



154 103

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARAZİ TESVİYESİ PROJELERİNİN HAZIRLANMASINDA
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ(GIS)'NİN
KULLANIM OLANAKLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

ÇİĞDEM DEMİRTAŞ

DOKTORA TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

BURSA 2004

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

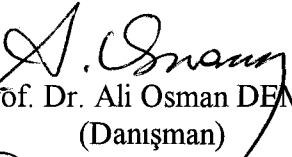
ARAZİ TESVİYESİ PROJELERİNİN HAZIRLANMASINDA
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ(GIS)'NİN KULLANIM OLANAKLARI
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA


ÇİĞDEM DEMİRTAŞ

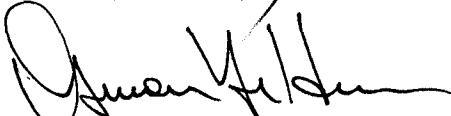
DOKTORA TEZİ

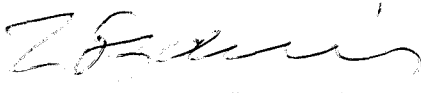
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu tez 18/11/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Ali Osman DEMİR
(Danışman)


Prof. Dr. Abdurrahim KORUKÇU


Prof. Dr. Osman YILDIRIM


Prof. Dr. Turgut ÖZDEMİR


Doç. Dr. Senih VAZGAN

ÖZET

Yüzey sulama yöntemlerinin seçiminde, arazinin eğimi önemli bir etkidir. Bu koşul göz önüne alınmadığında, su kaybı, toprak erozyonu, besin maddelerinin yıkanması ve bunlara bağlı olarak ürün azalması sorunları ortaya çıkabilmektedir.

Yüzey sulama yöntemlerinin, tarım alanlarına başarı ile uygulanıp, sulamadan beklenen yararın elde edilebilmesi, çoğu kez arazinin tesviye edilerek sulamaya hazırlanmasına bağlıdır.

Bu çalışmada, arazi tesviyesi projelerinin hazırlanmasında kullanılan, farklı tesviye düzlem eğimi ve kazı-dolgu hacimleri belirleme yöntemlerinde, coğrafi bilgi sisteminin kullanım olanakları araştırılmıştır. Arazi tesviyesi projelmesi kapsamında, Coğrafi Bilgi Sistemi desteği ile elde edilen sonuçlar, geleneksel yöntem sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre; Coğrafi Bilgi Sisteminin, ağırlık merkezi, artık alan hesaplamaları ve kazı-dolgu hacimlerinin hesaplanmasında daha güvenilir sonuçlar verdiği, bunun yanında, projelermeye ilişkin veri tabanının oluşturulması ve çözümünde kolaylıklar sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Arazi tesviyesi, tesviye düzlemi, kazı-dolgu hacmi, ağırlık merkezi, coğrafi bilgi sistemi (CBS), sayısal yükseklik modeli (SYM)

ABSTRACT**A RESEARCH ON USING POSSIBILITIES OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM(GIS) IN LAND LEVELING PROJECTS**

Land topography is of great concern for selection of surface irrigation methods. When the topographical conditions are not considered, some problems such as water loss, soil erosion and leaching of useful nutrients resulting yield reduce would occur.

A successful application of surface irrigation methods and high irrigation performance depend mostly on land leveling project which is crucial for land preparation and appropriateness for irrigation.

In this study, using possibilities of Geographical Information Systems (GIS) in determining the different leveling plane slopes and cut and fill volume which are the main criteria for land leveling design were investigated and Geographical Information Systems (GIS) supported results were compared with the results obtained by traditional methods in the context of land leveling project design.

As a result of study, more reliable results were obtained by Geographical Information Systems (GIS) for calculation of centroid, non-square area in irregularly shaped fields and cut and fill volumes and achievement of more efficient and easier database creation and design was realized.

Key Word : Land leveling, leveling plane, cut-fill volume, centroid, Geographical Information Systems (GIS), digital elevation model (DEM)

İÇİNDEKİLER	Sayfa No
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI VE KURAMSAL BİLGİLER	5
2.1. Arazi Tesviyesinin Tanımı ve Önemi	5
2.2. Tesviye Gereğinin Belirlenmesi	7
2.3. Arazi Tesviyesinde Uygulama Aşamaları	10
2.4. Tesviye Biçimleri	11
2.4.1. Uygulama Biçimine ve Sulama Yöntemine Göre Tesviye.....	11
2.4.2. Kazı Hacmine Göre Tesviye	12
2.4.3. Yapılış Sırasına Göre Tesviye Tipleri	12
2.5. Arazi Tesviyesinde Kullanılan Eğim Belirleme Yöntemleri	13
2.5.1. Deneyim-Yanılgı Esasına Dayalı Yöntemler.....	14
2.5.2. Matematiksel Esaslara Dayalı Yöntemler.....	15
2.5.2.1. En Küçük Kareler Yöntemi.....	16
2.5.2.2. Sabit Hacim Merkezi Yöntemi.....	16
2.5.2.3. Ortalama Profil Yöntemi.....	16
2.5.2.4. Simetrik Artıklar Yöntemi	17
2.5.3. Optimizasyon Tekniklerine Dayalı Yöntemler	18
2.6. Kazı ve Dolgu Hesaplamaları	20
2.6.1. Kazı-Dolgu Oranının Belirlenmesi.....	20
2.6.2. Kazı ve Dolgu Hacminin Hesaplanması.....	21
2.6.2.1. Kaba Hesaplama Yöntemi.....	21
2.6.2.2. Dört Nokta Yöntemi	23
2.6.2.3. Ortalama Yükseklik Yöntemi.....	23
2.6.3. Hacim Dağıtım Planı	25
2.7. Arazi Tesviye Projelerinin Hazırlanmasında Bilgisayar Teknolojisinin Kullanılma Olanakları	25

2.8. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Arazi Tesviyesinde Kullanım Olanakları	27
2.8.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Tanımı	29
2.8.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları	31
2.8.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin Önemi ve Yararları	34
2.8.4. Coğrafi Bilgi Sisteminin Bileşenleri	35
2.8.4.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Donanım Bileşenleri	36
2.8.4.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılım Bileşenleri	37
2.8.5. Coğrafi Veriler	39
2.8.5.1. Coğrafi Verilerin Sınıflandırılması	39
2.8.5.2. Coğrafi Veri Toplama Yöntemleri	40
2.8.6. Coğrafi Veri Tabanı Tasarımı	42
2.8.7. Verilerin Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Gösterimi	43
2.8.8. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Konum Analizleri	47
2.8.8.1. Konumsal Sorgulamalar	47
2.8.8.2. Konumsal Analizler	48
2.8.8.3. Ağ Analizleri	50
2.8.8.4. Sayısal Yükseklik Analizleri	51
2.8.8.5. GRID Analizi	55
3. MATERYAL VE YÖNTEM	57
3.1. MATERYAL	57
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Veriler	57
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Bilgisayar Donanım ve Yazılımları	57
3.2. YÖNTEM	58
3.2.1. Projemeye İlişkin Verilerin Elde Edilmesi	61
3.2.1.1. Arazi Ölçüm Verileri	61
3.2.1.2. Tesviye Projeleri Yapılmış Alanlara İlişkin Veriler	63
3.2.2. Projelene Kullanılacak Verilerin İçeriklerinin Belirlenmesi	63
3.2.3. Projelene Yöntemi	69
3.2.3.1. Arazi Tesviyesi Projelemesine İlişkin Verilerin Sisteme Aktarılması	71
3.2.3.1.1. Proje Alanı Sınır Koordinatları Girişi	72

3.2.3.1.2. Proje Alanı Nokta Bilgileri Girişi	76
3.2.3.2. Arazi Tesviyesi Projelmesine İlişkin Veri Tabanının Oluşturulması ..	80
3.2.3.2.1. Alan Hesaplamaları	81
3.2.3.2.2. Proje Alanı Sayısal Yükseklik Modeli	94
3.2.3.2.3. Proje Alanı Tesviye Eğrili Haritaları	97
3.2.3.2.4. Coğrafi Bilgi Sistemi İle Proje Alanı Ağırlık Merkezi Hesaplamaları.....	101
3.2.3.3. Tesviye Projelme Hesapları.....	105
3.2.3.3.1. Eğim Hesaplamaları	106
3.2.3.3.1.1. Ağırlık Merkezi Hesaplamaları	109
3.2.3.3.1.2. Tesviye Düzlemi Eğimleri	111
3.2.3.3.1.2.1. En Küçük Kareler Yöntemi	112
3.2.3.3.1.2.2. Simetrik Artıklar Yöntemi	115
3.2.3.3.1.2.3. Sabit Hacim Merkezi Yöntemi	125
3.2.3.3.1.3. Tesviye Düzlemi Mira Yüksekliklerinin Belirlenmesi.....	132
3.2.3.3.2. Kazı-Dolgu Hesaplamaları	133
3.2.3.3.2.1. Kazı ve Dolgu Yüksekliklerinin Belirlenmesi	133
3.2.3.3.2.2. Kazı ve Dolgu Hacimlerinin Belirlenmesi.....	136
3.2.3.3.2.2.1. Kaba Yöntem.....	137
3.2.3.3.2.2.2. Kazı ve Dolgu Hacimlerinin CBS Ortamında Hesaplanması.....	140
3.2.3.3.2.3. Kazı-Dolgu Oranlarının Belirlenmesi	144
3.2.3.3.3. Hacim Dağıtım Planlarının Çıkarılması	145
3.2.4. İstatistiksel Analizler	145
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	147
4.1. Alan Hesaplamalarına İlişkin Sonuçlar	147
4.2. Proje Alanları Sayısal Yükseklik Modellerine İlişkin Sonuçlar	153
4.3. Tesviye Eğrili Haritalara İlişkin Sonuçlar	159
4.4. Arazi Tesviyesi Projelmesine İlişkin Sonuçlar	162

4.4.1. Ağırlık Merkezi Hesaplamalarına İlişkin Sonuçlar	162
4.4.2. Tesviye Düzlemi Eğimlerine İlişkin Sonuçlar	169
4.4.2.1. En Küçük Kareler Yöntemi	169
4.4.2.2. Simetrik Artıklar Yöntemi	173
4.4.2.3. Sabit Hacim Merkezi Yöntemi	175
4.4.3. Tesviye Düzlemi Eğimlerinin Karşılaştırılması	178
4.5. Kazı-Dolgu Hesaplamaları.....	184
4.5.1. Kaba Yöntem İle Hesaplanan Kazı-Dolgu Hacimleri ve K/D Oranlarına İlişkin Sonuçlar	185
4.5.2. CBS Olanakları Kullanılarak Kaba Yöntem ile Hesaplanan Kazı-Dolgu Hacimleri ve K/D Oranlarına İlişkin Sonuçlar	193
4.5.3. CBS Olanakları Kullanılarak Hesaplanan Kazı-Dolgu Hacimleri ve K/D Oranlarına İlişkin Sonuçlar	201
4.6. Kazı-Dolgu Hesaplamalarına İlişkin Sonuçların Çoklu Karşılaştırılması.	209
4.7. Hacim Dağıtım Planlarına İlişkin Elde edilen Sonuçlar	222
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	225
KAYNAKLAR	228
TEŞEKKÜR.....	237
ÖZGEÇMİŞ.....	238

ÇİZELGELER DİZİNİ**Sayfa No**

Çizelge 2.1. Toprak bünyesi ve eğime göre en büyük akış uzunlukları(m).....	9
Çizelge 2.2. Kazı hacmi ve kazı derinliğine göre tesviye tipleri.....	12
Çizelge 2.3. Coğrafi bilgi sisteminin bazı uygulama alanları	33
Çizelge 2.4. CBS’de veri toplama teknikleri.....	41
Çizelge 2.5. Veri tabanı tasarım aşamaları.....	43
Çizelge 2.6. Arc/Info yüzey veri modeli dönüşüm komutları.....	55
Çizelge 3.1. Proje sınırını oluşturan noktalara ilişkin bilgilerin toplandığı veri tablosunun içeriği.....	64
Çizelge 3.2. Proje sınırının oluşturduğu alana ait bilgilerin toplandığı veri tablosunun içeriği.....	65
Çizelge 3.3. Proje alanı içerisindeki her bir istasyon noktasına ilişkin bilgilerin toplandığı veri tablosu içeriği.....	66
Çizelge 3.4. Proje alanı içerisindeki her bir istasyon noktasının temsil ettiği alanlara ilişkin bilgilerinin depolandığı veri tablosu içeriği.....	68
Çizelge 3.5. Proje alanı temel bilgileri veri tablosu içeriği.....	107
Çizelge 4.1. Proje alanlarının özellikleri.....	147
Çizelge 4.2. 10 Nolu proje alanı için yapılan alan hesaplamaları sonucunda veri dosyası içinde depolanan sonuçlar	149
Çizelge 4.3. CBS ortamında 20x20 m’lik noktasal verilerle elde edilen ağırlık merkezi hesaplamalarına ilişkin sonuçlar	164
Çizelge 4.4. Ağırlık merkezlerine ilişkin sonuçlar	165
Çizelge 4.5. Ağırlık merkezi hesaplamalarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	167
Çizelge 4.6. Ağırlık merkezi hesaplama yöntemleri arasındaki istatistiksel ilişkiler... ..	168
Çizelge 4.7. En Küçük Kareler Yöntemine ilişkin tesviye düzlemi eğimleri	170
Çizelge 4.8. Simetrik Artıklar Yöntemine ilişkin tesviye düzlemi eğimleri.....	173
Çizelge 4.9. Sabit Hacim Merkezi Yöntemine ilişkin tesviye düzlemi eğimleri	175
Çizelge 4.10. Tesviye düzlemi eğimleri.....	179
Çizelge 4.11. Tesviye düzlemi eğimlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar	182
Çizelge 4.12. Yöntemler arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	182

Çizelge 4.13. Mevcut yöntemlerin eğimleri kullanılarak kaba hesaplama yöntemi ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları	186
Çizelge 4.14. Kaba hesaplama yöntemi ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar	189
Çizelge 4.15. Farklı projelendirme yöntemlerine ilişkin eğimler kullanılarak, kaba hesaplama yöntemi ile hesaplanan birim alana düşen kazı miktarları	190
Çizelge 4.16. Yöntemler bazında elde edilen sonuçlara ilişkin determinasyon katsayıları ve regresyon eşitlikleri	192
Çizelge 4.17. Yöntemler bazında elde edilen birim alan düşen kazı miktarlarına ilişkin bazı istatistiksel sonuçlar	193
Çizelge 4.18. Mevcut eğim belirleme yöntemleri kullanılarak, CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları	194
Çizelge 4.19. CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar	197
Çizelge 4.20. CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile elde birim alana düşen kazı miktarları	198
Çizelge 4.21. CBS destekli kaba yöntem ile yöntemler bazında elde edilen sonuçlara ilişkin determinasyon katsayıları ve regresyon eşitlikleri	200
Çizelge 4.22. CBS destekli olarak kaba yöntem ile hesaplanan birim alan düşen kazı miktarlarına ilişkin bazı istatistiksel sonuçlar	201
Çizelge 4.23. CBS ortamında 3 farklı yöntem eğimleri kullanılarak, CBS ortamında hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları	202
Çizelge 4.24. CBS olanakları kullanılarak hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar	205
Çizelge 4.25. CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile elde birim alana düşen kazı miktarları	206
Çizelge 4.26. CBS ortamında elde edilen sonuçlara ilişkin determinasyon katsayıları ve regresyon eşitlikleri	208
Çizelge 4.27. CBS destekli olarak kaba yöntem ile hesaplanan birim alan düşen kazı miktarlarına ilişkin bazı istatistiksel sonuçlar	209
Çizelge 4.28. Kazı-dolgu hesaplamalarına ilişkin tanımlayıcı istatistiksel değerler	211

Çizelge 4.29. Kazı hacimlerine ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları	212
Çizelge 4.30. Dolgu hacimlerine ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları	213
Çizelge 4.31. Kazı/Dolgu oranlarına ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları	215
Çizelge 4.32. Dekara düşen kazı miktarlarına ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları	216
Çizelge 4.33. Dekara düşen kazı miktarlarına ilişkin Tukey testi sonuçları	221



ŞEKİLLER DİZİNİ**Sayfa No**

Şekil 2.1. Kazı ve dolgu yükseklikleri eşit iki farklı istasyon arasındaki kazı ve dolgu hacimlerinin gösterimi.....	20
Şekil 2.2. Kazı veya dolgu alanları tam, yarım ve 1/4 kare olan planın bir bölümü	22
Şekil 2.3. Kazı veya dolgu alanları tam kare olan planın bir bölümü.....	22
Şekil 2.4. Düzgün şekilli olmayan arazideki kazı dolgu alanları	23
Şekil 2.5. Kareler ağına ayrılmış bir proje alanı içerisindeki bir karenin köşelerinde yer alan kazı ve dolgu farklılıkları.....	24
Şekil 2.6. Coğrafi bilgi sisteminin bileşenleri	36
Şekil 2.7. Coğrafi veri elementleri.....	44
Şekil 2.8. Grafik ve grafik olmayan veri ilişkisi.....	44
Şekil 2.9. Vektör veri depolama biçimi	45
Şekil 2.10. Raster veri depolama biçimi	45
Şekil 2.11. CBS de bir kapsam (coverage) yapısı	46
Şekil 2.12. Lattice ve grid arasındaki ilişki.....	53
Şekil 3.1. Arazi tesviye projelemesindeki işlem sırasını gösteren akış diyagramı.....	60
Şekil 3.2. Kroki üzerinde kareler ağı ve hatların görünümü	62
Şekil 3.3. Proje sınırını oluşturan nokta katmanı ile bu katmana ilişkin veri tablosu arasındaki ilişki.....	65
Şekil 3.4. Proje sınırının oluşturduğu alana ait katman ile bu katmana ilişkin veri tablosu arasındaki ilişki	66
Şekil 3.5. Proje alanı içerisindeki istasyon noktalarının oluşturduğu katman ile bu katmana ilişkin veri tablosu arasındaki ilişki	67
Şekil 3.6. Proje alanı içerisindeki istasyon noktalarının hizmet ettiği alanlara ilişkin katman ile bu katmana ilişkin veri tablosu arasındaki ilişki.....	69
Şekil 3.7. Projelermeye yönelik program tasarımı.....	70
Şekil 3.8. Projelermeye ilişkin ekran giriş formu	71
Şekil 3.9. [1] nolu veri girişine ilişkin program tasarımı	72
Şekil 3.10. Veri girişi bölümü ekran formu	72
Şekil 3.11. [1.1] nolu proje alanı sınır koordinatları girişine ilişkin akış diyagramı ...	74

Şekil 3.12. Proje alanı sınır bilgileri ve proje no sorgulamasına ilişkin ekran formu ...	75
Şekil 3.13. Sınır bilgileri için hazırlanan işlemi onaylama ekran formu	75
Şekil 3.14. Sistem içerisinde sınır koordinatlarının bulunduğu dosyanın seçiminin....	76
yapılabilmesi için hazırlanan ekran formu	76
Şekil 3.15. [1.2] nolu proje alanı içerisindeki istasyon noktalarına ilişkin verilerin girişi akış diyagramı	78
Şekil 3.16. Proje alanını oluşturan sınır ve proje alanı içindeki nokta katmanları	79
Şekil 3.17. [2] nolu veri tabanının oluşturulması bölümüne ilişkin program tasarımı	80
Şekil 3.18. Veri tabanı hesaplamalarına ilişkin ekran formu	81
Şekil 3.19. Proje sınırını oluşturan noktalara ilişkin katmanın veri tabloları ile ilişkilendirilmesi	82
Şekil 3.20. Proje sınırının oluşturduğu alan katmanının veri tabloları ile ilişkilendirilmesi	83
Şekil 3.21. Proje alanı içerisindeki istasyon noktalarının oluşturduğu katmanın veri tabloları ile ilişkilendirilmesi	83
Şekil 3.22. Düzgün şekilli olmayan alanların düzgün şekilli bir matrise dönüştürülmesi amacıyla gerekli katmanların ve tabloların ilişkilendirilmesi	85
Şekil 3.23. Şekli bozuk olan alanlarda, (mxn) matrisi ile oluşturulan nokta katmanı ve öznitelik tablosunun arasındaki ilişki	86
Şekil 3.24. Yakınlık analizi uygulanmış (m x n) matrisi alan katmanı ve öznitelik tablosu arasındaki ilişki	87
Şekil 3.25. Proje alanı içindeki her bir ölçüm noktasının temsil ettiği alanların oluşturulması için uygulanan analizler ve gerekli katmanların ilişkilendirilmesi	88
Şekil 3.26. Proje alanı içerisinde bir birim ve bir birimden farklı alan değerleri	89
Şekil 3.27. [2.1] nolu alan hesaplamaları akış diyagramı	90
Şekil 3.28. Proje alanı içerisindeki noktaların temsil ettiği alanları gösteren harita	93
Şekil 3.29. [2.2] nolu sayısal yükseklik modelinin oluşturulmasına ilişkin akış diyagramı	95
Şekil 3.30. Proje alanı sayısal yükseklik modeli	96
Şekil 3.31. Tesviye eğrileri aralığının sorgulanması için hazırlana ekran formu	97

Şekil 3.32. [2.3] nolu tesviye eğrili haritalamaya ilişkin akış diyagramı.....	98
Şekil 3.33. Tesviye eğrili haritalara ilişkin çizgi özelliğindeki katman ve öznitelik tablosu	99
Şekil 3.34. Proje alanı tesviye eğrili haritası	100
Şekil 3.35. [2.4] nolu ağırlık merkezi hesaplamasına ilişkin akış diyagramı.....	103
Şekil 3.36. Proje sınırının oluşturduğu alan katmanı üzerindeki ağırlık merkezi ve bu katmana bağlı öznitelik tablosu	104
Şekil 3.37. Arazi tesviyesi projelmesi kapsamında, CBS ortamında hesaplanan ağırlık merkezi sonuçlarını gösteren ekran formu	105
Şekil 3.38. [3] nolu tesviye projelme hesapları bölümüne ilişkin program tasarımı	106
Şekil 3.39. Tesviye projelme hesaplarına ilişkin ekran formu	106
Şekil 3.40. Tüm yöntemler için hesaplanan tesviye düzlemi yüksekliklerinin depolandığı veri tablosunun içeriği ve ilişkilendirilmesi	109
Şekil 3.41. [3.1] nolu tesviye düzlemi eğim hesapları bölümüne ilişkin program tasarımı	111
Şekil 3.42. Eğim hesaplamaları bölümü ekran formu.....	112
Şekil 3.43. [3.1.1.] nolu en küçük kareler yöntemi için hazırlanan akış diyagramı ..	114
Şekil 3.44. En küçük kareler yöntemine göre hesaplanan eğim ve ağırlık merkezi sonuçlarını gösteren ekran formu.....	115
Şekil 3.45. [3.1.2] nolu simetrik artıklar yöntemi bölümüne ilişkin program tasarımı	116
Şekil 3.46. Simetrik artıklar yöntemi giriş ekran formu	116
Şekil 3.47. Şekli düzgün bir arazinin matematiksel olarak gösterimi	117
Şekil 3.48. [3.1.2.1] nolu simetrik artıklar yönteminin düzgün şekilli arazilerde uygulanmasına ilişkin akış diyagramı	119
Şekil 3.49. Simetrik artıklar yönteminde şekli düzgün araziler için hesaplanan eğim ve ağırlık merkezi sonuçlarını gösteren ekran formu	120
Şekil 3.50. Düzgün şekilli olmayan bir arazinin matematiksel olarak gösterimi	121
Şekil 3.51. [3.1.2.2] nolu, simetrik artıklar yönteminin düzgün şekilli olmayan arazilerde uygulanmasına ilişkin akış diyagramı	124

Şekil 3.52. Simetrik artıklar yönteminde düzgün şekilli olmayan araziler için hesaplanan eğim ve ağırlık merkezi sonuçlarını gösteren ekran formu	125
Şekil 3.53. [3.1.3] nolu, sabit hacim merkezi yöntemi bölümüne ilişkin program tasarımı	126
Şekil 3.54. [3.1.3.1] nolu sabit hacim merkezi yönteminin düzgün şekilli arazilerde uygulanmasına ilişkin akış diyagramı	128
Şekil 3.55. [3.1.3.2] nolu, sabit hacim merkezi yönteminin, düzgün şekilli olmayan arazilerde uygulanmasına ilişkin akış diyagramı	131
Şekil 3.56. Farklı tesviye düzlemi belirleme yöntemlerine göre elde edilen kazı ve dolgu yükseklikleri veri tabloları ve birbirleri ile ilişkilendirilmesi	135
Şekil 3.57. Tesviye düzlemi eğimini belirleme yönteminin seçimi için hazırlanan ekran formu	136
Şekil 3.58. [3.2] nolu kazı ve dolgu hesaplamaları bölümüne ilişkin program tasarımı	137
Şekil 3.59. [3.2.1] nolu kaba hesaplama yöntemine göre kazı ve dolgu yükseklikleri, hacimleri ve K/D oranının hesaplanmasına ilişkin akış diyagramı	139
Şekil 3.60. [3.2.2] nolu kazı ve dolgu yükseklikleri, oranı ve hacimlerinin CBS ortamında hesaplanmasına ilişkin akış diyagramı	142
Şekil 3.61. Kazı-dolgu oranı sorgulamasına ilişkin hazırlanan ekran formu	145
Şekil 4.1 Proje alanlarının, büyüklük dağılımları	148
Şekil 4.2. 10 Nolu proje alanına ilişkin CBS ortamında oluşturulan ölçüm noktaları ve bu noktaların hizmet ettiği alanlar	151
Şekil 4.3. 10 Nolu proje alanı içerisindeki ölçüm noktalarının temsil ettikleri alan değerlerinin karşılaştırılması	152
Şekil 4.4. 10 Nolu proje alanını içerisindeki, ölçüm noktalarının temsil ettikleri alan değerlerinin karşılaştırılması	153
Şekil 4.5. 10 Nolu proje alanının sayısal yükseklik modeli	155
Şekil 4.6. 10 Nolu proje alanının katı yüzey modellemesi(kabartma haritası)	156
Şekil 4.7. 13 Nolu proje alanının sık ölçüm yapılarak elde edilen sayısal yükseklik modeli	157

Şekil 4.8. 13 Nolu proje alanının sık ölçüm yapılarak elde edilen katı yüzey modellemesi(kabartma haritası).....	157
Şekil 4.9. 13 Nolu proje alanının 20x20 m'lik noktasal verilerle elde edilen sayısal yükseklik modeli.....	158
Şekil 4.10. 13 Nolu proje alanının 20x20 m'lik noktasal verilerle elde edilen katı yüzey modellemesi(kabartma haritası).....	158
Şekil 4.11. 10 Nolu proje alanının tesviye eğrili haritası.....	160
Şekil 4.12. 10 Nolu proje alanının sayısal yükseklik modeli ve tesviye eğrili haritası	161
Şekil 4.13. 13 Nolu proje alanının ağırlık merkezi hesaplamalarına ilişkin sonuçları	163
Şekil 4.14. Ağırlık merkezi koordinatlarının %95 güven aralığındaki normal dağılımları.....	166
Şekil 4.15. Tesviye düzleminin x yönündeki eğimleri arasındaki ilişki.....	172
Şekil 4.16. Tesviye düzleminin y yönündeki eğimleri arasındaki ilişki.....	172
Şekil 4.17. Tesviye düzleminin x yönündeki eğimleri arasındaki ilişki.....	177
Şekil 4.18. Tesviye düzleminin y yönündeki eğimleri arasındaki ilişki.....	177
Şekil 4.19. Tesviye düzleminin x yönündeki eğimlerinin %95 güven aralığındaki dağılımları.....	180
Şekil 4.20. Tesviye düzleminin y yönündeki eğimlerinin %95 güven aralığındaki dağılımları.....	180
Şekil 4.21. Tesviye düzleminin x ve y yönündeki eğimlerinin %95 güven aralığındaki normal dağılımları.....	181
Şekil 4.22. Kaba hesaplama yöntemi ile elde edilen kazı hacimleri arasındaki ilişki ..	188
Şekil 4.23. Kaba hesaplama yöntemi ile elde edilen dolgu hacimleri arasındaki ilişki	188
Şekil 4.24. Kazı-Dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin verilerin %95 güven aralığındaki normal dağılımları	189
Şekil 4.25. Birim alana düşen kazı miktarı değerlerinin dağılımları	191
Şekil 4.26.CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile elde edilen kazı hacimleri arasındaki ilişki	196
Şekil 4.27.CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile elde edilen dolgu hacimleri arasındaki ilişki	196

Şekil 4.28. CBS destekli kaba yöntem ile elde edilen Kazı-Dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin verilerin %95 güven aralığındaki normal dağılımları ..	197
Şekil 4.29. CBS destekli kaba yöntem ile hesaplanan ve birim alana düşen kazı miktarı değerlerinin dağılımları	199
Şekil 4.30. CBS ortamında hesaplanan kazı hacimleri arasındaki ilişki	204
Şekil 4.31. CBS ortamında hesaplanan dolgu hacimleri arasındaki ilişki	204
Şekil 4.32. CBS olanakları kullanılarak elde edilen Kazı-Dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin verilerin %95 güven aralığındaki normal dağılımları ..	205
Şekil 4.33. CBS ortamında hesaplanan ve birim alana düşen kazı miktarı değerlerinin dağılımları	207
Şekil 4.34. Birim alana düşen kazı miktarlarının ortalama dağılımları	222
Şekil 4.35. Hacim dağılım planı	223
Şekil 4.36. CBS olanakları ile hazırlanan hacim dağıtım planı	224

1. GİRİŞ

Tarım, toprağı ve tohumu kullanarak bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretilmesi ve bunların çeşitli aşamalarda değerlendirilmesi olarak tanımlanır. Dünya nüfusunun sürekli artması karşısında, insanoğlunun karşılaşılabileceğı en önemli sorun; dünya besin gereksinimini sürdürülebilir tarımla karşılamaktır. Sürdürülebilir tarım, bitkisel üretim, doğal kaynakların korunumu, çevresel etkiler ve ekonomi arasında hassas bir denge kurulmasını gerektirmektedir (Korukçu ve Büyükcangaz 2003).

Sürdürülebilir tarımın temel hedefi; kırsal kesimde yaşayan insanların yaşam koşullarının sürdürülebilir bir biçimde iyileştirilmesi ve güvence altına alınması ile birlikte, sürekli artan dünya nüfusunun gıda güvenliğini sağlamaktır. Bu hedefin gerçekleştirilmesinde, özellikle gelişmekte olan ülkeler için sulu tarım çok önemli bir rol oynamaktadır. Sulama, kırsal gönenci arttırmayı amaçlayan ve insani boyutu ön planda tutan bir uğraş olup, yalnızca kurak bölgeler için değil, aynı zamanda yarı-kurak ve yarı-nemli bölgeler için de tarımsal üretimi artırma ve güvence altına almada temel ve vazgeçilmez bir faktördür (Korukçu ve Büyükcangaz 2003).

Sulu tarım alanlarında arazinin topografyası ve buna en uygun sulama yönteminin seçimi önemli bir etmendir. İyi bir tarım toprağı ve yeterli miktarda sulama suyu mevcut olmasına karşın, yöntem seçiminde gerekli dikkat gösterilmediğı takdirde, beklenenden az ürün alınması, su kaybı, toprak erozyonu, besin maddelerinin yıkanması gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir.

Bu nedenle, sulu tarım yapılan alanlarda, diğer çeşitli etmenlerin yanında arazi topografyası, ve buna bağılı olarak uygun sulama yönteminin seçimi de büyük bir önem kazanmaktadır. Yüzey sulama yöntemlerinin tarım alanlarına başarı ile uygulanıp, sulamadan beklenen yararın elde edilebilmesi, gerekli olan tarla içi geliştirme çalışmalarının yapılarak arazinin sulamaya hazırlanmasına bağılıdır.

Sulamaya hazırlık çalışmalarının en önemlisi arazi tesviyesidir. Çünkü, yüzey sulama yöntemlerinin tümünde, sulama suyu toprağına yerçekiminin etkisi altında, yüzey üzerinden akıtılarak verilir. Sulama suyunun, yetiştirilen bitkilerin kök bölgesi derinliğine homojen ve eksiksiz olarak, aynı zamanda toprak aşınmasına neden olmadan verilebilmesi işlemleri, toprak yüzeyinin belirli bir eğim derecesinde düzgün bir yüzeye

sahip olmasını gerektirir. Böyle bir yüzeyin sağlanabilmesi, ele alınan tarımsal arazinin tesviye edilmesi ile olasıdır.

Arazi yüzeyleri istenen eğimlerde tesviye edilebilmektedir. Uygun arazi yüzeyi eğiminin sağlanması için kazınması ve taşınması gerekli olan toprak miktarının az olması; arazinin fazla kazıdan kaynaklanan verimsizleşmesini engeller, proje maliyetini azaltır ve tesviye işlemlerinin kısa zamanda bitirilmesini sağlar. Bu nedenle arazi tesviyesinde ilk adım, en az toprak kazı ve taşınmasını sağlayacak tesviye düzlemi eğiminin hesaplanması işlemidir. Yapılmış olan uygulamalar; en az toprak kazı ve taşınmayı gerektiren tesviyenin arazinin doğal eğimini sağlayan tesviye olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Tesviye uygulamalarından elde edilen sonuçlara göre; herhangi bir arazinin istenilen eğimlere göre tesviye edilebilmesi için gerekli olan kazı miktarı dolgu miktarına oranla daha fazla olmaktadır. Bu durum her toprak çeşidi ve toprak koşulları için geçerlidir.

Bir arazinin istenilen eğimlere göre tesviye edilebilmesi için gerekli olan kazı ve dolgu miktarlarının tam olarak belirlenmesi olası değildir. Tesviye çalışmalarında, kullanılan tüm bilgilerin doğru bir biçimde değerlendirilmesi ile kazı ve dolgu hesaplamalarının daha gerçekçi sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Arazi tesviyesi çalışmalarına ilişkin bilgiler, söz konusu proje alanlarındaki yatırımların yapılması ve yönetsel kararlar için temel kaynaktır. Bu alanlardaki sorunların, modellerin ve olası stratejilerin tanımlanmasına yardım eden arazi bilgilerinin doğruluğu, karar verme işlemlerinde belirsizliği azaltır. Arazi tesviyesi projelerinin hazırlanmasında, gerekli ve doğru bilgilere kolaylıkla ulaşabilen kişiler, var olan durumu değerlendirme, geçmişteki koşulları analiz etme ve arazi tesviyesi için daha doğru projelendirme ve yatırımlar yapmada, ek bir kapasiteye sahip olmaktadır.

Bilgi; diğer kaynaklarda olduğu gibi, potansiyel yararların maksimum düzeye çıkabilmesi için açık yönetim anlayışını gerektirir. Arazi tesviyesi projelerinin hazırlanmasında yararlanılan bilgilerin etkin bir biçimde kullanılmaması, daha anlamlı ve gerçekçi sonuçlar için sağlıklı veriye erişmede yaşanan sıkıntılar, günümüzde yapılan çalışmaların en önemli sorunlarından birisidir. Bilginin yeterince değerlendirilememesi, başta hızlı karar verme konumundakiler olmak üzere, toplumun tüm kesimlerinde büyük

sorunlara yol açmaktadır. Bunun sonucunda da bilgi gibi önemli ve güçlü bir kaynak, farkında olmadan yok edilmektedir.

Yaşadığımız çağda, bilgi teknolojisi çok değişik alanlarda yoğun bir şekilde insanlığa hizmet etmektedir. Özellikle mekanlara, yer ve konuma bağlı bilgilerin yönetilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) birçok ekonomik, politik, sosyal ve kültürel kaynakların yönetimi ve bütünleştirilmesi gibi karmaşık analiz gerektiren uygulamalarda önemli rol oynamaktadır. Uydu teknolojisi ile CBS nin bütünleştirilmesi, artık yeryüzündeki doğal ve yapay kaynakların çok daha verimli yönetilmesine neden olmuştur.

Hızlı bir şekilde toplanabilen verilerin, çok hızlı bir şekilde analiz edilip gereksinim duyulan uygun biçimlerde kullanıcıya sunulması gerekmektedir. Bütün bunlar, teknolojik gelişmelerin yanında, yeniden yapılandırma ve sistem bütünlüğü de gerektirmektedir.

Bu çalışmada, arazi tesviyesi projelemesi kapsamında, özellikle şekli düzgün olmayan arazilerde, arazi tesviyesi projelerinin hazırlanmasında kullanılan farklı tesviye düzlemi eğimi ve kazı-dolgu hacimlerini belirleme yöntemlerinde, coğrafi bilgi sisteminin kullanım olanakları araştırılmış, uygulamadaki yöntemler karşılaştırılmış ve sonuçlar tartışılarak, arazi tesviyesi projelemesine farklı bir yaklaşım getirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında ve arazi tesviyesi projelemesinin her aşamasında CBS nin tüm kolaylıklarından yararlanılacak bir biçimde, gerekli olan tüm matematiksel işlemlerin kolaylıkla yapılabileceği bir model geliştirilmiştir. Bu bağlamda, CBS içersinde oluşturulan bu sistem ile 30 adet farklı şekil ve büyüklükteki proje alanlarında, ele alınan eğim ve kazı-dolgu hacimlerini belirleme yöntemleri ile sonuçlar elde edilmiş ve elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Beş bölümden oluşan bu çalışmada; giriş bölümünden sonra, ikinci bölümde arazi tesviyesi projelemesi ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı konusundaki kaynak araştırması üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan materyal ile arazi tesviyesi projelemesinin her aşamasında, CBS nin kullanım olanakları anlatılmış, CBS ortamında oluşturulan sistem tanıtılmaya çalışılmış ve çalışmada izlenen yöntem verilmiştir. Dördüncü bölümde, ele alınan 30 adet farklı proje alanlarından elde edilen,

eğim ve kazı-dolgu hesaplamaları ile ilgili sonuçlar verilmiştir. Beşinci ve son bölümde ise, elde edilen sonuçlara ilişkin önerilerde bulunulmuştur.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI VE KURAMSAL BİLGİLER

2.1. Arazi Tesviyesinin Tanımı ve Önemi

Yüzey sulama yöntemlerinin tarımsal arazilere başarı ile uygulanıp, sulamadan beklenen yararın elde edilebilmesi, gerekli olan tarla içi geliştirme çalışmalarının yapılarak, arazinin sulamaya hazırlanmasına bağlıdır. Sulamaya hazırlık aşamasının en önemlisi ise, arazi tesviyesidir. Çünkü, yüzey sulama yöntemlerinin tümünde, sulama suyu, toprağa, yerçekiminin etkisi altında, yüzeyden akıtılarak verilir. Sulama suyunun belirli bir düzen içerisinde toprağa verilebilmesi işlemi, arazi yüzeyinin belirli bir eğim derecesinde düzgün bir yüzeye sahip olmasını gerektirir. Böyle bir yüzeyin elde edilebilmesi ise, ele alınan tarımsal arazinin tesviye edilebilmesi ile mümkündür (Korukçu 1981).

Arazi tesviyesi; yüzey sulama sistemlerinin istenilen biçimde planlanması için ilk adımdır (Hamad ve Ahmed 1990). Tesviye diğer bitki ve toprak hazırlığı işlemlerinden önce gelmektedir. Tesviye, yüzey toprağının bir yerden başka bir yere taşınması olarak da ifade edilebilir (Reddy 1996).

Arazi tesviyesi, daha iyi bir sulamanın yapılabilmesi, olanaklar ölçüsünde doğal eğimi bozmadan ve verimlilik potansiyelini azaltmadan, arazide bulunan yüzeysel düzensizliklerin sulama yönteminin gerektirdiği eğim derecelerine göre düzeltilmesi olarak tanımlanır. Etkili ve kolay bir sulamanın yapılabilmesi için sulanacak alanın, uygun ve akış uzunluğu boyunca olanaklar ölçüsünde değişmeyen bir eğime sahip olması gerektiği bildirilmektedir (Güngör ve Yıldırım 1987).

Arazi tesviyesi, yüzey sulama sistemlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar ve sulanan alanlarda yüzey drenajının geliştirilmesi için bir yöntem olarak uygulanabilir. Kısacası arazi tesviyesi, hem sulama hem de yüzey drenajı için uygulanabilir (Faulkner 1965, Scaloppi ve Willardson 1986).

Arazi tesviyesi, sadece tarımsal projelerde değil konut inşaatlarının projelendirilmesi, endüstriyel yapı projeleri, hatta doğal zemine yapılması gereken spor alanları gibi bir çok altyapı projesinin bir parçasıdır. Aslında arazi tesviyesi, bu projelerin uygulamadaki ilk adımıdır (Modarres ve Shams 2001).

Arazi tesviyesi çalışmalarının, ister sulama isterse drenaj çalışmaları için yapılmış olsun, toprak ve su kaynaklarının korunması amacıyla çok iyi planlanması ve projelendirilmesi gerektiği belirtilmektedir (Cromwell ve Peterson 1993).

Wood (1951) yaptığı çalışmada, yüzey sulama yöntemlerinin uygulandığı arazilerde sulama ve drenajdan beklenen yararın sağlanabilmesi için alınması gereken önlemler içerisinde arazi tesviye projelerinin hazırlanmasında arazinin topoğrafik durumu, toprak bünyesi, toprak profili ve taban suyu durumunun dikkate alınması gereğini açıklamıştır (Korukçu 1981).

Rickman (2002), Kolombiya'da 1996-1999 yılları arasında yapılan çalışmada, aynı gübreleme koşullarında tesviye edilmiş ve tesviye edilmemiş alanlarda yaptığı pirinç yetiştiriciliğinde, tesviye edilmiş alanlardaki pirinç üretiminin % 24 oranında arttığını ve farklı iki alanda yapılan çalışmada arazilerin tesviye edilmiş olmasıyla ürün artışının arasında yüksek bir korelasyon ilişkisi olduğu bildirmiştir.

Sewell'in (1970), 1963-1965 yıllarında yapmış olduğu çalışmada, 15 cm ve daha çok kazı, 15 cm ve daha çok dolgu yapılması koşullarında, tesviyenin mısır verimine olan etkisini araştırmıştır. Araştırmalarından elde ettiği sonuçlara göre, toprak yüzeyindeki değişim durumunun verime olan etkisi % 5 olasılık seviyesinde önemsiz, ekim zamanının % 1 seviyesinde önemli olduğunu bildirmiştir. Buna göre, tesviye ile drenaj olanağının sağlanması sonucu erken ekim yapılabileceğinden, tesviyenin büyük yararlar sağlayacağını açıklamıştır (Korukçu 1981).

Henggeler (2002) tarafından Missouri'de yapılan çalışmada, sulama ve tesviye uygulamaları yapılmayan ürünlerde, sulama ve tesviyenin etkilerini belirlenmeye çalışmıştır. Yapılan çalışmada, sulama ve tesviye çalışmaları yapılan arazilerde yetiştirilen ürünlerde, yapılmayan alanlara göre yaklaşık % 6 lık bir ürün artışı olduğunu bildirilmektedir.

Osari (2003) tarafından yapılan çalışmada, arazi tesviyesi çalışmalarındaki mevcut değerlendirme yöntemleri ortaya konulmuş ve eğimli yüzeye sahip pirinç tarlalarındaki tesviye kalitesini artıracak bir değerlendirme yöntemi sunulmaya çalışılmıştır.

2.2. Tesviye Gereğinin Belirlenmesi

Herhangi bir arazinin tesviye edilmesine karar verilmeden önce, tesviye için gerekli harcamaların kabaca tahmin edilmesi ve hesaplanması gerekir. Tesviye sonrasında yetiştirilecek ürünlerin nicelik ve niteliğinde sağlanacak artışlar, yapılacak harcamaları karşılayabiliyor ve karlılık sağlayabiliyor ise arazinin tesviye edilmesi düşünülmeli, aksi halde arazi olduğu gibi bırakılmalıdır. Ayrıca, tesviyeden sonra arazinin verimsizleşebilecek olması da dikkate alınmalıdır. Ekonomik değerlendirmenin yanı sıra, arazinin yüzey sulama yöntemlerinin uygulanmasına elverişli olup olmadığı, elverişli arazilerde ise, hangi yüzey sulama yönteminin uygulanmasının gerekli olduğunun belirlenmesi ve arazinin topoğrafik durumu, toprak bünyesi, doğal eğimi, drenaj durumu, çöküntülü ve oyuntulu arazi, sulama suyunun debisi, bitki örtüsü gibi unsurlar da göz önünde tutularak tesviye edilip edilmeyeceğine karar verilmesi gerektiği belirtilmektedir (Çınar 1982).

- **Topoğrafik Durum** : Arazinin sulamaya hazırlanmasında, topoğrafik durum önemli sınırlayıcı koşullardan biridir. Topoğrafyanın karışık ve dalgalı olması, tesviye maliyetini çok fazla artırır. Genel olarak fazla kazıyı gerektiren uygulamalar, pahalı yatırımlar olarak kabul edilir. Ancak arazi mülkiyetinin az olduğu ve fazla karlı ürün yetiştiriciliği yapılan bölgelerde tesviye için diğer koşullar uygunsa, bu tip arazilerinde tesviye edilmesi gerekebilir (Johnson ve ark. 1977).

- **Toprak Bünyesi** : Suyun yüzeyden toprak içerisine düşey doğrultuda girmesine toprağın su alması (infiltrasyon), birim zamanda toprağa toprağa giren su miktarına ise su alma hızı (infiltrasyon hızı) adı verilmektedir (Güngör ve Yıldırım 1996). Kumlu ve çakıllı topraklar ile içlerinde fazla miktarda organik madde bulunan topraklar infiltrasyon hızı fazla olan topraklar olarak nitelendirilmektedir.

Toprakların sabit su alma hızı 75 mm/h den fazla olursa, yüzey sulama uygulamalarında derine sızma ile su kaybının artacağı, tuzluluk ve drenaj sorunlarının ortaya çıkacağı ve sulamanın ekonomik olacağı özel durumlar dışında, bu tür arazilerin tesviye edilmemesi gerektiği belirtilmektedir (Şişman 1982).

- **Toprak Derinliği** : Faydalı toprak derinliğinin az olduğu arazilerde tesviye sonrasında toprak derinliği azalabileceğinden tesviye sakıncalı olabilir (Phelan 1960).

- **Doğal Eğim** : Sulama suyunun iyi bir şekilde kontrol edilebilmesi için arazi eğiminin belirli sınırlar içerisinde olması gereklidir. Fazla eğimli arazilerde eğim doğrultusu boyunca akan su oyuntular meydana getirir ve erozyona neden olur. Bu tür arazilerde su kaybı daha fazla olur. Sulama suyu akış uzunluğunun çok kısa alınması bir çözüm olabilir. Akış uzunluğu ile toprağın su alma hızı, toprağın fiziksel özellikleri, sulama yöntemi, arazi eğimi ve sulama suyu debisi arasında yakın bir ilişki vardır. Toprağın su alma hızı azaldıkça akış uzunluğu artar. Akış uzunluğunun, olması gerekenden fazla alınması durumunda, arazinin üst tarafından derine sızma yoluyla su kayıpları fazla olur. Eğimin fazla olduğu arazilerde ise, uygulanacak debiye bağlı olarak erozyon meydana gelebileceği belirtilmektedir (Hermsmeir ve Larson 1962, Clemmens ve Dedrick 1982).

Toprak bünyesi ve eğime bağlı olarak en büyük akış uzunluğu değerleri Çizelge 2.1. de verilmiştir.

Maksimum akış uzunluğu arazi ölçümleri ile belirlenir. Yüzey sulama yöntemine göre de farklılık gösterir. Ayrıca, yüzey sulama yöntemlerinden uzun tava ve açık karıklarda, sulama yönündeki eğim, %2 kadar olabilir.

- **Drenaj Durumu** : Çözümü zor drenaj sorunları olan arazilerde yüzey sulama yöntemlerinin uygulanması güçleşebilir. Taban suyu düzeyi yüksek olan arazilerde, bu suyu bitki kök bölgesi için zararlı duruma getirmek doğru değildir. Geçirgen topraklı ve taban suyu düzeyi yüksek kapalı havza arazileri ile taşkına uğrayabilen arazilerin tesviye edilmemesi gerektiği bildirilmektedir (Şişman 1982).

Çizelge 2.1. Toprak bünyesi ve eğime göre en büyük akış uzunlukları (m)

Eğim (%)	Toprak Bünyesi					
	H	F	M	S	L	C
0,25	383	345	293	240	180	83
0,50	263	240	203	165	120	53
0,75	210	180	158	128	98	45
1,00	180	153	135	105	83	38

Kaynak : Şişman, N. 1982. Arazi Tesviyesi Ders Notları, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, 108 s.

H : Ağır (ince bünyeli topraklar) : Kumlu, kil, siltli kil.

F : Orta Ağır (orta ince bünyeli topraklar) : Kumlu killi tın, siltlikilli tın.

M : Orta (Orta bünyeli topraklar) : Çokince kumlu tın, tın, siltli tın.

S : Orta hafif (oldukça kaba bünyeli topraklar) : Kumlu tın, ince kumlu tın.

L : Hafif (kaba bünyeli topraklar) : Tınlı kum, tınlı ince kum.

C : Çok hafif (çok kaba bünyeli topraklar) : Kum, ince kum.

- **Sulama Suyunun Debisi:** Sulama suyu debisinin yetersiz olduğu ve yüzey sulama yöntemlerinin uygulandığı geçirgen topraklarda, karık veya tavalara üst ve alt uçlarının eşit oranda ıslatılması sağlanamamaktadır. Bu tür arazilerde yüzey sulama yöntemleri yerine yağmurlama ve damla sulama yönteminin uygulanması gerekir. Yağmurlama sulama yönteminin uygulanacağı arazilerde de belli bir ölçüde tesviye gerekli olabilir, ancak bu tesviye fazla miktarda toprak kazma ve taşınmasını gerektirmeyeceğinden uygulanmasında bir sakınca olmadığı bildirilmektedir (Şişman 1982).

- **Bitki Örtüsü :** Yüksek boylu ve derin köklü çalılarla kaplı arazilerin tesviyesinde, tesviye maliyeti ve işgücü maliyeti artacağından, tesviye maliyeti ve tesviye sonrası elde edilecek ürünlerin sağlayacağı kar hesaplarının yapılmasından sonra tesviyeye karar verilmesi gerektiği bildirilmiştir (Şişman 1982).

- **Sulama Yöntemi :** Yüzey sulama yöntemleri arazi eğimine bağlı olarak farklı şekillerde uygulandığından arazi tesviyesi sulama yöntemiyle birlikte değerlendirilmesi

ve gerekli değerlendirmeler yapıldıktan sonra uygulamaya geçilmesinin gerektiği bildirilmektedir (Şişman 1982).

2.3. Arazi Tesviyesinde Uygulama Aşamaları

Tesviye işlemlerine başlamadan önce arazinin mülkiyet durumu, yetiştirilen ve yetiştirilmesi düşünölen bitki çeşitleri, sulama suyunun debisi ve niteliği, arazide mevcut binalar, yollar ve sulama tesisleri, üst toprağın derinliği ve yapısı, taban suyu derinliği gibi hususlar dikkatli bir şekilde incelenir. Arazi toplulaştırması ile birlikte geniş ölçüde bir tesviye yapılması isteniyor ise daha geniş kapsamlı incelemelerin yapılması gereklidir. Yapılan inceleme ve değerlendirmelere göre arazi yüzey sulama yöntemlerinin uygulanmasına elverişli ise, uygulanacak yüzey sulama yöntemi belirlenir ve gerekli ekonomik değerlendirmeler de yapıldıktan sonra arazinin tesviye edilmesine başlanabilir. Tesviye işlemlerinin belirli bir programa göre yapılmasının iş kolaylığı ve ekonomiklik sağlama bakımından gerekli olduğu belirtilmektedir (Şişman 1982).

Bu bağlamda, tesviye işlemlerindeki bu programın işleyiş sırası şu şekilde gösterilebilir:

- Tesviye zamanının seçimi,
- Arazinin temizlenmesi,
- Hazırlık tesviyesi,
- Ölçme işlemlerinin yapılması,
- Kareler ağının akılması,
- Nivelman ölçümleri ve
- Tesviye eğrili haritaların çizimidir.

2.4. Tesviye Biçimleri

Arazi tesviyesi;

- Uygulama biçimi ve sulama yöntemi,
- Birim alandan kazılacak toprak hacmi ve
- Yapılış sırasına göre değişik biçimlerde ele alınmaktadır (Güngör ve Yıldırım 1987).

2.4.1. Uygulama Biçimine ve Sulama Yöntemine Göre Tesviye

Yapılış biçimi ve uygulanacak sulama yöntemine göre, arazi tesviyesi beş grup altında toplanabilir (Yıldırım 1996).

- **Yersel Tesviye** : Oldukça düz tarla parsellerinde, arazinin sadece belirli bir kesiminin tesviye edilmesidir. Topoğrafik koşullar nedeniyle tarla parselinin diğer kesimlerinde etkili bir sulama açısından tesviyeye gereksinim duyulmaktadır.
- **İki yönde değişken eğimli tesviye** : Tarla parsellerinin, sulama doğrultusunda ve sulamaya dik yönde olmak üzere eğim verilerek tesviye edilmesi prensibine dayanmaktadır.
- **Tek Yönde Değişken Eğimli Tesviye** : Tarla parsellerine sadece sulama doğrultusunda değişebilen derecelerde eğim verilerek yapılan tesviye biçimidir.
- **İki Yönde Sabit Eğimli Tesviye** : Tarla parsellerine sulama doğrultusunda ve dik yönde sabit eğim verilerek yapılan tesviye biçimidir.
- **Tek Yönde Sabit Eğimli Tesviye** : Tarla parsellerine sadece sulama doğrultusunda sabit eğim verilerek yapılan tesviye biçimidir.

2.4.2. Kazı Hacmine Göre Tesviye

Dekara kazı miktarının esas alındığı tesviye tipleri olup, kazı hacmi toplamı, kazı derinlikleri ortalamasıyla orantılı olarak değiştiğinden kazı hacmi yerine çoğu zaman kazı derinliği gruplamada esas alınır. Bu tür gruplamada tesviye; hafif tesviye, orta tesviye, ağır tesviye ve çok ağır tesviye olmak üzere dört grupta incelenir (Şişman 1982) (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Kazı hacmi ve kazı derinliğine göre tesviye tipleri

Tesviye tipi	Ortalama kazı derinliği (cm)	Kazı hacmi (m ³ /dekar)
Hafif tesviye	0,0 – 7,5	0 – 50
Orta tesviye	7,5 – 15	50 – 100
Ağır tesviye	15 – 25	100 – 150
Çok ağır tesviye	25'den fazla	150'den fazla

Kaynak : Şişman, N. 1982. Arazi Tesviyesi Ders Notları, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, 108 s.

Özellikle ağır ve çok ağır tesviye koşullarında, tesviye maliyetinin yüksek olması, yapılacak fazla derinlikteki kazı sonucu ham toprağın ortaya çıkması ve verimliliğin azalması etmenleri dikkate alınarak, yüzey sulama yöntemleri yerine, basınçlı sulama yöntemlerinin seçilmesi alternatifini üzerinde durulması gerekliliği bildirilmektedir (Yıldırım 1996).

2.4.3. Yapılış Sırasına Göre Tesviye Tipleri

İşlem sırası dikkate alındığında tesviye, hazırlık tesviyesi, kaba tesviye ve ince tesviye olarak gruplandırılmaktadır (Yıldırım 1996).

- **Hazırlık Tesviyesi** : Arazide var olan tümseklerin kazılması, çukurlukların doldurulması, çalıkların kesilmesi, ağaç köklerinin çıkarılması ve iri taşların toplanması hazırlık tesviyesi olarak nitelendirilir.

- **Kaba Tesviye** : Belirlenen eğim derecesine göre gerekli olan kazı ve dolgu işlemlerinin yapılmasıdır.
- **İnce Tesviye** : Kaba tesviyesi tamamlanmış olan bir arazide kalabilecek arazi düzensizliklerinin ve makine izlerinin giderilmesi amacıyla yapılan tesviyedir.

2.5. Arazi Tesviyesinde Kullanılan Eğim Belirleme Yöntemleri

Arazi yüzeyleri istenen eğimlerde tesviye edilebilirler. İstenen arazi yüzeyi eğiminin sağlanması için, gerekli olan toprak kazma ve taşıma miktarlarının az olması, tesviye harcamalarını azalttığı gibi, tesviyenin kısa zamanda bitirilmesini ve ayrıca arazinin verimsizleşmemesini sağlar. Bu nedenle arazi tesviyesinde ilk adım, en az toprak kazma ve taşınmasını sağlayacak tesviye eğiminin hesaplanması işlemidir (Şişman 1982).

Yapılmış olan uygulamalar, en az toprak kazma ve taşımayı gerektiren tesviyenin arazinin doğal eğimini sağlayan tesviye olduğunu ortaya çıkarmıştır. Arazi üzerindeki tümseklerin kazılması ve çukurlukların doldurulması yoluyla yüzey kırışıklıklarının giderilmesi durumunda, bir düzlem olacağı kabul edilen arazi yüzeyinin belirli bir doğrultudaki eğimi doğal eğim olarak tanımlanmaktadır. Tarım arazileri genellikle dikdörtgen şekilli veya dikdörtgene yakın şekillerde olduklarından doğal eğimler birbirine dik iki doğrultuda hesaplanmaktadır. Doğal eğimlerin hesaplanmasından farklı yöntemler kullanılmaktadır (Şişman 1982).

Tesviye projelemesinde amaç, doğal topoğrafyaya en uygun tesviye düzleminin saptanması ve doğal arazi yüzeyi ile tesviye düzlemi arasında kalan kazı ve dolgu miktarlarının hesaplanmasıdır. Bugüne kadar geliştirilen tesviye projeleme yöntemleri esas ve uygulama açısından üç bölüm altında toplanabilir (Güngör ve Yıldırım 1987):

- Deneyim-yanılgı esasına dayalı yöntemler,
- Matematiksel esaslara dayalı yöntemler,
- Optimizasyon tekniklerine bağlı yöntemler.

2.5.1. Deneyim-Yanılıgı Esasına Dayalı Yöntemler

Bu yöntemlerde, arazi topoğrafyasına uygun tesviye düzlemi, yetenek ve deneyimlere bağılı olarak saptanır. Bu yöntemleri 3 grup altında toplamak mümkündür (Güngör ve Yıldırım 1987).

- **Tek Yönlü Kesit Yöntemi** : Bu yöntemde, kareler ağına ayrılmış arazinin sulama doğrultusundaki her bir sırasının boyuna profilleri çizilir. Elde edilen her bir profilde, sulama yöntemine göre belirli eğime sahip tesviye doğruları geçirilir. Aradaki farklardan kazı ve dolgu miktarları hesaplanır. tesviye eğrilerinin eğimi diğerinden farklı olabileceği gibi, değişken de olabilir. Genellikle, dar ve uzun arazilerin tesviye projelerinin yapılmasında, çok zaman alacağından ve sağlıklı sonuçlar elde edilememesinden dolayı uygun değildir.
- **Çift Yönlü Kesit Yöntemi** : Bu yöntemde, sulama yönü ve sulama yönüne dik doğrultudaki eğim aynı anda bulunur. Bunun için, kareler ağına ayrılmış bulunan arazi yüzeyinin yatay bir düzleme göre izometrik görünümü çizilir. İzometrik görünüm üzerinde, sulama yönündeki herbir sıranın eğimi, dik yöndeki eğim kontrol edilerek yerleştirilir ve böylece tesviye düzlemi elde edilir.
- **Değişken Düzlem Yöntemi** : Bu yöntemde, kareler ağına ayrılmış arazi yüzeyinde kare köşelerinin kotları, sulama ve buna dik yönde uygun eğimi sağlayan hatlarda değiştirilir. Daha sonra kazı ve dolgu miktarları hesaplanarak dengelenir. Özellikle topoğrafyası engebeli araziler için uygun bir yöntemdir.

Balaban ve ark.(1974), sulamada arazi tesviyesinin önemi, arazi tesviyesinin ekonomik sınırları ve tesviye ihtiyacının belirlenmesinde dikkate alınması gerekli etmenleri açıklamışlardır. Tek yönlü kesit yöntemi, ortalama profil yöntemi ve çift

yönlü kesit yöntemine göre tesviye projelmesini örneklerle belirtmişlerdir. Bunun yanında, kazı ve dolgu hacimlerin hesaplanmasında kullanılan kaba yöntem, hassas yöntem ve dört nokta yöntemine ilişkin bilgiler vermişlerdir.

Haris ve ark.(1966), uygulanacak sulama yöntemine göre arazi eğiminin tek yönlü veya iki yönlü olarak değiştirilmesi yoluyla yapılan değişken eğimli tesviye projelme yönteminin arazi topoğrafyasına en iyi şekilde uyum sağladığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bu projelme yöntemini bilgisayar programı haline dönüştürerek örnek bir araziye uygulamışlar ve projelme koşulları içerisinde; toplam kazı ve dolgu miktarı ile taşıma mesafesi ve tesviye maliyetinin en aza indirildiğini belirtmişlerdir.

2.5.2. Matematiksel Esaslara Dayalı Yöntemler

Deneyim-yanılgı yöntemlerinin zaman alıcı ve elde edilecek sonuçların tümüyle projeyi yapanın yetenek ve deneyimine bağlı olması, daha duyarlı sonuçlar veren matematiksel yöntemlerin gelişmesine yol açmıştır. Bu yöntemlerde esas, doğal topoğrafyaya en uygun tesviye düzleminin matematiksel ilişkilerle saptanmasıdır.

Matematiksel ilişkilere dayalı olarak, tesviye düzlemi eğimini belirlemede kullanılan belirli 4 yöntem bulunmaktadır (Shih ve Kriz, 1970).

Bu yöntemler;

- Givan (1940) tarafından düzgün şekilli araziler için geliştirilen ve Chugg (1947)'de şekli bozuk araziler için de uygulanan *En Küçük Kareler Yöntemi*,
- Raju (1960) tarafından geliştirilen *Sabit Hacim Merkezi Yöntemi*,
- Butler (1961) tarafından geliştirilen *Ortalama Profil Yöntemi*,
- Shih ve Kriz (1970b) tarafından geliştirilen *Simetrik Artıklar Yöntemleridir*.

2.5.2.1. En Küçük Kareler Yöntemi

Matematiksel bir yöntem olan en küçük kareler tesviye projelendirme yöntemi, Givan (1940) tarafından geliştirilmiştir. Givan, bu yöntemin geliştirilmesinde istatistikte yer alan en küçük kareler kuramını kullanmış, böylece doğal arazi topoğrafyasına en uygun tesviye düzlemini belirlemeye çalışmıştır. Geliştirilen bu yöntemle başlangıçta ancak düzgün şekilli arazilerin tesviye projeleri hazırlanabilmiştir.

Yöntemin temel ilkesi, kareler ağına ayrılmış arazide, kare köşelerinin yükseklikleri ile tesviye düzlemi yükseklikleri arasındaki farkların karelerinin toplamı en küçük olan tesviye düzleminin belirlenmesidir.

Chugg (1947) yaptığı çalışmada, en küçük kareler yöntemini, uygulamada daha çok karşılaşılan, düzgün şekilli olmayan arazilere de uygulanabilecek bir hale dönüştürmüş ve bunun için gerekli olan matematiksel eşitlikler ile bunların işlem sıralarını açıklamıştır.

2.5.2.2. Sabit Hacim Merkezi Yöntemi

Raju (1960) tarafından geliştirilen sabit hacim merkezi yöntemi, kazı ve dolgu miktarları arasında bir dengenin kurulabilmesi için, toprak hacminin minimum kazı ve minimum toprak taşımaları sağlamak amacıyla, kazılacak toprağın ağırlık merkezinin tesviye öncesi ve sonrasında değişmediği hipotezine dayanmaktadır.

Bu yöntem, en küçük kareler tesviye projelendirme yöntemi kadar hassas sonuçlar vermekte ve bu yöntemde hesaplamalar daha kolay yapılabilmektedir.

2.5.2.3. Ortalama Profil Yöntemi

Ortalama profil yöntemi, esas olarak en küçük kareler yönteminin diğer bir uygulama biçimidir. Söz konusu yöntem, en küçük kareler yöntemine kıyasla tüm kare köşelerini göz önünde bulundurarak, bunlara ilişkin yüksekliklere en uygun olan tesviye düzleminin bulunması yerine, arazinin iki doğrultudaki ortalama kesitlerine yine en

küçük kareler yöntemine göre, en uygun doğruların bulunması biçiminde değiştirilmiştir.

Diğer bir deyimle, arazinin iki doğrultudaki ortalama kesitlerine en uygun iki doğrunun oluşturacağı düzlemin, doğal topoğrafyaya uygulama yönünden tesviye düzlemi olarak uygunluğu yeterli görülmüştür. Böylece hesaplamalar bir dereceye kadar azaltılmakta ve elle yapılmasına olanak sağlanmaktadır (Korukçu 1981).

Gattis (1959) yaptığı çalışmada, yüzey sulama yöntemlerinin etkinliğini arttırabilmek için, arazinin sulama yöntemine göre uygun bir düzleme getirilmesi gerekliliğine değindikten sonra, projelirmede yararlanılan en küçük kareler-ortalama profil yöntemlerinin uygulanış biçimlerini açıklamıştır.

Butler (1961) yaptığı çalışmada, sulama ve drenaj çalışmalarında arazi tesviyesinin önemine değinerek ortalama profil yönteminin her türlü arazi biçimine uygulanabileceğini belirtmiş ve projelendirme formülasyonunu açıklamıştır.

Shih ve Kriz (1971a) yaptıkları çalışmada, örnek olarak aldıkları farklı arazilerin en küçük kareler, sabit hacim merkezi ve ortalama profil yöntemleri ile tesviye projelerini hazırlayarak, sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, ortalama profil yönteminin diğer yöntemlere göre daha fazla kazı ve dolgu verdiği, en küçük kareler ile sabit hacim merkezi yöntemleri arasında önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir.

2.5.2.4. Simetrik Artıklar Yöntemi

Shih ve Kriz (1971b) tarafından geliştirilen bu yöntem, arazi ortasından geçirilecek bir hatta göre, kazı ve dolgu miktarlarının simetrik olması esasına dayanmaktadır.

Araştırmacılar 21 ayrı parselde yaptıkları uygulama sonucunda, en küçük kareler, sabit hacim merkezi ve simetrik artıklar yöntemlerinin kazı hacmi bakımından farklı sonuçlar vermediğini belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar, bir bilgisayar yazılımı hazırlayarak simetrik artıklar yönteminin uygulanmasında büyük kolaylıklar sağlamışlardır (Shih ve Kriz 1971 c, d).

Balaban ve ark. (1974) yaptıkları çalışmada, simetrik artıklar yönteminin esaslarını örnekler vererek açıklamışlar, yöntemin en küçük kareler ve sabit hacim yöntemleri kadar hassas sonuçlar verdiğini, dikdörtgen ve düzgün şekilli olmayan arazilere başarı ile uygulanabileceğini bildirmişlerdir.

2.5.3. Optimizasyon Tekniklerine Dayalı Yöntemler

Bu yöntemler, matematiksel yöntemlerin doğrusal programlama yöntemleriyle çözümüne dayanmaktadır. Yöntemlerde amaç, eğim ile kazı-dolgu oranının izin verilen projelendirme sınırları arasında kalmasını sağlayarak, en az kazı miktarının elde edilmesidir.

Sowell ve ark.(1971) yaptıkları çalışmada, düzgün şekilli arazilerin tesviye projelendirmesi için doğrusal programlama tekniğini ilk uygulayan araştırmacılar olmuşlardır. Geliştirilen modelde amaç, tesviye düzlemi eğimi ile kazı-dolgu oranı izin verilebilir projelendirme sınırları arasında kalması sağlanarak, en az kazı ve dolayısıyla dolgu miktarını veren aynı zamanda doğal arazi topoğrafyasına en uygun olan tesviye düzlemini saptamaktır. Araştırmacılar, dikdörtgen araziler için geliştirilen modelin formülasyonunda bazı değişikliklerin yapılarak düzgün şekilli olmayan arazilere de uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Korukçu (1974) yaptığı çalışmada, bir tarım arazisinin sulamaya hazırlanmasında karşılaşılabilecek farklı koşulların ele alınmasına olanak sağlayıcı ve aynı ölçütler altında diğer projelendirme yöntemlerine göre, daha az toplam kazı ve dolgu miktarını verebilen bir arazi tesviye projelendirme yönteminin geliştirilmesini amaçlamıştır. Bu amaca yönelik olarak, matematiksel programlama tekniklerinden biri olan doğrusal programlamanın, arazi tesviye projelendirmesinde uygulanabilirliği konusunda çalışmıştır. Yaptıkları çalışmada, sorunu yansıtan matematiksel modeller ile bunların etkin, kolay ve uygulamaya dönük çözüm yollarını belirtmiştir. Beş adet arazinin tesviye projelerini aynı koşullar altında en küçük kareler, simetrik artıklar ve doğrusal programlama tekniğine dayalı tesviye projelendirme yöntemlerine göre hazırlamış ve sonuçlarını karşılaştırmıştır. Buna göre doğrusal programlama modeliyle bu iki yöntemden daha az toplam kazı sağlamış ve en küçük kareler yöntemine kıyasla, % 5 ve % 23 oranında daha az kazı verdiğini belirlenmiştir.

Temple (1978) yaptığı çalışmada, tava sulama yöntemi için gerekli olan arazi tesviye projelemesinde kazılacak toprağı en aza indirgeyecek bir optimizasyon tekniğini kullanmış ve programlamıştır. Bilgisayarda hesaplama yapmak için geliştirilen bu yöntem istenen kazının en aza indirgenmesi ve optimum bir yüzey elde edilmesine yönelik, en küçük kareler yönteminin, tekrarlamalı kullanımına dayandırılmıştır. Geliştirilen bu teknik ile diğer klasik en küçük kareler ve en küçük kareler-ortalama profil yöntemlerine göre, daha az kazı hacmi elde edilmiş ve ani topoğrafik değişimli arazilerde daha iyi sonuç alınacağını bildirmiştir.

Modarres ve Shams (2001) yaptıkları çalışmada, arazi tesviye projelemesinde doğal arazi yüzeyine en uygun düzlemi belirleyen bir model geliştirmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada, arazi tesviyesi projeleri için optimizasyon tekniklerini kullanmışlar ve çalışmalarına doğrusal programlama modelini uygulayarak, toprak profilinin ortalama derinliğini en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Geliştirdikleri model sonucunda, gelecek araştırmalar için doğal arazi yüzeyine en yakın, tesviye düzleminin elde edilmesi için, parçalı alanlar üzerinde tesviye projelerinin yapılmasını önermektedirler.

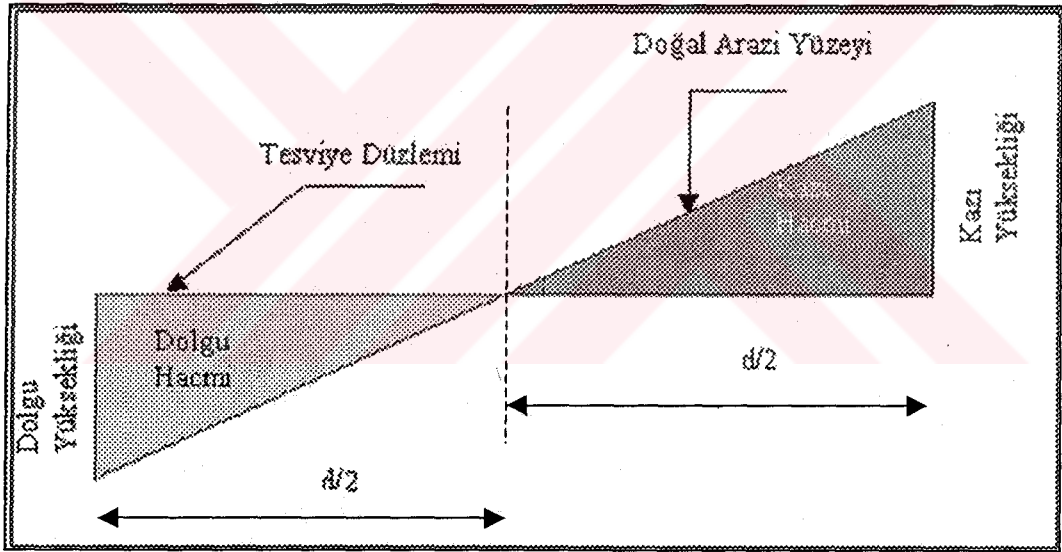
Smerdon ve ark (1966) de yaptıkları çalışmada, arazi tesviyesi işleminin, en az masrafla gerçekleştirilebilmesi için, düzgün şekilli bir arazinin tesviye projelemesinden sonra, ortalama taşıma uzaklığını en az kılan ve dolayısıyla bir tesviye projesinin uygulamasında optimal toprak dağıtım desenini veren bir doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir.

Rapcsak (1983), Mayer ve Stark (1981) de yaptığı çalışmalarda, sulama yapılacak yüzeylerde, en uygun tesviye ve toprak taşıma maliyetlerine en aza indirebilecek bir yapıya sahip farklı doğrusal programlama modelleri kullanmıştır.

Bu konuda yapılan en son çalışmalardan biri de, Easa (1988) de yapılan çalışmadır. Söz konusu araştırmacı toprak taşıma işlemleri ile yol çalışmaları sırasında yapılan tesviye çalışmalarını birleştiren, bir doğrusal programlama modeli kullanmıştır (Moreb ve Bafail 1994, Easa 1989)

2.6. Kazı ve Dolgu Hesaplamaları

Tesviye edilecek arazinin ortalama doğal eğimleri, ağırlık merkezinin yüksekliği ve koordinatları hesaplandıktan sonra, arazinin istenilen eğimlere göre tesviye edilebilmesi için gerekli olan kazı ve dolgu miktarlarının belirlenmesi gerekir. Kazı ve dolgu miktarı yükseklik ve hacim olarak ifade edilebilir (Şekil 2.1). Arazi üzerindeki bir noktanın istenilen yükseklik değerine getirilebilmesi için o noktadan kaldırılması gereken toprağın kalınlığı kazı derinliği, doldurulması gereken toprağın kalınlığı ise dolgu yüksekliği olarak tanımlanır. Arazinin istenilen eğimlere göre tesviye edilebilmesi için arazi yüzeyinden kaldırılan toprağın hacmi kazı hacmi, arazi yüzeyine serilen toprağın hacmi ise dolgu hacmi olarak tanımlanır.



Şekil 2.1. Kazı ve dolgu yükseklikleri eşit iki farklı istasyon arasındaki kazı ve dolgu hacimlerinin gösterimi

2.6.1. Kazı-Dolgu Oranının Belirlenmesi

Kazı ve dolgu yükseklikleri arasındaki farklılık, kazı ve dolgu oranı veya fire payı olarak tanımlanmaktadır (Şişman 1982).

Kazı ve dolgu oranı aşağıdaki eşitlikte olduğu gibi ifade edilebilir.

$$\text{Kazı-Dolgu Oranı (\%)} = (\text{Toplam Kazı Hacmi/Toplam Dolgu Hacmi}) \times 100$$

Kazı-dolgu oranını hacim olarak hesaplamak fazla zaman alıcı olduğundan, hesaplamalarda kazı ve dolgu yükseklik değerleri kullanılmaktadır. Tesviye ilgili uygulamalarda, hacim ve yükseklik olarak alınan kazı-dolgu oranlarının düzgün şekilli alanlarda yaklaşık aynı değerleri verdiği görülmüştür (Şişman 1982).

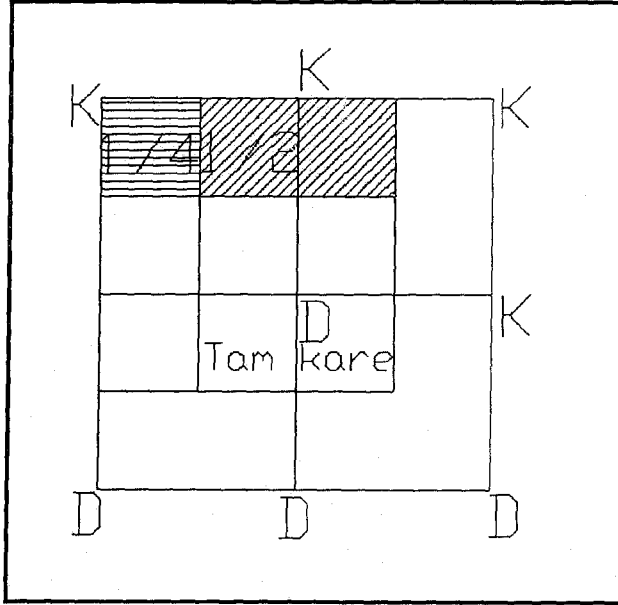
2.6.2. Kazı ve Dolgu Hacminin Hesaplanması

Arazi tesviye projelerinin hazırlanmasında, kazı-dolgu oranları belirlendikten sonra, bu oranı sağlayacak biçimde tesviye düzlemi eğiminin sağlanabilmesi için, kazı ve dolgu hacimlerinin hesaplanması gerekir. Genellikle hesaplamalarda birbirinden farklı üç ayrı yöntem uygulanmaktadır. Bunlar;

- Kaba hesaplama,
- Dört nokta,
- Ortalama yükseklik yöntemleridir.

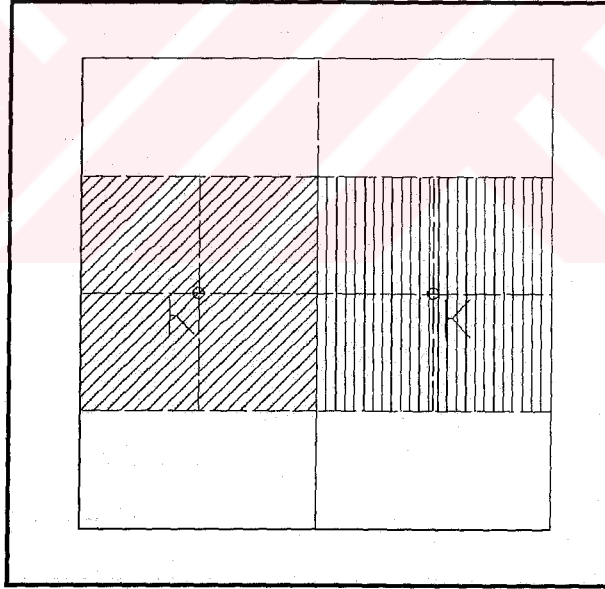
2.6.2.1. Kaba Hesaplama Yöntemi

Bu yöntemde, her kare köşesindeki kazı ve dolgu değerinin, kare kenarı ortasına kadar eş dağılımlı olarak devam ettiği varsayılmaktadır. Bu durumda tabanı kare alanı kadar, yüksekliği ise kare köşesindeki kazı veya dolgu yüksekliği kadar olan bir prizmanın hacminin hesaplanması söz konusu olmaktadır. Prizmanın yüksekliği kazı ise prizma hacmi kazı hacmi, prizmanın yüksekliği dolgu ise prizmanın hacmi dolgu hacmi olmaktadır. Kareler ağının, arazinin kenarlarından başlatılmış olması durumunda köşelerdeki kazı ve dolgu alanları, tam kare alanının 1/4 ü, kenarlardaki kazı veya dolgu alanları ise tam kare alanının 1/2 si, iç kısımlardaki alanlar ise tam kare alanı olmaktadır (Şekil 2.2) (Şişman 1982).



Şekil 2.2. Kazı veya dolgu alanları tam, yarım ve 1/4 kare olan planın bir bölümü

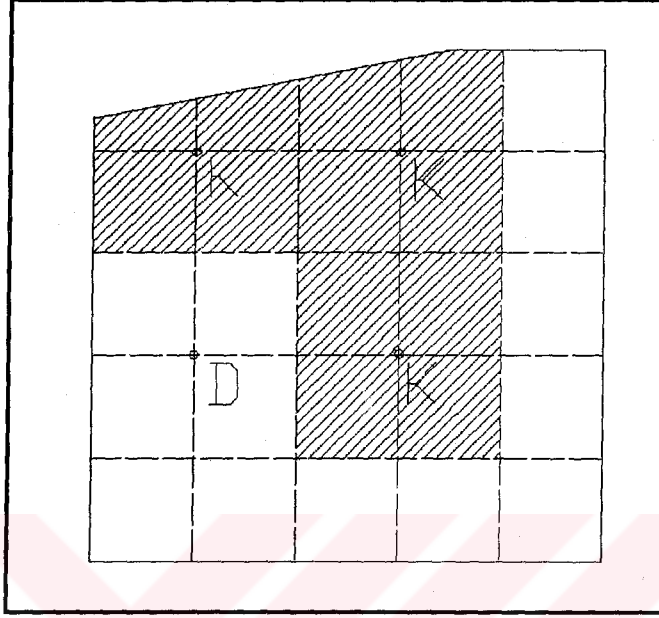
Kareler ağının, arazi kenarlarının yarım kare boyu uzağından başlatılmış olması durumunda, kazı ve dolgu alanları tam kare alanı olmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Kazı veya dolgu alanları tam kare olan planın bir bölümü

Düzgün şekilli olmayan arazilerde, arazi kenarlarındaki alanlar tam kare alanından küçük veya büyük olabilmektedir (Şekil 2.4). Bu alanlar ünite alanı olarak kabul edilmekte ve kabaca, yamuk veya üçgen alanlarından yola çıkılarak hesaplanmaktadır. Günümüzde bu tür hesaplamaların, teknolojik gelişmelere bağlı

olarak, coğrafi bilgi sistemi ile çok daha güvenilir bir biçimde yapılabilme olanakları vardır.



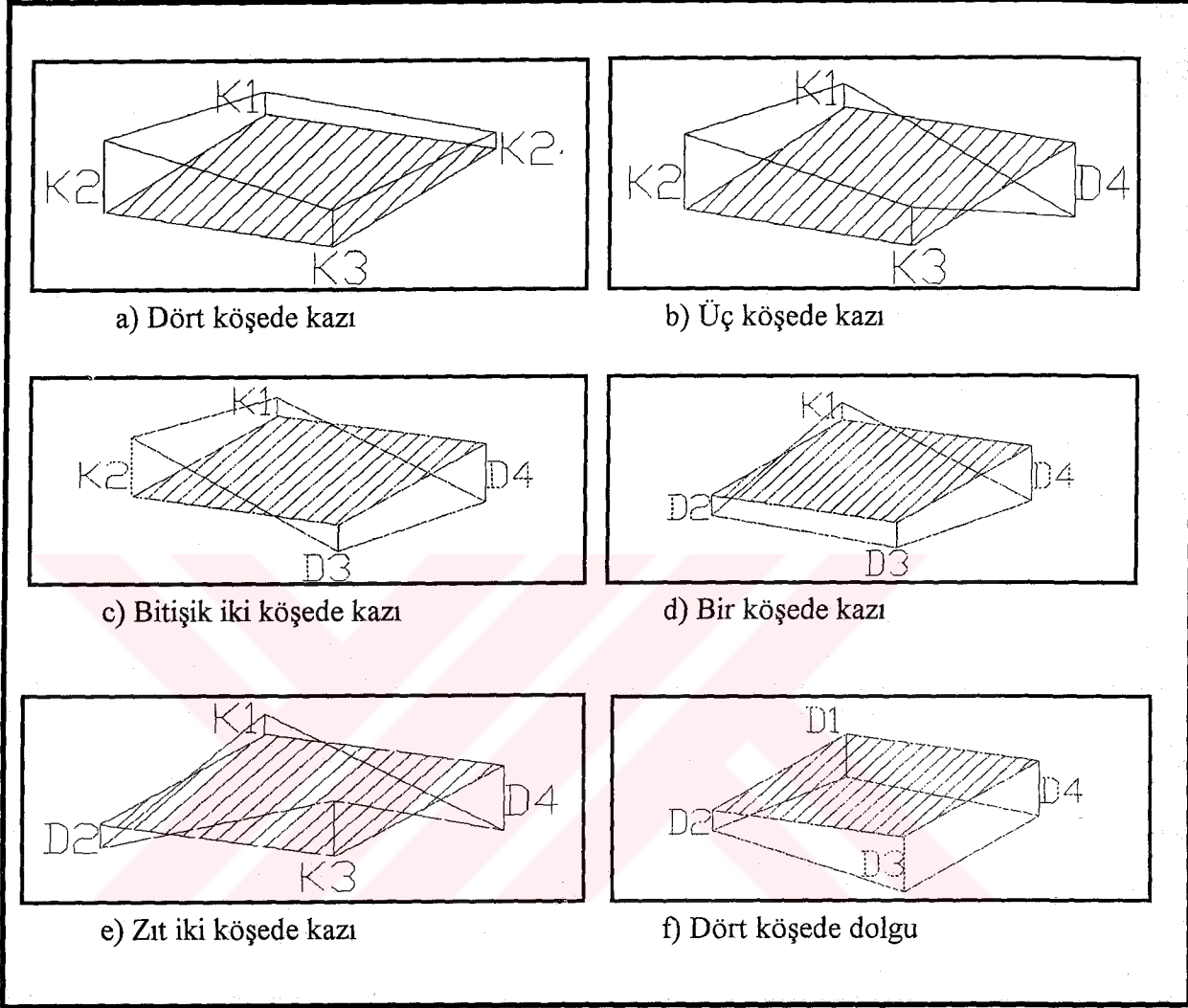
Şekil 2.4. Düzgün şekilli olmayan arazideki kazı dolgu alanları

2.6.2.2. Dört Nokta Yöntemi

Kareler ağının arazi kenarlarından başlatıldığı proje alanlarına ilişkin kazı ve dolgu hesaplarının yapılmasında uygulanan bir yöntemdir. Kareler ağının arazi kenarlarından yarım kare uzaklıktan başlatıldığı durumlarda dört nokta yöntemi uygulanamamaktadır. Bu yöntemin uygulanışını kolaylaştırmak için, farklı kare kenarı boyutları için kazı ve dolgu hacmini veren çizelgelerden yararlanılır (Şişman 1982).

2.6.2.3. Ortalama Yükseklik Yöntemi

Bir tesviye projesinde kareler ağına ayrılmış alan üzerindeki her bir kare, köşelerinde yer alan kazı ya da dolgu derinliklerine göre Şekil 2.5 de verilen koşullardan birine uymaktadır (Güngör ve Yıldırım 1987).



Şekil 2.5. Kareler ağına ayrılmış bir proje alanı içerisindeki bir karenin köşelerinde yer alan kazı ve dolgu farklılıkları

Güngör ve Yıldırım (1987) tarafından bildirildiğine göre, Şekil 2.5 de verilen her bir koşul için, farklı eşitlikler kullanılabilir ve kazı dolgu hacimleri belirlenebilmektedir.

2.6.3. Hacim Dağıtım Planı

Hacim dağılım planı; tesviye projeleri hazırlandıktan sonra, arazide kazılacak ve doldurulacak alanları gösteren bir plandır. Hacim dağılım planı üzerinde kazıdan dolguya geçiş noktalarının birleştirilmesiyle kazı ve dolgu alanları belirlenmiş olur (Şişman 1982).

Ülkemizde yapılan arazi tesviyesi projelerinde, kazı ve dolgu hacimleri kaba yöntemle belirlendiği için, hacim dağılım planlarının hazırlanmasında, kazıdan dolguya geçiş noktalarının, kare kenarının yarısında olduğu kabul edilmekte ve kazı dolgu alanları düz çizgilerle birbirinden ayrılmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi olanakları ile kazı-dolgu sınırlarının gerçek yeri doğrusal enterpolasyonla daha kolay ve gerçekçi bir biçimde belirlenebilmektedir.

Bu bağlamda, Coğrafi Bilgi Sistemi olanakları ile gerçekleştirilebilecek bir arazi tesviyesi projelemesinde karşılaşılan sorunların, en aza indirilebileceği düşünülmektedir.

2.7. Arazi Tesviye Projelerinin Hazırlanmasında Bilgisayar Teknolojisinin Kullanılma Olanakları

Thomson ve Schmoldt (2001), günümüzde bütün meslek dallarının en belirgin hedefinin, ihtiyaçların giderilmesi çerçevesinde gelişen teknolojiyi yakından izlemek, mevcut sistemin varlığını göz önünde tutarak bu teknolojiye ayak uydurmak olduğunu, son 20 yılı aşkın zamandır, bilgisayar yazılımlarının, doğal ve tarımsal kaynak yönetim ve projelerinin her aşamasında etkili bir biçimde kullanılmakta olduğunu bildirmektedirler.

Ülkemizde, gerek yerel yönetimler gerekse diğer kurum ve kuruluşlar, basit harita üretimi fonksiyonlarından arazi kullanım analizleri, yer seçimi ve modelleme gibi karmaşık ihtiyaçlara kadar birçok çalışmayı sayısal duruma getirmek için bilgisayar destekli tasarım, planlama ve uygulama çalışmalarına yönelmişlerdir. Bu bağlamda, coğrafi bilgi sistemleri, şehirlerin, doğal kaynakların ve hizmet tesisleri dağıtım

sistemlerinin nasıl planlanacağı ve nasıl yönetileceği hakkında daha etkili ve daha doğru kararlar verme yeteneği konusunda farklı yaklaşımlar ortaya koymuştur (Cingöz 1997).

Walker ve Skogerboe (1987) tarafından, arazi tesviyesinin, tarım mühendisliği uygulamalarında, yüzey sulama sistemlerinin dizaynında ve randımanlı işletiminde çok önemli bir yere sahip olduğu bildirilmektedir (Walker 1989).

Mevcut arazi tesviye projelene yöntemleri çok fazla matematiksel hesaplamalar içerdiğinden dolayı, bu konuyla ilgilenen bazı araştırmacılar, matematiksel işlemlerin kolaylıkla yapılabileceği ve DOS ortamında çalışabilen uygun bilgisayar programları geliştirmişlerdir (Smerdon ve ark. 1966; Sowell ve ark. 1971; Scaloppi ve Willardson 1986, Rapcsak 1983, Zissis ve ark., 1996).

Shih ve Kriz (1971c, d)'de yaptıkları çalışmada, simetrik artıklar yönteminin daha kolaylıkla uygulanmasını sağlamak amacıyla dikdörtgen ve düzgün şekilli olmayan araziler için ayrı ayrı FORTRAN IV programlama dilinde bilgisayar programları hazırlamışlardır.

Hernández-Saucedo ve ark. (1996), yüzey sulaması için arazi tesviyesi projelmesi ile uğraşan mühendislere yardımcı olmak amacıyla SINIVET 2.0 adını verdikleri, IBM PC uyumlu, DOS ortamında ve menü yardımıyla çalışabilen bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir. SINIVET en küçük kareler yöntemini kullanarak en uygun ve en az maliyeti gerektiren tesviye eğimini hesaplamakta, dört-nokta yöntemiyle kazı-dolgu hacimlerini bulmakta ve tesviye düzlemini istenilen kazı-dolgu oranına göre ayarlamaktadır. Programın sonuç raporları, toplanan coğrafi verileri, hesaplanan eğim sonuçlarını, kazı-dolgu hacimlerini, kazı-dolgu oranlarını, toprak taşıma maliyetlerini ve tesviye eğrili haritalarını içermektedir. SINIVET 2.0 programı, Mexio Nayarit bölgesinde 1000 ha'lık bir alanda denenmiştir.

Scaloppi ve Willardson (1986) de yaptıkları çalışmada, daha önce aynı konu üzerinde yaptıkları çalışmaları da dikkate alarak, en küçük kareler projelene yöntemini esas aldıkları, DOS ortamında çalışan ve LEVLGRAM adını verdikleri bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir.

ABD'de, 1992 yılında yapılan çalışmada Basic ve Fortran-77 bilgisayar programlama dili ile oluşturulan, düzgün ve düzgün şekilli olmayan araziler için

kullanım özelliği bulunan LANDLEV arazi tesviye projelendirme programında, en küçük kareler yöntemi esas almıştır (Anonim 1992).

Ülkemizde Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğüne yürütülen arazi tesviyesi projelendirmesi kapsamında, en küçük kareler projelendirme yöntemine göre hesaplamaların yapıldığı ve DOS ortamında çalışan bir bilgisayar paket programı kullanılmaktadır.

Günümüzde doğrudan arazi tesviye projelendirmesine yönelik olmayıp, farklı mühendislik çalışmaları için hazırlanmış, fakat bünyesinde topoğrafik haritaların elde edilmesi, hacim, kazı-dolgu ve eğim hesaplamalarına kadar bir çok mühendislik işlemleri bulunduran bilgisayar programları bulunmaktadır.

Ele alınan bilgisayar programlarının tümü Basic veya Fortran dilinde yazılmış, DOS ortamında çalışan ve coğrafi verilerin x ve y boyutları ile ilgilenen programlardır.

Coğrafi bilgi sistemi ortamı, coğrafi bilgilerin sahip olduğu konumların (x,y ve z), değerlendirilebileceği ve yorumlanabileceği bir ortamdır. Arazi tesviyesi projelendirmesi kapsamında kullanılan veriler konuma dayalı bilgileri içermektedir. Bu bağlamda, Coğrafi Bilgi Sisteminin, arazi tesviyesi projelendirmesi için gerekli olan tüm hesaplamaların yapılabileceği ve sonuçların görüntülenebileceği bir yapıya sahip olduğu düşünülmektedir.

2.8. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Arazi Tesviyesinde Kullanım Olanakları

Günümüz toplumlarınca bilginin önemi anlaşılmış olacağından, çağımız "*bilgi çağı*" olarak adlandırılmış ve bu konuda ülkeler büyük bir yarış içerisine girmişlerdir. Artık bir kaynak olarak kabul edilen bilgiden, en iyi şekilde yararlanma yoluna gidilmektedir (Yomralıoğlu ve Çelik 1994).

Bilgi sistemleri ve bunların sınıflandırılmasına ilişkin tartışmalar sadece ülkemizde değil, diğer ülkelerde de yapılmaktadır. Ancak teknolojiyi devamlı olarak transfer etmek zorunda kalan ülkemiz için bu türden tanımsal sorunlar, daha da fazla olmaktadır (Yomralıoğlu ve Çelik 1994).

Bilgi, insan zekasının erişebileceği olgu, gerçek ve ilkelerin tümü olarak tanımlanabilir (Ağar 1974).

Genel olarak, öğrenme, araştırma ve gözlem sonucu ortaya çıkan bilgi, sosyal, bilimsel, ekonomik, kültürel vs konularda araştırma ve inceleme yapmak, günlük gelişmelere yön vermek, politika üretmek için gerekli olan önemli bir kaynak ve ihtiyaçtır. Nitekim bugünkü gelişmiş toplumların bilgi düzeyleri ve bilgiyi izleme kapasitelerinin yüksek olması sonucunda, bunlar diğer toplumlara göre daha saygın bir yer almışlardır (Yomralıoğlu ve Çelik 1994).

Bilgi görünebilir ve paylaşılabılır olduğu sürece ekonomik yarar sağlar, stratejik sonuçların üretilmesini mümkün kılar. Kağıt üzerindeki bilginin paylaşımı zahmetli ve zaman alıcı olup, yüksek maliyet ve yoğun emek gerektirir. Ayrıca, bu tür bilgilerin aradaki hiyerarşi katmanlarında kaybolması veya değiştirilmesi de mümkündür. Bilgi çağında bilginin bir yerlerde var olması değil, kullanıcılara zamanında sahip oldukları yetkiler çerçevesinde doğru, güncel ve hızlı olarak sunulması, çözüme yönelik analizlerin üretilmesi, karar mekanizmalarının zamanında ve doğru kararlar alabilmelerine imkan sağlanması önemli ve anlamlıdır (Mataracı ve İlker 2002).

Veri, bilginin hammaddesi olup, bilginin temsil biçimidir. Veri her ne kadar bilginin hammaddesi olarak düşünülse de, bazı durumlarda dikkate alınan veri, aynı zamanda bilgi özelliğini de taşıyabilir. Bu açıdan bilgi, kullanıcı tarafından anlaşılabilir biçimlere dönüştürülmüş verilerden oluşan bir grup olarak da tanımlanabilir (Yomralıoğlu 2000)

Sistem, bir sonuç elde etmeye yarayan yöntemler düzenidir. Bilginin toplanıp işlenmesi de belli bir sistemin var olmasını gerektirmektedir. Bu amaçla kurulan sistemlere "*bilgi sistemleri*" adı verilmektedir. Dolayısıyla bilgi sistemi, bilgiye kolayca erişip, bilgiyi daha verimli kullanabilmek için oluşturulan bir sistemdir. Bunun yanında, günümüzdeki bilgi sistemlerinin temel fonksiyonu "*doğru-karar*" verebilme kapasitesini artırmaktır (Yomralıoğlu ve Çelik 1994).

Bilgi sistemi, organizasyonların yönetsel fonksiyonlarını desteklemek amacı ile bilgiyi toplayan, depolayan, üreten ve dağıtan bir mekanizma olarak ta tanımlanır (Anonim 1991).

Taştan (1991) tarafından bilgi sistemi; bilgilerin toplanması, bilgisayar ortamına girilmesi, depolanması, işlenmesi ve sunulması amacıyla bir araya

getirilmiş donanım, yazılım, bilgi (veri) ve personel bileşenlerinden oluşan bir bütün olarak tanımlanmıştır.

2.8.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Tanımı

Bilgisayar teknolojisinde ve matematik biliminde 20. yüzyılın ikinci yarısında meydana gelen gelişmeler, verilerin depolanması, düzenlemesi, paylaşımı, yeniden değerlendirilmesi, analizi ve dünya yüzeyinin görüntülenmesi gibi konuların işlenebilirliğini arttırmıştır. Var olan verinin doğru ve güvenilir bir şekilde tutulmasının yanı sıra, en son bilgi sistemleri sayesinde verilerden, geçmişten geleceğe yönelik çok önemli ve ayrıntılı modelleme, araştırma ve analizler yapma olanağı doğmuştur. Günümüzde, bilgi sistemleri, uygulamalı bilim dallarında ve kamu kuruluşlarının birçok birimlerinde kullanılır hale gelmiştir (Anonim 2001).

Coğrafi bilgi sistemlerinin ilk temellerinin atılışı kartoğrafik amaçlarla da olsa, bugün geldiği yer çok farklıdır. Geçirmiş olduğu evreler süresince gelişimindeki en büyük pay, bilgisayar dünyasındaki donanım ve yazılım alanlarında gerçekleştirilen teknik ilerlemelere aittir. Coğrafi Bilgi Sistemlerine (CBS) bugün dünya çapında büyük bir istek olmakla birlikte, bu sistemlerin yaklaşık otuz yıllık bir geçmişi olduğu da bir gerçektir (Köse ve ark. 1997).

Bugünkü adıyla CBS, ilk 1960'lı yıllarda yeryüzüne ait veri işlemleriyle ilgili olarak yola çıkıp, 1970'li yıllarda coğrafi bilgi yönetimine ve daha sonrada 1980'li yıllarda konumsal karar destek sistemlerinin ilk aşamasına ulaşmıştır (Fischer ve Nijkamp 1993).

Coğrafi bilgi sistemi, değişik araştırmacılar tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır.

CBS, belirli bir amaç ile yeryüzüne ilişkin verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, transferi ve görüntülenmesi işlevlerini yerine getiren araçların tümüdür (Burrough 1986).

CBS, konumsal veya konumsal olmayan verilerin depolandığı, işlendiği ve gösterildiği bilgi teknolojisidir (Parker 1988).

CBS, coğrafya ile ilgili grafik ve grafik olmayan verilerin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde çeşitli kaynaklardan toplanması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi, yönetilmesi ve sunulması fonksiyonlarını bütünleşik olarak yerine getiren donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşan bir organizasyondur (Bank 1994, Anonim 2000).

Bir başka tanıma göre ise CBS; araştırma, planlama ve yönetimdeki karar verme yeteneklerini artırmak ve ayrıca zaman, para ve personel tasarrufu sağlamak amacıyla coğrafi varlıklara ilişkin grafik ve grafik olmayan verilerin çeşitli kaynaklardan toplanması, bilgisayar ortamında depolanması, işlenmesi, analizi ve sunulması fonksiyonlarını bütünleşik olarak yerine getiren donanım, yazılım, coğrafi veri ve personel bileşenlerinden oluşan bir bütündür (Şehsuvaroğlu 1996, Yomralıoğlu ve Akça 1999).

CBS kullanıcılarının farklı disiplinlerden olması nedeniyle, bu kavram değişik biçimlerde tanımlanmaktadır. Burrough (1986), CBS'yi "belirli bir amaç ile yeryüzüne ait verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, transferi ve görüntülenmesi işlevlerini yerine getiren araçların bütünüdür" biçiminde tanımlamıştır (Büyükçangaz, 2001).

Sonuç olarak Coğrafi Bilgi Sistemi, yeryüzünün herhangi bir özelliği ile ilgili çalışmanın bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesi esasına dayanır. Bu yöntem aslında bir metodolojidir. Çalışma konusu bir şekilde mekan, insan, zaman ve bunlarla ilgili değişkenleri az veya çok içeren bütün bilim dalları ve meslek gruplarının Coğrafi Bilgi Sisteminden faydalanma ve kullanma imkanları vardır (Turoğlu 2000, Carter 1989, Smith ve ark.1987, Coven 1988, Devine ve Field 1986, Maguire 1991 ve Ozemoy ve ark.1981).

CBS, uzaktan algılama, konumsal analiz ve kartografi gibi coğrafi tekniklere yönelik disiplinler, 1980'li yıllara kadar birbirlerinden bağımsız çalışmaktaydılar. CBS'nin 1980'li yıllarda hızlı ve yayılarak gelişimi, bugün bu disiplinleri CBS çatısında bir araya getirmiştir (Slocum ve Egbert 1991).

Çeşitli mühendislik uygulamalarında yüksek kullanım potansiyeline sahip CBS'lerinin gittikçe artan ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için, sürekli gelişmekte olan diğer bilgisayar tabanlı disiplinlerle temas halinde olması bir zorunluluktur. Bu durum

zaman zaman, CBS'lerinin kimliği üzerine disiplinler arasında görüş farklılıklarına da neden olmaktadır (Taylor 1991).

Bugünün koşullarındaki CBS'leri, uygulamalardaki gereksinimlere kapsamlı bir biçimde karşılık verebilmesi için, bünyesindeki birtakım işlevsel bileşenleri bulundurmak zorundadır. Bir CBS ortamında bulunması gereken ana bileşenler; veri alma alt sistemi, veri depolama ve arşivleme alt sistemi, veri düzenleme ve analiz etme alt sistemi ve bir sonuç veri raporu alt sistemidir (Stefanovic ve ark., 1989).

2.8.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları

Coğrafi Bilgi Sistemleri bir çok meslek grupları tarafından kullanılan etkin bir konumsal analiz aracı olarak, günümüzde geniş bir uygulama alanına sahiptir. CBS, gerek özel sektör kesiminde gerekse akademik araştırmalarda ve kamu kurumlarında oldukça yoğun olarak kullanılmaktadır. CBS'ne olan bu aşırı ilgi, CBS destekli bir çok projenin kısa sürede hayata geçirilmesine neden olmuştur (Yomralıoğlu, 2000).

Tüm sektörler gibi, harita kullanan kuruluşlar da bu teknolojidenden etkilenmekte ve son yıllarda Sayısal Haritacılık ve Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamaları konusundaki talep, artan hızda devam etmektedir. Bilgisayar Destekli Kartoğrafya, Bilgisayar Destekli Tasarım, Bilgisayar Grafikleri, Konuma Bağlı Analiz, Matematik (İstatistik), Ölçme, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama gibi birçok disiplinlerde 1970'lerde başlayan ve 1980'lerde devam eden paralel gelişmeler Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojisini doğurmuştur (Cingöz 1997).

Günümüzde değişik disiplinlere hizmet eden CBS nin en önemli işlevlerinden biri çevresel problemlerin belirlenmesi ve çözümü ile ilgili olanıdır. Kaynakların doğal çevreye zarar vermeden kullanılması ve yönetimi CBS kullanımı ile günümüzde daha da kolaylaşmıştır. Önemli bitki ve hayvan türlerinin her türlü özellikleri, coğrafyadaki dağılımları ve bu dağılışın iklim, toprak, eğim, bakı (yöney) ve coğrafik konum gibi bağımsız değişkenlerle ilişkileri CBS ile daha iyi analiz edilip modellenebilmektedir. Söz konusu tür ve çeşitlerin coğrafyadaki dağılımlarının zaman içindeki değişimleri de CBS ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile kolaylıkla izlenebilmekte ve tehdit

altındaki türlerin dağılışı alanlarındaki artış veya azalış somut bir biçimde ortaya konulabilmektedir. CBS nin bu özelliği, sorunlu alanların tespitinde araştırmacı ve karar vericilere önemli ipuçları sunmakta, koruma alanları ve milli park sınırlarının daha objektif değerlendirmeler ışığında belirlenmesine olanak tanımaktadır. Bu nedenle günümüzdeki önemi tartışmasız olan gen kaynaklarının kendi doğal çevrelerinde korunması çalışmalarında CBS vazgeçilmez bir araç konumundadır (Doğan 2000).

Teknolojik alandaki hızlı gelişme, endüstri toplumundan *Bilgi Toplumu* olma yönünde ivmeyi arttırırken, aynı zamanda coğrafi va arazi bilgisi kavramının önemini su yüzüne çıkarmıştır. Bu arada da bilgisayar teknolojisi ve haritacılık biliminin alt dallarındaki gelişmeler arazi hakkında sınırsız denilecek miktarda bilgi toplamayı olanaklı hale getirmiştir. Bilgisayar teknolojisi ve bu teknolojinin beraberinde getirdiği yeni olanaklar kullanılarak, arazi ölçmesi ve harita üretimi yapan kurum ve kuruluşlar ile diğer coğrafi bilgi kaynağı olan kurum ve kuruluşların bir bilgi sistemi içinde bütünleştirilmesi ve böylece bu sistemin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak üzere coğrafi bilginin toplanması, depolanması, işlenmesi ve sunulması işlemlerinin organize edilmesi gerekmektedir. Bu da ancak bir coğrafi bilgi sistemiyle gerçekleştirilebilir (Cingöz 1997).

Kullanım alanı giderek artan ve sınırsız uygulamaları olan CBS, ülkemizde de özel ya da resmi bir çok kuruluştaki değişik amaçlara yönelik olarak etkin bir biçimde kullanılmaktadır. CBS'nin sağladığı olanaklar nedeniyle bir çok kurum ve kuruluş hızla bu konudaki alt yapıyı oluşturmuş, yakın bir geçmişte geleneksel yöntemlerle sürdürdükleri çalışmalarda CBS donanım ve yazılımlarından yararlanmaya başlamışlardır. Ancak bu konuda yapılan tüm çalışmalar birbirinden bağımsız bir organizasyon yapısı içerisinde sürdürülmekte, mevcut donanım, yazılım, personel temini ve eğitimi, bunlar için gerekli finans kaynağı faaliyeti sürdüren kurumların kendi olanakları ile çözümlenmeye çalışılmaktadır. Bunun sonucunda söz konusu teknolojiyi benimseyen ve kullanan kurumlar uygulamada bazı sorunlarla karşılaşmaktadır (Anonim 2001).

Coğrafi bilgisi sistemlerinin desteklediği uygulamalar için kesin bir liste yapmak olası değildir. Coğrafik varlıkların söz konusu olduğu her yerde bir coğrafi bilgi sistemi

uygulanması yapmak olasıdır. Ancak yine de coğrafi bilgi sistemini kullanabilecek belli başlı alanlar ve uygulama konuları Çizelge 2.3 te verilmiştir (Yomralıoğlu 2000).

CBS, tarımda bitki deseni tahmini, rekolte tahmini, çayır mera alanlarının ve nadasa bırakılan alanların belirlenmesi, bitki gelişiminin izlenmesi, toprak sınıflandırması, sulama ve drenaj etütleri, su toplama havzası etüt ve planlaması, su ve toprak kaynaklarını koruma planlaması, arazi düzenleme çalışmaları, tarım ve hayvancılığa ilişkin kaynak tahminleri, kırsal yerleşim yerlerinin belirlenmesi gibi birçok tarımsal amaçlı çalışmalarda kullanılabilir (Yomralıoğlu 2000).

Çizelge 2.3. Coğrafi bilgi sisteminin bazı uygulama alanları

Coğrafi Bilgi Sisteminin Uygulandığı Alanlar	Uygulama Konuları
Çevre Yönetimi	Çevre düzeni planları, çevre koruma alanları, ÇED Raporu hazırlama, göller, göletler, sulak alanların tespiti, çevresel izleme, hava ve gürültü kirliliği, kıyı yönetimi
Doğal Kaynak Yönetimi	Arazi yapısı, su kaynakları, akarsular, hidroloji, havza analizleri, yabani hayat, yer altı ve yer üstü doğal kaynak yönetimi, madenler, petrol kaynakları
Mülkiyet -İdari Yönetim	Tapu-Kadastro, vergilendirme, seçmen tespiti, nüfus, uygulama imar planları, nazım imar planları, halihazır harita, alt yapı çalışmaları
Bayındırlık Hizmetleri	İmar faaliyetleri, otoyollar, devlet yolları, demir yolları ön etütleri, deprem zonları, afet yönetimi, bina hasar tespitleri, binaların cinslerine göre dağılımı, bölgesel kalkınma dağılımı
Eğitim	Araştırma-inceleme, eğitim kurumlarının kapasiteleri ve bölgesel dağılımları, okuma- yazma oranları, öğrenci ve öğretmen sayıları ve dağılımları, planlama çalışmaları
Sağlık Yönetimi	Sağlık - coğrafya ilişkisi, sağlık birimlerinin dağılımı, personel yönetimi, hastane vb. birimlerin kapasiteleri, bölgesel hastalık analizleri, sağlık tarama faaliyetleri, ambulans hizmetleri
Belediye Faaliyetleri	Kentsel faaliyetler, imar, emlak vergisi toplama, imar düzenlemeleri, çevre, park bahçeler, fen işleri, su, kanalizasyon, doğalgaz işleri, TV kablolu, imar planları, nazım imar planları, halihazır haritalar, altyapı, toplu taşımacılık, belediye yolları ve tesisleri
Ulaşım Planlaması	Kara, hava, deniz ulaşım ağları, doğal gaz boru hatları, iletişim istasyonları, enerji nakil hatları, ulaşım haritaları
Turizm	Turizm bölgeleri ve merkezleri, turizm amaçlı imar planları, turizm tesisleri, kapasiteleri, arkeoloji çalışmaları
Tarım ve Orman	Eğim- baki hesapları, arazi örtüsü, toprak haritaları, orman amenajman haritaları, orman sınırları, milli parklar , arazi kullanım planları; arazi düzenleme çalışmaları
Ticaret ve Sanayi	Sanayi alanları, organize sanayi bölgeleri, serbest bölgeler, bankacılık, pazarlama, sigorta, risk yönetimi, abone , adres yönetimi
Savunma- Güvenlik	Askeri tesisler, tatbikat ve atış alanları, yasak bölgeler, sivil savunma, emniyet, suç analizleri, suç haritaları, araç takibi, trafik sistemleri, acil durum

2.8.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin Önemi ve Yararları

İnsanoğlunun varlığını devam ettirebilmesi için gerekli olan su, hava, arazi gibi temel varlıklar gerçekte uygun olmayan kullanım sonucu tehlike içine girmektedirler. Bu varlıklar içinde arazi insan ilgisinin merkezini oluşturmaktadır. Çalışma, beslenme, barınma, hareket etme, dinlenme gibi insan temel etkinlikleri arazi üzerinde gerçekleşmektedir. Ancak yeryüzündeki arazi alanı sabit kalırken, nüfus artmaktadır. Bu da insanoğlunun hizmetine sunulmuş olan arazinin daha özenli ve daha bilinçli olarak kullanılması ve böylece gelecek nesillere yaşamaya değer bir dünya bırakmanın önemini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle insanlığın varlığını devam ettirebilmesi için, birçok konunun yanında arazi ve araziye bağlı olanaklar hakkında, daha fazla bilgiye ihtiyacı vardır (Fırat 1997).

Değişik kurum ve kuruluşlarda araziye ilişkin bilgiler arasında ilişkinin az, eksik veya hiç olmaması nedeniyle, kendisinde olmayan arazi bilgisine ihtiyaç duyan kurum ve kuruluş, bu bilgileri başka bir kurum ve kuruluştan alarak kendi kayıt sistemine dönüştürmek yerine yeni bilgi toplamak yolunu tercih etmekte; dolayısıyla zaman, personel ve para bakımından bilgi maliyetini arttırmaktadırlar (Fırat 1997).

İnsanlar belli bölgelerde birlikte yaşamaya başladıklarında mülkiyet hukuku kavramını geliştirmiş, arazi ölçme teknikleri ortaya çıkmış ve arazi kayıtları derlenmeye başlanmıştır. Ticaret geliştikçe ve yeni bölgeler keşfedildikçe, arazi ölçülmüş ve haritası yapılmıştır. Şehirlerdeki hızlı büyüme, ekili arazinin korunması, mevcut arazi kaynaklarının korunması ve diğer çevre koruma konuları gibi çeşitli etkenler arazi bilgisine olan ihtiyacı arttırmıştır. Birçok konuda arazi bilgisi dahil olmak üzere coğrafi bilgiye olan ihtiyacı kendini göstermiştir (Cingöz 1997).

Yeni teknolojik gelişmeler, coğrafi ve arazi bilgisinin toplanması, depolanması, işlenmesi yöntemlerini, olumlu yönde ve büyük ölçüde etkilemiştir. Özellikle bilgisayar teknolojisinde son yıllarda görülen hızlı gelişmeler haritacılık biliminin gücünü arttırmış, buna paralel olarak bu bilimin alt dalları olan jeodezi, fotogrametri, kartoğrafya ve uzaktan algılama konularındaki yeni ölçüm ve harita yapım teknikleri, arazi hakkında sınırsız denilecek miktarda bilgi toplamayı olanaklı hale getirmiştir (Cowen 1988).

CBS nin yararlarını **nicelik** bakımından incelediğimizde;

- CBS teknolojisinde veri tekrarı yoktur.
- Sayısal olarak elde edilen coğrafi verileri güncelleştirmek daha kolay ve ucuzdur.
- Verilere dayalı olarak istenilen bilgileri üretmek daha doğru ve daha hızlıdır.
- Uygun veri standardı ile bir başka CBS'den veri aktarmak yeniden üretmekten daha ucuzdur.
- Kullanıcıya daha iyi karar alma imkanı verir.
- Üretimin artmasına yardımcı olur
- Zaman, para ve insan gücü tasarrufu sağlaması yararları olduğu gibi,

Nitelik bakımından incelediğimizde ise;

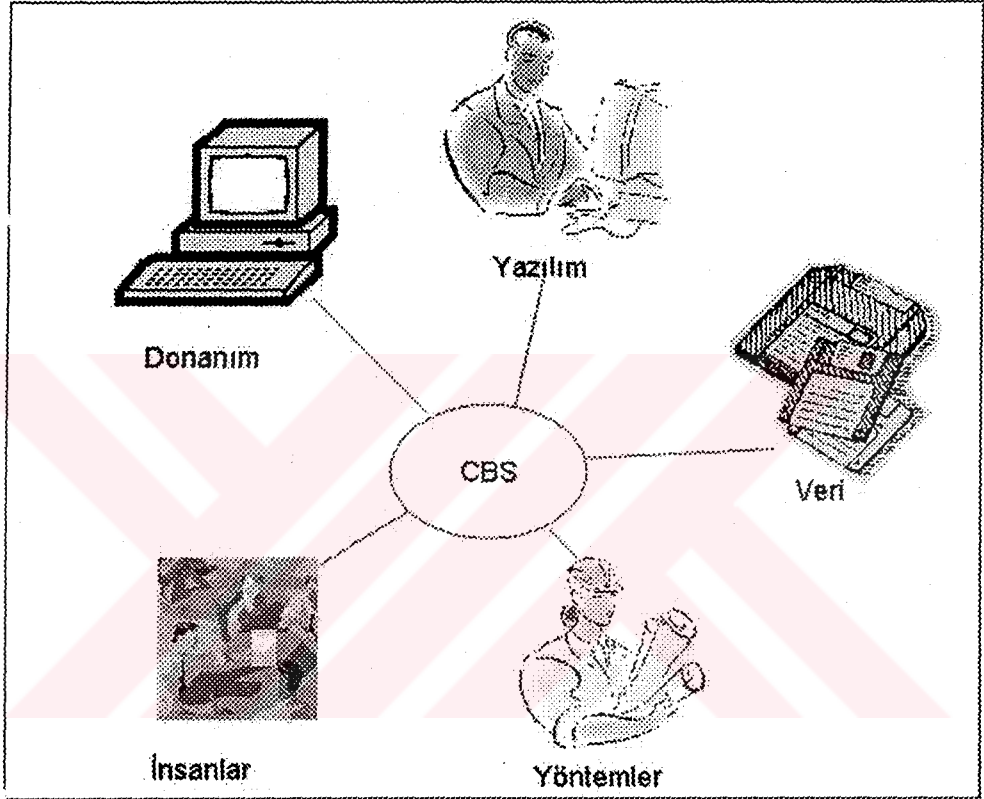
- **Bilgilerin paylaşımı** : Farklı yönetim birimleri, kurum ve kuruluşlar arasında bilgilerin paylaşımını sağlayarak birbirlerine ait bilgileri kullanmaya olanak sağlar.
- **Bilgi fazlalığı, karmaşası ve tutarsızlığının önlenmesi** : Bilgilerde hızlı değişim olması ve buna paralel olarak güncelleştirme ihtiyacı, farklı yerlerde depolanan bilgiler arasında tutarsızlıklara yol açar. CBS bilgi fazlalığını, karmaşasını ve tutarsızlığını önler.
- **Bilgilerin biraraya getirilmesi** : CBS nin önemli bir yararı, farklı birim, kurum ve kuruluşların problemlere daha sistematik bir tarzda yaklaşmaları için gereken bütünleşik etkinliği teşvik etmesi gibi yararlarının olduğunu görebiliriz.

2.8.4. Coğrafi Bilgi Sisteminin Bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sistemlerine fonksiyonel, teknolojik ve yönetim açılarından bakıldığında, farklı bileşenlerden oluştuğu görülür. Fonksiyonel açıdan bakıldığında bir CBS nde veri aktarma, veri depolama, veri işleme, coğrafi analiz ve veri sunma bileşenlerinin bulunması gerekir. Teknolojinin rolü ise bu fonksiyonların gerçekleştirilmesini sağlayan donanım ve yazılım araçları sunmaktan ibarettir. Yönetim ise fonksiyonel ve teknolojik bileşenlerin yanı sıra insan ve mali kaynaklarının yönetimi ile bütünü oluşturmayı ve amaca ulaşmayı hedefler. Coğrafi Bilgi Sistemleri için

kaliteli bilgisayar grafiklerinin kullanılması gereklidir. Fakat sadece bir grafik paket programı ile arzu edilen görevler yapılamayabilir (Burrough 1986).

Coğrafi Bilgi Sisteminin kurulabilmesi için gerekli olan elemanlar; yazılım, donanım, veri tabanı, yöntemler ve insanlardır (Anonim 2000) (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Coğrafi bilgi sisteminin bileşenleri

Ancak, sistemin başarısı, bu teknolojileri kullanacak personel ve yöneticilerin eğitimine bağlıdır ve en önemli faktör bu konuda yetişmiş “insan” dır (Anonim 2000).

2.8.4.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Donanım Bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sisteminin işlemlerini mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde en önemli araç olarak gözükken bilgisayar yanında yan donanımlara da ihtiyaç vardır. Örneğin, yazıcı

(printer), çizici (plotter), tarayıcı (scanner), sayısallaştırıcı (digitizer), veri kayıt üniteleri (data collector) gibi cihazlar bilgi teknolojisi araçları olarak CBS için önemli sayılabilecek donanımlardır. Bugün bir çok CBS yazılımı farklı donanımlar üzerinde çalışmaktadır. Merkezileştirilmiş bilgisayar sistemlerinden masa üstü bilgisayarlara, kişisel bilgisayarlardan ağ (network) donanımlı bilgisayar sistemlerine kadar çok değişik donanımlar mevcuttur (Yomralıoğlu 2000).

2.8.4.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılım Bileşenleri

Yazılım, diğer bir deyişle bilgisayarda çalışan program, coğrafi bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştiren algoritmalarıdır. Yazılımların pek çoğu ticari amaçlı firmalarca geliştirilip üretilmesi yanında, üniversite ve benzeri araştırma kurumlarınca da eğitim ve araştırmaya yönelik yazılımlar da bulunmaktadır. Coğrafi bilgi sistemine yönelik bir yazılımda olması gereken temel unsurlardan bazıları şunlardır (Yomralıoğlu 2000):

- Coğrafi veri/bilgi girişi ve işleme için gerekli araçları bulundurması,
- Bir veri tabanı yönetim sistemine sahip olması,
- Konumsal sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemesi,
- Ek donanımlar ile olan bağlantılar için ara-yüz desteği olmasıdır.

• **Coğrafi Veri Girişi ve Doğrulama Yazılımları :** Değişik türdeki coğrafi verileri (çizgisel haritalar, hava fotoğrafları, arazi ölçmeleri gibi), uygun coğrafi bilgi sistemi veri giriş elemanları (sayısallaştırıcılar, alfanümerik terminal gibi) kullanılarak bilgisayar tarafından anlaşılır formlara dönüştürme işlemlerini yapan ve daha sonra bilgisayar ortamına aktarılmış verilerin doğruluğunu kontrol etmek ve hatalı olanları düzeltmek için kullanılan yazılımlardır (Firat 1997).

- **Coğrafi Veri Depolama ve Coğrafi Veri Tabanı Yönetimi Yazılımları :** Coğrafi veri giriş yazılımları ile girilen ve daha sonra veri doğrulama yazılımları ile hatalardan arındırılan coğrafi verileri, belli bir veri tabanı modeline uygun şekilde coğrafi veri depolama tekniklerinden birini kullanarak bilgisayar ortamında depolayan ve yöneten coğrafi veri tabanı yönetimi sistemi yazılımlarıdır (Fırat 1997).

- **Coğrafi Veri Dönüşümü Yazılımları :** Coğrafi veri dönüşümü fonksiyonlarını gerçekleştiren yazılımlardır. “Coğrafi veri dönüşümü” kavramı ilk bakışta sadece farklı veri yapıları, farklı veri formatları veya farklı veri türleri arasındaki bir dönüşüm işlemi çağrışımı yapmaktadır. Fakat bu kavram ile yukarıda sözü edilen dönüşüm işlemleriyle birlikte, veriler üzerinde yapılan değişiklikler ve böylece verilerden yeni veriler elde etmek amacıyla gerçekleştirilen işlemler kastedilmektedir. CBS, Bilgisayar Destekli Tasarım ve Çizim Sistemlerinden üstün olması niteliğini ve dolayısıyla gücünü veri dönüşümü fonksiyonlarından almaktadır (Fırat 1997).

- **Coğrafi Veri Sorgulama Yazılımları :** Kullanıcının yapacağı sorgulamalara göre veri girişi yapılmalıdır. Gerek grafik gerekse grafik olmayan verilerin birbirleriyle bütünleşik olarak sorgulanmasına olanak tanıyan ve bu arada kullanıcıya menü, icon vb. etkin arayüzler sunan modüllerden oluşur (Fırat 1997).

- **Coğrafi Veri Sunuş Yazılımları :** Çeşitli niteliklerdeki terminallardan; yazıcılara, çizicilere, manyetik ortama kadar uzanan birimler aracılığı ile çeşitli nitelikte haritalar, tablolar ve şekiller üretebilen modüllerden oluşur. Veri tabanından bilgiler alınır ve kullanıcılara sunulur. Bu yazılım bileşenlerinden anlaşılacağı üzere CBS, klasik grafik olmayan bilgi sistemlerinden, örneğin bir personel bilgi sisteminden konuma bağlı bilgileri ve böylece topolojik ilişkileri içermesi bakımından farklılaşmaktadır. Buna bağlı olarak da etkileşimli analiz ve sorgulama olanakları da oldukça zengindir (Fırat 1997).

2.8.5. Coğrafi Veriler

Yeryüzünde ve uzayda konumlanmış nesnelere ve olayların her biri *coğrafi varlık* olarak bilinir. Coğrafi bilgi sistemlerinin verimli bir biçimde çalışabilmesi, yaşanan dünyadaki coğrafi varlıklar arasındaki doğal ve yapay ilişkilerin, gerçekte olduğu gibi, bir sistem dahilinde modellenmesiyle mümkündür. Bunu sağlamak için, gerçekte var olan tüm detayların, coğrafi özellikleriyle ve aralarındaki ilişkilerle birlikte koordinat referanslı olarak tanımlanması gerekir. Coğrafi varlıkları niteleyen unsurlar coğrafi veri olarak bilinirler (Yomralıoğlu 2000).

Coğrafi veriler somut veya soyut varlıkların konumu, biçimi, diğer varlıklarla olan ilişkilerine dair bilgiler ve konuma bağlı olmayan öznel bilgilerdir (Özer 1995).

Coğrafi veriler, konumsal doğruluk bakımından farklı düzeylerde olabilmektedir. Bazı verilerde yanlış payı santimetreler ile ifade edilirken, bazılarında metrelerle ifade edilebilir (Valenzuela 1991).

2.8.5.1. Coğrafi Verilerin Sınıflandırılması

Coğrafi veriler; mantıksal ve veri kaynaklarına göre iki şekilde sınıflandırılabilir.

- **Mantıksal Tiplerine Göre :** Coğrafi Bilgi Sistemindeki detaylar için toplanacak coğrafi veriler üç grupta ele alınabilir:

- Konum Verileri
- Öznel Verileri
- Topolojik (ilişkisel) Veriler

Konum verileri coğrafi varlığın (detayın) belli bir referans sistemine göre yerini ve biçimini belirten koordinat veya grid (hücre) değerleridir. Konum ve biçim bilgisi iki boyutlu olabileceği gibi üç boyutlu da olabilir. Geometrik veri olarak da adlandırılmaktadır. Bilgisayar belleğinde ve depolama birimlerinde vektör veya raster

(hücresel) biçimde temsil edilirler. Öznitelik verileri ise konuma bağlı olmayan, doğrudan detaya bağlı ve detayı tanıtıcı verilerdir. Örneğin ormandaki ağaç cinsi, akarsuyun debisi, parselin sahibi vb. öznitelik bilgileridir. Bu öznitelik bilgileri sayısal veya sözel karakterde olabilir. Öznitelik bilgilerinin bilgisayar belleğinde ve depolama birimlerinde temsil edilmesinde klasik bilgisayar kodlama yöntemleri kullanılır.

Topolojik veriler ise detaylar arasında ölçülebilir olmayan (non-metrik) mekansal ilişkileri belirler. Komşuluk, çakışıklık, içermeye, bağlantı vb. ilişkileri ifade eder. Topolojik verilerin doğrudan toplanması, başka bir deyişle CBS ortamına dışarıdan getirilmesi yerine CBS ortamına aktarılmış olan konum verilerinin analizi ile türetilmesi daha uygundur.

- **Veri Kaynaklarına Göre :** Coğrafi veriler, coğrafi bilgi sistemine aktarılmadan önceki buldukları ortama, başka bir deyişle kaynaklarına göre de sınıflandırılırlar. Coğrafi veri toplama yöntemi ve teknolojisini belirleyen en önemli unsur, verinin kaynağıdır (Yomralıoğlu 2000).

2.8.5.2. Coğrafi Veri Toplama Yöntemleri

Coğrafi bilgiyi temsil etmek üzere kullanılan iki tür coğrafi veri vardır. Bunlar *grafik veriler* (konumsal) ve *grafik olmayan veriler* (tanımsal veriler, öznitelik verileri) şeklindedir (Anonim 1997).

Veri toplama işlemi, bilgi sistemlerinin gerçekleştirilmesinde en fazla zaman alan ve en çok maliyet gerektiren önemli aşamalardan biridir. Bu aşamada oluşturulacak sistemin uygun şekilde çalışabilmesi için, mutlak suretle sisteme düzenli veri akışının sağlanması gerekir (Yomralıoğlu, 2000).

Coğrafi veri toplama yöntemleri, kabul edebildiği kaynak materyal cinsine, kaynak materyali bilgisayarca okunabilir ortama dönüştürme teknolojisine ve sonuçta ürettikleri veri yapısına göre çeşitlenirler. Bu yöntemleri birbirinden ayıran en belirleyici unsur, bilgisayarca okunabilir ortama dönüştürülürken kullanılan tekniktir. Bu teknikte veri kaynağının cinsine göre değişir. Buna göre coğrafi veri toplama yöntemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Özer 1995).

- Sayısallaştırma,
- Tarama,
- Video kayıt,
- Uzaktan algılama,
- Fotogrametrik değerlendirmelere göre,
- Arazi ölçümleri ile coğrafi veri toplama.

Veri toplama tekniğinin başında en geleneksel yöntem olarak bilinen “harita” işlemi gelmektedir. Ancak, geleneksel haritalama süreci zaman alıcı bir işlem olduğundan, zorunluluk olmadıkça haritalamadan farklı daha gelişmiş veri toplama yöntemleri kullanılmalıdır. Bazı konum verileri, henüz elde edilmediğinden yeniden ölçüm ve harita alımı gerekirken, bunun yanında daha önceden ölçümü yapılmış veya bir biçimde toplanmış veriler de mevcut olabilir (Yomralıoğlu, 2000).

Konumsal içerikli verileri elde edilmiş biçimlerine göre mevcut olan ve olmayan biçiminde kendi içerisinde sınıflandırmak mümkündür (Yomralıoğlu 2000) (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. CBS’de veri toplama teknikleri

CBS’de Konumsal Verilerin Elde Edilmesi	
Mevcut olmayan Veriler	Mevcut Veriler
<ul style="list-style-type: none"> - Araziden doğrudan yapılan yersel ölçümler ile harita üretimi - GPS ile uydu gözlemlerinden yararlanma - Fotogrametrik yöntemle harita üretimi - Uzaktan algılama ile uydu fotoğraflarından yararlanma. 	<ul style="list-style-type: none"> - Analog veriler <ul style="list-style-type: none"> - Harita sayısallaştırma - Klasik - Otomatik - Tarama - Tablosal dökümanlar - Sayısal veriler <ul style="list-style-type: none"> - Dağıtılmış veri tabanları - Veri saklama formatları.

2.8.6. Coğrafi Veri Tabanı Tasarımı

Tasarım; amaçların tanımlanması, alternatif yaklaşımların türetilerek değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve uygulanabilir bir iş planının ortaya konulması gibi işlemlerin tümüdür. Basit anlamda, yapılacak işlemlerde bir akış şeması çizilip, konular arasındaki bağlantılar belirlenmektedir. Tasarımla genel bakışlar ortaya konmakta, daha sonra detay bazındaki gelişmeler tanımlanmaktadır. Bir veri tabanı tasarımı, veri tabanı için karmaşık bir mimariyi gerektirir. Tasarım, veri tabanının bir bütün halinde görünüp, kullanıcının daha etkin bir değerlendirme yapmasına olanak sağlar. Tasarım sonunda iyi sonuçlar alabilmek için, işlemsel olarak iyi bir ön yapılanma gerekir (Anonim 1994a).

Bir veri tabanı; farklı uygulama sistemleri tarafından kullanılan, saklanmış bilgilerin toplanması anlamına gelmektedir. Genel anlamıyla veri tabanı; bilgilerin bilgisayarda saklanmasına yarayan bir kayıt tutma sisteminden başka bir şey değildir (Valenzuela 1991).

Coğrafi bilgi sistemleri yazılım, donanım, kullanıcı, yöntem ve veri gibi pek çok unsuru kapsamaktadır. Kurumlar CBS alanında ihtiyaçlarını karşılamak için günün koşullarına göre yazılım ve donanım tespiti yapar, personelini eğitir, yeni teknolojileri takip ederek yöntemler geliştirir ve bunları uygulamaya koyarak zaman içerisinde de sonuçları değerlendirir (Sögüt ve Tankut 1994).

Bir coğrafi veri tabanının oluşturulması CBS'nin en masraflı, en çok zaman alan ve en sorunlu kısmıdır (Hassan 1995). Bu nedenle en düşük maliyetle veri toplama işi, sadece gereksinim duyulan verilerin toplanması ile gerçekleştirilebilir. Aktarılan verilerin kalitesi, CBS de kullanılan teknolojinin düzeyine bakılmaksızın, CBS den elde edilen sonuçların ve çıktıların kalitesini de etkileyecektir (Antenucci ve ark. 1991).

Veri tabanının oluşturulmasının başlangıç maliyeti, CBS donanım ve yazılımın maliyetlerinden yaklaşık 5-10 kat daha fazladır. İyi organize edilmiş ve düzgün veri tabanı oluşturulması, CBS işletiminde en kritik aşamalardan birisidir. Özellikle girilen verilerin kalitesinin yüksek olmasını sağlamak için kalite kontrole çok önem verilmesi gerekmektedir. Veri kalitesi ile ilgili olarak ele alınan ölçütler veri toplama zamanı, konum, veri sınıflandırma, veri bütünlüğü ve veri toplama ve veri aktarma yöntemleridir (Antenucci ve ark. 1991).

Veri hacmi büyük olmayan projeler için, coğrafik bilgilerin saklanması basit dosyalar yeterli olabilir. Ancak, veri hacmi ve veri kullanıcı sayısı birden fazla ise, verilerin saklanması, organize edilmesi ve yönetimi için veri tabanı yönetim sistemi (Data Base Management System) kullanılması gerekmektedir. Bir veri tabanı yönetim sistemi, veri tabanında verileri saklayan ve organize eden programlar dizisidir ve veri tabanının bütünlüğünü ve uygun bir biçimde paylaşımını sağlamak için tasarlanmıştır (Aronoff 1989).


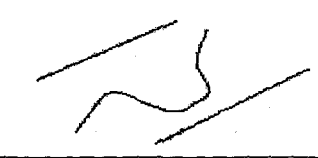
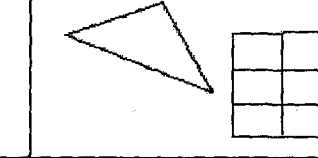
Bir coğrafi bilgi sistemine ilişkin veri tabanı tasarım aşamaları Çizelge 2.5 de verilmiştir (Anonim 1989).

Çizelge 2.5. Veri tabanı tasarım aşamaları

1. Aşama Bilgi gereksinimlerinin analizi	Görüşmeler Mevcut verilerin gözden geçirilmesi Veri gereksinimlerinin tanımlanması Verilerin gruplandırılması Uygulama / Görev matrisinin hazırlanması
2. Aşama Veriler ve aralarındaki ilişkilerin tanımlanması	Bilgilerin belirlenmesi Bilgi özellikleri ve içeriklerinin belirlenmesi İlişkilerin belirlenmesi Analizlerin belirlenmesi Akış şemalarının oluşturulması
3. Aşama Sistem elemanlarının belirlenmesi	Sistem yönetimi Sistem yazılımı Sistem donanımı Kurumsal düzenlemeler
4. Aşama Gerçekleştirme planının hazırlanması	Görev şeması Zaman planı Bütçe Yönetim şeması ve sorumluluklar

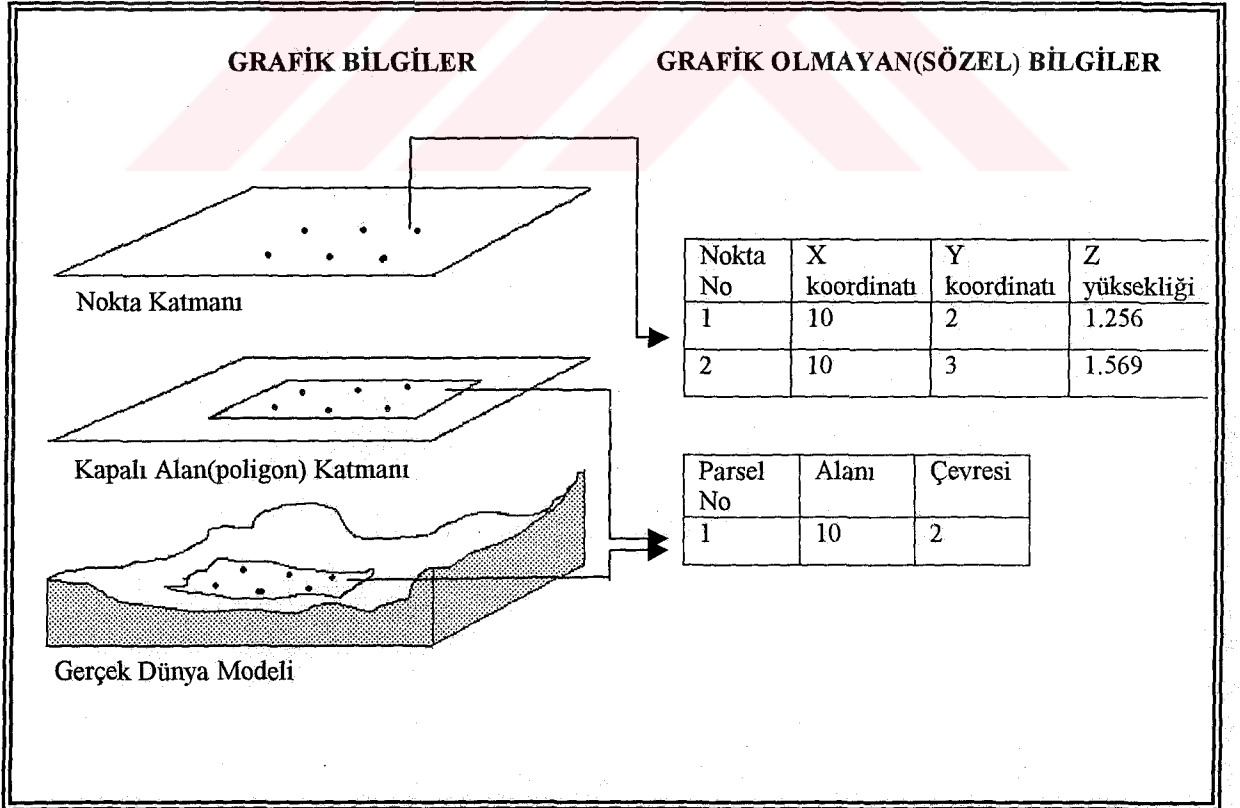
2.8.7. Verilerin Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Gösterimi

Dünya üzerindeki objeler coğrafi bilgi sistemi ortamında Şekil 2.7 de görüldüğü gibi 3 temel şekilde temsil edilir.

		
Nokta(point) $x_1y_1z_1$	Çizgi(line) $x_1y_1z_1, x_2y_2z_2, x_3y_3z_3$	Poligon(polygon) $x_1y_1z_1, x_2y_2z_2, x_3y_3z_3, x_1y_1z_1$
Bir tek koordinat (x,y) değeri ile gösterilen, sıfır boyutlu, uzunluk ve alan bilgisi olmayan, ölçeğe bağlı büyüklüğü sahip coğrafik detaydır.	Başlangıç ve bitiş noktaları bulunan, koordinat dizisinden oluşan uzunluk bilgisi olup, alan bilgisi olmayan coğrafik detaydır.	Başlangıç ve bitiş noktası aynı olan bir koordinat dizisinden oluşan, uzunluk ve alan bilgilerinin beraberce varolduğu, kapalı ve dolu alanlı coğrafik detaydır.
Ağaç, kot, istasyon noktası, direk	Yol, akarsu, sınır çizgisi	Proje alanı, her bir istasyon noktasının hizmet ettiği alan

Şekil 2.7. Coğrafi veri elementleri

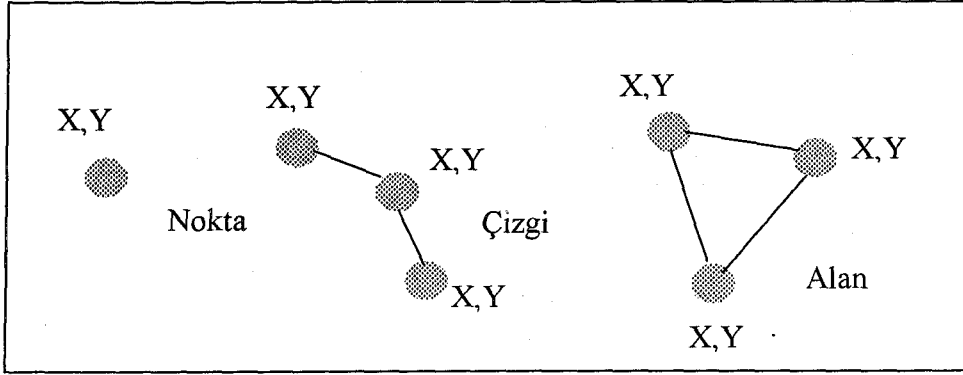
Aynı tipteki özelliklerin (feature) bir araya gelmesi ile özellik sınıfları (feature classes) oluşur. Her özellik sınıfına bağlı bir tablo (table) mevcuttur ve her özelliğin tabloda ilişkili olduğu bir kayıt (record) vardır (Yomralıoğlu 2000) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Grafik ve grafik olmayan veri ilişkisi

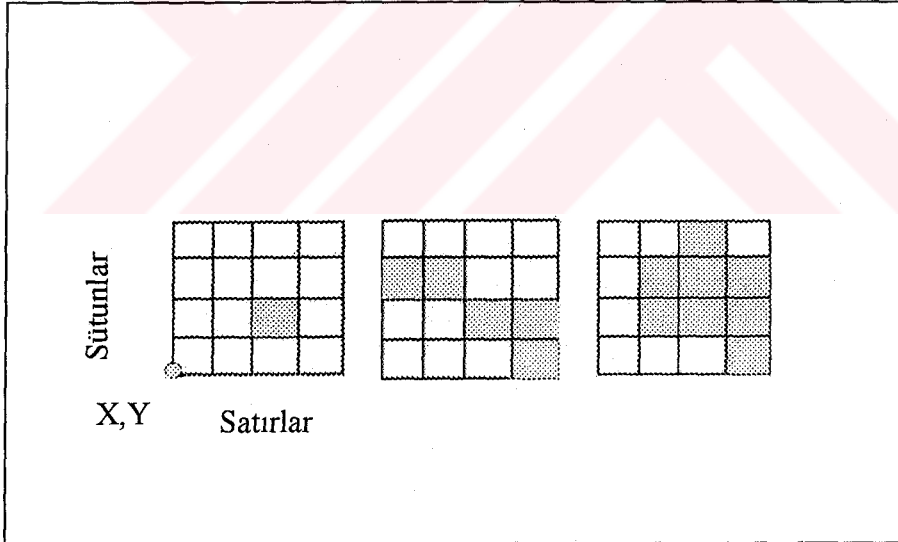
Coğrafi Bilgi Sisteminde iki temel biçimde sayısal veri depolanabilir Anonim 1993)

Vektör Biçim : Noktalara (xyz) bağlı olarak temsil edilen veri (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Vektör veri depolama biçimi

- **Raster (Hücresel) Biçim:** Hücrelere bağlı olarak temsil edilen veri (Şekil 2.10).

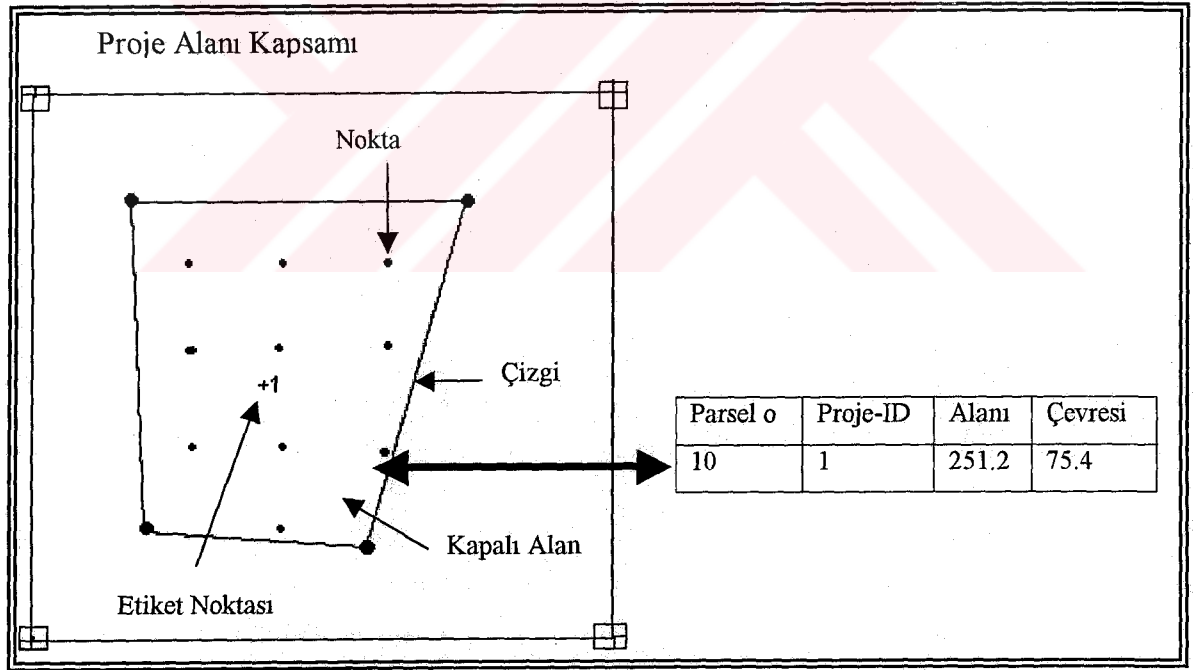


Şekil 2.10. Raster veri depolama biçimi

Coğrafi bilgi sistemi ortamında vektör veri tipleri; *şekil dosyası (Shapefile)*, *kapsam (Coverage)*, *coğrafi veri tabanı (Geodatabase)* ve *CAD* dosyaları iken, raster veri tipleri ise *görüntü (Image)* ve *hücre (Grid)* yapısındadır. Vektör veri tipleri, bir

veya birden fazla grafik özelliği içerirler ve sözel bilgileri kendi veri (INFO) dosyalarında saklanır. Raster veri formatları ise, mekan üzerindeki verilerin düzenli dizilmiş karelere aktarılması şeklinde tanımlanabilmektedirler. Bu yapılar, eşit ölçülerde satır ve sütünlardan oluşurken, her bir hücre bir değerde depolanır ve detayları hücrelerin boyutlarına bağlıdır (Anonim 2000).

Coğrafi bilgi sistemlerinin temel yapısında, grafik ve tanımsal bilgilerin ilişkilendirilmesi vardır. Kapsam (coverage), bir haritanın dijital formu olarak tanımlanır. Şekil 2.11 de de görüldüğü gibi katman, birincil detay özellikleri (noktalar, çizgiler, poligonlar ve etiketler) ile ikincil detay özellikleri (harita dış sınırları, bağlantılar) bir bütün halinde topolojik veri tabanında saklanır. Kapsam genelde tek bir temayı veya veri tabakasını esas alır (Yomralıoğlu 2000).



Şekil 2.11. CBS de bir kapsam (coverage) yapısı

2.8.8. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Konum Analizleri

Coğrafi bilgi sistemlerinin bir karar-verme aracı olarak, çeşitli meslekler tarafından tercih edilmesinin en önemli nedenlerinden biri de, grafik ve grafik olmayan bilgilerin bir bütün halinde çok yönlü olarak analiz edilebilmesine imkan vermesidir (Yomralıoğlu, 2000).

Coğrafi bilgi sistemlerinde bulunması gereken konuma bağlı temel analiz türleri; (Yomralıoğlu 2000, Taştan ve Bank 1994).

- Konumsal sorgulamalar,
- Konumsal analizler,
- Ağ analizleri,
- Geometrik hesaplamalar,
- Sayısal yükseklik analizleri,
- Grid analizleri ve
- İstatistiksel analizlerdir.

2.8.8.1. Konumsal Sorgulamalar

Coğrafi bilgi sistemlerinde, her bir detaya özgü grafik ve öznitelik bilgisi uygun veri tabanlarında ayrı ayrı saklanır ve bir detay bilgisi gerektiğinde diğer detaylara ait bilgilerle karşılıklı olarak yine bu veri tabanları yardımıyla ilişkilendirilir. Veri tabanları arasında kurulan bağıntılar ile, veri tabanı yönetim sistemlerinde gerçekleşen temel işlevler CBS'de de yerine getirilir. Detay bilgileri arasındaki bu ilişkiler yardımıyla grafik bilgilerden sözel bilgilere veya bunun tersi olarak sözel bilgilerden grafik bilgilere veya sözel bilgiden yine sözel bilgiye erişme işlemlerinin her birine *konumsal sorgulama (spatial query)* adı verilir (Yomralıoğlu 2000). Örneğin, arazi tesviyesi projelmesi yapılan bir alana ilişkin grafik bilgilerin görüntülediği bilgisayar ekranında; proje alanına ilişkin parsel numarası, proje alanının büyüklüğü ve çevresi

gibi bilgiler sorgulanabilir. Böylece, grafik bilgilerden sözel bilgilere ulaşım sağlanmış olur.

Sorgulama işlemleri tek bir katman ya da detay bazında yapılabileceği gibi, veri tabanındaki detay ilişkilerine bağlı olarak, veri setleri biçiminde de yapılabilir. Özellikle, mevcut bilgileri kendi kapsamında sorgulamak yeterli olmayıp, mevcut bilgilerden istenen biçimde yeni bilgilerin üretilmesi konumsal sorgulamalar ile sağlanabilir (Yomralıoğlu 2000).

2.8.8.2. Konumsal Analizler

Grafik ve tanımsal bilgilerin belirli bir koordinat sistemi uzayında modellenmesi ve model sonuçlarının irdelenip yorumlanması işlemlerinin tümü olarak tanımlanabilen *konumsal analizler*, coğrafi bilgi sistemlerinin günümüzde bir çok meslek tarafından yoğun bir şekilde uygulanmasına neden olan en önemli fonksiyonlarından biridir. Coğrafi bilgi sistemlerinde genellikle aşağıdaki konumsal analizler kullanılmaktadır (Taştan ve Bank 1994):

- Birleştirme analizleri,
- Yakınlık analizleri ve
- Sınır işlemleridir.

Birleştirme Analizleri : Konumsal analiz işlemlerinde, aynı koordinat sistemi içerisinde bulunan, farklı coğrafi özelliklere sahip harita katmanlarının üst üste çakıştırılarak bütünleştirilmesine *konumsal birleştirme analizi* veya *overlay* adı verilir. Birleştirme analizi ile her iki katmanı, sahip olduğu tüm öznitelik bilgileri ile tek bir katman haline dönüştürmek mümkündür (Anonim 1997).

Tüm CBS yazılımlarında, matematiksel ve mantıksal üst üste çakıştırma işlemleri bulunmaktadır. Matematiksel çakıştırma, ikinci bir veri katmanının denk gelen konumlardaki değerlerle, bir veri katmanı içerisindeki her bir değer toplaması, çıkarılması, çarpılması ve bölünmesi gibi işlemleri içermektedir. Mantıksal üst üste çakıştırma ise, bir dizi koşulun sağlandığı alanın seçimi anlamına gelmektedir. Örneğin;

rekreasyonel amaçlı kullanılacak bir alan, orta eğimli, iyi drene olmuş toprak özelliklerine sahip ve tarımsal amaçlı kullanılmayan bir alan olarak belirlenmişse; veri tabanında arazi kullanımı, toprak özellikleri, eğim gibi farklı katmanlar mevcutsa, mantıksal üst üste çakıştırma işlemi ile aranan özellikteki alan seçimi yapılabilir (Aronoff 1989).

Raster veri modellerinde, alanın küçük parçalara ayrılması, çakıştırma işleminin yapılmasında kolaylık sağlamakla birlikte, işlem sırasında fazla bilgi içermeyen veriler, yaklaşık çok bilgi içeren veriler kadar zaman alıcı olmaktadır. Bunun nedeni; işlemin verinin içerdiği bilgileri göz önüne almaksızın her hücre üzerinde yapılmasıdır. Vektör modellerde ise; sadece inceleme alanına ait veriler işlemde geçirilmektedir. Veri yoğunluğu az olduğunda, işlem hızı da o oranda artmaktadır. Bununla birlikte, çakıştırma işlemlerine başlangıç yapmak biraz daha karmaşık olmaktadır (Valenzuela 1991).

Coğrafi bilgi sistemindeki konumsal analiz türlerinden birleştirme analizinde yapılan işlemlerde, coğrafi detayların gösterim şekilleri olan nokta, çizgi ve alan arasında farklı kombinasyonlar uygulanabilir (Anonim 1997). Örneğin; x,y ve z koordinatlarına sahip nokta katmanı ile aynı noktaları içine alan bir parselin alan katmanına birleştirme analizi uygulandığında, her iki katmanın sahip oldukları öznelik bilgileriyle tek bir katman elde edilmiş olur. Böylece, alan ve nokta bilgilerine ait ilişkiler doğrudan sağlanarak, coğrafi verilerinde bütünleştiği yeni bir katman elde edilmiş olur. Arazi tesviyesi projelmesi yapılacak ve özellikle şekli düzgün olmayan arazilerin düzgün bir şekle dönüştürülmesi işlemlerinde uygulanabilecek bir analizdir.

Yakınlık Analizi : Herhangi bir coğrafi detayın çevresindeki diğer coğrafi detaylara olan uzaklıklarının irdelenmesini esas alan bir konumsal analizdir. Coğrafi varlıklar için, genellikle üç temel yakınlık analizi söz konusudur (Anonim 1997).

Yakınlık analizlerinden biri olan ve nokta tabanlı bilgilere uygulanabilen **Thiessen poligonları analizi**, her bir noktaya atanacak değere (etki, ağırlık katsayısı vb) bağlı olarak, noktaların birbirine göre en uygun uzaklıklarını belirleyen sınırların birleşimiyle, yeni bir poligon katmanının oluşması halidir. Thiessen poligonları bir anlamda seri halde dağınık olan noktaların çevresindeki etki alanlarını tespit ederler.

Girdi katmanındaki noktalar düzenli bir şekilde ve aynı etki değerine sahip iseler, oluşacak Thiessen poligonları klasik grid yapısına sahip olurlar (Yomralıoğlu 2000). Örneğin, tesviye projelmesi yapılacak ve eşit mesafelerde kareler ağına ayrılmış bir proje alanında, özellikle şekli bozuk alanların, düzgün bir şekle getirilmesinde kolaylıkla uygulanabilecek bir analizdir. Çünkü girdi katmanı olarak kullanılan ve düzenli bir şekle sahip olan noktalar, Thiessen poligonları ile istenilen büyüklükteki bir grid yapısına dönüştürülebilir.

Sınır İşlemleri : Seçilecek bir coğrafik bölge içerisindeki konumsal bilgilerin değişikliğe uğratılıp, komşu bilgileriyle olan bütünleşik yapılarını aynen korumak için yapılan işlem konum analizidir (Anonim 1997).

Bir harita üzerinde zaman içerisinde bazı değişikliklerin yapılması gerekebilir. Böyle bir durumda haritanın yeniden tümünden üretilmesi yerine, sadece değişiklik gören bölgelerde yenileme yapılması daha ekonomik ve sağlıklı bir çözüm olabilir. Bu değişiklik, grafik ve grafik olmayan bilgileri içerebilir. Dolayısıyla haritaya ekler yapmak veya belli bir bölge ya da bölgeleri haritadan çıkartmak, güncellemek veya birkaç haritayı kenarlarından birleştirmek gibi işlemlerin her biri, sınır analizi olarak bilinmektedir (Yomralıoğlu 2000). Örneğin, tesviye projelmesi yapılacak ve özellikle düzgün şekilli olmayan bir alanda, öncelikle Thiessen poligonları analizi ile bozuk şekli düzgün bir şekle dönüştürmek ve devamında sınır katmanı dışındaki kullanılmayan alanları haritadan çıkartmak, sınır analizi ile yapılan bir işlemdir. Aynı şekilde, kareler ağına ayrılmış bir proje sahası içerisindeki noktaların temsil ettiği alanların hesaplanması işleminde, poligon içerisinde nokta araştırması yapmak ve özellikle sınırlara denk gelen yerlerdeki artık alanların hesaplanması, sınır analizlerine verilebilecek bir diğer örnektir.

2.8.8.3. Ağ Analizleri

Ağ analizleri, vektör tabanlı coğrafi veriler ile gerçekleştirilebilen bir şebeke yapısına sahip, çizgi tabanlı coğrafik varlıkların bağlantı şekillerine göre sonuç çıkarmaya yarayan konum analizleridir (Anonim 1997).

Coğrafi bilgi sistemlerinde, iki nokta arasında birden çok bağlantı var ise, bu bağlantıların hangisinin en uygun çözüm olduğuna karar vermek, ağ analizlerinden bir uygulama şekli olan “*optimum güzergah belirleme*” ile yapılır. En uygun çözüm, en kısa mesafe olabileceği gibi, aranan özellikleri yol boyunca gösteren güzergahta olabilir (Yomralıoğlu 2000). Örneğin, arazi tesviyesi projelmesi kapsamında, taşıma mesafesi hesaplamalarında optimum güzergah belirlenmesi bu analiz ile gerçekleştirilebilir.

2.8.8.4. Sayısal Yükseklik Analizleri

Gerçek dünyadaki detayların tanımlanmasında x,y koordinatları genelde yatay düzlemde bu detayların izdüşümleri ile ifade edilirler. Bilhassa haritacılıkta detayların x,y koordinat çiftleriyle yatay düzlemde konum tanımlamaları yapılır. Ancak gerçek anlamda bir detayın konumu üç boyutlu olarak belirlenebilir. Bir nokta uzayda (x,y,z) koordinatları ile gösterilir. Arazilerin yatay düzlemdeki konumları x,y ile gösterilirken, üçüncü boyutu z koordinat değeri ile ifade edilir. Böyle bir durumda z değeri arazide noktanın yükseklik değerini gösterir (Bunn 1984, Taud ve ark. 1999, Yomralıoğlu, 2000).

Sayısal yükseklik modellerini temsil etmek için iki temel yaklaşım kullanılır (Burrough 1986, Burrough ve Mc Donnell 1998). Bunlar;

- Matematiksel parça yöntemleri
- Şekil yöntemleridir.

Matematiksel parça yöntemleri; yüzey yerleştirme, karmaşık yapıdaki katı yüzey şekillerini temsil etmeye uygun olan sürekli fonksiyonlara bağlıdır. Matematiksel parça yöntemlerini;

- Tüm yüzeyi aynı anda kapsayan tek bir fonksiyonla enterpolasyon
- Parça parça polinomlar ile enterpolasyon ve
- Nokta nokta enterpolasyon olarak üç grup altında toplamak mümkündür.

Matematiksel parça yöntemleri ile yüzey üzerinde kazı-dolgu yüksekliği bilinen bir noktadan başlayarak, lineer enterpolasyonla diğer noktaların kazı veya dolgu yüksekliklerinin belirlenmesi, kazı dolgu sınırlarının geçirilmesi, şekli düzgün olmayan bir alan üzerinde ağırlık merkezi hesaplamaları gibi işlemler kolaylıkla yapılabilmektedir.

Şekil yöntemleri;

- Çizgi modeller ve
- Nokta modeller olarak ikiye ayrılır (Yomralıoğlu 2000).

Arazinin en yaygın çizgi modelleri, eşyükseklik eğri kümeleri tarafından sağlanır. Eşyükseklik eğrileri mevcut haritalarda çizili bulunduğu için, sayısal yükseklik modellerine veri kaynağı oluşturmaktadır. Ancak sayısallaştırılan yükseklik eğrileri eğim, kazı-dolgu hesapları ya da yüzey alanının kabartmalı haritalarının üretimi için uygun değildir. Bu bakımdan çizgiler genellikle kare grid şeklindeki nokta modellere dönüştürülür.

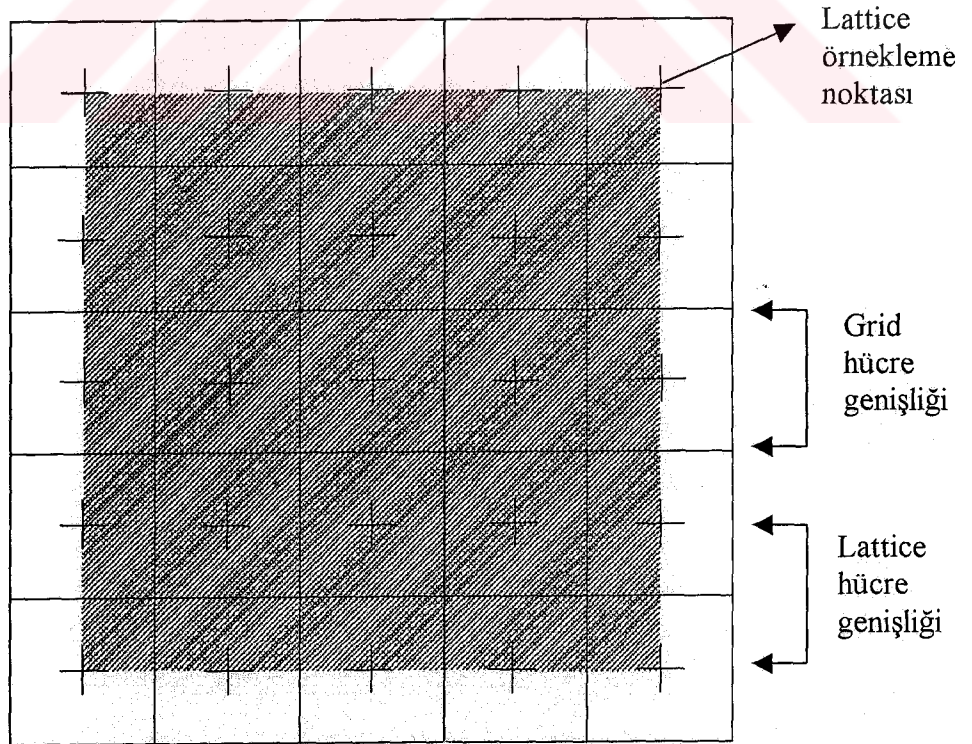
Kare grid yapısındaki sayısal yükseklik modellerinden eşyükseklik eğrilerinin türetilmesinde genel olarak iki yöntem söz konusudur. Bunlardan birincisi, eşyükseklik eğrisinin başladığı noktadan bittiği noktaya kadar modelin tamamı için belirlenmesi, ikincisi ise her bir kare grid için eşyükseklik eğrilerinin belirlenmesi ve bu parçaların birleştirilmesidir (Gold 1989).

Araziye ait en önemli parametreler; komşu noktaların yükseklik verilerinden hesaplanan eğim ve bakıdır. Eğim, yüksekliklerin değişim oranını, bakı ise eğimin yönünü ifade etmektedir. Enterpolasyon; komşu konumlarda gözlemler sonucu elde edilen değerler kullanılarak, örneklenmemiş alandaki bilinmeyen değerleri tahmin etme işlemidir. Enterpolasyon işleminde bir çok farklı matematiksel model kullanılır (Burrough 1986; Aronoff 1989).

Nokta modelleri, gridleme ve üçgenleme olarak iki biçimde düşünülür. Gridleme yönteminde; yüzey kare veya dikdörtgen şekillere bölünerek, oluşacak her bir grid köşe noktasının yüzey değeri enterpolasyonla bulunur (Yomralıoğlu 2000). Arazi tesviyesi projelmesi kapsamında ele alınan kazı-dolgu hacimlerinin belirlenmesinde, farklı grid

aralıklarından başlayarak, enterpolasyonla istenilen noktadaki kazı-dolgu yüksekliklerinin bulunması, bu modellere örnek olarak verilebilir.

Gridleme ya da kafes (*Lattice*) sistemi, bir yüzeyi temsil edebilmek için düzenli dağılmış örnekleme noktalarından oluşur. Her nokta, yüzey üzerindeki bir (xyz) konumunu belirtir. Örnekleme noktaları düzenli olduklarından, kafes yüzeyin morfolojisini tanımlayan, yüzeydeki ani değişimleri gösteren noktaları yoktur. Her bir grid ya da hücrenin orta noktası aynı zamanda bir lattice noktasıdır. Kafes yapısındaki hücre bir alana sahiptir, ancak lattice örnekleme noktalarının alanı yoktur. Bunlar sadece yüzey üzerindeki konumlardır. Grid, hücrenin kenarına kadar giderken, lattice'in sınırı en dıştaki hücrelerin orta noktasına kadardır (Yomralıoğlu, 2000) (Şekil 2.12). Arazi tesviyesi projelemesinde, eşit aralıklar ile kareler ağına ayrılmış bir proje alanındaki her bir kare, CBS ortamındaki çalışmalarda bir grid ile temsil edilirken, her bir karenin orta noktası ya da ağırlık merkezi bir lattice değerine karşılık gelir. Bu şekilde projelirmede, özellikle kazı-dolgu hesaplamalarında birim alana düşen kazı-dolgu miktarları grid hacmi ile kolaylıkla bulunabilir (Yomralıoğlu 2000).



Şekil 2.12. Lattice ve grid arasındaki ilişki

Sürekli gösteren yüzeylerin raster olarak gösterimine alternatif bir veri modeli de TIN (Triangulated Irregular Network) (Düzensiz üçgenler ağı) modelidir. Bu model, arazi veya üçüncü boyut özelliği taşıyan diğer yüzeylerin analizi ve gösterimini etkin bir şekilde sağlar. TIN veri modelinde yüzey, birbirine komşu ve birleştirilmiş üçgenler serisiyle ifade edilir. Sonuçta, TIN modeli topolojik olarak ilişkilendirilmiş üçgenlerin oluşturduğu bir ağ yapısına sahiptir (Anonim 1994b, Anonim 1994c).

TIN veri modelinde üçgenler, herhangi bir konumda düzensiz olarak dağılmış üç noktadan üretilir. Bu açıdan raster veri modelinden farklıdır (Zeiler 1999).

TIN modelinin kurulmasıyla birlikte gerçekleştirilebilecek bir çok yüzey analizi söz konusudur (Yomralıoğlu, 2000). Bunlar;

- Herhangi bir noktanın z yükseklik değerinin enterpolasyonla tahmini,
- Eşyüksekti eğrilerinin üretimi ve yükseklik değişim bölgelerinin oluşumu,
- Eğim ve bakı hesaplamaları,
- Yüzey alanları ve yüzey uzunluklarının hesabı,
- Hacim, kazı ve dolgu hesapları,
- İki nokta arasında görünürlük analizleri,
- Bir noktanın görülebilen veya görülemeyen yüzey analizleri ve
- Gölgeleme veya ışık etkisine göre değişimlerin izlenmesine yönelik analizlerdir.

ARC/INFO coğrafi bilgi sistemi yazılımında yüzey analizlerine ilişkin fonksiyonların veri setlerinin katman, tin, lattice, grid ve image arasında birbirlerine dönüşümü mümkündür (Anonim 1994b) (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. Arc/Info yüzey veri modeli dönüşüm komutları

	Coverage (Kapsam)	TIN	Lattice/Grid
Coverage (Kapsam)	-	ARCTIN CREATETIN	KRIGING LINEGRID POINTGRID POLYGRID
TIN	TINARC TINCONTOUR	-	TINLATTICE
Lattice/Grid	GRIDLINE GRIDPOLY HIGHLOW LATTICECONTOUR LATTICEPOLYVIP	LATTICETIN	LATTICERESAMPLE
Image	-	-	IMAGEGRID ERDASGRID

Sayısal yükseklik modellerine ilişkin verilerin elde edilmesi aşamasında, topoğrafik yüzeyin yeterli hassasiyette temsil edilebilmesi için yeterli sayıda koordinatları bilinen noktalara ihtiyaç vardır. Bu noktalara *örnekleme* ya da *dayanak noktası* adı verilir (Yomralıoğlu 2000).

Yanalak ve Baykal (2003), topoğrafik verileri kullanarak sayısal yükseklik modellerine dayalı hacim hesapları ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve SYM'ne dayalı hacim hesaplarının doğruluğunu farklı veri kaynakları için seçilmiş yüzeylerde test etmişlerdir.

Arazi tesviyesi projelerinin hesaplanmasında, sınır üzerinde elde edilecek yeterli sayıdaki örnekleme noktası ile sınırlara denk gelen artık alanlar, kolaylıkla bulunabilmektedir. Aynı şekilde, yeterli sayıda örnekleme noktası ile oluşturulacak bir sayısal yükseklik modeli üzerinden, kazı-dolgu hacimleri daha hassas bir biçimde hesaplanabilmektedir.

2.8.8.5. GRID Analizi

Grid, coğrafik veri setlerinin vektörel gösterimine alternatif raster-tabanlı katmanlardır. Raster yapıdaki her bir hücre ya da piksel, coğrafik bir detayı kısmen veya

tamamen temsil eder. Vektörel gösterimde detayların konum bilgileri x,y koordinat serileriyle topolojik olarak ifade edilirken, grid yapıda hücreler, satır ve sütunlarla ifade edilip veri tabanında saklanır. Grid yapı içindeki en küçük birim hücredir. Her bir hücre kare şeklindeki geometrik yapıdadır ve tüm hücreler aynı boyuttadır. Hücrelere atanan değerler ise genelde değer öznitelik tablosu (VAT- value attribute table) dosyasında saklanır (Zeiler 1999).

Grid analizleri, raster yapıdaki uydu görüntüleri, hava fotoğrafları, taranmış resimler, sayısal arazi modelleri şeklindeki veriler üzerinde yapılabilir. Bu tür veriler genellikle süreklilik özelliği taşıyan veriler olup, yüzeysel analizlerin daha esnek gerçekleşmesine uygun yapıdadırlar. Her bir hücre konum itibariyle sabitleştirilmiş olup, sadece yansıttığı değer farklılık gösterebilir. Örneğin, grid yapıda aynı referans sistemindeki bir hücre aynı anda yükseklik değeri, zemin özelliği ve renk değerlerini taşıyabilir. Hücrelerin bitişik yapıda olmaları grid analizlerinde diğer analizlere göre süreklilik ayrıcalığını sağlar. Ayrıca, grid yapının doğasından dolayı, düzenli yapıya sahip olmaları nedeniyle hücreler üzerindeki matematiksel işlemler oldukça esnek ve kolaydır. Örneğin her bir katmandaki hücreler değişik birim değerlerine sahip ise, bu katmanlar üst üste bindirilerek aynı birim değer hesaplanabilir. Dolayısıyla her bir hücre tek bir değere sahip olur (Zeiler 1999).

Arazi tesviyesi kapsamında, oluşturulan bir sayısal yükseklik modeli üzerinden, şekli nasıl olursa olsun herhangi bir kapalı alanın ağırlık merkezini oluşturan noktanın, yükseklik değerinin okutulması işlemi, grid analizleri ile kolaylıkla yapılabilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Veriler

Çalışma kapsamında, arazinin uygun ölçekli tesviye eğrili haritalarının çıkarılması, tesviye düzlemi eğimlerinin ve kazı-dolgu hesaplamalarının belirlenmesi, yüksek çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modellerinin oluşturulabilmesi için iki farklı veri kullanılmıştır.

Çalışmada, farklı alansal büyüklüklere ve eğimlere sahip olmak üzere, toplam 10 parselde, arazi tesviyesi projelemesinin gerektirdiği arazi ölçümleri yapılmıştır. Aynı zamanda, arazi tesviye projelemesi daha önce yapılmış, büyük bir proje sahası içinden, farklı şekil ve alansal büyüklüklere sahip 20 parsel seçilmiştir. Bu parsellerin, yüzey nivelmanı bilgileri ve sınır koordinatlarının elde edilebilmesi için, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünden koordinatlı haritaları alınmıştır.

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Bilgisayar Donanım ve Yazılımları

Çalışmada; öncelikle, tesviye düzlemi eğimleri ve kazı-dolgu hacimlerinin belirlenmesi ve proje alanı içerisindeki kazı-dolgu sınırlarının geçirilmesi için, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında bir veri tabanı oluşturulması amaçlanmıştır. Bu bağlamda; Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde bulunan Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı olan Arc/Info 7.1.2. programı kullanılmıştır. Çalışma, Arc/Info coğrafi bilgi sisteminin yazılım dili olan ve kullanıcıya coğrafi bilgi sistemi ortamını kullanarak, yazılım geliştirme olanağını sunan, Arc/Macro programlama dili ile gerçekleştirilmiştir.

Arc/Info, 1981 yılında ABD’nde Çevre Sistemleri Araştırma Enstitüsü (ESRI) tarafından geliştirilmiş, veri tabanı temelli, güçlü ve esnek yapıya sahip bir yazılımdır

(Anonim 1994a). Tüm dünyada 7000 den fazla organizasyonda, 30000 in üzerindeki kullanıcı kitlesiyle birlikte, CBS pazarının en önde gelen yazılımlarından biri olarak kabul edilmektedir (Anonim 1997). Arc/Info; harita otomasyonu, veri dönüşümü, veritabanı yönetimi, harita çakıştırma, konumsal analiz, etkileşimli görüntüleme ve sorgulama, grafik tanımsal veri girişi ve düzeltme, adres haritalama ve kodlama, ağ analizi, kazı dolgu hesapları ve topoğrafik analiz işlemlerinde etkin çözümler sunmaktadır. Yazılım, ticari veritabanı sistemleri ile bütünleşmek için bir ilişkisel veritabanı arabirimi ve müşteriye yönelik yaygınlaşmış uygulamaların gelişimi için AML(Arc Macro Language) adı verilen bir makro programlama diline sahiptir. AML dili ile, sık kullanılan komut setlerinin otomatikleştirilmesi, kullanıcının kendine özgü komutlar oluşturabilmesi, arayüzlerin oluşturulması, tüm kullanıcılar için menüli kullanıcı özel arayüzü hazırlanması, ağ üzerinden diğer programlarla iletişim kurabilmek için uygulamalar arası iletişim (IAC-InterApplication Communication) sağlanması gibi bir çok işlev yerine getirilebilmektedir (Anonim 1993, Yomralıoğlu 2000).

Coğrafi verilerin, arazi ölçümleri sonucu elde edilmesinde küresel yerbulum sistemi (GPS-Global Positioning System) ve nivelman, tesviye projelermeleri daha önce yapılmış örnek alanlara ait verilerin bilgisayar ortamında düzenlenmesi ve gerekli koordinatların elde edilmesinde NETCAD harita programı, proje alanlarının tesviye öncesi ve tesviye sonrası analizlerinden elde edilen haritaların daha iyi görüntülenebilmesi amacıyla ArcGIS coğrafi bilgi sistemi programlarından yararlanılmıştır.

3.2. YÖNTEM

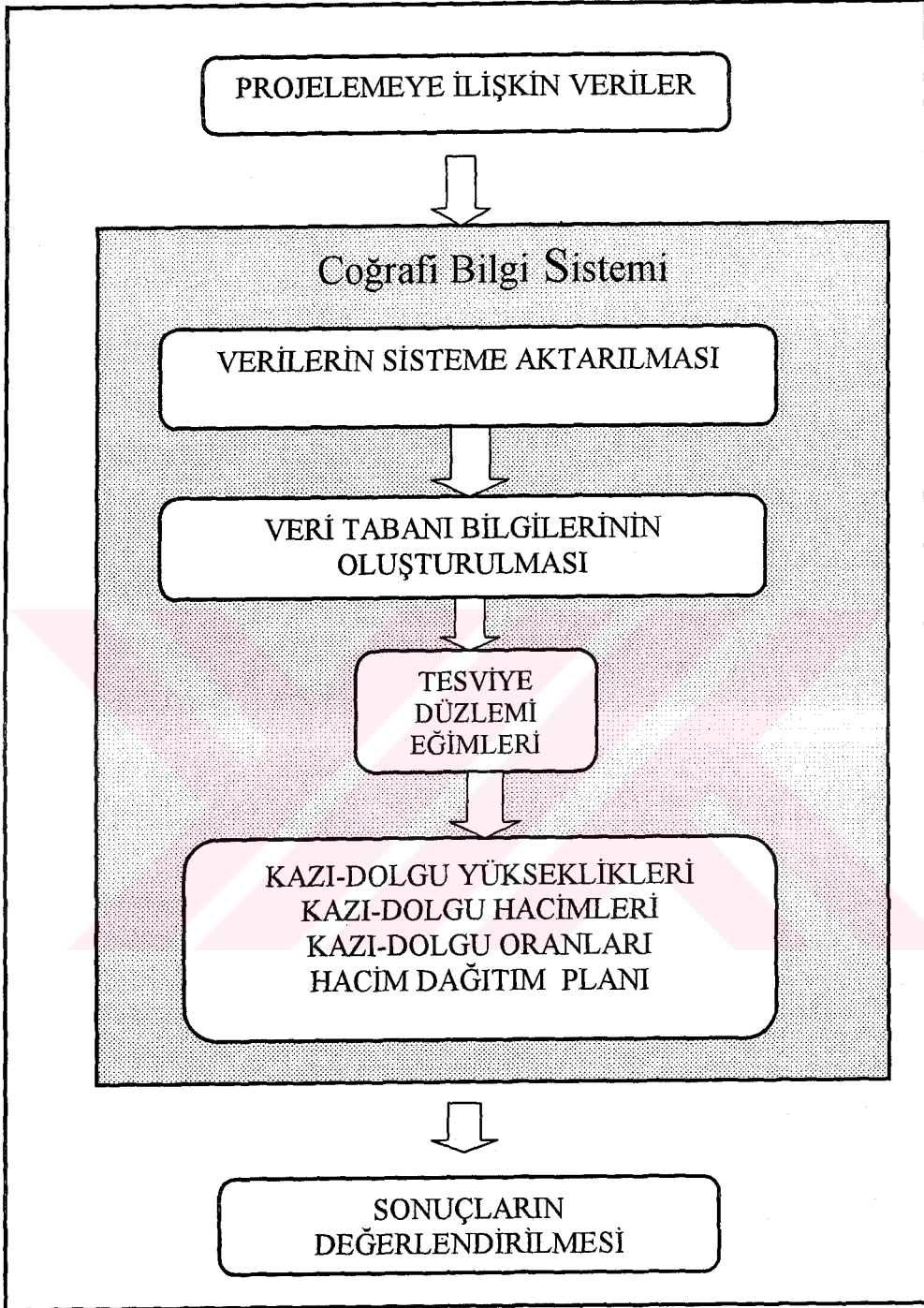
Arazi tesviyesinin toplam maliyeti içerisinde en büyük pay kazı ve dolgu işlemlerine aittir. Kazı ve dolgu miktarı, çok genel olarak, birim alan ile o alanı temsil eden mira yüksekliğinin çarpılmasından elde edilmektedir. Bu nedenle, birim alan ve yükseklik değerlerinin doğruluklar belirlenmesi, oldukça önem kazanmaktadır.

Çalışma kapsamında, özellikle düzgün şekilli olmayan arazilerde, arazi tesviyesi projelerinin hazırlanmasında kullanılan En Küçük Kareler, Simetrik Artıklar ve Sabit Hacim Merkezi Yöntemleri ile kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenebilmesinde, coğrafi bilgi sisteminin kullanım olanakları araştırılmış ve bu bağlamda, söz konusu yöntemlerin Coğrafi Bilgi Sistemi ortamındaki uygulamalarına ilişkin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bu amaca yönelik olarak, coğrafi bilgi sistemi ortamında izlenen yol, 5 aşamada gerçekleştirilmiştir.

- Projemeye ilişkin verilerin toplanması,
- Tesviye projelmesine ilişkin veri tabanının oluşturulması,
- Tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesi,
- Kazı-dolgu hacimlerinin belirlenmesi,
- Sonuçların değerlendirilmesi.

Çalışma kapsamında; coğrafi bilgi sistemi desteği ile oluşturulan arazi tesviyesi projelme işlem sırası Şekil 3.1' deki akış akış diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Arazi tesviye projelerindeki işlem sırasını gösteren akış diyagramı

3.2.1. Projelene İlişkin Verilerin Elde Edilmesi

Yeryüzü üzerindeki objeler, coğrafi bilgi sistemi ortamında, nokta, çizgi ve alan şeklinde temsil edilmektedir.

Depolanan sayısal veriler, nokta(x,y,z) özelliğindedir ve noktalardan yola çıkarak, çizgiler ve kapalı alanlar elde edilir.

Çalışmada kapsamında, öncelikle nokta özelliğindeki veriler elde edilmiş, çizgi ve alan özelliğindeki diğer veriler, noktasal verilerden yola çıkarak hesaplanmıştır. Bu bağlamda, çalışmada kullanılan noktasal verilerin elde edilmesinde, iki yol izlenmiştir.

3.2.1.1. Arazi Ölçüm Verileri

Çalışma kapsamında; arazinin uygun ölçekli tesviye eğrili haritasının çıkarılabilmesi ve kazı-dolgu hesaplamalarında kullanılmak üzere, sayısal yükseklik modelinin oluşturulabilmesi için, örnek olarak seçilen 10 adet parselde yüzey nivelmanı yapılmıştır. Sayısal yükseklik modelinde kullanılacak olan coğrafi koordinat (x, y ve z) değerlerinin tesviye işleminin uygulanmasında da kullanılacak olması nedeniyle, arazi kareler ağına ayrılmıştır. Kare kenar uzunlukları, coğrafi bilgi sistemi ortamında yapılacak sayısal yükseklik analizlerinde, arazinin bilgisayar ortamında daha ayrıntılı bir şekilde görüntülenmesi amacıyla 5 m alınmıştır.

Bu bağlamda, arazi kenarından yarım kare boyu kadar uzaklıkta bir doğru çakılmış (baz doğrultu) ve çakılan bu doğruya dikler çıkılmak suretiyle kareler ağı oluşturulmuştur (Şekil 3.2). Doğrular üzerinde kare kenarı boyu kadar uzaklıklar ölçülerek kazıklarla işaretlenmiştir. Kazıkların çakılması, numaralandırılması ve gerekli kontrollerin yapılmasından sonra, arazinin sınırları, kazıkların yerleri ve numaralarını gösteren bir kroki hazırlanmıştır. Kazıkların çakılması ve kroki çizimi tamamlandıktan sonra nivelman işlemine geçilmiş ve kazık noktalarına yükseklik okumaları yapılmıştır. Bu işlemin hemen ardından, sınırların koordinatlarının belirlenmesine geçilmiş ve bunun için de sınırlara en yakın kare köşelerinden sınırlara çelik şerit metre ile uzunluk ölçümleri yapılmıştır. Coğrafi bilgi sistemi ortamında hazırlanacak veri tabanında

3.2.1.2. Tesviye Projeleri Yapılmış Alanlara İlişkin Veriler

Çalışma kapsamında, arazide ölçüm yapılan 10 parsel ek olarak , daha önce ölçümleri yapılmış 20 parselin koordinatlı haritası NETCAD harita programına aktarılmıştır. Seçilen parsellerin her biri, farklı proje numarası ile adlandırılmıştır. Farklı proje numarasına sahip örnek parsellerde, öncelikle sınır koordinatlarının belirlenmesi işlemi yapılmıştır. Bu bağlamda, içerisinde sınır çizgilerini meydana getiren noktaların, x,y ve z bilgilerinin de olduğu koordinat bilgilerinin depolandığı dosyalar hazırlanmıştır. Bu dosyalar, hazırlanan çalışma içerisindeki, sınır koordinatları bilgi girişi bölümünde kullanılmıştır. Sınır koordinatları belirlenen parsellerde, NETCAD programı kullanılarak, mira okumaları yapılan istasyon noktalarının yerleri işaretlenmiş ve elde edilen yüzey nivelmanı sonuçları, bu noktalara aktarılmıştır. Bu şekilde, kareler ağına ayrılmış örnek alanlardaki, istasyon noktalarının x,y ve z değerleri belirlenmiştir. Sınır koordinatlarının elde edilmesinde olduğu gibi, parsellerin içerisindeki noktaların da, NETCAD programı ile koordine özet dosyaları hazırlanmıştır. Bu dosyalar ise, hazırlanan çalışma içerisindeki, yüzey nivelmanı bilgilerinin girişinde kullanılmıştır.

3.2.2. Projeleme Kullanılacak Verilerin İçeriklerinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında oluşturulan sistemde, arazi tesviyesi projelemesinin tüm aşamalarında kullanılan bütün bilgilerin belirli bir düzen içerisinde sisteme girilebilmesi ve sorgulanması için gerekli alt yapı oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu yapı içerisinde, öncelikle mevcut ve mevcut bilgilerden elde edilecek sonuçlara ilişkin bilgiler belirlenmiştir.

Arazi tesviyesi projelemesinde gerekli olan tüm bilgiler belirlendikten sonra grafiksel ve grafiksel olmayan bilgilerin ayrı ayrı öz nitelik özellikleri belirlenmiştir. Bu işlemlerin yapılması ile söz konusu bilgilerin, coğrafi bilgi sistemi özelliği içerisinde kullanılabilir ve değerlendirilebilir bir biçime dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

Arazi tesviye projelmesine ilişkin hesaplamalarda kullanılacak bilgiler iki alt başlık altında toplanabilir:

- **Proje Alanı Sınır Bilgileri** : Proje alanının sınırlarını oluşturabilmek için gerekli ve yeterli sayıdaki noktanın x, y koordinatları, bu noktalara ait yükseklik(z) değerleri, proje alanı sınır bilgilerini oluşturmaktadır.
- **Proje Alanı İçerisindeki Nokta Bilgileri** : Örnek proje alanı içerisinde, istenilen boyutlarda oluşturulan kareler ağında ölçüm yapılan noktaların x, y koordinat değerleri ile bu noktaların yükseklik (z) değerleridir.

Bu bilgiler, arazi tesviye projelmesi çalışmalarında, veri tabanında işlem görecekt altlık bilgilerini oluşturmaktadır.

Farklı katmanlar olarak düşünülen geometrik elemanların, kendilerine özgü bazı bilgileri vardır ve bu bilgiler öznitelik olarak adlandırılır. Bu bilgilerin, coğrafi bilgi sistemi ortamında kullanılabilmesi ve değerlendirilebilmesi için veri tabanı içerisinde depolanması gerekir.

Bu bağlamda; arazi tesviye projelmesinde amaçlanan veri tabanı içerisinde, “Proje Alanı Sınır Bilgileri” ve “Proje Alanı İçerisindeki Nokta Bilgileri” adı altında toplanan bu iki ayrı veriye ilişkin veri tabloları hazırlanmıştır.

Çalışmada kullanılan proje alanlarının, sınır koordinatlarının ve alan değerlerinin ayrı ayrı işlem görebilmesi ve değerlendirilebilmesi için, proje alanı sınır bilgileri için nokta ve kapalı alan özelliğinde iki ayrı katman ve her katman için bir veri tablosu oluşturulmuştur(Çizelge 3.1, Çizelge 3.2).

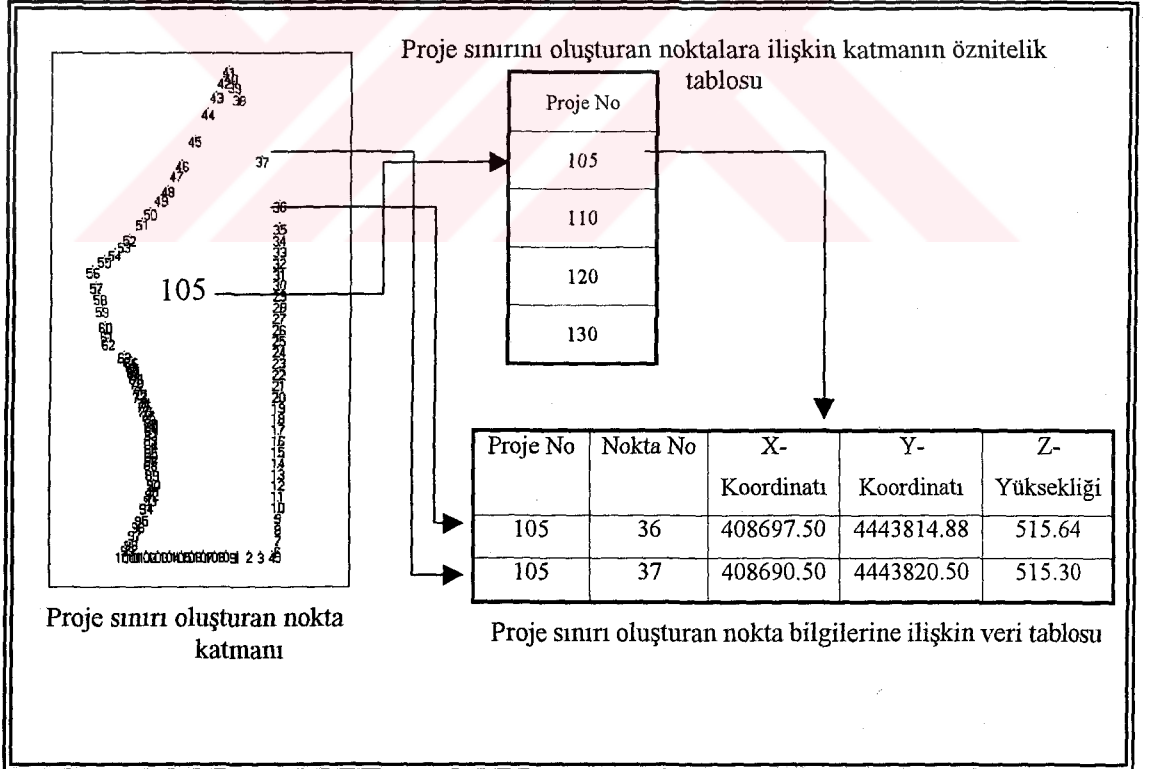
Çizelge 3.1. Proje sınırını oluşturan noktalara ilişkin bilgilerin toplandığı veri tablosunun içeriği

Veri Adı	Verinin Adının Özelliği	Veri Adının Genişliği	
		Tamsayı Kısmı	Ondalık Kısmı
Proje No	Ondahlıklı	8	-
Nokta No	Ondahlıklı	8	-
x-koordinatı	Ondahlıklı	12	2
y-koordinatı	Ondahlıklı	12	2
z-yüksekliği	Ondahlıklı	4	2

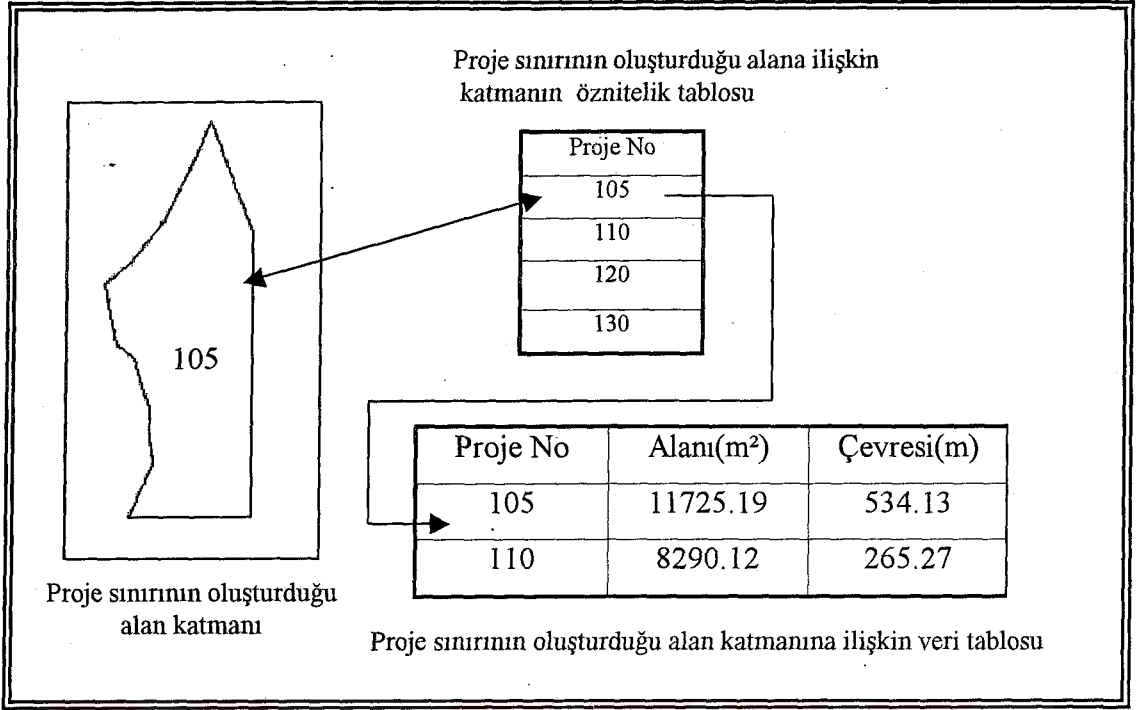
Çizelge 3.2. Proje sınırının oluşturduğu alana ait bilgilerin toplandığı veri tablosunun içeriği

Veri Adı	Veri Adının Özelliği	Veri Adının Genişliği	
		Tamsayı Kısmı	Ondalık Kısmı
Proje No	Ondalıklı	8	-
Alan	Ondalıklı	8	2
Çevre	Ondalıklı	8	2

Hazırlanan veri dosyaları ile gerektiğinde istenilen bilgiye ulaşılabilmektedir. Proje sınırlarına ilişkin oluşturulan nokta ve kapalı alan özelliğindeki katmanlar üzerinden Şekil 3.3 ve Şekil 3.4.de gösterildiği gibi bir sorgulama yapılması istenildiğinde, seçilen nokta veya kapalı alana ait öznelik tabloları ile sisteme aktarılmış bilgilere ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.3. Proje sınırını oluşturan nokta katmanı ile bu katmana ilişkin veri tablosu arasındaki ilişki



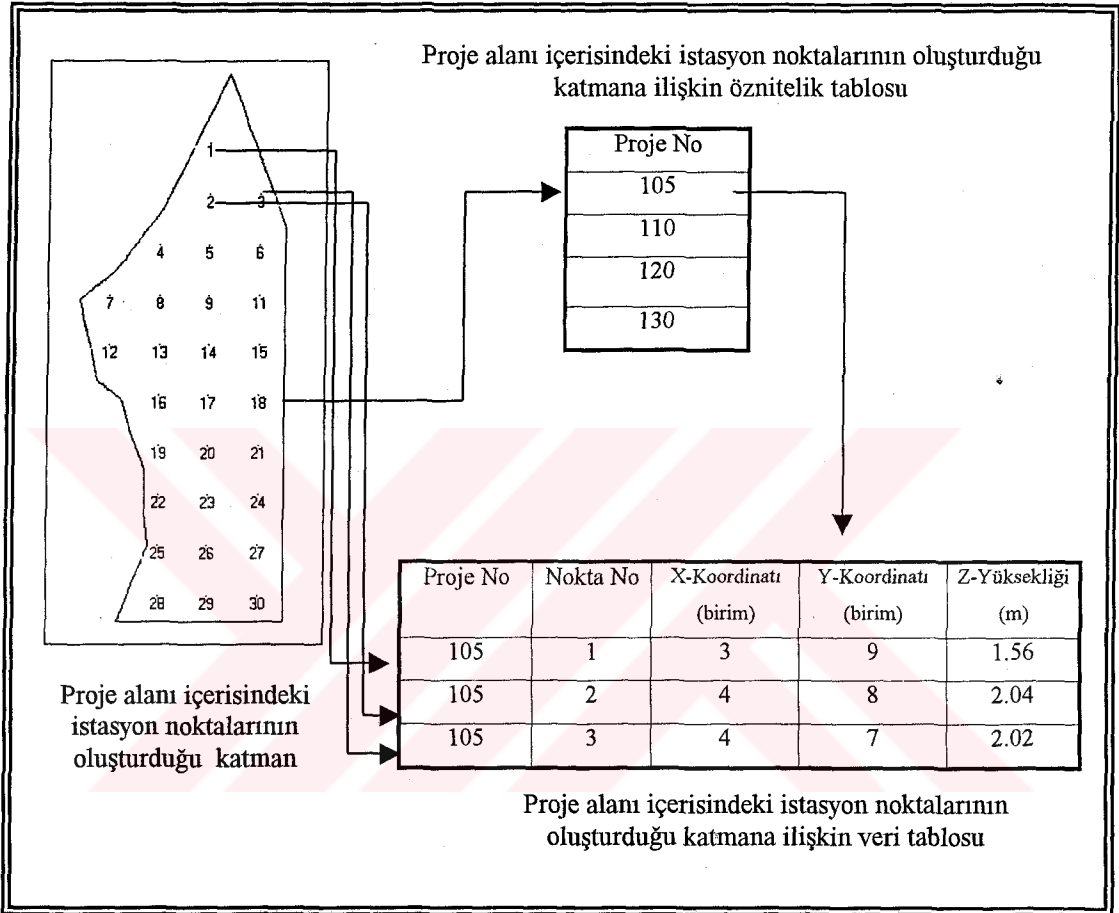
Şekil 3.4. Proje sınırının oluşturduğu alana ait katman ile bu katmana ilişkin veri tablosu arasındaki ilişki

Proje alanı içerisinde istenilen boyutlarda oluşturulmuş kareler ağına ilişkin, koordinat ve yükseklik değerlerinin depolanacağı bir veri tablosu hazırlanmıştır(Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Proje alanı içerisindeki her bir istasyon noktasına ilişkin bilgilerin toplandığı veri tablosu içeriği

Veri Adı	Veri Adının Özelliği	Veri Adının Genişliği	
		Tamsayı Kısmı	Ondalık Kısmı
Proje No	Ondalık	8	-
Nokta No	Ondalık	8	-
x-koordinatı	Ondalık	12	2
y-koordinatı	Ondalık	12	2
z-yüksekliği	Ondalık	4	2

İstenilen grid aralıklarında kareler ağına ayrılmış örnek proje alanlarındaki, kare köşelerine yapılan ölçümlerle elde edilmiş yükseklik değerlerine, her bir istasyon noktasının oluşturduğu katmana ait öznitelik tablosu ile ulaşılabilmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Proje alanı içerisindeki istasyon noktalarının oluşturduğu katman ile bu katmana ilişkin veri tablosu arasındaki ilişki

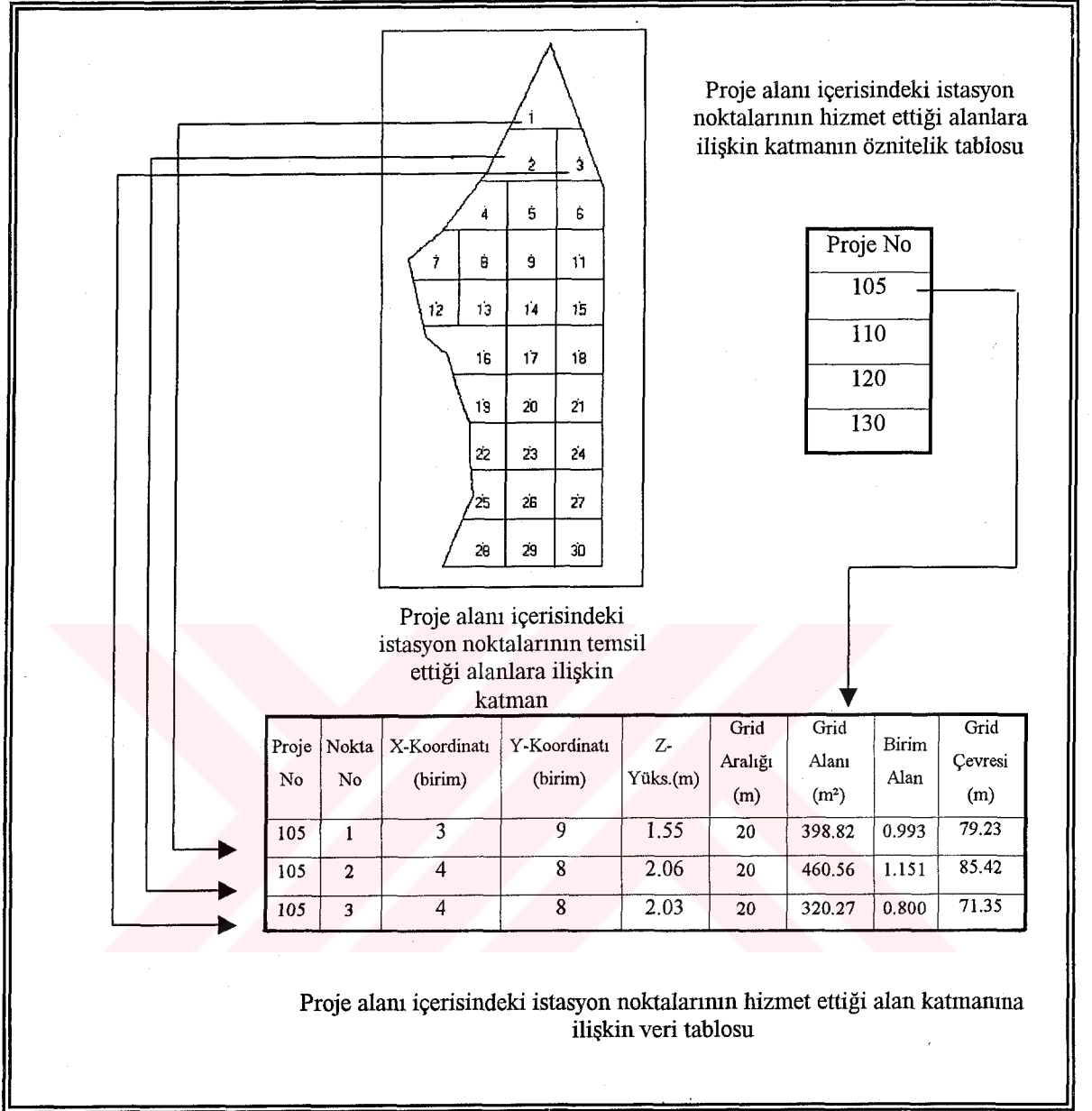
Proje sınırını oluşturan bilgiler ile proje alanı içerisindeki istasyon noktalarının oluşturduğu katmanlara, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında, konumsal analizler (üstü üste çakıştırma) işlemleri uygulanmıştır. Özellikle sınırlardaki artık alanların hesaplanabilmesi için, söz konusu analizin ardından, oluşan yeni katmana ait bilgilerin, depolanması ve sorgulanabilmesi amacıyla, yeni bir veri tablosu oluşturulmuştur. Bu

veri tablosu içerisinde, projé alanı içerisindeki noktalar ve bu noktaların temsil ettiği birim alanlara ait veriler bulunmaktadır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Proje alanı içerisindeki her bir istasyon noktasının temsil ettiği alanlara ilişkin bilgilerinin depolandığı veri tablosu içeriği

Alan Adı	Özelliği	Genişliği	
		Tamsayı Kısmı	Ondalık Kısmı
Proje No	Ondalıklı	8	-
Nokta No	Ondalıklı	8	-
x-koordinatı	Ondalıklı	12	2
y-koordinatı	Ondalıklı	12	2
z-yüksekliliği	Ondalıklı	4	2
Grid Aralığı	Ondalıklı	8	-
Grid Alanı	Ondalıklı	8	2
Grid Çevresi	Ondalıklı	8	2

Oluşturulan veri tabanı içerisinde, arazi tesviye projelemesi çerçevesinde istenilen grid aralıklarında karelere ayrılmış proje alanlarının, gerek noktasal gerekse alansal bilgilerine ulaşım Şekil 3.6 da gösterilmiştir. Bu bilgilere grafik ekran üzerinden de ulaşılabilmektedir.



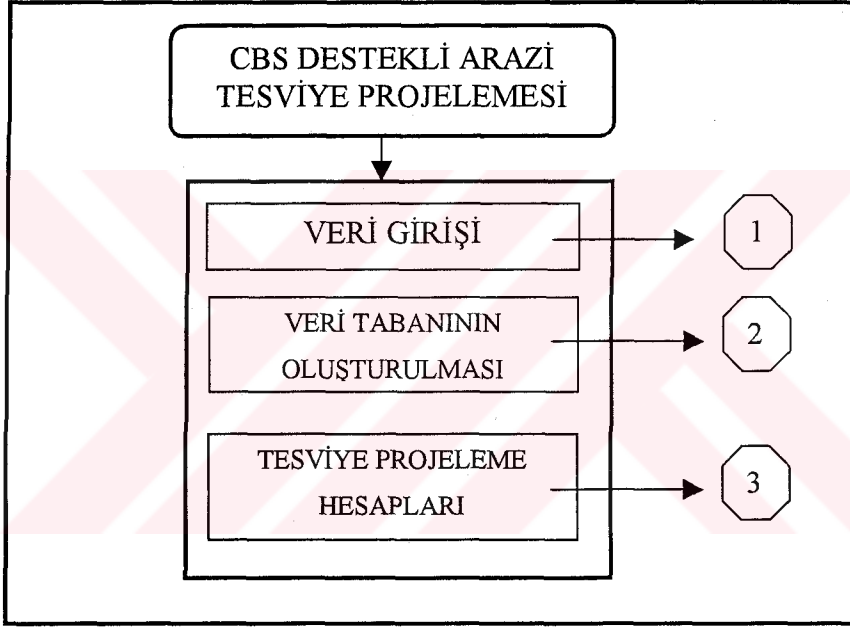
Şekil 3.6. Proje alanı içerisindeki istasyon noktalarının hizmet ettiği alanlara ilişkin katman ile bu katmana ilişkin veri tablosu arasındaki ilişki

3.2.3. Projelene Yöntemi

Çalışmada; coğrafi bilgi sistemi içerisinde değerlendirilecek olan, nokta, çizgi ve kapalı alan özelliğindeki tüm veriler ve bu veriler ile yapılacak projelene hesaplarının,

bir bütün içerisinde işlem görüp, sorgulanması ve gerekli analizlerin yapılması amacıyla bir tasarım yapılmıştır.

Projemeye yönelik hazırlanan program tasarımı; projemeye verilerinin sisteme aktarılabilmesi için “Veri Girişi”, aktarılan tüm veriler ile projemeye bir altlık sağlayacak “Veri Tabanının Oluşturulması” ve hazırlanan veri tabanı ile arazi tesviyesi projememesinin yapılabilmesi için “Tesviye Projemeye Hesapları” bölümleri biçiminde oluşturulmuştur(Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Projemeye yönelik program tasarımı

Hazırlanan veri dosyalarının CBS ortamında etkin bir biçimde kullanılabilmesine yönelik bir veri tabanının oluşturulabilmesi amacıyla, bu programın gerekli komutlarından faydalanılmış ve bu bağlamda bir yazılım hazırlanmıştır. Hazırlanan yazılımda, projemeye için hazırlanan akış diyagramları göz önünde bulundurularak, ekran formları oluşturulmuş ve işlemler bu ekran formları üzerinden gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.8 te, arazi tesviyesi projememesine giriş için oluşturulan ekran formu verilmiştir. Ekran formları aracılığı ile hesaplamaların yapıldığı çalışmada, bilgisayar ortamındaki işleyiş aşamaları, düzgün ve düzgün şekilli olmayan birer örnek

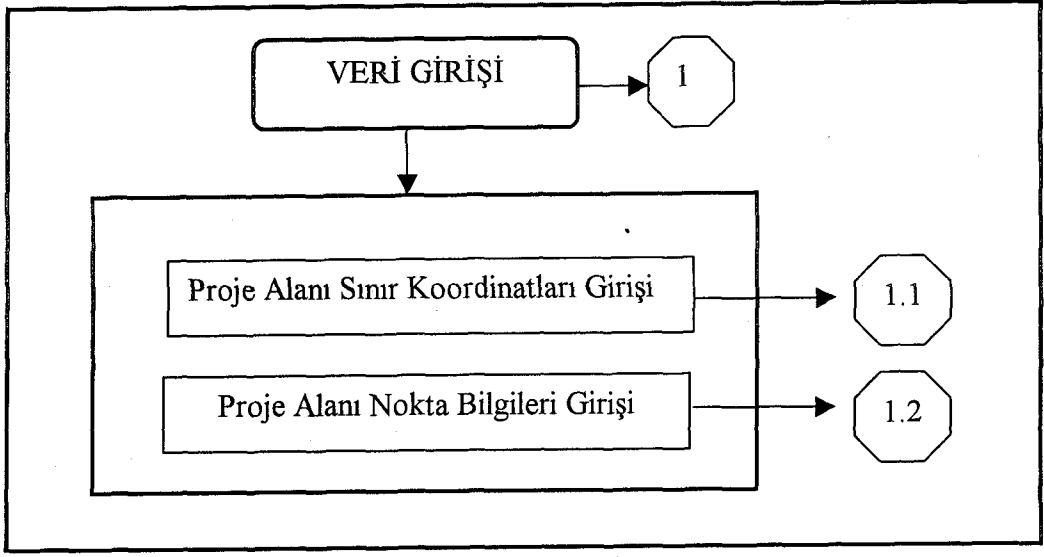
alan için açıklanmış, diğer proje alanlarının sonuçları ve değerlendirilmeleri, araştırma sonuçları bölümünde verilmiştir.

Şekil 3.8. Projelermeye ilişkin ekran giriş formu

3.2.3.1. Arazi Tesviyesi Projelermesine İlişkin Verilerin Sisteme Aktarılması

Arazi ölçüm verileri ve projelermeleri bitirilmiş alanlara ilişkin coğrafi verilerin, coğrafi bilgi sistemi ortamında değerlendirilebilmesi için, bu verilerin bilgisayar ortamında okunabilir bir biçime dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında gerekli olan bilgilerin sisteme aktarımı, elle ya da otomatik olarak yapılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Ancak, çalışma kapsamında ele alınan verilerin çokluğu ve özellikle büyük alanlarda yapılan çalışmalarda bu sayının daha da artması nedeniyle, bilgilerin sisteme otomatik olarak okutulması düşünülmüştür.

Tesviye projelermesi için gerekli olan ve daha önce hazırlanan, sınır koordinatları ile parseller içerisindeki noktaların koordinat değerlerini içeren dosyaların, sisteme ayrı ayrı aktarılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Bu bağlamda, veri girişi bölümü, Şekil 3.9 te görülebileceği gibi 2 alt bölümden oluşturulmuştur.



Şekil 3.9. [1] nolu veri girişine ilişkin program tasarımı

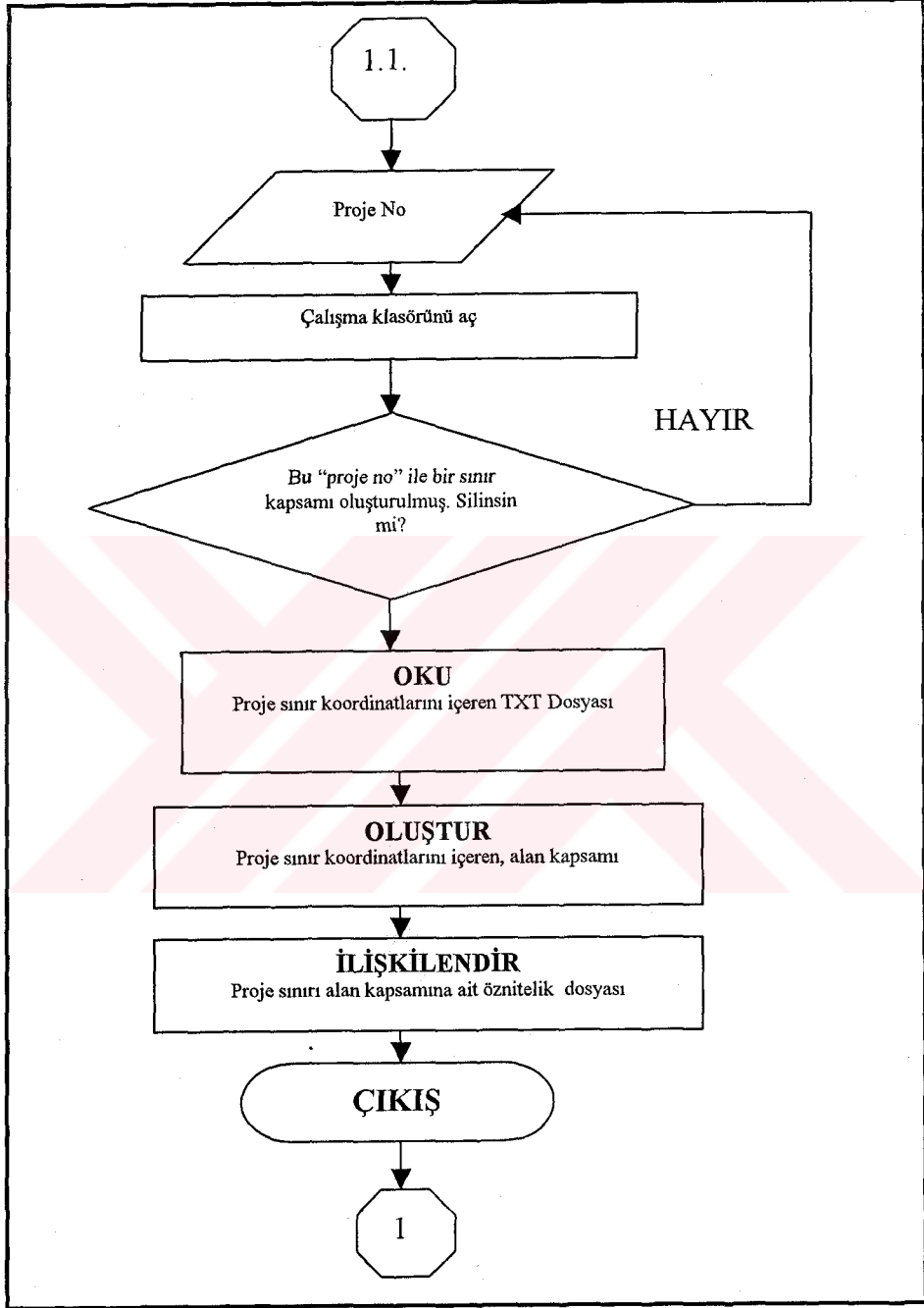
Projelemede, proje sınırlarının koordinatları ve proje alanı içerisindeki noktaların ölçüm değerlerinin eksiksiz olarak girilmesi, daha sonraki aşamalarda oluşturulacak veri tabanı bilgilerinin hesaplanmasında büyük önem taşımaktadır. Veri girişi için hazırlanan ekran formu ise Şekil 3.10 da verilmiştir.

Şekil 3.10. Veri girişi bölümü ekran formu

3.2.3.1.1. Proje Alanı Sınır Koordinatları Girişi

Veri girişi bölümünde yer alan ve proje alanı sınır koordinatları girişi olarak adlandırılan bölüme ait akış diyagramı Şekil 3.11 de verilmiştir.

Proje alanı sınır koordinatları veri girişi bölümünde; arazi ölçümleri sonucu elde edilen ve daha önce projelendirilen alanlardan seçilen örnek parsellere ilişkin sınır bilgileri, otomatik olarak okutulmuştur. Bunu izleyen aşamada, çalışılan bir projeye ilişkin proje numarası bilgisi istenmekte ve buna ait bir çalışma klasörü açılmaktadır. Açılan bu proje numarasına ait klasör bilgilerinin, daha önceden sistem içerisinde yaratılmış olması durumunda, bir sorgulama yapılabilmekte ve istenildiği takdirde bu bilgiler silinip yeni proje bilgileri ile çalışmaya devam edilebilmektedir. Sorgulama sırasında daha önceden oluşturulmuş bilgilerin silinmesi istenmiyorsa, çalışılan proje alanı için sisteme farklı bir proje no bilgisi girilerek işlemlere devam edilebilmektedir. Sorgulama işleminin yapılmasının ardından, proje alanı sınırının x, y ve z koordinat bilgilerini de içeren TXT uzantılı dosyalar, CBS ortamına otomatik olarak aktarılma ve proje alanı sınır kapsamı ve bu kapsama ait öznitelik tablosu oluşturulmaktadır.



Şekil 3.11. [1.1] nolu proje alanı sınır koordinatları girişine ilişkin akış diyagramı

Sistem, verilen proje numarasının başına S simgesini getirmekte ve söz konusu sınır koordinatları bilgilerini, bu kapsam altında toplanmaktadır. Bu bağlamda, oluşturulan modele proje no bilgisinin girilmesi ile başlanmaktadır (Şekil 3.12).

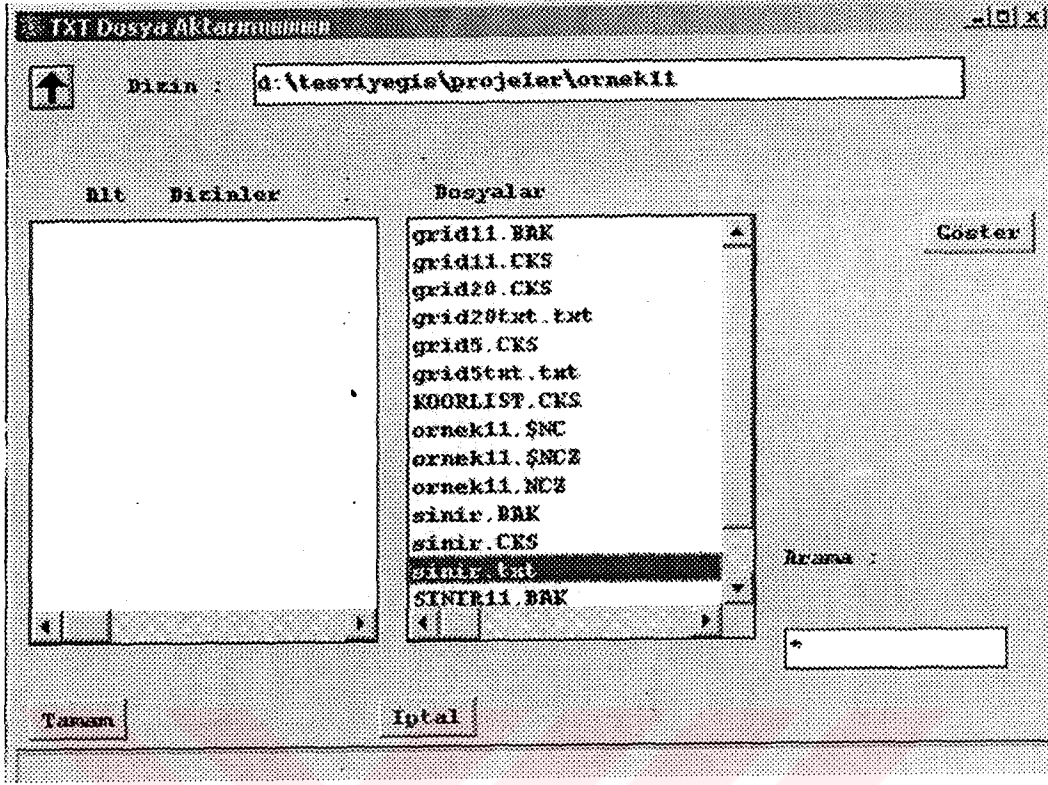
Şekil 3.12. Proje alanı sınır bilgileri ve proje no sorgulamasına ilişkin ekran formu

Proje alanlarına ait sınır koordinatları bilgilerinin, oluşturulan sistem içine otomatik olarak okutulması düşünüldüğünden, sisteme veri aktarımı bölümü bu amaca yönelik olarak yapılandırılmıştır.

Proje no bilgisinin, ekran formu yardımıyla girişinin ardından, daha önce oluşturulmuş örnek proje alanları otomatik olarak kontrol edilmekte ve aynı proje numarasına ait bilgiler mevcut ise kullanıcı uyarılmakta ve gerekli yönlendirmeler yapılmaktadır (Şekil 3.13).

Şekil 3.13. Sınır bilgileri için hazırlanan işlemi onaylama ekran formu

Bu aşamada, bilgisayar ortamında bulunan sınır koordinatlarının bulunduğu dosyanın yeri gösterilmektedir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Sistem içerisinde sınır koordinatlarının bulunduğu dosyanın seçiminin yapılabilmesi için hazırlanan ekran formu

Şekil 3.14 den de görülebileceği gibi, koordinat bilgilerinin bulunduğu dosyanın seçiminin arkasından, söz konusu bilgiler otomatik olarak CBS ortamında hazırlanan veri dosyalarının içine aktarılmaktadır.

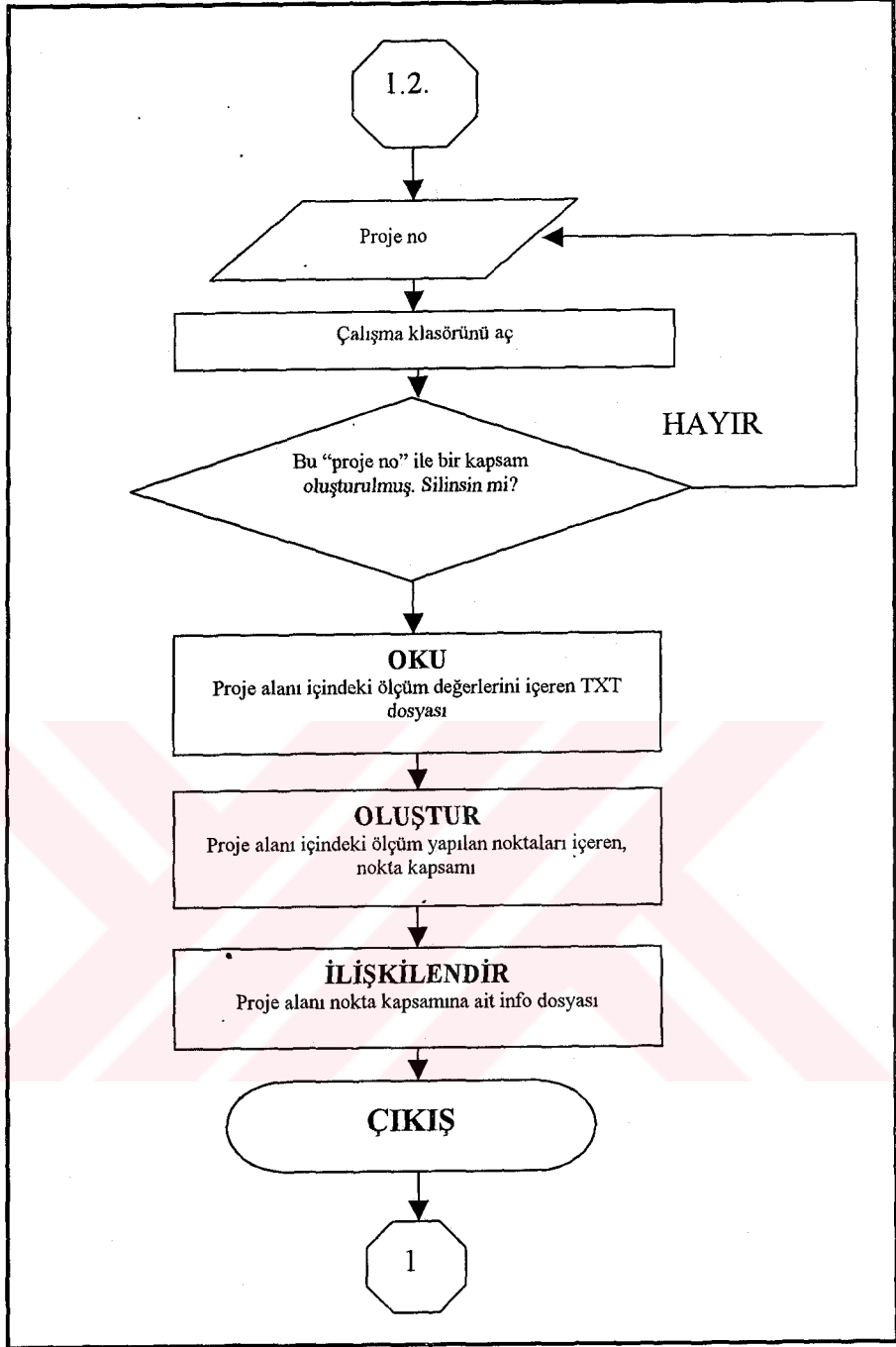
3.2.3.1.2. Proje Alanı Nokta Bilgileri Girişi

Veri girişi bölümünde yer alan, proje alanı nokta bilgileri girişine ait akış diyagramı Şekil 3.15 de verilmiştir.

Proje alanı içindeki her bir istasyon noktasının koordinat değerlerinin, CBS ortamında değerlendirilip, gerekli analizlerin yapılabilmesine uygun olarak yapılandırılan ve bu amaç için bilgilerin sistem içerisine aktarımına olanak tanıyan bu bölümde, bilgiler, sınır bilgilerinde olduğu gibi otomatik olarak aktarılmaktadır.

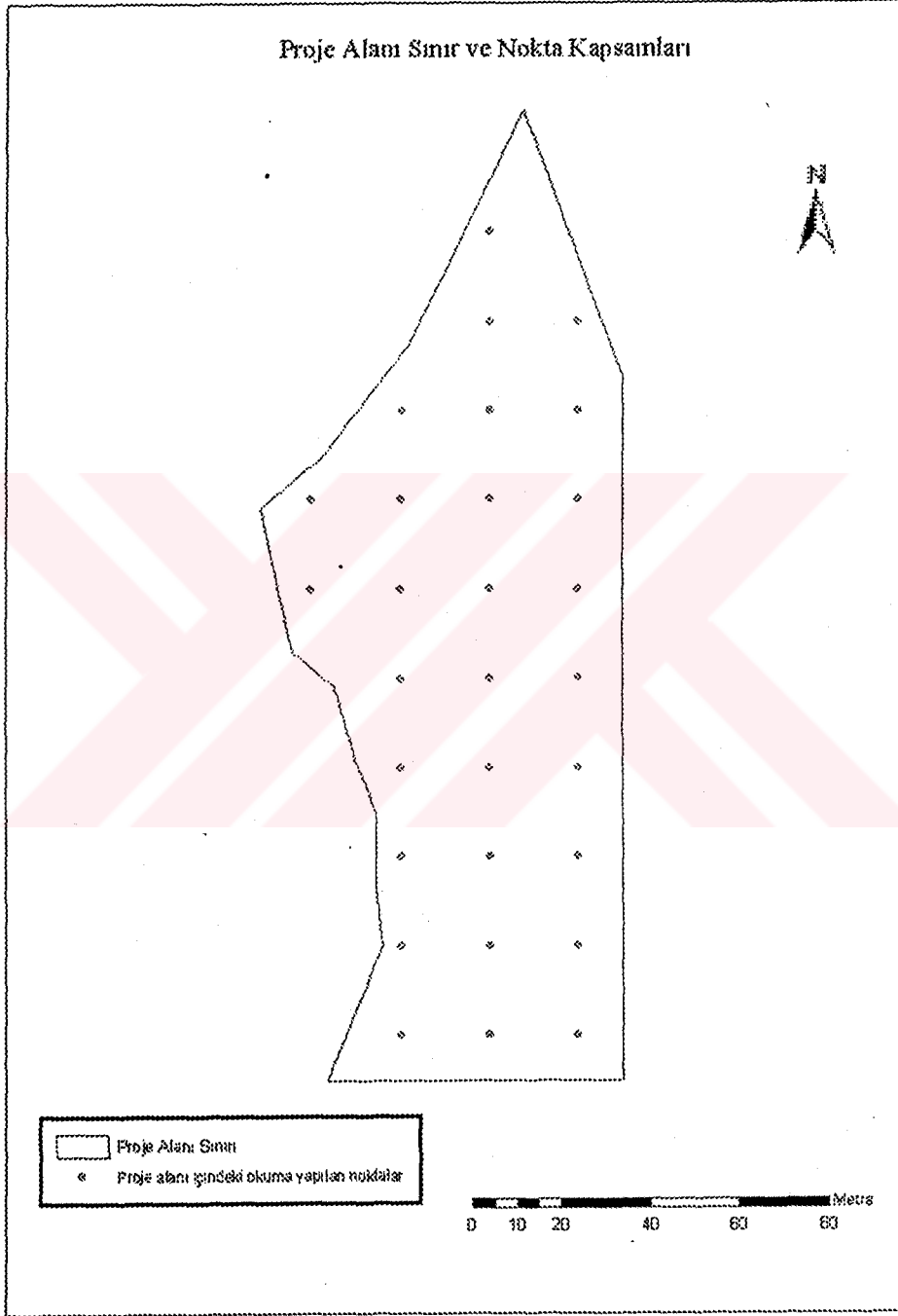
Proje alanı nokta bilgileri girişi bölümünde; sınır koordinatları sisteme aktarılan proje alanına ilişkin proje no bilgisi istenmekte ve bu proje numarasına ait bilgilerin daha önce sistem içerisinde oluşturulup oluşturulmadığının kontrolü yapılmaktadır. İstenildiği durumlarda eski bilgiler silinip yeni bilgilerle bir çalışma klasörü oluşturulabilmektedir. Sınır koordinatları girişinde olduğu gibi, proje alanı içerisindeki istasyon noktalarına ait x, y ve z koordinatları otomatik olarak sisteme okutulmakta, arazinin TIN modeli hazırlanmakta, bu yapı üzerinden proje alanı nokta kapsamı ve bu kapsama ait öznitelik tablosu oluşturulabilmektedir.





Şekil 3.15. [1.2] nolu proje alanı içerisindeki istasyon noktalarına ilişkin verilerin girişi akış diyagramı

Proje alanı sınırı ile alan içerisindeki istasyon noktalarına ait bilgilerinin sistemde haritalandırılmış durumu Şekil 3.16 da verilmiştir.

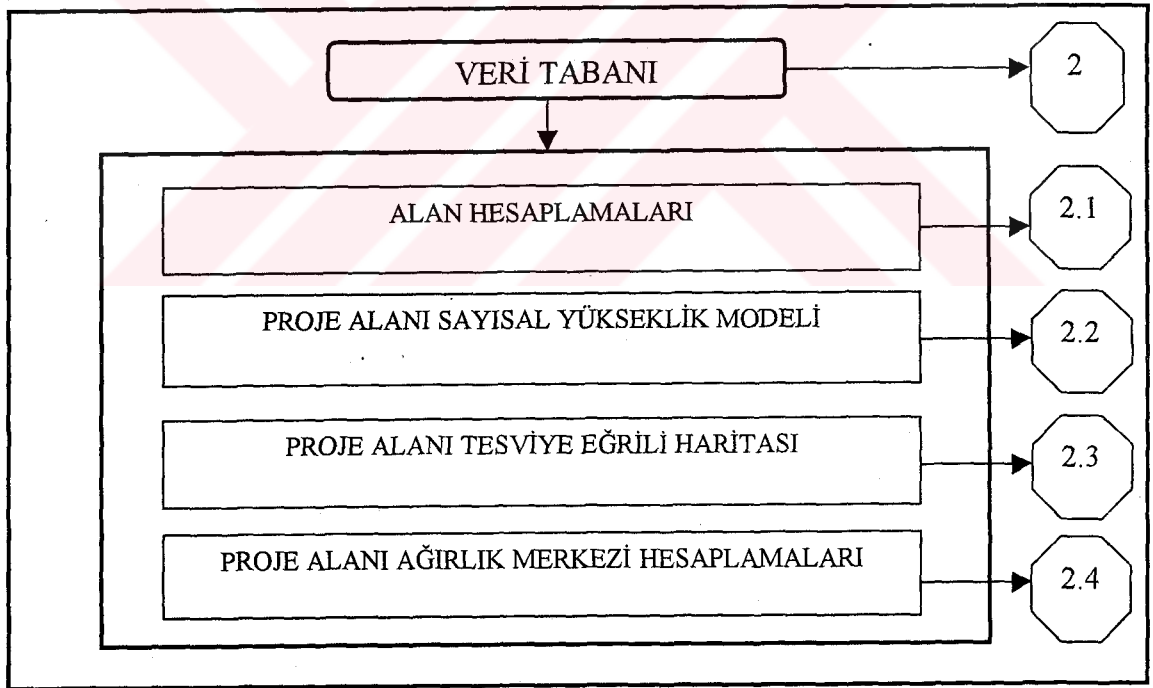


Şekil 3.16. Proje alanını oluşturan sınır ve proje alanı içindeki nokta katmanları

3.2.3.2. Arazi Tesviyesi Projelerine İlişkin Veri Tabanının Oluşturulması

Arazi tesviyesi projelerinin hazırlanmasında, özellikle tesviye projelerine altlık oluşturabilecek bir veri tabanının oluşturulabilmesi ve kazı-dolgu hacimlerinin daha hassas bir şekilde belirlenebilmesi için, coğrafi bilgi sistemini olanakları kullanılarak oluşturulan veri tabanı işlemleri 4 aşamada gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.17).

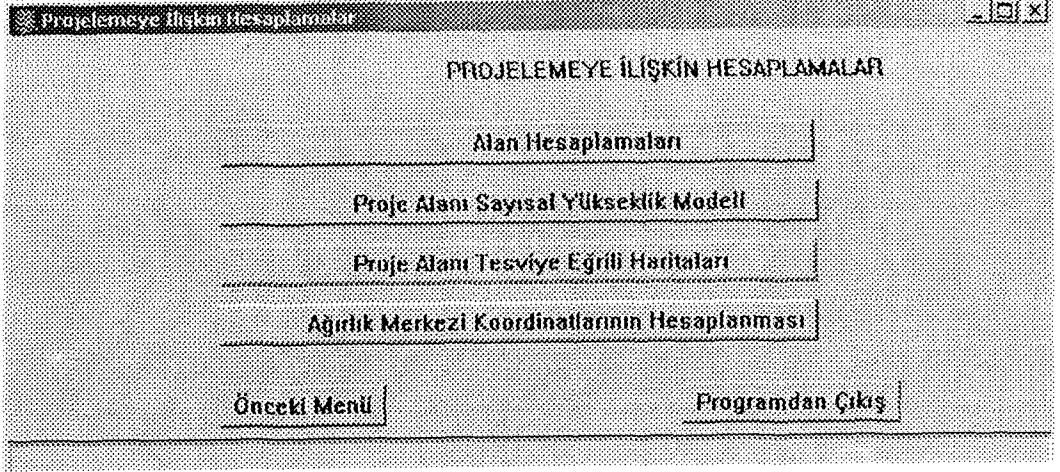
- Alan hesaplamaları,
- Proje alanı sayısal yükseklik modeli,
- Proje alanı tesviye eğrili haritaları,
- Proje alanı ağırlık merkezi hesaplamaları.



Şekil 3.17. [2] nolu veri tabanının oluşturulması bölümüne ilişkin program tasarımı

Verilerin CBS ortamında kullanılabilir bir biçimde değerlendirilebilmesi, analizlerin ve hesaplamaların kolaylıkla yapılıp, tesviye düzlemi eğimleri ve kazı-dolgu

hacimlerinin bulunabilmesi amacıyla oluşturulan veri tabanı bölümüne, Şekil 3.18 de gösterilen ekran formu ile girilmektedir.



Şekil 3.18. Veri tabanı hesaplamalarına ilişkin ekran formu

Veri tabanı modeli, gerekli olduğu durumlarda sorgulamalara uygun olarak tasarlanmıştır. Bu şekilde daha önceden, bilgisayar ortamında hesaplama işlemleri yapılmış örnek proje alanlarının gerektiği durumlarda silinip tekrar hesaplatılabilmesi mümkün hale gelmiştir.

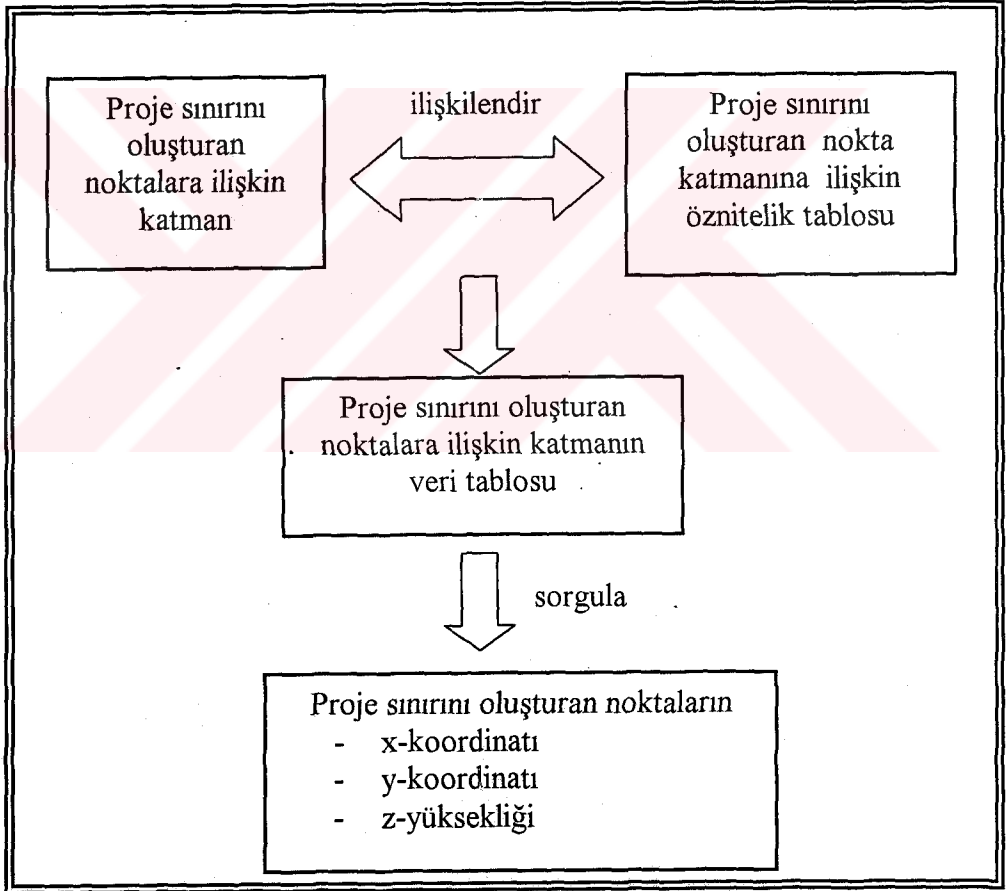
Aynı zamanda bu karar verme sorgulamaları ile, projelendirme aşamalarının herhangi bir yerinde yapılan işlemleri durdurma veya tekrarlama olayı da yapılabilmektedir.

3.2.3.2.1. Alan Hesaplamaları

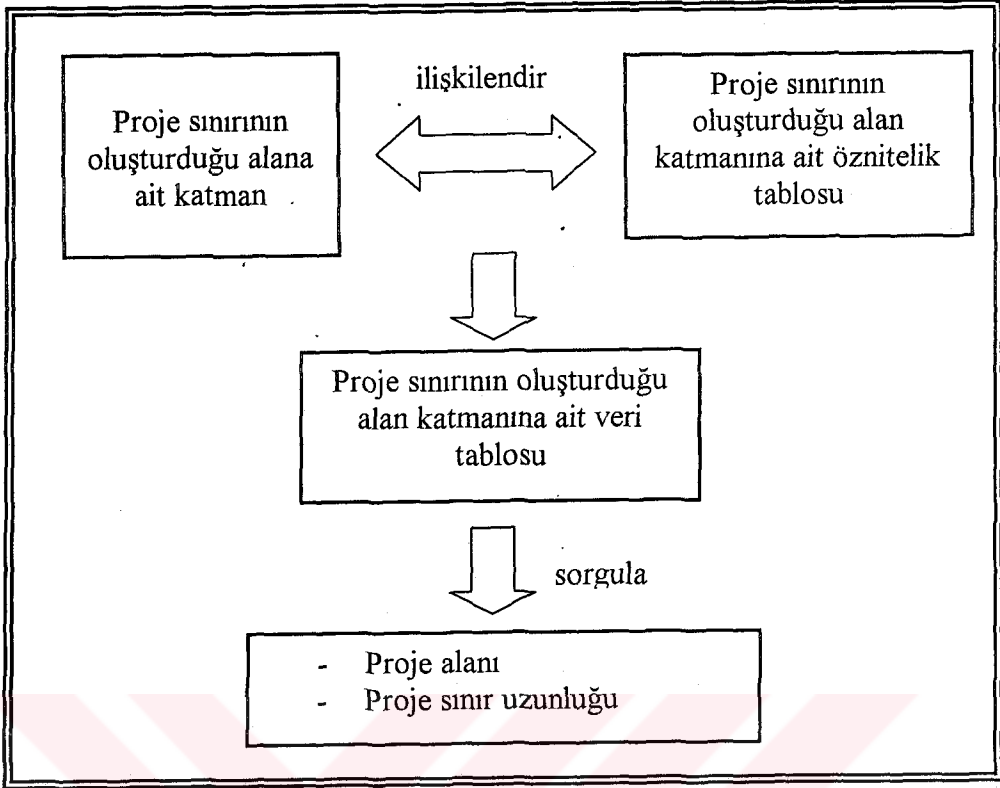
Kazı ve dolgu miktarlarının daha hassas bir biçimde hesaplanabilmesi, gerekli alan değerlerinin doğru bir biçimde belirlenebilmesiyle mümkündür. Özellikle proje alanlarının sınırlarındaki artık alan değerlerinin tam olarak hesaplanabilmesi amacıyla oluşturulan veri tabanı içerisinde, sisteme girilen bilgilerin CBS olanakları kullanılarak, analizlerden geçirilmesi gerekmektedir. Proje alanlarının sınırlarında ve içerisinde

oluşturulan kapalı alan ve nokta katmanları ve bunların bağlı oldukları öznelik tabloları yapılacak işlemlere göre ilişkilendirilmiş ve öncelikli olarak, analiz işlemleri için gerekli olan akış diyagramları oluşturulmuştur.

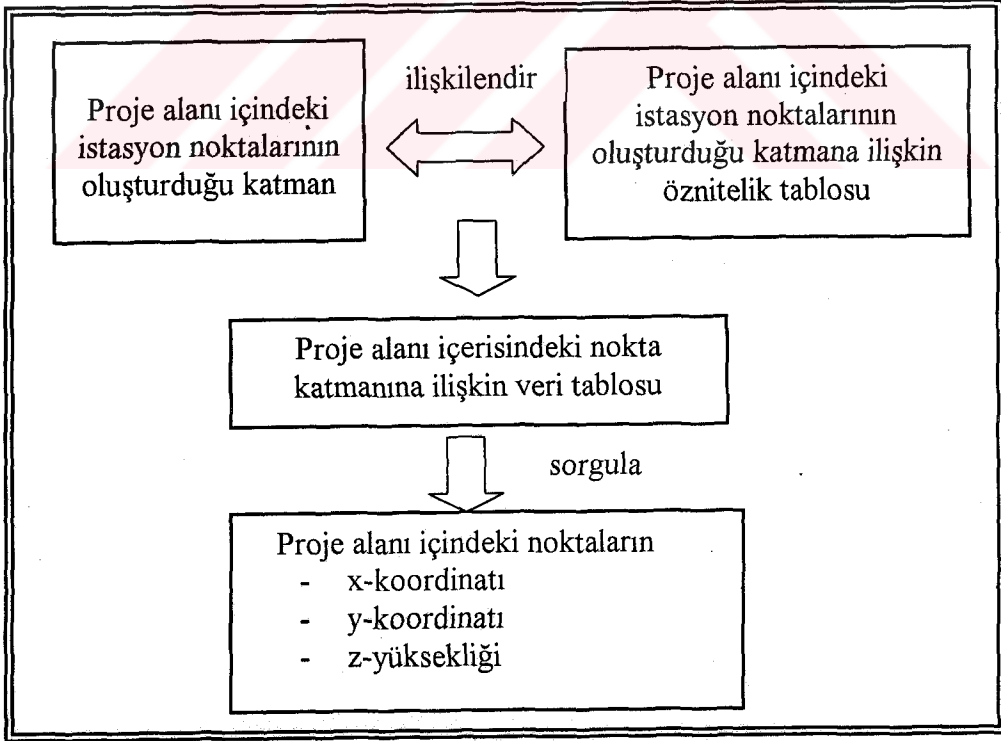
Sisteme otomatik olarak aktarılan proje alanlarının sınır koordinatları ve kareler ağına ayrılarak ışınsal nivelman uygulanmış noktaların koordinatları ile oluşturulan nokta ve kapalı alan özelliğindeki katmanlar, öncelikle kendi katmanlarına ait veri tabloları ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 3.19, 3.20 ve 3.21). Bunun sonucunda, proje sınırını oluşturan herhangi bir noktanın sorgulanması istenildiğinde, veri tablosu içerisinde gerekli bilgilere ulaşım sağlanmıştır.



Şekil 3.19. Proje sınırını oluşturan noktalara ilişkin katmanın veri tabloları ile ilişkilendirilmesi



Şekil 3.20. Proje sınırının oluşturduğu alan katmanının veri tabloları ile ilişkilendirilmesi

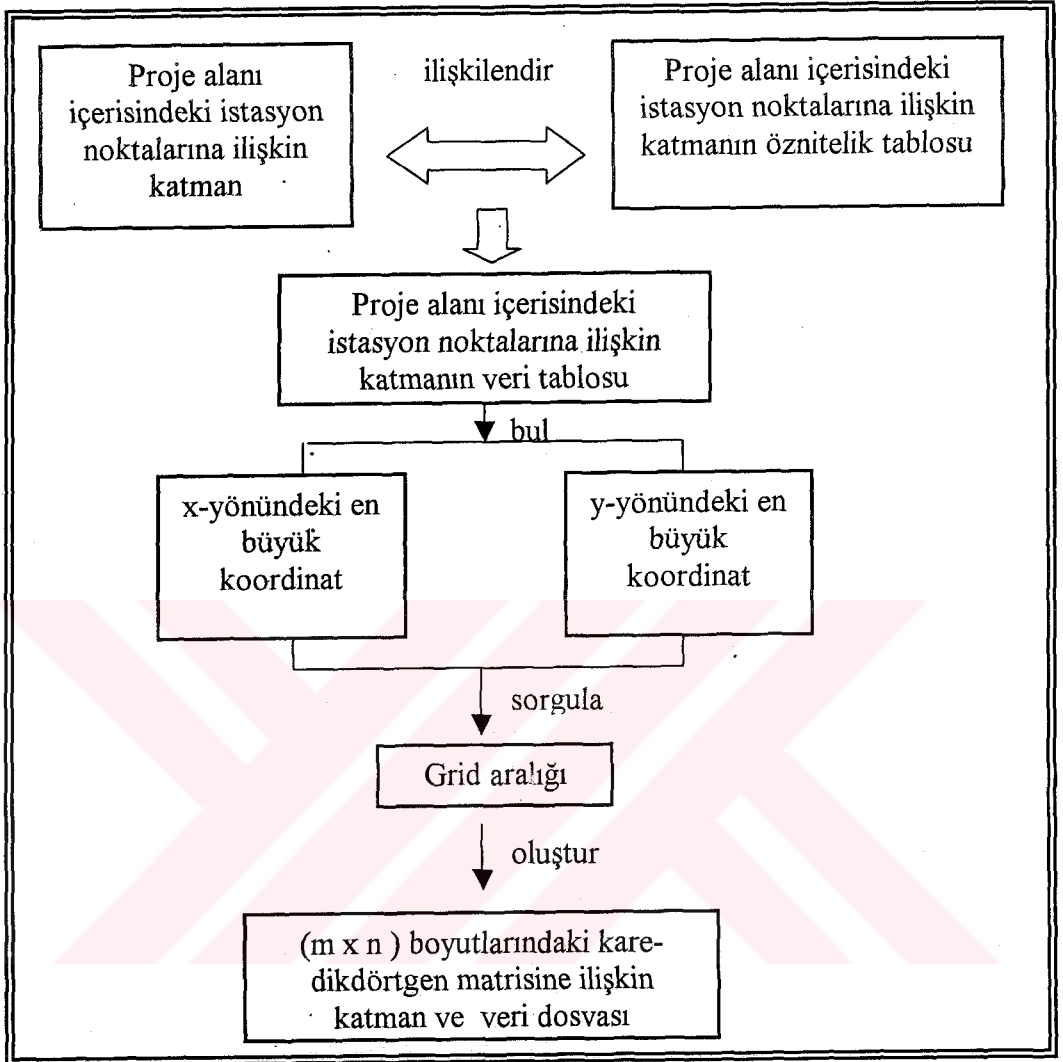


Şekil 3.21. Proje alanı içerisindeki istasyon noktalarının oluşturduğu katmanın veri tabloları ile ilişkilendirilmesi

Tesviye projelerinin uygulanacağı arazilerin düzgün veya düzgün şekilli olmaması, tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde de farklı hesaplama yöntemlerinin kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Aynı şekilde, coğrafi bilgi sistemi ortamında projelermeye altlık olması amacıyla hazırlanan veri tabanı modeli içerisinde de bu durum düşünölmüştür. Özellikle, sınırlardaki noktaların temsil ettiği bir birimden farklı olan alan değerlerinin doğru olarak hesaplanabilmesi için, düzgün şekilli olmayan örnek proje alanları, şekli düzgün bir alana dönüştürölməsi amaçlanmıştır. Bunun için, proje alanı içerisindeki istasyon noktalarının oluşturduğu katmanın veri tablosu içindeki bilgilerden yararlanılmıştır.

Bu bağlamda, Arc/Info nun programlama dili olan AML ile hazırlanan yazılımda, öncelikle proje alanı içindeki noktaların x ve y eksenlerindeki en küçük ve en büyük değerleri bulunmuştur. Daha sonra kareler ağı boyutları dikkate alınarak, x ve y eksenlerindeki noktalar, en büyük koordinata karşılık gelecek şekilde arttırılmıştır. Bu şekilde, düzgün şekilli olmayan bir alanın (m x n) matrisine dönüştürölməsi sağlanmış ve bu noktalardan oluşan yeni bir katman oluşturulmuştur. Bu (m x n) boyutlarındaki matrisi oluşturan yeni katmanın, öznitelik tablosu gerekli olduğu durumlarda istenilen bilgiye ulaşabilmek amacıyla kullanılmıştır(Şekil 3.22).

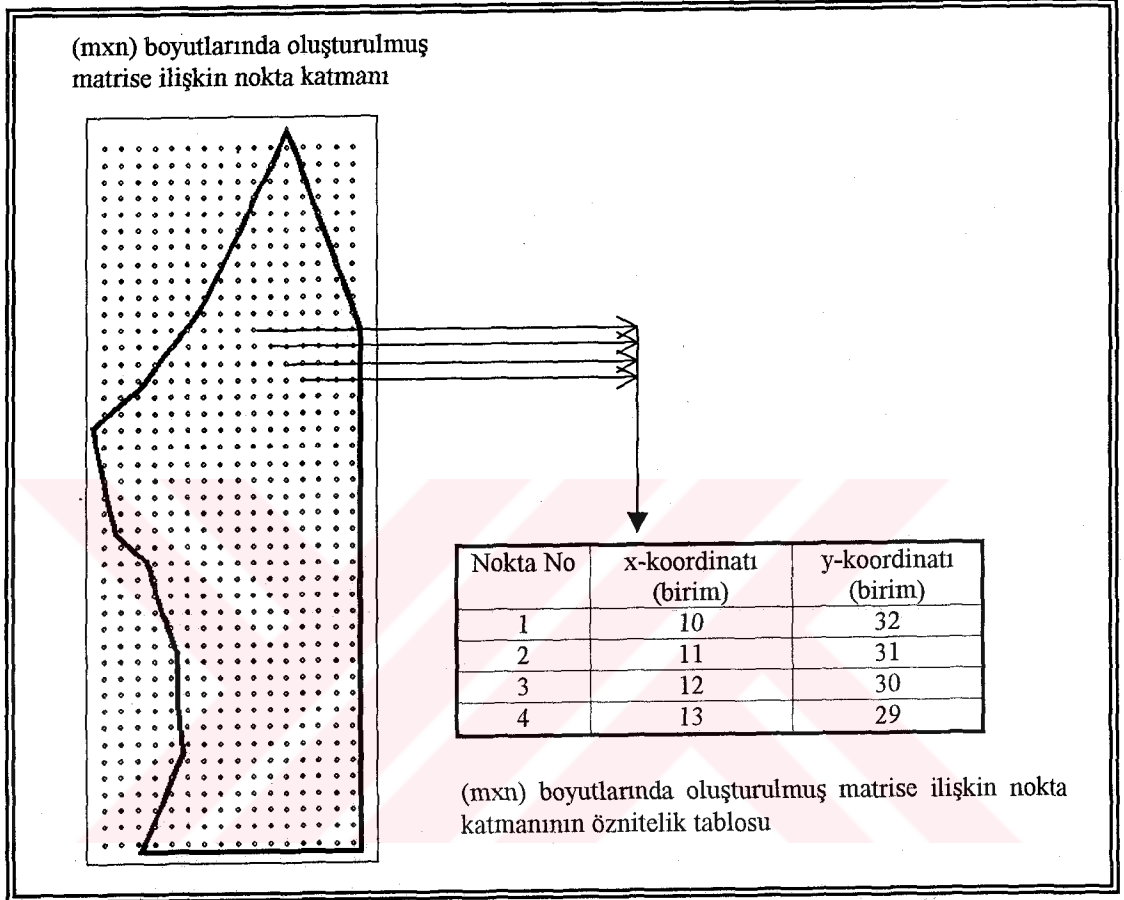
Düzgün şekilli olmayan proje alanları için oluşturulan (m x n) boyutlarındaki matrise ait veri dosyasının ve ait olduğu noktaların, grafik ekran üzerinde de görüntülenebilmesi amacıyla bir katman oluşturulmuştur. Bu işlem ile nokta özelliğindeki katmana ait veri bilgilerinin içeriklerine Şekil 3.23 de görölebileceği gibi, gerekli olduğu durumlarda ulaşılabilir.



Şekil 3.22. Düzgün şekilli olmayan alanların düzgün şekilli bir matrise dönüştürülmesi amacıyla gerekli katmanların ve tabloların ilişkilendirilmesi

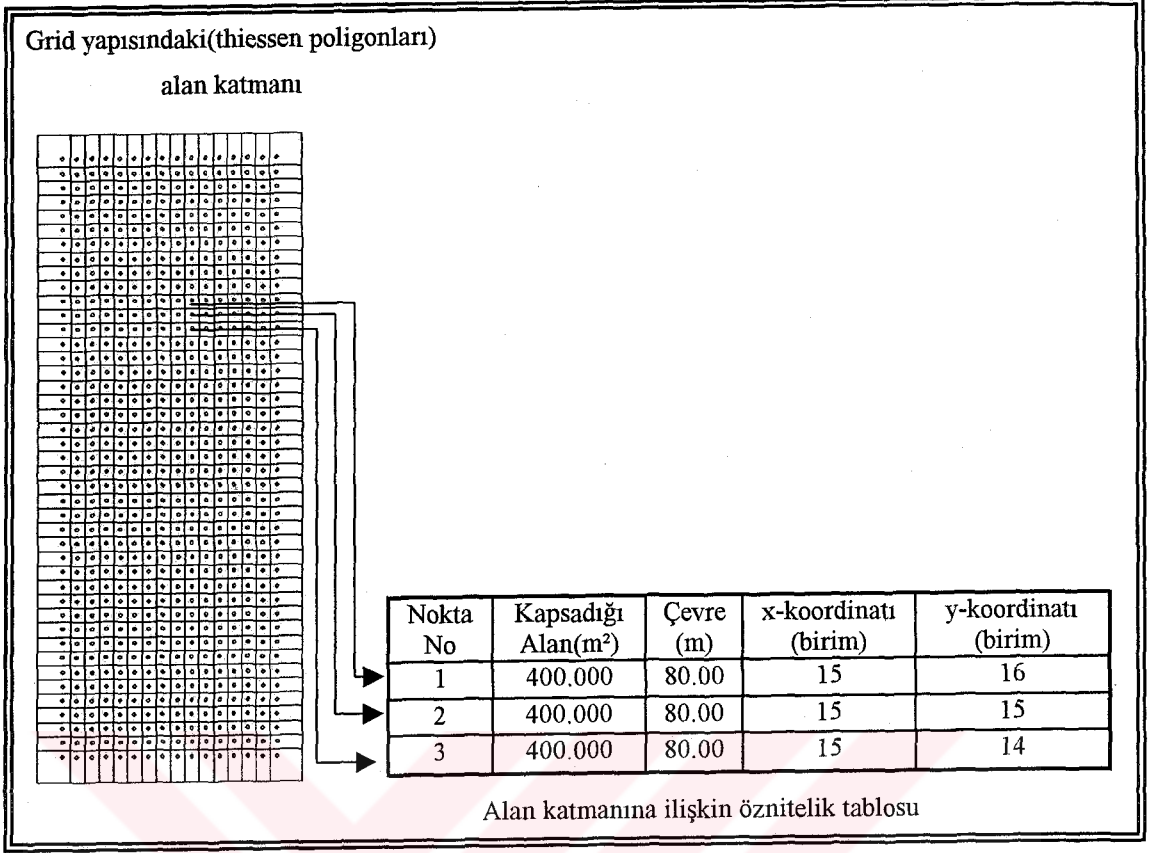
Şekilleri düzgün olmayan proje alanlarının düzgün şekle getirilmesi ile oluşturulan yeni $(m \times n)$ boyutlarındaki *nokta özelliğindeki katmanlar*, coğrafi bilgi sistemi ortamındaki “*Konumsal analizler-yakınlık analizi-Thiessen poligonları*” analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen $(m \times n)$ boyutlarındaki matrisin mevcut noktaları, düzenli bir şekilde dağıldığı için, uygulanan Thiessen poligonları analizi ile istenilen grid aralıklarında olmak üzere yeni bir *alan katmanı* elde edilebilmiştir. Diğer bir anlatımla; proje alanı içerisindeki noktalar, düzenli bir şekilde dağıldıkları ve aynı

etiket değerlerine sahip oldukları için, oluşan Thiessen poligonları, klasik GRID yapısına sahip olmuştur.



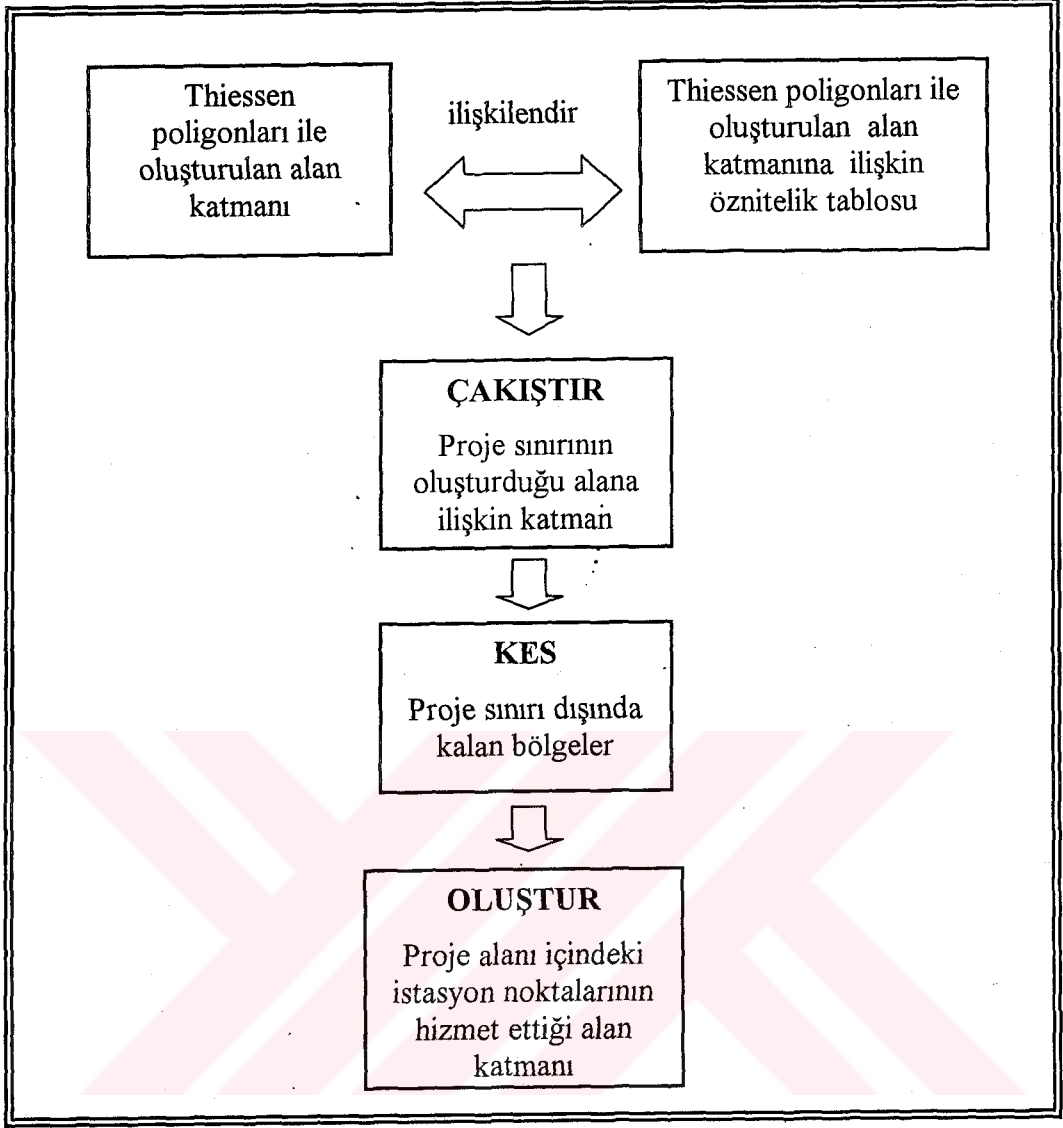
Şekil 3.23. Şekli bozuk olan alanlarda, (mxn) matrisi ile oluşturulan nokta katmanı ve öznitelik tablosunun arasındaki ilişki

Thiessen poligonları analizi uygulanarak elde edilen ve kapalı alan özelliğinde olan katman, bu katmana ait öznitelik tablosunun içeriği ve ilişkilendirilmesi Şekil 3.24 de gösterilmiştir.



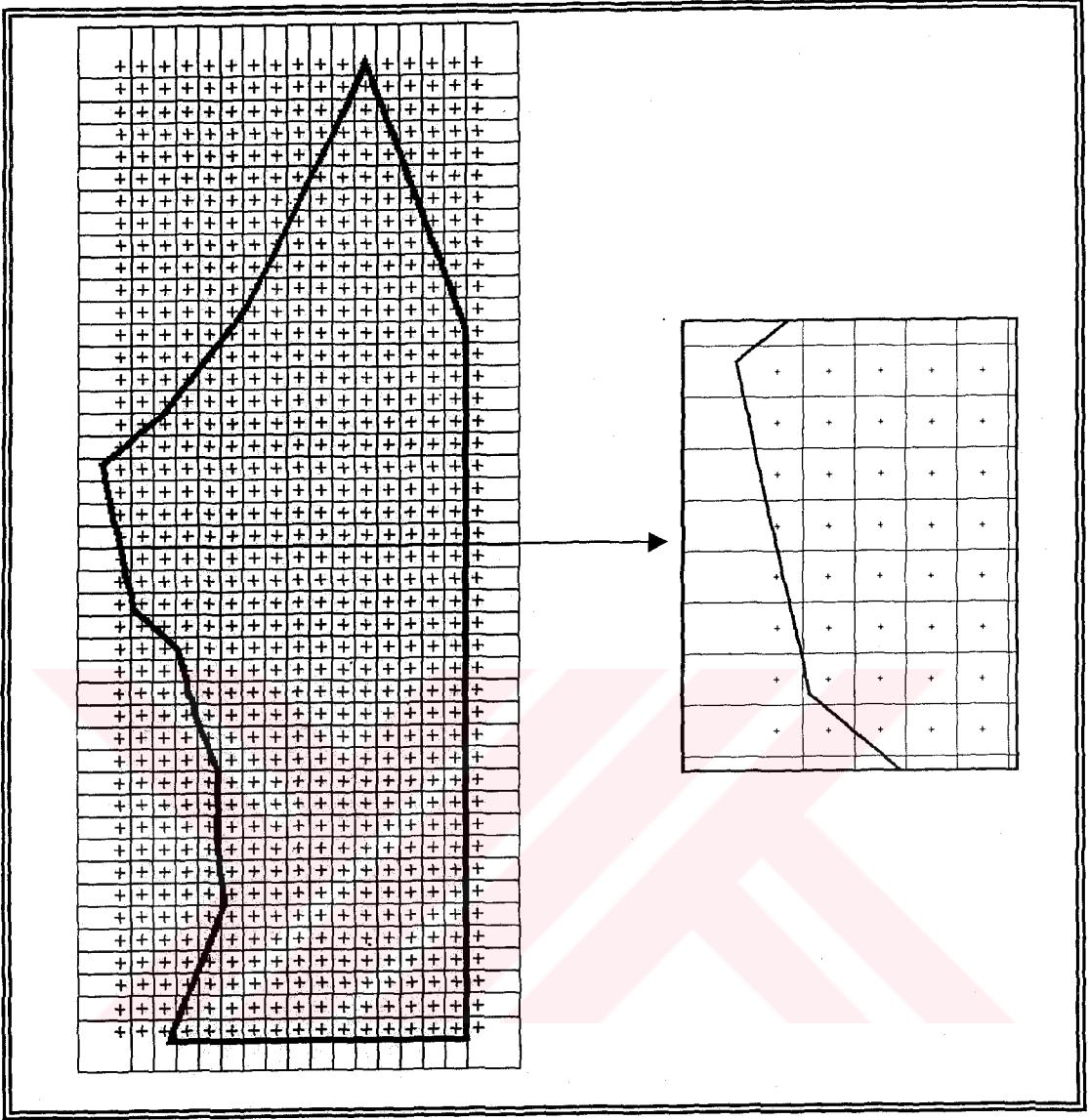
Şekil 3.24. Yakınlık analizi uygulanmış (m x n) matrisi alan katmanı ve öznelik tablosu arasındaki ilişki

İstenilen boyutlarda kareler ağına ayrılmış araziler için oluşturulan yeni “alan katmanlarına(Thiessen poligonları)”, tesviye düzlemi eğimlerinin ve kazı ve dolgu hacimlerinin hesaplanabilmesi amacıyla, coğrafi bilgi sistemi ortamında konumsal analizler uygulanmıştır. Bu bağlamda; oluşturulan yeni alan katmanları, öncelikle, Şekil 3.25 de de gösterilen akış diyagramı çerçevesinde kendi öznelik tabloları ile ilişkilendirilmiştir. Daha sonra, bu alan katmanı ve aynı proje alanının sınır katmanına “konumsal analizler-birleştirme analizi-çakıştırma analizi” uygulanmıştır. Bu şekilde sınır katmanının ve alan katmanının üst üste birleştirildiği yeni bir katman elde edilmiştir. Elde edilen bu yeni katman üzerinde, “konumsal analizler-sınır işlemleri-kesme” analizi uygulaması ile proje sınır dışında kalan bölgeler çıkartılmıştır. Bunun sonucunda, proje alanı içerisinde kalan istasyon noktalarının hizmet ettiği, bir birim ve bir birimden farklı olan tüm alan değerlerinin birlikte bulunduğu, bir katman elde edilmiştir.



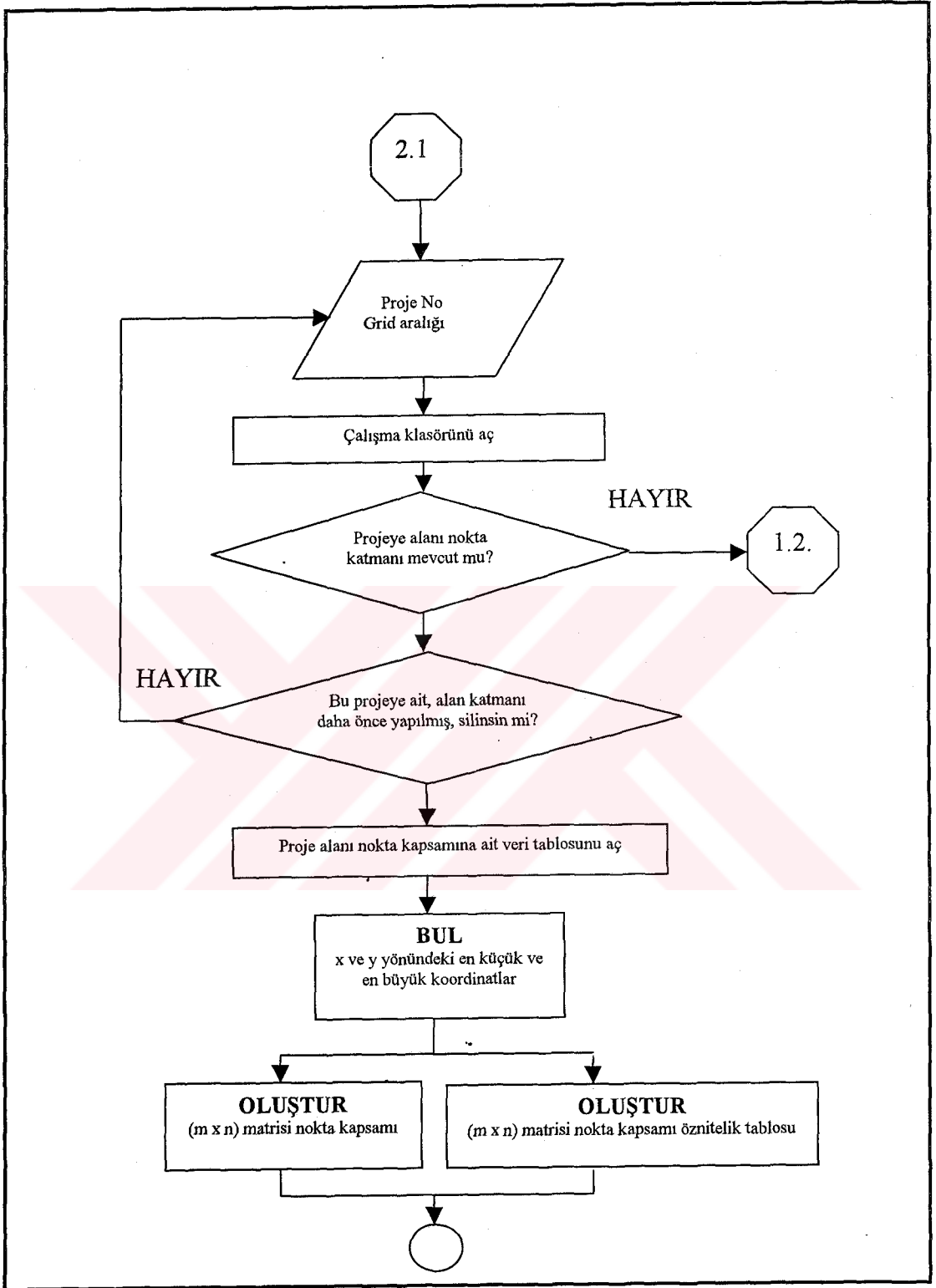
Şekil 3.25. Proje alanı içindeki her bir ölçüm noktasının temsil ettiği alanların oluşturulması için uygulanan analizler ve gerekli katmanların ilişkilendirilmesi

Böylece, arazi tesviyesi projelmesi kapsamında, CBS ortamında yapılan gerekli uygulamalar sonucunda, mira okuması yapılan her bir istasyon noktasının kapsadığı alan değerleri çok hassas bir şekilde elde edilmiştir. Özellikle sınır işlemleri analizi sonucunda, artık alanların hesaplanması kolaylıkla yapılabilmektedir (Şekil 3.26). Elde edilen sonuçlar veri tablosu içinde saklanmıştır.

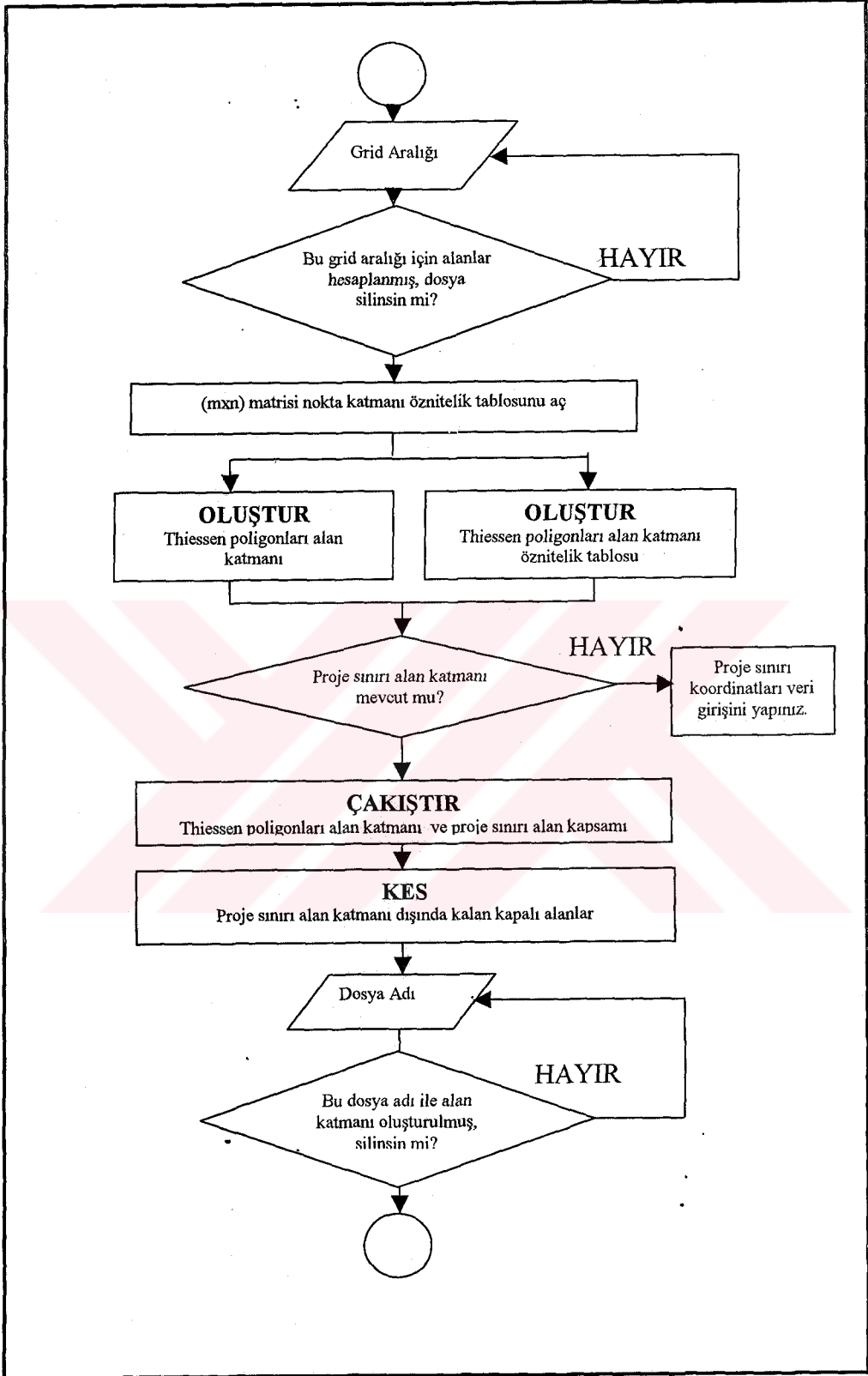


Şekil 3.26. Proje alanı içerisinde bir birim ve bir birimden farklı alan değerleri

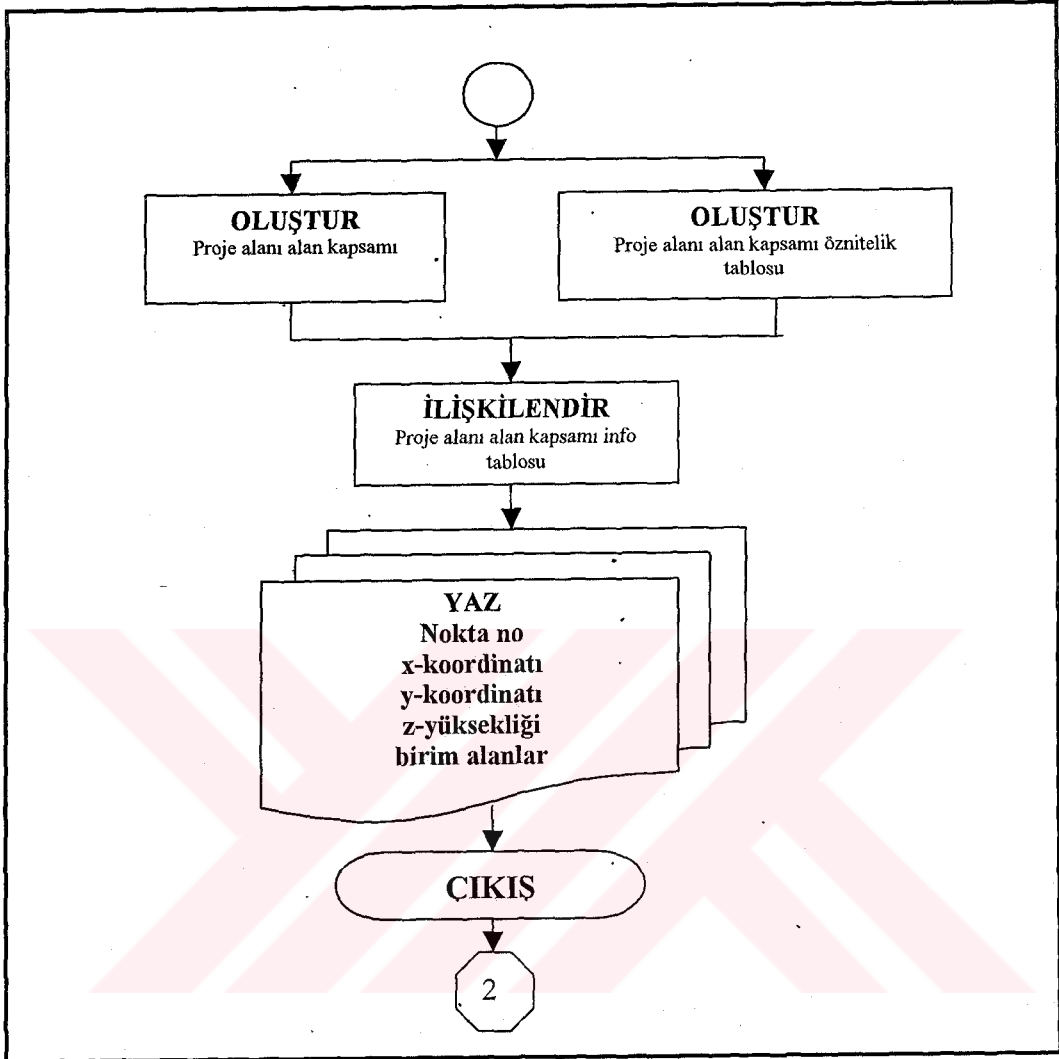
Veri tabanı tasarımı içinde yer alan “Alan Hesaplamaları” bölümü için, Arc/Info programı kullanılarak oluşturulan modele ilişkin akış diyagramı Şekil 3.27 de verilmiştir.



Şekil 3.27. [2.1] nolu alan hesaplamaları akış diyagramı



Şekil 3.27. [2.1] nolu alan hesaplamaları akış diyagramı(devam)

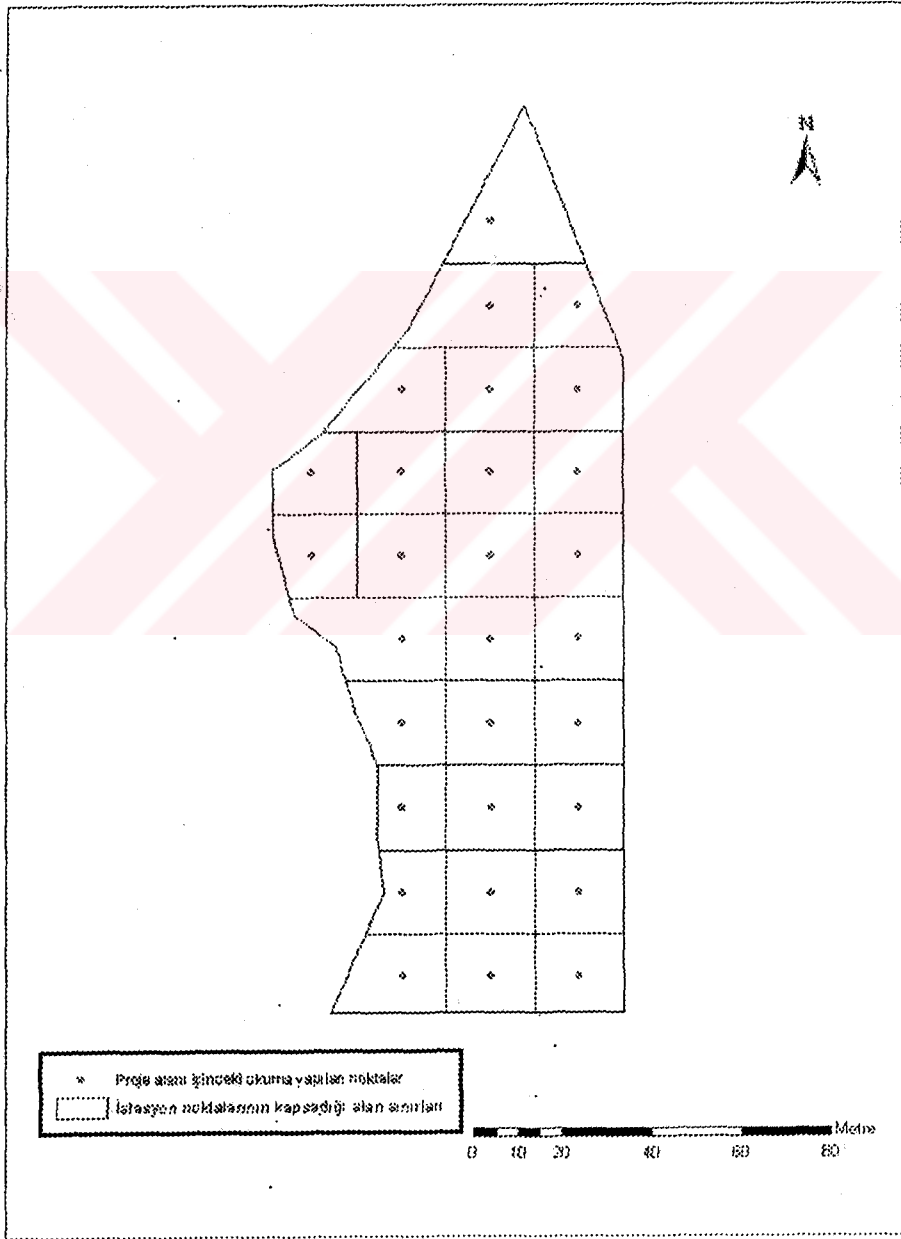


Şekil 3.27. [2.1] nolu alan hesaplamaları akış diyagramı(devam)

Alan hesaplamalarında, öncelikle çalışılacak proje no ve oluşturulan kareler ağındaki grid aralıklarının sorgulaması yapılmaktadır. Bu bölüme altlık oluşturacak bilginin, proje alanı nokta kapsamı olması nedeniyle, proje no bilgisi ile veri girişinde oluşturulan proje alanı nokta kapsamının, sistem içerisinde olup olmama durumu kontrol edilmektedir. Girilen proje numarasına ilişkin proje alanı nokta kapsamı mevcut ise, işlem bir alt satıra inmekte, mevcut değil ise, sistem tarafından kullanıcı uyarılmakta ve veri girişi bölümündeki proje alanı nokta bilgilerini girmesi istenmektedir.

Proje alanı nokta kapsamı mevcut olması durumunda, oluşturulacak olan her bir istasyon noktasına ait alanların bilgilerinin bulunduğu kapsamın, sistemde daha önce oluşturulup oluşturulmadığının sorgulanması yapılmaktadır. İstenildiği takdirde, eski bilgiler silinip yeni bilgiler ile alan hesaplamaları yapılabilmektedir

CBS ortamında yapılan tüm analizlerin sonucunda, proje alanı içerisinde noktaların temsil ettiği alanları gösteren harita Şekil 3.28 de verilmiştir.



Şekil 3.28. Proje alanı içerisindeki noktaların temsil ettiği alanları gösteren harita

3.2.3.2.2. Proje Alanı Sayısal Yükseklik Modeli

Coğrafi bilgi sistemi olanakları kullanılarak yapılan çalışmada, arazinin sayısal yükseklik modeli, özellikle kazı-dolgu hacimlerinin belirlenebilmesi amacıyla yönelik temel bir veri althıdır. Proje alanları, sayısal yükseklik modelinin oluşturulması ile 3 boyutlu olarak incelenilmekte ve istenildiğinde arazi üzerinde daha dar aralıklı (1x1 m) gridlerdeki koordinat değerlerine ve alan değerlerine ulaşılabilir.

Hacim belirleme işlemleri sayısal yükseklik modeli üzerinden yapılabilmekte ve çok daha hassas sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu amaçla, proje alanlarının sayısal yükseklik modelleri, çalışmanın veri tabanı hazırlama bölümünde ele alınmış, daha sonra yapılacak kazı-dolgu hesaplamalarına ve tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesine altlık oluşturulmuştur.

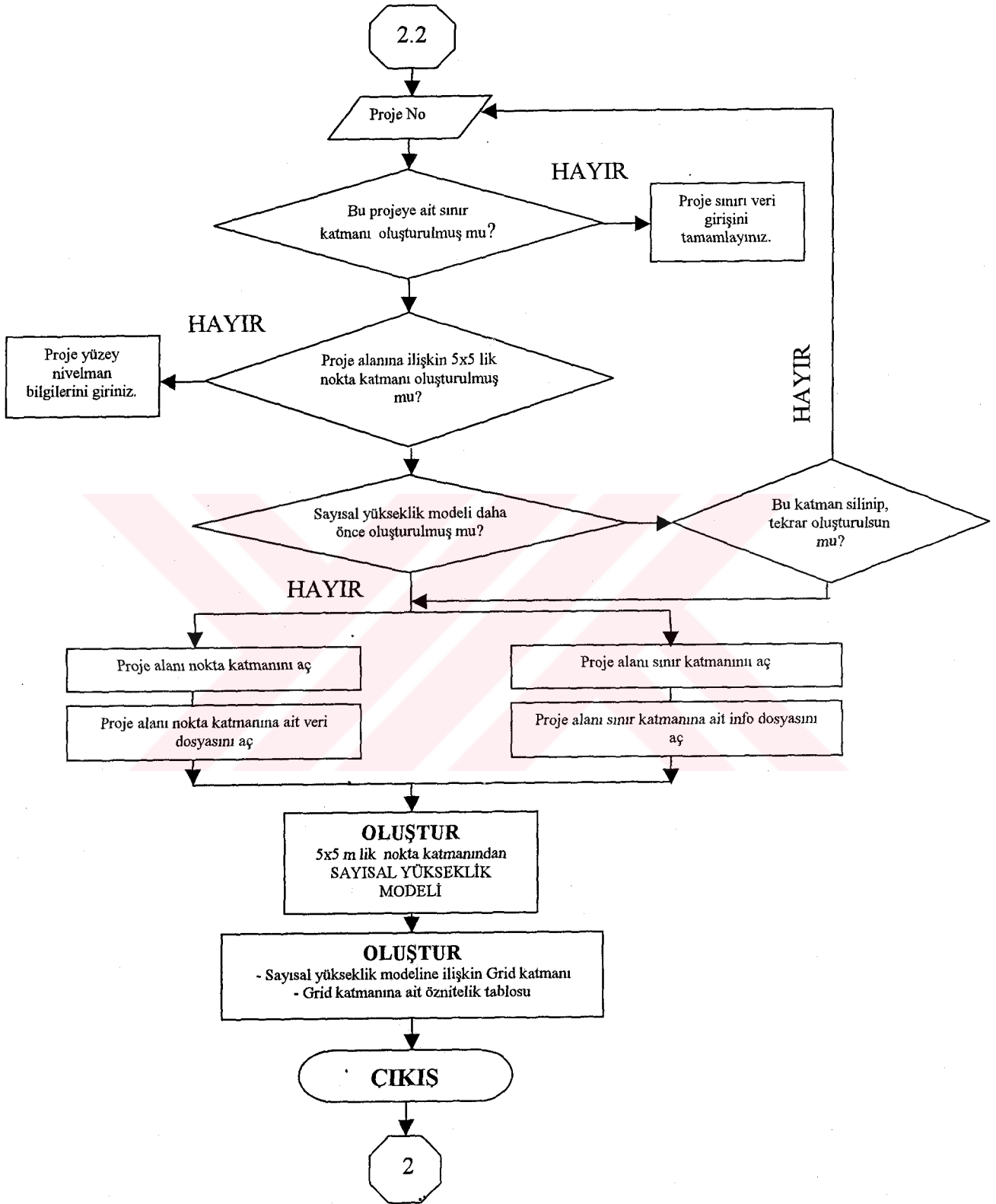
Çalışma kapsamında, tesviye düzlemi yüksekliklerinin belirlenebilmesi amacıyla kullanılan ağırlık merkezi hesaplamaları sayısal yükseklik modeli üzerinden yapılmıştır.

Veri tabanı tasarımındaki, "Proje Alanı Sayısal Yükseklik Modeli" bölümüne ait akış diyagramı Şekil 3.29 da verilmiştir.

Proje alanlarına ait sayısal yükseklik modellerinin oluşturulabilmesi için, alan içerisindeki nokta bilgileri ile sınır bilgilerine gereksinim duyulmaktadır. Bu amaçla, öncelikle bu bilgilerin sistem içerisinde mevcut olup olmadığının sorgulaması yapılmakta, mevcut ise sonraki aşamalara geçilmekte, değil ise kullanıcı veri girişi bölümüne yönlendirilmektedir.

Proje alanı nokta ve sınır bilgileri mevcut alan alanlar için, bu bilgilerin bulunduğu katmanlar ve bu katmanlara ait öznelik tabloları sistem içerisinde açılmakta ve birbirleri ile ilişkilendirildikten sonra, CBS ortamında kullanılan TOPOGRID komutu ile alanların sayısal yükseklik modelleri oluşturulmuştur. Çalışmada, gerektiği durumlarda, eski bilgiler ile oluşturulan sayısal yükseklik modelleri silinip, mevcut veriler yardımıyla yeni arazi modellemeleri yaratılabilmektedir. Bu gibi durumlar içinde, CBS nin esnek yapısından faydalanılmıştır.

Ele alınan örnek parseller içinden, düzgün şekilli olmayan bir parsel için oluşturulan sayısal yükseklik modeli, Şekil 3.30 de gösterilmiştir.



Şekil 3.29. [2.2] nolu sayısal yükseklik modelinin oluşturulmasına ilişkin akış diyagramı



Şekil 3.30. Proje alanı sayısal yükseklik modeli

3.2.3.2.3. Proje Alanı Tesviye Eğrili Haritaları

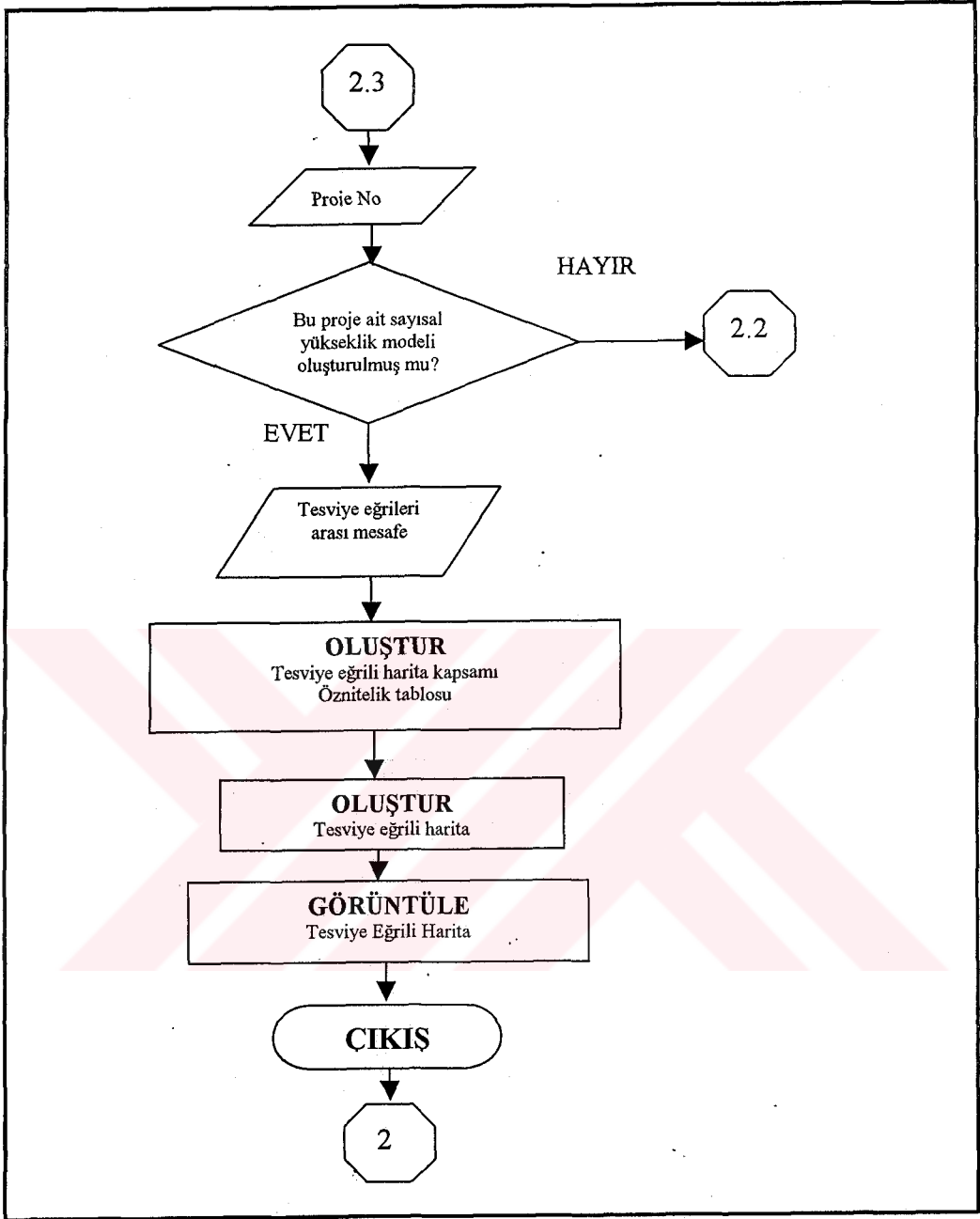
Çalışma kapsamında; proje alanlarında, tesviye öncesi ve tesviye sonrası arazinin topoğrafik yapısını daha iyi gözlemleyebilmek ve farklılıkları inceleyip gerekli sorgulamaları yapabilmek amacıyla, tesviye proje alanlarının istenilen aralıklardaki tesviye eğrili haritalarının hazırlanma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler için, proje alanları sayısal yükseklik modelleri kullanılmış ve istenilen aralıklardaki tesviye eğrili haritalar çıkarılmıştır.

İstenilen aralıklar ile tesviye eğrili haritaların oluşturulabilmesi işlemi yapılabilmektedir (Şekil 3.31).

Proje alanlarının tesviye eğrili haritalarının oluşturulmasına ilişkin “Proje Alanı Tesviye Eğrili Haritası” bölümüne ait akış diyagramı Şekil 3.32 de verilmiştir.

Tesviye eğrili haritaların oluşturulabilmesi için, proje alanlarının sayısal yükseklik modelleri veri tabanı olarak kullanılmıştır. Bu bölümde, öncelikle alanların sayısal yükseklik modellerinin sistem içinde oluşturulup oluşturulmadığı sorgulaması yapılmakta, sayısal yükseklik modeli mevcut işlemler bir alt satıra inmektedir. Sayısal yükseklik modelinin mevcut olmaması durumunda, kullanıcı, sayısal yükseklik modelini oluşturmak için bir önceki aşamaya yönlendirilmektedir.

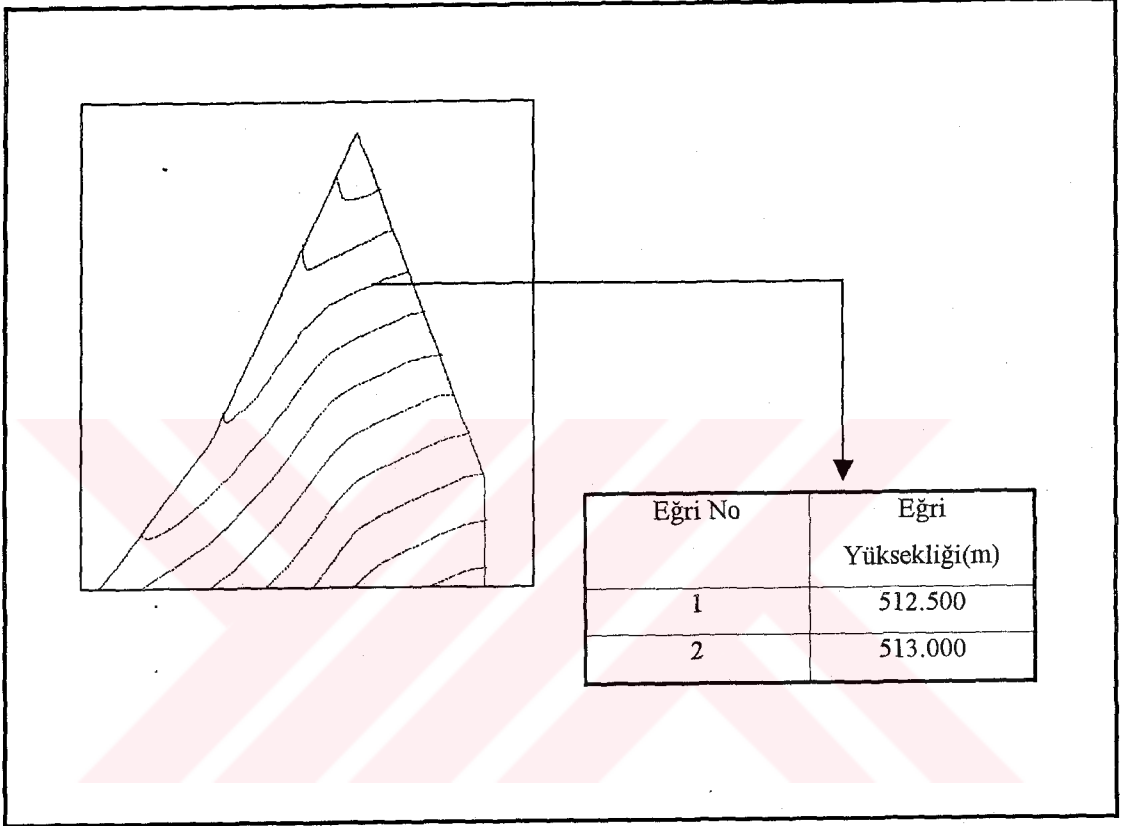
Şekil 3.31. Tesviye eğrileri aralığının sorgulanması için hazırlana ekran formu



Şekil 3.32. [2.3] nolu tesviye eğrili haritalamaya ilişkin akış diyagramı

Sayısal yükseklik modelleri oluşturulmuş proje alanlarında, tesviye eğrileri arasındaki mesafe sorgulamasının ardından, CBS olanakları ile istenilen aralıklarda tesviye eğrili haritalar ve bunlara ait öznitelik tabloları oluşturulmuştur.

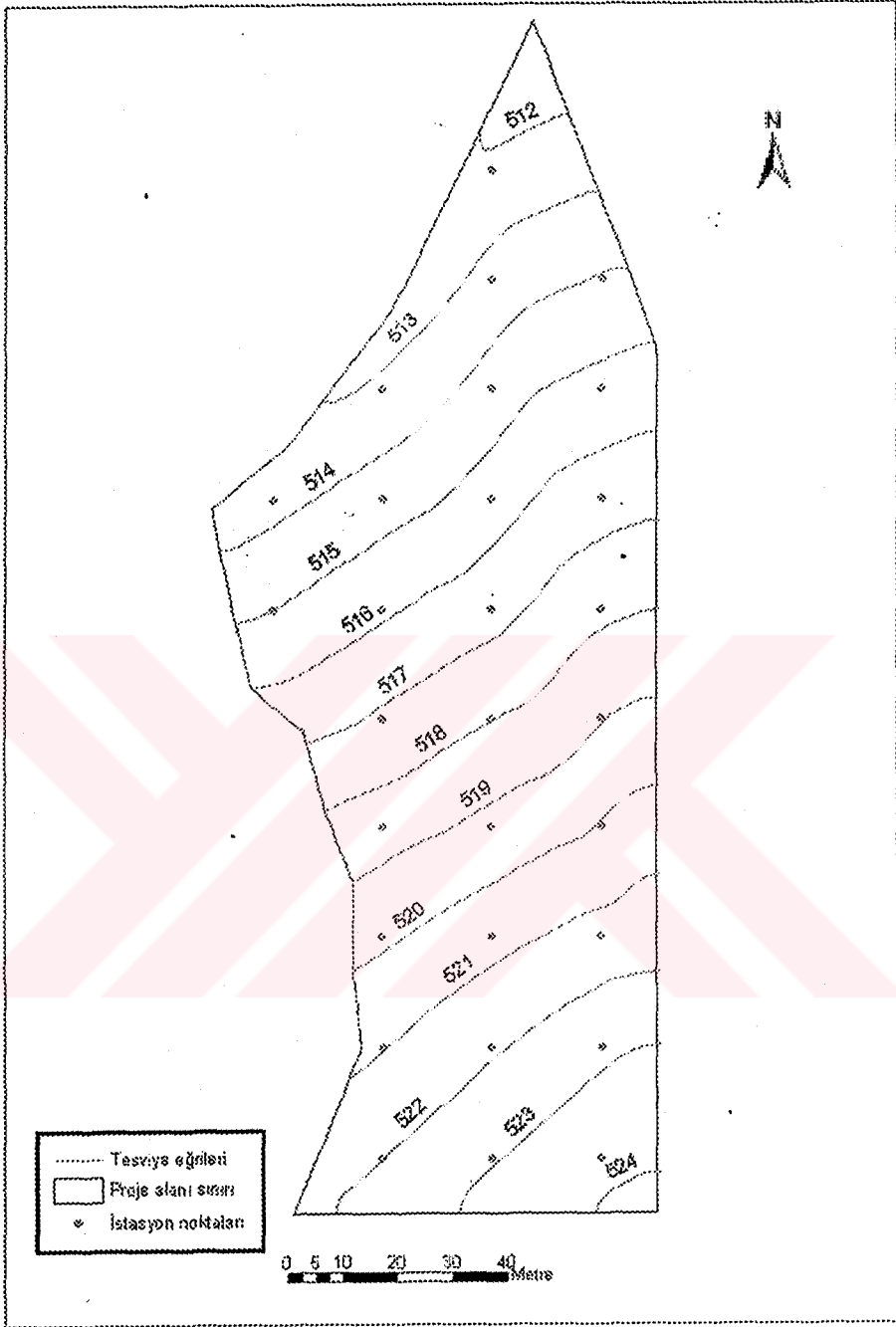
Oluşturulan tesviye eğrili haritalar, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında çizgi özelliğindedir. Bu haritalara ilişkin çizgi özelliğindeki katman ve bu katmana ait öznitelik tablosunun içeriği Şekil 3.33 de verilmiştir.



Şekil 3.33. Tesviye eğrili haritalara ilişkin çizgi özelliğindeki katman ve öznitelik tablosu

Şekil 3.33 den de görülebileceği gibi, bu öznitelik tablosu içerisine depolanmış bilgiler üzerinden sorgulamalar yapılabilmekte ve istenilen bilgilere ulaşılabilmektedir.

Tüm proje alanlarında, tesviye eğrili haritalar oluşturulmuştur (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. Proje alanı tesviye eğrili haritası

3.2.3.2.4. Coğrafi Bilgi Sistemi İle Proje Alanı Ağırlık Merkezi Hesaplamaları

Çalışmada, tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde kullanılmak üzere, proje alanlarının ağırlık merkezlerinin koordinatları ve bu noktaların yüksekliklerinin hesaplanmasında coğrafi bilgi sisteminin olanaklarından yararlanılmıştır.

Arazi tesviyesi projelmesine ilişkin tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde kullanılan bütün yöntemler incelendiğinde, yöntemlerin hepsinde, tesviye düzlemi yüksekliklerinin bulunabilmesi için ağırlık merkezi yüksekliğinin hesaplanması gerekmektedir.

Düzgün şekilli olan arazilerde, bilindiği gibi, ağırlık merkezinin yüksekliği ve koordinatları kolaylıkla bulunabilmektedir. Düzgün şekilli olmayan alanlarda ise ağırlık merkezi hesaplamaları, düzgün şekilli olan arazilere göre daha karmaşıktır.

Günümüze kadar yapılan çalışmaların çoğunda, bu karmaşıklığın giderilmesi yolunda farklı yaklaşımlar getirilmeye çalışılmıştır. Örneğin; düzgün şekilli olmayan alanlar için bazı tesviye düzlemi eğimi belirleme yöntemlerinde, tam kare olmayan (bir birimden farklı olan alanlar) istasyon noktalarının temsil ettiği alanlar, tam kare alanı kadar kabul edilirken, bazı yöntemlerde ise ağırlık merkezinin kolay hesaplanabilmesi için düzgün şekilli olmayan araziler şekli düzgün bir arazi yapısına dönüştürülmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda, gerekiyorsa arazi farklı ve düzgün şekilli bloklara ayrılmaya çalışılmış, tesviye düzlemi yüksekliğinin bulunması için gereken, ağırlık merkezi hesaplamaları bu bloklar üzerinden yapılmıştır.

Bazı tesviye düzlemi eğimi belirleme yöntemlerinde ise; düzgün şekilli olmayan alanlardaki en büyük ve üzerinde kolaylıkla ağırlık merkezi hesaplamalarının yapılabileceği şekli düzgün bir alan seçilmiş, hesaplamaların ağırlık merkezine kadar olan bölümleri, bu şekli düzgün olan alan üzerinde yapılmış ve proje alanındaki tüm noktaların yeni tesviye düzlemi yükseklikleri bu hesaplamalardan yola çıkarak bulunmuştur.

Coğrafi bilgi sistemi olanakları kullanılarak, arazi şekillerine bağlı kalmaksızın, oluşturulan bir yüzey modeli üzerinden, ağırlık merkezine ilişkin gerekli değerler hesaplanabilmektedir. Çalışma kapsamında da, bütün proje alanlarının ağırlık merkezi

değerlerinin hesaplanmasında bu olanaklarından yararlanılmıştır. Bu bağlamda; tesviye düzlemi eğimleri belirlenirken, proje alanlarının şekillerinin düzgün veya düzgün olmaması dikkate alınmamıştır. Farklılıkları ortaya koyabilmek amacıyla, mevcut yöntemlerin gerektirdiği teknikleri kullanılarak da, ağırlık merkezi hesaplamaları yapılmıştır.

Coğrafi bilgi sistemi ortamında, proje alanlarının biçimleri ne olursa olsun bu işlemler kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu bağlamda hazırlanan sayısal yükseklik modelleri altlık olarak kullanılmış ve ARC/INFO coğrafi bilgi sistemi programının komutları kullanılarak istenilen bilgilere ulaşılmıştır.

Örnek proje alanlarının, coğrafi bilgi sistemi ortamında bulunan ağırlık merkezleri koordinatları ve bu noktaların yükseklik değerleri ile, geleneksel hesaplamalarla (en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemleri) bulunan sonuçlar projelene sonunda karşılaştırılmıştır.

Veri tabanı tasarımındaki “Proje Alanı Ağırlık Merkezi Hesaplamaları” bölümüne ait akış diyagramı Şekil 3.35 de verilmiştir.

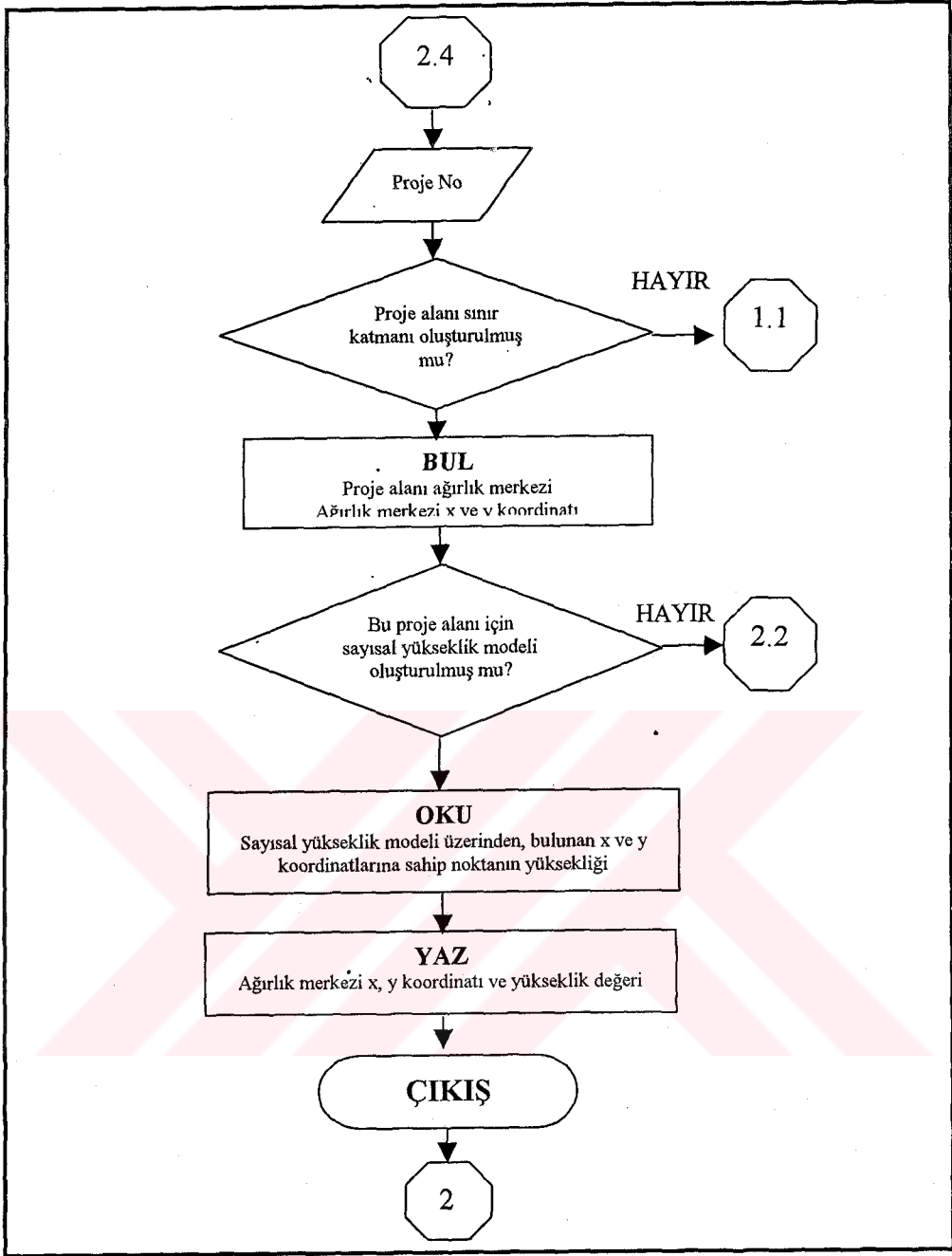
Proje alanlarının CBS ortamında ağırlık merkezi hesaplamalarında, kapalı alan özelliğindeki sınır katmanı ve aynı alana ilişkin sayısal yükseklik modeli altlık olarak kullanılmıştır.

Bu bölümde, öncelikle alanın sınır katmanının daha önceden oluşturulup oluşturulmadığı sorgulaması yapılmış ve ele alınan sınır katmanı oluşturulmamış ise, kullanıcı veri girişindeki proje alanı sınır bilgileri girişine yönlendirilmiştir. Örnek proje alanlarına ilişkin sınır katmanı mevcut olan proje alanlarında, Coğrafi Bilgi Sistemi olanakları kullanılarak ağırlık merkezi x ve y koordinatları bulunmuştur.

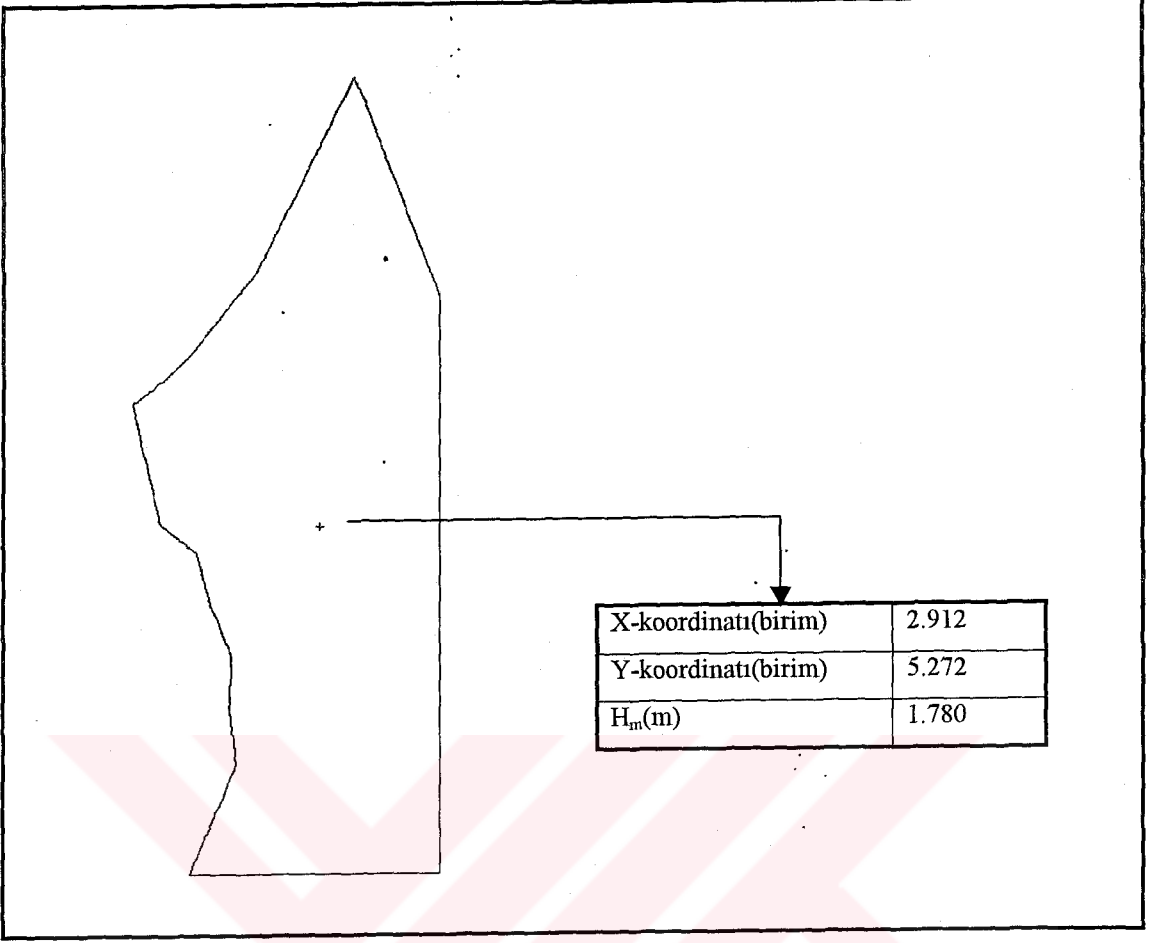
Ağırlık merkezi koordinatları bulunan alanlarda, ağırlık merkezi yüksekliğinin bulunabilmesi için, sayısal yükseklik modelleri kullanılmıştır. Sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş olan örnek alanlarda, x ve y koordinatına sahip ağırlık merkezi noktasının yüksekliği, sayısal yükseklik modeli üzerinden okutulmuştur.

Bulunan x, y koordinatı ve aynı noktanın yüksekliği oluşturulan veri dosyası içinde saklanmıştır.

Ağırlık merkezi hesaplamasında kullanılan sınır katmanı ve elde edilen bilgilerin depolandığı veri tablosunun içeriği Şekil 3.36 da verilmiştir.



Şekil 3.35. [2.4] nolu ağırlık merkezi hesaplamasına ilişkin akış diyagramı



Şekil 3.36. Proje sınırının oluşturduğu alan katmanı üzerindeki ağırlık merkezi ve bu katmana bağlı öznitelik tablosu

Tesviye projelmesi kapsamında, coğrafi bilgi sistemi olanakları ile hesaplanan ağırlık merkezi koordinatlarına ilişkin sonuçları gösteren ekran formu Şekil 3.37 de verilmiştir.

hesaplamalar

Ağırlık Merkezi Koordinatları

Proje No : 128

Grid Kesalıkları : 30

Ağırlık Merkezinin x eksenine olan birim uzaklığı : 3.98

Ağırlık Merkezinin y eksenine olan birim uzaklığı : 5.35

Ağırlık Merkezinin yüksekliği : 1.76 m

ÇIKIŞ

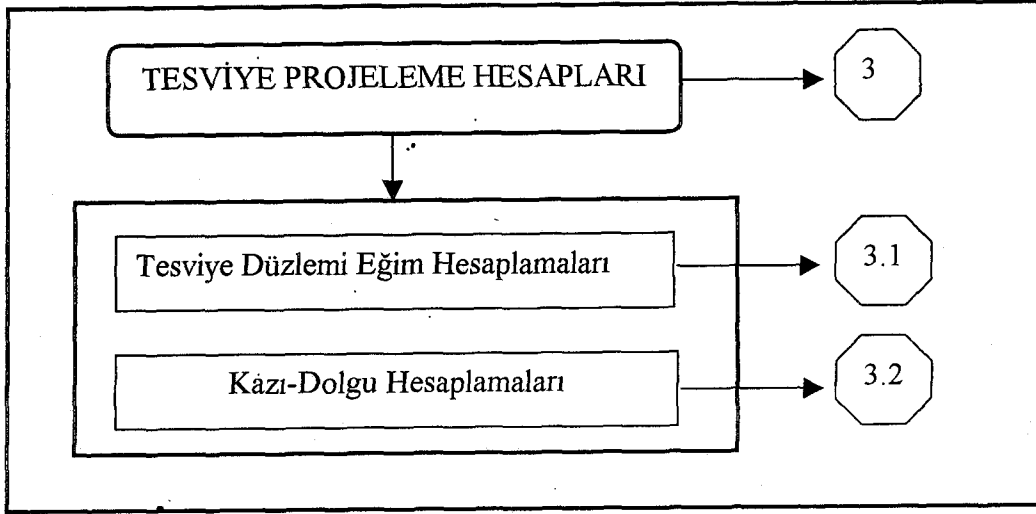
Şekil 3.37. Arazi tesviyesi projelemesi kapsamında, CBS ortamında hesaplanan ağırlık merkezi sonuçlarını gösteren ekran formu

3.2.3.3. Tesviye Projelme Hesapları

CBS olanakları kullanılarak hazırlanan arazi tesviyesi projelerinin, eğim ve kazı-dolgu hesaplamalarını içeren bölümleri, "Tesviye Projelme Hesapları" adı altındaki kısımda toplanmıştır.

Bu kısım (Şekil 3.38);

- Tesviye Düzlemi Eğim Hesaplamaları
- Kazı-Dolgu Hesaplamaları olmak üzere 2 bölümde ele alınmıştır.



Şekil 3.38. [3] nolu tesviye projelendirme hesapları bölümüne ilişkin program tasarımı

Arazi tesviyesi projelendirmesindeki hesaplamalara yönelik hazırlanan ve **Tesviye Düzlemi Eğim Hesaplamaları** ve **Kazı-Dolgu Hesaplamaları** olarak adlandırılan bölüme ilişkin hazırlanan ekran formu Şekil 3.39 da verilmiştir.



Şekil 3.39. Tesviye projelendirme hesaplarına ilişkin ekran formu

3.2.3.3.1. Eğim Hesaplamaları

Bu bölümde, tesviye projelerinin hazırlanmasında kullanılan eğim belirleme yöntemleri ve bu yöntemlerin işleyişlerinde CBS nin kullanım olanaklarına ilişkin elde teknikler açıklanmıştır.

Çalışmada, tesviye projelenmesinde matematik esaslara dayalı *En Küçük Kareler*, *Simetrik Artıklar* ve *Sabit Hacim Merkezi Yöntemleri* kullanılmıştır.

Tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde, öncelikle, projelene sonunda hesaplanacak ve söz konusu 3 yöntem içinde ortak olan bazı temel bilgilerin, depolanacağı bir veri dosyası hazırlanmıştır.

Bu dosyanın içeriği Çizelge 3.5 de gösterilmiştir. Bu veri dosyası ile, her üç yöntem için de gerekli olan hesaplamalar sırasında, veri tablosu ile ilişki sağlanmış ve istenilen bilgilere ulaşılmıştır.

Farklı proje alanları için ayrı ayrı oluşturulan ve içeriği Çizelge 3.5 de verilen veri tablosunda görülebileceği gibi, veri adlarında, kullanılan ARC/INFO programının gereği olarak, kısaltmalara gidilmiş ve tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde kullanılan bilgiler bu veri adları içinde depolanmıştır.

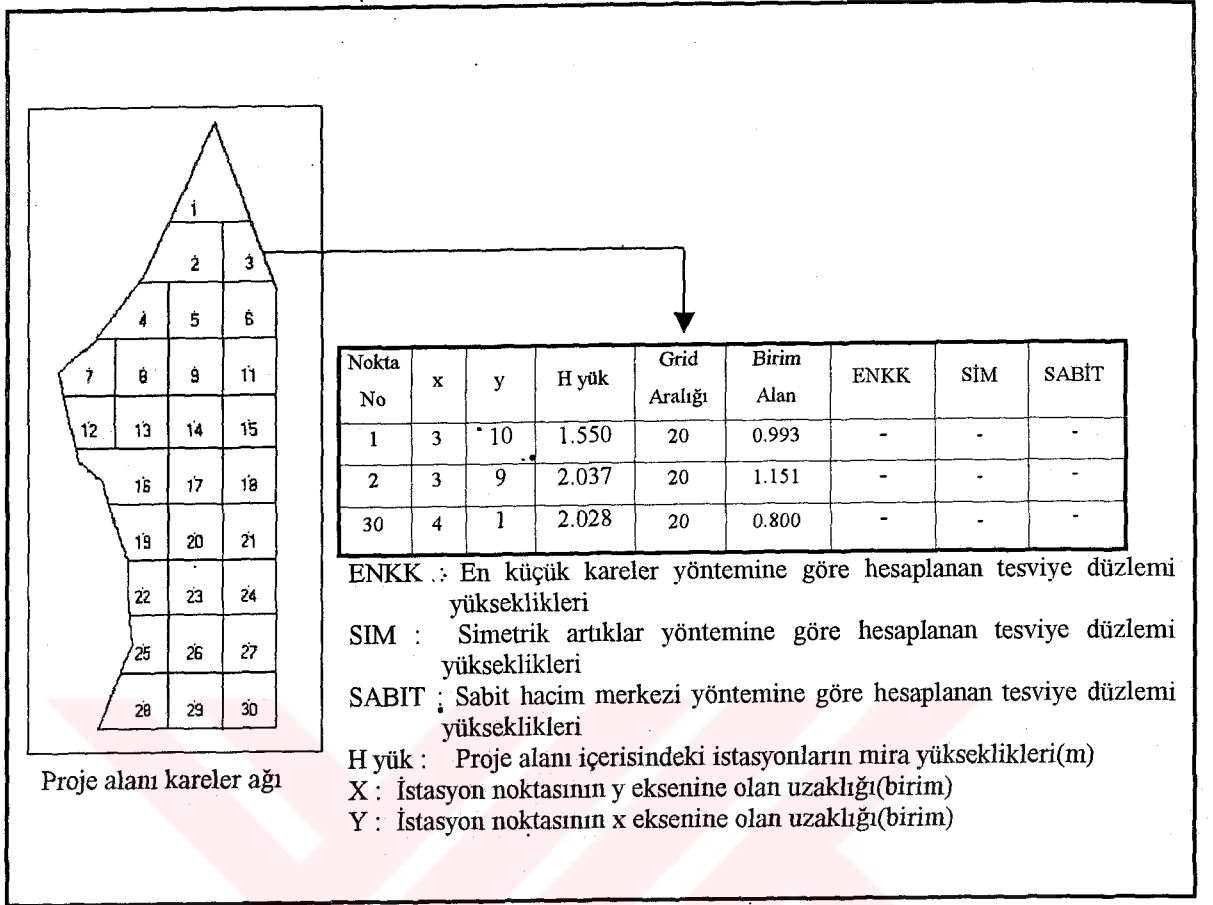
Çizelge 3.5. Proje alanı temel bilgileri veri tablosu içeriği

Veri Adı	Verinin Adının Özelliği	Veri Adının Genişliği	
		Tamsayı Kısmı	Ondalık Kısmı
Proje No	Ondalıklı	12	2
Grid Aralığı	Ondalıklı	12	2
Toplam Alan	Ondalıklı	12	2
Toplam Çevre	Ondalıklı	12	2
Agırkxoor	Ondalıklı	12	2
Agirykoor	Ondalıklı	12	2
Agirzykoor	Ondalıklı	12	2
TopH _x	Ondalıklı	12	2
TopH _y	Ondalıklı	12	2
TopS _x	Ondalıklı	12	2
TopS _y	Ondalıklı	12	2
TopH _x D _y	Ondalıklı	12	2
TopH _y D _x	Ondalıklı	12	2
TopS _x D _y	Ondalıklı	12	2
TopS _y D _x	Ondalıklı	12	2

İncelenen 3 yöntem için ayrı ayrı hesaplanan ağırlık merkezi koordinatları, kendi veri dosyaları içinde toplanmıştır. Çizelge 3.5 de gösterilen ve $agırx$ koor, $agıry$ koor, $agıry$ koor simgeleri ile tanımlanan ağırlık merkezinin koordinatları ve yüksekliği sonuçları, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında yapılan hesaplamalar sonucu bulunan değerlerdir.

Elde edilen bu sonuçlar ile her yöntem bazında elde edilen ağırlık merkezi koordinatları, daha sonra karşılaştırılmıştır. $TopH_x$ ve $TopH_y$ simgeleri; her satır ve her sütündeki mira yükseklikleri toplamını, $TopS_x$ ve $TopS_y$ her satır ve sütünün alan değerleri toplamını, $TopH_xD_y$ ve $TopH_yD_x$ her bir satır ve sütündeki noktaların mira yükseklikleri ile koordinat düzlemine olan uzaklıklarının çarpımlarının toplamını, $TopS_xD_y$ ve $TopS_yD_x$ ise her bir satır ve sütündeki noktaların mira yükseklikleri ile birim alan değerlerinin çarpımlarının toplamını ifade etmektedir.

Çalışmada, söz konusu 3 farklı yöntemle ilişkin ortak hesaplamalarda kullanılacak veri tablosunun belirlenmesinin ardından, yöntemler bazında elde edilen tüm tesviye düzlemi yüksekliklerinin toplu olarak depolanacağı bir veri dosyası oluşturulmuştur. Bu veri dosyasının içeriği ve kendisine ait kapsamla ilişkilendirilmesi Şekil 3.40 da gösterilmiştir.



Şekil 3.40. Tüm yöntemler için hesaplanan tesviye düzlemi yüksekliklerinin depolandığı veri tablosunun içeriği ve ilişkilendirilmesi

3.2.3.3.1.1. Ağırlık Merkezi Hesaplamaları

Çalışmada, söz konusu 3 farklı yöntemle göre eğim belirlemesine başlamadan önce, tüm alanların ağırlık merkezi hesaplamaları yöntemlerin gerektirdiği biçimde ortak olarak yapılmıştır.

Bu bağlamda aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i \sum_{j=1}^n X_i Y_j}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_i Y_j} \quad (3.1)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{j=1}^n Y_j \sum_{i=1}^m Y_j X_i}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_i Y_j} \quad (3.2)$$

Eşitliklerde;

$$\sum_{i=1}^m X_i \sum_{j=1}^n X_i Y_j = x \text{ eksenini doğrultusundaki her bir istasyon noktasının temsil}$$

ettiği alan değeri ile bu noktanın y eksenine olan uzaklık çarpımlarının toplamını,

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_i Y_j = \text{Proje alanı içerisindeki tüm istasyon noktalarının temsil ettiği}$$

birim alan değerlerin toplamını,

$$\sum_{j=1}^n Y_j \sum_{i=1}^m Y_j X_i = y \text{ eksenini doğrultusundaki her bir istasyon noktasının temsil ettiği}$$

alan değeri ile bu noktanın x eksenine olan uzaklık çarpımlarının toplamını ifade etmektedir.

Proje alanı ağırlık merkezi yüksekliğinin bulunmasında;

$$H_m = \frac{\sum H}{N} \text{ eşitliği kullanılmıştır (Raju, 1940).} \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

$\sum H$ = Proje alanı içerisindeki istasyonların mira yükseklikleri toplamını,

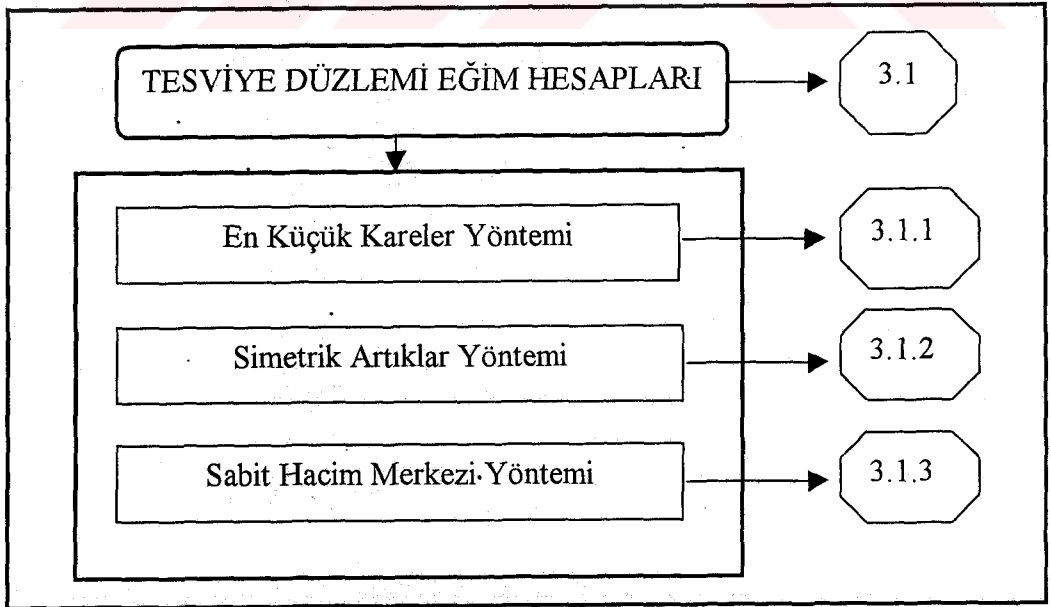
N = Proje alanı içerisindeki toplam istasyon sayısını ifade etmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanan veri tabanı bilgilerinden yararlanılarak oluşturulan “Alan Hesaplamaları” bölümü ile, ağırlık merkezi hesaplamalarında kullanılan alan değerleri daha gerçekçi bir biçimde hesaplatılmış ve sonuçların elde edilmesinde bu değerlerden faydalanılmıştır.

3.2.3.3.1.2. Tesviye Düzlemi Eğimleri

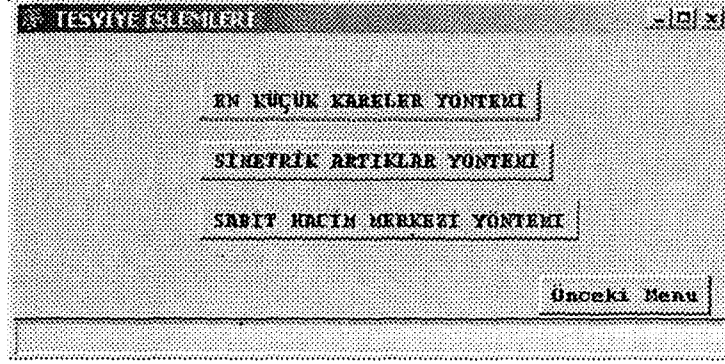
Çalışma kapsamında, tesviye düzlemi eğimi belirlenmesinde kullanılan yöntemler 3 başlık altında incelenmiştir (Şekil 3.41).

Tesviye düzlemi eğimlerinin hesaplanmasında, proje alanı şekillerinin düzgün veya düzgün olmayışına göre farklı düzenlemelere gidilmiş ve hesaplamalar arazi şekilleri göz önüne alınarak yapılmıştır.



Şekil 3.41. [3.1] nolu tesviye düzlemi eğim hesapları bölümüne ilişkin program tasarımı

Tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenebilmesi amacıyla oluşturulan giriş ekran formu Şekil 3.42 de verilmiştir.



Şekil 3.42. Eğim hesaplamaları bölümü ekran formu

3.2.3.3.1.2.1. En Küçük Kareler Yöntemi

Çalışmada, Givan (1940) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde temel ilke, kareler ağına ayrılmış arazide, kare köşelerinin doğal yükseklikleri ile tesviye düzlemi yükseklikleri arasındaki farkların karelerinin toplamı en küçük olan tesviye düzleminin belirlenmesidir.

En küçük kareler yöntemi, düzgün şekilli ve düzgün şekilli olmayan arazilere kolaylıkla uygulanabilen bir yöntemdir.

Yöntemin işleyişinde ki, ağırlık merkezi koordinatları ve yükseklik değerleri, CBS olanakları elde edilen ve her proje alanı için farklı veri dosyaları içine depolanan sonuçlardan alınmıştır.

Bunun yanında, en küçük kareler yönteminin gerektirdiği hesaplamalar ile ağırlık merkezi değerleri de elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışmada, her bir istasyon noktasının temsil ettiği alan değerleri, CBS ortamında hazırlanan veri tabanı içerisinde alınacağı için, proje alanlarının şekilleri dikkate alınmamıştır.

Bu yöntemde; tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde;

$$b = \frac{\sum(H_y D_x) - n X_m H_m}{X^2 - n X_m^2} \quad (3.4)$$

$$c = \frac{\sum(H_x D_y) - n Y_m H_m}{Y^2 - n Y_m^2} \quad (3.5)$$

eşitlikleri kullanılmıştır.

Eşitliklerde;

b = x eksenini doğrultusundaki eğim, m/birim

c = y eksenini doğrultusundaki eğim, m/birim

$H_x D_y$ = Her satırdaki mira yükseklikleri toplamının, x eksenine olan birim uzaklıkları ile çarpımı

$H_y D_x$ = Her sütundaki mira yükseklikleri toplamının, y eksenine olan birim uzunlukları ile çarpımı

n = Kare köşelerinin toplam sayısı,

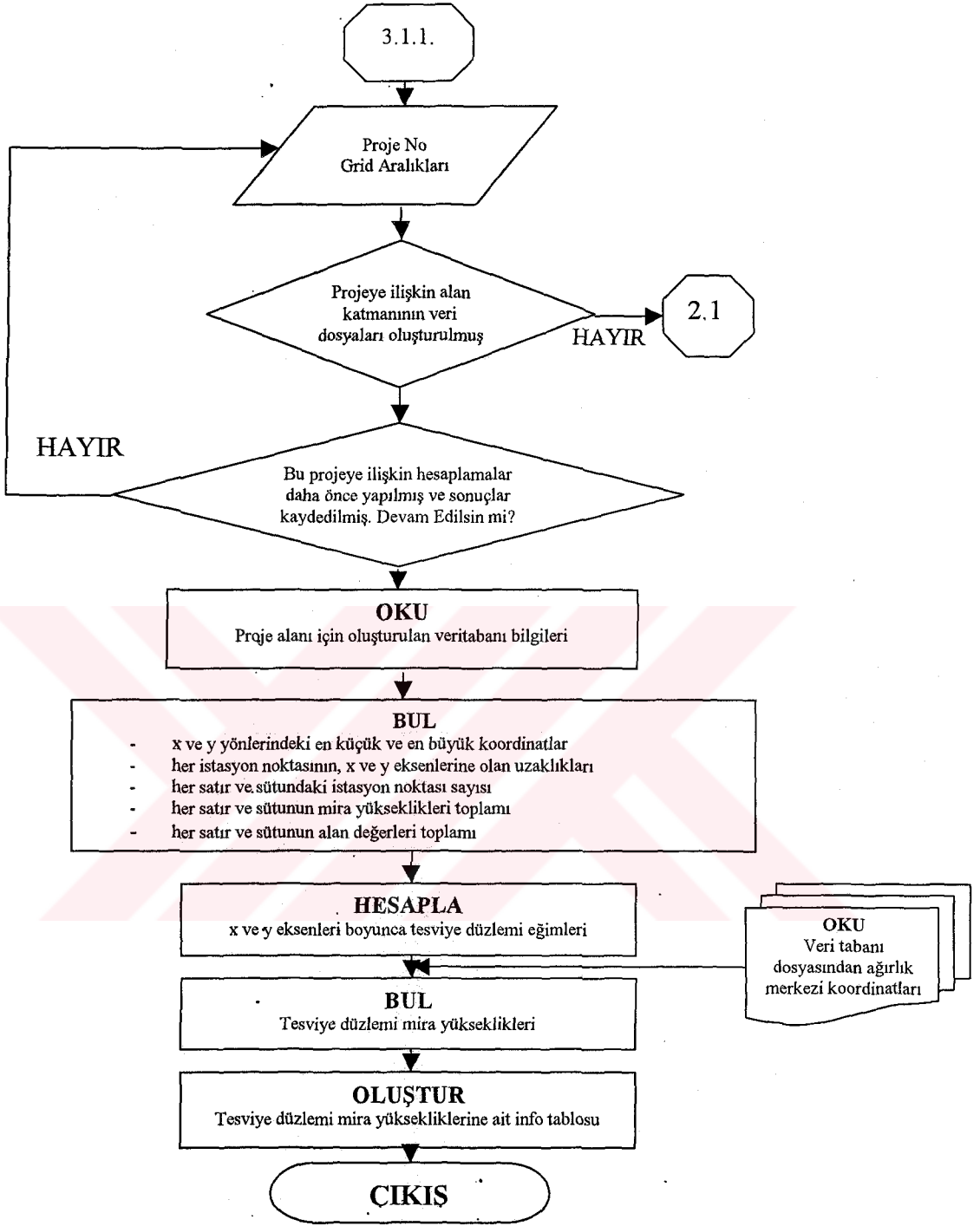
X_m = Ağırlık merkezi x koordinatı,

Y_m = Ağırlık merkezi y koordinatı ve

H_m = Ağırlık merkezi yüksekliği(m) dir

Söz konusu yöntem içindeki, x ve y doğrultusundaki eğimlerin belirlenmesinde kullanılan ağırlık merkezi değerleri, CBS içerisinde oluşturulan veri tabanı bilgilerinden alınmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken, veri tabanı içerisinde oluşturulan sayısal yükseklik modelleri kullanılmıştır.

En küçük kareler yönteminin CBS olanakları kullanılarak hesaplanmasında izlenen yolu gösteren akış şeması, Şekil 3.43 de verilmiştir.



Şekil 3.43. [3.1.1.] nolu en küçük kareler yöntemi için hazırlanan akış diyagramı

Tesviye projelmesi kapsamında, en küçük kareler yöntemine göre sonuçların gösterildiği ekran formu Şekil 3.44 de verilmiştir.

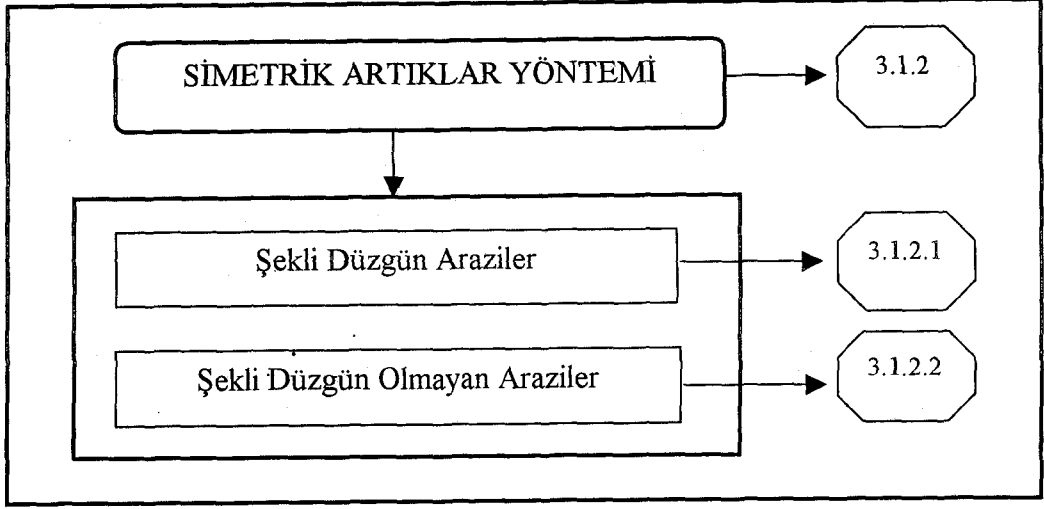
En Küçük Kareler Yöntemi		
Proje No =	120	Grid Aralıkları = 20
Ağırlık Merkezinin x Eksene Olan Uzaklığı :	2.91	birim
Ağırlık Merkezinin y Eksene Olan Uzaklığı :	9.27	birim
Ağırlık Merkezinin Yüksekliği :	1.79	m
Proje Alanı x Doğrultusundaki Eğim :	-0.07	m/birim
Proje Alanı y Doğrultusundaki Eğim :	-0.20	m/birim
Proje Alanı Başlangıç Noktasının Yüksekliği :	9.89	m
ÇIKIŞ		

Şekil 3.44. En küçük kareler yöntemine göre hesaplanan eğim ve ağırlık merkezi sonuçlarını gösteren ekran formu

3.2.3.3.1.2.2. Simetrik Artıklar Yöntemi

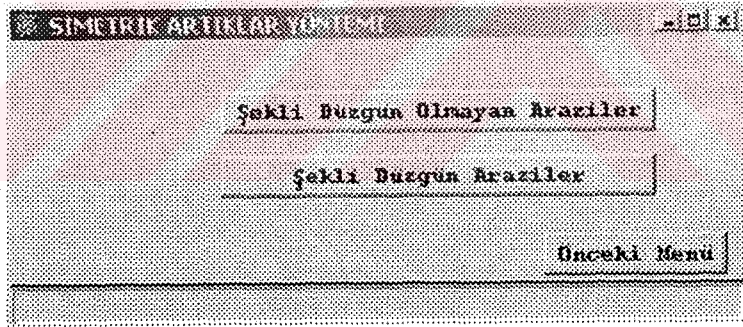
Bu yöntemde, düzgün ve düzgün şekilli olmayan arazilerin tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde kullanılan eşitliklerin farklı olması nedeniyle, CBS olanakları ile hazırlanan modelde bu yönteme ilişkin hesaplamalar iki bölümde yapılmıştır.

Simetrik artıklar yönteminin CBS olanakları kullanılarak hesaplanması, arazi şekilleri dikkate alınarak iki biçimde oluşturulmuştur (Şekil 3.45).



Şekil 3.45. [3.1.2] nolu simetrik artıklar yöntemi bölümüne ilişkin program tasarımı

Simetrik artıklar yöntemi için gerekli hesaplamaların yapılabildiği ekran formu Şekil 3.46 da verilmiştir.



Şekil 3.46. Simetrik artıklar yöntemi giriş ekran formu

- Simetrik Artıklar Yöntemi(Şekli Düzgün Araziler)

Düzgün şekilli bir arazide her bir sıra ve ona dik yönde yer alan istasyon sayıları kendi aralarında birbirine eşittir. Bu durum $(m \times n)$ dikdörtgen matrisiyle matematiksel olarak Şekil 3.47 de gösterildiği gibi ifade edilebilmektedir (Korukçu 1974).

	j eksenini (sıra yönüne dik)				
	\longleftrightarrow d \longrightarrow				
d \updownarrow i eksenini (sıra)	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{1m}	$\sum_{j=1}^m A_{1j}$
	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{2m}	$\sum_{j=1}^m A_{2j}$
	A_{31}	A_{32}	A_{33}	A_{3m}	$\sum_{j=1}^m A_{3j}$
	A_{n1}	A_{n2}	A_{n3}	A_{nm}	$\sum_{j=1}^m A_{nj}$
Toplam	$\sum_{i=1}^n A_{i1}$	$\sum_{i=1}^n A_{i2}$	$\sum_{i=1}^n A_{i3}$	$\sum_{i=1}^n A_{im}$	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{ij}$

Şekil 3.47. Şekli düzgün bir arazinin matematiksel olarak gösterimi

Bu nedenle, çalışmada gerekli hesaplamaların yapılmasında şekli düzgün olan araziler için aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

1. sıra yönündeki eğim;

Kolon sayısı, n, çift ise;

$$b = \frac{4 \left(\sum_{j=(n/2)+1}^n \sum_{i=1}^m H_{ij} - \sum_{j=1}^{n/2} \sum_{i=1}^m H_{ij} \right)}{mn^2} \quad (3.6)$$

Kolon sayısı, n, tek ise,

$$b = \frac{4 \left(\sum_{j=(n+3)/2}^n \sum_{i=1}^m H_{ij} - \sum_{j=1}^{(n-1)/2} \sum_{i=1}^m H_{ij} \right)}{m(n^2 - 1)} \quad (3.7)$$

2. Sıraya dik yöndeki eğim;

Satır sayısı, m, çift ise;

$$c = \frac{4 \left(\sum_{i=(m/2)+1}^m \sum_{j=1}^n H_{ij} - \sum_{i=1}^{m/2} \sum_{j=1}^n H_{ij} \right)}{nm^2} \quad (3.8)$$

Satır sayısı, m, tek ise;

$$c = \frac{4 \left(\sum_{i=(m+3)/2}^m \sum_{j=1}^n H_{ij} - \sum_{i=1}^{(m-1)/2} \sum_{j=1}^n H_{ij} \right)}{n(m^2 - 1)} \quad (3.9)$$

Bu eşitliklerde (Shih ve Kriz, 1971 b);

b = X eksenine doğrultusundaki eğim (m/birim),

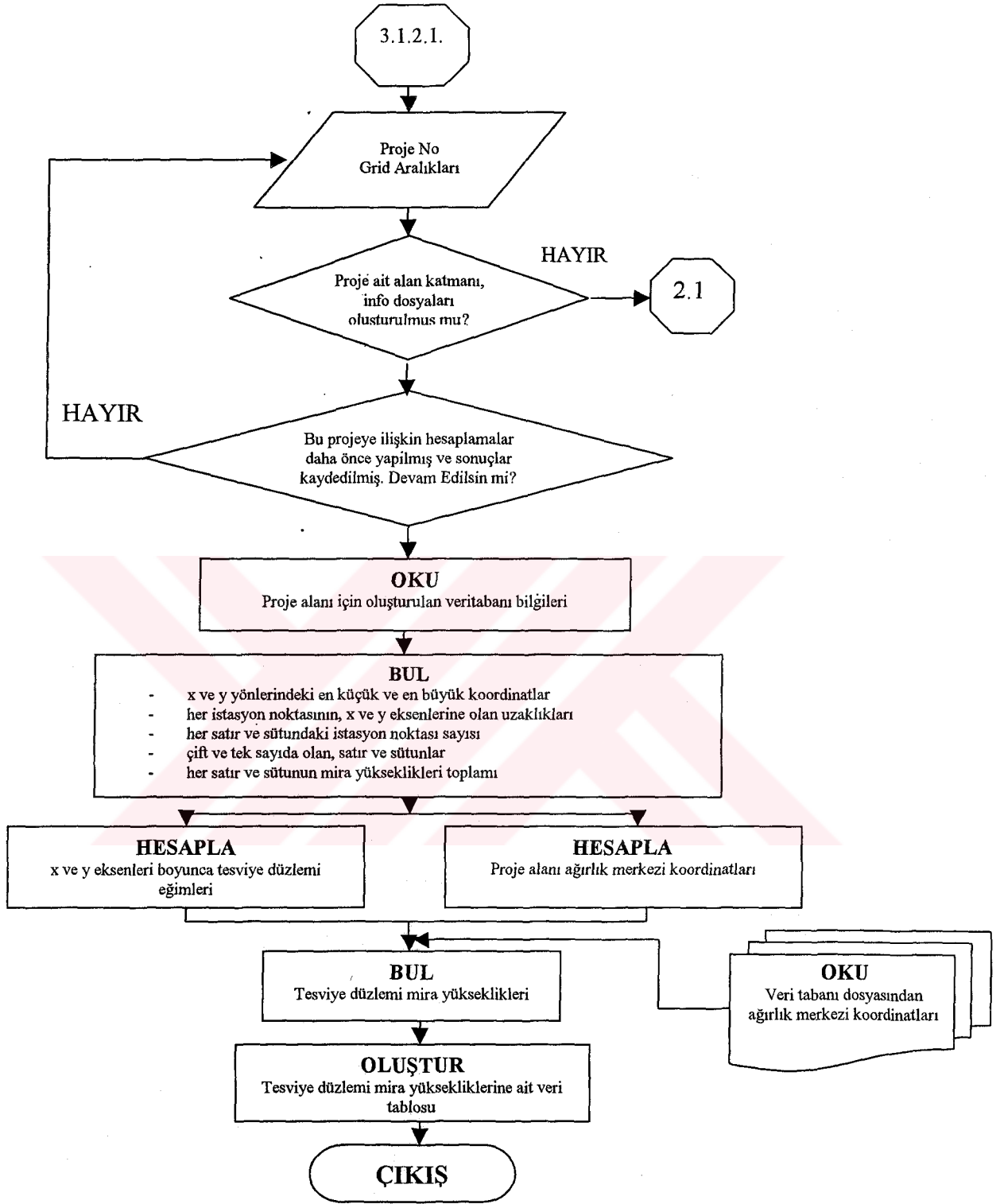
c = Y eksenine doğrultusundaki eğim (m/birim),

m = Arazideki satır sayısı, (i = 1,2,....., m)

n = Arazideki sütun sayısı, (j = 1,2,....., n)

H_{ij} = i. Satır j. Kolondaki istasyon kot değeri (m) dir.

Simetrik artıklar yönteminin CBS olanakları kullanılarak, şekli düzgün arazilerde uygulanışı aşamasında yapılan işlemler, Şekil 3.48 de verilen akış diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 3.48. [3.1.2.1] nolu simetrik artıklar yönteminin düzgün şekilli arazilerde uygulanmasına ilişkin akış diyagramı

Simetrik artıklar yönteminin sonuçlarının gösterimi için hazırlanan ekran formu Şekil 3.49 da verilmiştir.

Simetrik Artıklar Yöntemi		
Proje No =	120	Grid Aralıkları = 20
Ağırlık Merkezinin x Eksenine Olan Uzaklığı :	2.91	birim
Ağırlık Merkezinin y Eksenine Olan Uzaklığı :	5.27	birim
Ağırlık Merkezinin Yüksekliği :	1.78	m
Proje Alanı x Doğrultusundaki Eğim :	0.43	m/birim
Proje Alanı y Doğrultusundaki Eğim :	-10	m/birim
Proje Alanı Başlangıç Noktasının Yüksekliği :	1.81	m
ÇIKIŞ		

Şekil 3.49. Simetrik artıklar yönteminde şekli düzgün araziler için hesaplanan eğim ve ağırlık merkezi sonuçlarını gösteren ekran formu

- Simetrik Artıklar Yöntemi(Düzgün Şekilli Olmayan Araziler)

Düzgün şekilli olmayan bir arazide her bir sütun ve bu sütunlara dik yönlerdeki satırların üzerindeki istasyon sayıları birbirine eşit olmayabilir. Bu farklılıklardan ötürü, örneğin satırların doğrultusundaki tesviye düzlemi eğiminin hesaplanmasında, her bir satıra ait etkinlik derecesi farklı olmaktadır. Bir doğrultudaki eğim durumu, o doğrultudaki farklı satırlara ait eğim değerlerinin doğrusal bir fonksiyonudur. Bu durum matematiksel olarak Şekil 3.50 de gösterildiği gibi ifade edilebilmektedir (Korukçu 1974).

Çalışma kapsamında, düzgün şekilli olmayan arazide, önce her satır ya da sütunun eğimi hesaplatılmış, sonra bu eğimlerin tartılı ortalamaları alınarak tesviye düzlemi eğimleri belirlenmiştir.

	j eksenini (sıra yönüne dik)				
	← d →				
i eksenini (sıra)	d	↑	↓		
	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A _{1m₁}	$\sum_{j=1}^{m_1} A_{1j}$
	A ₂₁	A ₂₂	A ₂₃	A _{2m₂}	$\sum_{j=1}^{m_2} A_{2j}$
	A ₃₁	A ₃₂	A ₃₃	A _{3m₃}	$\sum_{j=1}^{m_3} A_{3j}$
	A _{n1}	A _{n2}	A _{n3}	A _{nm_n}	$\sum_{j=1}^{m_n} A_{nj}$
Toplam	$\sum_{i=1}^{n_1} A_{i1}$	$\sum_{i=1}^{n_2} A_{i2}$	$\sum_{i=1}^{n_3} A_{i3}$	$\sum_{i=1}^{n_m} A_{im}$	$\sum_{i=1}^{n_m} \sum_{j=1}^{m_n} A_{ij}$

Şekil 3.50. Düzgün şekilli olmayan bir arazinin matematiksel olarak gösterimi

1. x doğrultusunda i. satırın eğimi;

Bu satırdaki istasyon sayısı, n_i , çift ise,

$$bi = \frac{4 \left(\sum_{j=(n_i/2)+1}^{n_i} Hij - \sum_{j=1}^{(n_i/2)} Hij \right)}{n_i^2} \quad (3.10)$$

Bu satırdaki istasyon sayısı, n_i , tek ise,

$$bi = \frac{4 \left(\sum_{j=(n_i+3)/2}^{n_i} Hij - \sum_{j=1}^{(n_i-1)/2} Hij \right)}{(n_i^2 - 1)} \quad (3.11)$$

2. y doğrultusundaki j. Kolonun eğimi,

Bu kolondaki istasyon sayısı, m_j , çift ise;

$$c_j = \frac{4 \left(\sum_{i=(m_j/2)+1}^{m_j} H_{ij} - \sum_{i=1}^{m_j/2} H_{ij} \right)}{m_j^2} \quad (3.12)$$

Bu kolondaki istasyon sayısı, m_j , tek ise;

$$c_j = \frac{4 \left(\sum_{i=(m_j+3)/2}^{m_j} H_{ij} - \sum_{i=1}^{(m_j-1)/2} H_{ij} \right)}{(m_j^2 - 1)} \quad (3.13)$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır (Shih ve Kriz, 1971 b).

Bu eşitliklerde;

b_i = X eksen doğrultusunda i. satırın eğimi (m/birim),

c_j = Y eksen doğrultusunda j. kolonun eğimi (m/birim),

m_j = j. Kolondaki istasyon sayısı,

n_i = i. Satırdaki istasyon sayısı,

j = Sütun sayısı, (j = 1,2,....., n)

i = Satır sayısı, (i = 1,2,....., m)

H_{ij} = i. Satır j. Kolondaki istasyonun kot değeri (m) dir.

Her satırın eğiminden faydalanılarak, x doğrultusundaki tesviye düzlemi eğimi,

$$b = W_1 b_1 + W_2 b_2 + \dots + W_m b_m = \sum_{i=1}^m W_i b_i \quad (3.14)$$

eşitliği ile, her sütunun eğiminden faydalanılarak y doğrultusundaki tesviye düzlemi eğimi ise;

$$c = W_1c_1 + W_2c_2 + \dots + W_nc_n = \sum_{j=1}^n W_jc_j \quad (3.15)$$

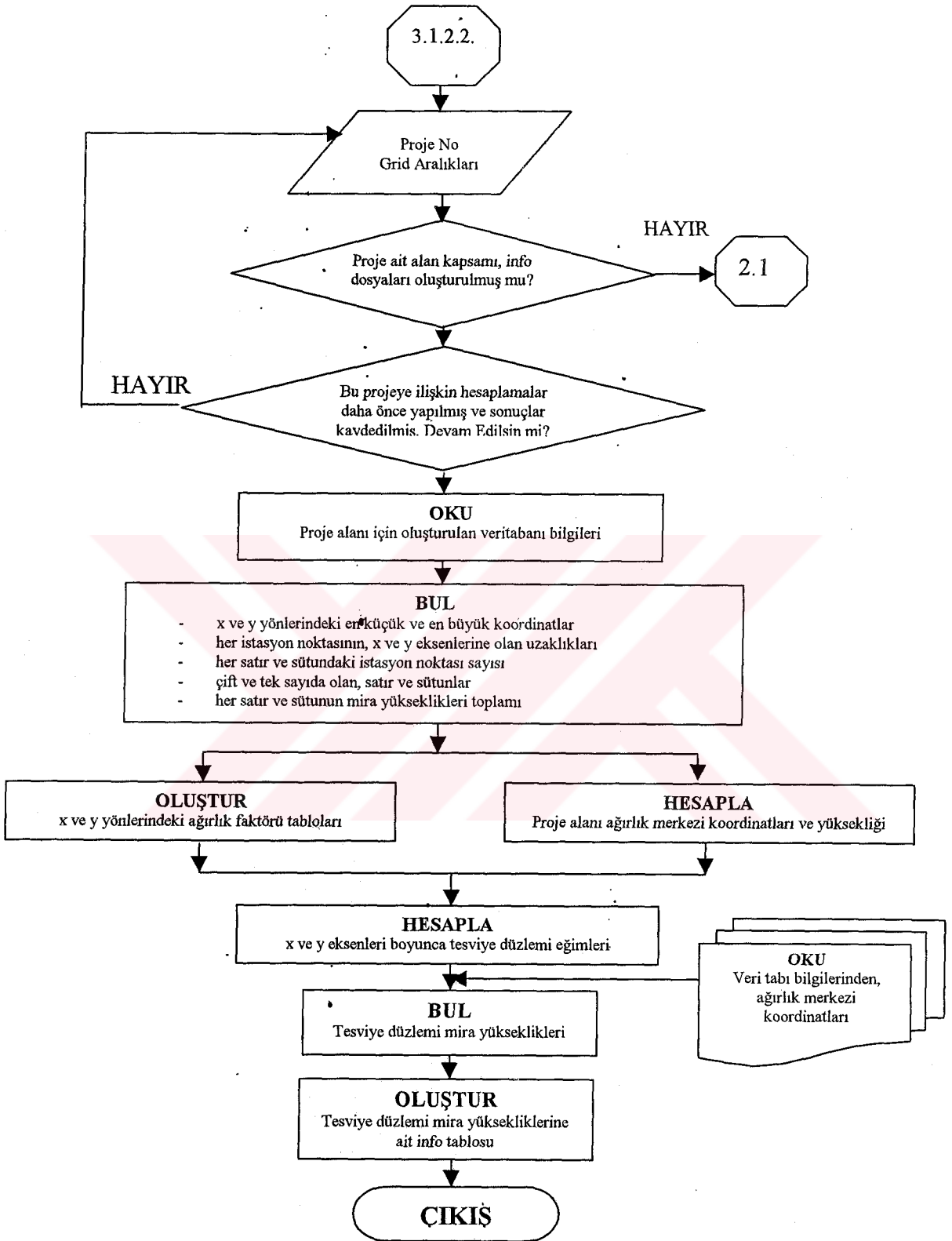
eşitliği ile bulunmuştur.

Her iki eşitlikte de,

W_i = Her satırın etkenlik derecesini belirleyen ağırlık faktörü,

W_j = Her sütunun etkenlik derecesini belirleyen ağırlık faktörüdür.

Simetrik artıklar yönteminin CBS olanakları kullanılarak, düzgün şekilli olamayan arazilerde uygulanışı aşamasında yapılan işlemler, Şekil 3.51 de verilen akış diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 3.51. [3.1.2.2] nolu, simetrik artıklar yönteminin düzgün şekilli olmayan arazilerde uygulanmasına ilişkin akış diyagramı

Tesviye projelmesi kapsamında, simetrik artıklar yöntemin düzgün şekilli olmayan araziler için elde edilen sonuçların gösterildiği, ekran formu 3.52 de verilmiştir.

Simetrik Artıklar Yöntemi

Proje No = 128 Grid Aralıkları = 20

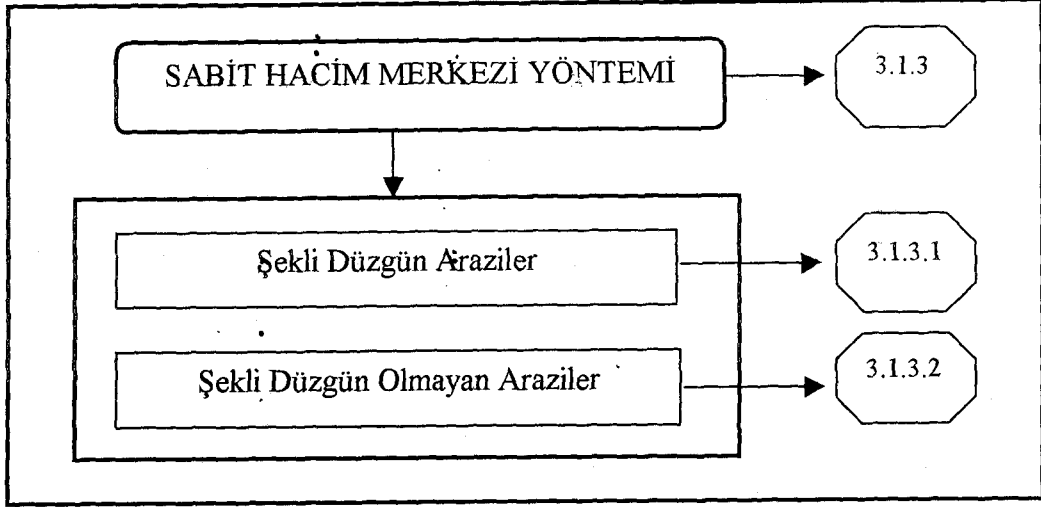
Ağırlık Merkezinin x Eksenine Olan Uzaklığı :	2.912	birim
Ağırlık Merkezinin y Eksenine Olan Uzaklığı :	5.272	birim
Ağırlık Merkezinin Yüksekliği :	1.700	"
Proje Alanı x Doğrultusundaki Eğim :	0.010	mâbirim
Proje Alanı y Doğrultusundaki Eğim :	-0.380	mâbirim
Proje Alanı Başlangıç Noktasının Yüksekliği :	3.727	"

ÇIKIŞ

Şekil 3.52. Simetrik artıklar yönteminde düzgün şekilli olmayan araziler için hesaplanan eğim ve ağırlık merkezi sonuçlarını gösteren ekran formu

3.2.3.3.1.2.3. Sabit Hacim Merkezi Yöntemi

Sabit hacim merkezi yönteminde, düzgün ve düzgün şekilli olmayan arazilerin tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde izlenen yol ve kullanılan eşitlikler farklıdır. Bu farklılık, düzgün şekilli olmayan arazilerin ağırlık merkezi hesaplamalarının karmaşıklığından kaynaklanmaktadır. CBS ortamında hazırlanan çalışmada, bu yöneme ilişkin hesaplamalar, simetrik artıklar yönteminde olduğu gibi, arazi şekilleri dikkate alınarak iki bölümde yapılmıştır (Şekil 3.53).



Şekil 3.53. [3.1.3] nolu, sabit hacim merkezi yöntemi bölümüne ilişkin program tasarımı

- Sabit Hacim Merkezi Yöntemi(Şekli Düzgün Araziler)

Düzgün şekilli arazilerin x ve y doğrultularında tesviye düzlemi eğimleri;

$$b = \frac{12}{X^3Y} \left(\sum HX - \frac{x+1}{2} \sum Hx \right) \quad (3.16)$$

$$c = \frac{12}{XY^3} \left(\sum HY - \frac{y+1}{2} \sum Hy \right) \quad (3.17)$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır (Raju 1960). Bu eşitliklerde;

b = X eksenine doğrultusundaki eğim (m/birim),

c = Y eksenine doğrultusundaki eğim (m/birim),

y = Kareler ağındaki satır sayısı,

x = Kareler ağındaki sütun sayısı,

...

.

$\sum H_y = y$ eksenine doğrultusunda her satıra ilişkin mira değerleri toplamının ortalaması, m,

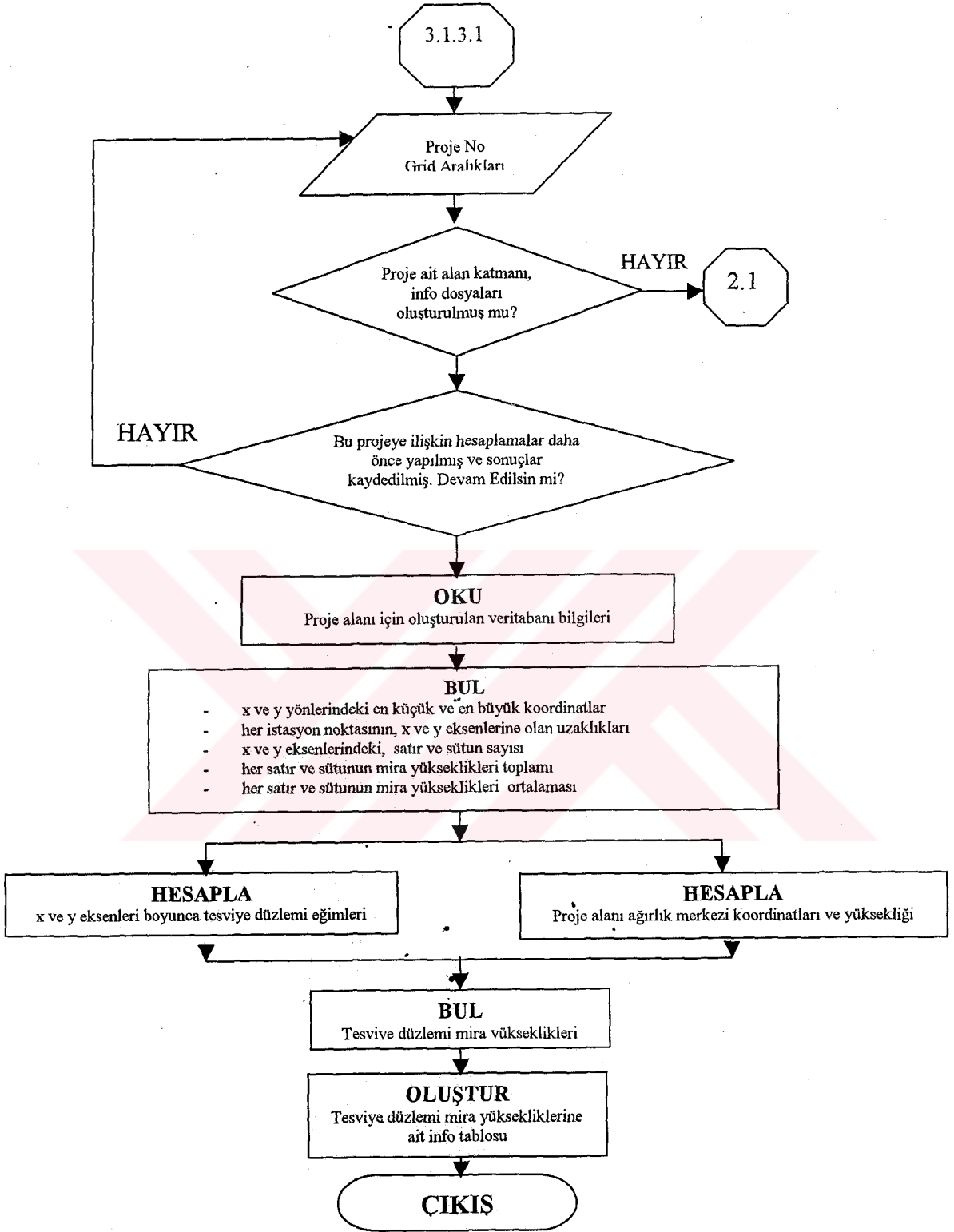
$\sum HY = y$ eksenine doğrultusunda her satırın mira okumaları toplamının x eksenine olan birim uzaklıkları ile çarpımlarının toplamı, m

$\sum H_x = x$ eksenine doğrultusunda her sütuna ilişkin mira değerleri toplamının ortalaması, m

$\sum HX = x$ eksenine doğrultusunda her sütunun mira okumaları toplamının y eksenine olan birim uzunlukları ile çarpımlarının toplamıdır.

Çalışmada, proje alanlarındaki istasyon noktalarının x ve y koordinatlarına olan birim uzunlukları, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında oluşturulan veri tabanı bilgilerinden alınmıştır.

Sabit hacim merkezi yönteminin CBS olanakları kullanılarak, şekli düzgün arazilerde uygulanışı aşamasında yapılan işlemler, Şekil 3.54 de verilen akış diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 3.54. [3.1.3.1] nolu sabit hacim merkezi yönteminin düzgün şekilli arazilerde uygulanmasına ilişkin akış diyagramı

- Sabit Hacim Merkezi Yöntemi(Düzgün Şekilli Olmayan Araziler)

Düzgün şekilli olmayan arazilerin, sabit hacim merkezi yöntemiyle tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde arazinin dikdörtgen bloklardan meydana geldiği kabul edilir (Raju 1960).

Çalışma kapsamında, düzgün şekilli olmayan araziler için sabit hacim merkezi yöntemi uygulamasında, her satır ve sütun bir blok olarak kabul edilmiştir. CBS olanaklarını kullanarak, her satır ve sütunun alan değerleri, proje alanı içerisindeki toplam istasyon sayıları, ağırlık merkezi koordinatları ve yüksekliği hesaplanabilmiştir. Bunun için sayısal yükseklik modeli bir altlık olarak kullanılmış ve işlemlerde büyük kolaylıklar getirmiştir.

Tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde;

$$b = \frac{12}{X^3Y} M\bar{y} \quad (3.18)$$

$$c = \frac{12}{XY^3} M\bar{x} \quad (3.19)$$

$$M\bar{y} = \sum HX - \sum H(\bar{X} + 1/2) \quad (3.20)$$

$$M\bar{x} = \sum HY - \sum H(\bar{Y} + 1/2) \quad (3.21)$$

eşitlikleri kullanılmıştır (Raju 1960).

Eşitliklerde;

$b = x$ eksenini doğrultusundaki eğim (m/birim)

$c = y$ eksenini doğrultusundaki eğim (m/birim)

$M_{\bar{y}}$ = Proje alanının ağırlık merkezinden geçen y doğrultusundaki moment değeri

$M_{\bar{x}}$ = Proje alanının ağırlık merkezinden geçen x doğrultusundaki moment değeri

$\sum HY$ = y eksenini doğrultusunda her satırın mira okumaları toplamının x eksenine olan birim uzaklıkları ile çarpımlarının toplamı, m

$\sum HX$ = x eksenini doğrultusunda her sütunun mira okumaları toplamının y eksenine olan birim uzunlukları ile çarpımlarının toplamıdır.

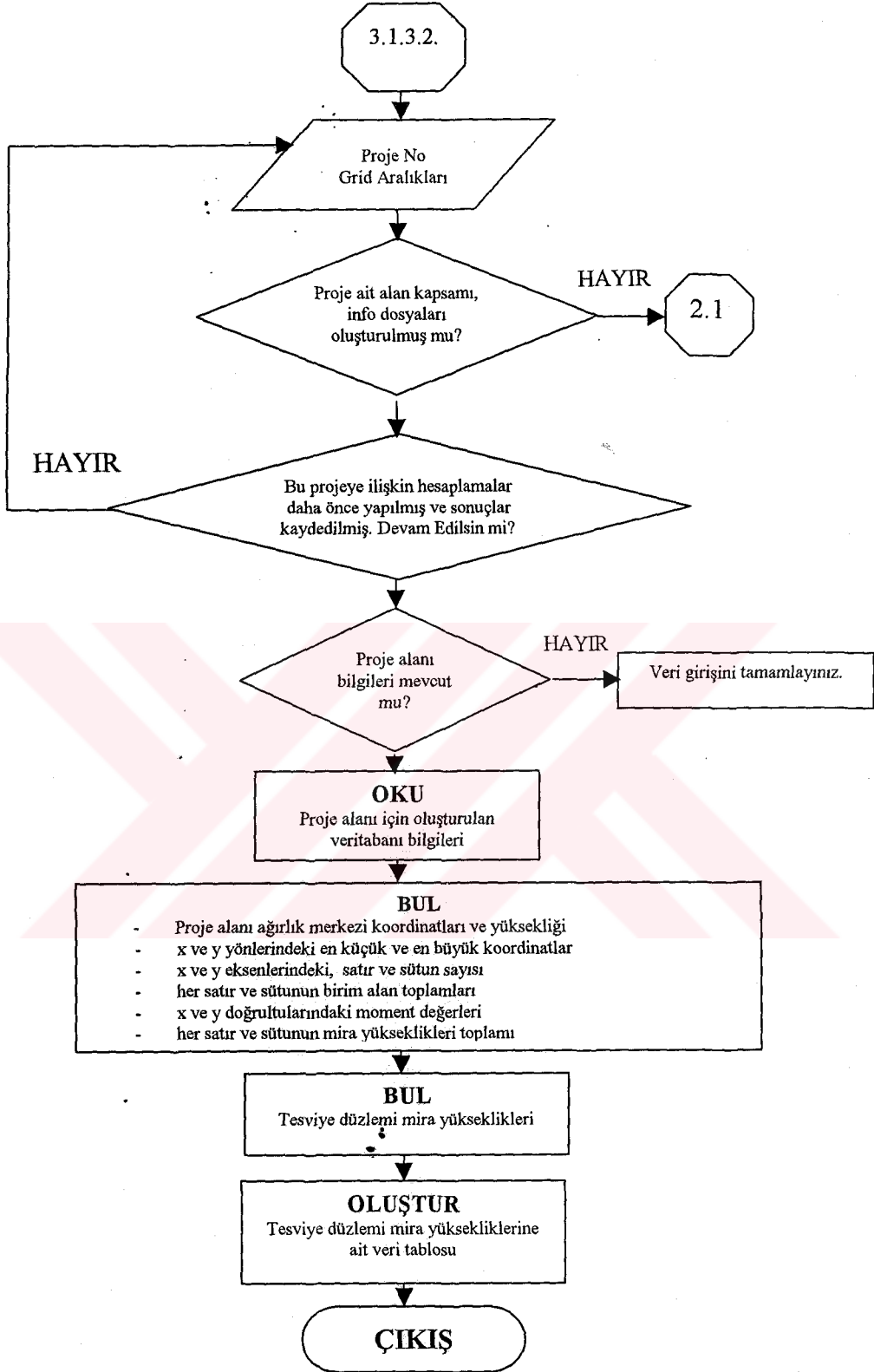
$\sum H$ = İstasyonlardaki mira okumaları toplamı

\bar{X} = Ağırlık merkezi x koordinatı

\bar{Y} = Ağırlık merkezi y koordinatı

Eşitliklerdeki X ve Y değerleri, bir blok olarak düşünülen her bir satır ve sütunun alanını ifade etmektedir. Formüllerdeki X^3Y ve XY^3 ifadeleri hesaplanırken her bir satır ve sütunun alan değerleri ayrı ayrı bulunup, satır ve sütun sayısına bölünmüş ve ortalamaları alınmıştır. Düzgün şekilli olmayan alanlarda sabit hacim merkezi yöntemi uygulamasında her bir satır ve sütun birer blok olarak kabul edildiğinden, X doğrultusundaki satırların alan hesaplamaları yapılırken Y değeri 1, Y doğrultusundaki alan hesaplamaları yapılırken X değeri 1 alınmıştır. Hesaplama kullanılan tüm bilgiler, CBS ortamında hazırlanan veri tabanı bilgilerinden alınmıştır.

Sabit hacim merkezi yönteminin CBS olanakları kullanılarak, şekli düzgün olmayan arazilerde uygulanışı aşamasında yapılan işlemler, Şekil 3.55 de verilen akış diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 3.55. [3.1.3.2] nolu, sabit hacim merkezi yönteminin, düzgün şekilli olmayan arazilerde uygulanmasına ilişkin akış diyagramı

3.2.3.3.1.3. Tesviye Düzlemi Mira Yüksekliklerinin Belirlenmesi

Çalışmada, söz konusu 3 farklı yöntemle göre belirlenen, x ve y doğrultularındaki eğimlerin ardından, tesviye düzlemi yüksekliklerinin belirlenmesi işlemleri yapılmıştır. Bu bağlamda, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında, eğim belirleme yöntemleri sonuçlarının depolandığı veri tabloları kullanılmıştır.

En uygun tesviye düzleminin denklemi

$$H_{ij} = a + bX_i + cY_j \quad (3.22)$$

eşitliği ile belirlenmiştir (Shih ve Kriz 1971a).

Eşitlikte;

H_{ij} = Yüzey üzerindeki herhangi bir noktanın tesviye düzlemi yüksekliği

X_i = Ele alınan noktanın y eksenine olan uzaklığı

Y_j = Ele alınan noktanın x eksenine olan uzaklığı

a = Başlangıç noktasının yüksekliğidir.

a değerinin hesaplanmasında;

$$a = H_c - bX_c - cY_c \quad (3.23)$$

eşitliği kullanılmıştır (Shih ve Kriz 1971a). Eşitlikte;

H_c = Ağırlık merkezinin yüksekliği

X_c ve Y_c = Ağırlık merkezinin x ve y koordinatlarıdır.

Söz konusu eşitliklerle hesaplanan tesviye düzlemi mira yükseklikleri, daha sonra kazı ve dolgu hesaplamalarında kullanılmak üzere, her bir yöntem için, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında oluşturulan ve veri tabloları içinde depolanmıştır.

3.2.3.3.2. Kazı-Dolgu Hesaplamaları

Kazı ve dolgu hesaplamalarında, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanan veri tabanı bilgileri ile hesaplanan tesviye düzlemi mira yükseklikleri kullanılmıştır. Kazı-dolgu hesaplamalarında sırasıyla;

- Kazı ve dolgu yükseklikleri,
- Kazı ve dolgu hacimleri ve
- Kazı-dolgu oranlarının belirlenmiştir.

Coğrafi Bilgi Sistemi olanakları kullanılarak, 3 farklı tesviye düzlemi eğimleri ile tesviye düzlemi mira yüksekliklerinin hesaplanmasının ardından, kazı ve dolgu hesaplamaları yapılmakta ve gerçekleştirilen çalışma kapsamında, her bir yöntem ve arazi şekillerine bağlı olarak, söz konusu hesaplamalar gerçekleşmektedir.

Tesviye düzlemi eğimlerinin, belirlenebilmesi amacıyla ele alınan 3 farklı yöntem sonuçları ve arazi şekilleri, kazı ve dolgu hesaplamalarında ayrı ayrı devreye girmiş ve sonuçlar farklı dosyalar içinde toplanmıştır.

3.2.3.3.2.1. Kazı ve Dolgu Yüksekliklerinin Belirlenmesi

Kazı ve dolgu yüksekliklerinin belirlenmesi işlemlerinde, CBS ortamında 3 farklı tesviye düzlemi eğimi belirleme yöntemine göre ayrı ayrı hesaplanmış ve tek bir info dosyası içerisinde depolanmış tesviye düzlemi mira yükseklikleri kullanılmıştır. Tesviye öncesi doğal arazi mira yüksekliklerden tesviye düzlemi mira yükseklikleri çıkarılarak proje alanlarındaki istasyonların kazı veya dolgu yükseklikleri bulunmuştur.

Kazı ve dolgu yüksekliklerinin bulunmasında;

$$K_{ij} \text{ veya } D_{ij} = H_{ij} - H_{ij}^1 \quad (3.24)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Eşitlikte;

K_{ij} ve D_{ij} = Kazı veya dolgu yüksekliklerini, m

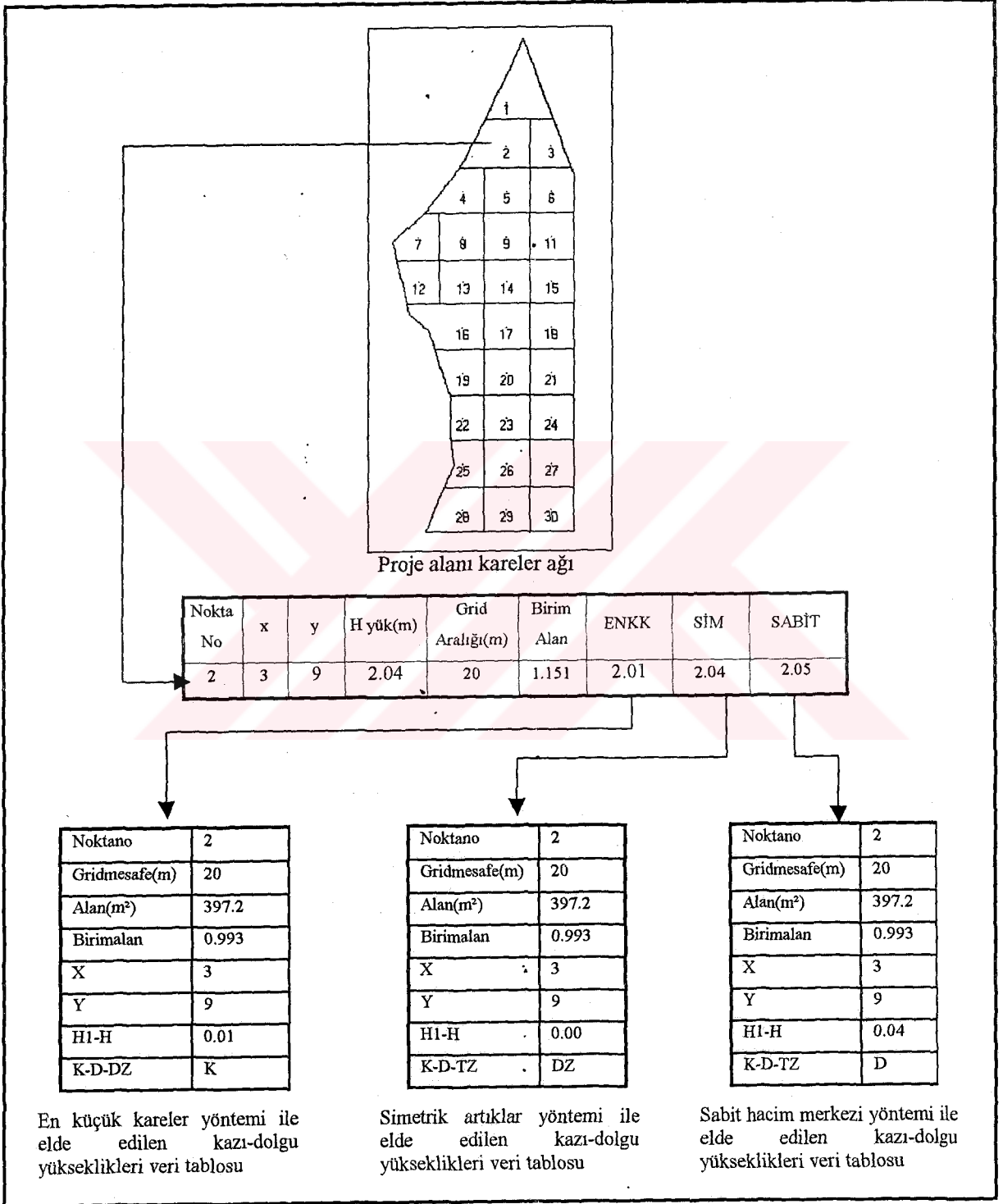
H_{ij} = Tesviye öncesi mira yüksekliği, m

H_{ij}^1 = Tesviye düzlemi mira yüksekliği, m' ni ifade etmektedir.

En küçük kareler, simetrik artıklar, ve sabit hacim merkezi yöntemleri için kazı-dolgu yükseklikleri ayrı ayrı hesaplanmış ve bu yükseklik değerleri, sonuçların karşılaştırılmasında kolaylık sağlaması amacıyla farklı isimlere sahip, veri tabloları içinde toplanmıştır.

Kazı ve dolgu yüksekliklerinin depolandığı veri tabloları içinde, yükseklik farklarının pozitif olduğu istasyonlara KAZI (K), negatif olduğu istasyonlara DOLGU (D) ve yüksekliklerin birbirine eşit olduğu istasyonlara ise DOĞAL ZEMİN (DZ) simgeleri yerleştirilmiştir. Bu simgeleme ile kazı-dolgu yapılacak alanlardaki hacim hesaplama işlemlerine kolaylık sağlanmıştır.

CBS ortamında hazırlanan model içerisindeki, kazı dolgu yüksekliklerinin belirlenmesinde kullanılan nokta özelliğindeki katman ve bunlara bağlı veri tablolarının birbirleri ile ilişkilendirilmesi Şekil 3.56 da gösterilmiştir.



Şekil 3.56. Farklı tesviye düzlemi belirleme yöntemlerine göre elde edilen kazı ve dolgu yükseklikleri veri tabloları ve birbirleri ile ilişkilendirilmesi

3.2.3.3.2.2. Kazı ve Dolgu Hacimlerinin Belirlenmesi

Çalışmada, kazı ve dolgu yüksekliklerinin belirlenmesinin ardından, kazı ve dolgu hacimleri hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında; kazı-dolgu hesaplamaları için gerekli olan tesviye düzlemi mira yükseklikleri, 3 farklı eğim belirleme yöntemiyle bulunan sonuçlardır. Kazı-dolgu hesaplamaları, seçeneysel olarak, istenilen eğim belirleme yöntemin sonuçları kullanılarak yapılabilmektedir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için hazırlanan ekran formu Şekil 3.57 de verilmiştir.



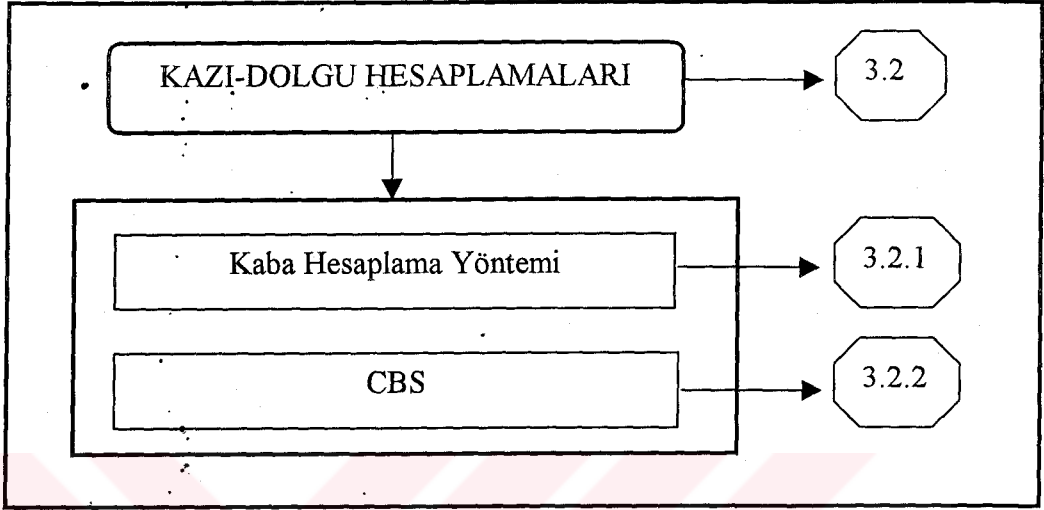
Şekil 3.57. Tesviye düzlemi eğimini belirleme yönteminin seçimi için hazırlanan ekran formu

Şekil 3.57 den de görülebileceği gibi, hazırlanan ekran formu ile istenilen yöntemle elde edilen tesviye düzlemi eğimlerini kullanarak kazı dolgu hacimleri belirlenebilmektedir.

Çalışmada, istenilen eğim belirleme yöntemine göre, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında depolanan kazı-ve dolgu yükseklikleri veri tablolarından alınan bilgiler ile kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Kazı-dolgu hacimlerinin belirlenmesinde,

- Kaba yöntem ve
- CBS ortamında hesaplama yöntemleri kullanılmıştır(Şekil 3.58).



Şekil 3.58. [3.2] nolu kazı ve dolgu hesaplamaları bölümüne ilişkin program tasarımı

Çalışma sonunda; en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemleriyle belirlenen tesviye düzlemi yükseklikleri ile bulunan kazı-dolgu yükseklikleri ve devamında ele alınan iki yöntemde hesaplanan kazı-dolgu hacimleri sonuçları karşılaştırılmıştır.

3.2.3.3.2.2.1. Kaba Yöntem

Kaba hesaplama yöntemine göre kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesinde, kareler ağına ayrılmış proje alanlarındaki her bir istasyon noktasındaki kazı veya dolgu yüksekliği, o istasyonun temsil ettiği birim alan değeri ile çarpılarak, istasyonlara ait kazı ve dolgu hacimleri hesaplanmıştır. Daha sonra, kazı ve dolgu istasyonlarına ait hacimler ayrı ayrı toplanarak, toplam kazı ve dolgu hacimleri bulunmuştur.

$$\sum K = \sum K_{ij} S_{ij} \quad (3.25)$$

$$\sum D = \sum D_{ij} S_{ij} \quad (3.26)$$

Eşitliklerde;

$\sum K$ = Proje alanındaki toplam kazı hacmi (m³)

$\sum D$ = Proje alanındaki toplam dolgu hacmi (m³)

D_{ij} = ij noktasındaki dolgu yüksekliği (m)

K_{ij} = ij noktasındaki kazı yüksekliğini (m)

S_{ij} = ij noktasının hizmet ettiği gerçek alan değeri (m²) ifade etmektedir.

Buradaki, S_{ij} değerleri, CBS olanakları ile oluşturulan veri tabanı bilgilerinden alınmıştır. Aynı zamanda, sonuçların karşılaştırılıp, farklılıkların ortaya konulabilmesi amacıyla, geleneksel yöntemlerin gerektirdiği koşullara bağlı kalarak (S_{ij} alan değerleri olarak, 20x20 m lik kareler ağı için oluşturulmuş çizelgelerden) hesaplamalar yapılmıştır.

Proje alanlarındaki toplam kazı ve dolgu hacimlerinin hesaplanmasından sonra, dekara kazı miktarı;

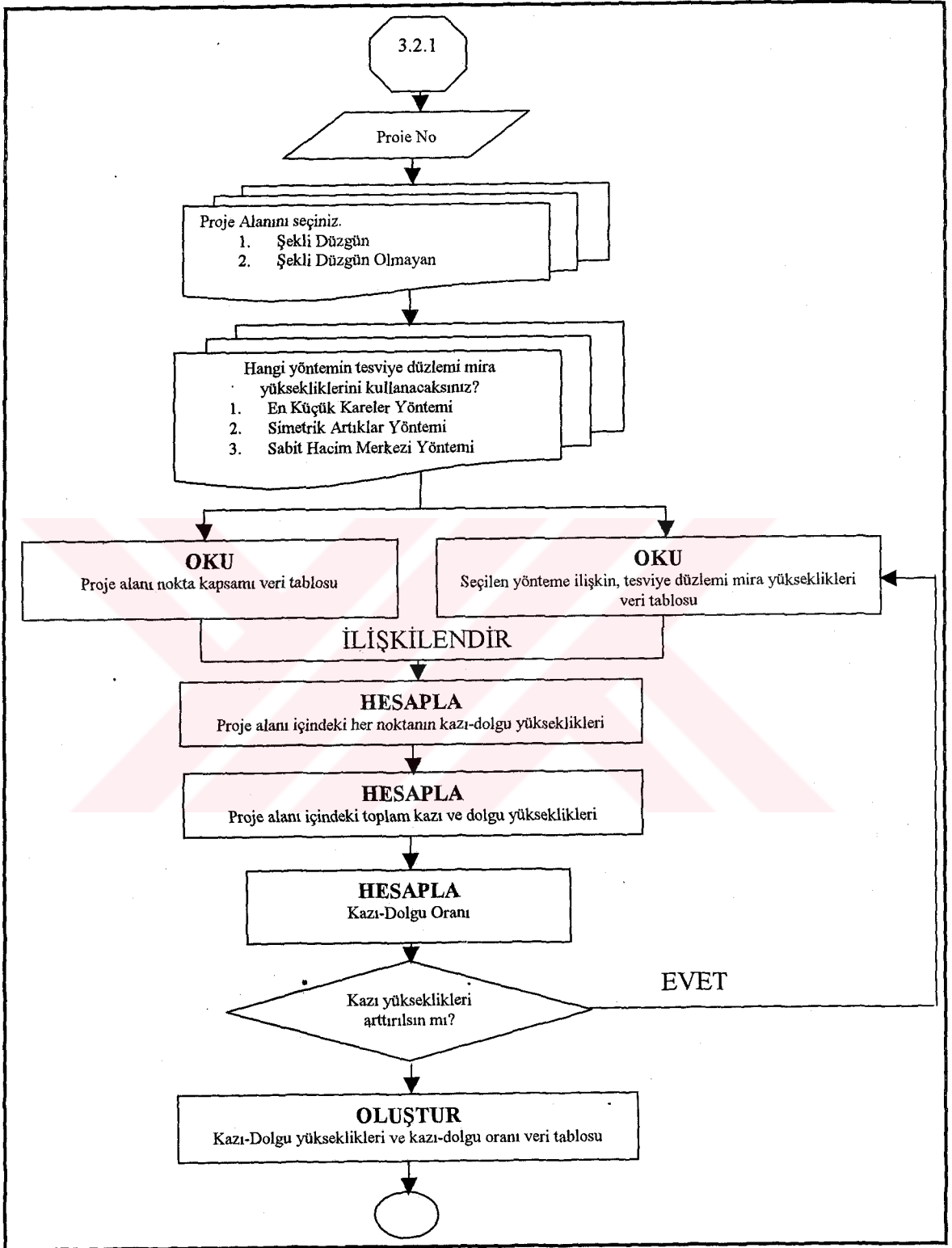
$$\frac{\sum K}{A} \quad (3.27)$$

eşitliği ile bulunmuştur. Eşitlikte;

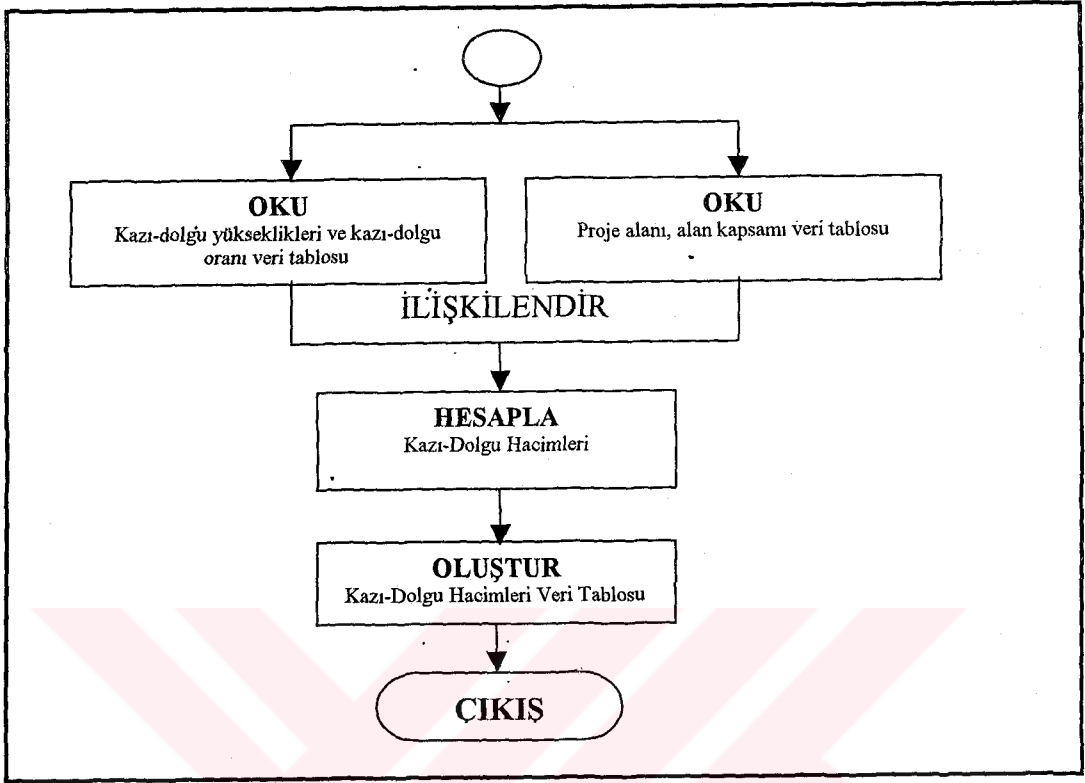
$\frac{\sum K}{A}$ = Dekara düşen kazı miktarı, m³/da

A = Toplam proje alanını, da ifade etmektedir.

Kaba hesaplama yöntemi kullanılarak, kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesi aşamasında yapılan işlemler, Şekil 3.59 de verilen akış diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 3.59. [3.2.1] nolu kaba hesaplama yöntemine göre kazı ve dolgu yükseklikleri, hacimleri ve K/D oranının hesaplanmasına ilişkin akış diyagramı



Şekil 3.59. [3.2.1] nolu kaba hesaplama yöntemine göre, kazı ve dolgu yükseklikleri hacimleri ve K/D oranının hesaplanmasına ilişkin akış diyagramı(devam)

3.2.3.3.2.2. Kazı ve Dolgu Hacimlerinin CBS Ortamında Hesaplanması

Coğrafi bilgi sisteminin mevcut komutları ile kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesi işlemlerinde, proje alanlarının doğal ve tesviye sonrası mira yüksekliklerinden elde edilen sayısal yükseklik modelleri kullanılmıştır. Bunun için proje alanlarında, sayısal yükseklik modelleri üzerindeki yükseklikleri belli kareler ağına ait noktalardan yola çıkarak, 1x1 m lik gridler elde edilmiştir. Arazi yüzeyini farklı bir model üzerine taşıyan grid sisteminde, her bir 1x1 m lik noktaların yükseklikleri bulunmuş ve kazı-dolgu hacimlerinin hesaplanması, bu yüzey üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Bu bağlamda, öncelikle her bir grid alanın (1 m^2) gerçek kazısı veya dolgusu dikkate alınmış ve bunlar kümülatif olarak toplanarak, tüm kare alanının ($20 \times 20 \text{ m}$) kazı veya dolgu alanı için, kazı ve dolgu hacimleri bulunmuştur. Son aşama olarak, proje alanı içerisindeki tüm kazı ve dolgu alanları ayrı ayrı toplanmış ve proje alanı toplam kazı ve dolgu hacimleri elde edilmiştir.

Coğrafi bilgi sistemi ortamında yapılan hesaplamalar, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla yapılmıştır.

$$\Delta Z = Z_1 - Z_2 \quad (3.28)$$

$$Hacim = Ax\Delta Z \quad (3.29)$$

Eşitliklerde;

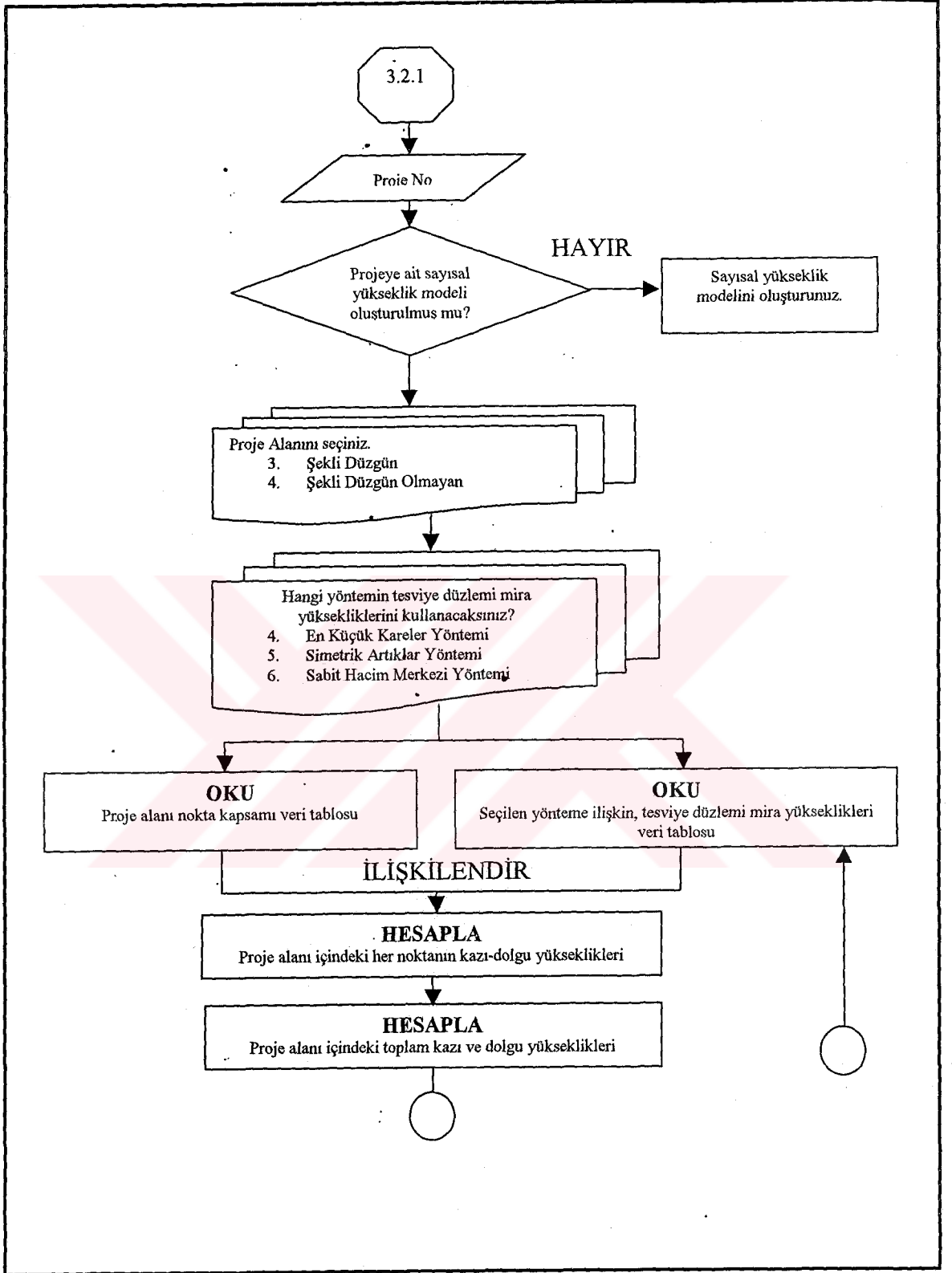
ΔZ = Kazı veya dolgu yüksekliği (m)

Z_1 = Tesviye öncesi arazinin doğal yüksekliği (m)

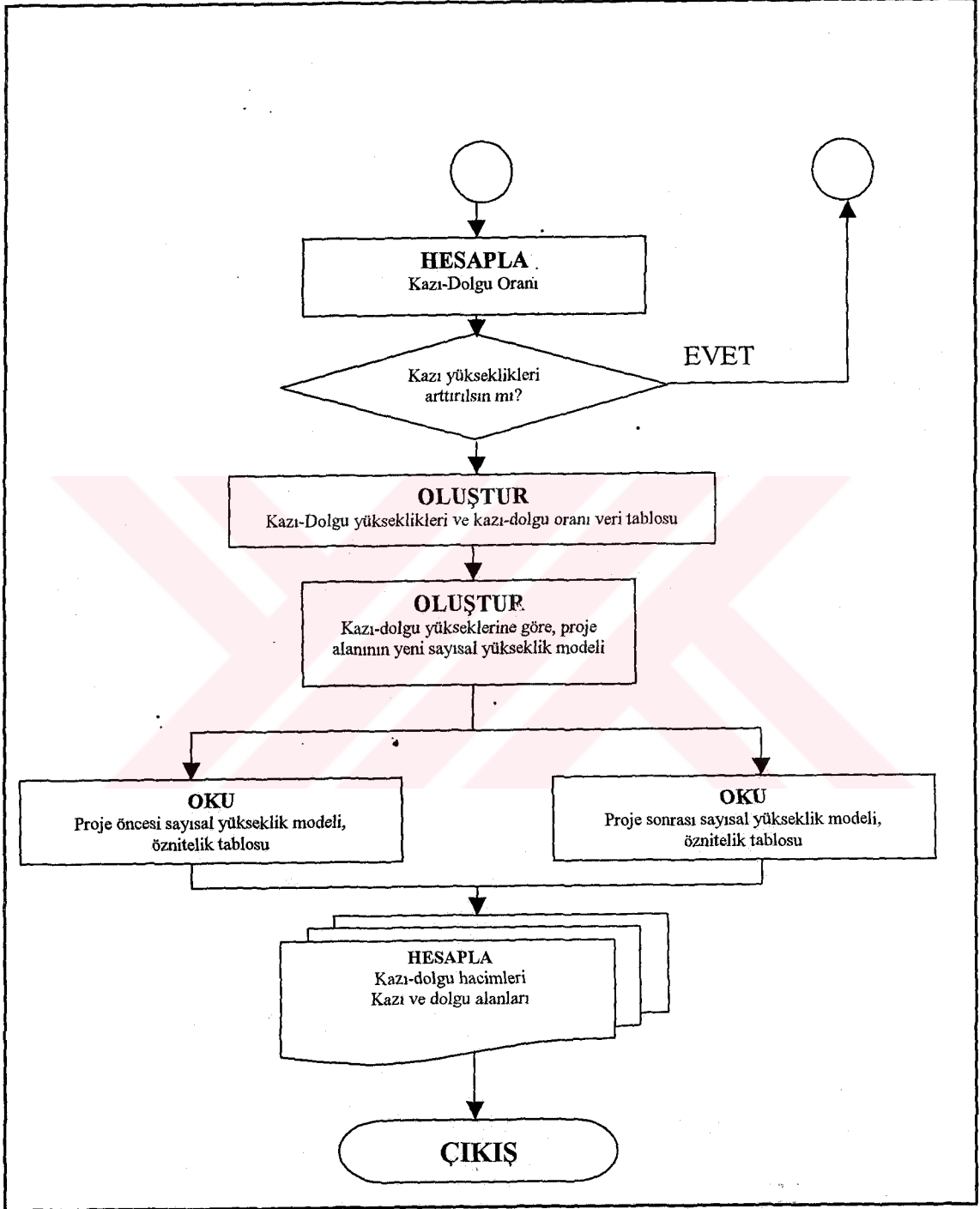
Z_2 = Tesviye sonrası tesviye düzlemi yüksekliği (m)

A = Her bir noktanın hizmet ettiği alan değeri (arazi yüzeyi $1 \times 1 \text{ m}$ lik hücrelere ayrıldığı için, A ifadesi, sınırlara denk gelen hücreler dışındaki alanlar için, 1 m^2 dir.)

CBS ortamında, kazı-dolgu hacimlerinin belirlenmesi aşamasında yapılan işlemler, Şekil 3.60 da verilen akış diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 3.60. [3.2.2] nolu kazı ve dolgu yükseklikleri, oranı ve hacimlerinin CBS ortamında hesaplanmasına ilişkin akış diyagramı



Şekil 3.60. [3.2.2] nolu kazı ve dolgu yükseklikleri, oranı ve hacimlerinin CBS ortamında hesaplanmasına ilişkin akış diyagramı(devam)

3.2.3.3.2.3. Kazı-Dolgu Oranlarının Belirlenmesi

Kazı ve dolgu yükseklikleri belirlenmiş proje alanlarında, kazı-dolgu oranlarının belirlenebilmesi için, yöntemler bazında farklı veri tabloları içinde toplanan kazı-dolgu yüksekliklerinden faydalanılmıştır. Her bir yöntem için, kareler ağına ayrılmış proje alanlarındaki istasyon noktalarından bağlı oldukları nokta özelliğindeki veri tabloları ile ilişki kurulmuştur. Bu işlem sonrasında, her bir istasyon noktasının temsil ettiği gerçek alan değeri ile aynı noktanın kazı veya dolgu yüksekliği çarpılmış ve hacim değeri elde edilmiştir. Proje alanı içindeki tüm kazı ve dolgu hacimleri ayrı ayrı toplanarak toplam kazı ve dolgu hacimleri bulunmuştur. Bu işlemler CBS ortamında her bir proje alanı için ayrı ayrı yapılmıştır.

Kazı-Dolgu oranı,

$$\frac{\sum K_{ij}}{\sum D_{ij}} \quad (3.30)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

Eşitlikteki;

$\sum K_{ij}$ ve $\sum D_{ij}$ simgeleri, proje alanı içerisinde bulunan istasyon noktalarının toplam kazı ve dolgu hacimlerini ifade etmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanan model, kazı-dolgu oranı belirlenen proje alanlarında, kazı-dolgu oranı sorgulamasını yapabilecek durumda tasarlanmıştır. Bu işlemler içerisinde, tesviye düzleminin istenilen oranda yükseltip alçaltılabilmesi ve kazı-dolgu oranlarının dengelenebilmesi yapılabilmektedir. Kazı-dolgu oranının sorgulaması için hazırlanan ekran formu Şekil 3.61 de verilmiştir. Bu ekran formu

üzerinde, ilk olarak hesaplanan kazı ve dolgu hacimleri ile kazı-dolgu oranı kullanıcıya sunulmuştur.

The screenshot shows a software window titled "KAZI/DOLGU ORANI" with a standard Windows title bar. The main content area displays the following information:

```

*****
KAZI HACMI -----> 1202.8 m³
DOLGU HACMI -----> 1376.3 m³
KAZI/DOLGU ORANI -----> 0.8733
*****

KAZI KAC CM ARTIRILSIN?  
*****
Kazı/Dolgu Oranında Hesaplamalar
Yapıldıktan Sonra ----->>> 
*****

```

Şekil 3.61. Kazı-dolgu oranı sorgulamasına ilişkin hazırlanan ekran formu

3.2.3.3.3. Hacim Dağıtım Planlarının Çıkarılması

Çalışmada; her bir proje alanı için, CBS olanakları kullanılarak, kazı ve dolgu sınırları, tesviye öncesi ve sonrası mira yükseklikleri ile elde edilen sayısal yükseklik modelleri üzerinden belirlenmiş ve hacim dağıtım planları çıkarılmıştır.

3.2.4. İstatistiksel Analizler

Çalışma kapsamında, en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemi ile hesaplanan tesviye düzlemi eğimleri, Coğrafi Bilgi Sistemi desteği ile hesaplanan tesviye düzlemi eğimleri ile karşılaştırılmıştır. Aynı şekilde, söz konusu her

bir tesviye düzlemi eğimi ile kaba yöntem ve CBS ortamında hesaplanan kazı-dolgu hacimleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Tesviye düzlemi eğimleri ve kazı-dolgu hesaplamalarına ilişkin elde edilen tüm değerlere, öncelikle istatistiksel açıdan güvenilirlik testi yapılmıştır. Daha sonra, aynı veri gruplarına, regrasyon ve çoklu karşılaştırmaya dayalı varyans analizleri uygulanmıştır. Böylece, yöntemler düzeyinde, elde edilen sonuçların önemlilik dereceleri incelenmiştir. Kazı ve dolgu hesaplamalarında, dekara kazı miktarlarına ilişkin sonuçlara Tukey testi yapılmış ve ortalamalara göre minimum kazı hacmini veren yöntem belirlenmeye çalışılmıştır (Steel ve Torrie 1980).



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu bölümde, arazi tesviyesi projelerinin hazırlanmasına yönelik, coğrafi bilgi sistemi olanakları kullanılarak; en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemleri ile elde edilen tesviye düzlemi eğimleri ve kazı-dolgu hacimlerine ilişkin sonuçlar verilmiştir.

4.1. Alan Hesaplamalarına İlişkin Sonuçlar

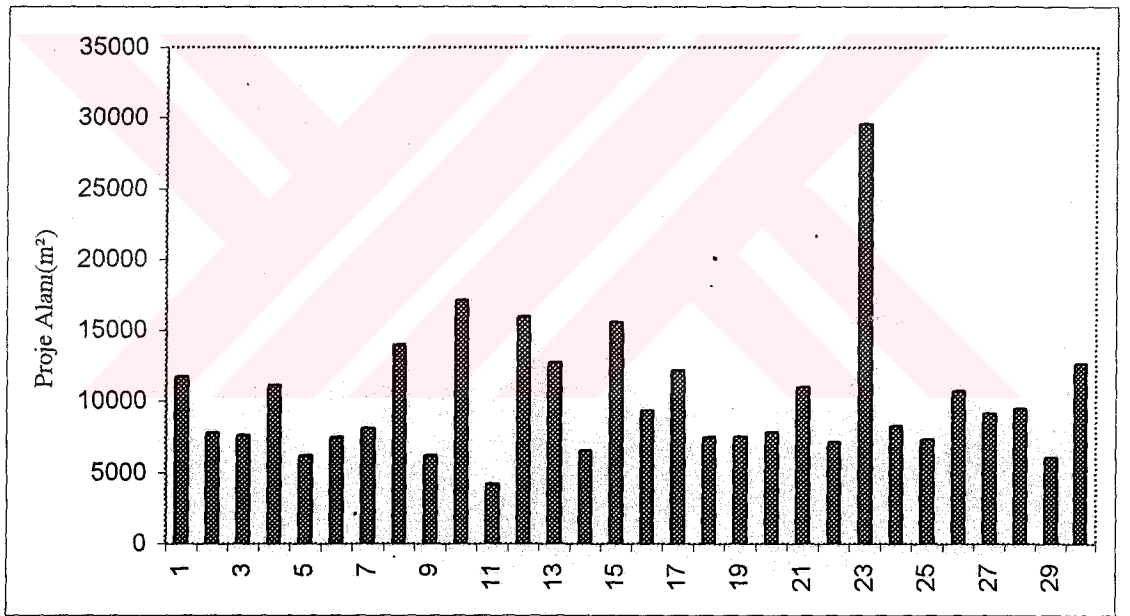
Arazi tesviyesi projelemesine yönelik, CBS olanakları ile hazırlanan çalışmada, veri tabanını oluşturan bilgiler, nokta özelliğindeki verilerden elde edilmiştir. Ele alınan tüm proje alanları için, nokta özelliğindeki verilerle elde edilen alan bilgileri Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Proje alanlarının özellikleri

Proje No	Proje Alanı (da)	Proje No	Proje Alanı (da)
1	11,8	16	9,3
2	7,8	17	12,2
3	7,6	18	7,4
4	11,1	19	7,5
5	6,2	20	7,8
6	7,4	21	11,0
7	8,1	22	7,1
8	14,0	23	29,5
9	6,2	24	8,3
10	17,1	25	7,3
11	4,2	26	10,7
12	16,0	27	9,2
13	12,7	28	9,5
14	6,5	29	6,1
15	0,5	30	12,6

Çizelge 4.1 den de görülebileceği gibi, örnek proje alanlarının büyüklükleri, 0,5 da ile 29,5 da arasında değişmektedir. Farklı büyüklüklere sahip bu örnek proje alanları, birer kapalı poligon özelliğinde olup, sınır çizgisi üzerindeki noktaların koordinat verilerden elde edilmiştir. Ele alınan alanlarda, 20x20 m' lik gridlerin köşelerindeki mira okuma değerleri, tesviye düzlemi eğimlerinin ve kazı-dolgu hacimlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Proje alanlarının alansal büyüklük dağılımlarını gösteren grafik, Şekil 4.1 de verilmiştir.



Şekil 4.1 Proje alanlarının, büyüklük dağılımları

Şekil 4.1'den de görülebileceği gibi, proje alanlarından 19 adedi 0-10 da, 8 adedi 10-15 da, 2 adedi 15-20 da ve 1 adedi de 20-30 da arasındadır.

Çalışma kapsamında, ele alınan 30 adet farklı büyüklük ve şekillerdeki örnek parsellerin alan hesaplamaları CBS olanakları ile gerçekleştirilmiştir. Örnek parsellerdeki, her bir istasyon noktasının hizmet ettiği alan değerleri hassas bir şekilde hesaplanabilmiştir. Bunun için, öncelikle sınır koordinatlarını içeren ve nokta

özelliğinde olan veri dosyaları ile, CBS ortamında kapalı alan (poligon) özelliğindeki proje alanı oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında, 10 numaralı projeye ilişkin, yapılan alansal hesaplamalar sonucu elde edilen sonuçlar Çizelge 4. 2' de verilmiştir. Çizelgeden de görülebileceği gibi, her bir istasyon noktasına ait mira okuma değeri ve bu istasyon noktalarının temsil ettiği alan değerleri CBS olanakları kullanılarak hesaplanmıştır. Bunun için, sınır koordinatları ve istasyon noktalarını içeren veri dosyaları kullanılmıştır. Çizelgede, her bir noktanın hizmet ettiği alan değerleri birim olarak görülebileceği gibi, aynı zamanda 20x20 m'lik kareler ağına göre, gerçek alan değerlerine de kolaylıkla erişim sağlanmıştır.

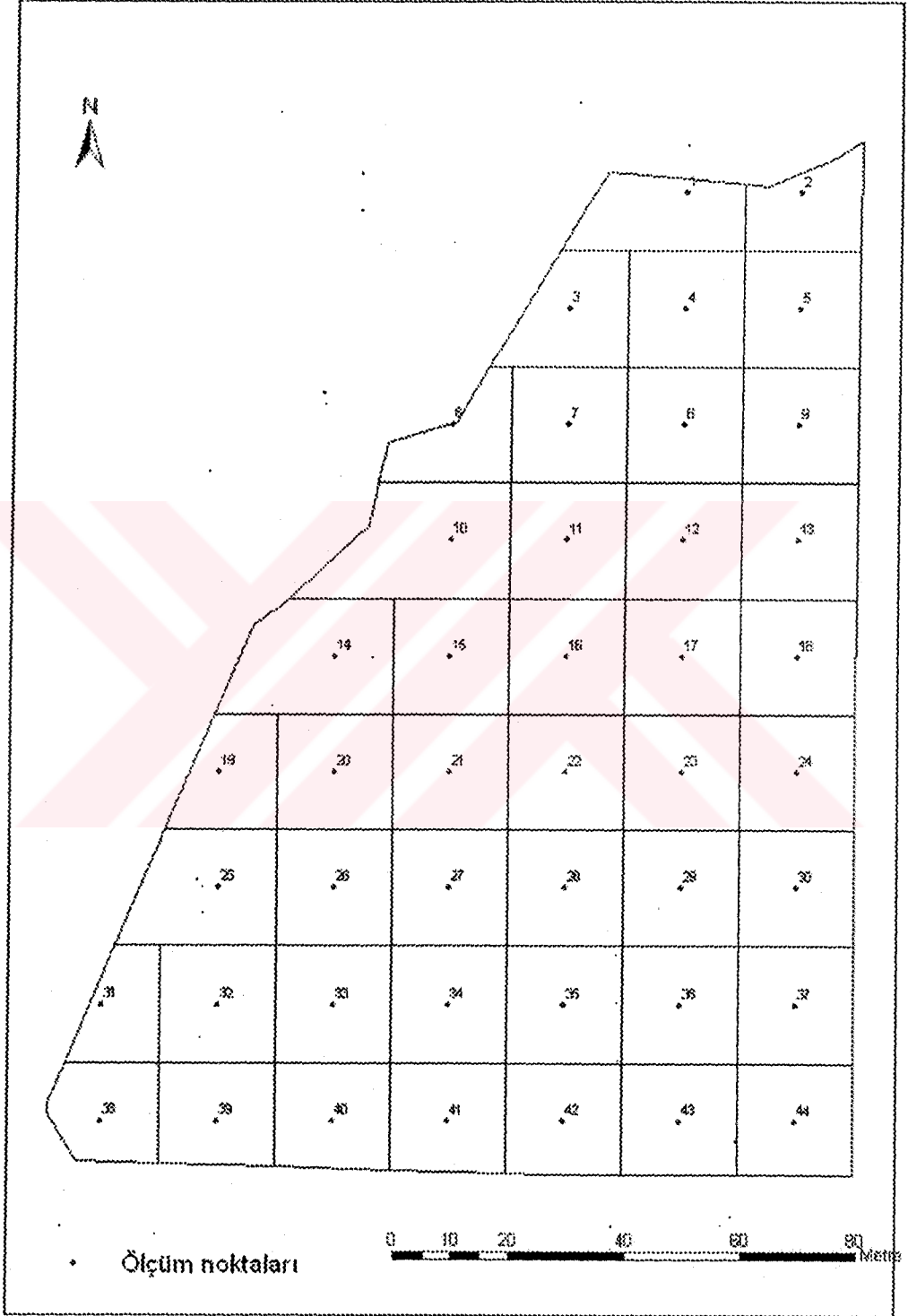
Çizelge 4.2. 10 Nolu proje alanı için yapılan alan hesaplamaları sonucunda veri dosyası içinde depolanan sonuçlar

Nokta No	Mira Okuma Değeri (m)	Birim Alan Değeri (CBS ortamında hesaplanan) (birim)	Gerçek Alan Değeri (CBS ortamında hesaplanan)(m ²)	Çizelgeden Alınan Birim Alan Değeri (birim)	İstasyon Noktasının y eksenine olan uzaklığı (birim)	İstasyon Noktasının x eksenine olan uzaklığı (birim)
1	3,848	0,870	348,199	0.950	6	9
2	4,090	0,706	282,525	0.800	7	9
3	3,261	0,887	354,804	0.950	5	8
4	3,461	1,000	400,000	1.000	6	8
5	3,671	1,000	403,586	1.100	7	8
6	2,707	0,682	272,696	0.800	4	7
7	2,892	1,000	400,000	1.000	5	7
8	3,039	1,000	400,000	1.000	6	7
9	3,179	1,000	402,611	1.200	7	7
10	2,393	1,428	571,352	1.600	4	6
11	2,510	1,000	400,000	1.000	5	6
12	2,595	1,000	400,000	1.000	6	6
13	2,773	1,000	401,636	1.200	7	6
14	1,974	1,301	520,399	1.500	3	5
15	2,105	1,000	400,000	1.000	4	5
16	2,234	1,000	400,000	1.000	5	5
17	2,356	1,000	400,000	1.000	6	5
18	2,479	1,002	400,662	1.100	7	5
19	1,488	0,751	300,438	0.900	2	4
20	1,629	1,000	400,000	1.000	3	4
21	1,823	1,000	400,000	1.000	4	4
22	1,950	1,000	400,000	1.000	5	4

Çizelge 4.2. 10 Nolu proje alanı için yapılan alan hesaplamaları sonucunda veri dosyası içinde depolanan sonuçlar(devam)

23	2,110	1,000	400,000	1.000	6	4
24	2,305	0,999	399,686	1.000	7	4
25	1,356	1,175	469,899	1.300	2	3
26	1,510	1,000	400,000	1.000	3	3
27	1,662	1,000	400,000	1.000	4	3
28	1,829	1,000	400,000	1.000	5	3
29	2,025	1,000	400,000	1.000	6	3
30	2,197	0,997	398,712	1.000	7	3
31	1,131	0,598	239,360	0.700	1	2
32	1,289	1,000	400,000	1.000	2	2
33	1,439	1,000	400,000	1.000	3	2
34	1,590	1,000	400,000	1.000	4	2
35	1,744	1,000	400,000	1.000	5	2
36	1,939	1,000	400,000	1.000	6	2
37	2,065	0,994	397,737	1.000	7	2
38	1,209	0,808	323,241	0.900	1	1
39	1,298	0,956	382,428	1.000	2	1
40	1,387	0,956	382,428	1.000	3	1
41	1,517	0,956	382,428	1.000	4	1
42	1,668	0,956	382,428	1.000	5	1
43	1,834	1,000	382,428	1.000	6	1
44	1,960	1,000	379,353	1.000	7	1

Aynı proje numarasına sahip proje alanı için, Şekil 4.2 de, ölçüm yapılan noktalar ve bu noktaların hizmet ettiği alanları gösteren harita verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi, özellikle sınırlara denk gelen yerlerdeki artık alanlar kolaylıkla hesaplatılmıştır.

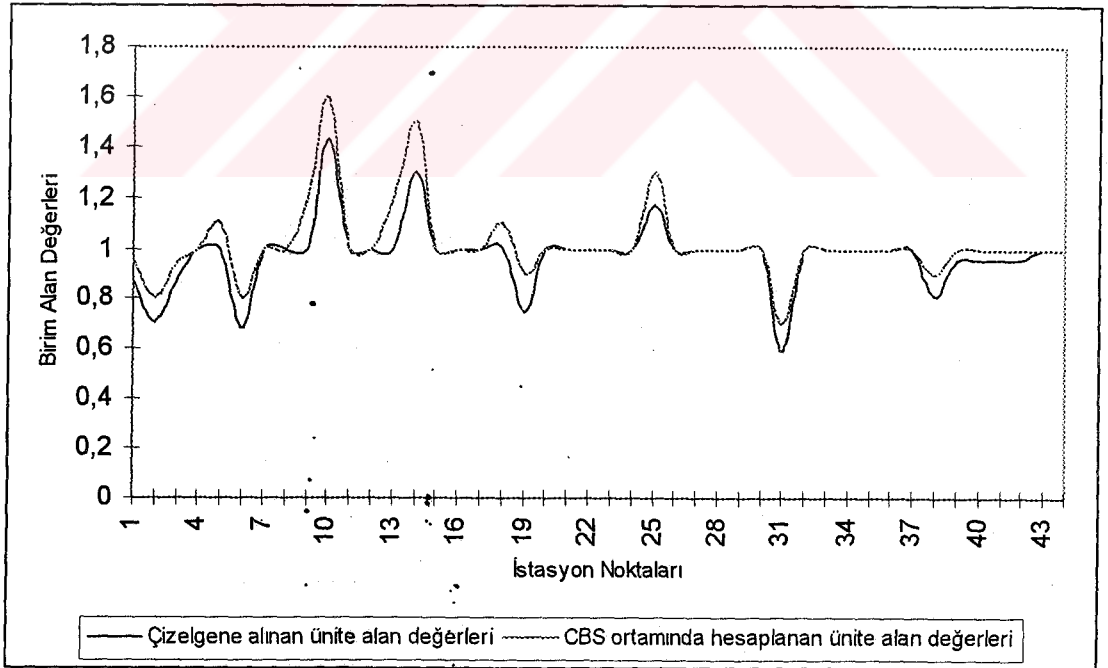


Şekil 4.2. 10 Nolu proje alanına ilişkin CBS ortamında oluşturulan ölçüm noktaları ve bu noktaların hizmet ettiği alanlar

Çalışma kapsamında ele alınan 10 numaralı proje alanı için, Çizelge 4.2 incelendiğinde, her bir ölçüm yapılan noktaya ilişkin iki farklı birim alan görülmektedir. Bu alan değerlerinden birincisi, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen alan değerleridir. Diğeri ise, günümüzde projeli arazi tesviyesi çalışmalarında Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünce kullanılan ve arazi tesviyesi çalışmalarında kazıklar arası 20x20 m'lik karelaj için, istasyon noktalarının sınırlara olan uzaklıkları esas alınarak oluşturulan ünite alan değerleridir.

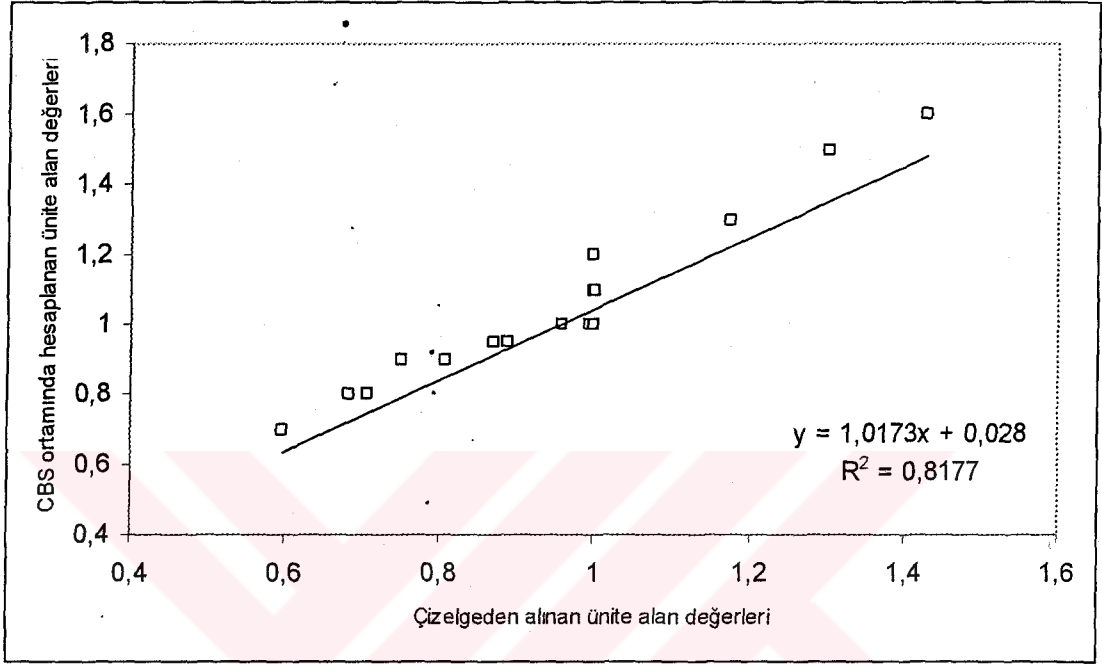
Sonuçlar incelendiğinde, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hesaplanan alan değerlerinin, diğeri birim alan değerlerine göre yakın, ancak biraz daha düşük sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çalışmada, ele alınan 30 adet farklı proje alanından biri olan 10 numaralı proje alanı içerisindeki 44 adet istasyon noktasının hizmet ettiği alan değerleri arasındaki farklılıklar Şekil 4.3 deki grafik üzerinde de görülebilmektedir.



Şekil 4.3. 10 Nolu proje alanı içerisindeki ölçüm noktalarının temsil ettikleri alan değerlerinin karşılaştırılması

Aynı zamanda alan hesaplamaları bölümü içerisinde, hesaplanan birim alan değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi incelenmiş ve iki farklı veri serisi arasındaki determinasyon katsayısı (R^2) 0.81 bulunmuştur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. 10 Nolu proje alanını içerisindeki, ölçüm noktalarının temsil ettikleri alan değerlerinin karşılaştırılması

4.2. Proje Alanları Sayısal Yükseklik Modellerine İlişkin Sonuçlar

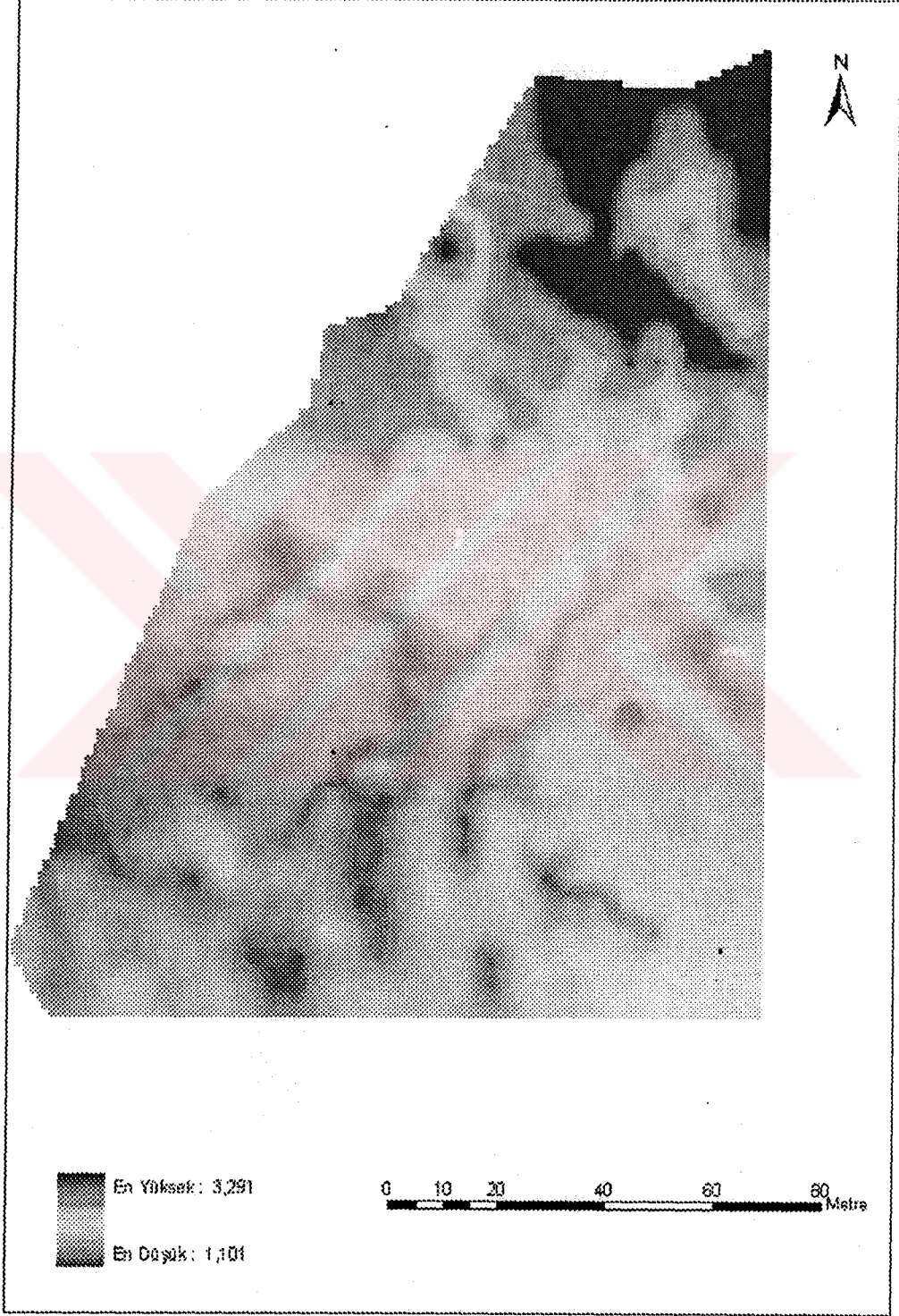
Çalışma kapsamında, ele alınan örnek proje alanlarının nokta bilgileri(x,y ve koordinatları) ile söz konusu alanların sayısal yükseklik modelleri oluşturulmuştur. CBS ortamında ile hazırlanan bu veri tabanı bilgileri ile proje alanlarının her bir noktasının özellikle yükseklik bilgisine ulaşılabilmiş ve bu sayede tesviye projelmesi için gerekli bir çok işlem kolaylıkla yapılabilmektedir. Özellikle proje alanlarının ağırlık merkezi hesaplamaları sayısal yükseklik modelleri üzerinden yapılmıştır.

Şekil 4.5 de, proje alanlarından biri olan 10 numaralı alana ilişkin sayısal yükseklik modeli haritası verilmiştir. Şekil 4.6 de ise aynı alana ait, sayısal yükseklik modelleri üzerinden oluşturulan ve farklı bir yüzey modellemesi olan kabartma haritası

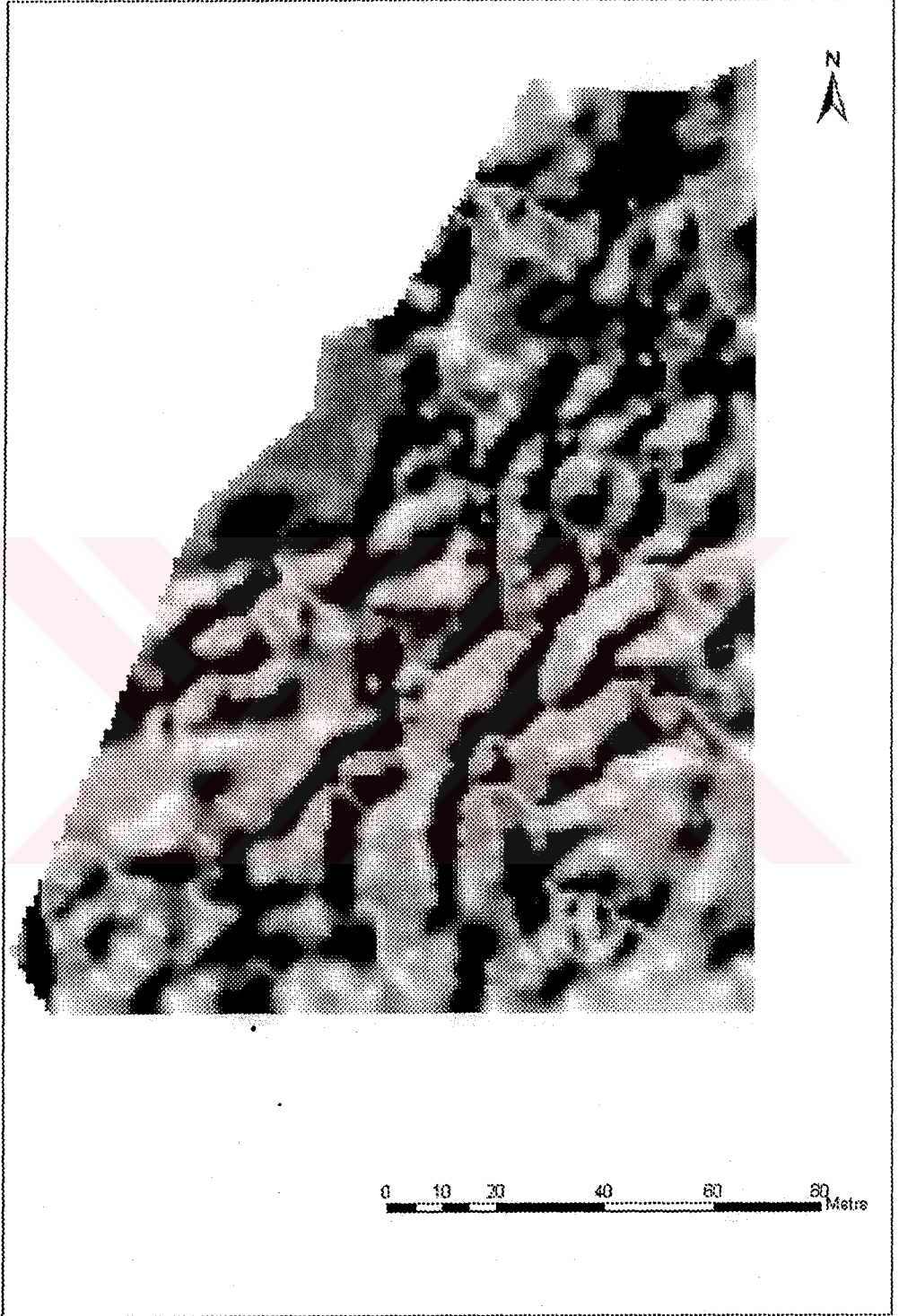
görülmektedir. Bu haritaların oluşturulması ile doğal arazi üzerindeki her bir noktanın eğim ve yükseltisi, bilgisayar ortamından da olsa kolaylıkla incelenebilmektedir.

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 de 13 nolu düzgün şekilli bir proje alanının, sık noktasal verilerle elde edilen sayısal yükseklik modeli ve kabartma haritası verilmiştir. Şekil 4.9 ve 4.10 da ise aynı proje alanının, 20x20 m lik noktasal verileri ile elde edilen sayısal yükseklik modeli ve kabartma haritası görülmektedir. Şekiller incelendiğinde, sık noktasal verilerle elde edilen haritalarda, yüzeyin özellikleri daha net olarak incelenebilmektedir. Bu haritalardan da görülebileceği gibi, arazi yüzeyinde ne kadar sıklıkla ölçüm yapılırsa, proje alanları da aynı oranda hassas bir biçimde görüntülenebilecek ve tesviye projelemesine daha uygun bir altlık oluşturulabilecektir.

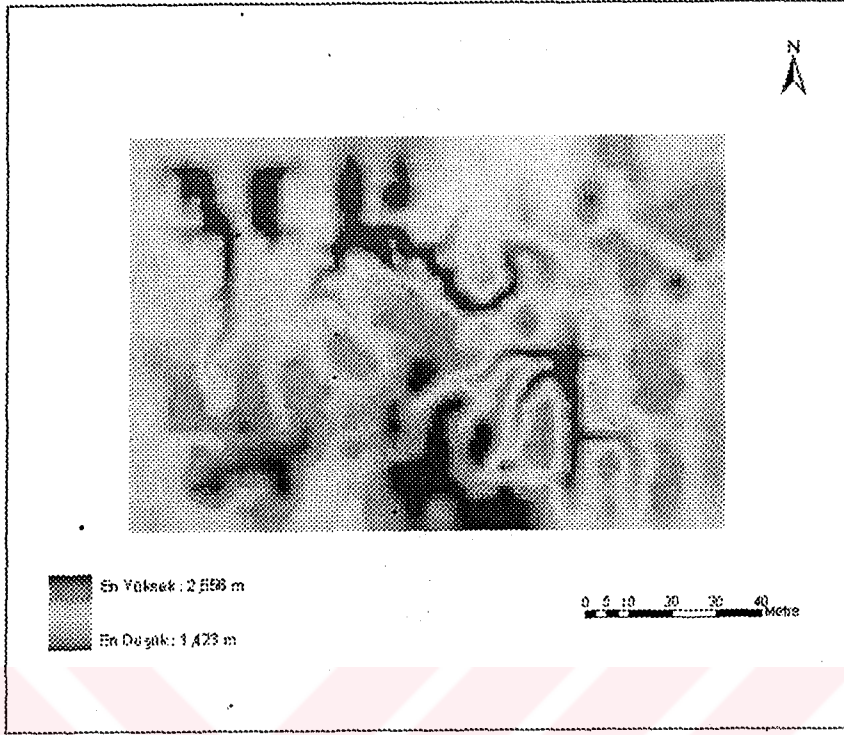
Sayısal yükseklik modellerinin elde edilmesi ile doğal arazi özellikleri bilgisayar ortamında çok daha hassas bir biçimde yaratılabilmektedir. Tesviye projelemesi yapılacak araziye ilişkin elde edilecek nokta sayısı arttıkça, projeleme sonunda elde edilecek sonuçlar da bir o kadar hassas olacaktır.



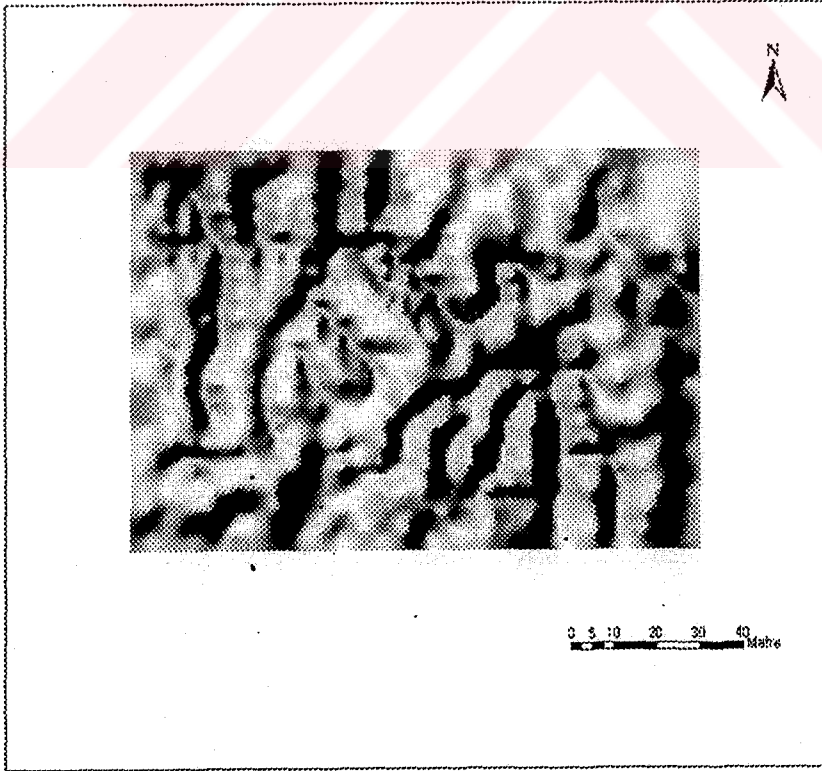
Şekil 4.5. 10 Nolu proje alanının sayısal yükseklik modeli



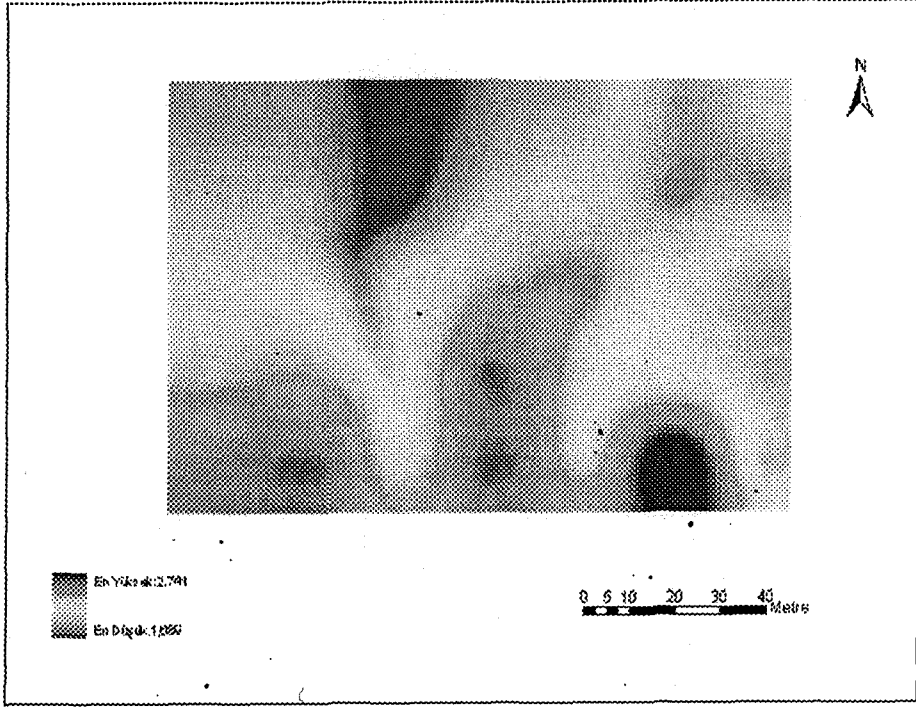
Şekil 4.6. 10 Nolu proje alanının katı yüzey modellemesi (kabartma haritası)



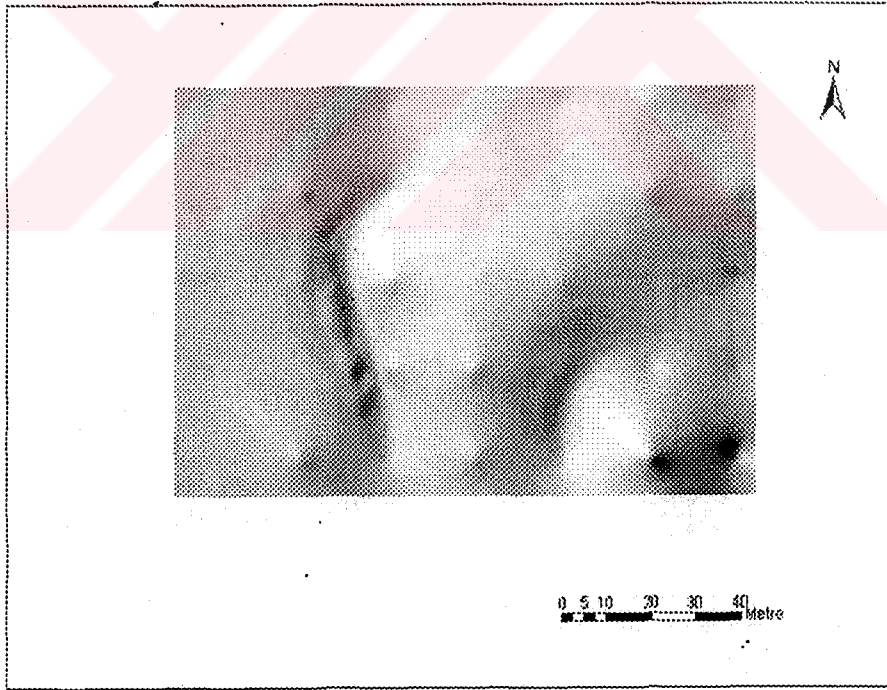
Şekil 4.7. 13 Nolu proje alanının sık ölçüm yapılarak elde edilen sayısal yükseklik modeli



Şekil 4.8. 13 Nolu proje alanının sık ölçüm yapılarak elde edilen katı yüzey modellemesi (kabartma haritası)



Şekil 4.9. 13 Nolu proje alanının 20x20 m'lik noktasal verilerle elde edilen sayısal yükseklik modeli



Şekil 4.10. 13 Nolu proje alanının 20x20 m'lik noktasal verilerle elde edilen katı yüzey modellemesi (kabartma haritası)

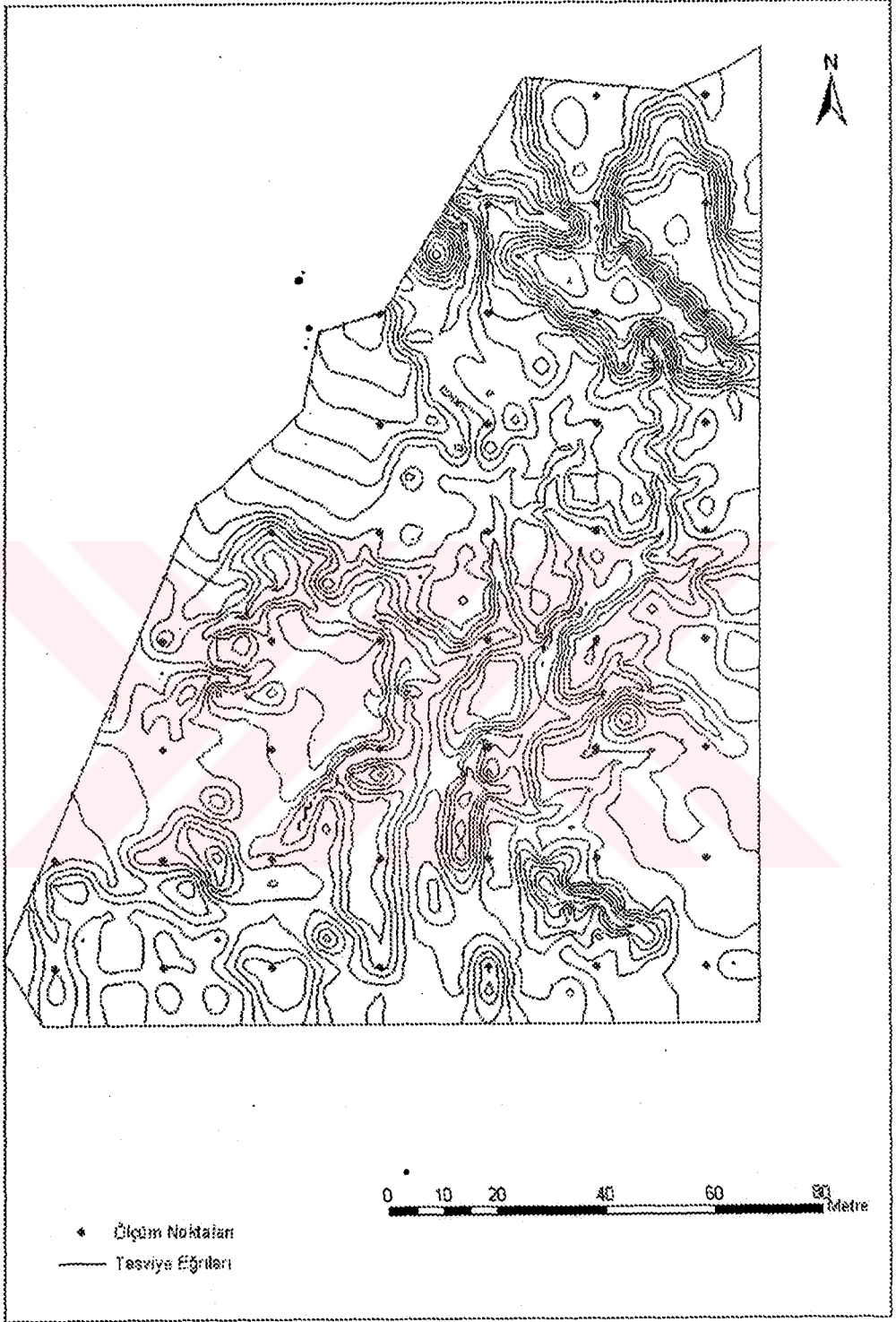
4.3. Tesviye Eğrili Haritalara İlişkin Sonuçlar

Çalışmada, ele alınan 30 adet farklı büyüklük ve şekildeki örnek proje alanlarının, tesviye düzlemi eğimleri ve kazı dolgu hesaplamalarına başlamadan önce, CBS ortamında hazırlanan sayısal yükseklik modelleri birer altlık olarak kullanılarak, tesviye eğrili haritaları oluşturulmuştur.

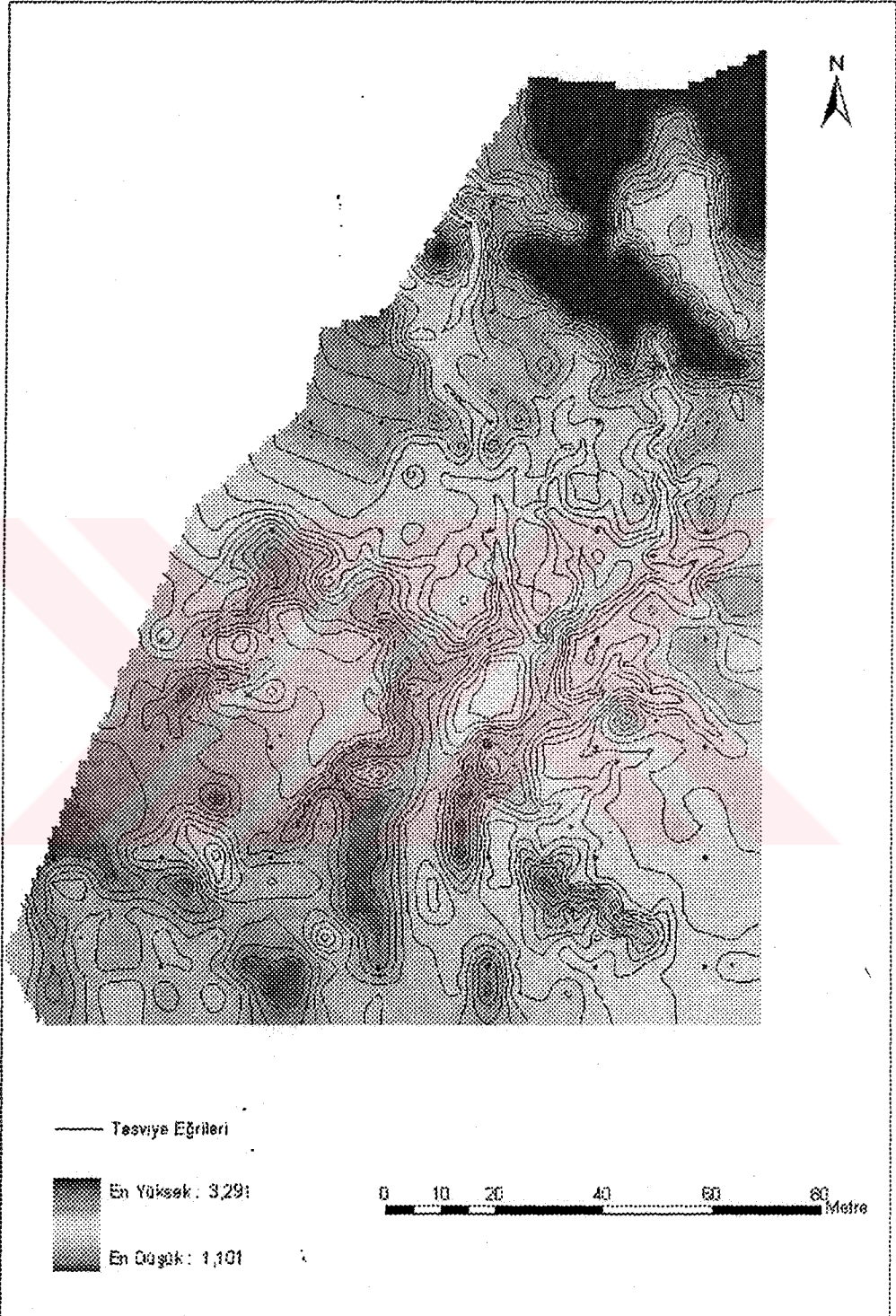
Tesviye projelemesine ilişkin CBS ortamında hazırlanan model içerisinde, tesviye eğrileri arası mesafe kullanıcı tarafından değiştirilebilir nitelikte hazırlanmış ve böylece istenilen aralıklara sahip tesviye eğrili haritaların oluşturulabilmesine olanak verilmiştir.

CBS ortamında noktasal veriler ile elde edilen 10 nolu proje alanına ilişkin tesviye eğrili harita Şekil 4.11 de verilmiştir. Şekilde verilen tesviye eğrileri, sayısal yükseklik modeli kullanılarak oluşturulmuştur. Şekil üzerinde, aynı zamanda 20x20 m lik grid köşelerine denk gelen ve tesviye projelemesi hesaplarında kullanılan istasyon noktaları da görülmektedir.

Şekil 4.12 de ise, aynı proje alanının sayısal yükseklik modeli üzerine 1 cm aralıklı olarak oluşturulmuş tesviye eğrilerinin çakıştırılmış durumu görülmektedir. Farklı yüksekliklerin farklı renklerle temsil edildiği sayısal yükseklik modeli üzerinde tesviye eğrilerinin de görüntülenmesi ile, proje alanına değişik bir bakış elde edilmiştir.



Şekil 4.11. 10 Nolu proje alanının tesviye eğrili haritası



Şekil 4.12. 10 Nolu proje alanının sayısal yükseklik modeli ve tesviye eğrili haritası

4.4. Arazi Tesviyesi Projelmesine İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde, arazi tesviyesi projelmesine ilişkin sonuçlar, yöntemler bazında ayrı ayrı değerlendirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

4.4.1. Ağırlık Merkezi Hesaplamalarına İlişkin Sonuçlar

Arazi tesviyesi projelme işlemlerinde, ağırlık merkezi hesaplamaları ile tesviye düzlemi yükseklikleri ve buna bağlı olarak kazı dolgu hesaplamaları çok büyük bir öneme sahiptir. Günümüzde, tesviye projelmelerinde, şekli düzgün olan alanlarda ağırlık merkezi hesaplamaları kolaylıkla yapılırken, düzgün şekilli olmayan alanlarda bu hesaplamalarına ilişkin farklı güçlüklerle karşılaşılabilir. Özellikle sınırlardaki artık alanların hesaplanması ne kadar doğru yapılabilirse, ağırlık merkezinin koordinatlarının ve yüksekliğinin bulunması ve buna bağlı olarak kazı-dolgu hesaplamalarının da aynı oranda doğru yapılabilirliği düşünülmektedir.

Arazi tesviye projelmesi kapsamında CBS olanakları kullanılarak hazırlanan bu çalışmada, düzgün şekilli olsun veya olmasın, tüm proje alanları içerisindeki istasyon noktaların hizmet ettikleri alan değerleri, istenilen grid boyutundaki çözünürlüğe kadar inilebildiği için rahatlıkla hesaplanabilmiş ve bu alan değerlerinden yola çıkarak, ağırlık merkezi hesaplamaları yapılmıştır.

Her bir proje alanı için elde edilen sayısal yükseklik modelleri üzerinden, istenilen koordinatlardaki noktaların yükseklik değerleri Coğrafi Bilgi Sistemi olanakları kullanılarak okutulmuş ve ağırlık merkezi yükseklikleri bulunmuştur. Bu bağlamda, veri tabanı bilgileri kullanılmış ve sistem akışı içinde sonuçlar elde edilmiştir. Her bir proje alanı için sonuçlar, ekran üzerinde de görüntülenmiştir. Proje numarası 13 olan alanın, ağırlık merkezi hesaplamalarına ilişkin sonuçlarında üzerinde görüldüğü ekran formu Şekil 4.13 de verilmiştir.

Şekilden görülebileceği gibi, her bir proje alanına ait ağırlık merkezinin x ve y eksenlerine olan uzaklıkları birim olarak, aynı noktanın yüksekliği ise metre olarak ekran formu üzerinde verilmiştir. Ekran formu üzerindeki grid aralıkları ise projelmeye esas alınan mesafedir. Ekran formu üzerinde görülen bu değerler, her bir proje alanı için

farklı veri tabloları içinde depolanmış ve tesviye düzlemi eğimi ve kazı-dolgu hesaplamalarında kullanılmıştır.

hesaplamalar

Ağırlık Merkezi Koordinatları

Proje No : 13

Grid Aralıkları : 20

Ağırlık Merkezinin x eksenine olan birim uzaklığı : 3.873

Ağırlık Merkezinin y eksenine olan birim uzaklığı : 2.850

Ağırlık Merkezinin yüksekliği : 2.227 m

ÇIKIŞ

Şekil 4.13. 13 Nolu proje alanının ağırlık merkezi hesaplamalarına ilişkin sonuçları

Ağırlık merkezi hesaplamaları noktasal verilerden hesaplanmış ve tesviye projelemesinde bu verilerden elde edilen yükseklik değerleri kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında ele alınan 30 adet proje alanının, CBS ortamında sayısal yükseklik modelleri üzerinden hesaplanan ağırlık merkezi sonuçları Çizelge 4.3 de verilmiştir.

Çizelge 4.3 de verilen, ağırlık merkezi yükseklikleri, daha sonraki aşamalarda, ele alınan farklı tesviye düzlemi belirleme yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çizelgede, her bir proje alanı için, ağırlık merkezine ait x ve y koordinatları ve aynı noktaların yükseklik değerleri görülmektedir.

Ayrıca çalışma kapsamında; en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi projeleme yöntemlerinin gerektirdiği işlemler çerçevesinde, ağırlık merkezi hesaplamaları yapılmış ve sonuçlar, CBS ortamında SYM ile elde edilen ağırlık merkezi değerleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.4).

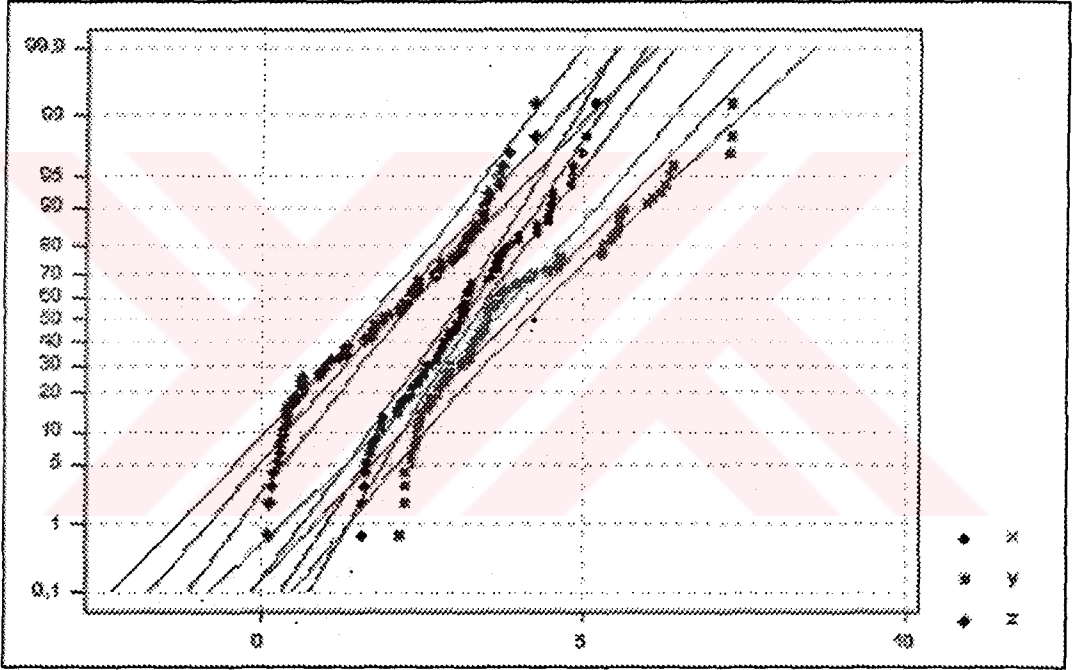
Çizelge 4.3. CBS ortamında 20x20 m'lik noktasal verilerle elde edilen ağırlık merkezi hesaplamalarına ilişkin sonuçlar

Proje No	Ağırlık Merkezinin X Koordinatı(birim)	Ağırlık Merkezinin Y Koordinatı(birim)	Ağırlık Merkezinin Yüksekliği(m)
1	2,909	5,250	1,76
2	2,736	3,100	1,32
3	3,128	4,600	0,59
4	1,556	6,375	0,41
5	3,023	2,450	0,11
6	2,244	4,400	0,15
7	5,027	2,325	0,62
8	3,170	3,825	1,00
9	2,328	3,625	0,25
10	4,803	4,125	1,97
11	1,594	3,325	3,72
12	4,269	3,425	1,06
13	3,873	2,850	2,23
14	1,697	7,275	3,23
15	4,431	2,880	2,70
16	2,431	3,625	1,72
17	2,811	3,500	2,75
18	1,847	5,350	3,44
19	3,509	2,650	2,29
20	3,123	2,650	1,70
21	3,000	3,250	2,33
22	2,125	3,250	2,14
23	4,478	5,610	0,31
24	3,677	2,250	3,13
25	3,125	2,250	3,44
26	2,669	5,525	3,81
27	3,552	2,375	0,17
28	3,631	3,400	0,13
29	2,478	6,150	3,02
30	3,244	3,375	1,19

Çizelge 4.4. Ağırlık merkezlerine ilişkin sonuçlar

Proje No	En Küçük Kareler-Sinemetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi Yöntemleri (A)			En Küçük Kareler-Sinemetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi Yöntemleri - (CBS ortamında) (B)			CBS (C)		
	Ağırlık Merkezi Koordinatı x	Ağırlık Merkezi Koordinatı y	Ağırlık Merkezi Yüksekliği	Ağırlık Merkezi Koordinatı y	Ağırlık Merkezi Yüksekliği	Ağırlık Merkezi Yüksekliği	Ağırlık Merkezi Koordinatı x	Ağırlık Merkezi Koordinatı y	Ağırlık Merkezi Yüksekliği
1	2.908	5.300	1.780	2.912	5.272	1.780	2.909	5.250	1.761
2	2.775	3.235	1.298	2.789	3.227	1.298	2.736	3.100	1.319
3	3.122	4.601	0.391	3.134	4.640	0.391	3.128	4.600	0.591
4	1.673	6.245	0.392	1.554	6.320	0.392	1.556	6.375	0.413
5	2.888	2.559	0.280	3.033	2.595	0.280	3.023	2.450	0.108
6	2.180	4.579	0.510	2.257	4.438	0.510	2.444	4.400	0.147
7	4.950	2.321	0.876	5.158	2.419	0.876	5.027	2.325	0.620
8	3.143	3.930	0.984	3.147	3.958	0.984	3.170	3.825	1.002
9	2.322	3.705	0.342	2.361	3.747	0.342	2.328	3.625	0.254
10	4.799	4.202	2.171	4.811	4.149	2.171	4.803	4.125	1.973
11	1.606	3.390	3.663	1.625	3.467	3.663	1.594	3.325	3.716
12	4.249	3.500	1.596	4.262	3.464	1.596	4.269	3.425	1.064
13	3.978	2.938	2.261	3.955	2.948	2.261	3.873	2.850	2.227
14	1.774	7.241	3.192	1.788	7.273	3.192	1.697	7.275	3.231
15	4.504	2.887	2.701	4.455	2.920	2.701	4.431	2.880	2.700
16	2.543	3.741	1.725	2.521	3.714	1.725	2.431	3.625	1.716
17	2.832	3.570	2.786	2.826	3.556	2.786	2.811	3.500	2.751
18	1.841	5.287	3.426	1.873	5.413	3.426	1.847	5.530	3.439
19	3.574	2.775	2.355	3.632	2.825	2.355	3.509	2.650	2.288
20	3.259	2.722	1.876	3.219	2.740	1.876	3.123	2.650	1.703
21	3.015	3.168	2.451	3.091	3.271	2.451	3.000	3.250	2.326
22	2.131	3.240	2.451	2.173	3.293	2.451	2.125	3.250	2.137
23	4.461	5.498	0.622	4.419	5.432	0.622	4.478	5.610	0.313
24	3.740	2.415	2.958	3.794	2.398	2.958	3.677	2.250	3.129
25	3.172	2.154	3.508	3.207	2.237	3.508	3.125	2.250	3.443
26	2.721	5.506	4.231	2.730	5.537	4.231	2.669	5.525	3.806
27	3.575	2.470	0.611	3.634	2.484	0.611	3.552	2.375	0.171
28	3.680	3.459	3.306	3.700	3.492	3.306	3.631	3.400	0.129
29	2.540	5.951	3.103	2.558	6.047	3.103	2.478	6.150	3.022
30	3.190	3.504	1.308	3.256	3.473	1.308	3.244	3.375	1.191

Çizelge 4.4 de, 30 proje alanına ilişkin, ele alınan 3 farklı eğim belirleme yöntemine göre hesaplanan ağırlık merkezi sonuçları (A), söz konusu eğim belirleme yöntemlerine CBS desteği sağlanarak elde edilen ağırlık merkezi sonuçları (B) ve doğrudan CBS ortamında hesaplanan ağırlık merkezi sonuçları (C) birlikte verilmiştir. Bu üç farklı yöntemle hesaplanan ağırlık merkezi sonuçlarına güvenilirlik testi uygulanmış ve elde edilen tüm verilerin % 95 güven aralığında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.14). Sonuçlar, Şekil 4.14 de gösterildiği gibi normal bir dağılım göstermektedir.



Şekil 4.14. Ağırlık merkezi koordinatlarının %95 güven aralığındaki normal dağılımları

Çizelgenin A ve B numaralı bölümleri incelendiğinde, ağırlık merkezi yüksekliklerinin her proje alanı için aynı, x ve y koordinat değerlerinin ise farklı olduğu görülmektedir. Bilindiği gibi ağırlık merkezi hesaplamalarında, x ve y koordinatları bulunurken, istasyon noktalarının temsil ettikleri alan değerleri hesaplamaya katılmaktadır. Bu da, çizelgenin A ve B numaralı bölümlerindeki x ve y koordinatları için elde edilen sonuçların farklı olmasını sağlamıştır. Çünkü, kareler ağı içerisindeki istasyon noktalarının temsil ettikleri alan değerleri hesaplanırken, A simgesi ile

belirtilen alanda, ülkemizde projeli tesviye çalışmalarında kullanılan ünite alanları, B simgesi ile belirtilen bölümde ise CBS ortamında hesaplanan ünite alanları devreye girmiştir. Alan değerlerinin farklı olarak ele alınması, ağırlık merkezi x ve y koordinat değerlerini sonuçlarının farklı ama birbirine yakın değerler vermesine bir açıklama getirmektedir. Aynı şekilde, A ve B numaraları bölümlerin, ağırlık merkezi yükseklik sonuçları incelendiğinde ise sonuçların birbirleri ile aynı olduğu görülür. Ağırlık merkezi yüksekliğinin hesaplanmasında, noktaların mira yüksekliklerinin toplamı ve toplam istasyon sayısı önemli olduğu için, A bölümde CBS nin bir etkisi olamamış ve dolayısı ile sonuçlar aynı çıkmıştır. Çizelge 4.4'ün C numaralı bölümü incelendiğinde ise sonuçların diğer iki bölüme göre farklı olduğu görülmektedir. Çünkü bu bölümdeki değerler, doğrudan CBS olanakları kullanılarak hesaplanan değerlerdir ve sonuçların diğerlerine yakın ama farklı değerlerde olması beklenen bir durumdur. Bu bölümdeki değerlerin elde edilmesinde, CBS ortamında her bir proje alanı için oluşturulan sayısal yükseklik modelleri kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında, ele alınan 30 proje alanına, A, B ve C simgeleri ile belirtilen yöntemlerin uygulanması sonucunda, elde edilen ağırlık merkezi koordinatları, istatistiksel açıdan çoklu karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6 da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ağırlık merkezi hesaplamalarına ilişkin istatistiksel sonuçlar

	Yöntemler	Ortalama	Standart Sapma	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
Ağırlık Merkezi x Koordinatı	A	3.105	0.919	3.087	3.122
	B	3.129	0.931	3.112	3.147
	C	3.089	0.923	3.072	3.107
Ağırlık Merkezi y Koordinatı	A	3.870	1.306	3.848	3.892
	B	3.892	1.305	3.870	3.913
	C	3.841	1.362	3.819	3.862
Ağırlık Merkezi z Yüksekliği	A	1.972	1.167	1.848	2.096
	B	1.972	1.167	1.848	2.096
	C	1.756	1.219	1.663	1.880

Çizelge 4.6. Ağırlık merkezi hesaplama yöntemleri arasındaki istatistiksel ilişkiler

	Baz Alınan Yöntem	Yöntemler	Yöntemler Arasındaki Ort. Farklılık	Standart Hata	Önemlilik ^a (P)
Ağırlık Merkezi x Koordinatı	A	B	-0.0024	0.012	0.055
		C	0.0015	0.012	0.214
	B	A	0.0024	0.012	0.055
		C	0.0039*	0.012	0.002
	C	A	-0.0015	0.012	0.214
		B	-0.0039*	0.012	0.002
Ağırlık Merkezi y Koordinatı	A	B	-0.0021	0.015	0.161
		C	0.0029	0.015	0.064
	B	A	0.0021	0.015	0.161
		C	0.0051*	0.015	0.002
	C	A	-0.0029	0.015	0.064
		B	-0.0051*	0.015	0.002
Ağırlık Merkezi z Yüksekliği	A	B	0.000	0.087	1.000
		C	0.215*	0.087	0.017
	B	A	0.000	0.087	1.000
		C	0.215*	0.087	0.017
	C	A	-0.215*	0.087	0.017
		B	-0.215*	0.087	0.017

Ortalamalara dayanarak : *.Ortalama farklılıkları % 5 düzeyinde önemli($P < 0.05$)
a . En düşük önemli farklılık

Çizelge 4.6 da, ağırlık merkezinin x ve y koordinatları sonuçları karşılaştırırken, A simgesi ile ifade edilen sonuçlar baz olarak alındığında, A yöntemi ile elde edilen sonuçlar ile diğer iki yöntemle (B ve C) elde edilen sonuçlar arasında (% 95 güven aralığında) bir fark olmadığı görülmesine rağmen, B simgesi ile ifade edilen sonuçlar baz alındığında, C yöntemi ile elde edilen sonuçlar arasında %5 düzeyinde önemli farklılıklar olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu bağlamda, ağırlık merkezi x ve y koordinatı için elde edilen sonuçlarda, A ve B yöntemlerinin birbirlerine yakın sonuçlar verdiği, bunun yanında C yönteminin diğerlerine göre (özellikle B yöntemine göre) daha farklı sonuçlar verdiği sonucu çıkmaktadır.

Çizelge 4.6'da verilen ağırlık merkezi yüksekliğine ilişkin sonuçlar incelendiğinde ise, A ve B simgeleri ile ifade edilen yöntemlerden elde edilen sonuçların birbirlerine yakın sonuçlar verdiği, C ile ifade edilen yöntemin ise diğer iki yöntemle göre, % 5 seviyesinde önemli farklılıklar ortaya koyduğu görülmektedir.

4.4.2. Tesviye Düzlemi Eğimlerine İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde, tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesine yönelik olarak kullanılan eğim belirleme yöntemlerine CBS'nin katkıları araştırılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Seçilen örnek arazilerin tesviye projelenmesinde matematik esaslara dayalı *En Küçük Kareler*, *Simetrik Artıklar* ve *Sabit Hacı Merkezli Yöntemleri* kullanılmıştır. Bu bağlamda; elde edilen sonuçlar, öncelikle yöntem bazında kendi aralarında karşılaştırılmış, daha sonra ise tüm yöntemlerden elde edilen sonuçlar birbirleri ile çoklu karşılaştırmaya tabi tutulmuştur.

4.4.2.1. En Küçük Kareler Yöntemi

Çalışma kapsamında, en küçük kareler projelendirme yönteminin gerektirdiği esaslara bağlı olarak, 30 adet örnek proje alanının ağırlık merkezi hesapları, tesviye düzlemi eğimleri ve tesviye düzlemi yükseklikleri hesaplanmıştır.

Öncelikle, yöntemin gerektirdiği hesaplamalarla ağırlık merkezi ve eğimler belirlenmiş, sonrasında ise CBS'nin desteği ile aynı hesaplamalar tekrar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar, *En Küçük Kareler Yöntemi* ve *En Küçük Kareler Yöntemi-CBS* olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır.

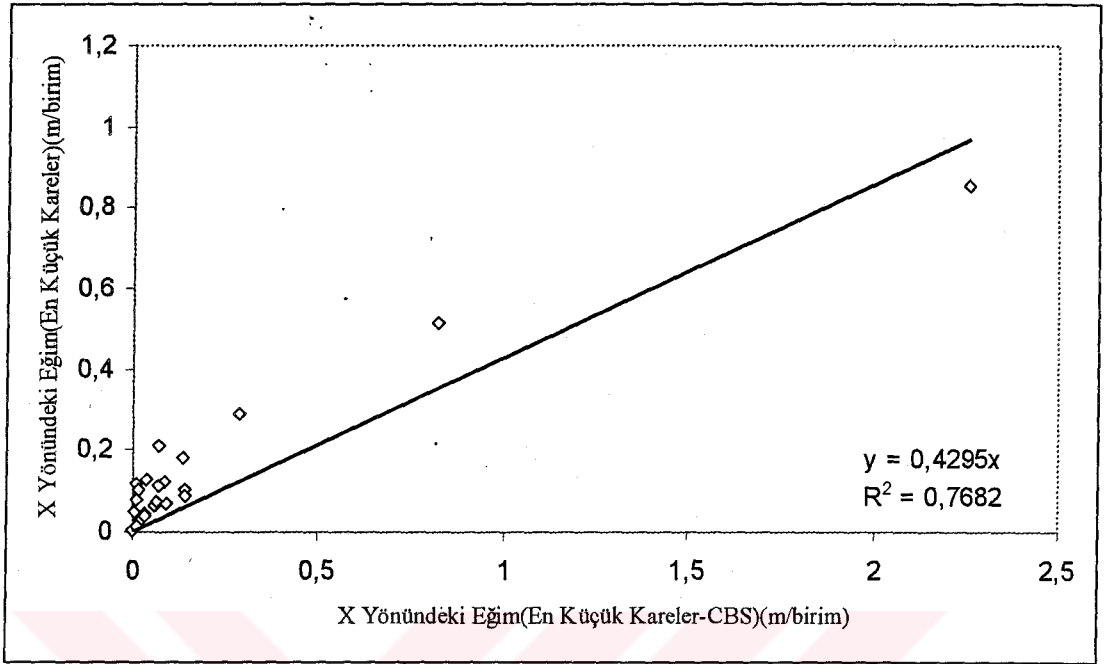
Çalışma kapsamında, bizzat en küçük kareler projelendirme yöntemi ve CBS olanakları ile oluşturulan en küçük kareler yöntemine göre değerlendirilen 30 adet proje alanının x ve y doğrultularındaki eğimleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge oluşturulurken, en küçük kareler yöntemi içerisinde, özellikle sınırlardaki artık alanların hesaplanmasında CBS'nin olanaklarından faydalanılmış ve sonuçlar üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan doğrudan yazılmıştır (En küçük kareler-CBS). Aynı zamanda, CBS'nin projelendirmede katkısını görebilmek ve sonuçları karşılaştırabilmek açısından, CBS'nin artık alan hesaplamasına girmeden de bir

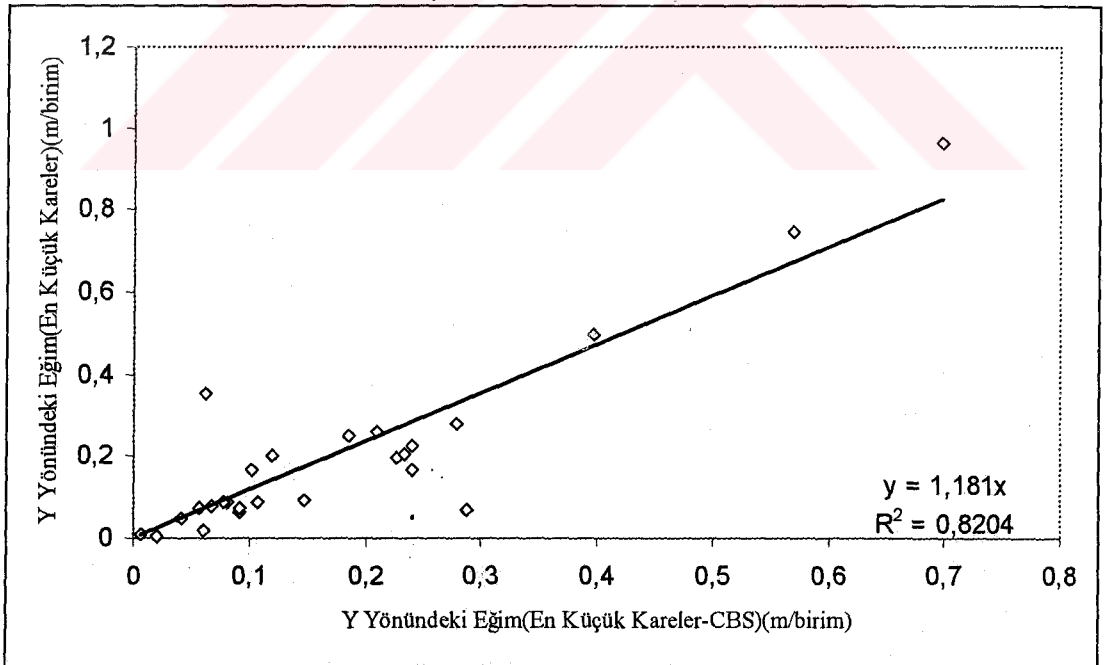
hesaplama yapılmıştır. Bu hesaplamada (En küçük kareler), sınırlardaki artık alanlar için çizelgeden alınan ünite alanları (ülkemizdeki projeli tesviye çalışmalarında kullanılan) ile işlem yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. En Küçük Kareler Yöntemine ilişkin tesviye düzlemi eğimleri

Proje No	<u>En Küçük Kareler Yöntemi</u>		<u>En Küçük Kareler Yöntemi - CBS</u>	
	X yönündeki eğim	Y yönündeki eğim	X yönündeki eğim	Y yönündeki eğim
1	-0.094	-0.234	- 0.070	- 0.208
2	-0.087	-0.240	- 0.125	- 0.228
3	-0.006	-0.058	- 0.051	- 0.075
4	-0.369	-0.060	0.031	- 0.019
5	-0.064	-0.035	1.270	0.590
6	0.009	-0.021	- 0.079	- 0.005
7	0.068	-0.248	- 0.213	- 0.729
8	-0.058	-0.042	- 0.064	- 0.051
9	0.010	-0.082	- 0.120	- 0.089
10	0.288	0.279	0.290	0.278
11	-0.613	-0.396	0.849	0.499
12	-0.002	-0.214	- 0.004	- 0.168
13	0.067	-0.078	0.076	- 0.090
14	0.655	0.288	0.107	0.071
15	0.030	-0.185	0.043	- 0.251
16	0.073	-0.226	0.113	- 0.198
17	-0.139	-0.091	- 0.101	- 0.063
18	-0.426	-0.063	- 1.266	- 0.355
19	-0.079	-0.102	- 0.312	- 0.169
20	-0.023	-0.209	0.029	- 0.263
21	-0.017	-0.661	1.315	1.910
22	-2.256	-1.592	0.858	0.326
23	-0.143	-0.091	- 0.088	- 0.073



Şekil 4.15. Tesviye düzleminin x yönündeki eğimleri arasındaki ilişki



Şekil 4.16. Tesviye düzleminin y yönündeki eğimleri arasındaki ilişki

4.4.2.2. Simetrik Artıklar Yöntemi

Çalışma kapsamında, simetrik artıklar yönteminin gerektirdiği esaslara bağlı kalarak, 30 adet örnek proje alanının ağırlık merkezleri, tesviye düzlemi eğimleri ve tesviye düzlemi yükseklikleri hesaplanmıştır.

Hesaplamalar yapılırken; diğer eğim belirleme yöntemlerinde olduğu gibi, öncelikle, yöntemin gerektirdiği biçimde ağırlık merkezi ve eğimler elde edilmiş, sonrasında ise CBS'nin desteği ile aynı hesaplamalar tekrar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu bağlamda; sonuçlar, *Simetrik Artıklar Yöntemi* ve *Simetrik Artıklar Yöntemi - CBS* olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır.

Simetrik artıklar yöntemi için, ele alınan 30 proje alanı için elde edilen, x ve y doğrultularındaki tesviye düzlemi eğimleri Çizelge 4.8 de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Simetrik Artıklar Yöntemine ilişkin tesviye düzlemi eğimleri

Proje No	Simetrik Artıklar Yöntemi		Simetrik Artıklar Yöntemi - CBS	
	X yönündeki eğim	Y yönündeki eğim	X yönündeki eğim	Y yönündeki eğim
1	0.010	-0.380	0.010	-0.380
2	-0.004	-0.356	-0.004	-0.356
3	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.001	-0.022	0.001	-0.022
5	-0.042	-0.211	-0.042	-0.211
6	-0.004	-0.112	-0.004	-0.112
7	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.037	0.026	0.037	0.026
9	0.002	-0.188	0.002	-0.188
10	0.466	0.259	0.466	0.259
11	0.010	0.625	0.010	0.625
12	0.013	-0.309	0.013	-0.309
13	0.058	0.083	0.058	0.083
14	0.000	-0.300	0.000	-0.300

Çizelge 4.8. Simetrik Artıklar Yöntemine ilişkin tesviye düzlemi eğimleri(devam)

15	0.000	-0.834	0.000	-0.834
16	0.022	-0.280	0.022	-0.280
17	0.000	0.059	0.000	0.059
18	0.000	-0.141	0.000	-0.141
19	0.037	-0.224	0.037	-0.224
20	0.000	-0.321	0.000	-0.321
21	0.001	0.001	0.001	0.001
22	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001
23	-0.001	-0.222	-0.001	-0.222
24	0.003	-0.441	0.003	-0.441
25	-0.019	-0.034	-0.019	-0.034
26	0.000	-0.210	0.000	-0.210
27	-0.100	-0.084	-0.100	-0.084
28	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.046	-0.104	0.046	-0.104

Arazi tesviye projelemesinde; arazinin doğal eğimine en uygun düzlemin eğimini belirlemek amacıyla kullanılan simetrik artıklar yönteminin içeriği incelendiğinde, arazi içindeki ölçüm yapılan noktaların temsil ettiği alan değerlerinin, eğim hesaplaması aşamasına hiçbir etkisinin olmadığı görülür. Alan değerlerinin etkisinin olmadığı bir işlem dizisinde, CBS ile elde edilen veri tabanı bilgilerinden yararlanılmamaktadır. Bu durumda, her iki hesaplama sonucunun da eşit çıkması beklenen bir durumdur. Her ne kadar, her iki hesaplama için eğim sonuçları aynı çıksa da, ağırlık merkezi yüksekliklerindeki farklılıklar, kazı-dolgu yüksekliklerini etkileyecek ve sonuçlar bu aşamadan sonra değişecektir.

Bu bağlamda, Çizelge 4.8 incelendiğinde, simetrik artıklar yöntemine göre elde edilen, x ve y doğrultularındaki eğim sonuçları ile CBS destekli olarak hesaplanan simetrik artıklar yönteminin sonuçlarının aynı olduğu görülmektedir.

4.4.2.3. Sabit Hacim Merkezi Yöntemi

Çalışma kapsamında, sabit hacim merkezi yönteminin gerektirdiği esaslara bağlı olarak, 30 adet örnek proje alanının ağırlık merkezi hesapları, tesviye düzlemi eğimleri ve tesviye düzlemi yükseklikleri hesaplanmıştır.

Hesaplamalar yapılırken; diğer eğim belirleme yöntemlerinde olduğu gibi, öncelikle, yöntemin gerektirdiği tüm hesaplamalar ile ağırlık merkezi ve eğimler elde edilmiş, sonrasında ise CBS nin desteği ile aynı hesaplamalar tekrar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu bağlamda; sonuçlar, *Sabit Hacim Merkezi Yöntemi* ve *Sabit Hacim Merkezi Yöntemi-CBS* olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır.

Sabit hacim merkezi yöntemi için, ele alınan 30 proje alanı için elde edilen, x ve y doğrultularındaki tesviye düzlemi eğimleri Çizelge 4.9 da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Sabit Hacim Merkezi Yöntemine ilişkin tesviye düzlemi eğimleri

Proje No	<u>Sabit Hacim Merkezi Yöntemi</u>		<u>Sabit Hacim Merkezi Yöntemi-CBS</u>	
	X yönündeki eğim	Y yönündeki eğim	X yönündeki eğim	Y yönündeki eğim
1	-0.111	-2.331	-0.121	-2.391
2	-0.363	-1.334	-0.391	-1.385
3	-0.043	-0.620	-0.053	-0.732
4	-0.013	-0.730	-0.011	-1.280
5	-0.092	-0.121	-0.138	-0.207
6	-0.050	-0.423	-0.070	-0.508
7	-0.200	-0.191	-0.415	-0.383
8	0.119	0.036	0.119	0.036
9	-0.042	-0.966	-0.059	-1.328
10	0.135	0.086	0.135	0.086
11	-0.601	-3.815	-1.055	-8.262
12	-0.265	-0.317	-0.319	-0.343

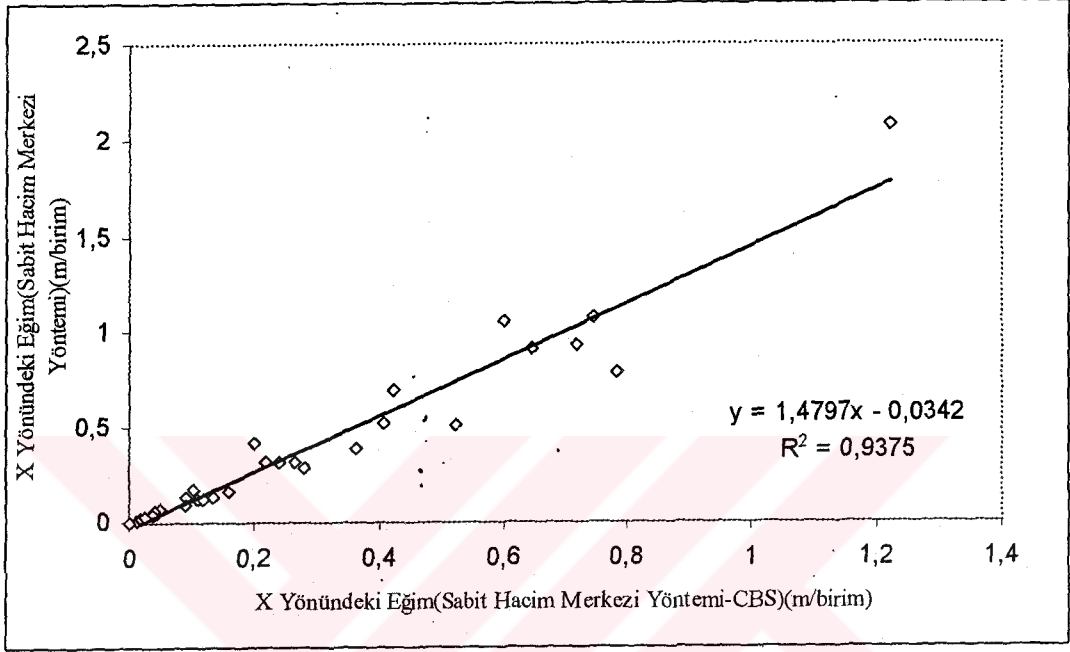
Çizelge 4.9. Sabit Hacim Merkezi Yöntemine ilişkin tesviye düzlemi eğimleri(devam)

13	0.091	0.253	0.091	0.253
14	-0.102	-1.262	-0.175	-2.667
15	-0.524	-0.316	-0.516	-0.388
16	-0.219	-0.992	-0.320	-1.513
17	-0.408	-0.754	-0.521	-0.959
18	-0.423	-0.633	-0.696	-0.442
19	-0.744	-1.115	-1.072	-1.715
20	-0.644	-0.715	-0.912	-1.087
21	0.282	0.274	0.282	0.274
22	0.784	0.000	0.784	0.000
23	-0.039	-0.241	-0.044	-0.248
24	-1.222	-0.648	-2.066	-0.930
25	0.000	1.107	0.000	1.107
26	-0.716	-1.825	-0.928	-2.320
27	0.019	0.103	0.019	0.103
28	-0.026	-0.078	-0.032	-0.098
29	-0.242	-0.383	-0.313	-0.492
30	0.160	0.085	0.160	0.085

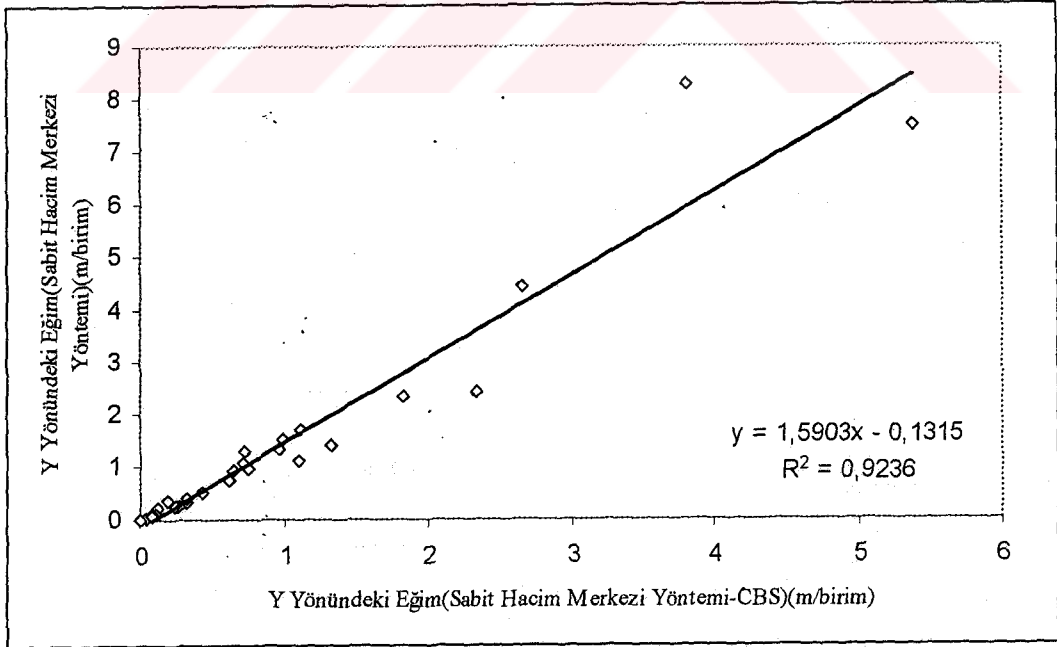
En küçük kareler yönteminde olduğu gibi, sabit hacim merkezi yöntemi ile eğim hesaplanmasında da alan değerleri doğrudan kullanıldığı için, iki ayrı hesaplama sonucunda elde edilen veriler farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.9 da verilen tesviye düzlemi eğimleri arasındaki ilişkiler ayrı ayrı incelenmiştir. İki ayrı hesaplama sonucunda elde edilen x yönündeki eğim sonuçları arasındaki regresyon ilişkisini gösteren grafik Şekil 4.17 de verilmiştir. Bu iki farklı ve birbirinden bağımsız veri arasındaki korelasyon ilişkisine bakıldığında ise, determinasyon katsayısı $R^2=0.93$ gibi yüksek bir değer çıkmıştır. Bu değer, ilişkinin doğrusal ve yüksek olduğunu ifade etmektedir. Aynı şekilde, y yönündeki eğim için hazırlana grafik Şekil 4.18'de verilmiştir. Birbirinden farklı bu iki hesaplama sonucunda elde edilen veri arasındaki determinasyon katsayısı (R^2) 0.82 bulunmuştur. Burada da, ilişkinin yüksek olduğu görülmektedir. Kısacası, her iki durumda da, yöntemler

birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Ancak, CBS kullanılarak elde edilen sonuçların, daha hassas olarak hesaplanan alan değerini hesaba katması nedeniyle daha doğru olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.17. Tesviye düzleminin x yönündeki eğimleri arasındaki ilişki



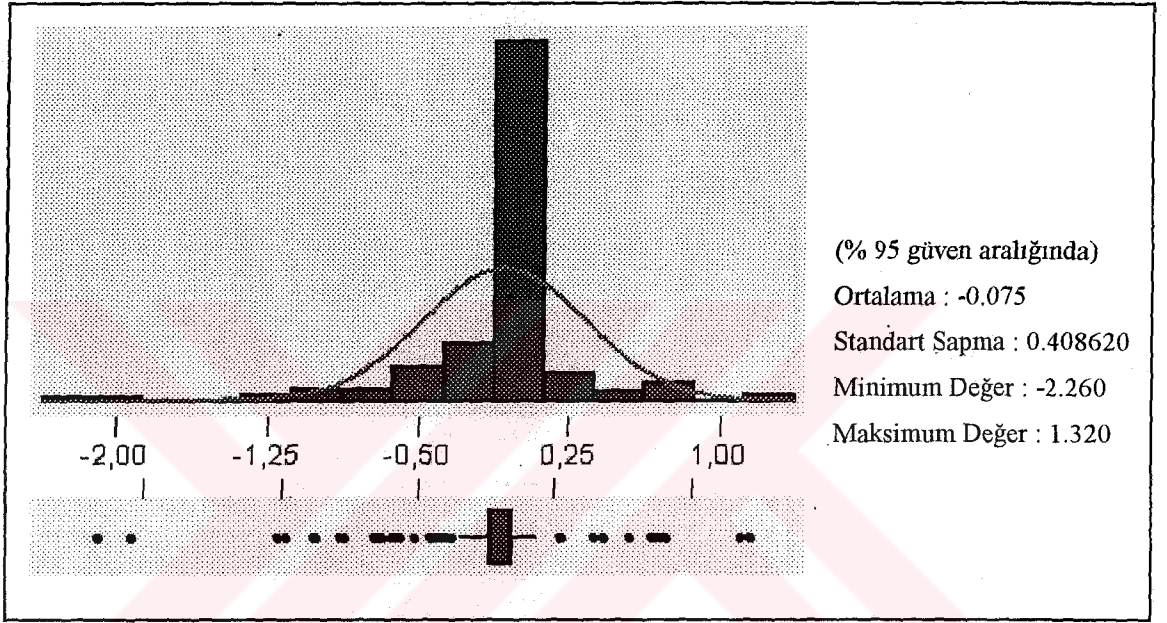
Şekil 4.18. Tesviye düzleminin y yönündeki eğimleri arasındaki ilişki

4.4.3. Tesviye Düzlemi Eğimlerinin Karşılaştırılması

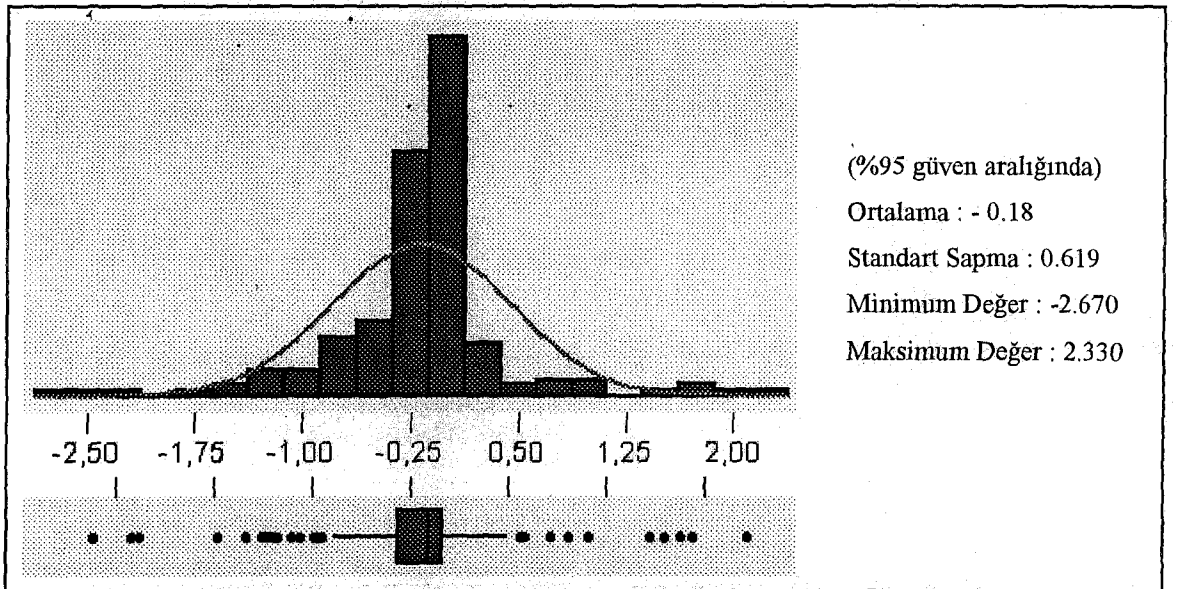
Çalışma kapsamında, tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde, bizzat En Küçük Kareler, Simetrik Artıklar ve Sabit Hacim Merkezi yöntemleri ile bu yöntemlere CBS'nin desteğinde elde edilen sonuçlar, istatistiksel olarak değerlendirmeye alınmıştır. Tesviye düzlemine eğimlerine ilişkin tüm sonuçlar Çizelge 4.10 da verilmiştir.

Çizelgeden de görülebileceği gibi, söz konusu her bir yöntem için, x ve y doğrultularındaki eğim sonuçlarına, istatistiksel olarak çoklu karşılaştırma yöntemi uygulanmıştır. Çizelgeden de görülebileceği gibi, çoklu karşılaştırma yapılacak yöntemlerin bir düzen içerisinde olabilmesi için, yöntemler kendi aralarında, A, B, C, D, E ve F simgeleri ile belirtilmiştir.

Çizelge 4.10 da görülen x ve y doğrultularındaki eğim sonuçlarına istatistiksel açıdan güvenilirlik testi yapılmış ve tüm değerlerin %95 güven aralığında normal bir dağılım gösterdiği görülmüştür. Sonuçların normal dağılımlarını gösteren grafikler, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20 de verilmiştir. Aynı zamanda, söz konusu şekiller üzerinde, bu verilere ilişkin bazı istatistiksel sonuçlarda görülmektedir.

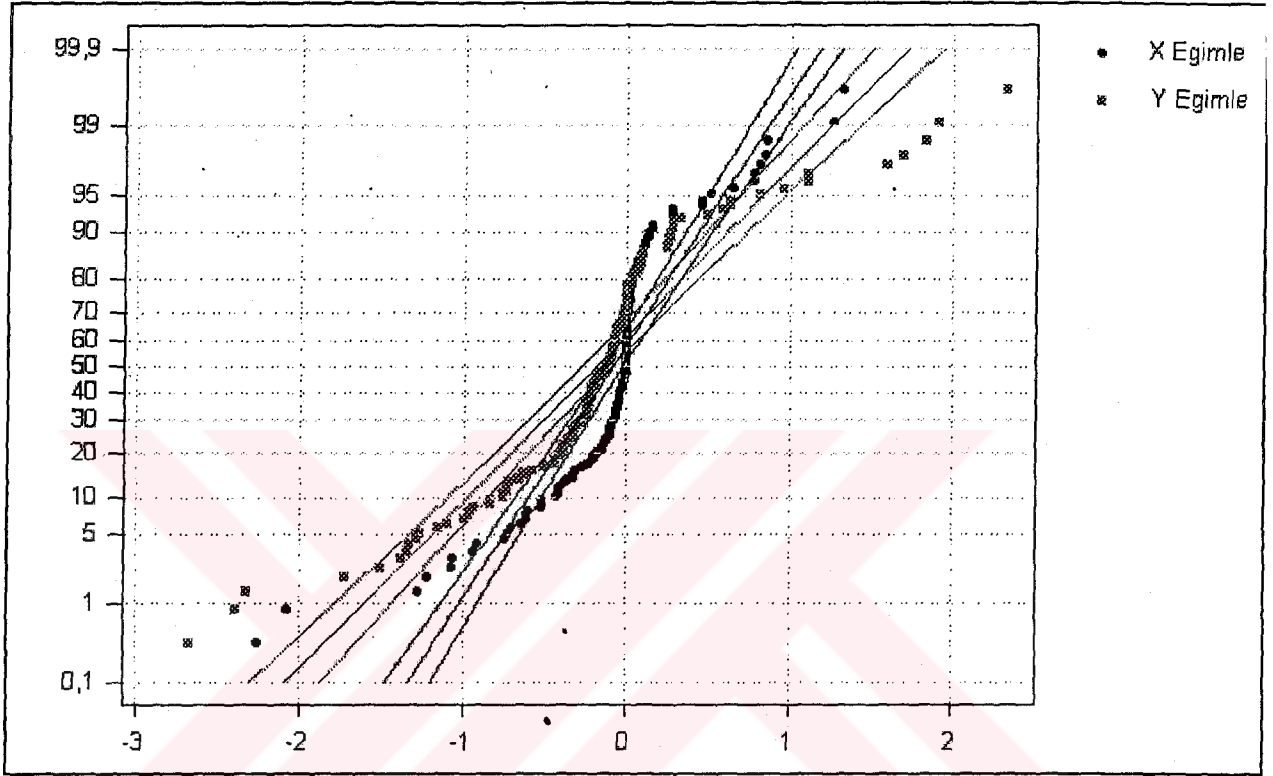


Şekil 4.19. Tesviye düzleminin x yönündeki eğimlerinin %95 güven aralığındaki dağılımları



Şekil 4.20. Tesviye düzleminin y yönündeki eğimlerinin %95 güven aralığındaki dağılımları

Çizelge 4.10 da verilen, x ve y yönlerindeki eğim sonuçlarının, % 95 güven aralığında olmak üzere birlikte oluşturdukları normal dağılımı gösteren grafik ise Şekil 4.21 de verilmiştir.



Şekil 4.21. Tesviye düzleminin x ve y yönündeki eğimlerinin %95 güven aralığındaki normal dağılımları

Tesviye düzlemi eğimlerine ilişkin elde edilen sonuçlara uygulanan çoklu karşılaştırma sonucunda, yöntemlere ilişkin bazı istatistiksel sonuçlar Çizelge 4.11, yöntemler arasında gözlemlenen farklılıklara ilişkin sonuçlar ise Çizelge 4.12 de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Tesviye düzlemi eğimlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Değişkenler	Yöntemler	Ortalama	Standart Sapma	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
X	A	-0.009	0.486	-0,225	0,004
	B	0.007	0,500	-0,006	0,208
	C	0.002	0.008	-0,117	0,153
	D	0.002	0.008	-0,117	0,153
	E	-0,183	0.375	-0,318	-0,004
	F	-0,288	0.532	-0,423	-0,153
Y	A	-0.002	0.489	-0,206	0,172
	B	0.001	0.491	-0,176	0,202
	C	-0,124	0.249	-0,313	0,006
	D	-0,124	0.249	-0,313	0,006
	E	-0,165	0.832	-0,354	0,002
	F	-0,658	0.870	-0,847	-0,469

Çizelge 4.12. Yöntemler arasındaki istatistiksel ilişkiler

Baz Alınan Yöntem	Yöntemler	Tesviye Düzlemi X Yöntündeki Eğim			Tesviye Düzlemi Y Yöntündeki Eğim			
		Yöntemler Arasındaki Ort. Farklılık	Standart Hata	Önemlilik ^a	Yöntemler Arasındaki Ort. Farklılık	Standart Hata	Önemlilik ^a (P)	
A	B	-0,163	0,097	0,094	-0,002	0,135	0,828	
	C	-0,108	0,097	0,265	0,107	0,135	0,428	
	D	-0,108	0,097	0,265	0,107	0,135	0,428	
	E	0,009	0,097	0,337	0,149	0,135	0,273	
	F	0,198*	0,097	0,043	0,641**	0,135	0,000	
	B	A	0,163	0,097	0,094	0,002	0,135	0,828
B	C	0,005	0,097	0,571	0,137	0,135	0,313	
	D	0,005	0,097	0,571	0,137	0,135	0,313	
	E	0,256**	0,097	0,009	0,178	0,135	0,189	
	F	0,361**	0,097	0,000	0,671**	0,135	0,000	
	C	A	0,108	0,097	0,265	-0,107	0,135	0,428
	B	-0,005	0,097	0,571	-0,137	0,135	0,313	
C	D	0,005	0,097	1,000	0,001	0,135	1,000	
	E	0,201*	0,097	0,039	0,004	0,135	0,760	
	F	0,306**	0,097	0,002	0,534**	0,135	0,000	
	D	A	0,108	0,097	0,265	-0,107	0,135	0,428
	B	-0,005	0,097	0,571	-0,137	0,135	0,313	
	C	-0,005	0,097	1,000	-0,001	0,135	1,000	
D	E	0,201*	0,097	0,039	0,004	0,135	0,760	
	F	0,306**	0,097	0,002	0,534**	0,135	0,000	
	E	A	0,108	0,097	0,265	-0,107	0,135	0,428
	B	-0,005	0,097	0,571	-0,137	0,135	0,313	
	C	-0,005	0,097	1,000	-0,001	0,135	1,000	
	E	0,201*	0,097	0,039	0,004	0,135	0,760	
E	F	0,306**	0,097	0,002	0,534**	0,135	0,000	
	A	-0,009	0,097	0,337	-0,149	0,135	0,273	
	B	-0,256**	0,097	0,009	-0,178	0,135	0,189	
	C	-0,201*	0,097	0,039	-0,004	0,135	0,760	
	D	-0,201*	0,097	0,039	-0,004	0,135	0,760	
	F	0,105	0,097	0,281	0,492**	0,135	0,000	
F	A	-0,198*	0,097	0,043	-0,641**	0,135	0,000	
	B	-0,361**	0,097	0,000	-0,671**	0,135	0,000	
	C	-0,306**	0,097	0,002	-0,534**	0,135	0,000	
	D	-0,306**	0,097	0,002	-0,534**	0,135	0,000	
	E	-0,105	0,097	0,281	-0,492**	0,135	0,000	

Ortalamalara dayanarak : * . Ortalama farklılıkları % 5 düzeyinde önemli (P<0.05)

** . Ortalama farklılıkları % 1 düzeyinde önemli (P<0.01)

a . En düşük önemli farklılık

Çizelge 4.12 incelendiğinde, 30 adet proje alanı ortalamaları dikkate alınarak, en küçük kareler ve simetrik artıklar yöntemi ile hesaplanan tesviye düzlemi x ve y doğrultularındaki eğim sonuçları ile, söz konusu yöntemlerin CBS desteği ile hesaplanan eğim sonuçları arasında önemli bir fark olmamasına rağmen, sabit hacim merkezi yöntemi ve söz konusu yöntemin CBS desteği ile hesaplanan eğim sonuçları arasında %1 düzeyinde bir fark gözlemlenmiştir.

Aynı zamanda, Çizelge 4.12 incelendiğinde, söz konusu bütün yöntemlerin kendi aralarında da istatistiksel olarak çoklu karşılaştırmaya sokulduğu görülmektedir. Karşılaştırma sonucunda, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- En küçük kareler yöntemi (A), tesviye düzlemi x doğrultusundaki eğim sonuçları, sabit hacim merkezi-CBS (F) sonuçları ile %5 düzeyinde, tesviye düzlemi y doğrultusunda ise sabit hacim merkezi-CBS (F) sonuçları ile %1 düzeyinde önemli çıkarken, diğer yöntemlerle yakın sonuçlar vermiştir.
- En küçük kareler-CBS yöntemi (B), tesviye düzlemi x doğrultusundaki eğim sonuçları, sabit hacim merkezi (E) ve sabit hacim merkezi-CBS (F) sonuçları ile %1 düzeyinde, tesviye düzlemi y doğrultusunda ise sabit hacim merkezi-CBS (F) sonuçları ile %1 düzeyinde önemli çıkarken, diğer yöntemlerle yakın sonuçlar vermiştir.
- Simetrik artıklar yöntemi (C), tesviye düzlemi x doğrultusundaki eğim sonuçları, sabit hacim merkezi (E) ile %5, sabit hacim merkezi-CBS (F) ile de %1 düzeyinde, tesviye düzlemi y doğrultusunda ise sabit hacim merkezi-CBS (F) sonuçları ile %1 düzeyinde önemli çıkarken, diğer yöntemlerle yakın sonuçlar vermiştir.
- Simetrik artıklar yöntemi-CBS (D), tesviye düzlemi x doğrultusundaki eğim sonuçları, sabit hacim merkezi (E) ile %5, sabit hacim merkezi-CBS (F) ile de %1 düzeyinde, tesviye düzlemi y doğrultusunda ise sabit hacim merkezi-CBS (F) sonuçları ile %1 düzeyinde önemli çıkarken, diğer yöntemlerle yakın sonuçlar vermiştir.

Sonuçta, en küçük kareler ve simetrik artıklar yöntemlerinin birbirlerine yakın sonuçlar verdiği, sabit hacim merkezi yönteminin ise diğerlerine göre biraz daha farklı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu farklılıkların, eğim belirleme işlemlerinde, simetrik artıklar yönteminde CBS ortamında hazırlanan alan hesaplamalarının, eğim hesaplamasına katılmaması, sabit hacim merkezi yönteminde ise ağırlık merkezi hesaplamalarında, CBS ortamında her bir satır ve sütünün birer blok olarak kabul edilmesi sonucundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi, sabit hacim merkezi yönteminde, özellikle düzgün şekilli olmayan arazilerde, ağırlık merkezi hesaplamalarının yapılabilmesi için, proje alanları küçük ama şekli düzgün bloklara ayrılmakta ve bunlardan yola çıkarak ağırlık merkezi hesaplamaları yapılmaktadır. CBS ortamında ise böyle bir işleme gerek kalmamış, şekli düzgün olmayan proje alanlarının ağırlık merkezi hesaplamaları kolaylıkla yapılabilmiştir.

4.5. Kazı-Dolgu Hesaplamaları

Çalışmada, tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenebilmesi amacıyla ele alınan 3 farklı yöntem sonuçları, kazı-dolgu hesaplamalarında ayrı ayrı işlem görmüş ve sonuçlar farklı dosyalar içinde depolanmıştır.

Kazı-dolgu hesaplamaları yapılırken, CBS ile elde edilen sonuçların geleneksel yöntemlerle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilmesi için 3 farklı yol izlenmiştir.

- **Kaba Yöntem** : Coğrafi Bilgi Sisteminin herhangi bir desteği olmadan, en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemleri kullanılarak elde edilen tesviye düzlemi eğimleri kullanılarak kaba yöntemle hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları,
- **Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Kaba Yöntem** : Coğrafi Bilgi Sisteminin herhangi bir desteği olmadan, en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemleri kullanılarak elde edilen tesviye düzlemi eğimleri kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi Desteği ile oluşturulan kaba hesaplama yöntemi ile kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları,

- **Coğrafi Bilgi Sistemi** : Coğrafi Bilgi Sistemi desteği ile en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemleri kullanılarak elde edilen tesviye düzlemi eğimleri kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları.

4.5.1. Kaba Yöntem İle Hesaplanan Kazı-Dolgu Hacimleri ve K/D Oranlarına İlişkin Sonuçlar

Çalışma kapsamında, ele alınan 30 adet farklı büyüklük ve şekildeki proje alanlarının, CBS olanaklarından faydalanılmadan, geleneksel olarak, en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemlerine göre, tesviye düzlemi eğimleri bulunmuş ve bu eğimlere bağlı olarak, proje alanlarının kaba hesaplama yöntemine göre kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları hesaplanmıştır.

Arazi tesviyesi projelemesi kapsamında, en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemleriyle elde edilen tesviye düzlemi eğimleri kullanılarak, kaba hesaplama yöntemiyle elde edilen kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.13 de verilmiştir.

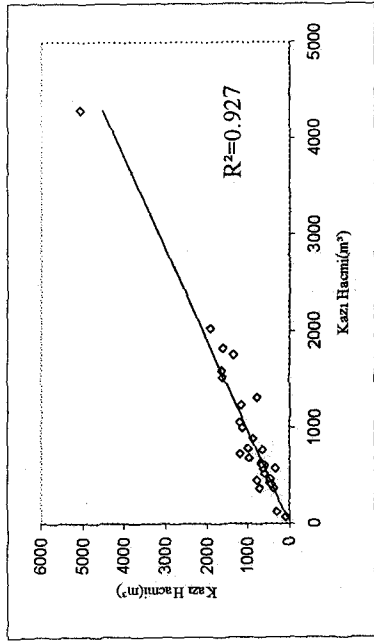
Yöntemler bazında kazı ve dolgu hacimleri arasındaki, regrasyon ilişkilerini gösteren grafikler Şekil 4.22 (a,b,c) ve Şekil 4.23 (a,b,c) verilmiştir.

Çizelge 4.13. Mevcut yöntemlerin eğimleri kullanılarak kaba hesaplama yöntemi ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları

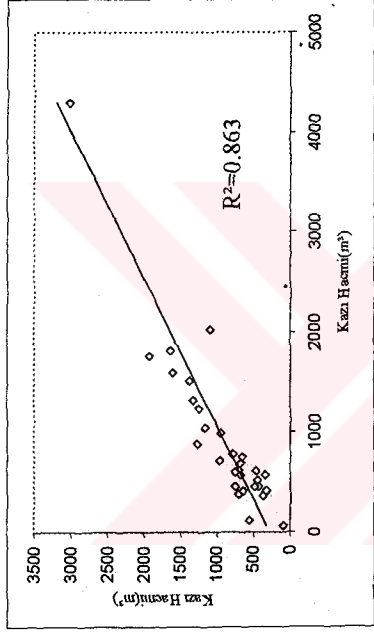
PROJE NO	En Küçük Kareler Yöntemi (ENKY)			Şişmetik Artıklar Yöntemi (SAY)			Sabit Hacim Merkezi Yöntemi (SHMY)		
	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı
	1	1589.3	1809.5	0.878	1644.4	1754.5	0.937	1614.1	1829.8
2	454.6	551.8	0.824	478.6	526.8	0.908	442.2	537.9	0.822
3	630.3	563.1	1.119	688.4	618.2	1.113	688.4	618.2	1.113
4	1820.7	2028.7	0.897	1611.4	1826.7	0.882	1639.2	1850.9	0.886
5	456.7	580.2	0.787	399.7	461.9	0.865	422.9	548.8	0.771
6	686.4	740.8	0.927	967.9	1021.5	0.947	680.8	731.5	0.93
7	579.2	705.3	0.821	345.3	470.3	0.734	345.3	470.3	0.734
8	998.2	843.4	1.183	1131.3	976.5	1.158	940.2	790.2	1.189
9	520.9	560.6	0.929	592.4	588.6	1.003	451.4	452.5	0.997
10	1518.8	1266.0	1.199	1595.3	1336.9	1.193	1376.1	1113.3	1.236
11	422.1	321.6	1.313	458.5	358.5	1.279	647.2	504.3	1.283
12	1235.4	1406.6	0.876	1181.1	1270.1	0.929	1253.4	1435.8	0.873
13	779.3	673.1	1.158	1021.4	965.9	1.057	789.8	709.1	1.079
14	598.7	798.5	0.749	606.9	821.1	0.739	757.9	974.7	0.777
15	1755.9	1714.6	1.024	1366.8	1345.7	1.015	1934.8	1892.8	1.022

Çizelge 4.13. Mevcut yöntemlerin eğimleri kullanılarak kaba hesaplama yöntemi ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları(devam)

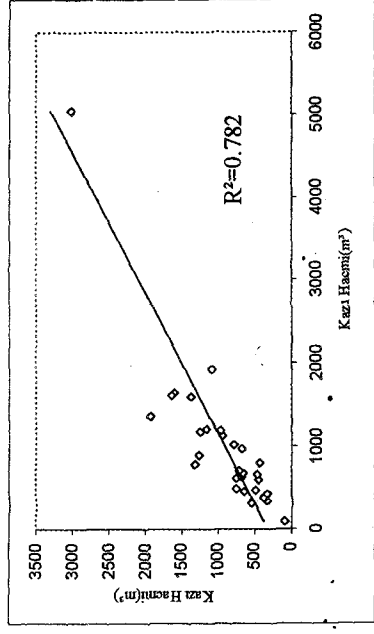
PROJE NO	En Küçük Kareler Yöntemi (ENKY)			Simetrik Artıklar Yöntemi (SAY)			Sabit Hacim Merkezi Yöntemi (SHMY)		
	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı
16	723.4	876.7	0.825	1191.7	1346.6	0.885	968.8	1119.7	0.865
17	1320.8	1308.1	1.009	775.7	751.3	1.032	1328.8	1309.3	1.014
18	576.2	500.9	1.150	626.6	552.3	1.134	685.5	614.0	1.116
19	611.2	603.3	1.013	657.2	654.6	1.003	466.3	460.9	1.011
20	459.6	510.5	0.900	464.4	490.7	0.946	489.1	538.8	0.907
21	760.4	970.0	0.783	674.4	881.0	0.765	668.0	873.9	0.764
22	370.5	564.3	0.656	372.6	556.7	0.669	377.5	560.9	0.672
23	4290.1	4156.8	1.032	5045.1	5319.6	0.948	3023.0	3309.1	0.914
24	124.0	136.6	0.907	313.1	327.9	0.954	557.9	568.1	0.982
25	415.4	599.6	0.693	430.4	614.2	0.700	321.3	507.2	0.634
26	1049.0	1050.9	0.998	1208.0	1602.8	0.753	1155.2	1357.1	0.851
27	886.1	912.4	0.971	896.5	921.5	0.973	1259.7	1284.9	0.980
28	64.2	67.8	0.947	91.8	96.7	0.949	91.8	96.7	0.949
29	748.2	744.8	1.004	712.7	711.6	1.003	712.7	711.6	1.003
30	2022.2	1925.5	1.050	1921.1	1874.7	1.024	1082.1	898.9	1.093



a) En küçük kareler-simetrik artıklar

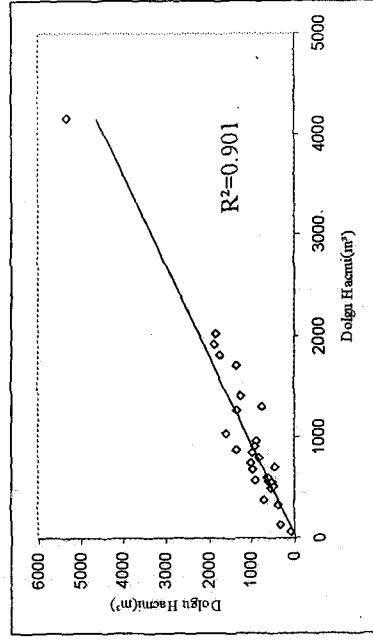


b) En küçük kareler-sabit hacim merkezi

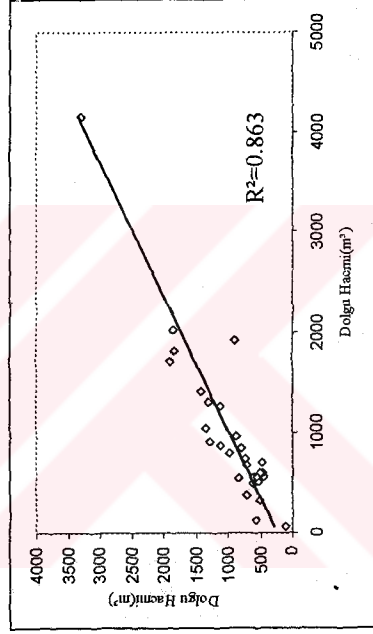


c) Simetrik artıklar-sabit hacim merkezi

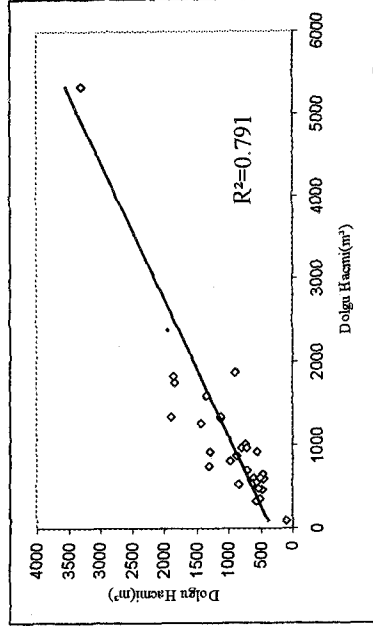
Şekil 4.22. Kaba hesaplama yöntemi ile elde edilen kazı hacimleri arasındaki ilişki



a) En küçük kareler-simetrik artıklar



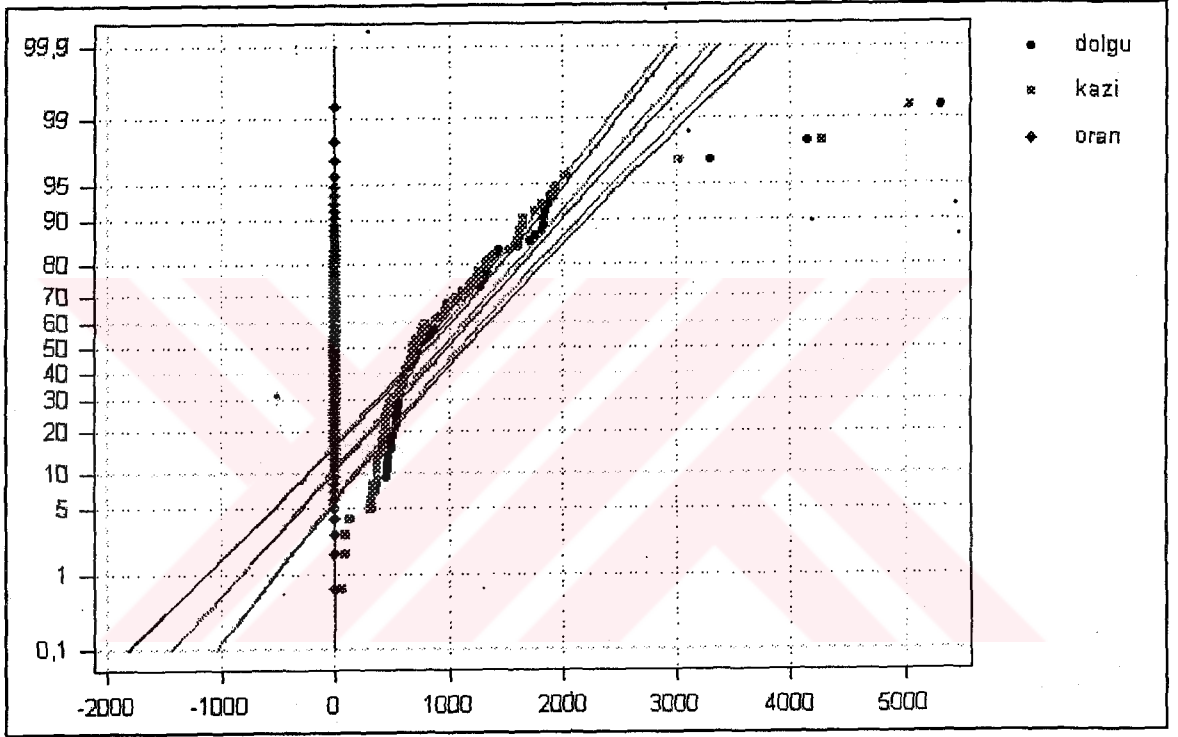
b) En küçük kareler-sabit hacim merkezi



c) Simetrik artıklar-sabit hacim merkezi

Şekil 4.23. Kaba hesaplama yöntemi ile elde edilen dolgu hacimleri arasındaki ilişki

Elde edilen kazı hacimleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, 30 farklı büyüklükteki proje alanında en düşük sonuçların çoğu, en küçük kareler yönteminde elde edildiği görülmektedir. Çizelge 4.13 deki tüm kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları sonuçlarına güvenilirlik testi yapılmış ve istatistiksel açıdan sonuçların %95 güven aralığında normal bir dağılım gösterdikleri gözlemlenmiştir (Şekil 4.24). Sonuçlara ilişkin bazı istatistiksel değerler Çizelge 4.14 de verilmiştir.



Şekil 4.24. Kazı-Dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin verilerin %95 güven aralığındaki normal dağılımları

Çizelge 4.14. Kabâ hesaplama yöntemi ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar

	Yöntemler	Ortalama	Standart Sapma	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
Kazı Hacimleri(m ³)	ENKY	936,457	811.36	845,575	1027,338
	SAY	982,357	894.26	891,475	1073,238
	SHMY	905,713	770.08	814,832	996,595
Dolgu Hacimleri(m ³)	ENKY	970,654	786.29	876,919	1064,389
	SAY	1034,847	934.80	941,112	1128,582
	SHMY	955,707	787.34	861,972	1049,442
K/D	ENKY	0,954	0.156	0,940	0,968
	SAY	0,950	0.147	0,936	0,964
	SHMY	0,945	0.153	0,931	0,959

Çizelge 4.14. incelendiğinde, kazı ve dolgu hacimleri ve K/D oranları bakımından, en düşük ortalamayı sabit hacim merkezi yöntemi verirken, en yüksek ortalamayı simetrik artıklar yöntemi vermiştir.

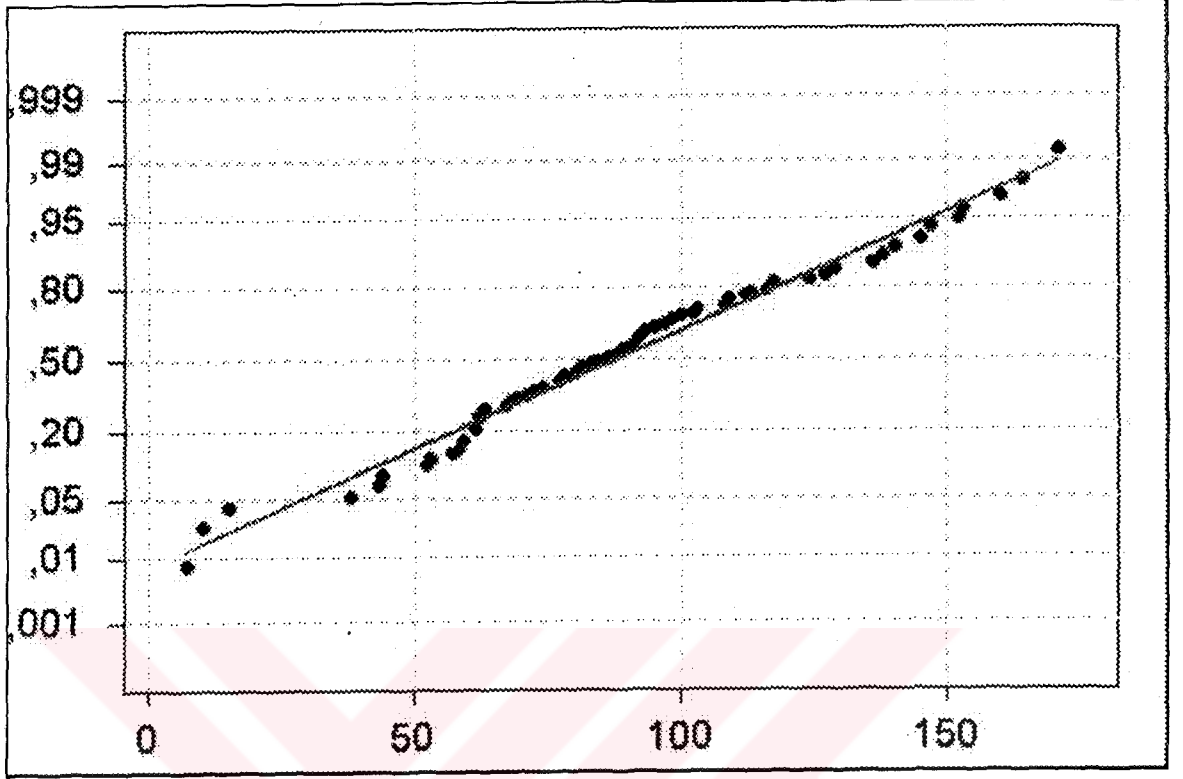
Farklı 3 projelendirme yöntemi için kaba hesaplama yöntemi ile elde edilen birim alana düşen kazı hacimlerini Çizelge 4.15 de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı projelendirme yöntemlerine ilişkin eğimler kullanılarak, kaba hesaplama yöntemi ile hesaplanan birim alana düşen kazı miktarları

Proje No	Birim Alana Düşen Kazı Miktarı(m ³ /da)			Proje No	Birim Alana Düşen Kazı Miktarı(m ³ /da)		
	ENKY	SAY	SHMY		ENKY	SAY	SHMY
1	136	140	138	16	77	127	103
2	58	61	95	17	108	63	109
3	83	91	91	18	77	84	92
4	164	145	147	19	81	87	62
5	74	129	68	20	59	59	62
6	92	129	91	21	69	61	61
7	71	43	43	22	52	52	53
8	71	81	67	23	145	171	102
9	84	95	72	24	15	38	67
10	89	93	80	25	57	59	44
11	100	108	153	26	98	113	108
12	77	74	78	27	97	98	138
13	61	80	62	28	7	10	10
14	92	93	116	29	62	117	117
15	112	88	124	30	160	152	86

Çizelge 4.15 de verilen değerler istatistiksel açıdan incelendiğinde, birim alana düşen kazı hacimleri, söz konusu yöntemler için % 1 ve % 5 düzeyinde önemsiz bulunmuştur. Sonuçlar arasındaki ilişkiler yüksek düzeydedir. Bu sonucun, her bir yöntemde, kazı-dolgu hacimlerinin bulunmasında kullanılan ve her bir istasyon noktasının temsil ettiği alan değerlerinin birbirlerine eşit olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda, yöntemler bazında elde edilen eğim sonuçları da incelendiğinde, CBS desteği dışında elde edilen 3 farklı yöntem sonuçlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.15 verilen, birim alana düşen kazı miktarlarının istatistiksel olarak gösterdikleri normal dağılımları Şekil 4.25 de verilmiştir.



Ortalama : 87.82 m³/da

Standart sapma : 35.04

Şekil 4.25. Birim alana düşen kazı miktarı değerlerinin dağılımları

Çalışma kapsamında, 3 farklı projelendirme yöntemi için, CBS' nin katkısı olmadan hesaplanan kazı-dolgu hacimleri, birim alana düşen kazı miktarları ve kazı-dolgu oranları arasındaki ilişkiler incelenmiş ve her bir veri sırası için determinasyon katsayıları ve regresyon eşitlikleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.16 da verilmiştir.

Kazı hacimleri, birim alana düşen kazı miktarları ve kazı-dolgu oranları karşılaştırıldığında aralarında en yüksek ilişki bulunan yöntemler, en küçük kareler ve simetrik artıklar olmuştur. İkinci en yüksek ilişki, kazı-dolgu hacimleri ve birim alana düşen kazı miktarlarında, en küçük kareler ve sabit hacim merkezi yöntemleri, kazı-dolgu oranlarında ise simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemlerinde görülmüştür. Shih ve Kriz (1971) tarafından yapılan çalışma incelendiğinde, kazı hacimleri ve kazı-dolgu oranları bakımından en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezleri ile elde edilen sonuçlarda benzer ilişkiler bulunmaktadır.

Çizelge 4.16. Yöntemler bazında elde edilen sonuçlara ilişkin determinasyon katsayıları ve regrasyon eşitlikleri

		Determinasyon Katsayısı(R ²)	Regrasyon Eşitliği
Kazı Hacimleri	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0,927	$y = 1,054x + 8,6123$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0,863	$y = 0,6797x + 279,19$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0,782	$y = 0,5912x + 327,07$
Dolgu Hacimleri	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0,901	$y = 1,1215x - 38,359$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0,863	$y = 0,7483x + 239,36$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0,791	$y = 0,6062x + 329,05$
Birim Alana Düşen Kazı Miktarı	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0,651	$y = 0,8431x + 20,367$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0,458	$y = 0,6423x + 33,863$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0,412	$y = 0,5833x + 34,655$
Kazı/Dolgu Oranları	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0,999	$y = 0,9917x + 0,1937$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0,7366	$y = 0,8658x + 51,397$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0,8795	$y = 0,9358x - 3,4466$

Yapılan çalışmada, CBS'nin bir katkısı olmadan geleneksel olarak 3 farklı yöntemden elde edilen eğimler ile hesaplanan birim alana düşen kazı miktarları, istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.17 de verilmiştir.

Çizelge 4.17 de, elde edilen her bir veri kümesinin, ayrı ayrı ortalamaları, standart sapmaları ve % 95 güven aralığında alabileceği minimum ve maksimum değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.17. Yöntemler bazında elde edilen birim alan düşen kazı miktarlarına ilişkin bazı istatistiksel sonuçlar

	Yöntemler	Ortalama	Standart Sapma	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
Birim Alana	ENKY	84.267	35.38	71.05	97.48
Düşen Kazı	SAY	91.367	36.93	77.58	105.16
Miktarı	SHMY	87.967	33.58	75.43	100.51

Çizelge 4.17 incelendiğinde, birim alana düşen kazı miktarları bakımından en düşük ortalamayı, en küçük kareler yöntemi verirken, en yüksek ortalama değer simetrik artıklar yönteminde gözlemlenmiştir.

4.5.2. CBS Olanakları Kullanılarak Kaba Yöntem ile Hesaplanan Kazı-Dolgu Hacimleri ve K/D Oranlarına İlişkin Sonuçlar

Çalışma kapsamında, kazı-dolgu hesaplamaları bölümünde, Coğrafi Bilgi Sistemi desteği ile kaba hesaplama yöntemi kullanılarak kazı-dolgu hacimleri, K/D oranları ve birim alan düşen kazı miktarları hesaplanmıştır. Bu bölümde, tesviye düzlemi eğimleri olarak Coğrafi Bilgi Sistemi, desteği kullanılmadan, doğrudan geleneksel yöntemlerle elde edilen tesviye düzlemi eğimleri kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

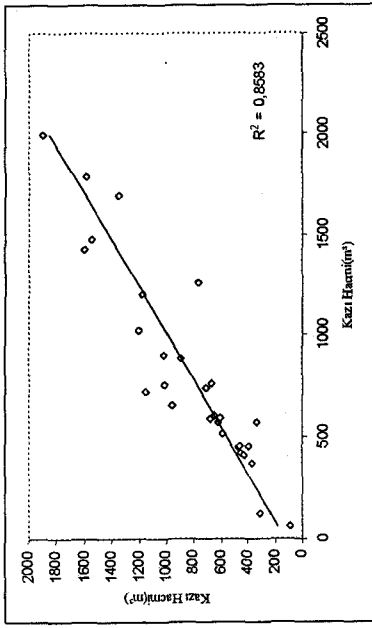
Arazi tesviyesi projelmesi kapsamında, Coğrafi Bilgi Sistemi desteği olmadan, en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemleriyle elde edilen tesviye düzlemi eğimleri kullanılarak, Coğrafi Bilgi Sistemi desteği ile yeniden şekillendirilen kaba hesaplama yöntemiyle elde edilen kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.18 de, kazı ve dolgu hacimleri arasındaki, regresyon ilişkilerini gösteren grafikler Şekil 4.26 (a,b,c) ve Şekil 4.27 (a,b,c) verilmiştir.

Çizelge 4.18. Mevcut eğim belirleme yöntemleri kullanılarak, CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları

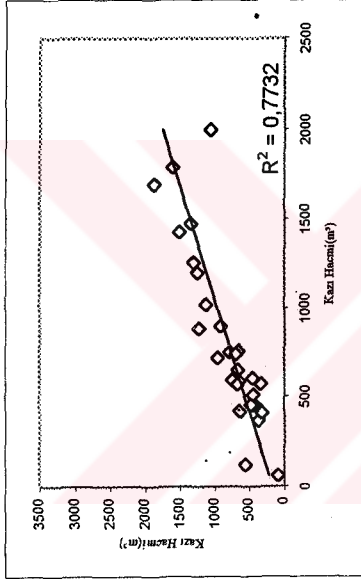
PROJEE NO	En Küçük Kareler Yöntemi (ENKY)			Simetrik Artiklar Yöntemi (SAY)			Sabit Hacim Merkezi Yöntemi (SHMY)		
	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı
1	1428.3	1312.1	1.089	1600.1	1698.5	0.942	1522.4	1354.3	1.124
2	447.3	545.2	0.820	463.2	518.4	0.894	398.7	497.3	0.802
3	590.00	552.6	1.068	683.5	605.9	1.128	652.7	593.7	1.099
4	1790.6	1998.5	0.896	1587.4	1738.8	0.913	1613.8	1790.5	0.901
5	452.8	552.5	0.820	393.7	455.7	0.864	419.5	452.5	0.927
6	652.3	726.7	0.898	958.7	997.5	0.961	665.7	718.7	0.926
7	571.9	590.6	0.968	339.6	455.5	0.746	340.6	455.7	0.747
8	899.8	840.6	1.070	1016.8	970.9	1.047	921.7	785.5	1.173
9	513.7	515.8	0.996	591.8	580.7	1.019	449.5	449.6	1.000
10	1475.8	1213.7	1.216	1545.4	1325.7	1.166	1352.8	1102.7	1.227
11	418.1	315.6	1.325	453.7	357.8	1.268	645.7	501.8	1.287
12	1200.8	1398.8	0.858	1178.8	1255.7	0.939	1251.8	1412.6	0.886
13	752.6	670.9	1.122	1013.7	961.6	1.054	784.8	707.5	1.109
14	592.8	790.1	0.750	603.9	819.6	0.737	755.1	765.4	0.987
15	1692.8	1698.7	0.997	1355.7	1298.8	1.044	1880.7	1790.3	1.050

Çizelge 4.18. Mevcut eğitim birimleri yöntemleri kullanılarak, CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları(devam)

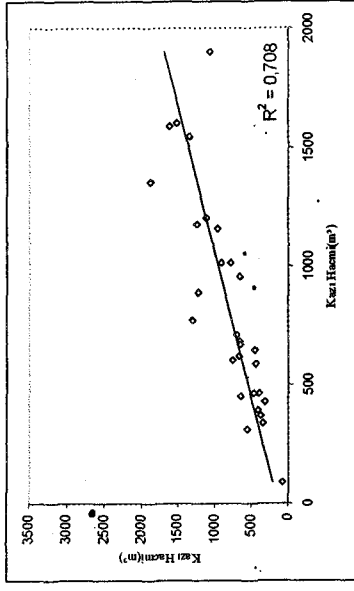
PROJE NO	En Küçük Kareler Yöntemi (ENKY)			Simetrik Artıklar Yöntemi (SAY)			Sabit Hacim Merkezi Yöntemi (SHMY)		
	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı
	16	719.5	870.2	0.827	1158.5	1332.2	0.870	960.2	1101.5
17	1258.9	1199.2	1.050	773.1	750.6	1.030	1310.5	1305.4	1.004
18	570.2	499.6	1.141	620.8	550.1	1.129	680.7	610.4	1.115
19	605.2	595.8	1.016	650.4	652.2	0.997	460.1	459.6	1.001
20	455.7	507.4	0.898	463.1	487.4	0.950	480.5	532.4	0.903
21	758.5	969.4	0.782	673.1	878.4	0.766	661.4	869.7	0.760
22	368.4	564	0.653	370.9	551.9	0.672	375.6	558.4	0.673
23	4156.5	4011.1	1.036	4987.5	5274.4	0.946	3014.5	3300.1	0.913
24	121.2	132.4	0.915	312.2	324.9	0.961	555.1	566.3	0.980
25	410.2	562.4	0.729	429.2	613.1	0.700	321.1	502.8	0.639
26	1021.2	1035.4	0.986	1203.2	1600.4	0.752	1124.5	1315.4	0.855
27	884.7	898.4	0.985	892.5	918.4	0.972	1235.4	1250.4	0.988
28	61.2	65.1	0.940	91.2	95.4	0.956	90.8	95.4	0.952
29	741	739.1	1.003	711.2	710.5	1.001	700.1	709.8	0.986
30	1997.8	1923.4	1.039	1899.7	1873.8	1.014	1075.2	891.7	1.206



a) En küçük kareler-simetrik artıklar

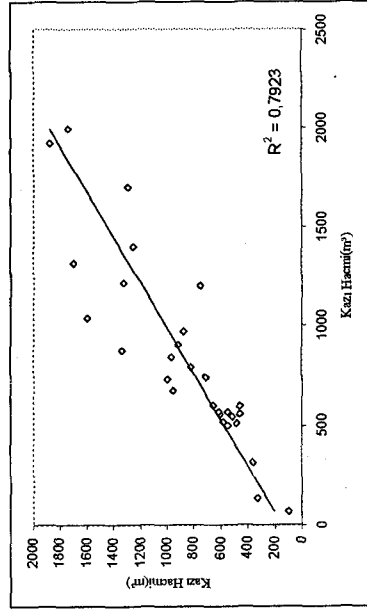


b) En küçük kareler-sabit hacim merkezi

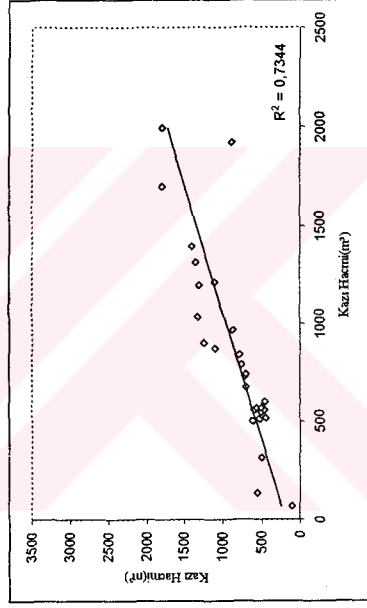


c) Simetrik artıklar-sabit hacim merkezi

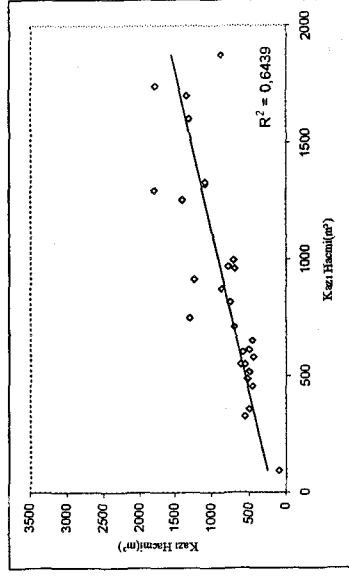
Şekil 4.26. CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile elde edilen kazı hacimleri arasındaki ilişki



a) En küçük kareler-simetrik artıklar



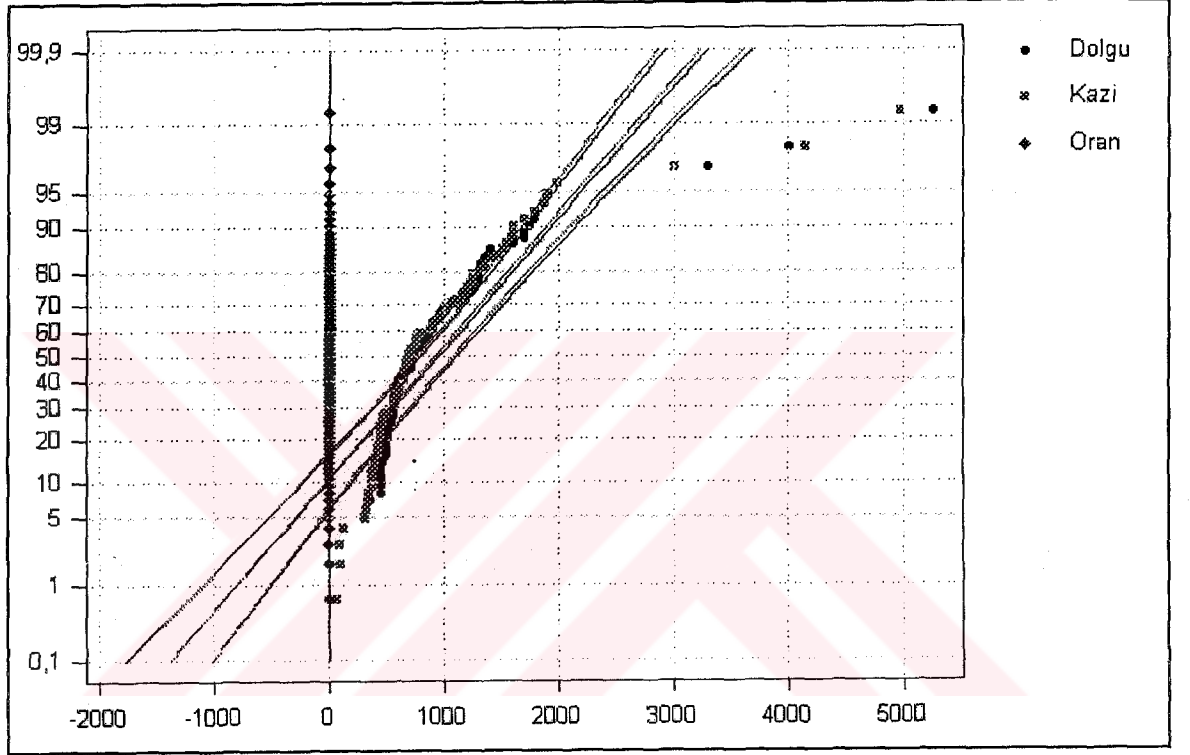
b) En küçük kareler-sabit hacim merkezi



c) Simetrik artıklar-sabit hacim merkezi

Şekil 4.27. CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile elde edilen dolgu hacimleri arasındaki ilişki

Çizelge 4.18 de verilen tüm kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin sonuçlara istatistiksel açıdan güvenilirlik testi yapılmış ve sonuçların %95 güven aralığında normal bir dağılım gösterdikleri gözlemlenmiştir (Şekil 4.28). Sonuçlara ilişkin bazı istatistiksel değerler Çizelge 4.19 da verilmiştir.



Şekil 4.28. CBS destekli kaba yöntem ile elde edilen Kazı-Dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin verilerin %95 güven aralığındaki normal dağılımları

Çizelge 4.19. CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar

	Yöntemler	Ortalama	Standart Sapma	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
Kazı Hacimleri(m ³)	ENKY	920,327	777,602	833,15	1007,51
	SAY	967,420	881,801	880,24	1054,60
	SHMY	890,040	591,117	802,86	977,22
Dolgu Hacimleri(m ³)	ENKY	943,18	746,07	851,89	1034,46
	SAY	1021,83	924,13	930,54	1113,11
	SHMY	914,91	764,69	823,63	1006,20
K/D	ENKY	0,925	0,101	0,907	0,943
	SAY	0,918	0,104	0,900	0,936
	SHMY	0,923	0,102	0,906	0,941

Çizelge 4.19 incelendiğinde, kazı ve dolgu hacimleri bakımından, en düşük ortalamayı sabit hacim merkezi yöntemi verirken, K/D oranları bakımından en düşük ortalamayı simetrik artıklar yöntemi vermiştir.

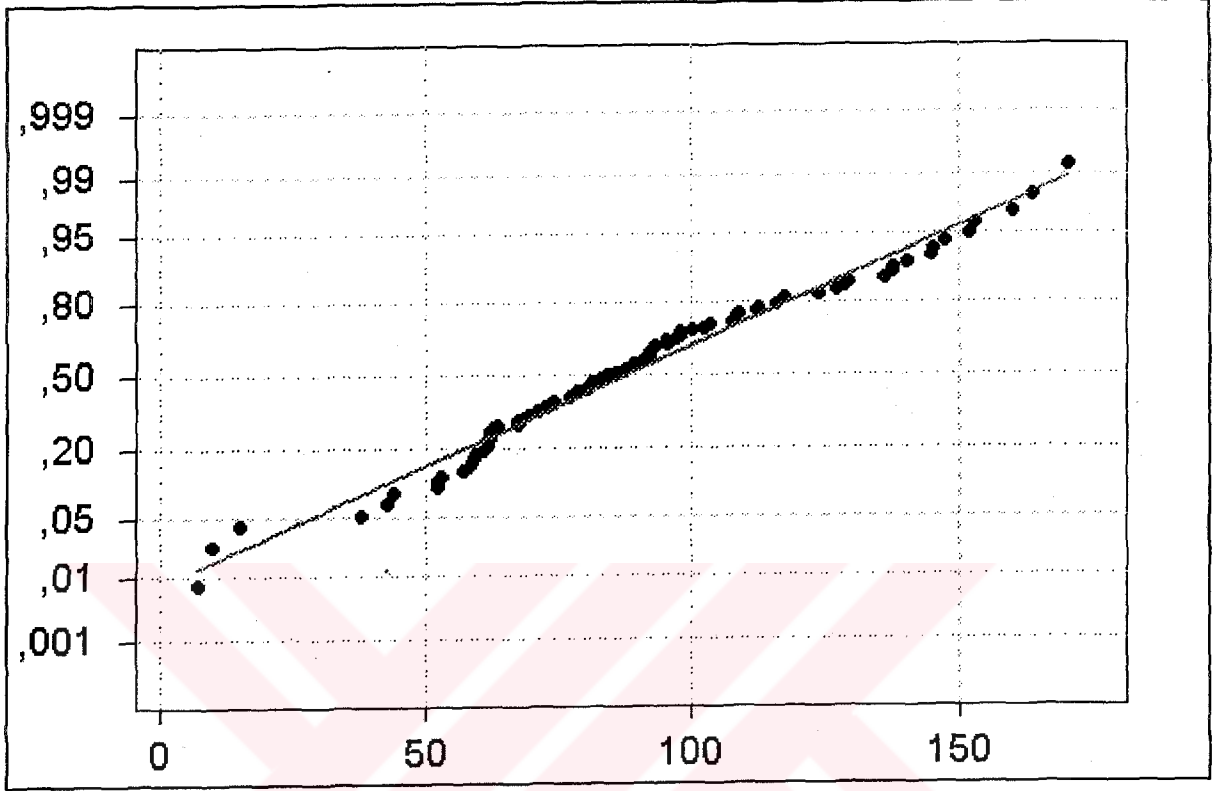
Ele alınan 3 farklı projelendirme yöntemi için kaba hesaplama yöntemi ile elde edilen birim alana düşen kazı hacimlerini Çizelge 4.20 de verilmiştir.

Çizelge 4.20. CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile elde birim alana düşen kazı miktarları

Proje No	Birim Alana Düşen Kazı Miktarı(m ³ /da)			Proje No	Birim Alana Düşen Kazı Miktarı(m ³ /da)		
	ENKY	SAY	SHMY		ENKY	SAY	SHMY
1	136	140	138	16	77	127	103
2	58	61	95	17	108	63	109
3	83	91	91	18	77	84	92
4	164	145	147	19	81	87	62
5	74	129	68	20	59	59	62
6	92	129	91	21	69	61	61
7	71	43	43	22	52	52	53
8	71	81	67	23	145	171	102
9	84	95	72	24	15	38	67
10	89	93	80	25	57	59	44
11	100	108	153	26	98	113	108
12	77	74	78	27	97	98	138
13	61	80	62	28	7	10	10
14	92	93	116	29	62	117	117
15	112	88	124	30	160	152	86

Çizelge 4.20 de verilen değerler, istatistiksel açıdan incelendiğinde, birim alana düşen kazı hacimleri, söz konusu yöntemler önemsiz çıkmıştır. Sonuçlar arasındaki ilişkiler yüksek düzeydedir. Bu sonucun, CBS destekli olmadan hesaplanan kazı-dolgu hacimlerinde olduğu gibi, her bir yöntem için ele alınan ve CBS ortamında elde edilen alan büyüklüklerinin, birbirlerine eşit olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda, yöntemler bazında elde edilen eğim sonuçları da incelendiğinde, CBS destekli kaba yöntem ile hesaplanan sonuçlarının birbirine yakın olduğu gözlemlenebilir.

Çizelge 4.20 de verilen, birim alana düşen kazı miktarlarının istatistiksel olarak gösterdikleri normal dağılımları Şekil 4.29 da verilmiştir.



Ortalama : 87.85 m³/da
Standart sapma : 35.07

Şekil 4.29. CBS destekli kaba yöntem ile hesaplanan ve birim alana düşen kazı miktarı değerlerinin dağılımları

Farklı 3 projeleme yöntemi için, CBS' nin desteği ile kaba yöntem kullanılarak hesaplanan kazı-dolgu hacimleri, birim alana düşen kazı miktarları ve kazı-dolgu oranları arasındaki ilişkiler incelenmiş ve her bir veri sırası için determinasyon katsayıları ve regresyon eşitlikleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.21 de verilmiştir.

Çizelge 4.21. CBS destekli kaba yöntem ile yöntemler bazında elde edilen sonuçlara ilişkin determinasyon katsayıları ve regrasyon eşitlikleri

		Determinasyon Katsayısı(R ²)	Regrasyon Eşitliği
Kazı Hacimleri	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0,858	$y = 0,8642x + 129,88$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0,773	$y = 0,794x + 174,64$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0,708	$y = 0,8145x + 141,73$
Dolgu Hacimleri	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0,792	$y = 0,8657x + 150,28$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0,734	$y = 0,762x + 194,59$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0,643	$y = 0,7337x + 190,58$
Birim Alana Düşen Kazı Miktarı	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0,653	$y = 0,8446x + 20,173$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0,459	$y = 0,6436x + 33,704$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0,412	$y = 0,5833x + 34,655$
Kazı/Dolgu Oranları	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0,736	$y = 0,8221x + 0,1562$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0,713	$y = 0,9016x + 0,1014$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0,753	$y = 0,9679x + 0,0522$

Çizelge 4.21 incelendiğinde, kazı hacimleri, birim alana düşen kazı miktarları ve kazı-dolgu oranları karşılaştırıldığında aralarında en yüksek ilişki bulunan yöntemler, en küçük kareler ve simetrik artıklar olmuştur. İkinci en yüksek ilişki, kazı-dolgu hacimleri ve birim alana düşen kazı miktarlarında, en küçük kareler ve sabit hacim merkezi yöntemleri, kazı-dolgu oranlarında ise simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemlerinde görülmüştür.

Çalışma içerisinde, 3 farklı yöntemden elde edilen eğimler ile CBS destekli kaba yöntem ile hesaplanan birim alana düşen kazı miktarları, istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22'de, elde edilen her bir veri kümesinin, ayrı ayrı ortalamaları, standart sapmaları ve % 95 güven aralığında alabileceği minimum ve maksimum değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.22. CBS destekli olarak kaba yöntem ile hesaplanan birim alan düşen kazı miktarlarına ilişkin bazı istatistiksel sonuçlar

	Yöntemler	Ortalama	Standart Sapma	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
Birim Alana	ENKY	84,267	35,38	77,31	91,22
Düşen Kazı Miktarı	SAY	91,343	36,97	84,39	98,30
	SHMY	87,935	33,59	80,98	94,89

Çizelge 4.22 incelendiğinde, birim alana düşen kazı miktarları bakımından en düşük ortalamayı, en küçük kareler yöntemi verirken, en yüksek ortalama değer simetrik artıklar yönteminde gözlemlenmiştir.

4.5.3. CBS Olanakları Kullanılarak Hesaplanan Kazı-Dolgu Hacimleri ve K/D Oranlarına İlişkin Sonuçlar

Arazi tesviyesi projelemesi kapsamında, ele alınan 30 adet farklı büyüklük ve şekildeki proje alanlarının, CBS ortamında ve CBS' nin tüm olanakları kullanılarak en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemleri ile tesviye düzlemi eğimleri hesaplanmıştır. Bu işlemlerin arkasından, tekrar CBS olanakları kullanılarak kazı-dolgu hacimleri ve buna bağlı olarak kazı-dolgu oranları bulunmuştur.

CBS ortamında kazı-dolgu hacimleri hesaplatılırken, özellikle alan ve ağırlık merkezi hesaplamalarında, CBS nin kolaylıklarından faydalanılmış ve proje alanları içerisindeki istasyon noktalarının hizmet ettikleri birim alan değerleri, geleneksel yöntemlere göre daha hassas bir biçimde elde edilmiştir.

CBS ortamında; en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi yöntemlerine göre elde edilen tesviye düzlemi eğimleri ile CBS olanakları kullanılarak hesaplanan kazı-dolgu hacimleri, birim alana düşen kazı miktarları ve K/D oranları Çizelge 4.23 de verilmiştir.

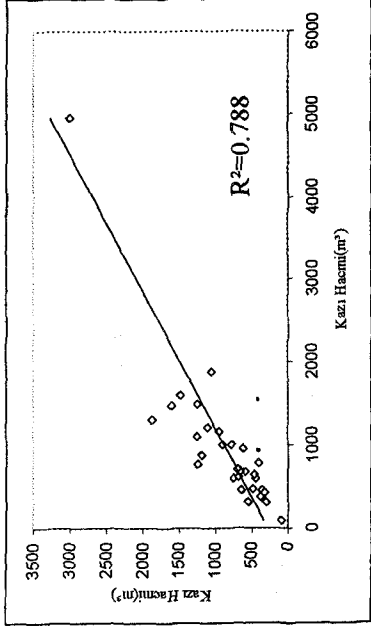
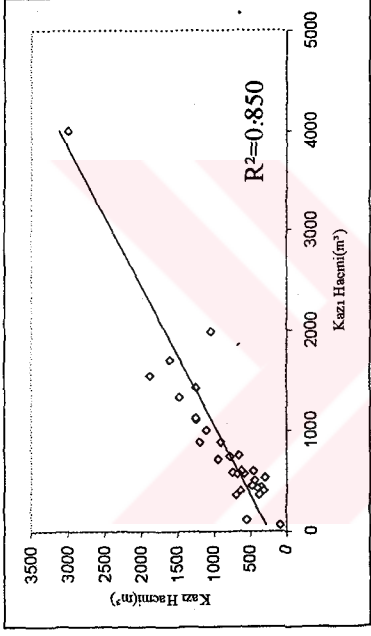
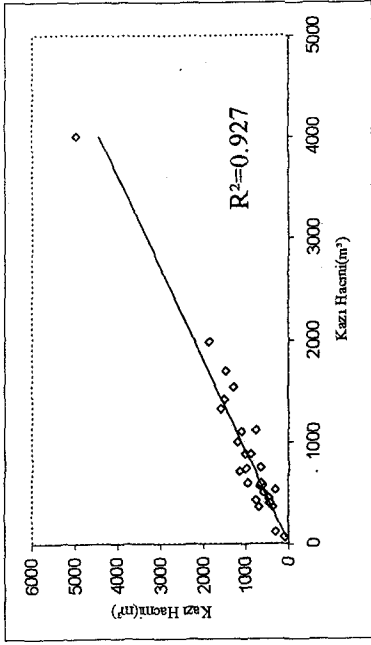
Yöntemler bazında elde edilen kazı ve dolgu hacimleri arasındaki ilişkileri gösteren grafikler ise sırasıyla Şekil 4.30 (a.b.c) ve Şekil 4.31 (a.b.c) de görülmektedir.

Çizelge 4.23. CBS ortamında 3 farklı yöntem eğimleri kullanılarak, CBS ortamında hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları

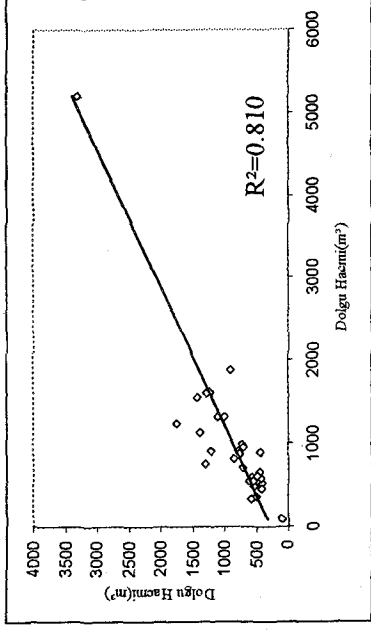
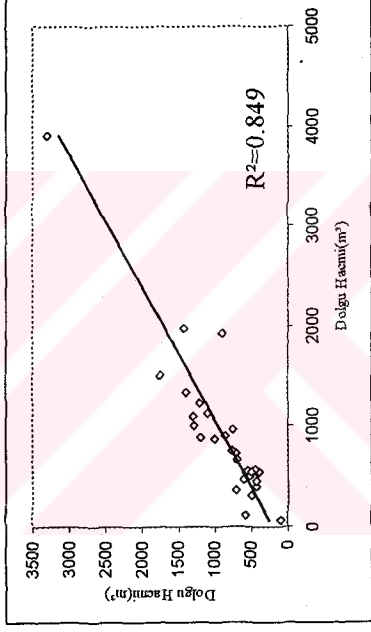
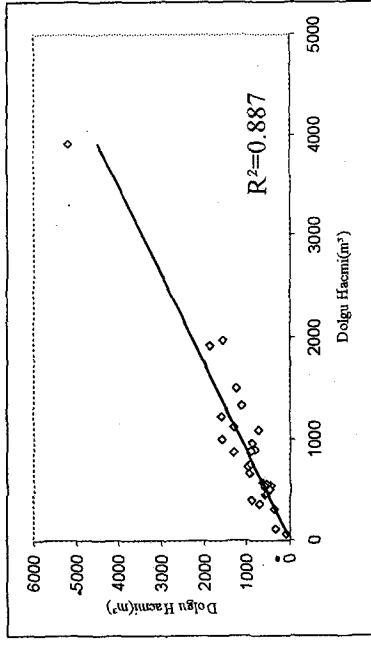
PROJE NO	En Küçük Kareler Yöntemi (ENKY)			Simetrik Artıklar Yöntemi (SAY)			Sabit Hacim Merkezi Yöntemi (SHMY)		
	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı
1	1326.4	1224.1	1.084	1598.8	1606.8	0.995	1489.4	1215.0	1.226
2	439.4	530.8	0.823	459.4	512.05	0.897	362.3	405.0	0.895
3	575.3	532.8	1.079	680.2	600.4	1.133	596.5	568.9	1.048
4	1699.3	1965.0	0.865	1472.1	1550.1	0.950	1598.7	1428.5	1.119
5	434.9	404.1	1.076	390.1	449.3	0.868	405.6	435.7	0.930
6	601.7	724.9	0.829	950.3	987.6	0.962	621.4	714.7	0.867
7	529.4	552.7	0.958	320.5	452.1	0.709	297.2	399.2	0.74
8	890.2	751.7	1.184	996.3	912.5	1.092	915.4	770.4	1.188
9	510.1	460.6	1.107	590.2	575.9	1.025	445.2	430.6	1.034
10	1420.5	1125.2	1.262	1490.5	1310.4	1.137	1254.2	1098.5	1.142
11	401.2	311.2	1.289	450.8	357.8	1.260	640.2	498.5	1.284
12	1104.9	1331.5	0.829	1100.4	1123.8	0.979	1250.4	1396.7	0.895
13	749.1	669.2	1.119	998.9	962.6	1.038	780.5	700.1	1.115
14	587.5	899.6	0.653	600.7	815.2	0.737	750.1	850.7	0.882
15	1541.2	1498.9	1.028	1298.8	1240.4	1.047	1875.5	1750.8	1.071

Çizelge 4.23. CBS ortamında 3 farklı yöntem eğimleri kullanılarak, CBS ortamında hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranları(devam)

PROJE NO	En Küçük Kareler Yöntemi(A)			Simetrik Artıklar Yöntemi(B)			Sabit Hacim Merkezi Yöntemi(C)		
	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı	Kazı Hacmi (m ³)	Dolgu Hacmi (m ³)	K/D Oranı
16	718.5	869.5	0.826	1156.0	1310.4	0.882	950.6	1008.9	0.942
17	1125.2	1090.6	1.032	770.5	749.4	1.028	1256.8	1300.2	0.967
18	568.5	468.6	1.213	612.4	550.1	1.113	678.5	605.2	1.121
19	601.2	580.5	1.036	648.5	650.4	0.997	456.8	452.6	1.009
20	450.5	505.6	0.891	462.2	485.4	0.952	475.6	525.4	0.905
21	752.6	965.6	0.779	672.4	875.6	0.768	655.8	756.4	0.867
22	365.8	563.2	0.650	370.1	550.4	0.672	372.5	555.4	0.671
23	3989.5	3900.5	1.023	4952.1	5201.2	0.952	3001.2	3299.9	0.909
24	119.4	120	0.995	312.1	324.1	0.963	554.2	565.3	0.980
25	406.9	550.6	0.739	428.9	611.1	0.702	320.1	498.9	0.642
26	1000.5	999.8	1.001	1201.4	1596.3	0.753	1101.5	1290.9	0.853
27	881.5	889.2	0.991	878.5	912.5	0.963	1200.8	1199.8	1.001
28	60.2	62.3	0.966	90.8	94.5	0.961	90.1	94.7	0.951
29	741.0	739.0	1.003	710.5	708.5	1.003	699.8	705.6	0.992
30	1987.9	1920.3	1.035	1875.2	1873.2	1.001	1059.6	889.2	1.192

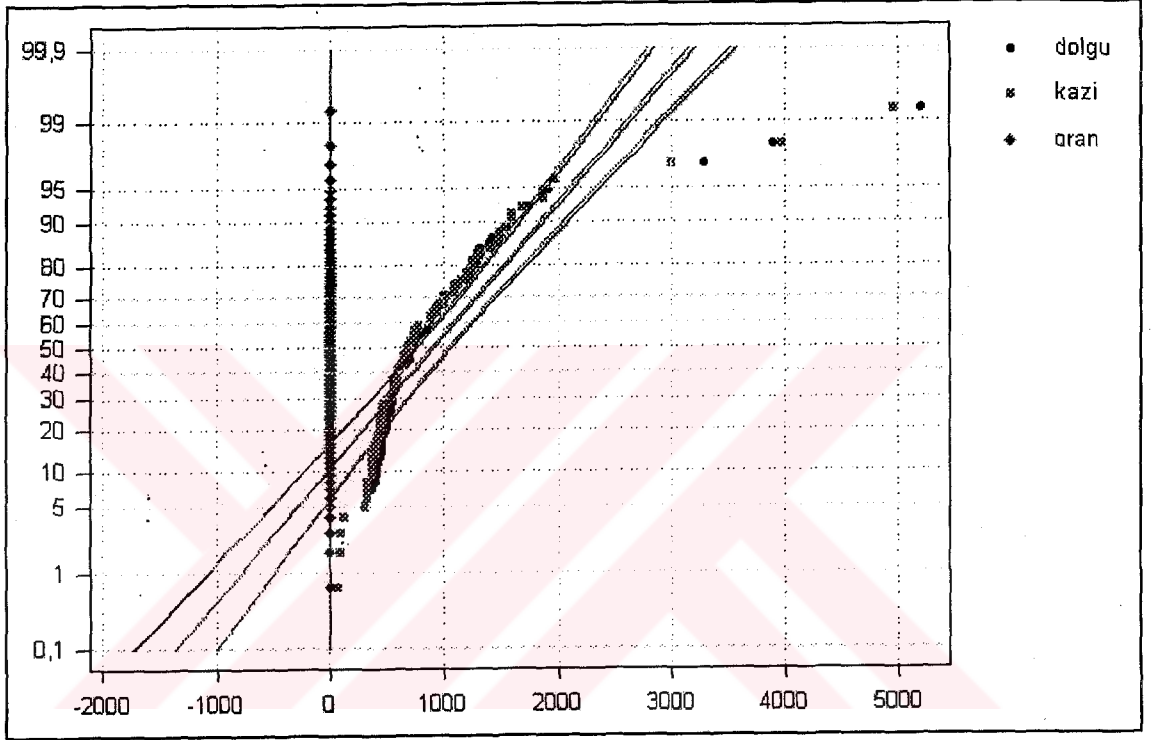


Şekil 4.30. CBS ortamında hesaplanan kazı hacimleri arasındaki ilişki



Şekil 4.31. CBS ortamında hesaplanan dolgu hacimleri arasındaki ilişki

Çizelge 4.23 de verilen tüm kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin sonuçlara istatistiksel açıdan güvenilirlik analizi uygulanmış ve sonuçların %95 güven aralığında normal bir dağılım gösterdikleri gözlemlenmiştir (Şekil 4.32). Sonuçlara ilişkin bazı istatistiksel değerler Çizelge 4.24 de verilmiştir.



Şekil 4.32. CBS olanakları kullanılarak elde edilen Kazı-Dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin verilerin %95 güven aralığındaki normal dağılımları

Çizelge 4.24. CBS olanakları kullanılarak hesaplanan kazı-dolgu hacimleri ve K/D oranlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar

	Yöntemler	Ortalama	Standart Sapma	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
Kazı Hacimleri(m ³)	ENKY	886,010	741,258	799,45	972,57
	SAY	951,320	871,074	864,76	1037,88
	SHMY	871,883	734,794	785,33	958,44
Dolgu Hacimleri(m ³)	ENKY	906,920	724,634	815,61	998,24
	SAY	998,335	904,625	907,02	1089,65
	SHMY	880,390	746,248	789,08	971,71
K/D	ENKY	0,979	0,164	0,954	1,004
	SAY	0,951	0,141	0,926	0,976
	SHMY	0,981	0,152	0,956	1,006

Çizelge 4.24 incelendiğinde, kazı ve dolgu hacimleri bakımından, en düşük ortalamayı sabit hacim merkezi yöntemi verirken, K/D oranları bakımından en düşük ortalamayı simetrik artıklar yöntemi vermiştir.

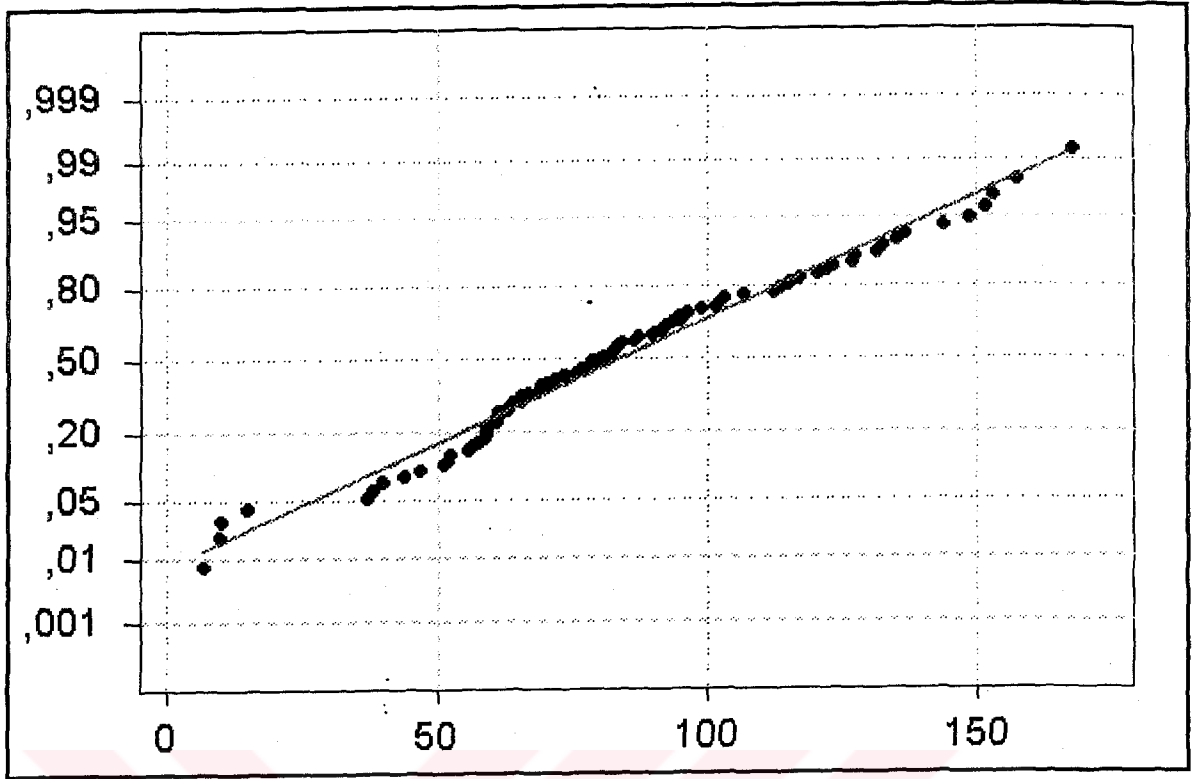
Ele alınan 3 farklı projelendirme yöntemi için kaba hesaplama yöntemi ile elde edilen birim alana düşen kazı hacimlerini Çizelge 4.25 de verilmiştir.

Çizelge 4.25. CBS destekli kaba hesaplama yöntemi ile elde birim alana düşen kazı miktarları

Proje No	Birim Alana Düşen Kazı Miktarı(m ³ /da)			Proje No	Birim Alana Düşen Kazı Miktarı(m ³ /da)		
	ENKY	SAY	SHMY		ENKY	SAY	SHMY
1	113	136	127	16	77	123	101
2	56	59	46	17	92	63	103
3	76	89	78	18	76	82	91
4	153	132	144	19	80	86	61
5	70	126	65	20	57	59	61
6	80	127	83	21	68	61	60
7	65	40	37	22	51	52	52
8	64	71	65	23	135	168	102
9	82	95	71	24	14	38	67
10	83	87	73	25	55	58	44
11	95	106	151	26	93	112	103
12	69	69	78	27	96	96	131
13	59	78	61	28	6	10	9
14	90	92	115	29	61	117	115
15	99	83	120	30	157	148	84

Çizelge 4.25 de verilen değerler, istatistiksel açıdan incelendiğinde, birim alana düşen kazı hacimleri, söz konusu yöntemler için önemsiz çıkmıştır. Sonuçlar arasındaki ilişkiler yüksek düzeydedir. Bu sonucun, her bir yöntem için ele alınan ve CBS ortamında elde edilen alan büyüklüklerinin, birbirlerine eşit olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.25 verilen, birim alana düşen kazı miktarlarının istatistiksel olarak gösterdikleri normal dağılımları Şekil 4.33 de verilmiştir.



Ortalama : 83.71 m³/da
Standart sapma : 33.71

Şekil 4.33. CBS ortamında hesaplanan ve birim alana düşen kazı miktarı değerlerinin dağılımları

Çalışma kapsamında, 3 farklı projelendirme yöntemi için, CBS olanakları kullanılarak hesaplanan kazı-dolgu hacimlerine regresyon analizi uygulanmış, birim alana düşen kazı miktarları ve kazı-dolgu oranları arasındaki ilişkiler incelenmiş ve her bir veri sırası için determinasyon katsayıları ve regresyon eşitlikleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.26 da verilmiştir.

CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu hacimleri, birim alana düşen kazı miktarları ve K/D oranları arasındaki korelasyon ve regresyon ilişkilerine bakıldığında, en yüksek ilişkiler, en küçük kareler-simetrik artıklar yöntemleri sonuçlarında elde edilen değerlerde görülmüş, en düşük ilişki ise kazı-dolgu oranlarında, en küçük kareler-simetrik artıklar yöntemi, diğerlerinde ise simetrik artıklar-sabit hacim merkezi yönteminden elde edilen sonuçlarda gözlenmiştir.

Çizelge 4.26. CBS ortamında elde edilen sonuçlara ilişkin determinasyon katsayıları ve regresyon eşitlikleri

		Determinasyon Katsayısı(R ²)	Regresyon Eşitliği
Kazı Hacimleri	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0.927	$y = 1.1161x - 10.77$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0.850	$y = 0.7253x + 238.23$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0.788	$y = 0.6025x + 290.93$
Dolgu Hacimleri	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0.887	$y = 1.1584x - 22.964$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0.849	$y = 0.7544x + 205.48$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0.810	$y = 0.599x + 273.46$
Birim Alana Düşen Kazı Miktarı	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0.646	$y = 0.8894x + 18.409$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0.457	$y = 0.6927x + 28.469$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0.433	$y = 0.6092x + 29.19$
Kazı/Dolgu Oranları	En Küçük Kareler-Simetrik Artıklar	0.644	$y = 0.692x + 0.2738$
	En Küçük Kareler-Sabit Hacim Merkezi	0.589	$y = 0.7231x + 0.2733$
	Simetrik Artıklar-Sabit Hacim Merkezi	0.724	$y = 0.9287x + 0.0978$

Çalışma içerisinde, 3 farklı yöntemden elde edilen eğimler ile CBS destekli kaba yöntem ile hesaplanan birim alana düşen kazı miktarları, istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.27 de verilmiştir.

Çizelge 4.22 de, elde edilen her bir veri kümesinin, ayrı ayrı ortalamaları, standart sapmaları ve % 95 güven aralığında alabileceği minimum ve maksimum değerleri görülmektedir. Çizelgeden de görülebileceği gibi, CBS olanakları ile hesaplanan, birim alana düşen kazı miktarlarında, en düşük ortalamayı, en küçük kareler yöntemi verirken, en yüksek ortalamayı simetrik artıklar yöntemi vermiştir.

Çizelge 4.27. CBS destekli olarak kaba yöntem ile hesaplanan birim alan düşen kazı miktarlarına ilişkin bazı istatistiksel sonuçlar

	Yöntemler	Ortalama	Standart Sapma	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
Birim Alana	ENKY	81,159	33,19	75,09	87,23
Düşen Kazı Miktarı	SAY	86,690	35,53	80,62	92,76
	SHMY	83,281	33,27	77,21	89,35

4.6. Kazı-Dolgu Hesaplamalarına İlişkin Sonuçların Çoklu Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında ele alınan 30 adet farklı büyüklük ve şekildeki proje alanlarında, geleneksel ve CBS ortamında yapılan hesaplamalar sonucunda aşağıdaki 3 farklı sonuç elde edilmiştir.

- A. Geleneksel olarak en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi eğim sonuçlarını kullanarak, yine geleneksel olarak kaba yöntem ile hesaplanan kazı-dolgu hacimlerine ilişkin sonuçlar,
- B. Geleneksel olarak en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi eğim sonuçlarını kullanarak, CBS destekli olarak hazırlanan kaba yöntem ile hesaplanan kazı-dolgu hacimlerine ilişkin sonuçlar,
- C. CBS desteği ile hesaplanan en küçük kareler, simetrik artıklar ve sabit hacim merkezi eğim sonuçlarını kullanarak, CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu hacimlerine ilişkin sonuçlar.

Çalışma kapsamında elde edilen bu 3 farklı konuya ilişkin sonuç, kendi aralarında, kullanılan eğim ve kazı-dolgu hesaplama yöntemi bazında 9 ayrı konuya ayrılmıştır.

Bunlar;

- A. 1. En küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları,
- A.2. Simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları,
- A.3. Sabit hacim merkezi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları,
- B.1. En küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi destekli kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları,
- B.2. Simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi destekli kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları,
- B.3. Sabit hacim merkezi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi destekli kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları,
- C.1. Coğrafi Bilgi Sistemi destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları,
- C.2. Coğrafi Bilgi Sistemi destekli simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları,
- C.3. Coğrafi Bilgi Sistemi destekli sabit hacim merkezi yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçlarıdır.

Çalışma kapsamında, istatistiksel olarak çoklu karşılaştırma analizi, bu 9 ayrı sonuç üzerinden yapılmıştır.

Çalışma kapsamında, söz konusu 9 ayrı sonucun çoklu karşılaştırılması ile elde edilen istatistiksel sonuçlar Çizelge 4.28, Çizelge 4.29, Çizelge 4.30, Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32 de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Kazı-dolgu hesaplamalarına ilişkin tanımlayıcı istatistiksel değerler

	YÖNTEM	Ortalama	Ortalamanın Standart Hatası	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
Kazı Hacimleri(m ³)	A-1	948,927	38,201	873,662	1024,191
	A-2	982,357	38,201	907,092	1057,621
	A-3	905,713	38,201	830,449	980,978
	B-1	920,327	38,201	845,062	995,591
	B-2	967,420	38,201	892,155	1042,685
	B-3	890,040	38,201	814,775	965,305
	C-1	886,010	38,201	810,745	961,275
	C-2	951,320	38,201	876,055	1026,585
	C-3	871,883	38,201	796,619	947,148
Dolgu Hacimleri(m ³)	A-1	983,067	40,476	903,319	1062,814
	A-2	1034,847	40,476	955,099	1114,594
	A-3	955,707	40,476	875,959	1035,454
	B-1	943,177	40,476	863,429	1022,924
	B-2	1021,827	40,476	942,079	1101,574
	B-3	914,913	40,476	835,166	994,661
	C-1	906,920	40,476	827,172	986,668
	C-2	998,335	40,476	918,587	1078,083
	C-3	880,390	40,476	800,642	960,138
Kazı/Dolgu Oranı	A-1	0,954	0,010	0,934	0,974
	A-2	0,950	0,010	0,930	0,970
	A-3	0,945	0,010	0,925	0,965
	B-1	0,963	0,010	0,943	0,983
	B-2	0,948	0,010	0,928	0,968
	B-3	0,970	0,010	0,950	0,989
	C-1	0,979	0,010	0,959	0,998
	C-2	0,951	0,010	0,932	0,971
	C-3	0,981	0,010	0,962	1,001
Dekara Kazı Miktarı(m ³ /da)	A-1	84,267	2,990	78,375	90,158
	A-2	91,367	2,990	85,475	97,258
	A-3	87,967	2,990	82,075	93,858
	B-1	84,267	2,990	78,375	90,158
	B-2	91,367	2,990	85,475	97,258
	B-3	87,967	2,990	82,075	93,858
	C-1	79,067	2,990	73,175	84,958
	C-2	88,767	2,990	82,875	94,658
	C-3	83,267	2,990	77,375	89,158

Çizelge 4.29. Kazı hacimlerine ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları

Baz Alınan Yöntem	Yöntemler	Ortalama Farklılık	Önemlilik*(P)	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
A-1	A-2	-33,430	0,537	-139,87	73,01
	A-3	43,210	0,425	-63,22	149,65
	B-1	28,600	0,597	-77,84	135,04
	B-2	-18,493	0,732	-124,93	87,94
	B-3	58,886	0,277	-47,55	165,31
	C-1	62,916	0,245	-43,52	169,35
	C-2	-2,393	0,965	-108,83	104,04
	C-3	77,043	0,155	-29,39	183,48
	A-2	A-1	33,430	0,537	-73,01
A-3		76,643	0,157	-29,79	183,08
B-1		62,030	0,252	-44,41	168,47
B-2		14,936	0,782	-91,50	121,37
B-3		92,316	0,089	-14,12	198,75
C-1		96,346	0,076	-10,09	202,78
C-2		31,036	0,566	-75,40	137,47
C-3		110,473*	0,042	4,03	216,91
A-3		A-1	-43,213	0,425	-149,65
	A-2	-76,643	0,157	-183,08	29,79
	B-1	-14,613	0,787	-121,05	91,82
	B-2	-61,706	0,255	-168,14	44,73
	B-3	15,673	0,772	-90,76	122,11
	C-1	19,703	0,716	-86,73	126,14
	C-2	-45,606	0,399	-152,04	60,83
	C-3	33,830	0,532	-72,61	140,27
	B-1	A-1	-28,600	0,597	-135,04
A-2		-62,030	0,252	-168,47	44,41
A-3		14,613	0,787	-91,82	121,05
B-2		-47,093	0,384	-153,53	59,34
B-3		30,286	0,576	-76,15	136,72
C-1		34,316	0,526	-72,12	140,75
C-2		-30,993	0,567	-137,43	75,44
C-3		48,443	0,371	-57,99	154,88
B-2		A-1	18,493	0,732	-87,94
	A-2	-14,936	0,782	-121,37	91,50
	A-3	61,706	0,255	-44,73	168,14
	B-1	47,093	0,384	-59,34	153,53
	B-3	77,380	0,153	-29,06	183,82
	C-1	81,410	0,133	-25,03	187,85
	C-2	16,100	0,766	-90,34	122,54
	C-3	95,536	0,078	-10,90	201,97
	B-3	A-1	-58,886	0,277	-165,37
A-2		-92,316	0,089	-198,75	14,12
A-3		-15,673	0,772	-122,11	90,76
B-1		-30,286	0,576	-136,72	76,15
B-2		-77,380	0,153	-183,82	29,06
C-1		4,030	0,941	-102,41	110,45
C-2		-61,280	0,258	-167,72	45,16
C-3		18,156	0,737	-88,28	124,59

Ortalamalara dayanarak : *. Ortalama farklılıkları % 5 düzeyinde önemli(P<0.05)

a . En düşük önemli farklılık

Çizelge 4.29. Kazı hacimlerine ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları(devam)

Baz Alınan Yöntem	Yöntemler	Ortalama Farklılık	Önemlilik*(P)	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
C-1	A-1	-62,916	0,245	-169,35	43,52
	A-2	-96,346	0,076	-202,78	10,09
	A-3	-19,703	0,716	-126,14	86,73
	B-1	-34,316	0,526	-140,75	72,12
	B-2	-81,410	0,133	-187,85	25,03
	B-3	-4,030	0,941	-110,47	102,41
	C-2	-65,310	0,228	-171,75	41,13
	C-3	14,126	0,794	-92,31	120,56
	C-2	A-1	2,393	0,965	-104,04
A-2		-31,036	0,566	-137,47	75,40
A-3		45,606	0,399	-60,83	152,04
B-1		30,993	0,567	-75,44	137,43
B-2		-16,100	0,766	-122,55	90,34
B-3		61,280	0,258	-45,16	167,72
C-1		65,310	0,228	-41,13	171,75
C-3		79,436	0,143	-27,00	185,87
C-3		A-1	-77,043	0,155	-183,48
	A-2	-110,473*	0,042	-216,918	-4,03
	A-3	-33,830	0,532	-140,27	72,61
	B-1	-48,443	0,371	-154,88	57,99
	B-2	-95,536	0,078	-201,97	10,90
	B-3	-18,156	0,737	-124,59	88,28
	C-1	-14,126	0,794	-120,561	92,31
	C-2	-79,436	0,143	-185,81	27,00

Ortalamalara dayanarak : *. Ortalama farklılıkları % 5 düzeyinde önemli(P<0.05)

a . En düşük önemli farklılık

Çizelge 4.30. Dolgu hacimlerine ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları

Baz Alınan Yöntem	Yöntemler	Ortalama Farklılık	Önemlilik*(P)	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
A-1	A-2	-51,7800	0,367	-164,5604	61,0004
	A-3	27,3600	0,633	-85,4204	140,1404
	B-1	39,8900	0,487	-72,8904	152,6704
	B-2	-38,7600	0,499	-151,5404	74,0204
	B-3	68,1533	0,235	-44,6270	180,9337
	C-1	76,1467	0,185	-36,6337	188,9270
	C-2	-15,2683	0,790	-128,0487	97,5120
	C-3	102,6767	0,074	-10,1037	215,4570
	A-2	A-1	51,7800	0,367	-61,0004
A-3		79,1400	0,168	-33,6404	191,9204
B-1		91,6700	0,111	-21,1104	204,4504
B-2		13,0200	0,820	-99,7604	125,8004
B-3		119,9333*	0,037	7,1530	232,7137
C-1		127,9267*	0,026	15,1463	240,7070
C-2		36,5117	0,524	-76,2687	149,2920
C-3		154,4567**	0,007	41,6763	267,2370
A-3		A-1	-27,3600	0,633	-140,1404
	A-2	-79,1400	0,168	-191,9204	33,6404
	B-1	12,5300	0,827	-100,2504	125,3104
	B-2	-66,1200	0,249	-178,9004	46,6604
	B-3	40,7933	0,477	-71,9870	153,5737
	C-1	48,7867	0,395	-63,9937	161,5670
	C-2	-42,6283	0,457	-155,4087	70,1520
	C-3	75,3167	0,190	-37,4637	188,0970

Çizelge 4.30. Dolgu hacimlerine ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları(devam)

Baz Alınan Yöntem	Yöntemler	Ortalama Farklılık	Önemlilik*(P)	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
B-1	A-1	-39,8900	0,487	-152,67	72,89
	A-2	-91,6700	0,111	-204,45	21,11
	A-3	-12,5300	0,827	-125,31	100,25
B-2	B-2	-78,6500	0,171	-191,43	34,13
	B-3	28,2633	0,622	-84,51	141,04
	C-1	36,2567	0,527	-76,52	149,03
B-3	C-2	-55,1583	0,336	-167,93	57,62
	C-3	62,7867	0,274	-49,99	175,56
	A-1	38,7600	0,499	-74,02	151,54
B-2	A-2	-13,0200	0,820	-125,80	99,76
	A-3	66,1200	0,249	-46,66	178,90
	B-1	78,6500	0,171	-34,13	191,43
B-3	B-3	106,9133	0,063	-5,86	219,69
	C-1	114,9067*	0,046	2,12	227,68
	C-2	23,4917	0,682	-89,28	136,27
B-3	C-3	141,4367*	0,014	28,65	254,21
	A-1	-68,1533	0,235	-180,93	44,62
	A-2	-119,9333*	0,037	-232,71	-7,15
B-2	A-3	-40,7933	0,477	-153,57	71,98
	B-1	-28,2633	0,622	-141,04	84,51
	B-2	-106,9133	0,063	-219,69	5,86
C-1	C-1	7,9933	0,889	-104,78	120,77
	C-2	-83,4217	0,146	-196,20	29,35
	C-3	34,5233	0,547	-78,25	147,30
C-2	A-1	-76,1467	0,185	-188,92	36,63
	A-2	-127,9267*	0,026	-240,70	-15,14
	A-3	-48,7867	0,395	-161,560	63,99
C-3	B-1	-36,2567	0,527	-149,03	76,52
	B-2	-114,9067*	0,046	-227,68	-2,12
	B-3	-7,9933	0,889	-120,77	104,78
C-2	C-2	-91,4150	0,112	-204,19	21,36
	C-3	26,5300	0,643	-86,25	139,31
	A-1	15,2683	0,790	-97,51	128,04
C-3	A-2	-36,5117	0,524	-149,29	76,26
	A-3	42,6283	0,457	-70,152	155,40
	B-1	55,1583	0,336	-57,62	167,93
C-1	B-2	-23,4917	0,682	-136,27	89,28
	B-3	83,4217	0,146	-29,35	196,20
	C-1	91,4150	0,112	-21,36	204,19
C-2	C-3	117,9450*	0,040	5,16	230,72
	A-1	-102,6767	0,074	-215,45	10,10
	A-2	-154,4567**	0,007	-267,23	-41,67
C-3	A-3	-75,3167	0,190	-188,09	37,46
	B-1	-62,7867	0,274	-175,56	49,99
	B-2	-141,4367*	0,014	-254,21	-28,65
C-1	B-3	-34,5233	0,547	-147,30	78,25
	C-1	-26,5300	0,643	-139,31	86,25
	C-2	-117,9450*	0,040	-230,72	-5,16

Ortalamalara dayanarak : *. Ortalama farklılıkları % 5 düzeyinde önemli(P<0.05)

** . Ortalama farklılıkları % 1 düzeyinde önemli(P<0.01)

a . En düşük önemli farklılık

Çizelge 4.31. Kazı/Dolgu oranlarına ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları

Baz Alınan Yöntem	Yöntemler	Ortalama Farklılık	Önemlilik ^a (P)	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
A-1	A-2	0,0004	0,768	-0,02	0,03
	A-3	0,0009	0,519	-0,01	0,03
	B-1	-0,0009	0,522	-0,03	0,02
	B-2	0,0006	0,664	-0,02	0,03
	B-3	-0,001	0,268	-0,04	0,01
	C-1	-0,002	0,080	-0,05	0,003
	C-2	0,002	0,845	-0,02	0,03
	C-3	-0,002	0,055	-0,05	0,004
	A-2	A-1	-0,004	0,768	-0,03
A-3		0,004	0,727	-0,02	0,03
B-1		-0,001	0,350	-0,04	0,01
B-2		0,001	0,889	-0,02	0,02
B-3		-0,001	0,161	-0,04	0,007
C-1		-0,002*	0,041	-0,05	-0,003
C-2		-0,0001	0,921	-0,02	0,02
C-3		-0,003*	0,027	-0,05	-0,003
A-3		A-1	-0,0009	0,519	-0,03
	A-2	-0,0004	0,727	-0,03	0,02
	B-1	-0,001	0,200	-0,04	0,009
	B-2	-0,0002	0,834	-0,03	0,02
	B-3	-0,002	0,080	-0,05	0,03
	C-1	-0,003*	0,017	-0,06	-0,003
	C-2	-0,0006	0,654	-0,03	0,02
	C-3	-0,003*	0,011	-0,06	-0,008
	B-1	A-1	0,009	0,522	-0,01
A-2		0,001	0,350	-0,01	0,04
A-3		0,001	0,200	-0,09	0,04
B-2		0,001	0,283	-0,01	0,04
B-3		-0,0006	0,638	-0,03	0,02
C-1		-0,001	0,266	-0,04	0,01
C-2		0,001	0,403	-0,01	0,009
C-3		-0,001	0,199	-0,04	0,09
B-2		A-1	-0,0006	0,664	-0,03
	A-2	-0,0001	0,889	-0,02	0,02
	A-3	0,0002	0,834	-0,02	0,03
	B-1	-0,001	0,283	-0,04	0,01
	B-3	-0,002	0,123	-0,04	0,05
	C-1	-0,003*	0,029	-0,05	-0,03
	C-2	-0,0003	0,811	-0,03	0,02
	C-3	-0,003*	0,019	-0,06	-0,003
	B-3	A-1	0,001	0,268	-0,01
A-2		0,001	0,161	-0,07	0,04
A-3		0,002	0,080	-0,03	0,05
B-1		0,0006	0,638	-0,02	0,03
B-2		0,002	0,123	-0,05	0,04
C-1		-0,0009	0,519	-0,03	0,01
C-2		0,001	0,192	-0,09	0,04
C-3		-0,001	0,414	-0,03	0,01

Ortalamalara dayanarak : *. Ortalama farklılıkları % 5 düzeyinde önemli(P<0.05)

a . En düşük önemli farklılık

Çizelge 4.31. Kazı/Dolgu oranlarına ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları(devam)

Baz Alınan Yöntem	Yöntemler	Ortalama Farklılık	Önemlilik*(P)	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
C-1	A-1	0,002	0,080	-0,003	0,05
	A-2	0,002*	0,041	0,001	0,05
	A-3	0,003*	0,017	0,006	0,06
	B-1	0,001	0,266	-0,02	0,04
	B-2	0,003*	0,029	0,003	0,05
	B-3	0,0009	0,519	-0,02	0,03
	C-2	0,002	0,052	-0,002	0,05
	C-3	-0,0002	0,863	-0,02	0,02
	C-2	A-1	-0,0002	0,845	-0,02
A-2		0,0001	0,921	-0,02	0,02
A-3		0,0006	0,654	-0,02	0,03
B-1		-0,001	0,403	-0,03	0,01
B-2		0,0003	0,811	-0,02	0,03
B-3		-0,001	0,192	-0,04	0,09
C-1		-0,002	0,052	-0,05	0,002
C-3		-0,002*	0,035	-0,05	-0,002
C-3		A-1	0,002	0,055	-0,05
	A-2	0,003*	0,027	0,003	0,05
	A-3	0,003*	0,011	0,08	0,06
	B-1	0,001	0,199	-0,009	0,04
	B-2	0,003*	0,019	0,005	0,06
	B-3	0,001	0,414	-0,01	0,03
	C-1	0,0002	0,863	-0,02	0,03
	C-2	0,002*	0,035	0,003	0,05

Ortalamalara dayanarak : *. Ortalama farklılıkları % 5 düzeyinde önemli(P<0.05)
a . En düşük önemli farklılık

Çizelge 4.32. Dekara düşen kazı miktarlarına ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları

Baz Alınan Yöntem	Yöntemler	Ortalama Farklılık	Önemlilik*(P)	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
A-1	A-2	-7,1000	0,094	-15,43	1,23
	A-3	-3,7000	0,382	-12,03	4,63
	B-1	0,0000	1,000	-8,33	8,33
	B-2	-7,1000	0,094	-15,46	1,23
	B-3	-3,7000	0,382	-12,03	4,63
	C-1	5,2000	0,220	-3,13	13,53
	C-2	-4,5000	0,288	-12,83	3,83
	C-3	1,0000	0,813	-7,33	9,33
	A-2	A-1	7,1000	0,094	-1,23
A-3		3,4000	0,422	-4,93	11,73
B-1		7,1000	0,094	-1,23	15,43
B-2		0,0000	1,000	-8,33	8,33
B-3		3,4000	0,422	-4,93	11,73
C-1		12,3000**	0,004	3,96	20,63
C-2		2,6000	0,539	-5,73	10,93
C-3		8,1000	0,057	-0,23	16,43
A-3		A-1	3,7000	0,382	-4,63
	A-2	-3,4000	0,422	-11,76	4,93
	B-1	3,7000	0,382	-4,63	12,03
	B-2	-3,4000	0,422	-11,76	4,93
	B-3	0,0000	1,000	-8,33	8,33
	C-1	8,9000*	0,036	0,56	17,23
	C-2	-8,000	0,850	-9,13	7,53
	C-3	4,7000	0,268	-3,63	13,03

Çizelge 4.32. Dekara düşen kazı miktarlarına ilişkin istatistiksel çoklu karşılaştırma sonuçları(devam)

Baz Alınan Yöntem	Yöntemler	Ortalama Farklılık	Önemlilik ^a	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
B-1	A-1	0,0000	1,000	-8,336	8,33
	A-2	-7,1000	0,094	-15,43	1,23
	A-3	-3,7000	0,382	-12,03	4,63
B-2	B-2	-7,1000	0,094	-15,43	1,23
	B-3	-3,7000	0,382	-12,03	4,63
	C-1	5,2000	0,220	-3,13	13,53
B-2	C-2	-4,5000	0,288	-12,83	3,83
	C-3	1,0000	0,813	-7,33	9,33
	A-1	7,1000	0,094	-1,23	15,43
B-2	A-2	,0000	1,000	-8,33	8,33
	A-3	3,4000	0,422	-4,93	11,73
	B-1	7,1000	0,094	-1,23	15,43
B-2	B-3	3,4000	0,422	-4,93	11,73
	C-1	12,3000**	0,004	3,96	20,63
	C-2	2,6000	0,539	-5,73	10,93
B-3	C-3	8,1000	0,057	-0,23	16,43
	A-1	3,7000	0,382	-4,63	12,03
	A-2	-3,4000	0,422	-11,73	4,93
B-3	A-3	,0000	1,000	-8,33	8,33
	B-1	3,7000	0,382	-4,63	12,03
	B-2	-3,4000	0,422	-11,73	4,93
C-1	C-1	8,9000*	0,036	0,56	17,23
	C-2	-,8000	0,850	-9,13	7,53
	C-3	4,7000	0,268	-3,63	13,03
C-1	A-1	-5,2000	0,220	-13,53	3,13
	A-2	-12,3000**	0,004	-20,63	-3,96
	A-3	-8,9000*	0,036	-17,23	-0,56
C-1	B-1	-5,2000	0,220	-13,53	3,13
	B-2	-12,3000**	0,004	-20,63	-3,96
	B-3	-8,9000*	0,036	-17,23	-0,56
C-2	C-2	-9,7000*	0,023	-18,03	-1,36
	C-3	-4,2000	0,322	-12,53	4,13
	A-1	4,5000	0,288	-3,83	12,83
C-2	A-2	-2,6000	0,539	-10,93	5,73
	A-3	,8000	0,850	-7,53	9,13
	B-1	4,5000	0,288	-3,83	12,83
C-2	B-2	-2,6000	0,539	-10,91	5,73
	B-3	,8000	0,850	-7,53	9,13
	C-1	9,7000*	0,023	1,36	18,03
C-3	C-3	5,5000	0,195	-2,83	13,83
	A-1	-1,0000	0,813	-9,33	7,33
	A-2	-8,1000	0,057	-16,43	0,23
C-3	A-3	-4,7000	0,268	-13,03	3,63
	B-1	-1,0000	0,813	-9,33	7,33
	B-2	-8,1000	0,057	-16,46	0,23
C-3	B-3	-4,7000	0,268	-13,03	3,63
	C-1	4,2000	0,322	-4,13	12,53
	C-2	-5,5000	0,195	-13,83	2,83

Ortalamalara dayanarak : * . Ortalama farklılıkları % 5 düzeyinde önemli(P<0.05)

** . Ortalama farklılıkları % 1 düzeyinde önemli(P<0.01)

a . En düşük önemli farklılık

Çalışma kapsamında, kazı-dolgu hesaplamalarına ilişkin hazırlanan çizelgeler incelendiğinde, şu sonuçlara varılmıştır.

Kazı Hacimleri :

- Simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak kaba yöntem ile elde edilen kazı dolgu sonuçları (A-2 numaralı yöntem), CBS destekli sabit hacim merkezi yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı dolgu sonuçları ile %5 düzeyinde farklılık gösterirken (C-3 numaralı yöntem), diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

Dolgu Hacimleri :

- Simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak kaba yöntem ile elde edilen kazı dolgu sonuçları (A-2 numaralı yöntem), sabit hacim merkezi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS destekli kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları (B-3 numaralı yöntem) ve CBS destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları ile (C-1 numaralı yöntem) %5 düzeyinde, CBS destekli sabit hacim merkezi yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-3 numaralı yöntem) ile %1 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.
- Simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS destekli kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları (B-2 numaralı yöntem), CBS destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-1 numaralı yöntem) ve CBS destekli sabit hacim merkezi yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-3 numaralı yöntem) ile %5 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

- CBS destekli simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-2 numaralı yöntem), CBS destekli sabit hacim merkezi yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-3 numaralı yöntem) ile %5 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

Kazı-Dolgu Oranı :

- Simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak kaba yöntem ile elde edilen kazı dolgu sonuçları (A-2 numaralı yöntem), CBS destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-1 numaralı yöntem) ve CBS destekli sabit hacim merkezi yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-3 numaralı yöntem) ile %5 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.
- Sabit hacim merkezi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları (A-3 numaralı yöntem), CBS destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-1 numaralı yöntem) ve CBS destekli sabit hacim merkezi yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-3 numaralı yöntem) ile %5 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.
- Simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS destekli kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları (B-2 numaralı yöntem), CBS destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-1 numaralı yöntem) ve CBS destekli sabit hacim merkezi yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-3 numaralı yöntem) ile %5 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

- CBS destekli simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak, CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-2 numaralı yöntem), CBS destekli sabit hacim merkezi yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-3 numaralı yöntem) ile %5 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

Birim Alana Düşen Kazı Miktarı :

- Simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak kaba yöntem ile elde edilen kazı dolgu sonuçları (A-2 numaralı yöntem), CBS destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-1 numaralı yöntem) ile %1 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.
- Sabit hacim merkezi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları (A-3 numaralı yöntem), CBS destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-1 numaralı yöntem) ile %5 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.
- Simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS destekli kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları (B-2 numaralı yöntem), CBS destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-1 numaralı yöntem) ile %1 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.
- Sabit hacim merkezi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS destekli kaba yöntem ile elde edilen kazı-dolgu sonuçları (B-3 numaralı yöntem), CBS destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları

(C-1 numaralı yöntem) ile %5 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

- CBS destekli simetrik artıklar yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-2 numaralı yöntem), CBS destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen kazı-dolgu sonuçları (C-1 numaralı yöntem) ile %5 düzeyinde farklılık gösterirken, diğer yöntemlerle birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

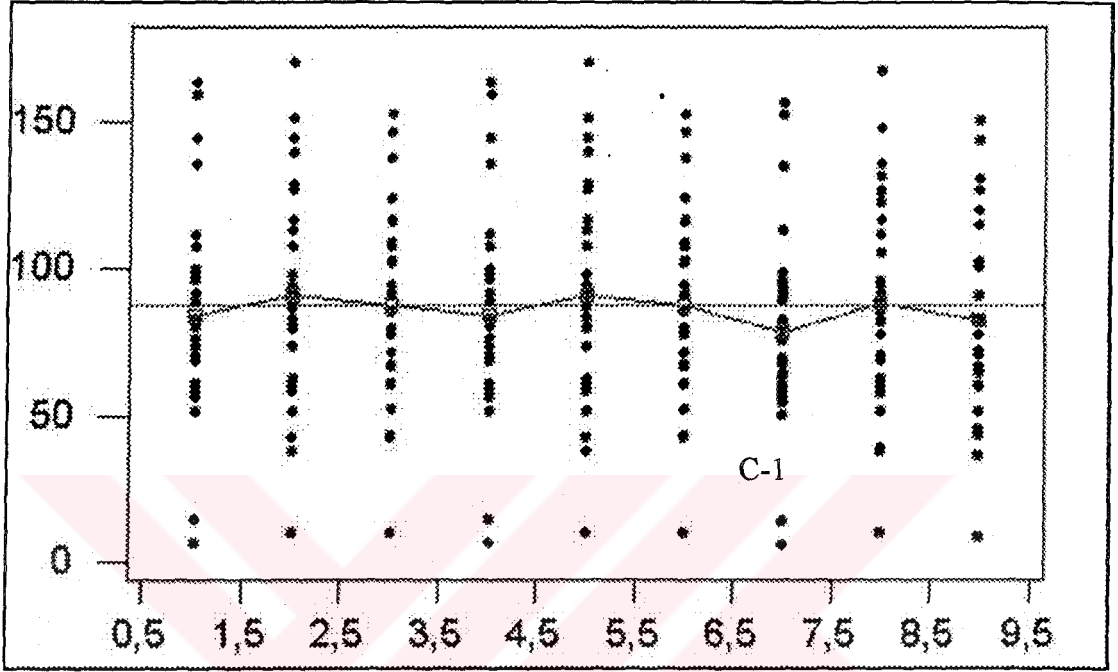
Çalışma kapsamında, elde edilen tüm sonuçlar içerisinde % 5 ve % 1 düzeyinde önemli olan konularda, hangi yöntemin en ekonomik olacağı ve en az kazı miktarını vereceği konusu araştırılmıştır. Bu bağlamda sonuçlara istatistiksel açıdan Tukey testi yapılmıştır. Sonuçta %95 güven aralığında birim alana düşen kazı miktarları açısından Çizelge 4.33 de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.33. Dekara düşen kazı miktarlarına ilişkin Tukey testi sonuçları

Yöntemler	N	Dekara Kazı(m ³ /da)
C-1	30	79,0667
C-3	30	83,2667
A-1	30	84,2667
B-1	30	84,2667
A-3	30	87,9667
B-3	30	87,9667
C-2	30	88,7667
A-2	30	91,3667
B-2	30	91,3667

Çizelge 4.33 incelendiğinde, C-1 simgesi ile adlandırılan, CBS destekli en küçük kareler yöntemi ile belirlenen eğim sonuçları kullanılarak CBS ortamında elde edilen birim alana düşen kazı miktarları, diğer yöntemlere göre en düşük kazı miktarını verdiği gözlemlenmektedir. Aynı zamanda, birim alana düşen kazı miktarı değerlerinin ortalamalarını esas alan grafik Şekil 4.34 de verilmiştir. Şekilden de görülebileceği, söz

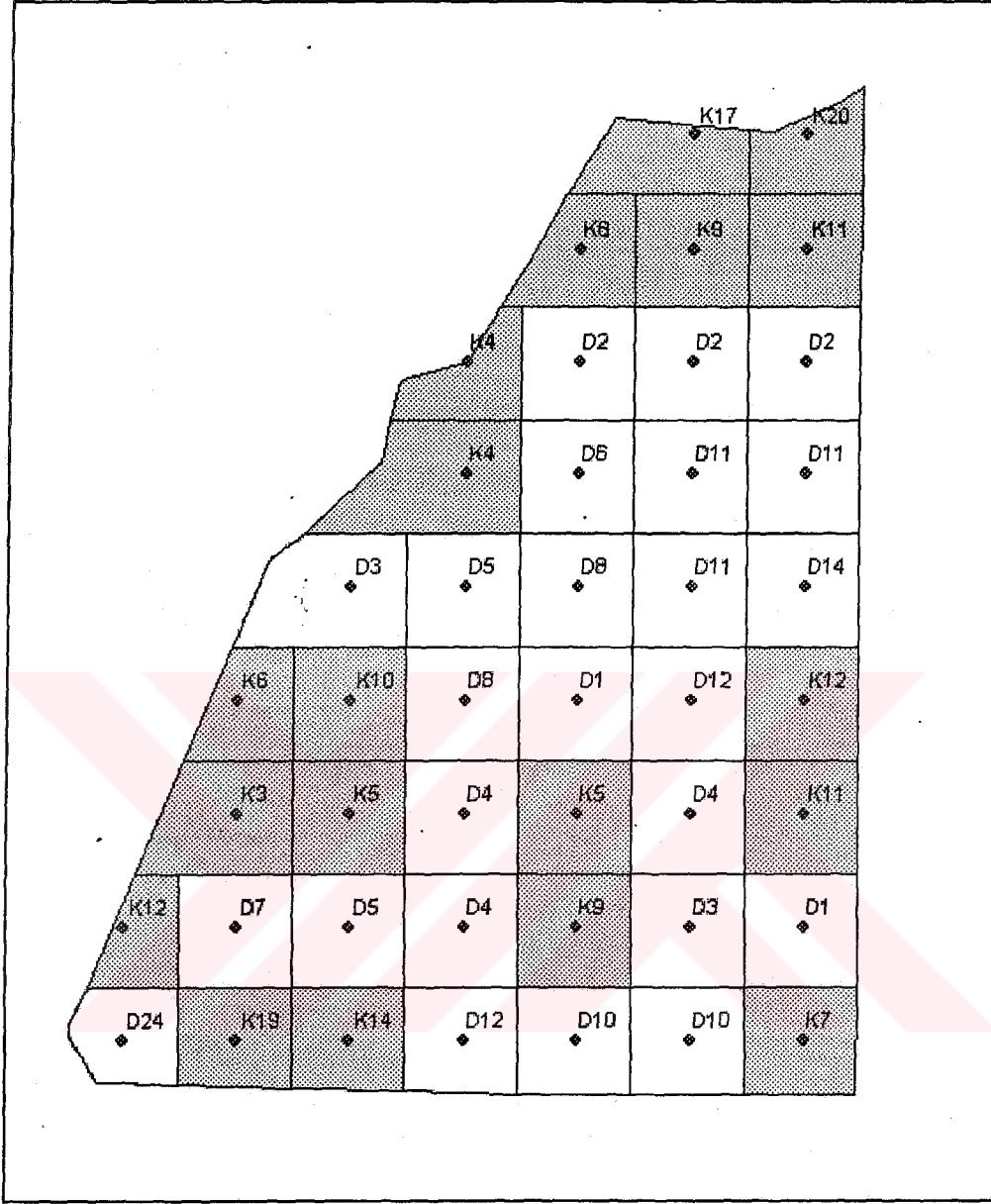
konusu yöntemlerin hepsi ortalamaya yakın sonuçlar verirken, C-1 numaralı yöntem diğerlerine göre ortalamadan biraz sapma göstermiştir.



Şekil 4.34. Birim alana düşen kazı miktarlarının ortalama dağılımları

4.7. Hacim Dağıtım Planlarına İlişkin Elde Edilen Sonuçlar

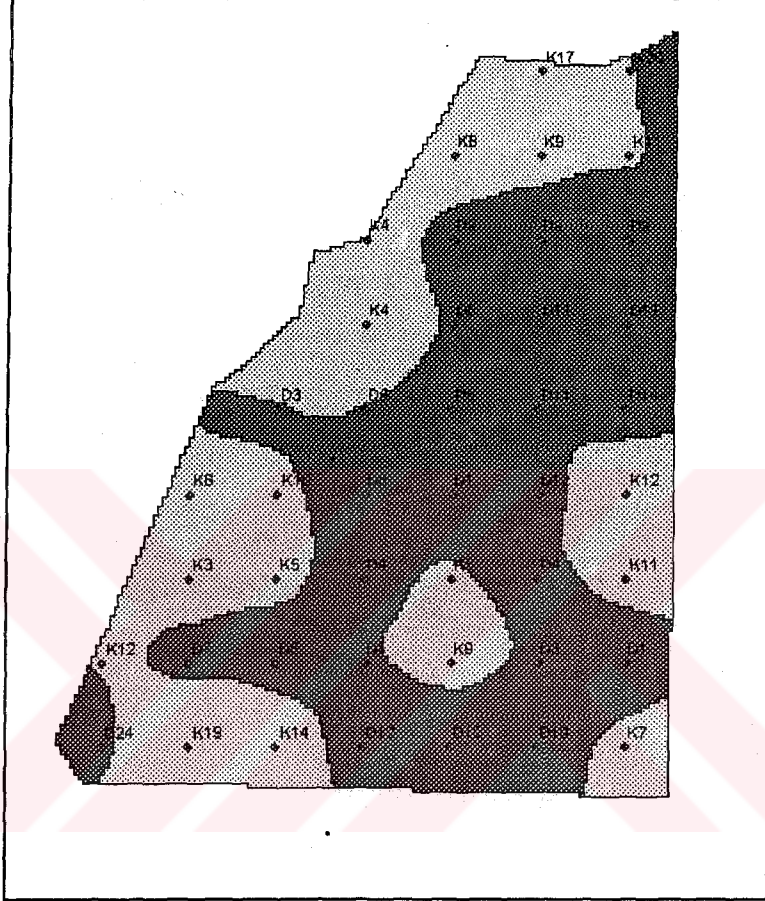
Çalışma kapsamında, ele alınan 30 adet proje alanında, geleneksel yöntemlerle yapılan hacim dağıtım planlarının yanı sıra, CBS ortamında da hacim dağıtım planları elde edilmiştir (Şekil 4.35, Şekil 4.36).



Şekil 4.35. Hacim dağıtım planı

Şekil 4.35 de geleneksel olarak kaba yöntemle hazırlanan hacim dağıtım planı görülmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi, kazı-dolgu sınırları yarım kare boyu mesafeden geçmektedir. Şekil 4.36 da ise, Coğrafi Bilgi Sistemi olanakları ile oluşturulan hacim dağıtım planı verilmiştir. Burada ise sınırlar, CBS ortamında lineer enterpolasyonla daha gerçek noktalardan geçmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemi olanakları ile hazırlanan bir hacim dağıtım planının, günümüzün teknolojik aletleri ile araziye uygulaması sonucunda, arazi üzerinde yapılacak tesviye sonrası işlemlerinin büyük

ölçüde kolaylaşacağı, işgücü ve ekonomiklik açısından fayda sağlayacağı düşünülmektedir



Şekil 4.36. CBS olanakları ile hazırlanan hacim dağıtım planı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, arazi tesviyesi projelemesi kapsamında, tesviye projelemesinin her aşamasında geçerli olmak üzere, Coğrafi Bilgi Sisteminin kullanım olanakları araştırılmış, ele alınan arazi tesviyesi projeleme yöntemleri arasındaki farklılıklar ortaya konulmaya ve arazi tesviyesi projelemesine farklı bir yaklaşım getirilmeye çalışılmıştır.

Bu bağlamda, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında, çalışma kapsamında ele alınan tesviye projelemesi hesaplamalarının yapılabileceği ve sonuçların kolaylıkla analiz edilip sorgulanabileceği bir model hazırlanmıştır. Sonuçta, Coğrafi Bilgi Sisteminin tüm olanakları kullanılarak elde edilen sonuçlar söz konusu geleneksel yöntemler ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve arazi tesviyesi projelemesinde Coğrafi Bilgi Sisteminin kolaylıkları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında, 30 adet farklı büyüklük ve şekildeki proje alanı üzerinde, En Küçük Kareler, Simetrik Artıklar ve Sabit Hacim Merkezi yöntemlerinin gerektirdiği hesaplamalar ile tesviye düzlemi eğimleri belirlenmiş ve söz konusu alanların kaba hesaplama yöntemi ile kazı-dolgu hesaplamaları yapılmıştır. Aynı zamanda, 30 adet proje alanında, Coğrafi Bilgi Sistemi destekli olarak, ele alınan tesviye düzlemi eğimi belirleme yöntemleri ve kazı-dolgu hesaplama yöntemleri ile de projelendirme yapılmıştır.

Çalışmada, tesviye projelemesinin başından sonuna kadar her aşamada Coğrafi Bilgi Sisteminin kolaylıklarından faydalanılmaya çalışılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemi, alan hesaplamaları, sayısal yükseklik modellerinin ve tesviye eğrili haritaların üretimi, tesviye düzlemi eğimlerinin hesaplanması ve kazı-dolgu hesaplamalarının tümünde kolaylıklar sağlamıştır.

Arazi tesviyesi projelemelerinde, bilindiği gibi, projeleme kapsamında hesaplamaların yapılabilmesi için gerekli olan arazi ölçüm verileri (her bir istasyon noktasının x ve y koordinat değerleri ile yükseklik okuma değeri), öncelikle milimetrik kağıtlar üzerine işlenmekte ve arazinin yaklaşık bir krokisi çıkarılmaktadır. Daha sonra, bu verilerden yola çıkarak, gerek elle, projelendirme işlemleri yapılmakta, gerekse bilgisayar ortamında matematiksel işlemlerin yapılabildiği paket programlara bu değerler teker teker girilerek projelendirme yapılabilmektedir. Çalışma kapsamında,

Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında oluşturulan sistem ile söz konusu bu veriler, bilgisayar ortamına otomatik olarak aktarılmış, iş gücü ve zaman açısından büyük kolaylıklar sağlanmıştır. Aynı şekilde, çalışma içerisinde yapılan arazi ölçümlerinde, GPS in kullanılmış olması, söz konusu veriler ile proje alanlarının haritalarını çıkarmakta büyük kolaylıklar sağlamıştır. Arazi tesviyesi projelemesi kapsamında, günümüzde yapılan arazi ölçümlerinde, teodolit veya nivelman gibi aletler kullanılması yerine, GPS veya Total Station gibi daha kapsamlı aletlerin kullanılması ile, arazi topoğrafyasının bilgisayar ortamına çok daha kolay aktararak, gösterimi yapılabilecektir.

Çalışmada, arazi ölçüm verilerini kullanarak, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında oluşturulan veri tabanı bilgileri ile proje alanlarının analizleri ve sorgulamaları kolaylıkla yapılabilmış, arazi tesviyesi projelemesi için gerekli olan bilgilere kolaylıkla ulaşılmıştır.

Arazi projelemesi kapsamında, Coğrafi Bilgi Sistemi olanaklarının kullanılması ile proje alanlarının gerçek ölçüleri, bilgisayar ortamında tam olarak hesaplanabilmıştır. Özellikle CBS ortamında yapılan konumsal analizler ve sorgulamalar ile, proje alanlarının sınırlarına denk gelen ve bir birimden farklı olan alan değerleri çok daha gerçekçi bir şekilde hesaplanabilmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında yapılan bu işlemler ile kazı-dolgu hesaplamaları daha kolay yapılabilecek ve bu da kazı maliyetleri olumlu yönde etkileyecektir.

Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında oluşturulan veri tabanı bilgileri ile proje alanlarının sayısal yükseklik modelleri oluşturulmuştur. Sayısal yükseklik modelleri ile ele alınan proje alanlarının istenilen aralıklara sahip tesviye eğrili haritaları oluşturulmuş ve istenilen noktaların yükseklik değerleri elde edilebilmiştir.

Arazi tesviyesi projelemesinde önemli bir yere sahip olan ağırlık merkezi hesaplamaları, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında kolaylıkla yapılabilmıştır. Özellikle şekli düzgün olmayan alanlarda, ağırlık merkezi koordinatlarını hesaplamaya yönelik işlemlerin zorluğu, Coğrafi Bilgi Sistemi yardımıyla ortadan kalkmıştır.

Tesviye düzlemi eğimlerinin hesaplanmasında, ele alınan 3 ayrı yöntemde, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında tasarımı yapılan veri tabanı bilgilerinden yararlanılmış, matematiksel işlemler zaman ve işgücü bakımından daha hızlı yapılabilmıştır. Aynı zamanda, tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesi aşamasında, özellikle alansal

bilgiler, veri tabanı tasarımı içerisinde otomatik olarak alınmış ve hesaplamalara dahil edilmiştir. Bu işlemler, kazı-dolgu hesaplamalarındaki hassasiyeti arttırmıştır.

Kazı-dolgu hesaplamalarında, Coğrafi Bilgi Sistemi destekli kaba yöntem ile hesaplanan dekara düşen kazı miktarları, geleneksel olarak kaba yöntem ile hesaplanan kazı miktarlarına göre daha düşük sonuçlar vermiştir. Bu farklılıkların, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanan ve özellikler konumsal analizler sonucu elde edilen her bir istasyon noktasının temsil ettiği alan değerlerinin, gerçeği daha iyi yansıttığından ileri gelmektedir.

Aynı şekilde, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında elde edilen dekara kazı miktarları da, CBS destekli kaba yöntemle göre yakın ama daha düşük sonuçlar vermiştir. Bu durum ise, gerektiğinde 1x1 m lik grid boyutlarına kadar inilebilen sayısal yükseklik modelleri üzerinden hesaplamaların yapılmasından kaynaklanmaktadır.

Arazi üzerinde yapılan ölçümler ne kadar sıklıkta olursa, bu veriler üzerinden yapılacak işlemler, gerçek arazi değerleri daha iyi yansıtmaktadır. Arazi tesviyesi çalışmalarında, günümüzün modern ölçüm aletleri ile sık aralıklarla yapılacak ölçümlerin, tesviye projelemesi hesaplamalarındaki hataları en aza indireceği ve kazı-dolgu hesaplamalarının da daha hassas olacağı düşünülmektedir.

Arazi tesviye projelemesinde, kazı-dolgu hesaplamaları sonucunda hazırlanan hacim dağıtım planlarının, Coğrafi Bilgi Sistemi olanakları kullanılarak hazırlanması ile kazı ve dolgu sınırları daha hassas bir şekilde geçirilebileceği için, tesviye uygulamaları sırasında toprak taşıma işlemlerinin daha kolay yapılabilecektir.

Günümüzde yapılan projeli tesviye çalışmalarında, bilindiği gibi, en küçük kareler yöntemi kullanılmakta, kazı-dolgu hacimleri ise kaba yöntemle hesaplanmaktadır. Çalışma kapsamında, Coğrafi Bilgi Sisteminin olanakları kullanılarak yeniden düzenlenen En Küçük Kareler yöntemi ile tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesi ve kazı-dolgu hesaplamalarının yapılması ile, tarım arazilerinin sulamaya hazırlanmasında önemli bir paya sahip olan tesviye çalışmaları daha kolay yapılabilecek ve maliyetler düşürülebilecektir.

KAYNAKLAR

- AĞAR, T. 1974.** İnsan-Bilinç-Sistem Sevk ve İdare İkilemleri. Sistem Yayın Dizisi: 1. Ankara. 87 s.
- ANONİM, 1991.** GIS Dictionary. Ver.1.1. Association for Geographical Information Standards Committee Publication. UK. 121 s.
- ANONİM, 1989.** Designing an Information System. ARC NEWS Vol .11. No:4. 1989. p.5-6.
- ANONİM, 1992.** Computer Software Summary. Department of Biological and Irrigation Engineering. Software Engineering Division. Utah State University. Logan. Utah. USA. p 1.
(<http://www.wiz.unikassel.de/kww/irrisoft/surf/landlev.html>)
- ANONİM, 1993.** Arc Macro Language. Environmental Systems Research Institute. Inc.. 380 New York Street. Redlands. CA 92373 USA. 1000 s.
- ANONİM, 1994a.** ARC-INFO Data Management. Environmental Systems Research Institute. California. USA 1-1. p. 6-25.
- ANONİM, 1994b.** Surface Modeling with TIN. GIS by ESRI. 257 s.
- ANONİM, 1994c.** Cell-based Modeling with GRID. GIS by ESRI. 475 s.
- ANONİM, 1997.** Understanding GIS. The ARC/INFO Method. Self-Study Workbook. ESRI Inc.. 380 New York Street. Redlands. California. USA. 450 s.
- ANONİM, 2000.** ARCGIS Uygulama Dökümanları. İşlem Şirketler Grubu. 2000. 158 s.
- ANONİM, 2001.** Dpt Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Dpt: 2554 . Öik: 570 Harita. Tapu Kadastro. Coğrafi Bilgi Ve Uzaktan Algılama Sistemleri (Arazi Ve Arsa Politikaları. Arazi Toplulaştırması. Arazi Kullanımı) Özel İhtisas Komisyonu Raporu Ankara 2001.
- ANTENUCCI, J.C., K. BROWN, L.P., CROSWELL, J.M., KEVANY VE H. ARCHER 1991.** Geographic Information System : A Guide to the Technology. Von Nostrand Reinhold. New York. 301 s.

- ARONOFF, S. 1989.** Geographic Information Systems: A Management Perspective. WDL Publ. Ottawa. Canada. 294 s.
- BANK, E. 1994.** Coğrafi Veri Tabanı Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi. YTÜ. İstanbul. 1990. s 70.
- BALABAN, A., A. KORUKÇU ve E. ŞEN 1974.** Arazi Tesviyesinde Yeni Bir Projelme Yöntemi Üzerinde Bir İnceleme. Topraksu Teknik Dergisi. Sayı: 38. s 2-10.
- BUNN, D. W. 1984.** Applied Decision Analysis. Mc Graw-Hill Book Co. New York. USA. 177 s.
- BURROUGH, P.A. 1986.** Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford University Preess. Oxford. 193 s.
- BURROUGH, P.A. VE R.A. MC DONNELL 1998.** Principles of Geographical Informations System. Oxford University Pres. 346 s.
- BUTLER, E. D. 1961.** The Land Leveling Program in Arkansas Delta. Agricultural Engineering. Vol:42. No.3. 128-131.
- BÜYÜKCANGAZ, H. 2001.** Sulama Projelerinde Çevresel Etki Değerlendirmesine Yönelik Bir Araştırma. Doktora Tezi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı. BURSA. 186 S.
- CARTER, J. R. 1989.** On defining the geographic information system. In W.J. Ripple (ed.). Fundamentals of Geographical Information Systems: A Compendium. ASPRS/ACSM. Falls Church. Va.. p 3-7.
- CİNGÖZ, A. 1997.** Hrt. Tğm. Ayhan Cingöz. Harita Genel Komutanlığı'nca Üretilen Sayısal Coğrafi Ürünlerin İncelenmesi Ve Türk Silahlı Kuvvetlerinde Kullanım Olanaklarının Uygulanabilir Olarak Araştırılması. 1997. 86 s.
- CLEMMENS, A. J. ve A. R. DEDRICK. 1982.** Limits for Practical Level-Basin Design. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. Vol. 108. No. IR2. June. 1982. 127-141.
- COWEN, D. J. 1988.** GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 54: p 1551-1554.
- CHUGG, G. E. 1947.** Calculation for Land Grading. Agricultural Engineering 28(10) : p 461-463.

- CROMWELL, C. F., M. PETERSON. 1993.** Land Grading for Irrigation Design and Construction. Agricultural Extension Publications G01641. Reviewed October 1. 1993. p 1-5.
- ÇINAR, H., 1982.** Arazi Tesviyesi. T.C. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yayınları. Yayın No : 720. 67 s.
- DEVİNE, H. ve R. FIELD. 1986.** The Gist of GIS. Journal of Forest. August 1986. p. 17-22.
- DOĞAN, H.M., 2000.** Tarımda Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Uzaktan Algılama. CİNİTARIM. Yıl :3. Sayı : 23. s 20-22.
- EASA, M., 1988.** Selection of roadway grades that minimize earthwork cost using linear programming. Transp. Research, A 22A(2), p 121-136.
- EASA, M., 1989.** Direct Land Grading Design of Irrigation Plane Surfaces. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. Vol. 115. No.2. April. 1989. p 285-301.
- FAULKNER, M. D., 1965.** Leveling Rice Land in Water. Transaction of the ASAE. P 517-519.
- FIRAT, O., 1997.** Hrt.Tğm.Orhan Fırat. Haziran 1997. Sayısal Yükseklik Paftalarının Kalite Kontrolü. Harita Yüksek Teknik Okulu. ANKARA. 75 s.
- FISCHER, M.M. ve NIJKAMP. P., 1993.** "Design And Use Of Geographic Information System And Spatial Models". In Geographic Information System. Spatial Modelling. And Policy Evaluation. Eds: Manfred M. FISCHER and Peter NIJKAMP. Springer-Verlag Berlin Heidelberg Germany. p.10-13.
- GATTIS, J. L., 1959.** Land Grading for Surface Irrigation. Agricultural Extension Sevice. University of Arkansas Circular. 491 s.
- GIVAN, C. V., 1940.** Land Grading Calculations. Agricultural Engineering. 21(1). P 11-12.
- GOLD, C. M., 1989.** Surface Interpolation. Spatial Adjacency and GIS. Chapter 3. In Three Dimensional Applications Systems. (Ed.: Raper. J.). Taylor and Francis. Ltd. London. England. p 21-35.

- GÜNGÖR, Y. ve O. YILDIRIM. 1987.** Tarla Sulama Sistemleri Kitabı. Ankara Üniveristesi Ziraat Fakültesi. 350s.
- GÜNGÖR, Y. ve O. YILDIRIM. 1996.** Sulama Ders Kitabı. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Yayın No. 1443. 294 s.
- HAMAD, S. N. ve A. M. AHMED. 1990.** Land-Grading Design By Using Nonlinear Programming. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. Vol. 116. No. 2. March/April. 1990. p. 219-226.
- HARIS, W.S., J.C. WAIT ve R.H. BENEDICT. 1966.** Warped-Surface Method of Land Grading. Transaction of the ASAE. 196. p 64-65
- HASSAN, H. 1995.** Implementing Geographic Informations Systems in Environmental Assesment. Environmental Assesment Sourcebook Update. The World Bank. Environment Department. Washington D.C.. Jaunary 1995. No. p 9. 8.
- HENGGELER, J. C. 2002.** Impacts of Irrigation and Land Leveling on Yields in Missouri. 2002 ASAE Annual International Meeting. CIGR XVth World Congress. Chicago. Illinois. USA. July 28-July 31. Paper Number. 022066. 15 s.
- HERMSMEIR, L.F. ve C.L. LARSON. 1962.** Land Forming Grade and Row-Length Studies in the Red River Valley. Transaction of the ASAE. 1962. p 172-179.
- HERNÁNDEZ-SAUCEDO, F. R., J. R. SÁNCHEZ-BRAVO. ve F. GARCÍA-HERRERA. (1996).** A Computer Program for Agricultural Land Leveling. Sixth International Conference on Computers in Agriculture. June 16. 1996. Cancun. Mexico. p 67-74.
- JOHNSON III, S.H., Z.Ş.KHAN. CH. M. ve HUASIN. 1977.** The Economics of Precision Land Leveling: A Case Study From Pakistan. Agricultural Water Management. Vol. 1 No. 4. December. 1977. p 319-330.
- KORUKÇU, A. 1974.** Arazi Tesviye Projelerinin Hazırlanmasında Doğrusal Programlama . Tekniğinden Yararlanma Olanakları Üzerine Bir

Araştırma. Doçentlik Tezi. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi
Kültürteknik Bölümü. ANKARA.

- KORUKÇU, A., 1981.** Tarımsal Arazilerin Sulamaya Hazırlanmasında Doğrusal Programlama Tekniğinden Yararlanma Olanakları. Yöneylem Araştırması VII. Ulusal Kongresi. 2-4 Eylül 1981. İstanbul. 17 s.
- KORUKÇU, A. ve H.BÜYÜKCANGAZ., 2003.** Su ve Sulama Yönetimine Bütünsel Yaklaşım. 2. Ulusal Sulama Kongresi, 16-19 Ekim 2003, Kuşadası/AYDIN S.19-32.
- KÖSE, O., KASAPOĞLU. E. ve EREN. T., 1997.** Değişik Ölçek Tabanlı Sayısal Arazi Modellerinde Dokusal farklılıklar. 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri. 16-18 Mayıs 1997. Uludağ BURSA s. VII-56-63.
- MAGUIRE, D. J., 1991.** An Overview and Definition of GIS. In Maguire D. J., Goodchild M F., Rhind D. W., Geographical Information System; Principles and Applications. Vol. I Longman. London, p. 9-20.
- MATARACI, O. ve İLKER. M., 2002.** Takbis-Tapu Ve Kadastro Bilgi Sistemi. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü APK Dairesi 06100 ANKARA. Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu. 16-18 Ekim 2002. Konya .
- MAYER, R., ve R. STARK, 1981.** Earthmoving logistics, Journal Constr. Div., Proc, Am. Soc. Civil Engineering. 107 (CO2), p 279-312.
- MODARRES, M. ve SHAMS. H., 2001.** New Models for Land Leveling Optimizations. Proceedings of the First National Industrial Engineering Conference. 2001. p. 105-122.
- MOREB, A. A. ve A. O. BAFAIL., 1994.** A Linear Programming Model Combining Land Levelling and Transportation Problems. The Journal of the Operational Research Society. Vol. 45. Issue 12. p. 1418-1424.
- OSARI, H. 2003.** A New Method for Assessing Land Leveling to Produce High Quality Consalidation Paddy Fields. Paddy Water Environ. (2003) 1 : p. 35-41.

- OZEMOY, V. M., D.R. SMITH. ve A. SICHERMAN. 1981.** Evaluating computerized geographic information systems using decision analysis. *Interfaces*. 11: p. 92-98.
- ÖZER, H., 1995.** Ülke Boyutunda Sayısal Yükseklik Modeli Üretimine Yönelik Topoğrafik Veri Tabanı Tasarımı ve Uygulaması. Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul. 1995
- PARKER, H. D. 1988.** The Unique Qualities of a Geographical Information System. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 54 (11). p 1547-1549.
- PHELAN, J.T., 1960.** Bench Leveling for Surface Irrigation and Erosion Control. *Transaction of the ASAE*. 1960. p. 14-17.
- RAPCSAK, T. 1983.** A Linear Programming Model for the Optimal Levelling of an Irrigation Surface, *European Journal of Operational Research*, Vol, 13 p. 369-373.
- RAJU, V. S., 1960.** Land Grading for Irrigation. *Transactions of ASAE*. 3(1). p. 38-41.
- REDDY, L. R., 1996.** Optimal Land Grading Based on Genetic Algorithms. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. Vol. 122 No. 4 July/August. 1996. p. 183-188
- RICKMAN, J. F., 2002.** Manual for Laser Land Leveling. Rice-Wheat Consortium Technical Bulletin Series 5. New Delhi 110 012. India. Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains. Pp. 24 p.
- SEWELL, J. I., 1970.** Land Grading for Improved Surface Drainage. *Transaction of the ASAE*. p. 817-819.
- SCALOPPI, E. J. ve L. S. WILLARDSON. 1986.** Practical Land Grading Based on Least Squares. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. Vol. 112. No. 2. May. 1986. p. 98-109
- SHIH, S. F. ve G. J. KRIZ. 1970.** Tables and Formulas for Earthwork Calculations In Land Forming. North Carolina Agricultural Experiment Station. November. 1970. Tech. Bul. No: 203. 38 s.
- SHIH, S. F. ve G. J. KRIZ. 1971a.** Comparison of Types and Methods of Land Forming Design. *Transactions of the ASAE*. Vol: 14. No.5. p. 990-994.

- SHIH, S. F. ve G. J. KRIZ. 1971b.** Symmetrical Residuals Methods for Land Forming Design. Transactions of the ASAE.. Vol: 14. No.6. p. 1195-2000.
- SHIH, S. F., ve G. J. KRIZ. 1971c.** Computer Program for Land Forming Design of a Rectangular Field. North Carolina Agricultural Engineering Station Tech. Bull. No 205.
- SHIH, S. F. ve G. J. KRIZ. 1971d.** Computerized Land Forming Design for an Irrigular Shaped Fields. ASAE Paper. No. 71. 709 s. Chicago. Illinois.
- SMERDON, E. T., K. R. TEFERTILLER. R. J. KILMER ve R. V. BILLINGSLEY. 1966.** Electronic Computers for Least-Cost Land-Forming Calculations. Transactions of ASAE. Vol. 9 No. 2. p 190-193.
- ŞEHSUVAROĞLU, S. 1996.** Harita Genel Komutanlığında Kullanılan Arc/Info. ArcView ve MGE Coğrafi Bilgi Sistem Yazılımlarının Uygulamalı Olarak Karşılaştırılması.(Bitirme Tezi). HGK. Ankara. 1996
- ŞİŞMAN, N. 1982.** Arazi Tesviyesi Ders Notları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü. 108 s.
- SLOCUM., T.A. VE EGBERT. S.L., 1991.** Cartografic Data Display". In Geografic Information System. The Microcomputer and Modern Cartography. Ed: D.R.Fraser TAYLOR. Pergamon Pres. Canada. p. 167-199.
- SMITH, T.R., S. MENON. J.L. STARR. ve J.E. ESTES. 1987.** Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems. Inter- national J. of Geographical Information Systems. 1: p 13-31.
- SOWELL. R.S., S. F. SHIH. ve J. G. KRIZ. 1971.** Land Forming Design by Linear Programming. ASAE Paper. No. p 71-708. Chicago. Illinois.
- SÖĞÜT, H. ve M. TANKUT. 1994.** Ulusal ve uluslar arası Entegrasyona Uygun Coğrafi Veri Tabanı Üzerine Örnekler. Karadeniz Teknik Üniversitesi 1. Ulusal CBS Sempozyumu 18-20 Ekim 1994. Trabzon. s.80-95.
- STEEL, R.G.D., TORRIE, J.H., 1980.** Principles and Procedures of Statistcics. A Biometrical Approach. McGraw-Hill, New York, p. 186-187.

- STEFANOVIC, P., DRUMMOND.J. ve MULLER.J.D., 1989.** "ITC's response to the need for training in CAL and GIS". INCA International Seminar Proceedings. Dehra Dun. p. 450-460.
- TAŞTAN, H. 1991.** Coğrafi Bilgi Sistemleri. Bir Coğrafi Bilgi Sisteminin (Akbis) Tasarımı ve Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İTÜ. İstanbul. 1991
- TAŞTAN, H., ve E., BANK, 1994.** Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Konuma Bağlı Analizler, 1. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu - Bildiriler Kitabı, s: 33-52, 1994, KTÜ, Trabzon.
- TAYLOR, D.R.F. 1991.** "Geographic Information System: The Microcomputer and Modern Cartography". In Geographic Information Systems: Pergamon Pres. p. 1-20.
- TAUD, H., J. F. PARROT ve R. ALVAREZ. 1999.** DEM Generation by Contour Line Dilation. Computers & Geosciences 25 (1999) p 775-783.
- TEMPLE, D.M. 1978.** Land Forming for Border Irrigation. Transaction of the ASAE. P 907-912.
- THOMSON, A. J.. D. L. SCHMOLDT. 2001.** Ethics in computer software design and development. Computers and Electronics in Agriculture 30 (2001) p 85-102.
- TUROĞLU, H. 2000.** Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi. Coğrafya Bölümü. Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı. İstanbul. s. 1-3
- VALENZUELA, C. R. 1991.** Basic Principles of Geographic Information Systems. In: A.S. Belward ve C.R. Valenzuela (eds.) : Remote Sensing and Geographical Information Systems for Resource Management in Developing Countries. 1991 ECSC. EEC. EAEC. Brussels and Luxembourg. p. 279-295.
- YANALAK, M. ve O. BAYKAL., 2003.** Digital Elevation Model Based Volume Calculations Using Topographical Data. Journal of Surveying Engineering. May. Vol. 129. Issue 2. p 56-64.
- YILDIRIM. O., 1996.** Sulama Sistemleri II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Ankara. S.12-20.

- YOMRALIOĞLU, T., 2000.** Coğrafi Bilgi Sistemleri. Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü. Trabzon. 480 s.
- YOMRALIOĞLU, T., K. ÇELİK 1994.** "GIS?" 1. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon. s. 21-32.
- YOMRALIOĞLU, T., M. D. AKÇA. 1999.** Çevresel Bilgi Sistemleri İçin Model – Altlık Tasarımı: Trabzon- Değirmendere Havzası Örneği. Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu. Trabzon.s.297-306.
- WALKER, W.R. 1989.** Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO Irrigation And Drainage Paper 45. p 111-126.
- WALKER, W. R., ve G. V. SKOGERBOE., 1987.** Surface Irrigation: Theory and Practice. Prentice Hall. Inc.. Engewood Cliffs. New Jersey. U.S.A. p 178-191.
- WOOD, D. V., 1951.** Land Preparation for Irrigation. Agricultural Engineering. Vol. 32. No. 11. p. 597-599.
- ZISSIS, T. S., A. H. PAPADOPOLOUS ve I. S. TELOGLU., 1996.** Weighted Factor in Computer-Aided Land Leveling. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. Vol. 122. No. 6. November. 1996. p 336-338.
- ZEILER. M., 1999.** Modeling Our World. The ESRI Guide to Geodatabase Design. Redlands. California. USA. 199 s.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, çalışmam sırasında, bana verdikleri manevi destek ve gösterdikleri sonsuz sabır için, başta kızım ECE ve eşim Hakan DEMİRTAŞ'a olmak üzere, bütün aileme sonsuz teşekkür ederim.

Doktora tezimin yönlendirilmesinde büyük emek ve katkıları olan danışman hocam Sayın Prof.Dr.Ali Osman DEMİR'e sonsuz saygılarımı sunarım.

Çalışmamın yürütülmesi sırasında, bilgi ve becerilerini benden esirgemeyen ve bana sürekli destek veren bölüm başkanımız Sayın Prof.Dr.Abdurrahim KORUKÇU'ya, çalışmamın çeşitli aşamalarında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım bölüm öğretim üyelerinden Sayın Doç.Dr.Senih YAZGAN ve Sayın Doç.Dr.Kemal Sulhi GÜNDOĞDU'ya, Balıkesir Üniversitesi İnşaat Fakültesi öğretim üyelerinden Sayın Prof Dr.Turgut ÖZDEMİR'e, bölümümdeki diğer öğretim üyelerine ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bursa, 2004

Çiğdem DEMİRTAŞ

ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında Bursa'da doğdu. Lise öğrenimini 1989 yılında Çorum Sungurlu Lisesi'nde tamamladı. 1993 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde, Yüksek Lisans Öğrenimine başladı. 1994 yılında U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 1997 Şubat ayında yüksek lisans eğitimini tamamlayarak, Ziraat Yüksek Mühendisi ünvanını aldı. 8 Şubat-24 Mart 1998 tarihleri arasında, İsrail Hükümeti, Tarım ve Kırsal Kalkınma Bakanlığı tarafından düzenlenen "Protected Cultivation of High Value Crops" isimli kursa katıldı. Halen U.Ü.Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde Araştırma Görevlisi görev yapmaktadır.

