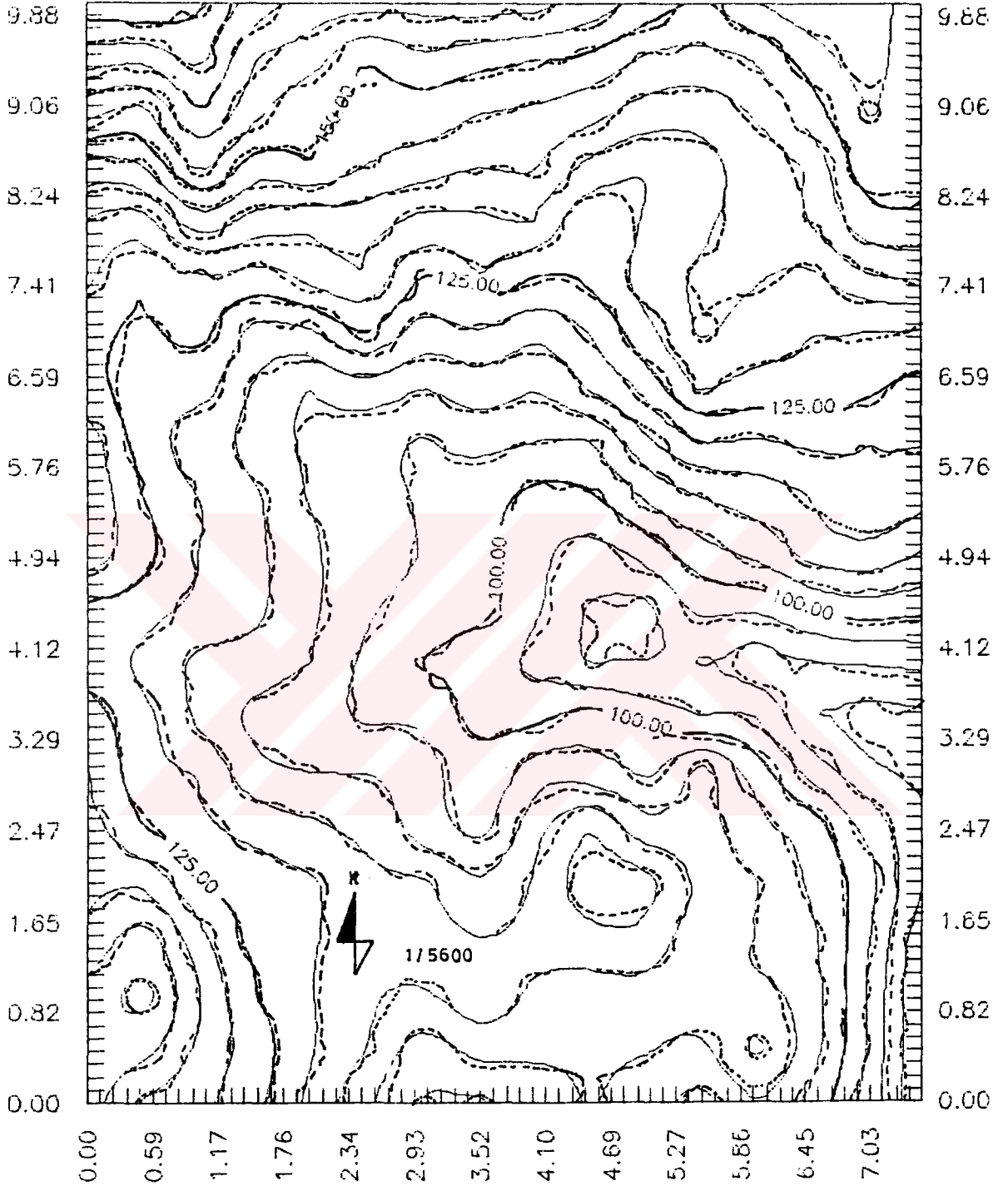


Şekil-24: Uygulama Sahasının 336 Adet Dayanak Noktasından Elde Edilen Perspektif Görünümleri.

### III.3. İki Farklı Şekilde Elde Edilen Sayısal Arazi Modellerinin Karşılaştırılması

Uygulama sahasının 1/5000 ölçekli topoğrafik haritasının sayısallaştırılması suretiyle elde edilen 438 adet dayanak noktasından yararlanılarak oluşturulan arazinin eşyükseklik eğrileri ile 50 metre aralıklarla oluşturulan kare gridin düğüm noktalarından elde edilen 336 adet dayanak noktasından yararlanılarak elde edilen eşyükseklik eğrileri üst üste çakıştırılmış ve sayıları, dağılımı ve sıklığı itibarı ile farklı olan dayanak noktalarından elde edilen uygulama sahasına ait topoğrafik haritaların ve dolayısıyla Sayısal Arazi Modellerinin aralarında belirgin bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil-25).

# CONTOUR



Şekil-25: Aynı Araziye Ait Farklı Dayanak Noktalarından Elde Edilmiş Eşyükseklik Eğrilerinin Karşılaştırma Amacıyla Çakıştırılmasını Gösterir Şekil.

#### IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Daha öncede belirtildiği gibi Sayısal Arazi Modelleri, uygun bilgisayar yazılımları ile yan ürün olarak enkesitler, boykesitler, perspektif görünüm, alan-hacim hesapları gibi arazinin gösterimiyle ilgili önemli ürünlerin üretilmesi, karayolu ve demiryolu geçkilerinin (güzergah) belirlenmesinde, kanal ve baraj inşaatlarında, hava alanı yapım projeleri, arazi düzenleme çalışmaları gibi uygulamaları yanında otomatik olarak eşyükseklik eğrilerinin üretilmesinde, planlama amaçlarına yönelik eğim haritalarının üretilmesinde, kartografik güncelleştirme çalışmalarında, ortofoto haritaların yenilenmesinde ve güncelleştirilmesinde, topoğrafik veri bankalarının oluşturulmasında, sanayii, tıp, ziraat, mimarlık ve kimya gibi çok çeşitli kullanım alanlarına sahiptir.

Bütün bunların yanında bizim için en önemlisi Sayısal Arazi Modellerinden ormancılık çalışmalarında yararlanabilme olanaklarıdır ki bu olanakları şöylece özetleyebiliriz:

- Büyük bir kısmı dağlık bölgelerde bulunan, ülkemiz orman alanlarının işletmeye açılmasında büyük bir öneme sahip olan orman yollarının planlanmasında uygun yazılımlarla desteklenmiş Sayısal Arazi Modeli programlarının kullanılması uygun olacaktır. Şöyleki, Amerikan Ormancılık Servisi, Kuzeybatı Pasifik Araştırma İstasyonu, Orman Mühendisliği Sistemleri Araştırma Ünitesi tarafından geliştirilen PLANS (Nakliyat Analiz Sistemi Ön Etüdü) paket programı içerisinde bir alt modül olan MAP programı ile eşyükseklik eğrilerinin sayısallaştırılması suretiyle sahanın Sayısal Arazi Modelleri oluşturulmakta ve PLANS yazılımının bir alt modülü olarak REUTEBUCH, S.E (1988) tarafından geliştirilen ROUTES (Yol Güzergahlarının Ön Etüdü) programı kullanılarak sayısal modeli oluşturulan alanın alternatif yol güzergahları belirlenmektedir. Güzergahları tespit ederken eğimler,

uzaklıklar , yamaç eğimleri kazı ve doldurular gibi yol niteliklerinin belirlenmesi operatör kontrolünde bilgisayarla kolay bir şekilde gerçekleştirilmekte ve bu nitelikler alternatif güzergahların karşılaştırılmasında kullanılmaktadır. Bunun sonucunda arazi çalışmaları azalmakta, bu da aynı işlemlerin başkaca yöntemlerle yapılmasına göre zaman ve ekonomi bakımından kazanç sağlamaktadır. Zira İ.Ü.Orman Fakültesinde ŞENTÜRK, N. (1992) tarafından yapılan "Orman Yollarının Planlanmasında Sayısal Verilerden Yararlanma Olanakları" adlı doktora çalışmasında bir orman yolunun projelendirilmesinde sözkonusu olan güzergah planı, boykesit ve enkesitlerin hazırlanması, kazı ve dolduru alanlarının hesaplanması, sahanın sayısal yöntemle üretilmiş çizgisel haritası üzerinde klasik yöntemle ve sahanın sayısal verilerini kullanarak bilgisayar ortamında sayısal arazi modelinin (SAM) oluşturulması ile yapılmasında sonuçların duyarlılığı bakımından anlamlı bir fark olmadığı, ancak bilgisayar ortamında sayısal arazi modelleri kullanılarak yapılmasının klasik yöntemle göre ortalama % 72.07 oranında daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır. Bu da orman yollarının projelendirilmesinde sayısal arazi modellerinin temel alınmasının kaçınılmaz olduğunu kanıtlamaktadır.

- Az sayıda, x, y ve z koordinatları bilinen dayanak noktaları yardımıyla elde edilen sayısal arazi modelleri, tüm araziye kaplayan bir raster ağının bütün düğüm noktalarının x, y ve z koordinatlarını içeren zengin bir sayısal veri kaynağıdır. Bir manyetik ortamda saklanabilen bu veriler, ülkemizde sürdürülen ormancılık hizmet ve uygulamalarının daha ekonomik ve daha etkin bir şekilde yürütülebilmesi ve uygulayıcı birimler arasındaki koordinasyonun sağlanabilmesinde gerekli olan temel altlık haritaların sayısal olarak üretilmesi ve bu konuda ormancı çalışanların tüm isteklerine cevap verecek olan "Orman Bilgi Sistemi"'nin (ORBİS) oluşturulmasında temel veri kaynağı olacaktır.

- Bilindiği gibi ülkemiz orman alanlarının büyük bir kısmı dağlık bölgelerdedir. Orman alanlarının entansif olarak işletmeye açılabilmesi ve tüm ormancılık hizmetlerinin

zamanında, yöntem ve tekniğine uygun olarak yerine getirilebilmesi orman yollarının varlığına bağlıdır. Ancak, orman yollarının inşa edilmesi mümkün olmayan veya çok pahalı olduğu sarp ve dağlık bölgedeki ormanlardan elde edilen her çeşit hasılatın ormandan çıkarılmasında daha ekonomik bir yol olan havai hatların kuruluş yerlerinin planlanmasında gerekli arazi kesitlerini, oluşturulacak sayısal arazi modellerinden çok kısa bir sürede elde etmek, aşağı ve yukarı istasyon yerlerini ve pilon yüksekliklerini duyarlı bir şekilde hesaplamak mümkündür.

- Ormancılık çalışmalarında çok önemli bir yer tutan, özellikle yangına hassas mntikalarda orman varlığının korunması açısından büyük bir öneme sahip olan orman yangınlarının gözlenmesi ve zamanında müdahale edilebilmesi amacıyla tesis edilen yangın kule ve kulübelerinin yerlerinin saptanmasında dikkate alınan sabit bir noktadan gözükken ve gözükmeyen orman alanlarının belirlenmesi için gerekli olan arazi profillerinin çıkarılması ve dolayısıyla en uygun noktanın saptanmasında, oluşturulacak sayısal arazi modellerinden yararlanmak hızlı ve ekonomik bir yol olacaktır.

- Ayrıca ülkemiz açısından son derece öneme sahip olan erozyon belirleme çalışmalarında da sayısal arazi modellerinden yararlanmak mümkündür.

- Açık maden işletmelerinde ve taş ocaklarının işletilmesinde doğacak çekişmeli durumlarda ilk arazi verilerinden oluşturulacak sayısal arazi modelleri ile yeni yapılan ölçmelerden elde edilen verilerden oluşturulacak sayısal arazi modellerinden hacimler hesaplanarak bu alanda ne kadar kazı yapıldığını saptamak mümkündür.

- Tüm bunlara ilave olarak, yapılacak her türlü planlamada özellikle peyzaj planlamalarında, planlayıcı bürosundaki kişisel bilgisayarı ile planlama yapacağı alana ait sayısal arazi modelinden yararlanarak gerçekleştireceği tasarımda, sözgelimi perspektif görünüm ile arazinin topoğrafik yapısı gözünün önünde canlanacağından oluşturmayı tasarladığı spor sahası, oyun alanı, yaya yolu, havuz, piknik yeri



gibi tesislerin yerlerini kolayca belirleyebilecek ve bu tesislerin inşası esnasında çıkabilecek kazı-dolduru hacimlerini kolayca hesaplayabilecektir.

Yukarıda anlatmaya çalıştığımız tüm işlemlerin yapılmasında mevcut diğer yöntemlere göre zaman, doğruluk ve de en önemlisi ekonomik bakımdan avantaj sağlayan sayısal arazi modelleri yöntemi, ilk yatırım giderleri yüksek olan sistem (yazılım ve donanımlar) ve uzman personel gerektirir. Ancak, sağladığı tasarruflar ile kısa zamanda kendini amorti eder. Bütün bunlar gözönünde bulundurulursa birçok ormancılık probleminin çözümünde, büyük bir potansiyele sahip olan sayısal arazi modelleri yönteminin kullanılması kaçınılmaz olacaktır.



## V. ÖZET

Fotogrametrinin başlangıçtaki amacı, yeryüzünün topoğrafik yapısını elde etmek iken, günümüzde bu amaç yeni birtakım uygulama alanlarını da içermektedir. Elektronik teknolojisinde kaydedilen büyük gelişmeler ve buna bağlı olarak bilgisayar biliminin ve görüntü işleme tekniklerinin gelişmesiyle Fotogrametri bilmi de analog değerlendirmeden sayasal değerlendirilmeye doğru bir gelişim sürecine girmiştir. Fotogrametrik değerlendirme aletlerinin bilgisayarlarla desteklenmesi sonucunda en karışık problemler çözülebilmekte ve hata analizleri yapılabilmektedir. Günümüzde ortofoto harita, sayısal harita, arazi bilgi sistemi ve coğrafi bilgi sistemi gibi kavramlar ağırlık kazanmıştır. Bunun yanı sıra, sayısal arazi modelleri (SAM), Fotogrametristlerin uzun zamandan beri üzerinde çalıştıkları bir konu olup, özellikle sayısal yükseklik modelleri çalışmalarının odak noktasını oluşturmuştur.

Bu çalışmada; sayısal arazi modelleri konusu araştırılmıştır.

Bu amaçla;

Giriş bölümünde, sayısal arazi modellerinin tarihsel gelişimi, tanımı, temel amaçları, kullanım alanları, sayısal arazi modellerinin oluşturulmasındaki aşamaları, interpolasyon yöntemleri, sayısal arazi modeli yöntemleri ve yazılımları hakkında bilgiler verilmiştir.

Materyal ve Metod bölümünde, sayısal arazi modeli oluşturulacak uygulama sahası olarak seçilen alan ve uygulamada kullanılan yazılım ve donanım belirtilmiş ve uygulama yazılımı olan SURFER Paket programının geniş bir tanıtımı yapılmıştır.

Bulgular bölümünde, uygulama sahası olarak seçilen alanın topoğrafik haritaları ve perspektif görünüşleri, önce bu

alana ait 1/5000 ölçekli topoğrafik haritadan eşyükseklik eğrilerinin sayısallaştırılmasıyla elde edilen 438 adet dayanak noktası kullanılarak, daha sonra 50 metre aralıklarla oluşturulan bir kare gridin düğüm noktalarına karşılık gelen 336 adet dayanak noktası kullanılarak elde edilmiştir. Farklı dayanak noktalarından elde edilen topoğrafik haritalar ve dolayısıyla perspektifler arasında önemli bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir.

Tartışma ve Sonuç bölümünde, sayısal arazi modellerinin çeşitli kullanım alanları ve özellikle farklı ormancılık çalışmalarında sayısal arazi modellerinden yararlanabilme olanakları üzerinde, daha önceden bu konuda yapılan çalışmalara da değinilerek durulmuş ve çeşitli ormancılık problemlerinin çözümünde sayısal arazi modelleri yöntemi kullanımının kaçınılmaz olduğu sonucuna varılmıştır.

## DIGITAL TERRAIN MODELS

### SUMMARY

While the purpose of photogrammetry was obtaining the topography of the earth's surface in the beginning, this has covered a number of a new application fields today. The developments occurring in computer science and image processing systems related to the considerable progress which has been made in the field of electronics have made the science of photogrammetry turn towards digital evaluations from the analog ones. The most difficult problems can be solved and the error analyses can be made by using the computerized photogrammetric tools. The concepts such as orthophoto map, digital map, land and geographic information systems have become important today. Besides, the photogrameters have worked on the digital terrain models for a long time. Therefore, the digital terrain models were chosen as the subject of the study.

For this purpose:

Some information was given on historical development, defination, basic arms, application fields, phases of the form of the digital terrain models, the methods of interpolation, the methods and software of the digital terrain models in Part I (Introduction).

The detailed explonations related to the study area which was choosen to form the digital terrain models, the methods of software and hardware, and SURFER pocket programme which were used in the study were presented in Part II (Material and Method).

The findings of the topographic maps and the perspective views of the study area, which were obtained in the study were given in Part III (Findings). For preparing these materials 774 post points which were obtained on a topographic map at a scale of 1/5000 of the study area were used in the study. While 438 of them were determining by

digitizing the contour lines on the topographic map, the remain (336) were obtained from the intersection points of the grid system (50 m x 50 m) which was built on the topographic map. After getting two topographic maps and two perspective views of the study area by using two different methods which were mentioned above, they were compared to one another. The results of the comparisons showed that the differences were not found important between either the maps or the perspective views.

The use of the digital terrain models were also discussed for the different application fields, specially for forestry in Part IV (Discussion and Results). According to the results of the study and the previous studies, it may be said that it is necessary to use of the digital terrain models to solve the various forestry problems.

## VI. KAYNAKLAR

ALKIŞ, A. (1985): Fotogrametrik Sayısal Değerlendirme Sistemleri. Yüksek Lisans Ders Notları, Y.Ü., İstanbul.

ALKIŞ, A. (1986): Sayısal Arazi Modelleri. Yüksek Lisans Ders Notları, Y.Ü., İstanbul.

AYTAÇ, M. (1988): Fotogrametri I. Birinci Baskı. İ.T.Ü. Matbaası, Gümüşsuyu-1988.

AYDEMİR, S. (1989): 1:25000 Ölçekli Haritaların Sayısallaştırılmasında Nokta Sıklığı Testlerinin Sonuçları. Sivil Harita Mühendisliği Eğitim ve Öğretiminde 40. Yıl Sempozyumu s. 225-232, İstanbul.

CIP Tanıtım Broşürü: "CIP" A Program Package for Interpolation and Plotting of Digital Height Models. Wild Heerbrugg Ltd., Switzerland.

ERDİN, K. (1984): Sayısal Fotogrametrik Yöntemle Orman Haritalarının Üretimi. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 34, Sayı 1, s. 19-38.

ERDİN, K. (1992): Fotogrametri. ISBN. 975-404-251-9. İ.Ü. Yayın No: 3674/O.F. Yayın No: 421 (Ders Kitabı), İstanbul.

GÜLER, A. (1978): Sayısal Arazi Modellerinde İnterpolasyon Yöntemleri. M.S.B. Harita Genel Komutanlığı, Harita Dergisi, Sayı 85, s. 53-70, Ankara.

GÜLER, A. (1983): Sayısal Arazi Modellerinde İki İnterpolasyon Yöntemi İle Denemeler. K.T.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Yayın No: 19, Trabzon.

GÜLER, A. (1985): Sayısal Arazi Modellerinde İnterpolasyon Yöntemleri. M.S.B. Harita Genel Komutanlığı, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, Sayı 52-53, Ankara.

HARDY, R. (1971): Multiquadric Equations of Topography and Other Irregular Surfaces. Journal of Geophysical Research, No. 8.

JAKOBI, O. (1980): Digital Terrain Model, Point Density, Accuracy of Measurements, Type of Terrain and Surveying Expenses. ISP Congress Com. IV, Presented Paper, Hamburg.

KOCH, K.R. (1985): Digitales Geländemodell Mittels Dreiecksvermaschung VR., 47/3+4, s. 129-135.

KOYUNCU, D. (1981): Sayısal Arazi Modelleri. K.D.M.M.A. Yayını, s. 51-61, Konya.

KUNDURACIOĞLU, S. (1988): Karayolu Projelendirilmesinde Sayısal Arazi Modeli Yönteminin Uygulanması. Y.Ü., Master Tezi, İstanbul.

LAUER, S. (1976): Automatische Höhenlinienseichnung mit Darstellung von Geländeunstetigkeiten und Digitales Geländemodell. VR, 38. Jg., s. 1-14.

Mc GAUGHEY, R.J., MIFFLIN, R.W., TWITO, R.H. (1987): The MAP Program: Building the Digital Terrain Model. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pasific Northwest Research Station, General Technical Report PNW-GTR-200, Portland.

MENKE, K. (1980): Entwicklung Digitaler Höhenmodelle aus Höhenliniendarstellungen. NKY.81, s. 77-93.

ÖZER, H. (1986): Sayısal Arazi Modeli Yöntemleri, Yazılımlar ve Uygulamalar. Y.Ü., Master Tezi, İstanbul.

REUTEBUCH, S.E. (1988): ROUTES: A Computer Program for Preliminary Route Location. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pasific Northwest Research Station, General Technical Report PNW-GTR-216, Portland.

SIGLE, M. (1985): Ein Digitales Geländemodell für das Land Baden. Württemberg Nachrichten aus dem Karten und

Vermessungswesen, Heft 95, s. 144-153.

STANGER, W. (1973): Das Stuttgarter Höhenlinienprogramm (SCOP) Sammlung Wichmann. Neve Folge, Band 5, H. Wichmann Verlag, Karlsruhe.

STEIDLER, F. (1986): CIP-Ein Allgemeines Programmpaket zur DGM-Interpolation unter Verwendung der Dreiecksvermaschung. BUL, 54.Jg., Heft 1, s. 5-16.

SURFER Paket Programı: SURFER Paket Programı Help Menüsü.

ŞENTÜRK, N. (1992): Orman Yollarının Planlanmasında Sayısal Verilerden Yararlanma Olanakları. İ.Ü.Orman Fakültesi Doktora Tezi, İstanbul.





## VII. ÖZGEÇMİŞ

27.11.1967 yılında Sakarya'da doğdum. İlk öğrenimimi 1978 yılında Bolu Kültür İlkokulunda tamamladım. 1981 yılında Bolu 50. Yıl Ortaokulundan mezun oldum ve 1984 yılında da Bolu Atatürk Lisesini bitirerek orta öğrenimimi tamamladım.

1986 yılında İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünü kazandım ve 1990 yılında Lisans öğrenimimi tamamlayarak Orman Mühendisi olarak mezun oldum.

1990-1991 öğretim yılında aynı Üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsünde Orman İnşaatı, Geodezi ve Fotogrametri Yüksek Lisans Programında Yüksek Lisans öğrenimine başladım.