

1. GİRİŞ

Sayısal Arazi Modeli (SAM) çalışmaları ilk kez 1950 li yıllarda Boston'da (U.S.A.) Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde Prof.Miller tarafından başlatılmıştır (Linkwitz 1970). O dönemin bilgisayarlarının sınırlı olanaklara sahip olması nedeni ile çalışmalar, kara yollarına yönelik olarak en, boy kesitlerinin hesap ve çizimlerinin yapılması gibi dar bir uygulama alanı içinde kalmıştır.

Günümüz bilgisayar olanaklarının artmasına bağlı olarak, haritacılık alanında kullanılan gerek donanım, gerekse yazılımlar hızlı bir gelişme göstermiştir. Otomatik çizim sistemleri, analitik ve yarı analitik değerlendirme aletleri, otomatik kayıt yapabilen veri toplama aletleri (kartografik sayısalılaştırıcılar), elektronik uzaklık ölçerler ve takeometrelerin kullanım alanına girmesi ve uydu görüntülerinin yeterli inceliğe erişmesi sonucunda sayısal arazi modeli kavramı genişlemiştir. Bu gün özellikle gelişmiş ülkelerde sayısal arazi modeli (SAM) sanai, tıp, mimarlık, inşaat, madencilik, ziraat, haritacılık ve özellikle askeri alanlarda yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Ülkemizde de özellikle son yıllarda konuya, gerek uygulayıcı kurumlarda, gerekse üniversitelerde büyük bir ilgi gösterilmektedir.

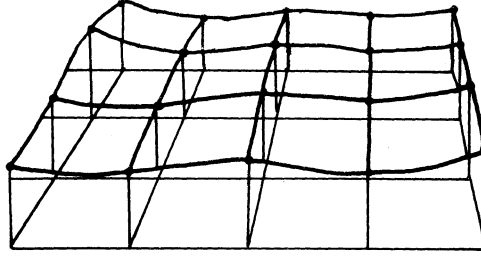
2. SAYISAL ARAZİ MODELİ YÖNTEMLERİ

Yeryüzünün özelliklerinin ve görünümünün gösteriminde bir çözüm yöntemi, ya da kısaca yeryüzeyinin sayısal gösterimi olarak tanımlanabilen sayısal arazi modeli farklı iki yöntem kullanılarak elde edilmektedir.

a. Raster Yöntemi

Raster yönteminde arazi üzerine kare ya da dikdörtgen bir grid sistemi yerleştirilir ve düğüm noktalarının yükseklikleri hesaplanır. Bu, fotogrametrik model üzerinden doğrudan karesel formda ölçmelerle elde edilebileceği gibi, arazi yüzeyine rastlantısal olarak dağılmış olan dayanak noktalarının

yersel ya da fotogrametrik yöntemlerden biri kullanılarak ölçülmesi ile elde edilebilir. Bu durumda kayan yüzeylerle enterpolasyon (Koch 1973), enküçük kareler enterpolasyonu (Kraus 1973), sonlu elemanlarla enterpolasyon (Ebner 1985), ya da amaca uygun diğer bir enterpolasyon yöntemi kullanılarak düğüm noktalarındaki yükseklikler hesaplanır.



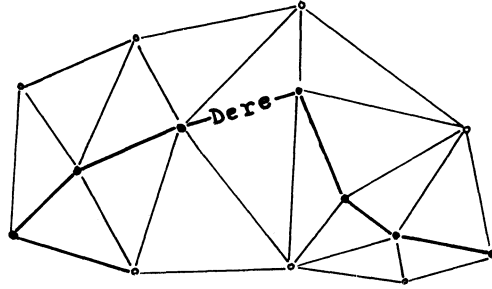
Şekil-1 : Ortogonal Raster Ağı.

Dayanak noktalarından bir raster ağının düğüm noktalarına geçişte hiçbir bilgi kaybı olmamalıdır. Bu nedenle düğüm noktalarının yoğunluğu dayanak nokta yoğunluğundan büyük seçilir. Diđer bir deyişle raster gözleri ne kadar küçük ise, araziye temsil etmedeki doğruluk o denli yüksek olacaktır. Ancak, düğüm noktalarının hesaplanmasında kullanılan dayanak noktaları yeterli yoğunluk ve doğruluğa sahip olmalıdır.

b. Üçgenleme Yöntemi (Delauney)

Delauney tarafından önerilen bu yöntemde arazi, rastlantısal ya da düzgün olarak dağılmış bulunan dayanak noktalarının birleştirilmesi ile düzlem üçgenlerden oluşan çok yüzlü (polihedron) bir yüzeyle kaplanır. Bu yöntemle yapılan ilk çalışmalar, arazi yapısını gösteren çizgiler ve arazinin kırık çizgileri üzerinde bulunan dayanak noktalarına, üçgenlemede bir öncelik vermeksizin tüm noktaların aynı nitelikte olduğu varsayımına dayandırılmıştır. Bu ağlarda sözgelimi arazi yapısını gösteren çizgileri üçgen kenarları kesebilir. Fakat oluşturulan SAM'nin araziye tam olarak temsil edememesi nedeni ile daha sonraki çalışmalarda (Koch 1985, Steidler 1986), arazinin yapısını gösteren karakteristik çizgilerin (dere, su bölümü hattı, vb.) üçgenlerin

mutlaka bir kenarını oluşturması sağlanmıştır. Böyle bir aę Şekil-2'de görülmektedir.



Şekil-2 : Arazi yapısını gösteren çizgileri içeren bir üçgen ağı.

Bu amaçla noktaların tanınmasını sağlayan bir kodlama sistemi kurulur. Bu kodlama, noktalar arasındaki iliŐkiyi ve noktanın bulunduğu yerin niteliğini belirtir.

Bu yöntemle oluşturulan SAM aŐaęıdaki koŐulları da sağlamalıdır (Dppe, Gotschalk 1970).

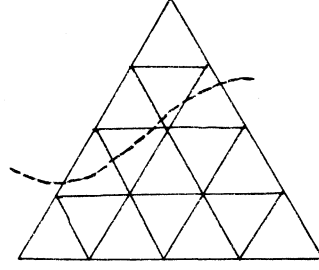
(1) Her dayanak noktası en azından bir üçgende bulunmalıdır (Bir genin köŐesini oluşturmalı).

(2) Arazi yüzeyini örten üçgenlerin birbiri ile ara kesiti sıfır olmalıdır.

(3) Ağı oluşturan kenarların uzunluklarının toplamı minimum olmalıdır.

$$\sum_{i=1}^n |S_i| = \min$$

Dayanak noktaları kullanılarak elde edilen üçgenler alt üçgenlere parçalanır (Şekil-3). Böylece alt üçgenlerle oluşturulan model, sonlu elemanlar anlamında yer yüzünü en iyi temsil eden bir yaklaşımı ifade eder.



Şekil-3 : Köşelerini dayanak noktalarının oluşturduğu bir üçgenin alt üçgenlere parçalanması.

3. SAM YÖNTEMLERİNİN İRDELENMESİ

a. Raster Yöntemi

(1) Enterpolasyonun hesap tekniği bakımından çok basit organize edilebilmesi ve raster düğüm nokta yüksekliklerinin kolay bir şekilde depolanma olanağı bu yöntemin en önemli üstünlüklerindedir.

(2) Yol, inşaat ve madencilik alanına yönelik çalışmalarda, iki durumu (sözgelimi kazıdan önceki ve sonraki durumu) gösteren SAM'de raster ağının aynı düğüm noktalarını seçmek mümkündür. Bu nedenle hacim hesaplarında önem kazanan aynı noktalardaki eski ve yeni yükseklik değerleri kolaylıkla hesaplanabilir.

(3) Raster formunda depolanmış bir SAM'den eş yükseklik eğrilerinin enterpolasyonu ve çizimi, üçgenleme yöntemine göre daha basit bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

(4) Raster formunda SAM'nin tamamı depolanmak zorundadır. Kural olarak bunun yoğunluğu her zaman dayanak nokta yoğunluğundan çok daha yüksektir.

(5) Düzgün aralıklı bir rasterde kırık çizgiler, ya da arazi yapısını gösteren çizgilere ait bilgiler bulunmaz.

(6) Bunlar ancak raster çizgileri ile kesim noktalarının özel olarak depolanmasıyla dikkate alınabilir. Bu ise hiç de kolay sayılamayacak ek çalışma ve bellek gereksinimini doğurur.

b. Üçgenleme Yöntemi

(1) Dayanak noktalarının rastgele dağılımı üçgenlemede bir sorun yaratmaz. Bu durum dayanak nokta ölçümünü kolaylaştırır. Özellikle rastgele dağılmış noktalarda en uygun çalışma olanağı sağlandığından fotogrametrik ve yersel ölçümlerle, ya da grafik bilgilerin sayısallaştırılmasından elde edilen veriler herhangi bir işleme gerek kalmaksızın kullanılabilir.

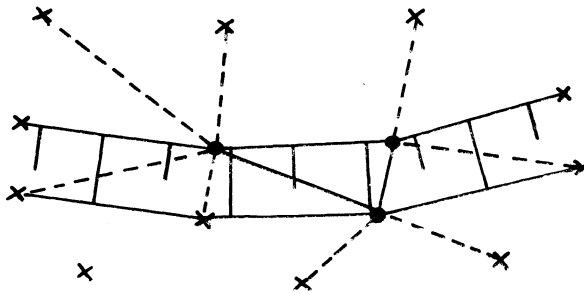
(2) Arazinin karakteristik çizgileri ve enterpolasyonda dikkate alınmayacak alan sınırları doğrudan dikkate alınır ve sınırların yeni bir poligonla tanımlanması gerekmez. Filtreleme yapmak mümkündür.

(3) SAM'nin depolanması için bellek gereksinimi raster yöntemine göre çok daha azdır (Koch 1985, Steidler 1986).

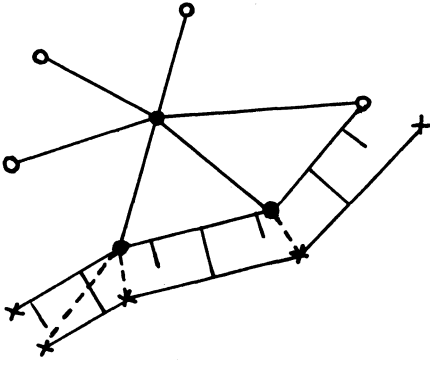
(4) Üçgenleme ve enterpolasyon için gerekli zaman dayanak noktalarının sayısına bağımlı olarak artar.

(5) Üçgenleme koşullarına bağlı kalınmalıdır. Doğru üçgenleme örnekleri Şekil-4, 5 ve 6 da verilmiştir. Aksi halde sonuçlar gerçeği göstermekten uzaklaşır. Şekil-7, 8, 9 ve 10'da mevcut eşyükseklik eğrilerinin sayısallaştırılması ile sağlanan verilerden kurulan yanlış, doğru üçgenler ve bunlara ait çizim sonuçları görülmektedir (Menke 1980).

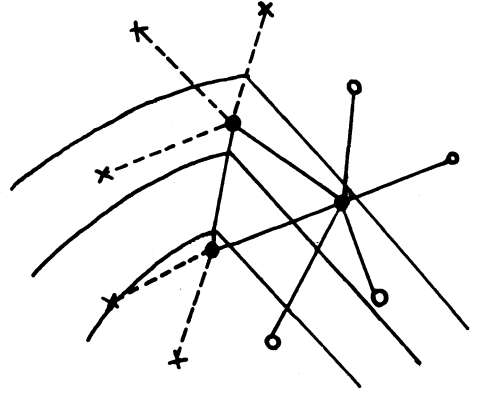
(6) Organizasyon raster yöntemine göre daha karmaşıktır. Fakat günümüzde modern ve büyük kapasiteli bilgisayarların varlığı bu sorunu halletmektedir.



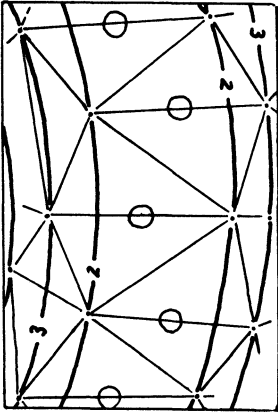
Şekil-4 : Şev içinde üçgenleme.



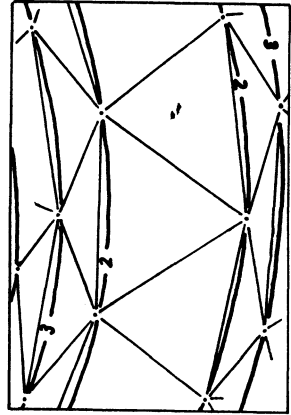
Şekil-5 : Şev kenarlarında üçgenleme.



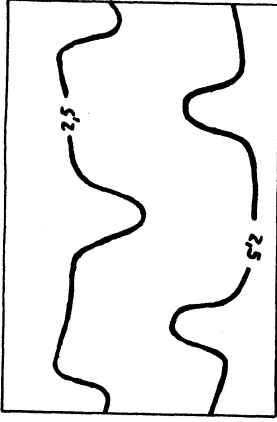
Şekil-6 : Üçgenlemede subölümü.



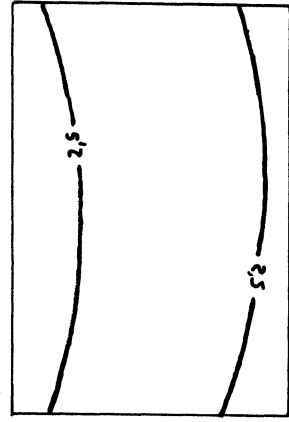
Şekil-7 : Yanlış üçgenleme.



Şekil-8 : Doğru üçgenleme.



Şekil-9 : (Şekil-7) den enterpole edilmiş 2,5 m değerli eşyükseklik eğrileri.



Şekil-10 : (Şekil-8) den enterpole edilmiş 2,5 m değerli eşyükseklik eğrileri.

4. SONUÇ

a. Sayısal değerlendirme sistemlerinin kullanıma sunulması ile güncellik kazanan sayısal arazi modeli, günümüzde raster ve üçgenleme olmak üzere iki yöntemle oluşturulmaktadır. Buna bağlı olarak sayısal arazi modeli yazılımları da üçgenleme ve raster olarak ayrılmaktadır.

b. Raster yönteminde SAM dayanak nokta alanının (X_{min}, Y_{min}) ve (X_{max}, Y_{max}) noktaları arasında kalan dikdörtgen ya da karesel alanda oluşturulmaktadır. Bu özellikle hesap dışı bırakılacak alan sınırlarının raster çizgileri ile çakışmadığı durumlarda gereğinden fazla düğüm noktasının enterpole edilmesine neden olmakta, bu da bilgisayar zamanını olumsuz yönde etkilemektedir.

c. Dayanak noktalarının rastlantısal olduğu durumlarda, raster yönteminde üçgenleme yöntemine göre az da olsa bir doğruluk kaybı söz konusudur. Bunun yanında organizasyon daha basittir. Üçgenleme yönteminin kullanılması durumunda bölüm (2,b) de sözü edilen koşullar mutlaka yerine getirilmelidir.

K A Y N A K L A R

- /1/ Ebner, H. : Berücksichtigung der lokalen Geländeform bei der Höheninterpolation mit finiten Elementen
Bul 51, Heft 1, S. 96-103
1983
- /2/ Koch, K.R. : Höheninterpolation mittels gleitender Schräg ebene und Prädiktion, Vermessung, Photogrammetrie Kältür-technik Vol. 71, S. 229-232.
1973
- /3/ Koch, K.R. : Digitales Geländemodell mittels Dreiecksvermaschung VR., 47/3+4 (Mai 1985), S. 129-135.
1985
- /4/ Kraus, K. : Ein allgemeines digitales Geländemodell Sammlung Wichman, Neue Folge, Band 5 H.Wichmann Verlag, Karlsruhe.
1973
- /5/ Lauer, S. : Automatische Höhenlinienzeichnung mit Darstellung von Geländeunstetigkeiten und digitales Geländemodell. VR, 38. Jg., S. 1-14.
1976
- /6/ Linkwitz, K. : Digitale Geländemodelle, Bul, Heft 1, S. 76-84.
1970
- /7/ Menke, K. : Entwicklung digitaler Höhenmodelle aus Höhenliniendarstellungen, NKV. S. 77-93.
1980
- /8/ Steidler, F. : CIP-Ein allgemeines Programmpaket zur DGM-Interpolation unter Verwendung der Dreiecksvermaschung, BUL, Helf 1, S. 11-19.
1986