

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNDE
VERİ KALİTESİ**

**TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Hayati TAŞTAN
(0191D021)**

100664 100664

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08 Haziran 1998
Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Mayıs 1999**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. M.Orhan ALTAN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Ayhan ALKIŞ (Y.T.Ü.)

Prof.Dr. Onur GÜRKAN (B.Ü.)

Prof.Dr. Tefik AYAN (İ.T.Ü.)

Doç.Dr. F.Gönül TOZ (İ.T.Ü.)

[Handwritten signatures of the jury members]

MAYIS 1999

ÖNSÖZ

Uzun bir süredir sabırla tez danışmanlığımı yürüten, bu kapsamda ulusal ve uluslararası sempozyumlara bildirili katılmam için beni sürekli teşvik eden ve destekleyen, haritacılık alanındaki en son bilimsel ve teknolojik gelişmeleri aktif katılımlar ile yakından izleyerek beni yönlendiren ve ayrıca her konuda yakın ilgi ve sevgisini esirgemeyen değerli tez danışmanım Prof. Dr. M. Orhan ALTAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince, bana yakın destek veren aileme çok teşekkür ederim.

Ayrıca, tezimi hazırlamam konusunda gösterdiği ilgi, teşvik ve desteği için şube müdürüm Müh.Kd.Bnb. Kadri PAMUKOĞLU'na teşekkür ederim.

HAZİRAN 1998

Hayati TAŞTAN

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı	1
1.2 Coğrafi Bilgi Sisteminin Önemi	2
1.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Kalitesinin Önemi	4
2. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ	9
2.1 Coğrafi Bilgi Sisteminin Tarihçesi	9
2.2 Coğrafi Bilgi Sisteminin Tanımı	9
2.3 Coğrafi Bilgi Sisteminin Bileşenleri	12
2.3.1 Donanım bileşenleri	12
2.3.2 Yazılım bileşenleri	13
2.3.3 Personel bileşenleri	16
2.3.4 Coğrafi veri bileşenleri	17
3. COĞRAFI VERİ YAPILARI, VERİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ VE VERİ DEPOLAMA MODELERİ	18
3.1 Coğrafi Veri Yapıları	18
3.2 Coğrafi Veri Depolama Yöntemleri	19
3.2.1 Vektör veri depolama yöntemleri	19
3.2.1.1 Spagetti veri depolama yöntemi	19
3.2.1.2 Topolojik veri depolama yöntemi	20
3.2.2 Raster (tarama) veri depolama yöntemleri	22
3.2.2.1 Matris kodlama yöntemi	22
3.2.2.2 Zincir kodlama yöntemi	22
3.2.2.3 Satır boyunca kodlama yöntemi	23
3.2.2.4 Blok kodlama yöntemi	24
3.2.2.5 Dörtlü ağaç kodlama yöntemi	24
3.3 Coğrafi Veri Depolama Modelleri	24
3.3.1 İlişkisel veri modeli	26
3.3.2 Hiyerarşik veri modeli	26
3.3.3 Ağ veri modeli	27
3.3.4 Nesneye yönelik (object-oriented) veri modeli	28
4. COĞRAFI VERİ TOPLAMA YÖNTEMLERİ	29
4.1 Sayısallaştırma	29
4.1.1 Manuel Sayısallaştırma	29
4.1.1.1 Sayısallaştırma tablası üzerinde manuel sayısallaştırma	29

4.1.1.2 Ekran üzerinde (heads-up) manuel sayısallaştırma	31
4.1.2 Otomatik sayısallaştırma	31
4.1.2.1 Raster tarama vektöre çevirme	31
4.1.2.2 Laser tarama	36
4.2 Fotogrametrik Değerlendirme	36
4.2.1 Analog değerlendirme	36
4.2.2 Sayısal çıkışlı analog değerlendirme	37
4.2.3 Analitik değerlendirme	37
4.2.4 Dijital değerlendirme	37
4.3 Uzaktan Algılama ve Görüntü İşleme	37
4.4 Video Kayıt	39
4.5 Arazide Ölçme	40
4.6 Klavyeden Veri Girişi	40
4.7 Veri İthali	40
5. SAYISAL COĞRAFI BİLGİ DEĞİŞİMİ	41
5.1 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişiminde Kavramlar	41
5.2 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişiminde Sorunlar	41
5.3 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişiminde Yöntemler	41
5.4 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standardı	44
5.5 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standardının Amaçları	45
5.6 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standartlarının Sınıflandırılması	46
5.7 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standartlarına Örnekler	46
5.8 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standardının Bileşenleri	49
6. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNDE VERİ KALİTESİ	53
6.1 Kalite	53
6.2 Coğrafi Veri Kalitesi	54
6.3 Coğrafi Veri Kalitesini Etkileyen Hata Kaynakları	56
6.3.1 Modellendirme hataları	56
6.3.2 Veri kaynağı hataları	58
6.3.3 Veri toplama hataları	59
6.3.3.1 Sayısallaştırma hataları	59
6.3.3.2 Fotogrametrik kıymetlendirme hataları	61
6.3.3.3 Görüntü işleme hataları	61
6.3.3.4 Video kayıt hataları	61
6.3.3.5 Arazi ölçme hataları	61
6.3.3.6 Klavyeden veri giriş hataları	62
6.3.3.7 Veri ithali hataları	62
6.3.4 Veri depolama hataları	62
6.3.5 Veri işleme ve veri analizi hataları	63
6.3.6 Veri sunuş hataları	63
6.4 Coğrafi Veri Kalitesini Belirleyen Faktörler	63
6.5 Coğrafi Veri Kalitesinin Bileşenleri ve Kalite Ölçütleri	66
6.5.1 Konum doğruluğu	67
6.5.1.1 Doğruluk, duyarlılık, hata, belirsizlik kavramları	67
6.5.1.2 Nokta detaylarda konum doğruluğu	70
6.5.1.2.1 Nokta detaylarda yatay konum doğruluğu	70
6.5.1.2.2 Nokta detaylarda düşey konum doğruluğu	78

6.5.1.3 Çizgi detaylarda konum doğruluğu	81
6.5.1.4 Çizgi detaylarda uzunluk doğruluğu	84
6.5.1.5 Alan detaylarda konum doğruluğu	84
6.5.1.6 Alan detaylarda çevre uzunluğunun doğruluğu	85
6.5.1.7 Alan detaylarda alan doğruluğu	85
6.5.1.8 Konum doğruluğunun test edilmesi	86
6.5.1.8.1 Yatay konum doğruluğunun test edilmesi	86
6.5.1.8.2 Düşey konum doğruluğunun test edilmesi	89
6.5.2 Detay doğruluğu	89
6.5.2.1 Detay doğruluğu ölçütleri	89
6.5.2.2 Detay doğruluğunun test edilmesi	94
6.5.3 Öznitelik doğruluğu	94
6.5.3.1 Öznitelik doğruluğu ölçütleri	94
6.5.3.2 Öznitelik doğruluğunun test edilmesi	94
6.5.4 Tutarlılık	95
6.5.4.1 Konumsal (topolojik) tutarlılık	95
6.5.4.1.1 Konumsal (topolojik) tutarlılık ölçütleri	95
6.5.4.1.2 Konumsal (topolojik) tutarlılığın test edilmesi	95
6.5.4.2 Tanımsal (mantıksal) tutarlılık	96
6.5.4.2.1 Tanımsal (mantıksal) tutarlılık ölçütleri	96
6.5.4.2.2 Tanımsal (mantıksal) tutarlılığın test edilmesi	96
6.5.4.3 Veri yapısı tutarlılığı	96
6.5.4.3.1 Veri yapısı tutarlılığı ölçütleri	96
6.5.4.3.2 Veri yapısı tutarlılığının test edilmesi	96
6.5.4.4 Veri sözlüğü tutarlılığı	97
6.5.4.4.1 Veri sözlüğü tutarlılığı ölçütleri	97
6.5.4.4.2 Veri sözlüğü tutarlılığının test edilmesi	97
6.5.5 Tamlık	98
6.5.5.1 Tamlık ölçütleri	98
6.5.5.2 Tamlığın test edilmesi	98
6.5.5.2.1 Detay tamlığının test edilmesi	98
6.5.5.2.1 Öznitelik tamlığının test edilmesi	99
6.5.5.2.1 Mekansal tamlığın test edilmesi	99
6.5.6 Güncellik	99
6.5.7 Özgeçmiş	101
6.6 Coğrafi Veri Kalitesinin Kontrolü	101
6.6.1 Coğrafi veri kalite kontrol talimatı	102
6.6.2 Coğrafi veri kalite kontrol standartları	103
6.6.3 Coğrafi veri kalite kontrol izleme formu	105
6.6.4 Veri toplama öncesi kalite kontrolü	105
6.6.5 Veri toplama esnasında kalite kontrolü	105
6.6.6 Veri toplama sonrası kalite kontrolü (kalite değerlendirme)	107
7. UYGULAMA (COĞRAFİ BİLGİ KALİTE KONTROL YAZILIMI)	109
7.1 Uygulamanın Amacı ve kapsamı	109
7.2 Coğrafi Bilgi Kalite Kontrolü Yazılımının Temel Fonksiyonları	111
7.2.1 On-line (çevrim içi) yardım	111
7.2.2 Vektör ve raster harita görüntüleme	115

7.2.3 Büyültme, küçültme, kaydırma ve genel görünüm penceresi oluşturma	121
7.2.4 Konum, mesafe, alan ve çevre ölçme	122
7.2.5 Sorgulama, coğrafi analiz, detay bulma ve dinamik bilgi	123
7.2.5.1 Sorgulama	123
7.2.5.2 Coğrafi analiz	124
7.2.5.3 Detay bulma	127
7.2.5.4 Dinamik bilgi	128
7.2.6 Sayısallaştırma ve öznitelik girişi	128
7.2.7 Çıktı oluşturma	130
7.3 Coğrafi Bilgi Kalite Kontrol Yazılımının Kalite Kontrol Fonksiyonları	132
7.3.1 Detay ve öznitelik tutarlılığının test edilmesi	132
7.3.1.1 Metaveritabanının oluşturulması	132
7.3.1.2 Detay ve öznitelik tutarlılığının test	137
7.3.2 Konum doğruluğunun test edilmesi	139
8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	142
8.1 Sonuçlar	142
8.1.1 Tez çalışmasından elde edilen genel sonuçlar	142
8.1.2 Tez çalışması uygulamasından elde edilen sonuçlar	143
8.2 Öneriler	144
8.2.1 Tez çalışması genel konusuna ilişkin öneriler	144
8.2.2 Tez çalışması uygulama konusuna ilişkin öneriler	144
KAYNAKLAR	146
EKLER	151
ÖZGEÇMİŞ	152

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Coğrafi Bilgi Sistemine ilişkin tarihsel örneklemeler	10
Tablo 4.1 LANDSAT ve SPOT uydularında yer alan algılama sistemleri	39
Tablo 5.1 Coğrafi Bilgi Değişim Standartlarına Örnekler	47
Tablo 5.2 Tablo 5.1’ de yer alan kısaltmalar ve açık yazılışları	47
Tablo 5.3 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Formatları	51
Tablo 5.4 Tablo 5.3’de yer alan kısaltmalar ve açık yazılışları	52
Tablo 6.1 Nokta yatay konum doğruluk ölçütleri ve aralarındaki dönüşüm katsayıları	78
Tablo 6.2 Nokta yatay konum doğruluk ölçütleri ve aralarındaki dönüşüm katsayıları	80
Tablo 6.3 Çizgi detaylarda hata bandı fonksiyonu değerleri	82
Tablo 6.4 Sınıflandırma (hata) matrisi	90
Tablo 6.5 Nokta detaylar için sınıflandırma matrisi	93
Tablo 6.6 Çizgi detaylar için sınıflandırma matrisi	93
Tablo 6.7 Alan detaylar için sınıflandırma matrisi	93
Tablo 6.8 Detay doğruluğu ölçütleri (sınıflandırma doğrulukları)	93
Tablo 6.9 Nokta yatay konum doğruluğuna ilişkin NATO standartları	104
Tablo 6.10 Nokta düşey konum doğruluğuna ilişkin NATO standartları	104

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1 Yatay ve düşey dağılımda coğrafi veri kalitesinde farklılaşma	5
Şekil 1.2 Yatay dağılımda veri kalitesi farklılığı	6
Şekil 1.3 Düşey dağılımda veri kalitesi farklılığı	6
Şekil 1.4 Verilerdeki zamana bağlı belirsizlik	7
Şekil 1.5 Verilerdeki kaynağa bağlı belirsizlik	7
Şekil 2.1 Coğrafi Bilgi Sisteminin tarihsel oluşum süreci	10
Şekil 3.1 Coğrafi veri yapıları	19
Şekil 3.2 Spagetti veri depolama yöntemi	20
Şekil 3.3 Topolojik veri depolama yöntemleri	21
Şekil 3.4 Matris kodlama yöntemi	22
Şekil 3.5 Zincir kodlama yöntemi	23
Şekil 3.6 Satır boyunca kodlama yöntemi	23
Şekil 3.7 Blok kodlama yöntemi	24
Şekil 3.8 Dörtlü ağaç kodlama yöntemi	25
Şekil 3.9 İlişkisel, Hiyerarşik ve ağ veri modelleri	27
Şekil 3.10 Nesneye yönelik (object-oriented) veri modeli	28
Şekil 4.1 Sayısallaştırma tablası üzerinde manuel sayısallaştırma	30
Şekil 4.2 Manuel sayısallaştırma türleri	30
Şekil 4.3 Raster tarayıcı türleri	32
Şekil 4.4 Yığın (batch) yöntem ile vektöre dönüşüm	33
Şekil 4.5 Ekran üzerinde etkileşimli vektöre dönüşüm	34
Şekil 4.6 Sembol/Karakter tanıma ile vektöre dönüşüm	35
Şekil 4.7 Laser tarama	36
Şekil 5.1 Ağ yöntemi sayısal coğrafi bilgi değişimi	43
Şekil 5.2 Ring yöntemi sayısal coğrafi bilgi değişimi	43
Şekil 5.3 Yıldız yöntemi sayısal coğrafi bilgi değişimi	44
Şekil-5.4 SCBDS larının sınıflandırılması	46
Şekil 6.1 Belirsizlikten doğan modellendirme hataları	57
Şekil 6.2 Veri modellendirme hataları	57
Şekil 6.3 Coğrafi veri kalitesini belirleyen faktörlerden zaman ve para ilişkisi	64
Şekil 6.4 Coğrafi veri kalitesini belirleyen faktörlerden amaç	65
Şekil 6.5 Konumsal doğruluk, duyarlılık, hata	67
Şekil 6.6 Konumsal duyarlılığın fazla fakat doğruluğun az olması durumu	68
Şekil 6.7 Konumsal duyarlılığın az fakat doğruluğun fazla olmaması durumu	69
Şekil 6.8 Konum doğruluğu ve konum belirsizliği ilişkisi	69
Şekil 6.9 Oransal doğruluk	70
Şekil 6.10 Standartlaştırılmış normal dağılımın yoğunluk (olasılık) fonksiyonu	73
Şekil 6.11 Standartlaştırılmış normal dağılımın birikim fonksiyonu	73
Şekil 6.12 Çizgi detay üzerinde bir noktanın konumu	81
Şekil 6.13 Çizgi detaylarda hata bandı konum doğruluk ölçütü	83
Şekil 6.14 Çizgi detaylarda (genelleştirilmiş) hata bandı konum doğruluk ölçütü	83

Şekil 6.15	Alan detaylarda hata bandı konum doğruluk ölçütü	85
Şekil 6.16	Zaman farklığı hatası	100
Şekil 6.17	Zaman varsayımı hatası	100
Şekil 6.18	Coğrafi veri kalitesinin kontrolü	101
Şekil 6.19	Coğrafi veri kalite kontrol talimatı (örnek)	102
Şekil 6.20	Veri toplama esnasında kalite kontrolü iş akışı	106
Şekil 7.1	Coğrafi Bilgi Kalite Kontrol (CBKK) yazılımının geliştirildiği ortam	110
Şekil 7.2	CBKK yazılımının başlangıcı	110
Şekil 7.3	CBKK yazılımının ana menüsü	111
Şekil 7.4a	CBKK yazılımı kullanım yardımı	112
Şekil 7.4b	CBKK yazılımı kullanım yardımı - İçerikler	112
Şekil 7.4c	CBKK yazılımı kullanım yardımı - Dizin	113
Şekil 7.5a	Coğrafi veri kalitesi hakkında bilgi	113
Şekil 7.5b	Coğrafi veri kalitesi hakkında bilgi - İçerikler	114
Şekil 7.5c	Coğrafi veri kalitesi hakkında bilgi - Dizin	114
Şekil 7.6a	Katmanlar menüsü yardım dosyası	115
Şekil 7.6b	Katman Ekle yardım dosyası	115
Şekil 7.6c	Katman Çıkar yardım dosyası	116
Şekil 7.6d	Katman Temizle yardım dosyası	116
Şekil 7.6e	Katmanlar menüsü	116
Şekil 7.6f	Vektör harita görüntüleme	117
Şekil 7.6g	Raster harita görüntüleme	117
Şekil 7.7a	Vektör katman hakkında bilgi alma yardımı	118
Şekil 7.7b	Vektör katman hakkında bilgi alma	118
Şekil 7.8a	Katman sembolojisi menüsü yardımı	119
Şekil 7.8b	Tek sembol ile sembolleştirme yardımı	119
Şekil 7.8c	Tek sembol ile sembolleştirme	119
Şekil 7.8d	Öznitelik ile sembolleştirme	120
Şekil 7.8e	Etiketleme ile sembolleştirme	120
Şekil 7.9a	Pencere menüsü yardım dosyası	121
Şekil 7.9b	Büyültme, Küçültme, Kaydırma ve genel görünüm penceresi oluşturma	121
Şekil 7.10a	Konum ölçme	122
Şekil 7.10b	Mesafe ölçme	122
Şekil 7.10c	Alan ve çevre ölçme	122
Şekil 7.11a	Sorgulama yardım dosyası	123
Şekil 7.11b	Sorgulama	123
Şekil 7.12a	Coğrafi analiz yardım dosyası	125
Şekil 7.12b	Coğrafi analiz (1)	126
Şekil 7.12c	Coğrafi analiz (2)	126
Şekil 7.13a	Yer adına göre detay bulma yardım dosyası	127
Şekil 7.13b	Yer adına göre detay bulma	127
Şekil 7.14a	Dinamik bilgi yardım dosyası	128
Şekil 7.14b	Dinamik bilgi	128
Şekil 7.15a	Sayısallaştırma yardım dosyaları	129
Şekil 7.15b	Sayısallaştırma	129
Şekil 7.16a	Öznitelik girişi (Edit katmanı) yardım dosyası	130
Şekil 7.16b	Öznitelik girişi	130

Şekil 7.17a Test çıktısı ve dosya / bellek çıktısı alma	131
Şekil 7.17b Test çıktısı ve yazıcıdan çıktı alma	131
Şekil 7.18a Metaveritabanı oluşturma yardım dosyası	132
Şekil 7.18b Metaveritabanı oluşturma	132
Şekil 7.19a Tablo ekleme yardım dosyası	133
Şekil 7.19b Tablo ekleme	133
Şekil 7.20a Öznitelik ekleme yardım dosyası	134
Şekil 7.20b Öznitelik ekleme	134
Şekil 7.21a Öznitelik değeri girme (detaylar tablosu için)	135
Şekil 7.21b Öznitelik değeri girme (öznitelikler tablosu için)	135
Şekil 7.21c Öznitelik değeri girme (öznitelikdeğerleri tablosu için)	136
Şekil 7.21d Öznitelik değeri girme (detay_öznitelik tablosu için)	136
Şekil 7.22a Detay/Öznitelik tutarlılığı testi uygulanacak örnek veri seti	137
Şekil 7.22b Detay/Öznitelik tutarlılığı testi	137
Şekil 7.23a Tutarsız detaylar	138
Şekil 7.23b Tutarsız öznitelikler	138
Şekil 7.23c Tutarsız öznitelik değerleri	138
Şekil 7.24a Konum doğruluğu testi yardım dosyası	139
Şekil 7.24b Konum doğruluğu testi (1) (referans altlık : 1:250 000 ölçekli raster harita)	140
Şekil 7.24c Konum doğruluğu testi (2) (referans altlık : 1:250 000 ölçekli raster harita)	140
Şekil 7.24d Konum doğruluğu testi sonuçları (referans altlık : 1:250 000 ölçekli raster harita)	140
Şekil 7.24e Konum doğruluğu testi (1) (referans altlık : 1:1 milyon ölçekli raster harita)	141
Şekil 7.24f Konum doğruluğu testi (2) (referans altlık : 1:1 milyon ölçekli raster harita)	141
Şekil 7.24g Konum doğruluğu testi sonuçları (referans altlık : 1:1 milyon ölçekli raster harita)	141

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNDE VERİ KALİTESİ

ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), coğrafi bilgilerin toplanması, bilgisayar ortamına aktarılıp depolanması, işlenmesi, analizi ve sunulması amacıyla bir araya getirilmiş bilgisayar donanım ve yazılımı, personel ve coğrafi verilerden oluşan bir bütündür. Bir CBS içerisinde en fazla emek, maliyet ve zaman gerektiren bileşen coğrafi verilerdir. Bu nedenle bir CBS'nin kalitesi, büyük ölçüde içerdiği coğrafi verilerin kalitesine bağlıdır. Coğrafi veri kalitesi, coğrafi verilerin, üretici açısından istenen koşulları karşılaması ve kullanıcı açısından amaca uygun olması konularında, istatistiksel anlamda ölçülebilen, olumlu ya da olumsuz ayırıcı özellik ve karakteristikleri tanımlayan göstergelerin bütünüdür. Coğrafi verilere ilişkin veri kalitesi bilgilerinin varlığı, bu verilerin yer aldığı coğrafi bilgi sistemine güveni artırırken bir yandan üreticilerin coğrafi veri pazar payını yükseltir, diğer yandan kullanıcılara coğrafi veriye dayalı verecekleri kararların doğruluk ve güvenilirlik düzeyini saptamalarına olanak tanır.

Bu çalışmada, CBS ve CBS'de veri kalitesinin önemi vurgulanmış; CBS, coğrafi veri yapıları, veri depolama yöntemleri, veri depolama modelleri, coğrafi veri toplama yöntemleri ve sayısal coğrafi bilgi değişimi konuları açıklanmış; esas olarak CBS'de veri kalitesi konusu ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda, coğrafi veri kalitesini etkileyen hata kaynakları, coğrafi veri kalitesini belirleyen faktörler, coğrafi veri kalitesinin bileşenleri ve coğrafi veri kalitesinin kontrolü konuları irdelenmiştir. Çalışmanın uygulaması kapsamında, coğrafi bilgi kalite kontrolü için VISUAL BASIC programlama dili kullanılarak, hiç bir başka hazır coğrafi bilgi sistemi yazılım paketi kullanmaksızın ve buna ihtiyaç olmaksızın, hem temel CBS fonksiyonlarını yerine getiren hem de coğrafi veri kalite ölçütlerinden detay, öznitelik ve öznitelik değeri doğruluklarını kontrol edip sonuçları bir metaveritabanında dokumente eden Coğrafi Bilgi Kalite Kontrolü (CBKK) isimli bir yazılım geliştirilmiş ve 1:1 milyon ölçekli Türkiye haritasına ilişkin coğrafi veriler kullanılarak yazılım test edilmiştir.

DATA QUALITY IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

SUMMARY

A Geographic Information System (GIS) is a system composed of computer hardware & software, personnel and geographic data to collect, store, process, query, analyze and present geographic data. Geographic data need much more man power, money and time as compared to other components of GIS. Thus, the quality of a GIS depends highly on the quality of geographic data stored in it. Geographic data quality is all indicators which define distinctive positive or negative features and characteristics that can be measured statistically for meeting the criteria required by the producer and for being in compliance with the objectives of the user. The existence of the information on the quality of geographic data increases the confidence in the GIS containing these data and consequently increases marketing and ensures the users to determine the level of accuracy and reliance of their georelated decisions.

In this study, GIS and Data Quality in GIS are emphasized; GIS, geographical data structures, data storage methods, data storage models, geographic data acquisition techniques and digital geographic information exchange are explained; essentially data quality in GIS is investigated in detail. Within this scope, error sources affecting geographic data quality, factors defining geographic data quality, components of geographic data quality and geographic data quality check are examined. As an application of the study, a software tool called as Geographic Data Quality Check (GDQC) is developed via VISUAL BASIC programming language to check feature, attribute and attribute value qualities and to document the results in a metadatabase without using and needing any commercial GIS package. This software tool is been checked for performance using geographic data of 1 : 1 M scale vector map of Turkey.

1. GİRİŞ

1.1 Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı

Bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) nin kurulmasında, çok fazla maliyet gerektirmesi niteliğiyle en önemli bileşenin coğrafi veriler olduğu konusunda hemen hemen herkes aynı düşünde olmakla birlikte, gerek veri toplama aşamasında gerekse bu verilerin kullanımında veri kalitesine gereken önemin verildiğini söylemek zordur. Dolayısıyla, büyük bir maliyet ile uzun sürede toplanan coğrafi veriler, belli kalite düzeyini karşılayamadıkları için kullanılamama ya da silinip yeniden toplanma tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır. Diğer yandan, üretilen coğrafi verilere ilişkin kalite bilgilerinin olmayışı, bu verilere olan güveni, dolayısıyla talebi azaltacak ve böylece CBS kurma yönünde yapılan yatırım, kendini amorti etmeden boşa çıkma riskine açık olacaktır.

Bu çalışmanın amacı, Coğrafi Bilgi Sistemlerini genel olarak irdelemek, fazla önem verilmeyen coğrafi veri kalitesi konusunu tüm yönleri ile ayrıntılı olarak inceleyip ortaya koymak, temel CBS fonksiyonlarını da içerecek nitelikte olup coğrafi veri kalitesi kontrolünü gerçekleştirecek bir yazılımı, mevcut CBS yazılım paketlerini ya da herhangi bir hazır yazılımı kullanmaksızın geliştirmek ve bu yazılımı kullanarak örnek bir veri seti üzerinde kalite kontrol işlemlerini uygulamaktır.

Bu amaçla, tezin birinci bölümünde, Coğrafi Bilgi Sisteminin önemi ile Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri kalitesinin önemi; ikinci bölümde, CBS tarihçesi, tanımı ve bileşenleri; üçüncü bölümde, coğrafi veri yapıları, veri depolama yöntemleri ve modelleri; dördüncü bölümde, coğrafi veri toplama yöntemleri; beşinci bölümde, sayısal coğrafi bilgi değişimi konuları irdelenmiştir. Tezin altıncı bölümünde, coğrafi veri kalitesi, coğrafi veri kalitesini etkileyen hata kaynakları, veri kalitesini belirleyen faktörler, coğrafi veri kalitesinin bileşenleri, ölçütleri ve test yöntemleri, coğrafi veri kalitesi kontrolü aşamaları ve coğrafi veri kalitesi standartları ayrıntılı olarak incelenip ortaya konmuştur. Tezin uygulama bölümünde geliştirilen Coğrafi Bilgi Kalite

Kontrolü (CBKK) yazılımı tanıtılmış ve bu yazılım ile örnek bir veri seti üzerinde yapılan kalite kontrolü uygulamaları sunulmuştur. Sonuçlar ve öneriler bölümünde, tez çalışmasından ve uygulamasından elde edilen sonuçlar ile tez çalışması genel konusu ve uygulama konusuna ilişkin önerilere yer verilmiştir.

1.2 Coğrafi Bilgi Sisteminin Önemi

Günümüzde her meslek dalının temel hedefi, kendisinden beklenileni ve kendi ilgi alanındaki hizmetleri en doğru, en çabuk ve en ekonomik bir biçimde yerine getirmektir. Bu hedefe ulaşmanın yolu ise, gelişen teknolojiyi yakından izlemek ve uygulamaktan geçmektedir. Başlangıçta el ile yapılamayan veya yapılsa bile uzun zaman ve işgücü gerektiren konulardaki dar boğazları aşmak amacıyla geliştirilen bilgisayar teknolojisi, daha sonraları yoğun hesap işlemlerini, özellikle mühendislik uygulamalarını gerçekleştirecek şekilde gelişmesini sürdürmüş ve son yıllarda üstün grafik olanaklara da kavuşarak teknik, kültürel ve ekonomik alanlarda faaliyet gösteren her meslek dalı ve hizmet sektörünün ayrılmaz bir parçası olmuştur.

Bu hızlı gelişme süreci içerisinde bilgisayar, bir hesap makinası olmaktan öte, gerek konuma bağlı (spatial) gerekse konumdan bağımsız (non-spatial) grafik ve grafik olmayan verilerin depolandığı, işlendiği ve değişik amaçlara yönelik olarak kullanılabildiği bir işlem gücüne erişmiş; böylece günümüzde toplumların gelişmesinde en önemli rollerden birine sahip olan ve gelişmişliğin göstergesi kabul edilen iletişimin vazgeçilmez bir elemanı olmuştur.

Gerek günlük yaşamda gerekse çeşitli hizmet, yönetim ve karar organlarında ihtiyaç duyulan bilgilerin içerisinde konuma bağlı bilgiler önemli bir yer tutmaktadır. Harita, plan gibi ortamlar üzerinde tutulan yol, nehir, bina, vb. dünya varlıklarına ait grafik gösterimler ile çeşitli basılı materyal ve formlar üzerinde yer alan nüfus sayımı, hava sıcaklığı, seçim oy yüzdeleri, vb. varlık ve olaylar hakkındaki rakamlar ve yazılar, konuma bağlı olduklarından *coğrafi bilgi* niteliğindedir.

Coğrafi bilginin bilgisayar teknolojisi ile tanışması, 1960 lı yıllara dayanır. Coğrafi bilgiler başlangıçta, *grafik* ve *grafik olmayan* şeklinde ayrık olarak ele alınmış; grafik bilgiler için *Bilgisayar Destekli Tasarım Sistemleri* kullanılırken, grafik olmayan

bilgiler için *Veritabanı Yönetim Sistemlerinden* yararlanılmıştır (Altan ve dig., 1991). Bu tür sistemler, coğrafi bilgilerinin toplanmasında, depolanmasında, işlenmesinde ve sunulmasında tatmin edici sonuçlar verirken; bu bilgilerin analizinde yetersiz kaldıkları, dolayısıyla kullanıcıların konuma dayalı kararlar vermelerine yardımcı olma amacını tam olarak karşılamadıkları gözlenmiştir. Bunun sonucu olarak, grafik ve grafik olmayan verileri, ve bu veriler arasındaki mantıksal ve topolojik ilişkileri bütünleşik olarak işleyebilme ve böylece konuma dayalı analizleri gerçekleştirme olanağına sahip *Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)* teknolojisi geliştirilmiştir (Taştan ve dig., 1994).

Günlük yaşamda verilen bir çok karar coğrafi bilgiye ve bu bilginin, toplanması, depolanması, işlenmesi ve analizi için de CBS' ne ihtiyaç vardır. Konuma bağlı karar vermeye yönelik sorunlar ve olası çözümlerine ilişkin örnek uygulama alanlarından bazıları aşağıda sıralanmıştır :

- Yangınlara en kısa zamanda müdahale etmek amacıyla, yangın yerine en yakın itfaiye merkezi ve bu merkezden yangın yerine en uygun yol güzergahının belirlenmesi,
- Okul, cami, mesken, yazlık, hastane, park yeri vb. tesisler için aranan koşulları en uygun sağlayan bölge ve yerlerin belirlenmesi,
- Ormana ilişkin konuma bağlı bilgiler (mescere, bonitet, bakım sınıfları, envanter bilgileri, vb.) kullanılarak yıllık kereste stokunun tahmini, ağaçlandırma çalışmalarının kontrolü ve yangın önleme şeritlerinin yerlerinin belirlenmesi (Toz ve dig., 1992a; Toz ve dig., 1992b),
- Tesis, personel, maden, enerji, petrol, tahıl, hayvan, vergi, arazi vb. kaynakların tahmini ve yönetimi (Taştan, 1991; Özalp ve dig., 1993).
- Baraj planlarında, tutulacak su miktarının hesaplanması ve kamulaştırma amacıyla sular altında kalacak bölgelerin, alanlarının, sahiplerinin ve kamulaştırma maliyetlerinin belirlenmesi,

- Rüzgar hızı ve yönünü parametre olarak yangın, gaz, nükleer serpinti yayılma durumunun hızı ve etki altına aldığı bölgelerin, zamanın fonksiyonu olarak belirlenmesi,

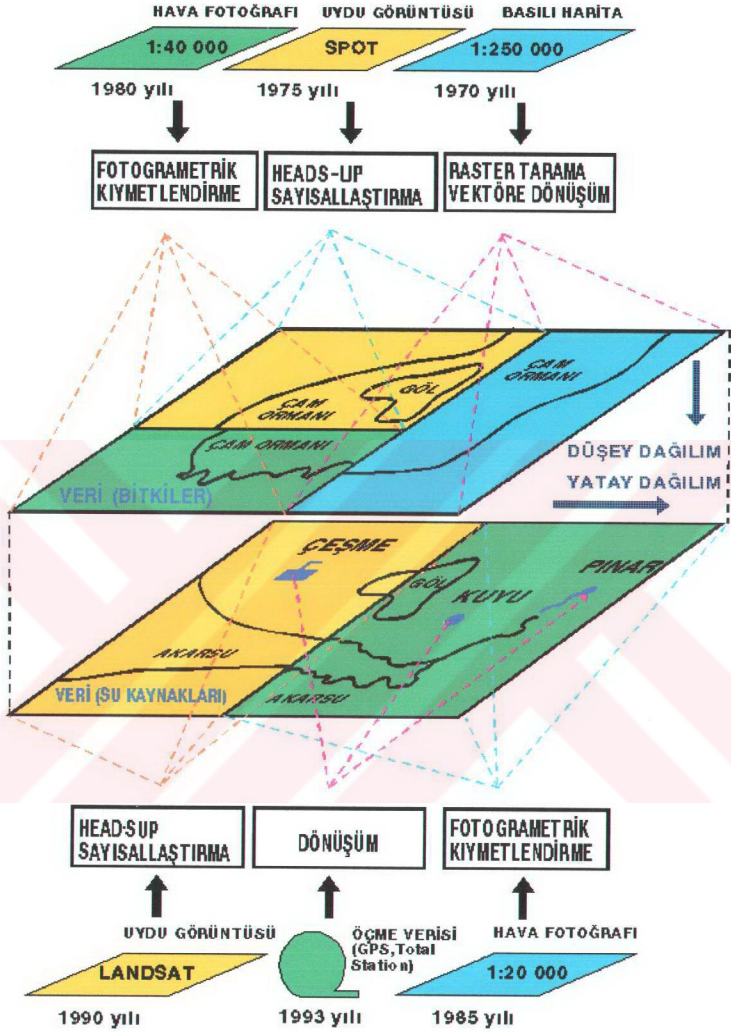
Haritalar, planlar ve tematik çizimler, önemli coğrafi bilgi altlıklarıdır. Bir toplumda yer alan teknik kurum ve kuruluşların hemen hemen tamamının bu altlıkları kullanarak hedeflerine ulaşmaya çalıştıkları da bir gerçektir. Fakat bu altlıklardan tam ve etkin olarak yararlanılamamaktadır. Bunun nedeni olarak aşağıdakiler sıralanabilir :

- Coğrafi bilgilerin ilişkilendirilmesindeki eksiklik,
- Güncelliğin yetersizliği,
- Bilgileri amaca uygun sınıflandırmadaki yetersizlik,
- Bilgi kullanma talebinin fazlalığı.

Kurum ve kuruluşlar arasındaki organizasyon ve koordinasyon eksikliği veya yetersizliği de aynı coğrafi bilginin farklı kurum ve kuruluşlar tarafından tekrarlı olarak toplanmasına ve buna bağlı olarak standartsızlığa yol açmaktadır. Böylece bilgilerdeki tutarsızlık, güncellikteki farklılık ve bilginin gereksiz tekrarı, kurum ve kuruluşlar için daha fazla zaman ve daha fazla personel kullanımına neden olmaktadır. Bütün bu olumsuz durumlar için en etkin çözüm aracı CBS' dir.

1.3 Coğrafi Bilgi Sisteminde Veri Kalitesinin Önemi

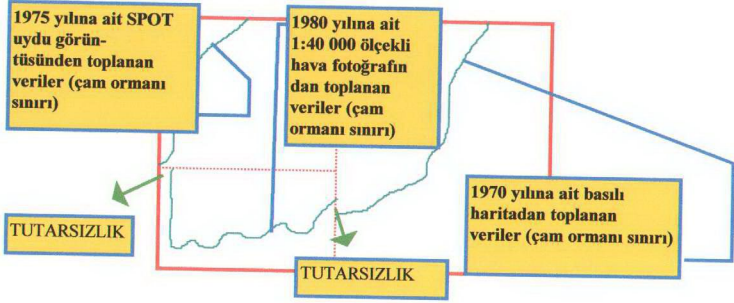
Coğrafi Bilgi Sistemi, farklı güncellik, doğruluk, duyarlılık, güvenilirlik, tutarlılık ve tamlıktaki çeşitli kaynaklardan toplanan coğrafi verileri içerir. Kaynaklardaki bu kalite farklılığının yanı sıra, veri toplama yöntemleri ve veri toplama hızı da veri kalitesinde homojensizliğe yol açmaktadır. Dolayısıyla bir Coğrafi Bilgi Sisteminde yer alan veriler yatay dağılımda kaynak, yöntem ve zamanın fonksiyonu olarak farklı kaliteye sahip iken, düşey dağılımda da çeşitli tutarsızlık ve belirsizlikler içermektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Yatay ve düşey dağılımda coğrafi veri kalitesinde farklılaşma

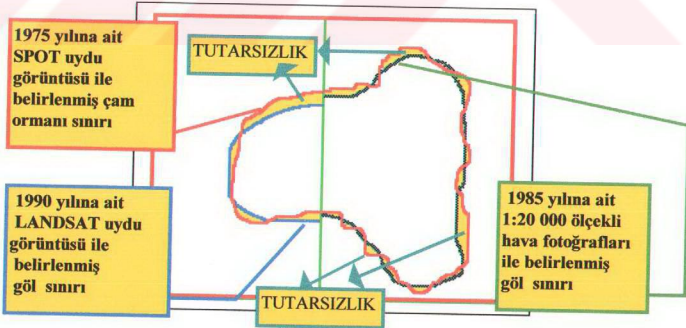
Şekil 1.1’ de bitkilere ait verileri toplamak amacıyla kullanılan kaynak ve yöntem farklılığına göre, çam ormanı sınırlarının yatay dağılımda farklı kaliteye sahip olduğu görülmektedir. Örneğin uydu görüntüsünden toplanan veriler ile diğer kaynaklardan

toplanan veriler arasında kenarlaşma bakımından bir tutarsızlık olduğu; ayrıca güncellik, doğruluk ve tamlıkta bir farklılaşma olduğu görülmektedir (Şekil 1.2).



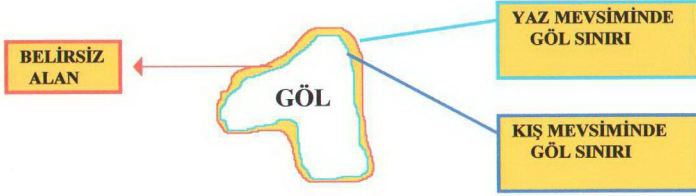
Şekil 1.2 Yatay dağılımda veri kalitesi farklılığı

Veriler arasındaki topolojik ilişkilerin gerçek dünyadakinden farklı olması veri kalitesini olumsuz yönde etkilemekte ve tutarsızlığa yol açmaktadır. Örneğin Şekil 1.1’ de çam ormanı sınırının gerçek dünyada göl sınırı ile çakışması, fakat veri toplama kaynağı ve yöntemlerindeki farklılık nedeniyle bu topolojik ilişkinin toplanan verilerde kaybolması, bu verilerde tutarsızlığa yol açmaktadır (Şekil 1.3).



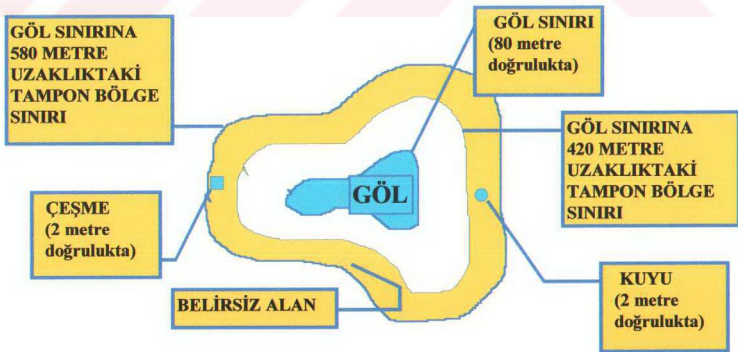
Şekil 1.3 Düşey dağılımda veri kalitesi farklılığı

Zamanın fonksiyonu olan verilerin doğruluğu yüksek olsa bile farklı zamanlara ait olma durumu, bu verilerde belirsizliğe neden olur. Örneğin yaz ve kış mevsimlerinde göl sınırları yüksek doğruluğa sahip bir kaynak ve yöntem kullanılarak belirlense bile, göl sınırlarında herhangi bir zaman için belirsizlik olacaktır (Şekil 1.4)



Şekil 1.4 Verilerdeki zamana bağlı belirsizlik

Veri kalitesi, veri toplama esnasında büyük ölçüde belli iken, verilerin işlenmesi ve analizi sonrası veri kalitesinde farklılaşmalar oluşabilmektedir. Örneğin göle 500 metreden daha yakın kuyu ve çeşmeleri belirlemek için yapılan bir analizde, elde edilen sonuçların kalitesi belirsizdir. Zira göl sınırlarına ilişkin veriler LANDSAT-TM uydu görüntüsünden alınan 80 metre duyarlılığında veriler iken, çeşme ve kuyulara ait konum verileri 2 metre duyarlılıkta olabilir. Bu durumda bir kuyunun tanımlı 500 metrelik tampon alan içine düşüp düşmediği tanımsızdır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 Verilerdeki kaynağa bağlı belirsizlik

Veri kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden ikisi de *maliyet* ve *zamandır*. Veri girişi hızını arttırma, maliyet ve zamanı azaltırken, veri kalitesini düşürmektedir. Yüksek kalite gerektirmeyen verilerin toplanmasında, eğer zaman zorlaması da yoksa daha ucuz maliyetli veri toplama yöntemi ve veri kaynaklarının tercih edilmesi uygun görülürken; üstün kalite gerektiren fakat zaman kısıtlaması olan veri toplama çalışmaları için daha maliyetli yöntem ve kaynakları ister istemez seçme zorunluluğu kendini belli etmektedir. Bununla birlikte kalite gerektiren fakat zaman kısıtlaması olamayan veri toplama çalışmalarında ise en uygun maliyete sahip yöntem ve kaynak kombinasyonlarının seçiminin akılcı olduğu tahmin edilebilir. Fakat böylesi bir tahmini, tümevarım yaklaşımı içerisinde yapmak yerine, amaca en uygun veri kalitesini sağlayacak yöntem, kaynak, zaman ve maliyet faktörlerinin analiz edilmesi ve somut sonuçların irdelenmesi gerekmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri kalitesinin bilinmesi, kullanıcıların veriye olan güvenlerini arttırırken, bu verilerin kullanım alanlarının belirlenmesine, hangi alanlarda kullanılıp hangilerinde kullanılamayacağına ve sonuçta ulaşılan konuma bağlı kararlardaki tutarlılığın ve belirginliğin dolayısıyla veriye olan güvenilirlik düzeyinin saptanmasına olanak tanır. Bunun yanı sıra maliyet ve zaman analizleri, uygun veri kalitesini yakalamada maliyet ve zaman optimizasyonu sağlar.

2. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ

2.1 Coğrafi Bilgi Sisteminin Tarihçesi

Coğrafi Bilgi sisteminin tarihçesi, *Bilgisayar Grafikleri* kavramının doğuşu ile başlar. Bu kavram, 1955 yılında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki MIT (Massachusetts Institute of Technology) isimli enstitü tarafından, uçuş simulatörlerini kontrol etmek üzere geliştirilen Whilwind-I isimli bilgisayar ile ortaya çıkmıştır. Bilgisayar grafikleri kavramını 1963 yılında geliştirilen *Bilgisayar Destekli Tasarım* (CAD: Computer Aided Design) Sistemi izlemiştir. 1963-1971 yılları arasında CAD sistemlerine dayalı olarak *Bilgisayar Destekli Haritacılık* (AM: Automated Mapping) Sistemleri ve *Veritabanı Yönetim Sistemleri* (DBMS: Database Management Systems) geliştirilmiştir.

1971 yılında Kanada tarafından oluşturulan ve üretime sokulan *Kanada Coğrafi Bilgi Sistemi* (CGIS: Canadian Geographic Information System), bilinen ilk Coğrafi Bilgi sistemidir. Daha sonra ortaya çıkan Coğrafi Bilgi sistemlerinden bazıları Tablo 2.1' de, coğrafi bilgi sisteminin tarihsel oluşum süreci Şekil 2.1' de görülmektedir.

2.2 Coğrafi Bilgi Sisteminin Tanımı

Coğrafi Bilgi Sistemi kavramı, *coğrafya*, *bilgi*, *coğrafi bilgi*, *sistem* ve *bilgi sistemi* kavramlarından oluşur. Bu nedenle, bir CBS tanımı yapmadan önce bu kavramları açıklığa kavuşturmakta yarar vardır.

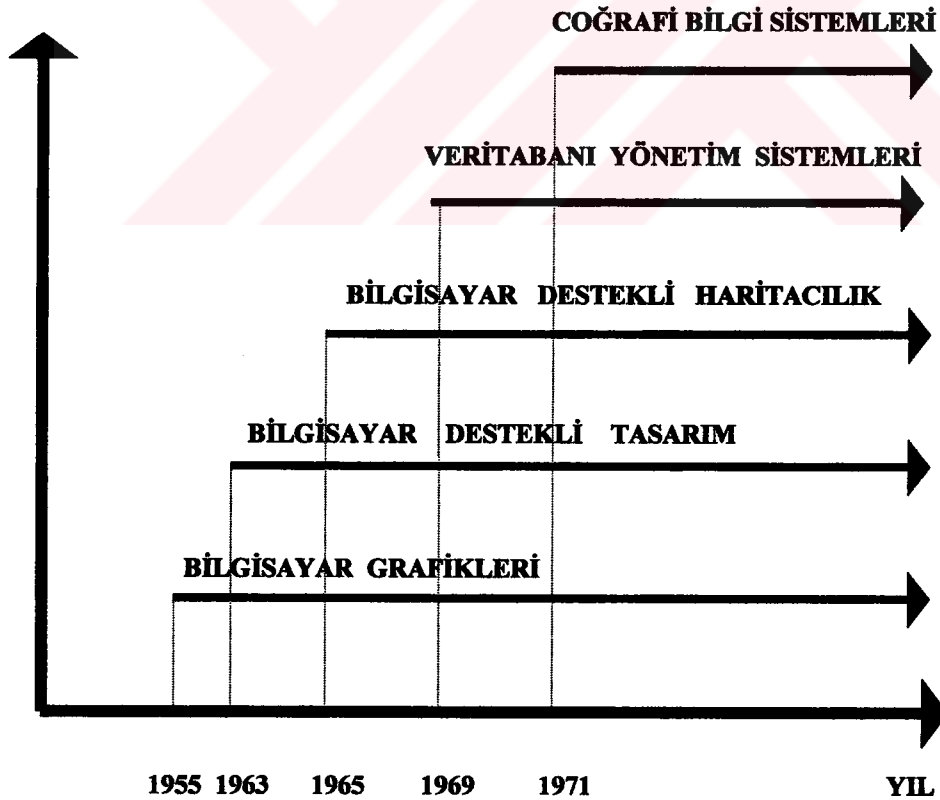
Coğrafya, yeryüzünde herhangi bir bölgenin, fiziksel ve beşeri (insanla ilgili) özelliklerinin bütünü olarak tanımlanır (Büyük Larousse, 1985).

Bu tanıma göre, örneğin Türkiye'nin coğrafyası dendiğinde, Türkiye'nin yeryüzünde kapladığı bölgenin fiziksel ve beşeri özelliklerin bütünü anlaşılır.

Tablo 2.1 Coğrafi Bilgi Sistemine ilişkin tarihsel örneklemeler

YIL	CBS ADI	GELİŞTİREN	ÜLKE
1971	CGIS	Inf.Sys.Branch, Dept. of Regional Economic Expansion	Kanada
1974	ULTIMAP	Ultimap Corp.	A.B.D.
1975	INFORMAP	Sysnercom Corp.	A.B.D.
1976	GEOVISION	GeoVision Corp.	A.B.D.
1977	GFIS	IBM Corp.	A.B.D.
1978	SICAD	Siemens	Almanya
1979	CARIS	Universal Systems	Kanada
1981	ARC/INFO	ESRI, Corp.	A.B.D.
1983	LANDTRACK	Geobased Systems, Inc.	A.B.D.
1984	ATLAS*GIS	Strategic Mapping, Inc.	A.B.D.
1985	LASERSCAN	Digital Equipment Corp.	A.B.D.
1985	SPANS	Tydac Technologies	A.B.D.
1986	MAPINFO	Map-Info Corp.	A.B.D.
1986	GENEMAP	Genesys, Inc.	A.B.D.
1986	MGE	Intergraph, Corp.	A.B.D.
1987	SYSTEM-9	Prime/Wild Heerburg	İsviçre
1987	GEO-SQL	Generation-5 Tech. Inc.	A.B.D.
1987	FMC/AC	Facility Mapping Sys.	A.B.D.
1988	TIGRIS	Intergraph, Corp.	A.B.D.

GELİŞME



Şekil 2.1 Coğrafi Bilgi Sisteminin tarihsel oluşum süreci

Beşeri coğrafya kapsamında, insan nüfusu, ölüm ve doğum olaylarına ilişkin bilgiler (demografi); dil ve din özellikleri hakkında bilgiler (sosyal ve kültürel coğrafya), siyasal sınırlar ve değişimleri (siyasi coğrafya); taşınır ve taşınmaz mallar, hizmetler, ve ekonomik faaliyetler hakkındaki bilgiler (ekonomik coğrafya); kentleşmenin boyutları ve sorunları hakkındaki bilgiler (kent coğrafyası) yer alır.

Fiziksel coğrafya kapsamında ise yer yüzeyi şekilleri ve bunları etkileyen deprem, yerkabuğu hareketleri, vb. olaylar hakkında bilgiler (jeomorfoloji); iklim değişimleri ve bunların yol açtığı mekansal değişimlere ait bilgiler (klimatoloji); bitki ve hayvanların mekansal dağılımı ve çevre ile ilişkileri hakkındaki bilgiler (biocoğrafya); yer yüzeyi ve yeraltında yer alan doğal ve yapay detayların ölçülerek belli bir referans ve izdüşüm sistemindeki temsil ettiği bilgileri (topografya) yer alır.

Bilgi kavramı, bilgi teorisi çerçevesinde “objektif gerçeğin belli bir kısmına ait ifadeler” olarak tanımlanmaktadır (Schindler, 1990). Örneğin objektif gerçek olarak “köprü” alınırsa, bu gerçeğin yani köprünün belli bir kısmına örneğin “yüksekliğine” ilişkin “20 metre” ifadesi bilgi olarak nitelendirilir. Bilginin temsil biçimi veri olarak adlandırılmaktadır (Büyük Larousse, 1985). Örneğin “1000” rakamı, bir binanın alanı hakkındaki bilgiyi temsil eden bir veridir; ya da “harita üzerindeki bir çizgi”, arazi üzerindeki tel çitin konumu hakkındaki bilgiyi temsil eden bir veridir.

Sistem, belli bir işlevi yerine getirmeyi amaçlayan bileşenlerin bütünüdür (Büyük Larousse, 1985). Örneğin aydınlatma sistemi, üretim sistemi gibi. **Bilgi Sistemi**, “haberleşme ile bilginin bir kişiden başka bir kişiye iletilmesinde kullanılan araç” olarak tanımlanmaktadır (Encyclopedia of Science and Technology, 1987). Haberleşmede dört temel eleman vardır. Bunlar, haberleşme elemanı (gönderici ve alıcı), haberleşme ortamı, ortak mesaj dili ve haberleşme nesnesi (mesaj) olarak ifade edilir. Haberleşme sisteminde bu elemanlar yer alırken; bilgi sisteminde, haberleşme elemanı olarak kullanıcılar, haberleşme ortamı olarak bilgisayar donanımı ve yazılımları, ortak mesaj dili olarak veri sözlüğü ve mesaj olarak da bilgi yer alır.

Sonuç olarak **Coğrafi Bilgi Sistemi**, “coğrafi bilgilerin toplanması, bilgisayar ortamına aktarılıp depolanması, işlenmesi, analizi ve sunulması amacıyla bir araya getirilmiş

bilgisayar donanım ve yazılımı, personel ve coğrafi veriler (bilgiler) den oluşan bir bütündür” şeklinde tanımlanabilir.

2.3 Coğrafi Bilgi Sisteminin Bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sisteminin dört temel bileşeni vardır. Bunlar, donanım, yazılım, coğrafi veri ve personel bileşenleridir.

2.3.1 Donanım bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sisteminin donanım bileşenleri üç grupta toplanır. Bunlar, veri giriş elemanları, veri depolama ve işleme elemanları ve veri sunuş elemanlarıdır.

Veri giriş elemanları şunlardır:

- Manuel sayısallaştırıcılar,
- Alfabetik klavye,
- Vektör sayısallaştırıcılar,
- Uzaktan algıyıcılar (uydu ve uçaklardaki CCD kameraları),
- Raster tarayıcılar,
- Fotogrametrik sayısallaştırıcılar (Analog kıymetlendirme aletleri, Sayısal çıkışlı analog kıymetlendirme aletleri, Analitik kıymetlendirme aletleri, Digital kıymetlendirme aletleri),
- GPS (Global Positioning System) alıcıları,
- Total Station aletleri,
- Sürücüler (disket sürücü, optik disk sürücü, hard disk sürücü, teyp sürücü, vb.).

Veri depolama ve işleme elemanları şunlardır :

- Sabit bellek (hard disk),
- Ana bellek (main memory),
- Merkezi işlem birimi (CPU: Central Processing Unit),
- Grafik işlemci,
- Disket, Optik disk, CD-WORM, CD-RW, CD-ROM, Teyp.

Veri sunuş elemanları şunlardır :

- Bilgisayar ekranı (alfanümerik ve/veya grafik ekran),
- Yazıcı (satır yazıcı, laser yazıcı, matris yazıcı),
- Çizici (kalem çizici, elektrostatik çizici, ink-jet çizici).

2.3.2 Yazılım bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sisteminin yazılım bileşenleri, üç ana guruba ayrılır:

- Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılım Paketi,
- İşletim Sistemi Yazılımı,
- Haberleşme (Bilgisayar ağı) yazılımı,
- Uygulama yazılımları.

Bu yazılımlardan ilk üçü, ticari olarak satın alınabilirken; son grupta yer alan **uygulama yazılımları**, genellikle kullanıcılar tarafından kendi disiplinlerindeki sorunlara yönelik uygulamalar için geliştirilen bilgisayar programlarıdır. Bu programların geliştirilmesinde, Coğrafi Bilgi Sistemi yazılım paketinde yer alan dördüncü nesil programlama dili kullanılır. Bu programlama dillerine örnek olarak ARC/INFO yazılım paketinin AML (Arc Macro Language) ve SML (Simple Macro Language), ArcView yazılım paketinin AVENUE; MGE yazılım paketinin MDL (MicroStation Development Library) ve MicroCSL (MicroStation Customer Support Library) dilleri verilebilir.

İşletim sistemi yazılımı, bilgisayarın işletimine yönelik yazılımdır. Örneğın UNIX, DOS, Windows, Windows NT, VMS, vb. gibi.

Eğer Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı, birden çok bilgisayarı içermekte ise bu donanımlar arasındaki veri transferini sağlayacak bir bilgisayar ağına ve bu ağ için bir **haberleşme (bilgisayar ağı) yazılımına** ihtiyaç duyulur.

Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılım paketi, beş ana bölümden oluşur. Bu bölümler şunlardır :

- Veri giriş ve doğrulama yazılımları,

- Veri depolama ve veritabanı yönetimi yazılımları,
- Veri işleme ve analizi yazılımları,
- Veri/Bilgi sunuş yazılımları,
- Ara yüz yazılımları.

Veri giriş yazılımları, değişik türdeki kaynaklarda (basılı harita, hava fotoğrafı, uydu görüntüsü, vb.) yer alan verileri, uygun veri giriş elemanları (manuel sayısallaştırıcı, raster tarayıcı, vb.) ile bilgisayar tarafından anlaşılır formlara dönüştürme işlemlerini yapan yazılımlardır. Örneğin ARC/INFO yazılım paketinin ArcEdit, ADS ve ArcScan modülleri; MGE yazılım paketinin MicroStation, I/RAS, I/VEC, I/GEOVEC modülleri gibi.

Veri doğrulama yazılımları, bilgisayar ortamına aktarılmış olan verilerin doğruluğunu kontrol etmek ve düzeltmek için kullanılan yazılımlardır. Örneğin ARC/INFO yazılım paketinin EditPlot modülü, BUILD ve CLEAN programları; MGE yazılım paketinin ULFCLEAN modülü gibi.

Veri depolama ve veritabanı yönetimi yazılımları, verileri belli bir veri tabanı modeline (ağ, hiyerarşik, ilişkisel) göre, coğrafi veri depolama tekniklerinden (topolojik, spagetti, dörtlü ağaç yapı, vb.) birine uygun olarak bilgisayar ortamında depolayan ve yöneten yazılımlardır. Örneğin ARC/INFO yazılım paketinin INFO modülü; MGE yazılım paketinin RIS+Informix modülleri gibi.

Veri işleme yazılımları, veri bakımı (data maintenance) ve veri idaresi (data manipulation) yapan yazılımlar olup aşağıdaki temel fonksiyonları içerirler (Burrough, 1986) :

- Grafik editleme (ekleme, silme, değiştirme),
- Ölçeklendirme, öteleme, döndürme,
- Benzerlik dönüşümleri (Affine, Helmert),
- Projeksiyon dönüşümleri (örneğin UTM' den Lambert' e dönüşüm, vb.),
- Datum dönüşümleri (örneğin ED-50'den WGS-84'e dönüşüm, vb.),
- Kenarlaştırma (Edge matching),
- Büyültme, küçültme, kaydırma (zoom-in, zoom-out, pan),

- Veri yapısı dönüşümü (raster'dan vektör'e, vektör'den raster'a dönüşüm),
- Otomatik genelleştirme (örneğin çizgi yumuşatma, sınıflandırma, vb.)

Veri analiz yazılımları, aşağıdaki fonksiyonları yerine getiren yazılımlardır :

- Coğrafi sorgulama (Spatial query)
 - Konumu belli olan detayın tanımsal bilgilerinin sorgulanması
 - Tanımsal bilgileri belli olan detayın konumsal bilgilerinin sorgulanması
 - Belli koşulları sağlayan tanımsal bilgilere sahip detayın istenen diğer tanımsal bilgilerinin sorgulanması
- Coğrafi analiz (Spatial analysis)
 - Yakınlık analizi (Proximity analysis)
 - Mantıksal İşlemler (Logical operations)
 - Ortak sınır kaldırma (Common boundary removal)
 - Coğrafi birleştirme (Spatial join)
- Ağ analizi (Network analysis)
 - Optimum güzergah belirleme (Optimum path detection)
 - Adres belirleme (Address matching)
 - Kaynak tahsisi (Resource allocation)
- İstatistik analiz (Statistical analysis)
 - Maksimum, minimum, ortalama değer belirleme
 - Standard sapma belirleme
 - Toplam belirleme
- Grid analizi (Grid analysis)
 - Modellendirme ve simulasyon
 - Optimum koridor belirleme
 - Trend analizi
- Sayısal arazi analizi (Digital terrain analysis)
 - Enterpolasyon
 - Eş yükseklik eğrisi oluşturma

- Eğim, hacim, kesit, bakı hesabı
 - Görünürlük analizi
 - Gölgeleştirme
 - Perspektif görüntüleme
- Ölçme işlemleri
 - Alan ölçme
 - Uzunluk ölçme
 - Çevre ölçme
 - Konum ölçme

Veri analiz yazılımlarına örnek olarak ARC/INFO yazılım paketinin GRID, TIN, NETWORK, ArcPlot modülleri; MGE yazılım paketinin MGGA, MSM, MGNA, GDL modülleri verilebilir.

Veri sunuş yazılımları, veri sunuş elemanları ile sayısal (softcopy) ve basılı (hardcopy) çıkış verme işlemlerini gerçekleştiren yazılımlardır. Örneğin ARC/INFO yazılım paketinin ArcPlot modülü, SEPERATOR modülü; MGE yazılım paketinin MapFinisher ve MapPublisher modülleri gibi.

Arayüz yazılımları, Coğrafi Bilgi Sistemi ile kullanıcıların etkileşimi için gerekli menüler oluşturan ve verilere erişimi sağlayan programlar ile bu amaçla geliştirilmiş ve uygulama programlarının yazılmasında kullanılan macro programlama dillerini kapsar. Örneğin ARC/INFO yazılım paketinin Formedit modülü, ArcView yazılım paketinin Dialog Designer modülü gibi.

2.3.3 Personel bileşenleri

Bir Coğrafi Bilgi Sistemi'nin personeli, dokuz grupta toplanabilir (ESRI, 1989) :

- Sistem yöneticisi (System manager)
- Sistem analizcisi (System analyst)
- Veritabanı yöneticisi (Database manager)
- Veri işleme uzmanı (senior processor)

- Harita uzmanı (Cartographer)
- Bilgisayar uzmanı (Computer systems administrator)
- Veri giriş operatörleri (digitizer operators/ key-in operators)
- Uygulama programcıları (Application programmers)
- Son kullanıcılar (End users)

2.3.4 Coğrafi veri bileşenleri

Coğrafi bilgi, bir coğrafi varlığa ilişkin bilgidir. **Coğrafi varlık**, doğada belli bir konumu ve biçimi olan somut veya soyut nesnedir. Yeryüzünde ve yeraltında bulunan tüm doğal ve insan yapısı somut detaylar (örneğin akarsular, göller, binalar, vb. detaylar) ve konuma bağlı soyut nesneler (örneğin mülki ve idari sınırlar, nüfus yoğunluğu, vb. nesneler) coğrafi varlık olarak ifade edilir (Steudler, 1990).

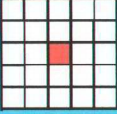
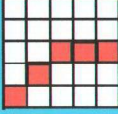
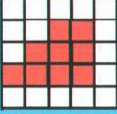
Coğrafi veri, coğrafi bilginin bilgisayar ortamında temsil ediliş biçimidir. Coğrafi bilgi, bilgisayar ortamında nokta, çizgi, veya alanlar şeklinde vektör yapıda temsil edilerek depolandığı gibi; hücreler şeklinde raster (tarama) yapıda da temsil edilebilmektedir. Ayrıca bu verilerin depolanmasında çeşitli depolama modelleri (ağ, hiyerarşik, ilişkisel modeller) kullanılmaktadır. Gerek coğrafi veri yapıları, gerekse coğrafi veri depolama yöntemleri ve modelleri BÖLÜM 3' de ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

3. COĞRAFI VERİ YAPILARI, VERİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ VE MODELLERİ

3.1 Coğrafi Veri Yapıları

Coğrafi veriler, bilgisayarda depolama tekniği açısından vektör ve raster (tarama) olmak üzere iki ayrı yapıda olabilir. Vektör veri yapısında, nokta detaylar, koordinat çiftleri ile; çizgi detaylar çizgi üzerindeki noktalar zinciri ile; alan detaylar ise, alanı çevreleyen çizgiler ile temsil edilirler. Raster (tarama) veri yapısında tüm detay türleri, koordinatları (satır ve sütun numaraları) bilinen resim elemanları (pikseller) ile temsil edilirler. Örneğin bir harita paftasının kapladığı alan raster veri yapısında $n*m$ 'lik bir grid ağından oluşur. Grid ağı içerisinde yer alan her bir hücre, harita üzerinde ayırtedilebilen en küçük elemanı temsil eder. Nokta detaylar tek bir grid hücresi (resim elemanı) ile; çizgi detaylar, üzerindeki grid hücreleri ile; alan detaylar ise, bu alanı kaplayan grid hücreleri ile temsil edilirler (Şekil 3.1) (Bartelme, 1989; Burrough, 1986; Fritsch, 1990).

Vektör ve raster veri yapılarının birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri vardır. Raster veri yapısı kullanılarak temsil edilen coğrafi varlıklara ilişkin küçük grafik özellikler kaybolur. Bu yapı kullanılarak mülkiyet sınırları gibi çizgi türündeki hassasiyet gerektiren varlıkların temsil edilmesi güçtür. Bunun yanı sıra hücre (piksel) boyutlarının küçültülmesi ile bu sorun çözülebilirken, veri depolama hacmi oldukça büyümektedir. Bindirme (overlay), alan hesabı, yakınlık analizi, vb. fonksiyonlar vektör veri yapılarında zor iken, raster veri yapılarında bu işlemler daha kolaydır. Her iki tür yapıdaki verilerin birbirine dönüşümü mümkündür (Aren, 1990).

				DETAY TÜRÜ		
				NOKTA	Çizgi	ALAN
VERİ YAPISI	RASTER (TARAMA)	VEKTÖR	DEPOLAMA GÖSTERİMİ	1 -	1 2 3 1 2 3	1 2 3 4 1 2 3 4
				X1,Y1	X1,Y1 X2,Y2 X3,Y3	X1,Y1 X2,Y2 X2,Y2 X4,Y4
	DEPOLAMA	GÖSTERİM				
				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0

Şekil 3.1 Coğrafi veri yapıları

3.2 Coğrafi Veri Depolama Yöntemleri

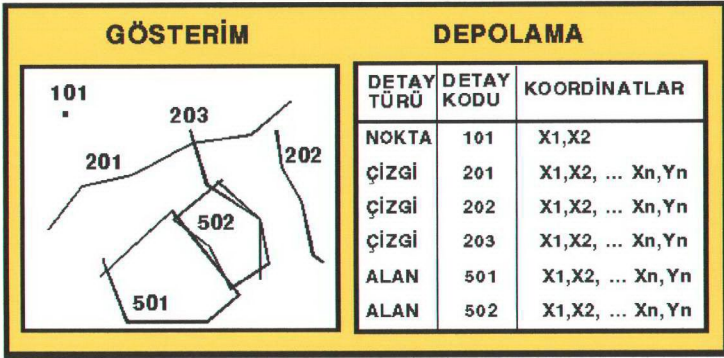
3.2.1 Vektör veri depolama yöntemleri

Vektör yapıdaki veriler için iki temel depolama yöntemi vardır (Aronof, 1991):

- Spagetti yöntemi
- Topolojik yöntem

3.2.1.1 Spagetti veri depolama yöntemi

Spagetti yöntemde, nokta, çizgi, alan türündeki vektör veriler, temsil ettikleri detayı oluşturan nokta ya da noktalar kümesi şeklinde detayı tanımlayan tek anlamlı bir kod (detay kodu) ve detay türü (nokta, çizgi, alan) ile birlikte depolanır. Aynı ya da farklı detayların çakışması ya da komşu olması durumlarında ortak kenar ve/veya noktalar her detay için tekrarlanarak depolanır (Şekil 3.2).



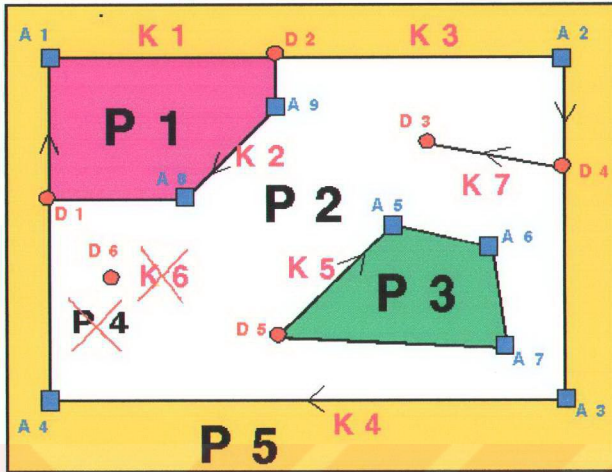
Şekil 3.2 Spagetti veri depolama yöntemi

Bu yöntemde oluşabilecek geometrik ve topolojik hatalar şunlardır:

- Çizgi detayların kesişme yerlerinde kopukluklar ve taşmalar olabilir.
- Alan detaylar tam olarak kapanmayabilir.
- Alan detaylar üst üste binebilir veya aralarında boşluklar olabilir.
- Detayların çakışma yerleri belli değildir.
- Komşuluk ilişkileri belli değildir.
- Yön belli değildir.
- Navigasyon olanağı yoktur.

3.2.1.2 Topolojik veri depolama yöntemi

Topolojik yöntemde, detaylar arasındaki komşuluk, yön, çakışma, bağlantı gibi mekansal ilişkiler tanımlanır. Ayrıca komşu, çakışan, kesişen detayların ortak nokta ve kenarları bir kez daha depolanarak, spaghetti yönteminde karşılaşılan binme, boşluk, kopukluk, taşma gibi geometrik hatalar eleminde edilir. Bu yöntemde nokta detay, düğüm olarak; çizgi detaylar, başlangıç ve bitiş noktası düğüm şeklinde tanımlı olup noktalar dizisinden oluşan kenar olarak; alan detaylar ise, kenarlardan oluşan poligonlar şeklinde depolanır. Ayrıca kenarların sol ve sağındaki poligonlar da tanımlıdır (Şekil 3.3).



P : POLİGON, D : DÜĞÜM NOKTASI
K : KENAR, A : ARA (KÖŞE) NOKTA

POLİGON TOPOLOJİSİ	
Poligon	Kenarlar
P 1	K1,K2
P 2	K2,K3,K4,0,K6,0,K5
P 3	K5
P 4	K6
P 5	Dış Poligon

KENAR TOPOLOJİSİ				
Kenar	Başl. düğüm	Bitiş düğüm	sol poli.	sağ poli.
K1	D1	D2	P5	P1
K2	D2	D1	P2	P1
K3	D2	D4	P5	P2
K4	D4	D1	P5	P2
K5	D5	D5	P2	P3
K6	D6	D6	P2	P2
K7	D4	D3	P2	P2

DÜĞÜM TOPOLOJİSİ	
Düğüm	Kenarlar
D1	K1,K2,K4
D2	K1,K2,K3
D3	K7
D4	K3,K7,K4
D5	K5
D6	K5

KOORDİNATLAR			
Kenar	Bşl.X,Y	Ara Nok.X,Y	Son X,Y
K1	D1	A1	D2
K2	D2	A9,A8	D1
K3	D2	A2	D4
K4	D4	A3,A4	D1
K5	D5	A5,A6,A7	D5
K6	D6		D6
K7	D4		D3

Şekil 3.3 Topolojik veri depolama yöntemleri

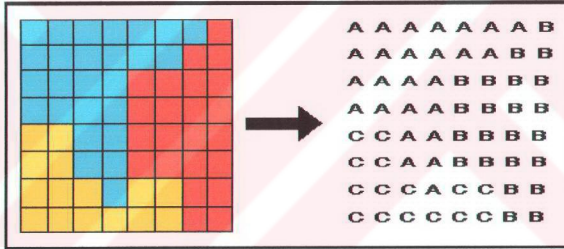
3.2.2 Raster (tarama) veri depolama yöntemleri

Raster (tarama) veri depolama yöntemleri şunlardır (Aranoff, 1990; Burrough, 1986; Schiller, 1991) :

- Matris Kodlama (matrix encoding)
- Zincir kodlama (chain encoding)
- Satır boyunca kodlama (run-lenth encoding)
- Blok kodlama (block encoding)
- Dörtlü ağaç kodlama (quadtree encoding)

3.2.2.1 Matris kodlama yöntemi

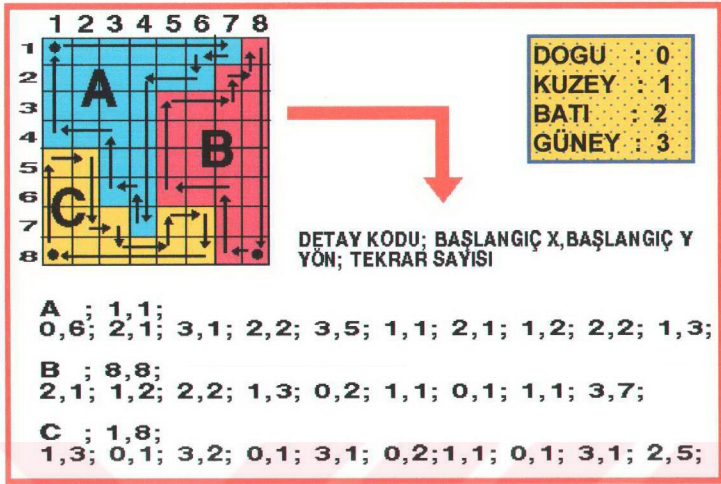
Bu yöntemde, coğrafi detaya ilişkin tüm resim elemanları satır ve sütunlar şeklinde kodlanarak depolanır (Şekil 3.4)



Şekil 3.4 Matris kodlama yöntemi

3.2.2.2 Zincir kodlama yöntemi

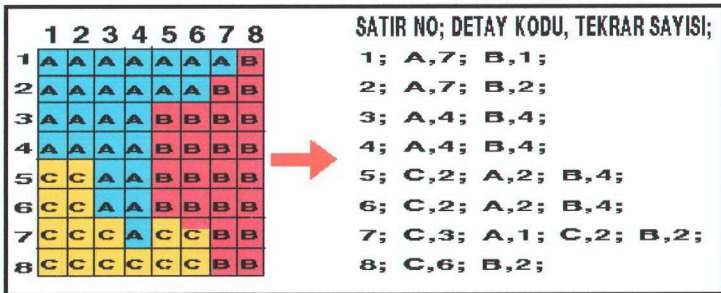
Bu yöntemde, detayın kapladığı tüm resim elemanlarının depolanması yerine sadece detayı çevreleyen (alan detaylarda) veya detayın üzerinde bulunduğu (çizgi ve nokta detaylarda) resim elemanları bir başlangıçtan itibaren ana yönler tekrar sayısı kullanılarak (Doğu : 0, Kuzey : 1, Batı : 2, Güney : 3) kodları ile birlikte depolanır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Zincir kodlama yöntemi

3.2.2.3 Satır boyunca kodlama yöntemi

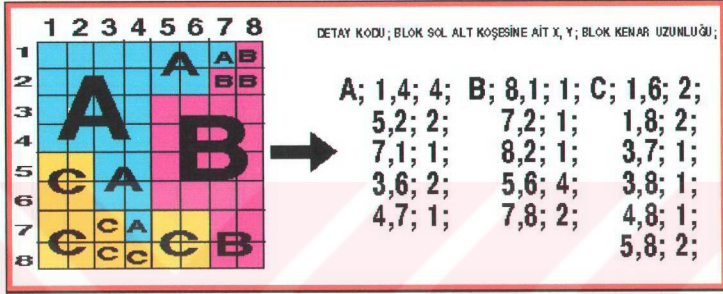
Bu yöntemde detaylar, satırlar halinde depolanır. Her satır, başlangıç ve bitiş sütunları ile ya da başlangıç sütunu ile tekrar eden resim elemanı sayısı belirtilerek depolanır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Satır boyunca kodlama yöntemi

3.2.2.4 Blok kodlama yöntemi

Bu yöntem, satır boyunca kodlama yöntemi esasına dayanır. Bu yöntemde detay, kare bloklara bölündükten sonra her bloktaki sol alt köşe resim elemanının satır ve sütun numaraları (x,y koordinatları) ve karenin bir kenarı boyundaki resim elemanı sayısı ile depolanır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Blok kodlama yöntemi

3.2.2.5 Dörtlü ağaç kodlama yöntemi

Bu yöntemde, detayı içeren alan, kareler şeklinde ardışık olarak bölümlenir. Bölme işlemi, içi tamamen farklı ya da dolu karelere ulaşıncaya kadar devam eder. Detayı temsil eden içi dolu karelerin, oluşturulan dörtlü ağaç yapısı içindeki yerleri kodlanarak depolanır (Şekil 3.8).

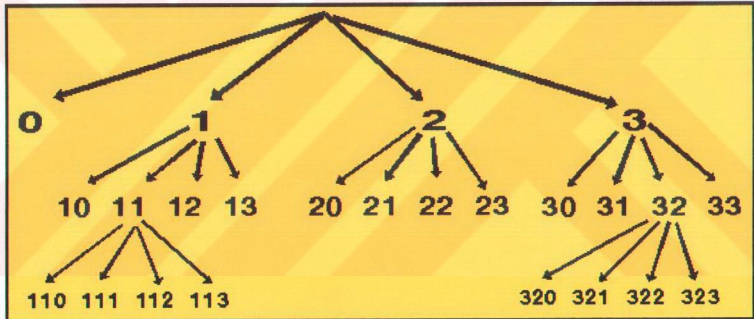
3.3 Coğrafi Veri Depolama Modelleri

Coğrafi verileri dört farklı modele göre depolamak mümkündür. Bu modeller şunlardır (Altan ve dig., 1991):

- İlişkisel veri modeli
- Hiyerarşik veri modeli
- Ağ veri modeli
- Nesneye yönelik veri modeli

			A	AB
			B	BB
A			B	B
C	A	B	B	B
C	C	C	B	B

0		10	11
		13	12
30	31	20	21
33	32	23	22



DETAY KODU; AĞAÇ DALI; AĞAÇ DALI; ...

A; 0, 10, 110, 31, 321;

B; 13, 12, 20, 21, 22, 111, 112, 113;

C; 30, 33, 320, 322, 323, 23;

Şekil 3.8 Dörtlü ağaç kodlama yöntemi

3.3.1 İlişkisel veri modeli

Bu modelde veriler tablolar halinde depolanır. Her bir tabloya *ilişki* (relation) adı verilir. Tablolardaki her satır, bir detaya ait olup *kayıt* (record) olarak ifade edilir. Tablolardaki kolonlar, *saha* (field) olarak adlandırılır. Bu kolonlarda detaylara ait grafik veriler (koordinat değerleri) ile grafik olmayan veriler (öznitelik değerleri) yer alır. Farklı tablolar arasındaki bağlantı, ortak sahalar (kolonlar) kullanılarak gerçekleştirilir. Bir tablodaki bir kayıta erişim için *anahtar* (key) oluşturulur ve kullanılır. Anahtar, tek bir saha olabileceği gibi, birden çok saha da anahtar olabilir. Bir tabloda anahtar olmayan, fakat bağlantı yapılan başka bir tabloda anahtar olan bir saha *yabancı anahtar* (foreign key) olarak adlandırılır.

Bu veri depolama modelinde, bir ya da birden çok kayıta erişim için önce tablolar birleştirilir, sonra bir sorgulama dili (SQL : Structured Query Language) ile sorgulama yapılır. Tabloların birleştirilmesi işlemi geçici olup, elde edilen bütünsel tablo sadece sorgulama için kullanılır, yani bu tablo bilgisayar ortamında fiziksel olarak depolanmaz (Şekil 3.9).

Bu modelde ilişkileri (tabloları) değiştirmek, yeni tablolar oluşturmak çok kolay olduğundan, modelin coğrafi veri depolamak için çok uygun olduğu söylenebilir.

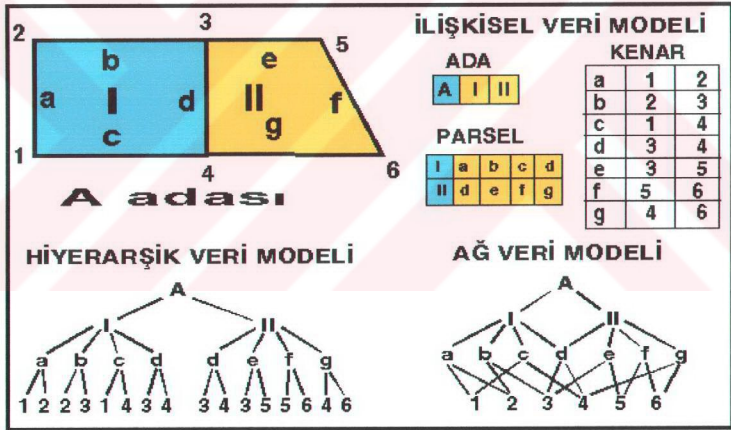
3.3.2 Hiyerarşik veri modeli

Bu modelde veriler bir ağaç yapısı şeklinde ve hiyerarşik bir düzende depolanır. Veriler arasındaki ilişkiler, değişik düzeylerdeki bağlantılar ile kurulur. Hiyerarşinin en üstündeki veri, *kök* (root) olarak adlandırılır. Her verinin bir üstündeki veriye, anne-baba (parent); bir altındakilere ise çocuklar (children) adı verilir. Her düzeydeki veri içinde, anne-baba adresi ile çocukların adresini tutan *işaretçi* (pointers) değişkenleri yer alır. Verilere erişim bu işaretçi ve adresler yardımıyla gerçekleştirilir. Bir veriden başka bir veriye ulaşırken ortak anne-baba'ya kadar çıkılır ve buradan diğer veriye doğru hiyerarşik yapı izlenerek inilir. Bu modelin en büyük sınırlaması, veriye doğrudan erişimin mümkün olmayıp hiyerarşinin izlenmek zorunda olmasıdır. Bu modelin başka bir sınırlaması da, hiyerarşik yapının bir kere kurulduktan sonra değiştirilmesinin, dolayısıyla yeni detay eklemenin çok zor olmasıdır. Ayrıca bu

modelde yapılacak sorgulamalara uygun olarak hiyerarşinin kurulması, dolayısıyla olası tüm sorgulamaların önceden bilinmesi zorunluluğu vardır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde sorgulamaları önceden bilmek ya da tahmin etmek mümkün olsa bile yeni sorgulamalara göre hiyerarşik yapıyı değiştirme zorunluluğu, bu modelin coğrafi veri depolamak için uygun bir model olmadığını göstermektedir (Şekil 3.9).

3.3.3 Ağ veri modeli

Bu modelde veriler, hiyerarşik modelde olduğu gibi organize edilir. Buradaki fark, alt düzeydeki bir veri birden fazla üst düzeydeki veri ile bağlantılı olabilir. Bu durum veriye erişimi hızlandırmakla birlikte, hiyerarşik veri depolama modelindeki olumsuz yönleri ortadan kaldırmaz. Bu nedenle bu modelin de, coğrafi veri depolamada etkin olduğu söylenemez (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 İlişkisel, hiyerarşik ve ağ veri modelleri

3.3.4 Nesneye yönelik (object-oriented) veri modeli

Bu modelde veriler hiyerarşik yapıdaki nesne sınıfları (object-classes) şeklinde organize edilir. Her nesne sınıfı için varsa bir üst sınıf (super-class) ve bir ya da birden çok alt sınıf (sub-class) tanımlanır. Her nesne sınıfı, ait olduğu üst sınıfın tüm

özelliklerini kalımsal olarak taşır ve ayrıca kendine özgü ilave özellikler de içerebilir. Her nesne sınıfında üst sınıf, alt sınıf bilgileri yanı sıra, verilere ilişkin özellikler ve verilere uygulanabilecek işlemler de yer alır (Shahrabi ve dig., 1993; Worboys ve dig., 1990; Kainz ve dig., 1993). Bu modelde diğer modellerden belirgin farklılık , olarak veriler ile birlikte işlemlerin de modellendirilmesidir. Bu nedenle bu model kullanılarak yapılacak coğrafi analizlerin daha kolay olduğu, fakat tüm bu işlemlerin önceden tanımlanmış olması gerektiğinden, modelin değiştirilmesi ve ilave işlemler ile genişletilmesi için yeniden modellendirme yapmak gerekmektedir. Diğer taraftan üst sınıfta yapılan bir değişiklik kalıtım gereği tüm alt sınıflara kolayca yansyabilmektedir. Şekil 3.9'daki A adasının, nesneye yönelik veri modeline göre depolanması, Şekil 3.10'da görülmektedir.

ADA										
Ada no	Ada adı	Parsel sayısı	PARSEL							
			Parsel no	Parsel adı	Kenar sayısı	KENAR				
						Kenar no	Kenar adı	NOKTA		
								no	x	y
1	A	2	1	I	4	1	a	1	x1	y1
						2	b	2	x2	y2
						3	c	3	x3	y3
						4	d	4	x4	y4
						4	d	3	x3	y3
						4	d	4	x4	y4
						5	e	3	x3	y3
						6	f	5	x5	y5
		2	II	4	7	g	6	x6	y6	
					4	d	4	x4	y4	
					6	f	6	x6	y6	
					4	d	3	x3	y3	
					4	d	4	x4	y4	
					5	e	5	x5	y5	
					6	f	6	x6	y6	
					7	g	7	x7	y7	

Şekil 3.10 Nesneye Yönelik (Object-oriented) veri modeli

4. COĞRAFI VERİ TOPLAMA YÖNTEMLERİ

4.1 Sayısallaştırma

4.1.1 Manuel sayısallaştırma

4.1.1.1 Sayısallaştırma tablası üzerinde manuel sayısallaştırma

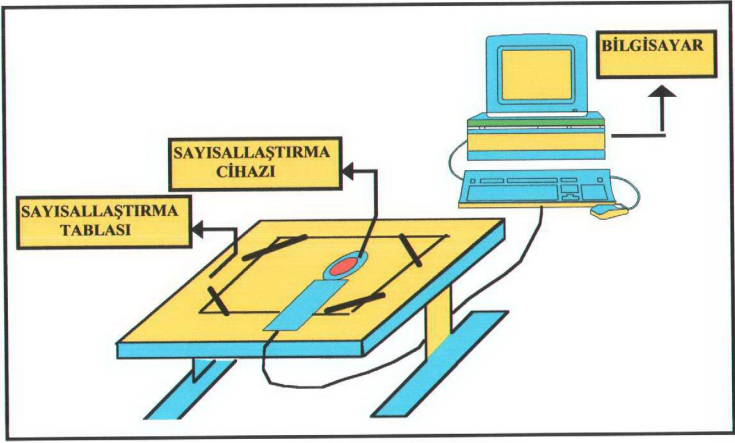
Bu yöntemde sayısallaştırma tablası ve sayısallaştırıcı ile bunların bağlı olduğu bir bilgisayar kullanılır (Şekil 4.1). İki tür sayısallaştırma tablası vardır. Büyük sayısallaştırma tablalarına *sayısallaştırma masası* (60x90 cm. ve daha büyük boyutlarda), daha küçüklerine ise *sayısallaştırma tableti* adı verilir.

Sayısallaştırma cihazları da farklı tipte olabilmektedir. Örneğin tuşlu (keypad) sayısallaştırıcı, fare (mouse) sayısallaştırıcı ve kalem (pen) sayısallaştırıcı gibi.

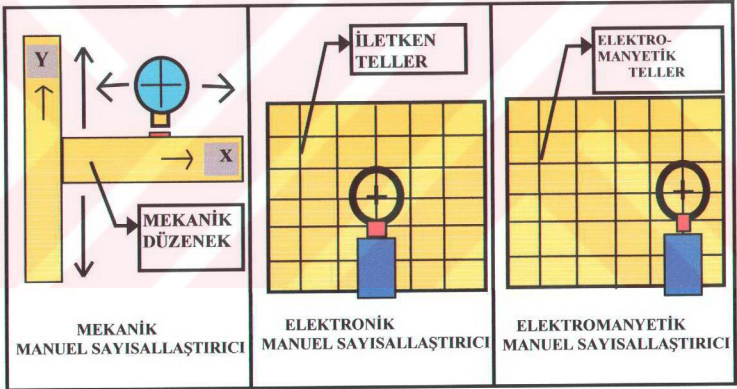
Bu yöntemin esası, sayısallaştırıcının artıklı veya ucunun sayısallaştırma tablası üzerindeki düzlem (x,y) koordinatlarını bilgisayar ortamına iletmektir. Bu işlem için öncelikle sayısallaştırılacak doküman, sayısallaştırma tablası üzerine yerleştirilir; sonra sayısallaştırma cihazı ile sayısallaştırılacak detay (örneğin bina sınırları) üzerinde sayısallaştırma cihazı (artıklı ya da ucu) hareket ettirilir. (Şekil 4.1).

Sonuçta elde edilen sayısallaştırma tablası koordinatları, Helmert ya da Affine dönüşümü ile istenen koordinat sistemine dönüştürülür.

Mekanik , elektronik ve elektromanyetik olmak üzere üç tür manuel sayısallaştırıcı vardır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1 Sayısallaştırma tablası üzerinde manuel sayısallaştırma



Şekil 4.2 Manuel sayısallaştırma türleri

Mekanik manuel sayısallaştırıcılarda, sayısallaştırma cihazı X ve Y yönünde mekanik bir düzenek kontrolünde hareket eder. Böylece sayısallaştırılan koordinatlar, bu mekanik düzenek tarafından belirlenerek bilgisayara aktarılır.

Elektronik manuel sayısallaştırıcılarda, tablanın altına yatay ve dikey grid ağı şeklinde eşit aralıklarla iletken teller yerleştirilmiştir. Bu teller arasındaki aralık, sayısallaştırıcının çözünürlüğünü belirler (Örneğin 0.01 inch yada 100 lpi: line per inch gibi). Sayısallaştırma cihazının sayısallaştırdığı noktanın koordinatları, artı kılın kaçınıc yatay ve kaçınıc dikey çizgi üzerinde durduğu şeklinde bilgisayara aktarılır.

Elektromanyetik manuel sayısallaştırıcılarda ise, tabla altına yerleştirilen iletken tellerden yayılan elektromanyetik dalgalar, sayısallaştırma cihazı tarafından algılanır ve koordinat çiftleri olarak bilgisayara aktarılır.

4.1.1.2 Ekran üzerinde manuel sayısallaştırma

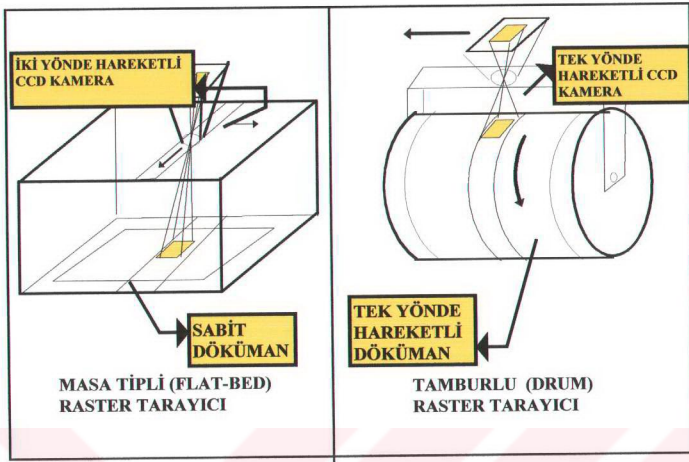
Bu yöntemde, sayısallaştırma tablası yerine bilgisayar ekranı, sayısallaştırma cihazı yerine de ekran üzerindeki imleç (cursor) kullanılır. Kaynak materyal, raster tarayıcıda taranarak raster kütük elde edilir. Bu raster kütük, ekrana görüntü olarak getirilir ve bu görüntü üzerinde manuel sayısallaştırma yapılır.

4.1.2 Otomatik sayısallaştırma

4.1.2.1 Raster tarama vektöre çevirme

Bu yöntemde, raster tarayıcılar kullanılır. Bu yöntemin esasını, grid sistemindeki belli büyüklükteki (tarayıcı çözünürlüğündeki, örneğin 0.01 x 0.01 inch boyutlarındaki) bir kare içerisindeki gri değerini belirleme işlemi oluşturur. Masa tipli tarayıcı (flat-bed scanner) ve tamburlu tarayıcı (drum scanner) olmak üzere iki tür raster tarayıcı vardır (Şekil 4.3).

Bu yöntemde, sayısallaştırılacak dokümanın üzerine ışık gönderen bir kaynak ve yansıyan ışığı alan ve kaydeden bir CCD (Charge Coupled Device) kamera yer alır. Bu kamera, 1 x 1 cm boyutunda olup, içindeki grid karesi (pixel) sayısı çözünürlük derecesine göre değişir. Örneğin 50 mikron (0.05 mm) çözünürlüğü için bir CCD kamerası içinde 40 000 adet resim elemanı (pixel) vardır ($10 \text{ mm} : 0.05 \text{ mm} = 200$, $200 \times 200 = 40\,000$).



Şekil 4.3 Raster tarayıcı türleri

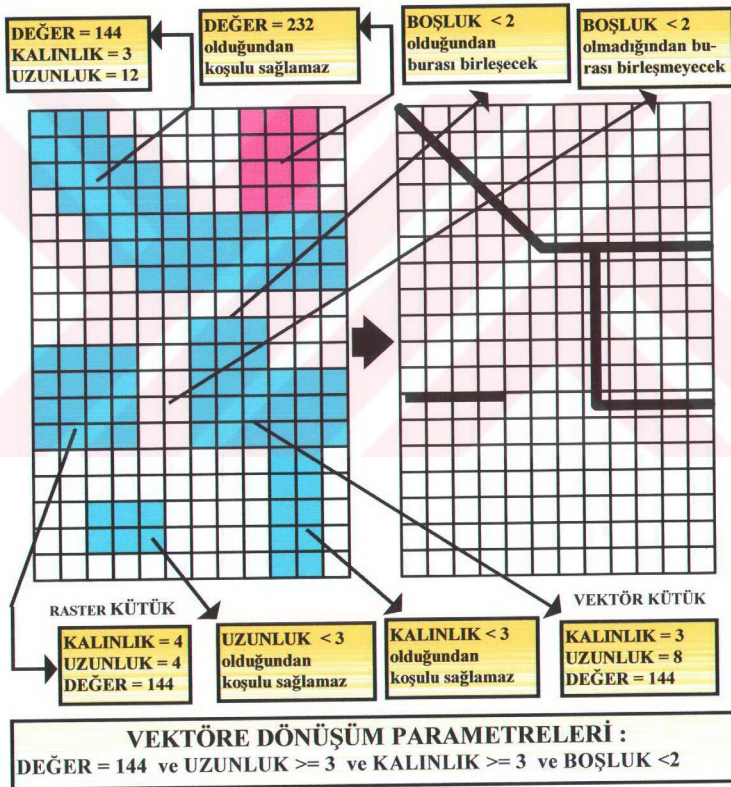
Bu CCD kamerasının çalışma prensibi, kameradan gönderilen ve daha sonra yansıyan ışığı alan ve şiddetini ölçen bir detektöre dayanır. doküman (harita, fotoğraf, uyu görüntüsü, vb.) üzerindeki her bir renk ve bu renklerden yansıyan ışık şiddetleri farklıdır. Her bir resim elemanına karşılık gelen ışık şiddeti değeri (gri değeri) veri olarak kaydedilir. Her bir gri değeri için 1,2,4 veya 8 bit' lik bir belek yeri ayrılması durumunda elde edilebilecek gri tonu sayısı sırasıyla 2 (beyaz, siyah), 4, 16 ve 256 olabilir. Örneğin bir harita paftası münhani kalıbı için siyah-beyaz tarama yapmak, dolayısıyla her piksel için 1 bit (0 ya da 1) kullanmak yeterlidir. Bu durumda, 50 X 80 cm boyutunda bir pafta için 50 mikron çözünürlüğünde bir CCD kullanılarak yapılan tarama sonucunda ihtiyaç duyulan bellek miktarı 19.5 Kbyte olacaktır ($50 \times 80 \times 40000 = 160\,000\,000$ bit, $160\,000\,000 / 8 = 20\,000\,000$ byte, $20\,000\,000 / 1024 = 19.5$ Kbyte).

Raster tarama süresi, sayısallaştırma çözünürlüğü ile doğru orantılıdır. Başka bir ifade ile çözünürlük arttıkça (piksel boyu küçüldükçe) sayısallaştırma süresi artar.

Raster tarama sonucu elde edilen bilgisayar kütüğüne raster kütük adı verilir. Bu kütük aşağıdaki dört yöntemden birisi ile vektör yapıya dönüştürülür :

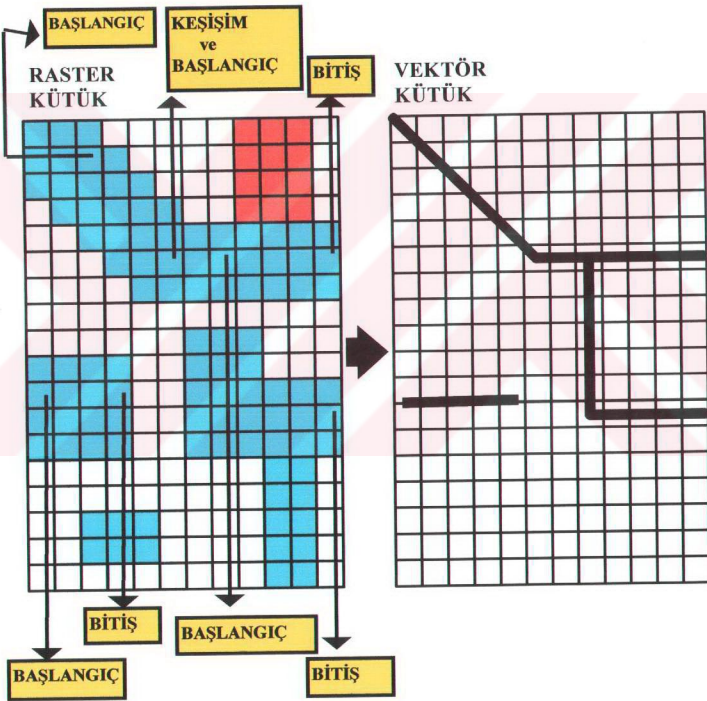
- Ekran üzerinde manuel sayısallaştırma,
- Yığın (Batch) yöntemle vektöre dönüşüm,
- Ekran üzerinde etkileşimli vektöre dönüşüm,
- Sembol/karakter tanıma ile vektöre dönüşüm.

Bu yöntemlerden ilki 4.1.1.2 başlığı altında anlatılmıştır. İkinci yöntemde ise, belli parametreler (çizginin kalınlığı, çizginin uzunluğu, çizginin gri değeri, çizgi parçaları arasındaki boşluk) piksel birimi ile tanımlanarak tek bir komut ile raster kütük vektör kütüğe dönüştürülür (Şekil 4.4).



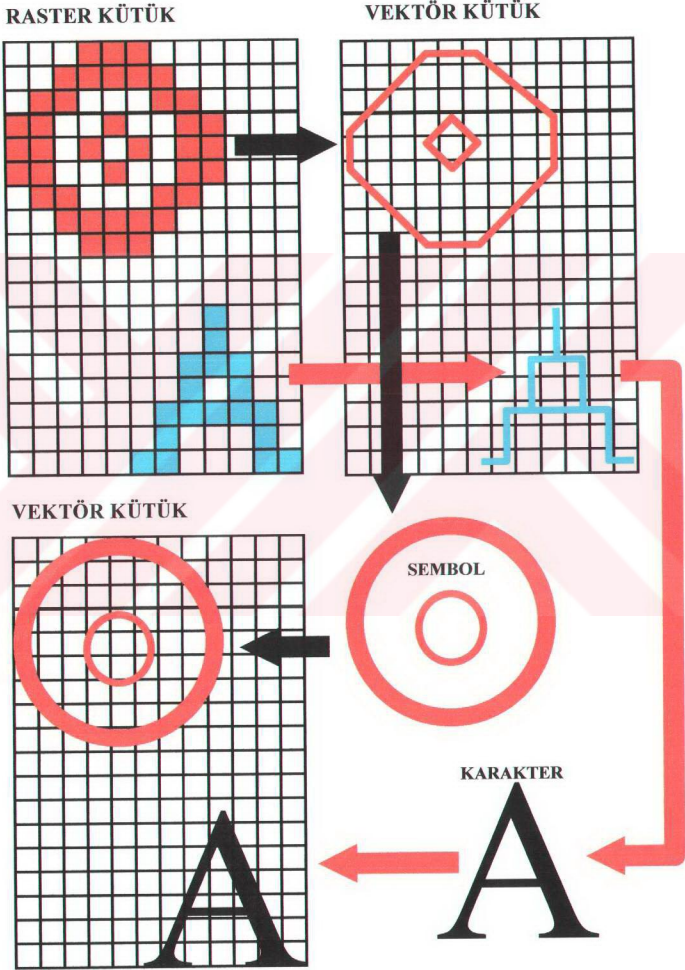
Şekil 4.4 Yığın (batch) yöntem ile vektöre dönüşüm

Ekran üzerinde etkileşimli vektöre dönüşüm yönteminde, önce raster kütük ekranda görüntülenir. Etkileşimli dönüşüm yazılımı kullanılarak, vektöre dönüşüm parametreleri, bir önceki yöntemde olduğu gibi tanımlanır. Sonra, dönüşüme başlanacak yer imleç ile ekranda belirtilir. Yazılım otomatik olarak, koşulu sağlayan pikselleri kullanarak bir çelişki ile (örneğin başlangıç noktası , kesişim noktası ya da bitiş noktası) ile karşılaşınca kadar dönüşüm işlemine otomatik olarak devam eder. Daha sonra operatör, yeni bir başlangıç noktasını ya da dönülecek yönü belirtir, böylece etkileşimli otomatik dönüşüm işlemi devam eder (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Ekran üzerinde etkileşimli vektöre dönüşüm

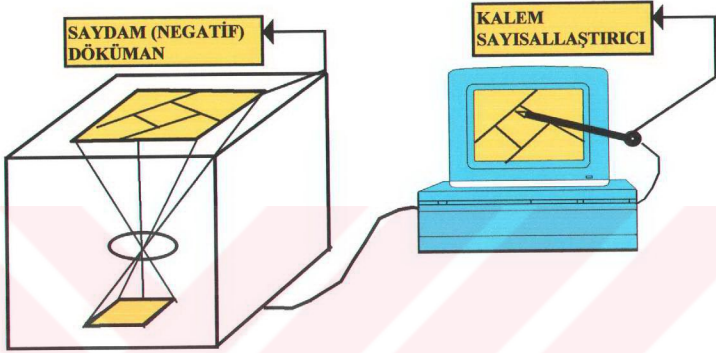
Sembol/karakter tanıma yöntemi ile vektöre dönüşüm yönteminde ise öncelikle yığın (batch) yöntemle raster kütük vektöre çevrilir. Daha sonra bu vektör kullanılarak sembol ve karakter tanıtımı yapılır. Tanıtımı yapılan sembol ve karakterler program ile otomatik olarak ilgili sembole veya karaktere dönüştürülür (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Sembol/Karakter tanıma ile vektöre dönüşüm

4.1.2.2 Laser tarama

Bu yöntemde, raster tarama yapılmaksızın doğrudan vektör olarak etkileşimli otomatik sayısallaştırma yapılır. Optik ve elektronik kombinasyonu ile saydam altlıklar üzerindeki grafik veriler vektörler halinde sayısallaştırılır. Bu işlem yapılırken, önce saydam (negatif) doküman operatör önündeki ekrana yansıtılır (Şekil 4.7)



Şekil 4.7 Laser tarama

Bu yöntemde, bir kalem sayısallaştırıcı kullanılarak, çizginin başladığı yer ekranda işaretlenir. Laser tarayıcı içindeki laser ışık huzmesi sayısallaştırma başlangıç noktasına, bitiş ya da bir kesişme noktasına gelinceye kadar sayısallaştırma işlemine devam eder. Sonra operatör, yeni bir başlangıç noktasını ya da kesişme noktasında dönecek yönü işaretleyerek sayısallaştırmaya devam eder (Taştan, 1991).

4.2 Fotogrametrik Değerlendirme

4.2.1 Analog değerlendirme

Bu yöntemde, hava fotoğrafları kaynak olarak kullanılır. Analog fotogrametrik aletlere konan resim çiftlerinin iç yöneltme, karşılıklı yöneltme ve mutlak yöneltmeleri manuel olarak yapılır. Sonuçta elde edilen üç boyutlu stereo model üzerinden iki boyutlu sayısallaştırma yapılır (Üçüncü boyut üzerlerine yükseklik değerleri yazılan münhaniler ile temsil edilir). Sayısallaştırma esnasında X ve Y eksenleri yönündeki

hareketler, mekanik bir düzenele ile aletin yanındaki çizim masasına iletilerek çizim yapılır. Kıymetlendirme sonucu elde edilen çizgisel harita, manuel sayısallaştırma ya da otomatik sayısallaştırma için bir altlık oluşturur. Bu yöntem dolaylı bir veri toplama yöntemi olup başka yöntemler için altlık oluşturur.

4.2.2 Sayısal çıkışlı analog değerdendirme

Bu yöntem esas olarak analog değerdendirme yöntemi ile aynı olup, ilave olarak, mekanik hareketi sayısal hale dönüştüren bir bilgisayara sahiptir. Değerdendirme sonucu çizgisel harita yerine sayısal harita elde edilir ve sayısallaştırılan detaylar sayısallaştırma anında bilgisayarda görüntülenir.

4.2.3 Analitik değerdendirme

Bu yöntemde, resim çiftlerinin yöneltmesi otomatik olarak yapılır. Sayısallaştırılan detaylar, alete bağı bir bilgisayarın grafik ekranında görüntülenirken, oküler içinde de üst görüntü (superimposition) olarak yer alır. Böylece operatör başını okülerden ayırmadan sayısallaştırdığı detayları görür.

4.2.4 Digital değerdendirme

Bu yöntemde analog ve analitik değerdendirme aletlerinin yerini digital fotogrametrik çalışma istasyonu (workstation) almıştır. Bu yöntemde hassas olarak resim tarayan raster tarayıcılar kullanılır. Stereo resim çiftleri raster taranır ve çalışma istasyonu tarafından otokorelasyon tekniğı ile otomatik olarak yöneltir. Bu çalışma istasyonlarının üzerinde bir laser ışık gönderici ile bu ışığı alan ve operatör tarafından takılan özel bir gözlük vardır. Ekranda saniyede 60 defa değişimli olarak görüntülenen sağ ve sol resim her defasında farklı göze gelecek şekilde özel gözlük tarafından algılanır. Gözlük ve bilgisayar arasında bir eş zamanlılık (senkronizasyon) vardır. Böylece üç boyutlu görüş sağlanır. Bu üç boyutlu model üzerinde, bir izleme topu (trackball) ile sayısallaştırma yapılır. Sayısallaştırılan detaylar, sayısallaştırma anında ekranda da görüntülenir (Dowman, 1991; Kaiser, 1991).

4.3 Uzaktan Algılama ve Görüntü İşleme

Uzaktan algılama ile veri toplamada aktif ve pasif algılayıcılar kullanılır. Aktif algılayıcılar, ışık ya da ses dalgasını gönderen ve tarama yüzeyine çarpıp geri dönen ışık ya da ses dalgasını alıp kaydeden cihazlardır. Pasif algılayıcılar ise, tarama yüzeyinden yayılan enerjiyi alıp kaydeden cihazlardır. Işık dalgalarını kaydetmek için CDD kamerası veya film, ses dalgalarını kaydetmek için CRT (Cathode Ray Tube) ve film kullanılır. Fotografik kameralar (Wild RC8), uydulara takılı fotografik kameralar (LFC, KFA-1000, MK-4), vidikon kameralar (LANDSAT 1-2-3 Return Beam Vidicon), kızılötesi algılayıcılar (LANDSAT 4-5-6 MSS, SPOT 2 HRV), termal algılayıcılar (LANDSAT 4-5-6 TM), mikrodalga radyometreleri (SSM/I: Special Sensor Microwave Imager), spektrometreler (SIRS : Satellite Infrared Spectrometer, AIS: Airborne Imaging Spectrometer) pasif algılayıcılar olarak nitelendirilirken; raster tarayıcılar, mikrodalga radarlar (SLAR: Side-Looking Airborne Radar), yapay açıklıklı radarlar (SAR: Synthetic Aperture Radar) ve scatterometreler (ERS-1: European Remote Sensing Satellite) ve lidarlar (laser radarlar) (LAWS: Laser Atmospheric Wind Sounder) aktif algılayıcılar sınıfına girerler (Barett ve dig., 1992; Albertz ve dig., 1995).

Pasif algılayıcılar içinde en yaygın olarak LANDSAT ve SPOT uydularındaki algılama sistemleri kullanılmaktadır. LANDSAT 1-2-3 uyduları ile yer yüzeyi arasında yaklaşık 915 km. mesafe olup bu uydular yeryüvarı etrafındaki bir turu 103 dakikada tamamlarlar. Günde 14 tur atarlar ve tüm dünyayı kaplayacak şekilde görüntüleme periyodları 18 gündür. LANDSAT 4-5-6 uydularının yüksekliği 705 km.dir. Tüm dünyayı kaplayacak şekilde görüntüleme periyodları 16 gündür. SPOT 1-2 uydularının uçuş yüksekliği 117 km olup tüm dünyayı görüntüleme periyodları (sadece düşey konum durumu için) 26 gündür. Bununla birlikte uydu yörüngesi isteğe göre düzenlenebilir ve böylece 26 günlük periyod içerisinde yeryüzündeki bir noktaya ilişkin 7-13 ayrı görüntü (düşey konum dışında) alabilir. LANDSAT ve SPOT uydularında yer alan algılama sistemlerine ilişkin bilgiler Tablo 4.1'de görülmektedir.

Bu yöntemle elde edilen sayısal görüntüler üzerinde sayısallaştırma yapılabilirdiği gibi; bu görüntüler, çeşitli görüntü işleme teknikleri (sınıflandırma, kenar belirgenleştirme,

görüntü zenginleştirme, vb.) ile işlenerek raster ya da vektör yapıda veri toplamaya olanak tanırırlar.

Tablo 4.1 LANDSAT ve SPOT uydularında yer alan algılama sistemleri

UYDU	SISTEM	BAND	DALGA BOYU (mikrometre)	ÇÖZÜNÜRLÜK	KAPSAM (AÇIKLAMALAR)
LANDSAT 1-2	RBV	Pancro-Matic	0.48 - 0.83	30m x 30m	185km x 185km (mono)
LANDSAT 3	RBV	Pancro-matic	0.51 - 0.75	30m x 30m	99km x 99km (mono)
LANDSAT 4-5-6	MSS	1	0.5 - 0.6	57m x 79m	185km x 185km (33 Mbyte) (64 gri ton) (mono)
		2	0.6 - 0.7	57m x 79m	
		3	0.7 - 0.8	57m x 79m	
		4	0.8 - 1.1	57m x 79m	
LANDSAT 4-5-6	TM	1	0.45 - 0.52	30m x 30m	185km x 185 km (300 Mbyte) (256 gri ton) (mono)
		2	0.52 - 0.60	30m x 30m	
		3	0.63 - 0.69	30m x 30m	
		4	0.76 - 0.90	30m x 30m	
		5	1.55 - 1.75	30m x 30m	
		6	10.4 - 11.7	120m x 120m	
		7	2.08 - 2.35	30m x 30m	
SPOT 1-2	HRV pancro-matic	pancro-matic	0.51 - 0.73	10m x 10m	60km x 60 km (40 Mbyte) (stereo)
SPOT 1-2	HRV	1	0.50 - 0.59	20m x 20m	60 km x 60 km (stereo)
	Multi	2	0.61 - 0.68	20m x 20m	
	Spectral (XS)	3	0.79 - 0.89	20m x 20m	

4.4 Video Kayıt

Bu yöntemde bir video kamera ile, bir mikro elektronik cihaz (frame grabber) kullanılır. Video kamera ile toplanan analog video görüntüler, frame grabber ile raster yapıdaki sayısal görüntülere dönüştürülür. Bu görüntüler de vektör ya da raster yapıda veri toplamaya altlık teşkil ederler.

4.5 Arazide Ölçme

Bu yöntemde, veriler GPS (Global Positioning System) uyduları ile ve total station denilen sayısal çıkışlı teodelitler kullanılarak toplanır. Her iki sistem ile toplanan verilerin coğrafi bilgi sistemi ortamına aktarılması mümkündür. Örneğin ARC/INFO yazılımı çeşitli markadaki total station aletleri ve GPS ile toplanan verileri doğrudan okuyabilmekte ve kendi formatına çevirebilmektedir.

4.6 Klavyeden Veri Girişi

Bu yöntemde veriler, alfanümerik klavye kullanılarak girilir. Bu veriler, grafik verilere ilişkin konum bilgileri olabileceği gibi; grafik olmayan verilere ilişkin öznitelik bilgileri de olabilir.

4.7 Veri İthalı

Bu yöntemde çeşitli formatlardaki veriler, kullanılan CBS yazılımının kendi formatına dönüştürülerek kullanılır.

5. SAYISAL COĞRAFI BİLGİ DEĞİŞİMİ

5.1 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişiminde Kavramlar

Bilginin önemi gittikçe artarken, bilgi toplama için çok zaman, personel, ve para gerekmektedir. Bu konuda tasarruf sağlamak için değişik kaynaklarca toplanan bilgi ihtiyaç duyan kullanıcılar arasında paylaşılacak istenmekte fakat bilgi değişimi esnasında sorunlar ile karşılaşmaktadır. Sayısal coğrafi bilgilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, analizi ve sunulmasında kullanılan yazılım, donanım ve standartların gerek kurum, gerek ulusal, gerekse uluslararası düzeyde farklı olabilmesi, bu bilgilerin değişiminde ortak standart geliştirme ve kullanma ihtiyacını beraberinde getirir (Altan ve dig., 1991).

Bilginin bir kullanıcıdan başka bir kullanıcıya aktarma işlemine *bilgi değişimi* adı verilir. Bilgilerin sayısal coğrafi bilgi olması durumunda *Sayısal Coğrafi Bilgi Değişimi* (SCBD) kavramı ortaya çıkar. SCBD'nin gerçekleşmesi için bilgiyi gönderen ve alıcının aynı standardı kabul etmesi ve kullanması gerekmektedir. Bu ifadeden, SCBD kapsamında,

- *Bilgi,*
- *Gönderici,*
- *Alıcı,*
- *Standard*

olmak üzere dört bileşen olduğu söylenebilir.

5.2 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişiminde Sorunlar

Sayısal coğrafi bilgi değişiminde fiziksel, mantıksal ve semantik nitelikte üç tip sorun vardır (Taştan, 1996).

Fiziksel sorunlar : Değişimde kullanılan manyetik ortam (CD-ROM, teyp, vb.) üzerine verilerin kaydedilmesi ve buradan okunması konularında gönderici ve alıcı arasındaki farklılıklar fiziksel sorunları oluşturur. Bu sorunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir :

- Veri yoğunluğunun uyumsuzluğu (1600 dpi, 6250 dpi, vb.)
- Blok boyutunun uyumsuzluğu (512K, 5120K, vb.)
- Kayıt uzunluğu uyumsuzluğu (80 karakter, 132 karakter, vb)
- Alfasayısal bilgi kodlamadaki uyumsuzluk (ASCII, EBCDIC, binary)

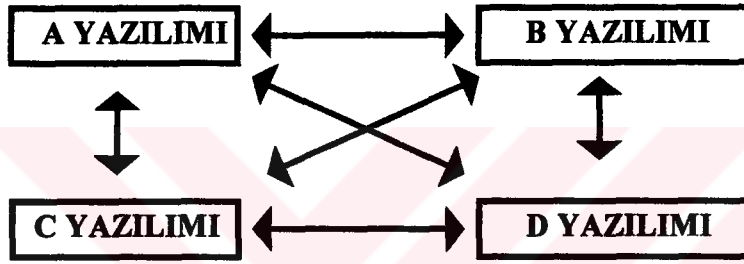
Mantıksal (yapısal) sorunlar : Verileri göndericisi ve alıcısının kullanıldığı yazılımların esas aldığı veri yapıları-nın farklı olması yapısal sorunları oluşturur. Örneğin bir yazılım spagetti veri yapısını (örneğin MGE/SX) kullanırken, başka biri topolojik veri yapısını (örneğin ARC/INFO) kullanabilir. Bu durumda, birinci tür yazılım ile hazırlanan ya da kullanılan verilerde bir kenarın başladığı ve bittiği düğüm noktaları tanımsız olduğu gibi kesişen kenarların kesişim noktaları da tanımsızdır. Böylece farklı yapılarıdaki verilerin kullanımı ya imkansız ya da veri kaybı sonucu sınırlı olmaktadır.

Semantik sorunlar (modellendirme sorunları) : Gerçek dünyanın bilgisayar ortamında modellendirilmesinde ilişkisel, hiyerarşik, ağ modeli gibi çeşitli modeller kullanılmaktadır. Mevcut coğrafi bilgi sistemi yazılımları bu modellerden birine uygun olarak verileri tutmaktadır. Yazılımlardaki farklılık veri modellendirme de farklılığa neden olabileceğinden farklı modellerdeki verilerin kullanımı imkansızlaşacaktır. Örneğin ilişkisel veri modelinde (Örneğin MGE ve ARC/INFO yazılımlarında) gerçek dünya varlıkları (karayolu, köprü) ayrı ayrı olarak tutulurken); hiyerarşik veri modelinde (örneğin PHOCUS yazılımında) bu varlıklar hiyerarşik bir yapıda (yol->karayolu->köprü) tanımlanmaktadır. Bu nedenle bu varlıklara ilişkin detayların ve özniteliklerin tanımlandığı kataloglar farklı olabilmektedir. Bu farklılık veri değişiminde sorun oluşturur. Bu sorunları ortadan kaldırmak için sayısal coğrafi bilgi değişimine ilişkin bir standardın oluşturulması ve bu standardın gönderici ve alıcı tarafından kabul edilmesi gereklidir.

5.3 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişiminde Yöntemler

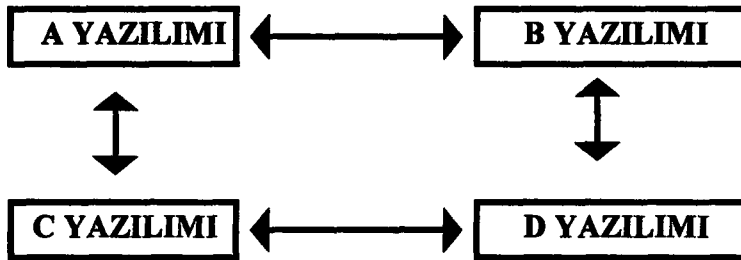
Sayısal coğrafi bilgi değişiminde ağ, ring ve yıldız olmak üzere üç temel yöntem vardır (Lee ve dig., 1990; Pascoe ve dig., 1990) :

Ağ Yöntemi : Bu yöntemde, değişim yapılacak her bir yazılım formatları arasında karşılıklı dönüşümü sağlayacak dönüşüm programları kullanılır. Bu yöntemde, n adet yazılım için $n(n-1)/2$ adet (örneğin 4 yazılım için 6 adet) karşılıklı dönüşüm programına ihtiyaç vardır (Şekil 5.1). Bir yazılımın formatında yapılan bir değiştirme, $n-1$ adet dönüşüm programının da değiştirilmesini gerektirir.



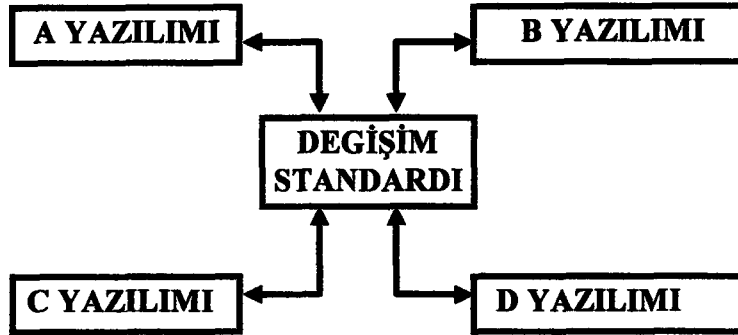
Şekil 5.1 Ağ yöntemi sayısal coğrafi bilgi değişimi

Ring Yöntemi : Bu yöntemde, iki komşu yazılım arasındaki dönüşüm programı kullanılır. Bu yöntemde n adet yazılım için n adet dönüşüm programına ihtiyaç vardır (Şekil 5.2). Bir yazılımın formatında oluşan değişiklik sadece 2 adet dönüşüm programının değiştirilmesini gerektirir. Fakat kullanılan yazılımlardan sadece bir tanesinin çalışmaması durumunda bu yazılım üzerinden yapılan tüm dönüşümler olanaksızlaşır.



Şekil 5.2 Ring yöntemi sayısal coğrafi bilgi değişimi

Yıldız Yöntemi : Bu yöntemde, tüm yazılımlardan ortak bir değişim formatına dönüşüm yapılır. Yine burada da n adet yazılım için n adet dönüşüm programına gerek vardır (Şekil 5.3). Fakat bir yazılımın olmaması, diğer yazılımlar arasındaki veri değişimini engellemez.



Şekil 5.3 Yıldız yöntemi sayısal coğrafi bilgi değişimi

5.4 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standardı

Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standardı (SCBDS), SCBD'de kullanılan veri yapısı ve formatını, veri kodlama katalogunu (detay ve öznitelik kodlama katalogunu), manyetik medyayı (disket, CD-ROM, teyp,vb.) ve idari prosedürleri tanımlayan bir standarddır.

SCBDS genelde bir doküman (kitap) niteliğinde olup, SCBD'ne konu olan verilerin hazırlanmasında ve kullanılmasında ve ayrıca, çeşitli sayısal coğrafi bilgi ürünlerine ilişkin üretim ve değişim standartların hazırlanmasında esas alınır. Buradan da anlaşılacağı gibi, SCBDS'ları yanında Sayısal Coğrafi Ürün Değişim Standardı (SCÜDS) kavramı ortaya çıkmaktadır. SCÜDS kapsamında, ürün ölçeği, projeksiyonu, datumu, detay ve öznitelik kapsamı gibi ürüne bağımlı bilgiler yer alır. Diğer taraftan bu bilgilerin SCBDS kapsamında yer almasına gerek olmayıp sadece bu bilgilerin nasıl belirtileceğine ilişkin bilgiler vardır. Bir SCBDS kullanılarak birden çok SCÜDS ları hazırlanabilir. Bu konuda DIGEST (Digital Geographic Information Exchange STandard) isimli SCBDS kullanılarak hazırlanan VPF (Vector Product Format) isimli SCÜDS örnek verilebilir (Scopp, 1992). Sayısal coğrafi bilgilerin toplanması, depolanması, işlenmesi ve sunulmasında kullanılan yazılım, donanımlar

farklı olması ve ayrıca bu konularda uygulanan yöntem ve standartların farklılığı, bu bilgilerin değişiminde ortak standart geliştirme ve kullanma zorunluluğunu ortaya çıkartmıştır. Sayısal coğrafi bilgilerin değişimine ilişkin halen oluşturulmuş çeşitli standartlar vardır (ADV, 1989; Autodesk, 1986; BSI, 1992; FIBS, 1993; Intergraph, 1986; ISO/TC 211, 1995; Jivani, 1987; NATO/MAS, 1993; OS, 1986; Zarzyeki, 1986).

5.5 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standardının Amaçları

SCBDS ile bilgi transferinin sağlanması; veri entegrasyonunun sağlanması; maliyet, zaman, personel tasarrufunun sağlanması, sayısal coğrafi bilgi için pazar oluşturulması ve sayısal coğrafi bilgiye olan güvenin artırılması amaçlanır (Taştan, 1996).

Bilgi transferinin sağlanması : Bilgi değişiminde karşılaşılan sorunları ortadan kaldırarak ulusal ve uluslararası düzeyde sayısal coğrafi bilgilerin karşılıklı kullanımı sağlanır. Böylece yazılım, donanım ve modellendirmeden bağımsız bir bilgi değişimi gerçekleştirilir.

Veri entegrasyonunun sağlanması : Çeşitli düzeylerde müşterek sistem geliştirme çalışmalarına olanak tanınarak veri entegrasyonu gerçekleştirilir.

Sayısal coğrafi bilgi için pazar oluşturulması : Üretimde temel hedeflerden bir tanesi de kullanılan zaman, personel ve malzemenin amortismanı sağlayıp kar elde etmektir. Bilgi değişim standardının olmaması bilgi değişimini engellerken üretilen bilgilerin satılması ya da satın alınmasını yani sayısal coğrafi bilgi pazarı oluşmasını da engeller.

Maliyet, zaman, personel tasarrufunun sağlanması : Bilginin değişimi ile bilgi toplamadaki tekrarlar önlenerek maliyet, zaman ve personel tasarrufu sağlanır.

Bilgiye olan güvenin artırılması : Sayısal coğrafi bilginin tanımlı bir standardda olması olası veri hatalarını ortadan kaldıracığından sayısal coğrafi bilgiye olan güven, dolayısıyla talep ve kullanım oranı artar.

5.6 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standartlarının Sınıflandırılması

SBDDS' ları kurumsal, ulusal, bölgesel, uluslararası olmak üzere dört guruba ayrılabilir. Bu guruplardan birincisi, belli bir kurum ya da firma tarafından geliştirilen ve kullanılan standartlar olup ulusal ya da uluslararası bir standardizasyon kuruluşu tarafından kabul edilmiş nitelikte değildir. İkinci gurup standartlar ise bir kurum tarafından hazırlanan, ulusal düzeyde kullanılan ve ait olduğu ülkenin standardizasyon kurumu tarafından onaylanmış olan standartlardır. Üçüncü guruptakiler ise yine belli bir uluslararası nitelikte bölgesel kuruluş tarafından hazırlanan ve bu kuruluşa üye ülkeler tarafından kullanılan fakat herhangi bir standardizasyon kurumu tarafından onaylanmamış olan standartlardır. Son guruptaki standartlar ise uluslararası düzeyde bir kurum (International Standards Organization : ISO) tarafından halen üzerinde çalışılan standartlardır (Şekil 5.4).



Şekil-5.4 SCBDS larının sınıflandırılması

5.7 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standartlarına Örnekler

Kurumsal nitelikte SCBDS larına örnek olarak, OSTF (Ordnance Survey of Great Britain :OSGB, İngiltere), MACDIF (Canadian Hydrographic Service :CHS, Kanada) SIF (Intergraph Co.), DXF (Autodesk Inc.); ulusal nitelikte SCBDS larına örnek olarak, EDIGeO (Fransa), NTF (İngiltere), EDBS (Almanya), SDTS ve DLG (ABD), SUF (Hollanda), CCSM (Kanada); bölgesel nitelikte SCBDS larına örnek olarak DIGEST (NATO ve DMA), ETF (CERCO) ve DX-90 (IHO); uluslararası düzeyde ise örnek olarak Uluslararası Standardizasyon Organizasyonun 211 No.lu çalışma gurubu (ISO/TC 211) tarafından halen üzerinde çalışılan ISO-15046 standardı verilebilir. Kullanılan bu standartları hazırlayan kurum, kabul eden ulusal ve uluslararası standardizasyon kuruluşları ve kullanmakta olan kullanıcılar Tablo 5.1' de görülmekte olup Tablo 5.1'de yer olan kısaltmaların açık yazılışları Tablo 5.2' de sunulmuştur.

Tablo 5.1 Coğrafi Bilgi Değişim Standartlarına Örnekler

STANDARD ADI	HAZIRLAYAN KURULUŞ	KULLANICI GURUBU	STANDARDİZASYON KURULUŞU
EDIGeO	CNIG	Fransa	AFNOR
NTF	AGI	İngiltere	BSI
SDTS	FGDC	ABD	NIST
DLG	USGS	ABD	NIST
EDBS/ATKIS	AdV	Almanya	DIN
CCSM	CCSM	Kanada	CSA
MACDIF	CHS	Kanada	CSA
DIGEST	NATO/DGIWG	NATO üyeleri	---
ETF	CERCO/PTG	CERCO üyeleri	CEN
DX-90	IHO	IHO üyeleri	---
ISO-15046 (*)	ISO/TC 211	ISO üyeleri	ISO
?	?	Türkiye	TSE
DXF	AutoDesk Inc.	(**)	---
SIF	Intergraph Co.	(**)	---

(*) : Henüz hazır değil. (**): Desteklendiği tüm yazılımların kullanıcıları.

Tablo 5.2 Tablo 5.1’ de yer alan kısaltmalar ve açık yazılışları

KISALTMA	AÇIK YAZILIŞI
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
AFNOR	Association Francaise de Normalisation
AGI	Association for Geographic Information
ALK	Automasierte Liegenschaftskarte
ANSI	American National Standard Institute
ATKIS	Amtliches Topographisch - Kartographisches Informationssystem
BSI	British Standards Institution
CCSM	Canadian Council on Surveying and Mapping
CEN	Comite Europeen de Normalization
CERCO	Comite Europeen des Responsables de la Cartographie Officielle
CHS	Canadian Hydrographic Service

(Tablo 5.1' in devamı)	
CNIG	Conseil National de L'Information Geographique
CSA	Canadian Standards Assosiation
DGIWG	Digital Geographic Information Working Group
DIGEST	Digital Geographic Information Exchange Standard
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLG	Digital Line Graph
DMA	Defence Mapping Agency
DXF	Data Exchange Format
EDBS	Einheitliche Datenbankschnittstelle
EDIFACT	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport
EDIGeO	Echange de Donnees Informatisees Geographiques
ETDB	European Territorial Data Base
ETF	European Transfer Format
FGDC	Federal Geographic Data Committee
IGN	Institute Geographique National
MACDIF	Map and Chart Data Interchange Format
NIST	National Institute of Standards and Technology
NNI	The Netherlands Normalization Institute
NTF	National Transfer Format
OS	Ordnance Survey
PTG	Permenant Technical Group
RAVI	The Netherlands Council of Landinformation
SDTS	Spatial Data Transfer Standard
SIF	Standard Interchange Format
SUF	Standaard Uitwisselings Formaat
TC	Technical Committee
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
USGS	United States Geological Survey

5.8 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standardının Bileşenleri

Terminoloji Standardı : SCBDS kapsamında kullanılan detay, öznitelik, veri modeli, vb. terimlerin tanımlandığı bölümdür.

Veri Modeli Standardı : Desteklenen veri yapıları (spagetti vektör, topolojik vektör, raster, matris) ve veri tabanı modelleri (ilişkisel, ağ, hiyerarşik, nesneye yönelik) ile ilgili tanımlamalar ve kavramsal şema gösterimlerinin yer aldığı bölümdür. Vektör veriler, nokta, çizgi, alan ya da yazı tipinde olabilir. Raster veriler, içerdikleri resim elemanlarına ilişkin radyometrik bilgileri; matris veriler ise radyometrik olmayan bilgileri (örneğin yükseklik, gravite değeri, nüfus vb.) temsil ederler. Her standart tüm detay tiplerine ilişkin tüm veri yapılarını desteklemeyebilir. Örneğin NTF, EdiGEO ve DIGEST tüm veri yapılarını tüm veri tipleri için desteklerken; DLG sadece çizgi tipindeki verileri, SIF ve DXF ise sadece çizgi ve nokta tipindeki detaylar için ve sadece spagetti veri yapısını destekler.

Veri Sınıflandırma Standardı (Detay ve Öznitelik Kodlama Kataloğu) : Hakkında bilgi toplanacak gerçek dünya varlıkları, bunlara ilişkin tutulacak bilgilerin ve bilgi toplamada uyulacak kuralların tanımlanarak modellendirildiği bölümdür. Bu standart Detay ve Öznitelik Kodlama Kataloğu (DÖKK) olarak da bilinir. Bu standardın bazı SCBDS ları için belli katalogların (örneğin DIGEST için FACC, EDBS için ATKIS, EdiGEO için Nomenclature EDIGEO, DLG için DLG Features Codes ve ETF için ETDB isimli katalogların) kullanımı zorunlu iken; bazıları ise böyle bir kısıtlama getirmeyip gönderici ile alıcının üzerinde mutabık kaldıkları herhangi bir detay kodlama katalogunun kullanımına olanak tanır (örneğin NTF). Bazı standartlar için ise katalog kullanım gereği zaten yoktur (Örneğin DXF, SIF). DÖKK, aşağıdaki bilgileri içerir:

- Detaylar (kodları, isimleri, tanımları)
- Öznitelikler (kodları, isimleri, tanımları)
- Öznitelik değerleri (kodları, isimleri, tanımları)
- Her detaya ilişkin öznitelikler ve alabileceği değerler
- Veri toplama kriterleri ve detay tipleri (nokta, çizgi, alan)

Veri Sözlüğü Standardı : DÖKK kapsamında yer alan özniteliklerin tipi (karakter, tamsayı, vb.), bellekte kaplayacakları alan uzunluğu (10 byte, 4 byte, vb.) gibi bilgilerin tanımlandığı bölümdür. Bu bölüm her standardda olmayabilir. Örneğin DIGEST, EDIGEO ve SDTS içinde var iken SIF ve DLG kapsamında yoktur.

Veri Kalitesi Standardı : Değişimi yapılan sayısal coğrafi bilgilere ilişkin ne tür kalite bilgilerinin tutulacağını tanımladığı bölümdür. 7 çeşit veri kalitesi bilgisi (bileşeni) vardır :

- Veri seceresi (veri kaynağının türü, ölçeği, adı, baskı/üretim tarihi, kıymetlendirme tarihi, kıymetlendiren operatör, kurum adı, vb.),
- Konum doğruluğu (yatay konum doğruluğu, düşey konum doğruluğu),
- Öznitelik doğruluğu,
- Güncellik,
- Mantıksal tutarlılık,
- Detay tamlığı,
- Öznitelik tamlığı,

Bu bilgiler, tüm veri seti için ve/veya detay sınıfları ve/veya detaylar için tanımlanabilir (Örneğin SDTS, NTF, DIGEST, EdiGEO). Bazı standartlarda sadece tüm veri setine ilişkin kalite bilgileri vardır (Örneğin DLG), bazılarında ise bu bölüm hiç yoktur (Örneğin DXF, SIF).

Birim ve Referans Sistemi Standardı : Değişimi yapılacak koordinat, mesafe, yükseklik gibi verilerde kullanılacak birim ya da birimler ile datum, elipsoid, izdüşüm sistemi gibi referans sistemi hakkındaki bilgilerin tanımlandığı bölümdür.

Değişim Medyası Standardı : Bu bölümde desteklenen medya türü (CD-ROM [ISO 9660], manyetik teyp cartridge [ISO 4341], manyetik teyp kaseti [ISO 4341], manyetik teyp [ANSI X3.27], disket [ISO 9293] vb.) , veri kayıt uzunluğu, blok uzunluğu, medya etiketleme kuralları tanımlanır. Bilgisayar ağı haberleşme sistemlerinin yaygınlaşması ile bu standardın yerini, FDDI (Fiber Distributed Data Interface), TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) ve OSI (Open Systems Interconnect) standardının alacağı söylenmektedir (Zarzyeki, 1986).

Değişim Formatı Standardı : Bu bölümde, veri transfer kütüğünün mantıksal ve fiziksel yapısı ile verinin kodlanmasında kullanılan yöntemin (ASCII, EBSDIC, binary) türü tanımlanır. Bazen bu değişim formatı standardı kavramı, hatalı olarak SCBDS kavramı yerine de kullanılmaktadır. Ayrıca SCBDS yerine Sayısal Coğrafi Bilgi Standardı kavramı da kullanılmakta ve SCBDS kapsamına sadece değişim medyası standardı ile değişim formatı standardı alınmaktadır. Gerek SCBDS kapsamında gerekse bağımsız bir değişim formatı olarak kullanılan SCBD formatları Tablo 5.3' te, Tablo 5.3'te yer alan kısaltmaların açık yazılışları Tablo 5.4'te sunulmuştur.

Tablo 5.3 Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Formatları

COĞRAFİ BİLGİ TÜRÜ	DEĞİŞİM FORMATLARI
COĞRAFİ VEKTÖR	DIGEST-C (VRF), ARC/INFO - Coverage, DIGEST-A (ISO 8211), ARC/INFO - Export, DIGEST-B (ISO 8824), ARC/VIEW - Shape, SDTS (ISO 8211), MGE/SX - Export, NTF (BS 6690), MGE/Dynamo -OS, EdiGEO (ISO 8211), MAPINFO, GenaMAP
COĞRAFİ RASTER	ADRG, CADRG, CIB, CRP, GRASS, ERDAS, ARCINFO-Grid, GenaCELL
COĞRAFİ MATRİS	USGGS/DEM, DIGEST/DTM, NIMA/DTED, ARCINFO-TIN, ARCINFO-GRID, ARC-INFO- LATTICE, INTERGRAPH-ttn, INTERGRAPH-grd, GenaTIN
GRAFİK VEKTÖR	DXF, IGDS, IGES, CGM, HPGL, GKS, PHIGS, EPS
GRAFİK RASTER	GeoTIFF, TIFF, PCX, TARGA, BMP, BIL, BIP, HPGL2, Intergraph-RGB, Intergraph-COT
NONGRAFİK VERİTABANI KÜTÜĞÜ	INFORMIX, INGRESS, ORACLE, SYBASE, INFO, ACCESS, FOXPRO, DBASE
NONGRAFİK KLASİK KÜTÜK	UNIX, VMS, DOS, Word, WordPerfect

Tablo 5.4 Tablo 5.3’de yar alan kısaltmalar ve açık yazılışları

KISALTMA	AÇIK YAZILIŞI
ADRG	equal ARC second Digitized Raster Graphics
CADRG	Compressed ADRG
BIL	Band Interval by Line
BIP	Band Interval by Pixel
BMP	Windows Bitmap
CGM	Computer Graphics Metafile
CIB	Controlled Image Base
CRP	Compressed Raster Product
DEM	Digital Elevation Model
DIGEST	Digital Geographic Information Exchange Standard
DXF	Data Exchange Format
EdiGEO	Echange de Donnees Informatisees Geographiques
EPS	Encapsulated PostScript
GKS	Graphic Kernel System
GRASS	Geographical Resource Analysis Support System
HPGL	Hewlett Packard Graphic Language
IGDS	Intergraph Graphics Design System
IGES	Initial Graphic Exchange Specification
NTF	National Transfer Format
NIMA	National Imagery and Mapping Agency (of the USA)
PCX	PC Paintbrush
PHIGS	Programmer’s Hierarchical Interactive Graphic System
SDTS	Spatial Data Transfer Standard
TIFF	Tagged Image File Format
USGS	United States Geological Survey
VRF	Vector Relational Format

6. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNDE VERİ KALİTESİ

6.1 Kalite

Uluslararası Standardizasyon Kuruluşunun (International Standardization Organization : ISO) 8402 No.lu standardı olan ISO 8402' ye göre **kalite**, bir ürün ya da hizmet biriminin tespit edilen ve öngörülen ihtiyaçları karşılama konusundaki uygunluğa ilişkin göstergelerin bütünüdür (Caspary, 1993). Başka bir ifade ile **kalite**, bir şeyi başkalarından ayıran özellik, bir özelliğin olumlu ya da olumsuz yönü olarak da tanımlanır (Buttenfield, 1993). Yine, istatistik anlamda ölçülebilen tamlik, tutarlılık ve kullanım için uygunluk gibi kavramlar **kalite** olarak tanımlanır (Beard ve dig., 1993). Ayrı bir tanım olarak **kalite**, bir ürün yada hizmetin, amaca uygunluk, kullanımda güvenlik ve istenen amacı karşılamaya ilişkin özelliklerin ve karakteristiklerin tümüdür (Dale, 1991).

Kaliteye ilişkin yukarıdaki tüm tanımlar dikkate alınarak kalite şöyle tanımlanabilir. **Kalite**, bir ürün ya da hizmetin, üretici açısından istenen koşulları karşılaması ve kullanıcı açısından amaca uygun olması konularında, istatistiksel anlamda ölçülebilen, olumlu ya da olumsuz ayırt edici özellik ve karakteristikleri tanımlayan göstergelerin bütünüdür.

Yukarıdaki son tanımdan, aynı ürün ya da hizmete ilişkin kalitenin kullanıcı ve üretici açısından farklı tanımlanabileceği çıkarımı yapılabilir. Örneğin bir A1 ürünü, belirlediği AK koşullarını sağlayarak A üreticisi için **kaliteli** olarak nitelendirilirken; amaca uygun olmaması nedeniyle B kullanıcısı tarafından kalitesiz olarak değerlendirilebilir. Aynı A1 ürünü, amacına uygun olan C kullanıcısı tarafından ise kaliteli olarak ifade edilebilirken, belirlediği DK koşullarını sağlayamadığından D üreticisi için kalitesiz olarak nitelendirilebilir. Yani kalite kavramı üreticiden üreticiye ve kullanıcıdan kullanıcıya göre değişebilir.

Kalitenin subjektif olabilme niteliği dikkate alınarak **kalite standartları** geliştirilmiştir. Bu standartlar ile ürün ya da hizmetin sahip olması gereken özellik ve karakteristikler tanımlanır. Böylece, bir yandan üreticinin üretim esnasında karşılaması gereken kalite düzeyi belirlenirken; diğer yandan da ürün ya da hizmetin amaca uygunluğu konusunda kullanıcı bilgi sahibi olur.

6.2 Coğrafi Veri Kalitesi

Değişik alanlarda ve değişik amaçlara yönelik olarak CBS kullanım olanaklarının var olması, çok sayıda farklı kaynaklardan toplanan coğrafi verilerin entegrasyonuna olanak tanır. Böyle bir entegrasyon, entegre edilmiş verilerin bütün olarak eş değer kalitede olma olasılığını oldukça azaltmakta, böylece bu verilerdeki hataların ve belirsizliklerin yani **coğrafi veri kalitesinin** tanımlanması, tespit edilmesi ve uygun olarak ele alınmasını gerektirmektedir.

Coğrafi verilerin etkin olarak kullanılabilmesi için, bu verilere ilişkin kalite bilgileri büyük önem taşır. Bu bilgiler verilerin yorumlanmasındaki güvene büyük etki eder. Dolayısıyla coğrafi veriler kullanılarak verilen kararların güvenilirliği, veri kalitesine bağlıdır. Düşük kalitedeki veriler kullanılarak verilen kararların güvenilirliği az ve hatalı olma olasılığı yüksektir. Bu nedenle coğrafi veri üreten kurumların veri kalitesi konusundaki temel sorumlulukları olarak, verilerdeki hataları saptanma ve en aza indirme, verilerin yanı sıra kullanıcılara bu verilere ilişkin kalite bilgilerini de verme ve ayrıca coğrafi veri kalitesine ilişkin bu bilgilerin nasıl yorumlanacağı konusunda kullanıcılara bilgi verme sorumlulukları sıralanabilir.

Coğrafi veri kalitesine ilişkin bilgiler, verilerin belli bir uygulama alanı için kullanılabilirliği konusundaki uygunluğunun saptanması ve ayrıca değişik karar seçeneklerinin değerlendirilmesi konularında da kullanıcıya yardımcı olur (Buttenfield, 1991).

Coğrafi veri kalitesine verilen önem, kullanıcının türüne, kullanıcının coğrafi bilgi konusundaki bilgi düzeyine, coğrafi bilginin kullanıldığı uygulama alanı türüne (yani kullanım amacına), coğrafi bilgi kullanılarak verilecek kararların türü ve önemine ve

ayrıca verilecek kararlara coğrafi verilerin tahmin edilen etki derecesinin miktarına göre değişebilir (Hunter ve dig., 1995).

Gerek coğrafi veri üreticileri gerekse kullanıcıları, coğrafi veri kalitesi konusuna uzak durmaktadır. Zira üreticiler için üretmiş oldukları coğrafi verilerin güvenilirliğinin azalması riski ortaya çıkarken, kullanıcılar ise aşağıdaki bahaneleri ortaya sürerek veri kalitesinin önemsiz olduğunu kanıtlamaya çalışmaktadırlar:

- řu anda yapılan uygulamalar, geçmişteki uygulamaların devamıdır; o halde eskiden olmayan bu coğrafi veri kalitesi sorunu şimdi neden vardır ? (Bu sorun geçmişte de vardı, fakat ya bilinmiyor, ya göz ardı ediliyor ya da uğraşmaktan kaçınılıyordu.)
- Coğrafi veri kalitesi konusunda araştırmalar eksiktir; bu nedenle sorunu gündeme getirip ele almak henüz erkendir. (Araştırmaların eksik olduğı doğrudur, fakat sorunu ele almamak için yeterli bir neden değildir.)
- Coğrafi veri kalitesi göreceli bir kavramdır; kullanıcı türü ve kullanım amacına göre değişir. Bu nedenle gerçekte böyle bir kalite sorunu yoktur. (Veri kalitesinin göreceli olduğı doğrudur; fakat yine de belli bir standardın sağlanması gereklidir.)
- Coğrafi veri kalitesini ölçmede kullanılan yaygın bir yöntem yoktur; bu nedenle ölçülemeyen bir kalite ile ilgili sorun yoktur. (Yöntem olmayabilir, fakat geliştirilmelidir.)
- Mevcut CBS yazılımlarında veri kalitesini kullanan ve bu kalite bilgilerini dikkate alarak işlemler yapan araçlar yoktur; bu nedenle CBS ortamında kalite bilgilerine gerek yoktur. (CBS yazılımlarının kalite bilgilerini kullanmadaki yetersizliği, uygun araçların geliştirilmemesi için neden oluşturmaz.)

6.3 Coğrafi Veri Kalitesini Etkileyen Hata Kaynakları

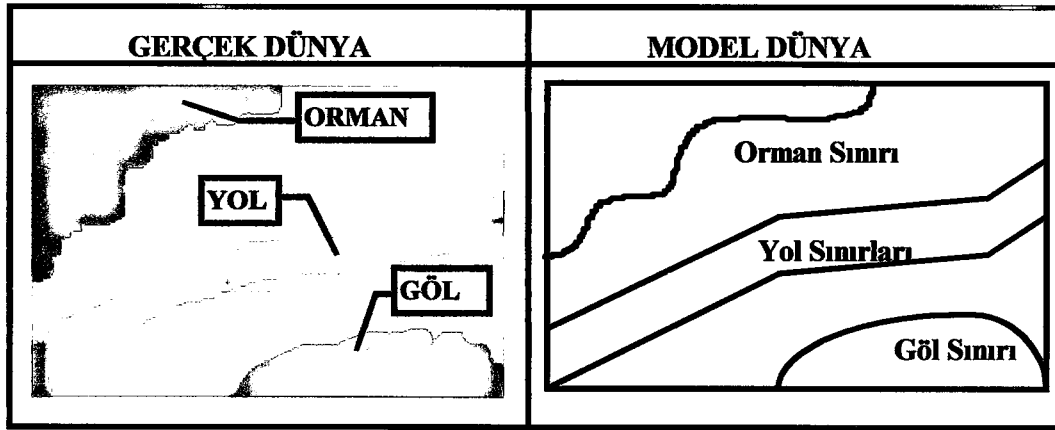
Coğrafi veri kalitesini etkileyen hata kaynakları, Aranof (1991), Burrough (1986), Chrisman (1990), Campell ve dig. (1989), Dunn ve dig. (1990), Fisher (1991), Herzog (1991), Kennedy (1991), Thapa ve dig. (1992), Walsh (1991) tarafından çeşitli şekillerde sınıflandırılmış olup, genel olarak yedi grupta toplanabilir. Bunlar:

- Modellendirme hataları,
- Veri kaynağı hataları,
- Veri giriş (toplama) hataları,
- Veri depolama hata hataları,
- Veri işleme ve veri analizi hataları,
- Veri sunuş hataları,

6.3.1 Modellendirme hataları

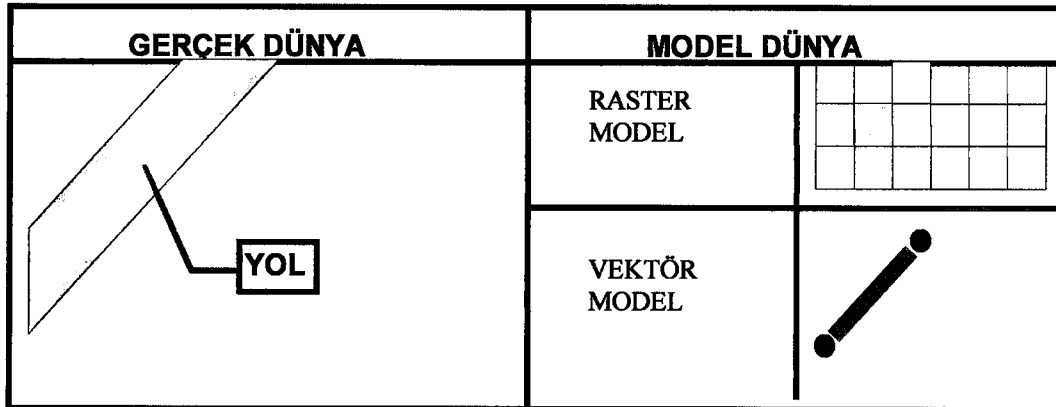
Coğrafi veriler, gerçek dünyayı basılı materyal (harita, plan, yer isimleri listesi, vb.) üzerinde ya da bilgisayar ortamında (disk, disket, teyp, CD-ROM, vb. ortamda) temsil eden modele ilişkin bilgilerdir. Gerçek dünyanın modellendirilmesinde, *belirsizlikten doğan hatalar* ve *veri modellendirme hataları* şeklinde iki tür hata oluşabilir.

Belirsizlikten doğan hatalar, gerçek dünyanın modelendirilmesi esnasında bazı detayların mekansal ve zamansal tanımlanmasındaki belirsizliklerdir. Coğrafi verilerin aksine gerçek dünya varlıkları birbirlerinden her zaman kesin sınırlar ile ayrılmazlar. Uzaktan çekilen bir hava fotoğrafı üzerinde bir yol tek bir çizgi şeklinde görülürken, yaklaşıldıkça yolun tek bir çizgiden ibaret olmadığı farkedilir. Benzer şekilde bir çayırılık alanın, orman içinde de devam etmesi, orman ve çayırılık alan sınırının belirsiz olmasına yol açar. Ayrıca, zamanın fonksiyonu olarak konum değiştiren detayların (deniz kıyısı, göl kıyısı, akarsu kıyısı vb.) modellendirilmesinde de belirsizliklerden dolayı hatalar yapılır. Dolayısıyla, bir orman sınırı, ham yol kenarı ya da göl kıyısı gibi detayların kesin konumları gerçek dünyada bile tam olarak belli değildir. Bu durumda bu varlıkları (basılı ve/veya sayısal model ortamında temsil eden detay bilgileri de belirsiz olacak, sonuç olarak coğrafi verilerde hatalar oluşacaktır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Belirsizlikten doğan modellendirme hataları

Diğer taraftan gerçek dünya varlıklarının bilgisayar ortamında modellendirilmesinde farklı veri yapılarının (raster, vektör) kullanılması sonucu hatalar oluşacaktır. Raster veri yapısında modellendirmede piksel büyüklüğü önemli bir faktördür. Örneğin 50 x 50 metre büyüklüğündeki bir piksel, temsil ettiği alana ilişkin tüm varlıkların tek bir veri ile temsil edilmesine dolayısıyla bir modellendirme hatasına yol açar. Vektör veri yapısında modellendirmede ise nokta, noktalar dizisinden oluşan bir çizgi ya da çizgilerden oluşan bir alan, gerçek dünya varlığını temsil etmede yetersiz kalabilir. Örneğin gerçek dünyada bir alan kaplayan yol varlığı bilgisayar ortamında bir çizgi detay olarak temsil edilmesinde veri modellendirme hatası vardır (Şekil 6.2).



Şekil 6.2 Veri modellendirme hataları

6.3.2 Veri kaynağı hataları

Coğrafi veri toplamada kullanılan veri kaynakları şunlar olabilir:

- Basılı haritalar
- Detay kalıpları
- Hava fotoğrafları
- Uydu görüntüleri
- Mevcut sayısal veriler

Veri kaynağı hataları kaynağın türüne bağlı olarak değişir. Bu hatalar temelde, gerçek dünya ile veri kaynağı arasındaki farklar olarak ifade edilir.

Basılı haritaların nem, sıcaklık etkisinden dolayı boyut değiştirmesi, bu tür veri kaynaklarında hatalara neden olur. Detay kalıpları, az da olsa yine boyut deformasyonuna sahiptirler. Hava fotoğrafları için de deformasyon söz konusu olduğu gibi; hava kamerasının merceğinden, film yürümesinden, atmosferik refraksiyon ve kırılmadan kaynaklanan hatalar da ortaya çıkar. Uydu görüntülerinde ise yine atmosferik refraksiyon ve kırılma hataları söz konusu olurken, bu hatalar kısmen giderilebilmektedir.

Diğer taraftan hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinin veri kaynağı olarak ortorektifikasyon yapılmadan monoskopik kullanımı, arazi yükseklik farklarından dolayı hatalı sonuçlar verirken; ortorektifikasyonu yapılmış hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri de, ortorektifikasyonda kullanılan sayısal yükseklik modelinin doğruluğuna bağlı olarak hatalı olabilmektedir.

Mevcut sayısal verilerdeki hatalar, bu verilerin oluşturulmasında etken olan modellendirme, veri kaynağı, veri toplama, veri işleme, veri analizi ve veri sunuş hatalarının hepsini içerir.

Ayrıca veri kaynağının güncel olmaması da, veri kaynağı hatası olarak nitelendirilebilir.

6.3.3 Veri toplama hataları

6.3.3.1 Sayısallaştırma hataları

Sayısallaştırmada hata miktarını belirleyen faktörler aşağıdadır:

Sayısallaştırma tablasının çözünürlüğü : Hassas tablalarda hata miktarı daha az olur. Örneğin 0.025 mm çözünürlüğünde bir tabla ile 0.050 mm çözünürlüğündeki bir tabla kullanılarak yapılacak bir sayısallaştırmada hata miktarı aynı olmaz.

Raster tarama çözünürlüğü : Ekrandan yapılan manuel sayısallaştırmada ise sayısallaştırma tablası çözünürlüğü yerine, raster tarama çözünürlüğü (bir inçteki nokta sayısı ya da piksel büyüklüğü) faktörü hata miktarını etkiler.

Operatörün tecrübesi : Tecrübesiz operatör daha çok hata yapar.

Operatörün konsantrasyonu : Sadece işine konsantre olmuş ve yorgun olmaya bir operatör daha az hata yapar.

Detayın türü : Bina kenarı, enerji nakil hattı gibi doğru hatlardan oluşan detaylar ile kesikli nitelikteki nokta detaylarda hata miktarı daha az; münhane, kıyı çizgisi gibi sürekli ve doğrusal olmayan detaylarda hata miktarı daha fazla olur.

Yer kontrol (register) noktası sayısı : Gerek basılı harita ya da detay kalıbının sayısallaştırma tablasına register edilmesi, gerekse sayısallaştırmada kullanılacak raster görüntülerin ekranda register edilmesi esnasında kullanılan arazi (yer) koordinatları belli olan noktaların sayısı hata miktarını etkiler.

Sayısallaştırma modu : Mesafe artımlı, zaman artımlı gibi sürekli; ya da nokta-nokta sayısallaştırma gibi kesikli mod kullanımına göre hata miktarı değişir.

Detayın genişliği : Kalın çizgi detayın ortasından sayısallaştırmak, ince çizgi detaya göre daha zor olduğundan hata miktarı da fazla olur.

Sayısallaştırmada alınan nokta sayısı : Bir çizgi ya da alan detay sayısallaştırılırken, nokta sayısının az olması eğer detay kesikli ise hata miktarının azaltırken, detayın sürekli olması halinde hata miktarını arttırır. Örneğin, bir doğrusal hat iki uç noktası

ile sayısallaştırılacağı yerine bu hat üzerinde birçok nokta alınarak sayısallaştırma yapılırsa hata miktarı artar. Diğer taraftan, daire şeklindeki bir detay altı nokta ile sayısallaştırılırsa daire yerine bir altıgen elde edilir ve böylece hata miktarı artar.

Sayısallaştırılan kaynağın ölçeği : Kaynak ölçeği küçüldükçe hata artar. Zira sayısallaştırmada 0.1 mm'lik bir hata 1:25000 ölçekli bir kaynak materyal için 2.5 metrelik bir hata oluştururken, 1:100000 ölçekli bir materyal için 10 metrelik bir hataya neden olur.

Sayısallaştırma süresi : Sürenin kısa tutulması, nokta sayısının ve operatörün dikkatini azaltacağından hata miktarının artmasına neden olur.

Detay karmaşıklığı : Karmaşık ve girintili-çıkıntılı detaylarda hata miktarı fazladır.

Detayın belirginliği : Beyaz zemin üzerinde siyah renkli çizgi detay, gri zemin üzerindeki siyah detaya göre daha belirgin iken; bir çizgi detay da bir alan detayın dış sınırından daha belirgindir. Belirgin olan detayın sayısallaştırılmasında oluşan hata miktarı da az olur.

Detayın yoğunluğu : Yoğun ve sık detaylarda hata miktarı artar.

Detay tanımlama : Gerek hava fotoğrafı gerekse uydu görüntüsü üzerindeki bir detayın yanlış tanımlanması ya da bir harita üzerindeki detayın başka bir detay olarak sayısallaştırılması verilerin hatalı olmasına yol açar.

Öznitelik ve öznitelik değer kümesi elemanlarının miktarı : Gerek sayısallaştırma da gerekse sayısallaştırma sonrası girilecek öznitelik değerlerinin ve bu özniteliklerin alabileceği değerlerin fazla olması, coğrafi verilerin özniteliklerindeki hatayı arttırır. Örneğin az sayıda özniteliklerden oluşan bir coğrafi veri kümesindeki öznitelik hataları, öznitelik sayısı çok olan bir coğrafi veri kümesindeki öznitelik hatalarına göre daha azdır. Benzer olarak az sayıda öznitelik değeri kümesi elemanlarına sahip bir veri kümesindeki öznitelik hataları da, çok sayıda öznitelik değeri kümesi elemanlarına sahip bir veri kümesindeki öznitelik hatalarına göre de fazla olacaktır.

Otomatik sayısallaştırma parametreleri : Otomatik sayısallaştırma öncesi tanımlanan sayısallaştırma parametreleri (raster çizgi kalınlığı, çizgi uzunluğu, boşluk büyüklüğü) hata miktarını etkiler. Örneğin raster çizgi kalınlığı 5 piksel olarak tanımlanırsa 4 piksel ve daha küçük kalınlıktaki çizgiler sayısallaştırılmaz, çizgi uzunluğu 10 piksel tanımlanırsa daha küçük çizgiler sayısallaştırılmaz, boşluk büyüklüğü 3 piksel tanımlanırsa daha küçük boşluklar birleştirilmez.

6.3.3.2 Fotogrametrik kıymetlendirme hataları

Sayısallaştırma hatalarına benzer hatalardır. Burada hataların miktarını etkileyen faktörler, sayısallaştırmadan farklı olarak register nokta sayısı yerine mutlak yönlendirmede kullanılan yer kontrol noktalarının sayısı, tarama (ya da sayısallaştırma tablası) çözünürlüğü yerine hava fotoğrafının kalitesi ifade edilebilir. Ayrıca buraya mutlak yönlendirmede kullanılan yer kontrol noktalarının hataları da ilave edilir.

6.3.3.3 Görüntü işleme hataları

Veri kaynağı olarak kullanılacak raster görüntü üzerinde yapılan görüntü iyileştirme işlemleri ile bilgi toplamaya yönelik sınıflandırma işlemlerinden kaynaklanan hatalar, görüntü işleme hatalarını oluşturur. Örneğin görüntü iyileştirme ile piksel değerinde yapılan değişiklikler veri kaybı ya da hatalı veriye yol açarken; yanlış sınıflandırma sonrası toplanan veriler de hatalı olabilmektedir (Barrett ve dig., 1992).

6.3.3.4 Video kayıt hataları

Veri kaynağı olarak kullanılacak olan video görüntülerinin, frame grabber ile raster görüntü haline dönüştürülürken oluşan hatalardır.

6.3.3.5 Arazi ölçme hataları

GPS (Global Positioning System) ya da total station aletleri ile arazide yapılan açı, mesafe, yükseklik ve konum ölçümleri esnasında oluşabilen insan hataları (okuma, merkezlendirme, hedefe yöneltme, vb hatalar), alet hataları (hatalı imalat, hatalı ayar, hatalı kalibrasyon hataları), ve çevre hataları (basınç, nem, ısı, manyetik değişimler,

elektromanyetik sinyal karışımı, rüzgar vb. nedenlerden kaynaklanan hatalar) arazi ölçme hatalarını oluşturur (Thapa ve dig., 1992).

6.3.3.6 Klavyeden veri giriş hataları

Gerek grafik bilgi olarak koordinat değerlerinin, gerekse öznitelik bilgisi olarak öznitelik değerlerinin klavyeden bilgisayar ortamına aktarılması esnasında yapılan kaba hatalardır.

6.3.3.7 Veri ithali hataları

Mevcut CBS yazılımları kullanarak bir sistemden başka bir sisteme sayısal coğrafi bilgi transferi esnasında, format ve veri yapısı farklılığından dolayı dönüşüm esnasında veri kaybolması ya da bozulması şeklindeki hatalar ile ithal edilen verilerin yer aldığı manyetik (disket, CD-ROM, teyp, vb.) ortamda çeşitli nedenlerden (elektromanyetik ortam ile temas, ıslanma, tozlanma, kırılma, vb. çevresel koşullardan) oluşan bozukluklardan kaynaklanan hatalardır.

6.3.4. Veri depolama hataları

Veri depolama hataları, verilerin bilgisayar ortamında depolanırken uygulanan sayısal çözünürlük (anlamli hane sayısı, yuvarlatma) ve coğrafi çözünürlük (vektör veri modelinde iki nokta arasındaki kabul edilebilir en kısa mesafe, raster veri modelinde bir pikselin arazide temsil ettiği mesafe) den kaynaklanan hatalar ile veri yapısının (raster, vektör) kısıtlayıcı özelliklerinden kaynaklanan hatalar anlaşılır. Örneğin vektör veri modelinde nümerik (sayısal) veriler 32 bitlik sayı formatında (single precision) tutulması durumunda anlamli hane sayısı 7 olur. Metre duyarlılığında UTM koordinatları için bu hane sayısı yeterli iken, dm ve cm duyarlılıkları için daha fazla anlamli hane sayısına dolayısıyla 64 bitlik çözünürlüğe (double precision), fakat bu durumda da veri depolama için daha fazla belleğe ihtiyaç vardır.

Coğrafi çözünürlük, raster veriler için piksel büyüklüğü, vektör veriler için ise iki nokta arasındaki kabul edilebilir en kısa mesafe ile ifade edilir. Bu çözünürlüğün küçük olması veri doğruluğunu artırırken veri depolama ihtiyacını da artırır, diğer

tarafından bu çözünürlüğün büyük olması da veri depolama ihtiyacını azaltırken veri kaybına dolayısıyla veri hatalarına neden olur.

6.3.5. Veri işleme ve coğrafi analiz hataları

Modellendirme hataları, veri kaynağı hataları, veri toplama hataları ve veri depolama hataları ile yüklü olan coğrafi veriler kullanılarak yapılan veri işleme (genelleştirme, datum dönüşümü, projeksiyon dönüşümü, vb. işlemler) ile coğrafi analizler (Poligon bindirme, yakınlık analizi, tampon bölge oluşturma, vb. analizler) (Taştan ve Bank, 1994) esnasında oluşan hatalardır. Örneğin, poligon bindirmede silver alan hataları oluşabileceği gibi, birden çok katmanın üst üste bindirilmesi sonucu elde edilen yeni katman hata yayılma yasası gereği hata ile yüklenir. Veri işleme kapsamında yapılan çizgi yumuşatma, çizgi üzerindeki bazı noktaları atacağından ya da yani noktalar ekleyeceğinden hatalı coğrafi veri oluşmasına neden olur.

6.3.6. Veri sunuş hataları

Veri sunuş cihazlarının yeterli duyarlılıkta olmaması (grafik ekran, çizici, vb.) ya da bozuk olması (CD-Kaydedici, disket sürücü, teyp sürücü, vb.), veri sunuş medyasının stabil olmaması (kağıt, astrolon, vb.) ya da bozuk olması (CD-ROM, disket, teyp, vb.) veri sunuş hatalarını oluşturur. Ayrıca kartografik kavramların hatalı kullanımından kaynaklanan hatalar (örneğin nokta detay sembollerinin doğru yönlendirilmemesi, sembol çakışmaları, yazının pafta dışına taşması, ölçek gösteriminde hata, uygun sembollerin kullanılmaması vb. hatalar) ile reproduksiyon hataları (renk kalıplarının baskı kalıplarına pozlanmasıdaki çakıştırma hataları ve baskı yaparken renk çakıştırma hataları) da veri sunuş hatası olarak nitelendirilir.

6.4 Coğrafi Veri Kalitesini Belirleyen Faktörler

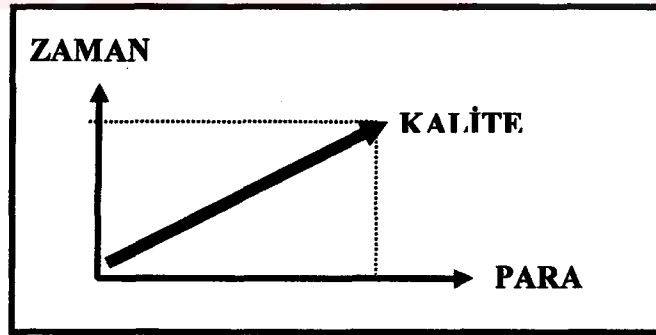
Coğrafi veri üreticisi, kendi belirlediği kalitede üretim yaparken; coğrafi veri kullanıcısı da kendi belirlediği kalitede coğrafi veri talep eder. Burada bir arz/talep dengesi oluşur. Bu denge, coğrafi verinin kalitesini belirler. Bu arz/talep dengesinin oluşmasının etkileyen faktörler bu denge sonucu oluşan coğrafi veri kalitesini belirler

(Walsh ve dig., 1987; Boldstad ve dig., 1990). Coğrafi veri kalitesini belirleyen bu faktörler şunlardır:

- Para (maliyet, fiyat)
- Zaman (üretim süresi, bekleme süresi)
- Amaç (üretim hedefi, kullanım amacı)

Bu faktörlerden para, üretici için maliyet, kullanıcı için veri fiyatı olarak; zaman, üretici için üretim süresi, kullanıcı için veri elde etmede bekleme süresi olarak; amaç ise, üretici için üretim hedefi (kalite standartları), kullanıcı açısından kullanım amacı olarak değerlendirilir. Buradan da görüldüğü gibi coğrafi veri kalitesini belirleyen faktörler üretici ve kullanıcı için aynı nitelikte olmalarına rağmen farklı anlamlar ifade etmektedirler.

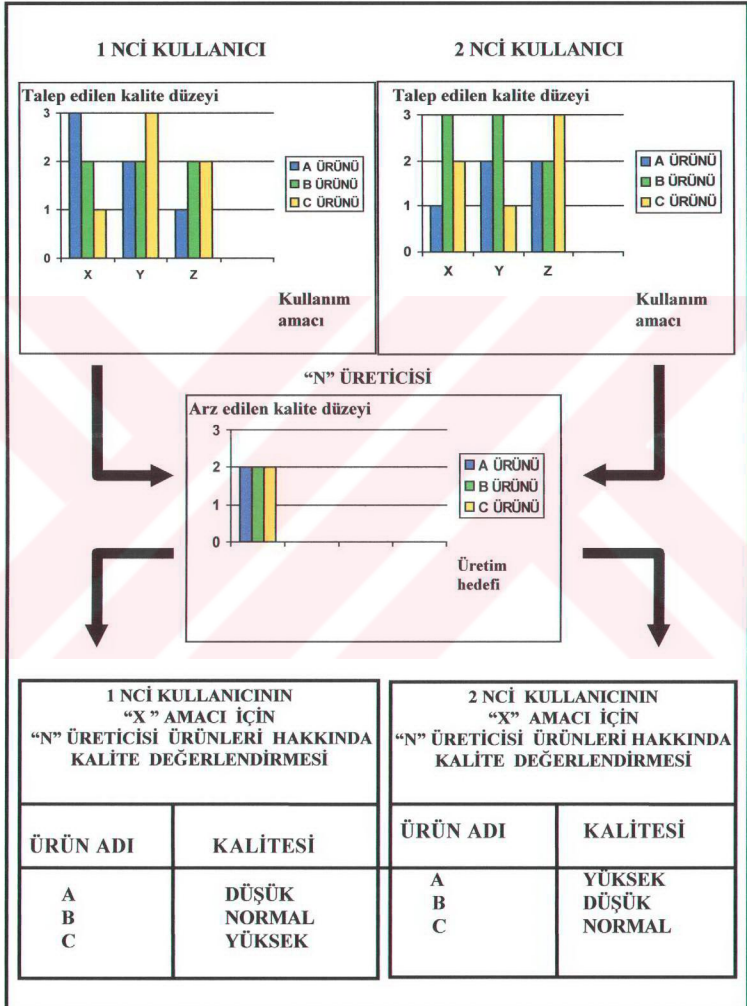
Üretici, verileri daha az maliyetle üretmek için, daha ucuz veri kaynağı ve yöntemlere yönelerek coğrafi veri kalitesini düşürecektir. Diğer taraftan kullanıcı, daha düşük fiyatla veri satın almak için, talep ettiği coğrafi veri kalitesinden taviz verecektir. Üretici, daha kısa sürede üretim yapmak istğinde veri kalitesi düşecek; kullanıcı kaliteli veri istğinde de bekleme süresi artabilecektir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3 Coğrafi veri kalitesini belirleyen faktörlerden zaman ve para ilişkisi

Coğrafi veri kalitesini etkileyen faktörlerden üçüncüsü olan amaç faktöründe durum biraz farklıdır. Burada üretici, belli bir kalite düzeyini sağlamayı hedeflerken, kullanıcı amacına uygun olarak farklı düzeylerde coğrafi veri kalitesini talep edebilmektedir (Caspary, 1992). Örneğin, bir N üreticisi için normal kalite düzeyinde üretilen bir A

veri gurubu, 1 inci kullanıcının X amacı için yüksek kaliteli iken Y amacı için düşük kalite düzeyinde olabilmekle birlikte aynı A veri gurubu B kullanıcısının X amacı için düşük kaliteli, Y amacı için normal kaliteli olabilmektedir (Şekil 6.4).



Şekil 6.4 Coğrafi veri kalitesini belirleyen faktörlerden amaç

Örneğin kullanıcı amacı, tarım rekolte tahmini ise 10-20 metrelik konum hatası önemsiz iken; bir parsel sınırının aplikasyonu amacı için 1 metrelik hata büyük taşıyabilir. Bu durumda, %90 olasılıkla 10 metrelik bir konum hatasına sahip bir coğrafi veri seti birinci kullanıcı amacı için kaliteli olarak nitelendirilirken; ikinci kullanıcı amacı için kalitesiz olarak değerlendirilecektir. Bu nedenle ürünün kalite düzeyinin, her kullanıcının her türlü amacına göre ayarlanması mümkün olamayacağından belli bir standardın tanımlası ve üretimde bu standardın hedef alınması uygun bir çözüm olarak görülmektedir.

6.5 Coğrafi Veri Kalitesinin Bileşenleri ve Kalite Ölçütleri

Coğrafi veri kalitesinin yedi bileşeni vardır (Drummond ve dig., 1991; Aranof, 1991; Thapa ve dig., 1992; Buttenfield, 1993; Beard ve dig., 1993; Hansen, 1994). Bu bileşenler şunlardır:

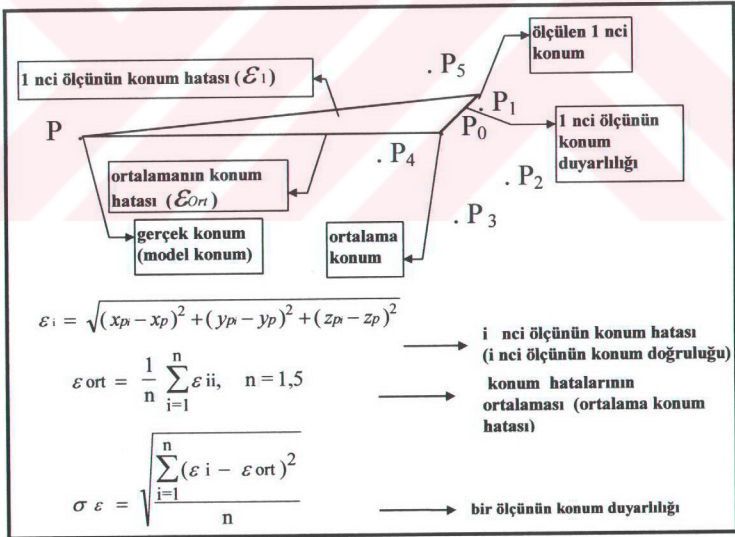
- Konum doğruluğu
- Detay doğruluğu
- Öznitelik doğruluğu
- Tutarlılık
- Tamlık
- Güncellik
- Özgeçmiş

Bu bileşenlerden ilk dördü (konum doğruluğu, detay doğruluğu, öznitelik doğruluğu, ve tutarlılık), makro **düzy** kalite bileşenleri olarak, diğerleri (tamlık, güncellik, özgeçmiş) ise **mikro düzey** kalite bileşenleri olarak ifade edilirler (Aranof, 1991). Makro düzey bileşenler, her bir veri elemanına ilişkin kalite göstergesi olup, bu verilerin daha yüksek kalitedeki bir veri kaynağı kullanılarak yapılan istatistiksel testler sonucu belirlenirler. Mikro düzey bileşenler ise, test sonucu elde edilen bilgiler olmayıp veri kümesinin tamamına ait olan kalite göstergeleridir.

6.5.1 Konum doğruluğu

6.5.1.1 Doğruluk, duyarlılık, hata, belirsizlik kavramları

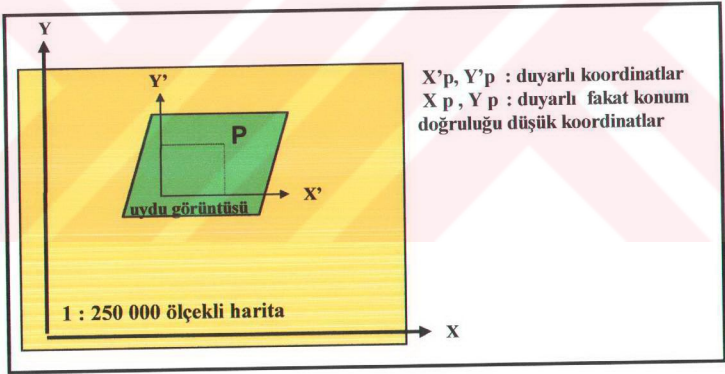
Genel anlamda **doğruluk**, bir gerçeğe, kurala ya da modele tam uyumlu olma olarak; **hata**, doğruluktan sapma, gözlenen ya da yaklaşık olarak belirlenen değerin gerçek değerden farkı olarak; **duyarlılık** ise, kısaca tanımlamadaki kesinlik olarak ifade edilir (Buttenfield, 1993). Jeodezi ve fotogrametri biliminde konum doğruluğu, ortalama konum değerinin gerçek konum değerinden farkı olarak tanımlanır. Doğrudan ya da dolaylı olarak ölçülen konum değerlerinin ortalama konumdan olan farkları ölçülerin duyarlılığını, gerçek konumdan olan farkları ölçülerin hatalarını ifade eder. Başka bir ifade ile duyarlılık, hataların varyansı ya da standart sapmasıdır. Bir ölçünün hatası (bir ölçünün konum doğruluğu) ise, ortalama (sistematik) hatalar (signal) ve rasgele hataların (noise) toplamına; başka bir ifade ile ortalamanın hatası ve ölçülerin duyarlılığının toplamına eşittir (Bolstad ve diğ., 1990) (Şekil 6.5).



Şekil 6.5 Konumsal doğruluk, duyarlılık, hata

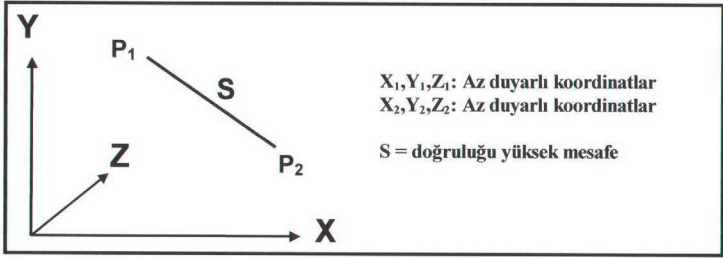
Doğruluk ve hata kavramları birbirleri yerine kullanılırken, duyarlılık ayrı bir anlam ifade etmektedir. Örneğin, bir noktanın koordinatları, % 90 olasılıkla ± 2 metre konum doğruluğunda (ya da ± 2 metre hatalı) şeklinde ifade edildiği zaman; bu noktanın, tanımlandığı model (örneğin elipsoit) uzayındaki konumundan ne kadar farklı olduğu ifade edilir. Diğer taraftan, konum duyarlılığı ± 0.10 metre dengiği zaman ise, konum ölçülerinin kendi aralarındaki farklılaşmanın ± 0.10 metre olduğu anlaşılır.

Başka bir örnek olarak SPOT pankromatik uydu görüntüsünden ekrandan sayısallaştırma işlemi verilebilir. Uydu görüntüsündeki ± 10 metre duyarlılığındaki koordinatların register edilmesinde kontrol noktalarının, koordinatları % 90 olasılıkla ± 10 metreden daha iyi konum doğruluğuna sahip olmayan bir kaynak materyalden (örneğin 1 : 250 000 ölçekli paftadan) alınması durumunda, bu uydu görüntüsünden sayısallaştırılan koordinatların doğruluğu da düşük olacaktır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Konumsal duyarlılığın fazla fakat doğruluğun az olması durumu

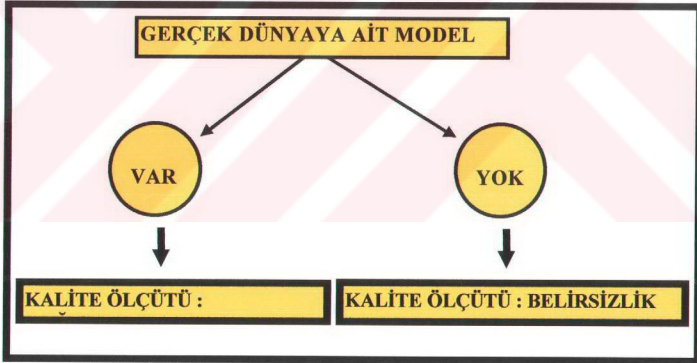
Başka bir örnek de GPS uydu gözlemlerinden verilebilir. Konum duyarlılığı az koordinatlara sahip noktalar arasındaki mesafenin doğruluğu eş zamanlı ölçümler nedeniyle yüksek olabilir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7 Konumsal duyarlılığın az fakat doğruluğun fazla olması durumu

Bu örneklerden, konum doğruluğunun ölçüm değeri ile, konum duyarlılığının ise ölçüm işlemi ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

Doğruluk, duyarlılık ve hata kavramlarının yanı sıra bir de *belirsizlik* kavramı vardır. Eğer gerçek dünyaya ilişkin bir model yok ise konum doğruluğu ya da konum hatası kavramları yerine *konum belirsizliği* kavramı kullanılır (Şekil 6.8).

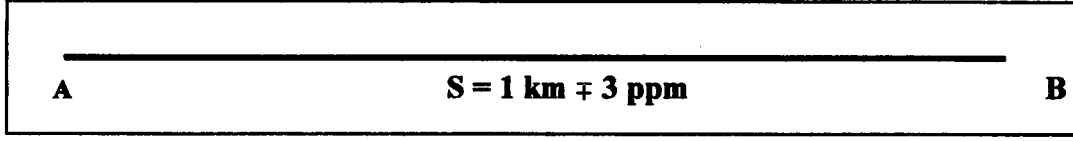


Şekil 6.8 Konum doğruluğu ve konum belirsizliği ilişkisi

Örneğin dünyanın ticaret merkezinin ya da İstanbul il merkezinin konum doğruluğundan bahsetmek anlamsızdır. Zira bu konumların tanımlandığı bir model yoktur. Bu durumlarda konum belirsizliği söz konusu olur.

Konum doğruluğu dışında, ayrıca oransal doğruluk ölçütü vardır. Bu ölçüt, iki nokta arasının ölçümünde kullanılmakta olup iki nokta arasındaki herhangi bir yerde mesafe

doğruluğunu değil, hattın uçlarının birisindeki birikimsel mesafe doğruluğunu ifade eder. (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 Oransal doğruluk

6.5.1.2 Nokta detaylarda konum doğruluğu

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde temel detay **nokta detay**dır. Çizgi detaylar noktaların, alan detaylar ise çizgilerin bileşkesinden oluşur. Bu nedenle nokta detayların konum doğruluğu, çizgi detayları ve alan detayları oluşturan noktaların konum doğruluğunu da kapsar.

Konum doğruluğu genel olarak **yatay konum doğruluğu** ya da kısaca **yatay doğruluk** ve **düşey konum doğruluğu** ya da kısaca **düşey doğruluk** olarak ikiye ayrılır. Yatay konum, bir noktanın x ve y koordinatları (veya belli bir datum ve izdüşüm sisteminde sağa ve yukarı değerler ya da boylam ve enlem değerleri) ile tanımlandığından; yatay konum doğruluğu, bu koordinatların, gerçek ya da doğruya daha yakın değerlerinden olan farklılaşmaların bir ölçütü olarak tanımlanır. Aynı durum düşey konum doğruluğu için de söz konusu olup burada koordinat olarak sadece z koordinatı (veya yükseklik değeri) alınır.

6.5.1.2.1 Nokta detaylarda yatay konum doğruluğu

Bir CBS ortamındaki nokta detayların yatay konum doğruluğunun belirlenmesi için seçilen n adet test nokta detayının ölçülen (her hangi bir yöntemle sayısallaştırılarak coğrafi veritabanına aktarılan) yatay konumları x_i ve y_i koordinatları ile tanımlı ve ayrıca noktaların gerçek konumlarının X ve Y bilinmesi halinde gerçek hatalar

$$\varepsilon_{x_i} = x_i - X_i \quad (6.1)$$

$$\varepsilon_{y_i} = y_i - Y_i \quad (6.2)$$

bağıntıları ile hesaplanırken bu farkların standart sapmaları da teorik standart sapmalar olarak aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanabilir:

$$\sigma_{\varepsilon_x} = \sqrt{\frac{\varepsilon_{x_i}^2}{n}} \quad (6.3)$$

$$\sigma_{\varepsilon_y} = \sqrt{\frac{\varepsilon_{y_i}^2}{n}} \quad (6.4)$$

Bu durumda

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{\sigma_{\varepsilon_x}^2 + \sigma_{\varepsilon_y}^2}{2}} \quad (6.5)$$

bağıntısı ile hesaplanan standart sapma değeri, *teorik standart sapma* (NATO, 1979) ya da *teorik dairesel standart hata* ya da sadece *dairesel standart hata* (Mikhail, 1976) olarak adlandırılmaktadır.

Yatay konum farklarını tanımlayan ε_x ve ε_y değişkenleri, rastlantısal değişkenler olup birbirinden bağımsız oldukları varsayıldığında bu rastlantısal değişkenlerin teorik ortalamaları (ortalamanın ümit değeri) sıfır ve teorik standart sapmaları (standart sapmalarının ümit değeri) σ_{ε_x} ve σ_{ε_y} olan normal dağılımda oldukları söylenebilir:

$$\varepsilon_x \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_x}) \quad (6.6)$$

$$\varepsilon_y \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_y}) \quad (6.7)$$

ε_x ve ε_y değişkenlerine ilişkin *normal dağılım yoğunluk (olasılık) fonksiyonları*

$$f(\varepsilon_x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-\varepsilon_x^2}{2\sigma_{\varepsilon_x}^2}} \quad (6.8)$$

$$f(\varepsilon_y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-\varepsilon_y^2}{2\sigma_{\varepsilon_y}^2}} \quad (6.9)$$

olarak tanımlanır.

ε_x ve ε_y değişkenlerine ilişkin *normal dağılım birikim fonksiyonları* ise

$$F(\varepsilon_{x_\alpha}) = \int_{-\infty}^{\varepsilon_{x_\alpha}} f(\varepsilon_x) d\varepsilon_x = \alpha \quad (6.10)$$

$$F(\varepsilon_{y_\alpha}) = \int_{-\infty}^{\varepsilon_{y_\alpha}} f(\varepsilon_y) d\varepsilon_y = \alpha \quad (6.11)$$

olarak tanımlanır.

Bu rastlantısal değişkenler, teorik standart sapmaları ile standartlaştırıldığında, ortalamaları sıfır ve standart sapmaları 1 olan bir normal dağılıma sahip *standartlaştırılmış rastlantısal değişkenler* ($\overline{\varepsilon_x}, \overline{\varepsilon_y}$) elde edilir:

$$\overline{\varepsilon_{x_i}} = \frac{\varepsilon_{x_i}}{\sigma_{\varepsilon_x}} \quad (6.12)$$

$$\overline{\varepsilon_{y_i}} = \frac{\varepsilon_{y_i}}{\sigma_{\varepsilon_y}} \quad (6.13)$$

Bu değişkenlere ilişkin dağılım *standartlaştırılmış normal dağılım* olarak adlandırılır:

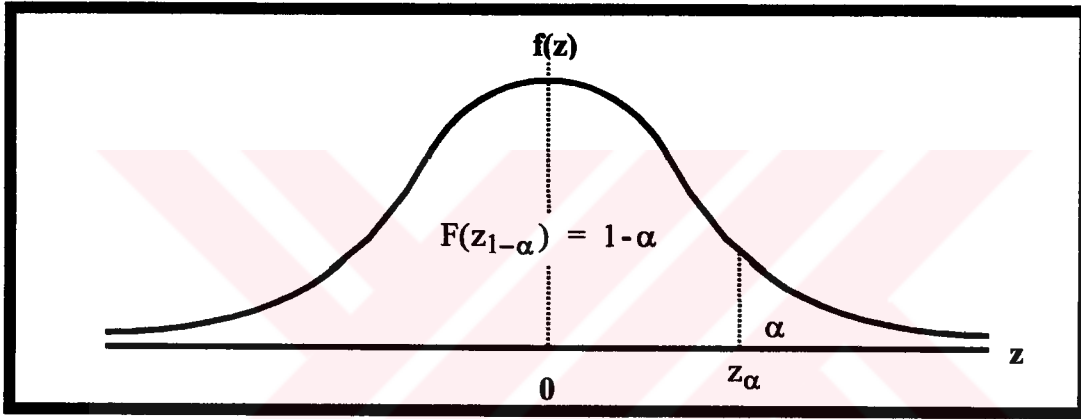
$$\overline{\varepsilon_x} \sim N(0, 1) \quad (6.14)$$

$$\overline{\varepsilon_y} \sim N(0, 1) \quad (6.15)$$

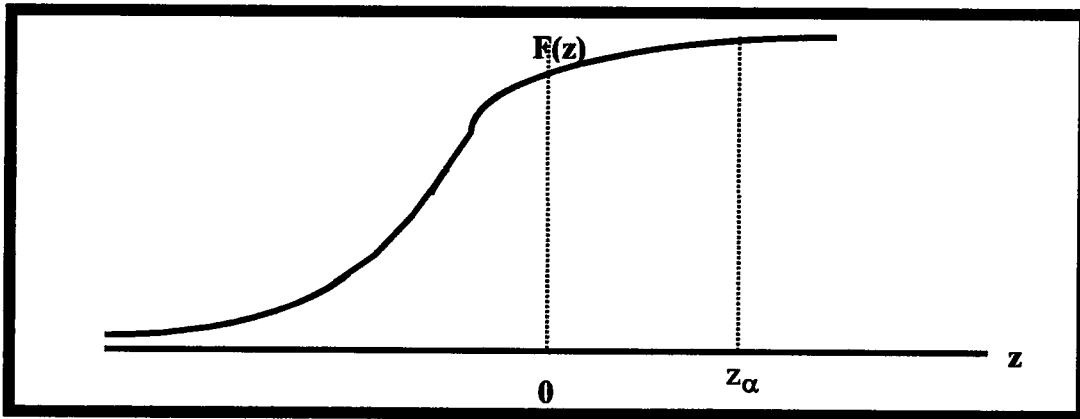
Standartlaştırılmış rastlantısal değişken z ile gösterilirse standartlaştırılmış normal dağılımın yoğunluk (olasılık) fonksiyonu $f(z)$ ve standartlaştırılmış normal dağılımın birikim fonksiyonu $F(z)$ aşağıdaki bağıntılar ile tanımlanır (Şekil 6.10, Şekil 6.11).

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (6.16)$$

$$F(z_{1-\alpha}) = \int_{-\infty}^{z_{1-\alpha}} f(z) dz = 1 - \alpha \quad (6.17)$$



Şekil 6.10 Standartlaştırılmış normal dağılımın yoğunluk (olasılık) fonksiyonu



Şekil 6.11 Standartlaştırılmış normal dağılımın birikim fonksiyonu

Şekil 6.10' da z standartlaştırılmış rastlantısal değişkeninin z_α olma olasılığı $f(z_\alpha)$ iken, bu değişkenin z_α dan küçük olma olasılığı $F(z_\alpha) = \alpha$ olarak ifade edilir. Burada z_α değerine *fractil değer* ya da *teorik istatistik değeri* denilir.

Standartlaştırılmış normal dağılıma ilişkin çeşitli birikim (α) değerlerine karşılık z_α değerlerini ve z_α değerlerine karşılık birikim (α) değerlerini veren tablolar hazırlanmıştır. Ayrıca bu değerler aşağıdaki bağıntılarla da elde edilebilir (Koch, 1980):

z_α belli iken ($z_\alpha \geq 0$ koşulu ile) :

$$F(z_\alpha) = 1 - e^{-(x^*x)/2} * (a_1 * t + a_2 * t^2 * a_3 * t^3) / (2 * \pi)^{1/2} \quad (6.18)$$

Burada, $a_1=0.4361836$, $a_2=-0.1201476$, $a_3=0.9372980$, $t=1/(1+0.33267 * z_\alpha)$ olarak alınır.

$z_\alpha < 0$ olması durumunda:

- z_α ($= z_{1-\alpha}$) için $F(z_{1-\alpha})$ hesaplanıp $F(z_\alpha) = 1 - F(z_{1-\alpha})$ olarak bulunur.

α belli iken ($0.50 \leq \alpha < 1$ koşulu ile) :

$$z_\alpha = t - (c_0 - c_1 * t + c_2 * t^2) / (1 + d_1 * t + d_2 * t^2 + d_3 * t^3) \quad (6.19)$$

Burada, $c_0= 2.515517$, $c_1= 0.802853$, $c_2= 0.010328$,
 $d_1= 1.432788$, $d_2= 0.189269$, $d_3= 0.001308$,
 $t = (\ln (1 / (1 - \alpha)^2))^{1/2}$
 olarak alınır.

$\alpha < 0.50$ olması durumunda:

$1-\alpha$ için $z_{1-\alpha}$ değeri hesaplanıp $z_\alpha = - z_{1-\alpha}$ olarak bulunur.

Nokta konum farkları

$$\varepsilon_{s_i} = \sqrt{\varepsilon_{x_i}^2 + \varepsilon_{y_i}^2} \quad (6.20)$$

bağıntısıyla, nokta konum farklarına ilişkin *dairesel standart sapma*

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{1}{2} \frac{\sum \varepsilon_{x_i}^2 + \sum \varepsilon_{y_i}^2}{n}} \quad (6.21)$$

bağıntısıyla hesaplanabilir. Bu bağıntının (6.5) bağıntısına benzer olduğu görülmektedir. Standartlaştırılmış normal dağılımdaki iki değişkenin karelerinin toplamı, 2 serbestlik derecesine sahip *merkezsiz Şi-kare* ($\chi^2_{(2)}$) *dağılımında* olduğundan (Koch, 1980),

$$\frac{\varepsilon_s^2}{\sigma_c^2} \sim \chi^2_{(2)} \quad (6.22)$$

olacaktır. Başka bir ifade ile konum farkları

$$\frac{\varepsilon_{s_i}}{\sigma_c} \quad (6.23)$$

bağıntısıyla normleştirilse, elde edilen normleştirilmiş konum farkları 2 serbestlik derecesine sahip merkezsiz Şi-Kare dağılımında olacaktır:

$$\frac{\varepsilon_s^2}{\sigma_c^2} \sim \chi^2_{(2)} \quad (6.24)$$

Merkezsiz Şi-kare dağılımına ilişkin olarak belli serbestlik dereceleri için, belli birikimli olasılıklara karşılık dağılım fraktil değerini veren, ya da dağılım fraktil değerinden birikimli olasılık değerini veren tablolar vardır.

Merkezsiz Şi-kare dağılımına ilişkin olarak belli serbestlik dereceleri için, belli birikimli olasılıklara karşılık dağılım fraktıl değeri, 6.19 bağıntısı ile hesaplanan z_α değeri aşağıdaki bağıntıda yerine konarak da hesaplanabilir (Bağıntıdaki n serbestlik derecesidir).

$$\chi^2_{(\alpha,n)} = n \left(z_\alpha \left(\frac{2}{9n} \right)^{\frac{1}{2}} + 1 - \frac{2}{9n} \right)^3 \quad (6.25)$$

Şi-Kare dağılımının farklı birikimli olasılık değerleri ya da farklı fraktıl değerleri için farklı nokta konum doğruluk ölçütleri tanımlanmıştır. Örneğin, $\chi^2_{(2,\alpha)} = 1$ fraktıl değeri için **dairesel standart hata** (σ_c) (Mikhail, 1976) tanımlanırken bu ölçüt için birikimli olasılık değeri $1 - \alpha = \% 39.35$ olmaktadır. Başka bir ifade ile:

$$P\left(\frac{\epsilon_s^2}{\sigma_c^2} \leq 1\right) = \% 39.35 \quad (6.26)$$

$$P(\epsilon_s^2 \leq \sigma_c^2) = \% 39.35 \quad (6.27)$$

$$P(\epsilon_s \leq \sigma_c) = \% 39.35 \quad (6.28)$$

Bu son bağıntı, “herhangi bir konum farkı değerinin, daireysel standart hataya eşit veya küçük olma olasılığı $\% 39.35$ tir” ya da “herhangi bir konum farkı $\% 39.35$ olasılıkla daireysel standart hataya eşit veya daha küçüktür” şeklinde yorumlanır.

Şi-kare dağılımında $1 - \alpha = \% 50$ birikimli olasılık değeri için tanımlanan nokta konum doğruluğu ölçütüne **dairesel olası hata** (circular probable error: CPE) (NATO, 1979) denir. Bu birikimli olasılık değerine karşılık gelen dağılım fraktıl değeri 1.39 dur. Başka bir ifade ile

$$P(\epsilon_s^2 \leq 1.39 \sigma_c^2) = \% 50 \quad (6.29)$$

$$P(\epsilon_s^2 \leq (CPE)^2) = \% 50 \quad (6.30)$$

$$P(\epsilon_s \leq CPE) = \% 50 \quad (6.31)$$

Bu durumda, “herhangi bir konum farkı, %50 olasılıkla dairesel olası hata (CPE) ya eşit veya daha küçüktür”. (6.29) ve (6.30) bağıntılarından

$$CPE = \sqrt{1.39\sigma_c^2} = 1.1774 \sigma_c \quad (6.32)$$

olduğu görülür.

$\chi^2_{(2,\alpha)} = 2$ fractil değeri için, nokta konum doğruluğu ölçütü olarak **ortalama karesel konum hatası** (Mean Square Positional Error: MSPE) (NATO, 1979) ve **Andrae Möhle ortalama hatası** (Wolf, 1979) tanımlanmaktadır. Bu ölçüt için birikimli olasılık değeri $1 - \alpha = \% 63.21$ olmaktadır. Başka bir ifade ile:

$$P(\epsilon_s^2 \leq 2\sigma_c^2) = \% 63.21 \quad (6.33)$$

$$P(\epsilon_s^2 \leq (MSPE)^2) = \% 63.21 \quad (6.34)$$

$$P(\epsilon_s \leq MSPE) = \% 63.21 \quad (6.35)$$

(6.33) ve (6.34) bağıntılarından

$$MSPE = \sqrt{2\sigma_c^2} = 1.4142 \sigma_c \quad (6.36)$$

elde edilir.

Şi-kare dağılımında $1 - \alpha = \% 90$ birikimli olasılık değeri için tanımlanan nokta konum doğruluğu ölçütüne **dairesel harita doğruluk standardı** (Circular Map Accuracy Standard: CMAS) (NATO, 1979) denir. Bu birikimli olasılık değerine karşılık gelen dağılım fraktil değeri 4.610 dur. Başka bir ifade ile

$$P(\epsilon_s^2 \leq 4.610\sigma_c^2) = \% 90 \quad (6.37)$$

$$P(\epsilon_s^2 \leq (CMAS)^2) = \% 90 \quad (6.38)$$

$$P(\epsilon_s \leq CMAS) = \% 90 \quad (6.39)$$

(6.39) bağıntısı için “herhangi bir konum farkı %90 olasılıkla CMAS değerine eşit ya da daha küçüktür” denir. (6.37) ve (6.38) bağıntılarından

$$CMAS = \sqrt{4.610\sigma_c^2} = 2.146 \sigma_c \quad (6.40)$$

elde edilir.

$\sqrt{\chi_{(2,1-\alpha)}^2} = 3.5$ Şi-Kare fraktil değeri için tanımlanan nokta konum doğruluk ölçütüne *dairesel yakın belirlilik hatası* (Circular Near Certainty Error: CNCE) adı verilir. Bu ölçüt için birikimli olasılık değeri %99.78 tür:

$$P(\epsilon_s^2 \leq (3.5)^2 \sigma_c^2) = \% 99.78 \quad (6.41)$$

$$P(\epsilon_s^2 \leq (CNCE)^2) = \% 99.78 \quad (6.42)$$

$$P(\epsilon_s \leq CNCE) = \% 99.78 \quad (6.43)$$

Nokta yatay konum doğruluk ölçütleri ve aralarındaki dönüşüm katsayıları Tablo 6.1’de sunulmuştur.

Tablo 6.1 Nokta yatay konum doğruluk ölçütleri ve aralarındaki dönüşüm katsayıları

	σ_c (%39.35)	CPE (%50)	MSPE (%63.21)	CMAS (%90)	CNCE (%99.78)
σ_c (%39.35)	1	1.1774	1.4142	2.1460	3.5
CPE (%50)	0.8493	1	1.2011	1.8227	2.9726
MSPE (%63.21)	0.7071	0.8325	1	1.5174	2.4749
CMAS (%90)	0.4660	0.5486	0.6590	1	1.6309
CNCE (%99.78)	0.2857	0.3364	0.4040	0.6131	1

6.5.1.2.2 Nokta detaylarda düşey konum doğruluğu

Bir CBS ortamındaki nokta detayların düşey konumları h_i , gerçek konumları ise H_i olsun. Bu durumda düşey konum farkları yani gerçek düşey konum hataları :

$$\varepsilon_{h_i} = h_i - H_i \quad (6.44)$$

bağıntısı ile hesaplanırken bu farkların standart sapmaları da teorik standart sapmalar olarak

$$\sigma_{\varepsilon_h} = \sqrt{\frac{\varepsilon_{h_i}^2}{n}} \quad (6.45)$$

bağıntısı ile hesaplanan standart sapma değeri, **doğrusal standart sapma** ($\sigma_L = \sigma_{\varepsilon_h}$) (NATO, 1979) ya da **doğrusal standart hata** (Mikhail, 1976) olarak adlandırılmaktadır.

Düşey konum farkları, yatay konum farkları gibi normal dağılımdadırlar. Belli normal dağılım fraktil değerleri için ya da belli normal dağılım birikimli olasılık değerleri için farklı düşey konum doğruluk ölçütleri tanımlanmıştır. Örneğin, çift yönlü normal dağılım fraktil değeri $z_{1-\alpha/2} = 1$ için düşey konum doğruluk ölçütü olan doğrusal standart sapma (σ_L) için birikimli olasılık değeri $1 - \alpha = \%68.269$ olmaktadır:

$$P(-1 \leq \frac{\varepsilon_h}{\sigma_L} \leq 1) = \% 68.269 \quad (6.46)$$

$$P(-\sigma_L \leq \varepsilon_h \leq \sigma_L) = \% 68.269 \quad (6.47)$$

$$P(|\varepsilon_h| \leq \sigma_L) = \% 68.269 \quad (6.48)$$

Yani, “herhangi bir noktadaki düşey konum farkının mutlak değeri $\%68.269$ olasılıkla, doğrusal standart sapmaya eşit veya daha küçüktür”.

Normal dağılım birikimli olasılık değeri $1 - \alpha = \% 50$ için tanımlanan nokta düşey konum doğruluk ölçütüne **doğrusal olası hata** (Linear Probable Error : LPE) adı verilir (NATO, 1979). Bu olasılık değerine karşılık gelen çift yönlü normal dağılım fraktil değeri $z_{1-\alpha/2} = 0.67449$ olmaktadır:

$$P(|\varepsilon_h| \leq 0.67449 \sigma_L) = \% 50 \quad (6.49)$$

$$P(|\varepsilon_h| \leq LPE) = \% 50 \quad (6.50)$$

Normal dağılım birikimli olasılık değeri $1 - \alpha = \% 90$ için tanımlanan nokta düşey konum doğruluk ölçütüne *doğrusal harita doğruluk standardı* (Linear Map Accuracy Standard : LMAS) adı verilir (NATO, 1979). Bu olasılık değerine karşılık gelen çift yönlü normal dağılım fraktil değeri $z_{1-\alpha/2} = 1.64485$ olmaktadır:

$$P(|\varepsilon_h| \leq 1.64485 \sigma_L) = \% 50 \quad (6.51)$$

$$P(|\varepsilon_h| \leq LMAS) = \% 50 \quad (6.52)$$

$z_{1-\alpha/2} = 3$ normal dağılım fraktil değeri için tanımlanan nokta düşey konum doğruluk ölçütüne *doğrusal yakın belirlilik hatası* (Linear Near Certainty Error : LNCE) adı verilir (NATO, 1979). Bu fraktil değerine karşılık gelen normal dağılım birikimli olasılık değeri $\% 99.73$ olmaktadır.

$$P(|\varepsilon_h| \leq 3 \sigma_L) = \% 99.73 \quad (6.53)$$

$$P(|\varepsilon_h| \leq LNCE) = \% 99.73 \quad (6.54)$$

Nokta düşey konum doğruluk ölçütleri ve aralarındaki dönüşüm katsayıları Tablo 6.2’de sunulmuştur.

Tablo 6.2 Nokta düşey konum doğruluk ölçütleri ve aralarındaki dönüşüm katsayıları

	LPE (%50)	σ_L (%68.269)	LMAS (%90)	LNCE (%99.73)
LPE (%50)	1	1.4826	2.4387	4.4478
σ_L (%68.269)	0.67449	1	1.64485	3
LMAS (%90)	0.4101	0.6080	1	1.8239
LNCE (%99.73)	0.2248	0.3333	0.5483	1

6.5.1.3 Çizgi detaylarda konum doğruluğu

Bir coğrafi bilgi sisteminde, çizgi detaylar iki ya da daha fazla sayıda nokta detaydan oluşur. Çizgi detaylarda konum doğruluğu, çizgi üzerindeki herhangi bir noktanın konum doğruluğunu ifade eder. Çizgi detay üzerindeki herhangi bir noktanın konumu:

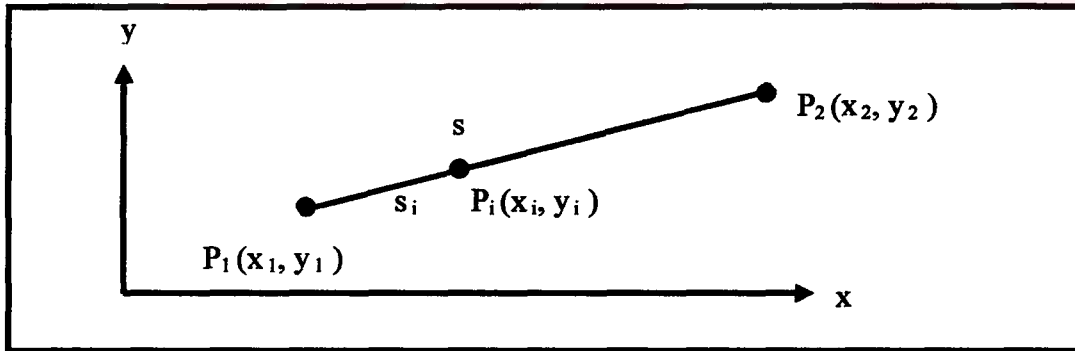
$$x_i = x_1 + \frac{s_i}{s}(x_2 - x_1) \quad (6.55)$$

$$y_i = y_1 + \frac{s_i}{s}(y_2 - y_1) \quad (6.56)$$

bağıntılarıyla hesaplanır (Şekil 6.12). Bu bağıntılarda

- x_i, y_i : çizgi üzerindeki P_i noktasının koordinatlarını,
- x_1, y_1, x_2, y_2 : çizginin uç noktalarının koordinatlarını
- s : çizginin uzunluğu,
- s_i : çizgi üzerindeki P_i noktasının çizgi başlangıç noktasına uzaklığı

olarak tanımlıdır.



Şekil 6.12 Çizgi detay üzerinde bir noktanın konumu

$s_i / s = p_i$ ile gösterilirse :

$$x_i = x_1 + p_i (x_2 - x_1) \quad (6.57)$$

$$x_i = (1 - p_i) x_1 + p_i x_2 \quad (6.58)$$

$$dx_i = (1 - p_i) dx_1 + p_i dx_2 \quad (6.59)$$

$$\sigma_{x_i}^2 = (1 - p_i)^2 \sigma_{x_1}^2 + p_i^2 \sigma_{x_2}^2 + 2p_i(1 - p_i) \sigma_{x_1 x_2} \quad (6.60)$$

P_1 ve P_2 noktalarındaki x ve y eksenleri boyunca konum doğruluğunun birbirine eşit ve koordinatların bağımsız olduğu varsayılırsa ($\sigma_{x_1} = \sigma_{x_2} = \sigma_{y_1} = \sigma_{y_2} = \sigma_x$ ve $\sigma_{x_1 x_2} = \sigma_{y_1 y_2} = 0$) :

$$\sigma_{x_i}^2 = (1 - p_i)^2 \sigma_x^2 + p_i^2 \sigma_x^2 \quad (6.61)$$

$$\sigma_{x_i}^2 = (1 - 2p_i + 2p_i^2) \sigma_x^2 \quad (6.62)$$

Ayrıca $\sigma_{x_i}^2 = \sigma_{y_i}^2 = \sigma_i^2$ varsayımı ile

$$\sigma_i = \sqrt{1 - 2p_i + 2p_i^2} \sigma_x \quad (6.63)$$

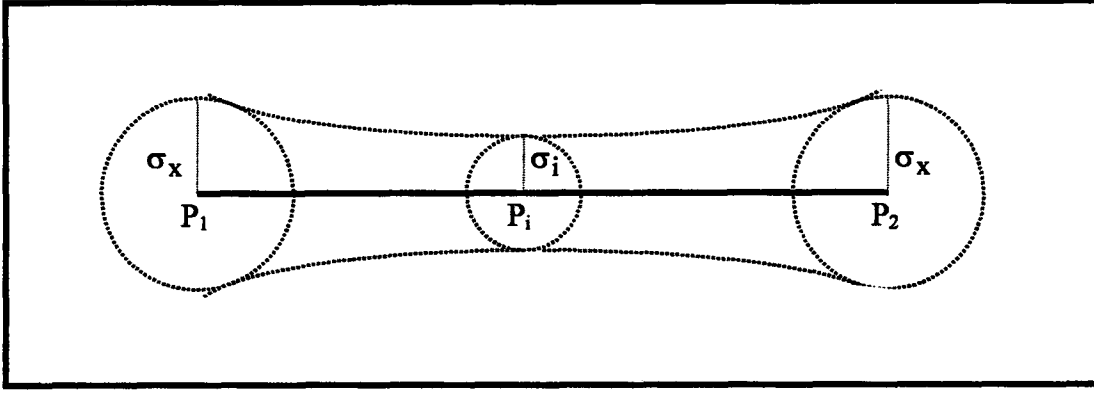
elde edilir. Burada σ_x çizgi uç noktalarındaki x veya y eksen yönündeki konum hatasını (standard sapmayı), σ_i ise çizgi üzerindeki herhangi bir noktadaki x veya y eksen boyunca olan konum hatasını ifade eder.

$1 - 2p_i + 2p_i^2 = f(p_i)$ fonksiyonu (***hata bandı fonksiyonu***) şeklinde gösterilirse, çeşitli p_i değerlerine karşılık olarak farklı $f(p_i)$ değerleri elde edilir (Tablo 6.3):

Tablo 6.3 Çizgi detaylarda hata bandı fonksiyonu değerleri

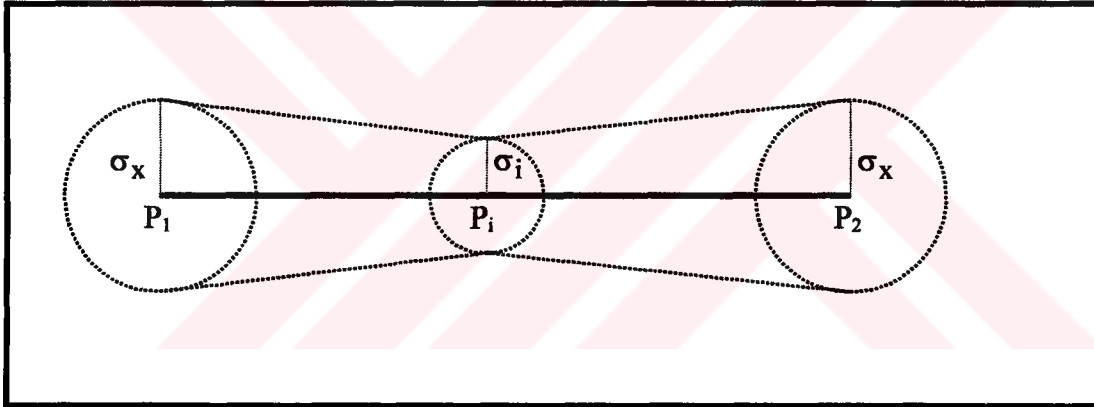
p_i	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$f(p_i)$	1.00	0.91	0.82	0.76	0.72	0.71	0.72	0.76	0.82	0.91	1.00

Bu değerlere göre çizgi boyunca çizilen hata elipsleri (daireleri) nin en uç noktaları birleştirilince çizgi etrafında bir tampon ölge oluşur. Bu tampon bölgeye ***hata bandı*** adı verilir (Şekil 6.13) (Caspary ve dig., 1992).



Şekil 6.13 Çizgi detaylarda hata bandı konum doğruluk ölçütü

Çizgi üzerindeki herhangi bir nokta % 68.3 olasılıkla hata bandı içerindedir denir. Pratik uygulama açısından hata bandı kenarları doğru olarak alınabilir (Şekil 6.14).



Şekil 6.14 Çizgi detaylarda (genelleştirilmiş) hata bandı konum doğruluk ölçütü

Bu durumda çizginin ortasındaki konum hatası

$$\sigma_{orta} = \sqrt{1 - 2(1/2) + 2(1/4)} \sigma_x = \frac{\sigma_x}{\sqrt{2}} \quad (6.64)$$

olacaktır.

6.5.1.4 Çizgi detaylarda uzunluk doğruluğu

Çizgi detayın uzunluğu

$$s = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (6.65)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Bu durumda

$$ds = \frac{1}{2s} (2(x_2 - x_1)dx_2 - 2(x_2 - x_1)dx_1 + 2(y_2 - y_1)dy_2 - 2(y_2 - y_1)dy_1) \quad (6.66)$$

$$ds = \frac{\Delta x}{s} dx_2 - \frac{\Delta x}{s} dx_1 + \frac{\Delta y}{s} dy_2 - \frac{\Delta y}{s} dy_1 \quad (6.67)$$

$$\sigma_s^2 = \left(\frac{\Delta x}{s}\right)^2 \sigma_{x_2}^2 + \left(\frac{\Delta y}{s}\right)^2 \sigma_{y_2}^2 + \left(\frac{\Delta x}{s}\right)^2 \sigma_{x_1}^2 + \left(\frac{\Delta y}{s}\right)^2 \sigma_{y_1}^2 \quad (6.68)$$

elde edilir. $\sigma_{x_1} = \sigma_{x_2} = \sigma_{y_1} = \sigma_{y_2} = \sigma$ varsayılırsa:

$$\sigma_s^2 = 2\left(\frac{\Delta x}{s}\right)^2 \sigma^2 + 2\left(\frac{\Delta y}{s}\right)^2 \sigma^2 \quad (6.69)$$

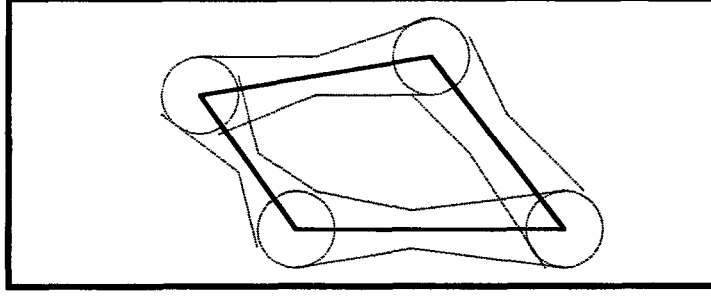
$$\sigma_s^2 = \frac{2}{s^2} ((\Delta x)^2 + (\Delta y)^2) \sigma^2 \quad (6.70)$$

$$\sigma_s = \sqrt{2} \sigma \quad (6.71)$$

olarak uzunluk doğruluğu elde edilir.

6.5.1.5 Alan detaylarda konum doğruluğu

Alan detay, aynı doğrultuda olmayan üç ya da daha fazla noktalardan oluşur. Dolayısıyla alan detayların konum doğruluğu, kendisini oluşturan noktaların konum doğruluğu ile ilgilidir. Alan detaylar için de hata bandı tanımlamak mümkündür (Şekil 6.14). Bu durumda, alan detayın üzerindeki herhangi bir nokta %68.3 olasılıkla bu hata bandı içerisinde denir.



Şekil 6.15 Alan detaylarda hata bandı konum doğruluk ölçütü

6.5.1.6 Alan detaylarda çevre uzunluğunun doğruluğu

Alan detay çevresinin uzunluğu

$$s_A = \sqrt{\sum_{i=1}^{n+1} (x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad (6.72)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Bu bağıntıdaki n , alan detaydaki köşe sayısıdır. Alan detay üzerindeki tüm noktaların konum hatasının aynı olduğu (σ) varsayılırsa, alan detay çevresinin uzunluğunun hatası

$$\sigma_{s_A} = \sqrt{n} \sigma \quad (6.73)$$

olarak elde edilir.

6.5.1.7 Alan detaylarda alan doğruluğu

Alan detayın alanı

$$F = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (y_{i+1} - y_{i-1}) x_i \quad (6.74)$$

bağıntısıyla hesaplanır ($y_0 = y_n$ ve $y_{n+1} = y_1$, n : köşe noktası sayısı).

Bu bağıntı esas alınırsa

$$\sigma_F^2 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n \left((y_{i+1} - y_{i-1})^2 \sigma_{x_i}^2 + (x_{i-1} - x_{i+1})^2 \sigma_{y_i}^2 \right) \quad (6.75)$$

$\sigma_{x_i} = \sigma_{y_i} = \sigma$ varsayımı ile

$$\sigma_F = \frac{1}{2} \sigma \sqrt{\sum_{i=1}^n \left((y_{i+1} - y_{i-1})^2 + (x_{i-1} - x_{i+1})^2 \right)} \quad (6.76)$$

olarak alan detayın alan hatası hesaplanır.

Alan detaylarda alan doğruluk ölçütü olarak (6.76) ile hesaplanan alan hatası

$$\sigma_F = \sigma \sqrt{2F \sin\left(\frac{360}{n}\right)} \quad (6.77)$$

bağıntısı ile de hesaplanabilmektedir (Schwenkel, 1990).

6.5.1.8 Konum doğruluğunun test edilmesi

Konum doğruluğu, nokta, çizgi ve alan detaylar için ayrı ayrı test edilebilir. Bununla birlikte çizgi ve alan detayların doğruluğu bu detayları oluşturan noktaların doğruluğu ile belirlendiğinden, nokta detaylara ilişkin konum doğruluğunun test edilmesi yeterli olabilir.

6.5.1.8.1 Yatay konum doğruluğunun test edilmesi

Gerçek ya da daha doğru koordinatları bilinen ya da daha büyük ölçekli bir materyalden alınabilen ve sayısal ortamda iyi tanımlanabilen fakat sembolleştirme ile abartılmamış ve genelleştirme ile konumu değiştirilmemiş olan nokta detaylar (örneğin pınar, kuyu,vb) ya da çizgi detayların kesişim noktaları (örneğin, yaklaşık dik kesişen, yollar üzerindeki kavşaklar,vb), ya da alan detayların köşeleri (örneğin, yaklaşık dik

açılara sahip bina köşeleri,vb) test noktaları olarak seçilir. Bu seçimde, test noktaların, test edilen tüm bölgeye homojen olarak dağılmış olmasına ve ayrıca tüm detay sınıflarından yaklaşık eşit miktarda alınmasına dikkat edilir. Test noktalarının sayısının istatistiksel teste uygun olması açısından mümkün olduğunca fazla olması, örneğin en az 70 olması istenir (NATO, 1979).

Belirlenen test noktalarının koordinatları ölçülür (x_i, y_i) ve aynı noktalara ilişkin daha doğru koordinatlar (X_i, Y_i) doğruluğu daha yüksek bir kaynaktan (örneğin daha büyük ölçekli bir haritadan) alınır. İki farklı konumlar arasındaki farklar $(\delta_{x_i}, \delta_{y_i})$ ve bunlara ilişkin ortalamalar $(\delta_{x_0}, \delta_{y_0})$ hesaplanır :

$$\delta_{x_i} = X_i - x_i, \quad \delta_{y_i} = Y_i - y_i \quad (6.78)$$

$$\delta_{x_0} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_{x_i}, \quad \delta_{y_0} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_{y_i} \quad (6.79)$$

Burada n , test (örneklem) nokta sayısıdır. Bu farklara ilişkin örneklem standart sapmalar (sample standard deviations) :

$$S_{\delta_x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_{x_i} - \delta_{x_0})^2}{n-1}}, \quad S_{\delta_y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_{y_i} - \delta_{y_0})^2}{n-1}} \quad (6.80)$$

bağıntılarıyla ve fark ortalamalarına ilişkin örneklem standart sapmalar

$$S_{\delta_{x_0}} = \frac{S_{\delta_x}}{\sqrt{n}}, \quad S_{\delta_{y_0}} = \frac{S_{\delta_y}}{\sqrt{n}} \quad (6.81)$$

bağıntıları ile hesaplanır.

x ve/veya y eksenlerinde bir sistematik hata (kayıklık, bias) olup olmadığı *parametre testi (kayıklık testi)* ile araştırılır. Bu amaçla H_0_x ve H_0_y hipotezleri olarak x ve y

koordinat farkların ortalamalarının ümit (beklenen) değerinin sıfır olduğu ileri sürülür:

$$H_{0x} : E(\delta_{x_0}) = 0, H_{0y} : E(\delta_{y_0}) = 0 \quad (6.82)$$

Bu hipotezleri test etmek için test büyüklükleri (test istatistikleri) hesaplanır:

$$t_x = \frac{\delta_{x_0}}{S_{x_0}}, \quad t_y = \frac{\delta_{y_0}}{S_{y_0}} \quad (6.83)$$

α yanılma olasılığı ve n-1 serbestlik derecesine karşılık gelen Fraktil değer (teorik istatistik) ($t_{\alpha, n-1}$) Student tablosundan alınır. Test büyüklükleri ile fraktil değerler karşılaştırılır.

$t_x \leq t_{\alpha, n-1}$ ise H_{0x} hipotezi kabul edilir. Yani x ekseninde anlamlı (significant) bir fark (bias, kayıklık, sistematik hata) olmadığı söylenir. Benzer şekilde

$t_y \leq t_{\alpha, n-1}$ ise H_{0y} hipotezi kabul edilir. Yani y ekseninde anlamlı (significant) bir fark (bias, kayıklık, sistematik hata) olmadığı söylenir.

Eğer x veya y yönünde anlamlı bir kayıklık (bias) varsa, hesaplanan konum doğruluğu yanıltıcı bilgi verir. Bu nedenle öncelikle verilerin bu kayıklıktan arındırılması yani sistematik hatanın giderilmesi gerekir.

Eğer x ve y yönünde anlamlı bir kayıklık yok ise *duyarlılık testi* yapılır. Bu amaçla, H_0 hipotezi olarak, x ve y yönündeki örneklem standart sapmasının ümit değerlerinin, teorik standart sapmanın ümit değerine eşit olduğu ileri sürülür. X ve y yönündeki teorik standart sapmanın birbirine ve bunlarında teorik dairesel standart sapmaya eşit olduğu varsayılırsa ($\sigma_x = \sigma_y = \sigma_c$):

$$H_{0x} : E(S_x) = \sigma_c, H_{0y} : E(S_y) = \sigma_c \quad (6.84)$$

Bu hipotezleri test etmek için test büyüklükleri (test istatistiklikleri) hesaplanır:

$$\chi_x^2 = \left(\frac{n-1}{\sigma_c^2} \right) S_x^2, \quad \chi_y^2 = \left(\frac{n-1}{\sigma_c^2} \right) S_y^2 \quad (6.85)$$

Yukarıdaki bağıntılarda geçen teorik standart sapma, yatay konum doğruluk ölçütüne ilişkin kabul edilebilir kalite düzeyi olup Tablo 6.9'dan alınabilir.

α yanılma olasılığı ve $n-1$ serbestlik derecesine karşılık gelen Fraktil değer (teorik istatistik) ($\chi_{n-1,\alpha}^2$) Şi-kare tablosundan alınır. Test büyüklükleri ile fraktil değerler karşılaştırılır.

$\chi_x^2 \leq \chi_{n-1,\alpha}^2$ ve $\chi_y^2 \leq \chi_{n-1,\alpha}^2$ ise, test verilerine ilişkin standart sapmalar α yanılma olasılığı ile teorik standart sapmaya eşittir, dolayısıyla veri kümesinin konum doğruluğu ölçütü bakımından kabul edilebilir kalite düzeyini sağladığı ifade edilir.

6.5.1.8.2 Düşey konum doğruluğunun test edilmesi

Bu değerlendirme yatay konum değerlendirmeye benzer olarak yapılır, bunlara ilişkin bağıntılarda x ya da y eksenini yerine yükseklik (h) eksenini kullanılır. Farklı olarak (6.85) bağıntısında geçen teorik dairesel standart sapma yerine, teorik doğrusal standart sapma kullanılır, dolayısıyla düşey konum doğruluk ölçütüne ilişkin kabul edilebilir kalite düzeyi Tablo 6.10'dan alınır.

6.5.2 Detay doğruluğu

6.5.2.1 Detay doğruluğu ölçütleri

Detay doğruluğu Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında bir bölge ya da yere verilen sınıf değerinin (detay kodunun) gerçekte yeryüzünde sahip olduğu sınıf değeri olma olasılığıdır (Aranof, 1991). Örneğin “köprü detay sınıfının, detay doğruluğu % 80 dir” dendiği zaman, Coğrafi Bilgi Sisteminde yer alan köprülerin % 80 lik bir bölümü gerçek dünyada da köprüdür. % 20 lik bölüm ise yanlış sınıflandırılmış (kodlanmış), başka bir ifade ile köprü olmadığı halde köprü olarak sayısallaştırılmıştır.

Detay doğruluğu, gerçekte sınıflandırma doğruluğunun bir türüdür. Bu nedenle öncelikle sınıflandırma doğruluğunu tanımlamak gerekir. Sınıflandırma doğruluğu, *üreticinin sınıflandırma doğruluğu* ve *kullanıcının sınıflandırma doğruluğu* olmak üzere iki türüdür. Kullanıcının sınıflandırma doğruluğu, aynı zamanda *detay doğruluğu* olarak da isimlendirilir (Aranof, 1991).

Sınıflandırma doğruluklarını tanımlamak için sınıflandırma (hata) matrisi (Tablo 6.4) kullanılır (Grabmaier ve dig., 1996; Lanter ve dig., 1992).

Tablo 6.4 Sınıflandırma (hata) matrisi

SAYISAL ORTAMINDAKİ DETAYLAR (i)	GERÇEK DÜNYADAKİ DETAYLAR (j)					Sayısal ortamdaki detayların toplamı
	1 (Köprü)	2 (Yol)	3 (Bina)	4 (Göl)	Diğer detaylar	
1 (Köprü)	m_{11}	m_{12}	m_{13}	m_{14}	m_{1d}	S_1
2 (Yol)	m_{21}	m_{22}	m_{23}	m_{24}	m_{2d}	S_2
3 (Bina)	m_{31}	m_{32}	m_{33}	m_{34}	m_{3d}	S_3
4 (Göl)	m_{41}	m_{42}	m_{43}	m_{44}	m_{4d}	S_4
Eksik Detaylar	m_{e1}	m_{e2}	m_{e3}	m_{e4}	---	---
Gerçek dünyadaki detayların toplamı	G_1	G_2	G_3	G_4	---	$\sum S$ $\sum G$

Tablo 6.4’de yer alan elemanlar:

m_{ij} : Gerçekte j detayı olup, i detayı olarak sayısallaştırılan detayların miktarı,

m_{ej} : Gerçekte j detayı olup, sayısallaştırılmayan (eksik) detayların miktarı,

M_{id} : Gerçekte j deatyları dışında (diğer) bir detay olup, i detayı olarak sayısallaştırılan detayların miktarı,

G_i : i detayının gerçek dünyadaki toplam miktarı,

S_i : i detayının sayısal ortamdaki toplam miktarı,

olarak tanımlanır.

Bu tabloda ifade edilen “miktar” kavramı ile nokta detaylar için *detay sayısı*, çizgi detaylar için *detay uzunluğu*, alan detaylar için ise *detay alanı* kastedilmektedir. Buna göre aşağıdaki *detay doğruluk ölçütleri* (% olarak) tanımlanabilir:

- **Bir detay sınıfı için üreticinin sınıflandırma doğruluğu** ($\bar{U}_i = m_{ii} / G_i$) :

i detay sınıfının doğru olarak sınıflandırılmış gerçek dünyadaki miktarının (m_{ii}), i detay sınıfının gerçek dünyadaki toplam miktarına oranıdır. Bu doğruluk fotogrametrik kıymetlendirmede “yorumlama doğruluğu olarak da adlandırılır. Örneğin gerçek dünya da 100 adet köprü varsa ve bunların sadece 72 tanesi doğru olarak sayısallaştırmış ise (görölmüş ve yorumlanabilmiş ise), köprü detay sınıfı için üretici sınıflandırma doğruluğu % 72 dir denir.

- **Bir detay sınıfı için üreticinin sınıflandırma doğruluğu** ($K_i = m_{ii} / S_i$) :

i detay sınıfının doğru olarak sınıflandırılmış miktarının, sayısal ortamdaki i detay sınıfı toplam miktarına oranıdır. Bu doğruluk ölçütü, detay tamlığı olarak da ifade edilir. Örneğin sayısal ortamda 90 adet köprü detayı varsa ve bunların sadece 72 tanesi doğru olarak sınıflandırılmış (sayısallaştırılmış) ise, köprü detay sınıfı için kullanıcı sınıflandırma doğruluğu (detay doğruluğu) % 80 dir denir.

- **Bir detay sınıfı için üreticinin hatalı ve/veya eksik detay oranı** ($E_i = 1 - U_i$) :

i detay sınıfı için üreticinin doğru sayısallaştıramadığı (göremediği veya yanlış yorumladığı) detay miktarının gerçek dünyadaki detay oranına oranıdır. Başka bir ifade ile üreticinin sınıflandırma hatasıdır.

- **Bir detay sınıfı için üreticinin eksik detay oranı** ($EO_i = m_{e1} / G_i$) :

i detay sınıfı için eksik (görölemeyen) detay miktarının, aynı detay sınıfının gerçek dünyadaki toplama miktarına oranıdır. Bu oran fotogrametrik kıymetlendirme ile veri toplama söz konusu olduğunda “*görölememe oranı* (undetecction rate)” olarak da ifade edilir. $1 - EO_i$ oranı aynı zamanda *detay tamlığı* olarak da adlandırılır.

- **Bir detay sınıfı için üreticinin hatalı detay oranı** ($HO_i = 1 - \bar{U}_i - EO_i = E_i - E_{oi}$)

i detay sınıfı için doğru sayısallaştırılan ve görülemeyen (eksik) detaylar dışında kalan detayların, gerçek dünyadaki toplam detay miktarına oranıdır. Bu oran **görme fakat yorumlayamama hatası oranı** (interpretation error rate) olarak da ifade edilir.

- **Bir detay sınıfı için kullanıcının fazla detay oranı** ($F_i = 1 - K_i$) :

Başka detay olduğu halde yanlış yorumlama sonucu i detay sınıfı olarak sınıflandırılan detayların miktarının sayısal ortamdaki toplam detay miktarına oranıdır. Başka bir ifade ile bu oran, **kullanıcının sınıflandırma hatasıdır**.

- **Bir detay tipi için üretici sınıflandırma doğruluğu** ($\bar{U}_k = \sum m_{ii} / \sum G_k$) :

Doğru olarak sınıflandırılan aynı tipteki (nokta, çizgi, alan) detay sınıflarının toplam miktarının gerçek dünyadaki aynı tipteki tüm detay sınıfları toplamına oranıdır. Burada k, nokta, çizgi, alan olarak belirtilmekte; böylece bu doğruluk ölçütü, **nokta detay yorumlama doğruluğu, çizgi detay yorumlama doğruluğu, alan detay yorumlama doğruluğu** olarak da ifade edilmektedir.

- **Üretici toplam sınıflandırma doğruluğu** ($\bar{U} = \sum P_k \bar{U}_k / \sum P_k$) :

Doğru olarak sınıflandırılan farklı tipteki (nokta, çizgi, alan) tüm detay sınıfları için üretici sınıflandırma doğruluklarının ağırlıklı ortalamasıdır. (her detay tipinin ağırlığı (P_k) olarak, her detay tipindeki detay sınıfı sayısı alınır) Bu ölçüt, **toplam yorumlama doğruluğu** olarak da ifade edilir.

- **Bir detay tipi için kullanıcı sınıflandırma doğruluğu** ($\bar{K}_k = \sum m_{ii} / \sum S_k$) :

Doğru olarak sınıflandırılan aynı tipteki (nokta, çizgi, alan) detay sınıflarının toplam miktarının, sayısal ortamdaki aynı tipteki tüm detay sınıfları toplamına oranıdır. Burada k, nokta, çizgi, alan olarak belirtilmekte; böylece bu doğruluk ölçütü, **nokta detay doğruluğu, çizgi detay doğruluğu, alan detay doğruluğu** olarak da ifade edilmektedir.

- **Kullanıcı toplam sınıflandırma doğruluğu** ($KT = \sum P_k KT_k / \sum P_k$) :

Doğru olarak sınıflandırılan farklı tipteki (nokta, çizgi, alan) tüm detay sınıfları için kullanıcı sınıflandırma doğruluklarının (detay doğruluklarının) ağırlıklı ortalamasıdır (her detay tipinin ağırlığı (P_k) olarak, her detay tipindeki detay sınıfı sayısı alınır). Bu ölçüt, **toplam detay doğruluğu** olarak da ifade edilir.

Farklı tipteki (nokta, çizgi, alan) detay sınıflarına ilişkin örnek sınıflandırma matrisleri, Tablo 6.5, Tablo 6.6 ve Tablo 6.7’ de , bu detay sınıflarına ilişkin sınıflandırma doğrulukları (detay doğrulukları ve yorumlama doğrulukları) ise Tablo 6.8’de sunulmuştur.

Tablo 6.5 Nokta detaylar için sınıflandırma matrisi (M_{NOKTA})

i,j	1	2	d	S
1	10	2	6	18
2	6	30	14	50
e	4	8	—	—
G	20	40	20	68 80

Tablo 6.6 Çizgi detaylar için sınıflandırma matrisi ($M_{ÇİZGİ}$)

i,j	3	4	5	d	S
3	180	10	10	50	250
4	40	765	15	30	850
5	20	35	420	25	500
e	60	20	30	—	—
G	300	820	475	105	1600 1700

Tablo 6.7 Alan detaylar için sınıflandırma matrisi (M_{ALAN})

i,j	6	7	d	S
6	280	10	10	300
7	20	840	40	900
d	200	150	—	—
S	500	1000	50	1200 1550

Tablo 6.8 Detay doğruluk ölçütleri (sınıflandırma doğrulukları)

Detay tipi (k)	Detay sınıfı (i)	U_i	K_i	E_i	F_i	EO_i	HO_i	$\bar{U}_k$	KT_k
nokta	1	10/20	10/18	10/20	8/18	4/25	10/20 - 4/25	40/60	40/68
nokta	2	30/40	30/50	10/40	20/50	8/60	10/40 - 8/60		
çizgi	3	180/300	180/250	240/300	70/250	60/360	240/300 - 60/360	1365/1695	1365/1600
çizgi	4	765/820	765/850	55/820	55/850	20/900	55/820 - 20/900		
çizgi	5	420/475	420/500	55/475	80/500	30/600	55/475 - 30/600		
alan	6	280/500	280/300	220/500	20/300	200/400	220/500 - 200/400	1120/1500	1120/1200
alan	7	840/1000	840/900	160/1000	60/900	150/1550	160/1000 - 150/1550		

$$\bar{U} = (2 (40 / 60) + 3 (1365 / 1695) + 2 (1120 / 1500)) / 7 = 0.75$$

$$KT = (2 (40 / 68) + 3 (1365 / 1600) + 2 (1120 / 1200)) / 7 = 0.80$$

6.5.2.2 Detay doğruluğunun test edilmesi

Belli bir coğrafi bölgeye ilişkin veri kümesi içinde yer alan detaylardan bir bölümü test amacıyla seçilir. Daha sonra bu detayların doğru olup olmadığı (gerçekten sayısallaştırıldığı detay olup olmadığı, başka bir referans kaynaktan (harita, uydu görüntüsü, arazi) saptanır. Bu şekilde doğru olan detayların sayısı, test edilen detayların sayısına oranlanarak yüzde cinsinde detay doğruluğu belirlenmiş olur. Eğer detay doğruluğuna ilişkin bir kalite düzeyi belirlenmiş ise hesaplanan detay doğruluğu değerinin bu kalite düzeyini sağlayıp sağlamadığı test edilir.

6.5.3 Öznitelik doğruluğu

6.5.3.1 Öznitelik doğruluğu ölçütleri

Öznitelik doğruluğu, detaylara ilişkin öznitelik değerlerinin gerçek dünyadaki karşılıklarından farklı olma derecesidir. Gerçek dünyadaki öznitelik değerleri, araziden ya da daha doğru bir kaynaktan örneklem (sampling) değer alma yöntemi ile tesbit edilir. Bu kalite bileşeni, her bir detay sınıfı için ya da aynı tipteki (nokta, çizgi, alan) detaylar için ayrı ayrı tanımlanabileceği gibi, tüm veri kümesi için de tanımlanabilir (Beard ve dig., 1993).

Öznitelikler kesikli ya da sürekli olabilir. Arazi kullanım sınıfı, bitki türü, idari bölge tipi gibi öznitelikler kesiklidir. Sıcaklık, ortalama yükseklik, uzunluk, genişlik gibi öznitelikler ise sürekli. Sürekli özniteliklerin doğruluğunun belirlenmesi, nokta konum doğruluğun belirlenmesine benzer olup kesikli özniteliklerin doğruluğu yüzde (%) olarak ifade edilir. Örneğin *köprü* detayının *türü* özniteliğinin doğruluğu % 90 olarak ifade edilirse, “köprülerin türü % 90 olasılıkla doğru olarak sayısallaştırılmış” ya da “sayısal ortamdaki köprü detaylarının % 90 nın türü özniteliği doğrudur” denir.

6.5.3.2 Öznitelik doğruluğunun test edilmesi

Detaylara ilişkin özniteliklerden bir bölümü test amacıyla seçilir. Seçilen öznitelikler detay doğruluğunun test edilmesine benzer olarak, doğru olduğu kabul edilen bir referans ile karşılaştırılır. Doğru özniteliklerin toplamının test edilen özniteliklere oranı, öznitelik doğruluğu olarak hesaplanır. Eğer öznitelik doğruluğuna ilişkin bir

kalite düzeyi belirlenmiş ise hesaplanan öznitelik doğruluğu değerinin bu kalite düzeyini sağlayıp sağlamadığı test edilir.

6.5.4 Tutarlılık

Tutarlılık bileşeni için konumsal tutarlılık, tanımsal tutarlılık, veri yapısı tutarlılığı ve veri sözlüğü tutarlılığı olmak üzere dört ayrı kalite ölçütü vardır.

6.5.4.1 Konumsal (topolojik) tutarlılık

6.5.4.1.1 Konumsal (topolojik) tutarlılık ölçütleri

Konumsal tutarlılık, coğrafi detaylar olması gereken topolojik ilişkilerin ne derece sağlandığını ifade eder. Örneğin, yolların binaların içinden geçmemesi, köprülerin yollar üzerinde olması, tarla sınırı ile göl sınırının aynı olması, vb. topolojik ilişkiler önceden tanımlanır ve bu ilişkilerin sağlanma derecesi yüzde olarak konumsal tutarlılığı ifade eder.

Farklı katmanlarda olup, aynı koordinatlara sahip olması gereken detayların farklı kaynaklardan toplanması tutarsızlığa yol açar. Örneğin göl kıyı çizgisi, farklı mevsimlerde farklı olacağından, bu detay ile aynı koordinatlara sahip tarla sınırı arasında tutarsızlık oluşur. Bunu önlemek için, aynı konuma sahip olması gereken detaylardan biri doğru varsayıp diğer detaylara konumu aktarılır. Diğer taraftan bu tür detaylar, gereken konum doğruluğunda sayısallaştırılmalarına rağmen bile üst üste getirildiklerinde aralarında küçük boşluk alanların (silver polygons) oluşması olasıdır. Çözüm olarak bu boşlukların elemine edilmesi önerilmektedir (Aranof, 1991).

6.5.4.1.2 Konumsal (topolojik) tutarlılığın test edilmesi

Detaylar arasındaki önceden tanımlı topolojik ilişkilerden sağlananların sayısı, toplam topolojik ilişki sayısına oranlanarak, konumsal tutarlılık ölçütünün değeri hesaplanır. Ayrıca, tanımlı tüm topolojik ilişkiler ve bunlardan sağlanmayanlar dökümanite edilir.

6.5.4.2 Tanımsal (mantıksal) tutarlılık

6.5.4.2.1 Tanımsal (mantıksal) tutarlılık ölçütleri

Tanımsal tutarlılık, öznitelikler arasında olması gereken mantıksal ilişkilerin ne derece sağlandığını ifade eder. Örneğin, *kaplama* özniteliği *asfalt* olan bir yol detayının *trafik kabiliyeti* özniteliği değerinin *her mevsimde geçişe müsait* olması gerektiği, il detayında yer alan nüfus özniteliği değerinin, bu ilde yer alan ilçe detaylarına ilişkin nüfus özniteliklerinin toplamına eşit olması gerektiği gibi mantıksal ilişkiler önceden tanımlanır ve bu ilişkilerin sağlanma derecesi, yüzde olarak tanımsal tutarlılığı ifade eder.

6.5.4.2.2 Tanımsal (mantıksal) tutarlılığın test edilmesi

Öznitelikler arasındaki önceden tanımlı mantıksal ilişkilerden sağlananların sayısı, toplam mantıksal ilişki sayısına oranlanarak, tanımsal tutarlılık ölçütünün değeri hesaplanır. Tanımlanan öznitelik ilişkileri ve bunlarda sağlanmayanlar, dokümantasyonda belirtilir.

6.5.4.3 Veri yapısı tutarlılığı

6.5.4.3.1 Veri yapısı tutarlılığı ölçütleri

Veri yapısı tutarlılığı, Coğrafi Bilgi Sisteminde kullanılan veri yapısının gerektirdiği topolojik kurallara uyum yüzdesini ifade eder. Örneğin tüm alan detayların kapanması, çizgi detayların kesişimlerinde düğüm olması, çapak (overshoot) ve kısıklık (undershoot) olması gibi koşullar topolojik veri yapısındaki temel kurallardır.

6.5.4.3.2 Veri yapısının tutarlılığının test edilmesi

Verilerin sahip olduğu veri yapısına uymayan detaylar dışında kalan detayların sayısı, toplam detay sayısına bölünerek veri yapısı tutarlılık ölçütü değeri belirlenir.

6.5.4.4 Veri sözlüğü tutarlılığı

6.5.4.4.1 Veri sözlüğü tutarlılığı ölçütleri

Veri sözlüğü tutarlılığı, Coğrafi Bilgi Sisteminde kullanılan veri sözlüğünde yer alan detaylara, özniteliklere, öznitelik değerlerine ve öznitelik tanımlarına uyumu ifade eder. Buna göre detay tutarlılığı, öznitelik tutarlılığı, öznitelik değeri tutarlılığı ve öznitelik tanımı tutarlılığı olmak üzere 4 ayrı tutarlılık ölçütü vardır.

Veri kümesinde yer alan bir detay sınıfı, veri sözlüğünde de varsa “detay tutarlıdır” denir. Buna göre **detay tutarlılığı**, veri setindeki tutarlı detay sınıfları sayısının veri sözlüğünde yer alan detay sınıfları sayına oranıdır.

Veri kümesindeki bir detay sınıfına ilişkin öznitelik, aynı detay sınıfı için veri sözlüğünde yer alıyorsa “öznitelik tutarlıdır” denir. Buna göre **öznitelik tutarlılığı**, veri setindeki her bir detay sınıfında yer alan tutarlı özniteliklerin, veri sözlüğündeki özniteliklerin toplamına oranıdır.

Veri kümesindeki bir detay sınıfında yer alan özniteliğe ilişkin değer, veri sözlüğünde yer alan ilgili detaya ait öznitelik değerleri tanım aralığı içerisinde ise “öznitelik değeri tutarlıdır” denir. Buna göre, **öznitelik değeri tutarlılığı**, tutarlı öznitelik değerlerinin toplam öznitelik değeri toplamına oranıdır.

Veri kümesindeki bir öznitelik değeri, tip (tamsayı, karakter, vb.) ve uzunluk olarak veri sözlüğüne uygun olarak tanımlanmış ise “öznitelik tanımı tutarlıdır” denir. **Öznitelik tanım tutarlılığı**, tutarlı tanımlanmış özniteliklerin veri sözlüğündeki toplam öznitelik sayısına oranıdır.

6.5.4.4.2 Veri sözlüğü tutarlılığının test edilmesi

Veri kümesindeki detaylar ve tipleri, öznitelikler ve tipleri, öznitelik değerleri, özniteliklerin tanımları, veri sözlüğündekiler ile karşılaştırılır. Farklı olanlar, dokümente edilir ve farklı olmayanların sayısı, toplam sayıya (detay, öznitelik, öznitelik değeri sayısına) bölünerek **detay tutarlılığı**, **öznitelik tutarlılığı**, **öznitelik değeri tutarlılığı** ve **öznitelik tanım tutarlılığı** ölçütlerinin değerleri belirlenir.

6.5.5 Tamlık

6.5.5.1 Tamlık ölçütleri

Tamlık, sayısal ortamdaki detaylar ile gerçek dünyayı modellendiren detaylar ve öznitelikler (detay ve öznitelik katalogu) arasındaki ilişkiyi ifade eder. (Lanter, 1992). Sayısal ortamda olması gereken detayların sayısının model dünyadaki detayların sayısına oranı **detay tamlığı**, sayısal ortamda değeri girilmiş özniteliklerin sayısının model dünyadaki özniteliklerin sayısına oranı da **öznitelik tamlığı** olarak tanımlanır.

Örneğin gerçek dünya 1: 250 000 ölçekli haritalarda yer alan detaylar ile modellendirilirse, bu modeller (yani paftalardan) Coğrafi Bilgi Sistemi ortamına veri aktarılırken bazı detaylar (örneğin köprüler) sayısallaştırılmaz ise, sayısal ortam ile model dünya (harita) arasında bir farklılık olacak ve **detay tamlığı** ölçütünün değeri % 100 olamayacaktır. Detaylarda olan bu durum, detayların öznitelikleri için de geçerlidir. Örneğin sayısal ortamda model dünyanın tüm detayları yer almakla birlikte, eğer model dünyadaki bazı detaylara ilişkin özniteliklerin değerleri (örneğin yerleşim yerlerinin isimleri girilmemiş ise, bu veri kümesine ilişkin detay tamlığı için % 100 denirken, **öznitelik tamlığı** için aynı şeyi söylemek mümkün değildir.

Detay tamlığı ve öznitelik tamlığının yanısıra mekansal tamlık ölçütü vardır. **Mekansal tamlık**, sayısallaştırılması yapılan bölgenin alanının, model dünyanın kapladığı toplam alanına oranıdır. Örneğin, bir bölgeye ilişkin detaylar ve/veya öznitelikler, henüz sayısal ortama aktarılmamış ise bu veri kümesinin mekansal tamlığı % 100 dür denemez. Mekansal tamlık tüm veri kümesi için tanımlanırken, detay tamlığı hem tüm veri kümesi hem de sadece bir detay sınıfı (örneğin yol için), öznitelik tamlığı ise hem veri kümesi, hem detay sınıfı hem de bir öznitelik için ifade edilebilir.

6.5.5.2 Tamlığın test edilmesi

6.5.5.2.1 Detay tamlığının test edilmesi

Bu amaçla, test edilecek detaylar veri kümesinden değil model dünyadan seçilir. Daha sonra bu detayların veri kümesi içinde yer alıp almadığı araştırılır. Böylece, sayısal ortamda karşılıkları bulunan detayların toplam sayısı test edilen detay sayısına

bölünerek detay tamlığı ölçütünün değeri saptanır. Bu değer, varsa bir kalite düzeyi ile karşılaştırılır. Eksik olduğu saptanan detaylar dokümantasyonda belirtilir.

6.5.5.2.2 Öznitelik tamlığının test edilmesi

Öznitelik değeri hiç girilmemiş olan öznitelikler tespit edilir. Öznitelik değeri girilmiş olan özniteliklerin toplam sayısı, toplam öznitelik sayısına oranlanarak, öznitelik tamlığı saptanır. Öznitelik tamlığı için de eğer belli bir kalite düzeyi varsa, hesaplanan kalite ölçütü değeri bu kalite düzeyi ile karşılaştırılır. Değeri girilmemiş öznitelikler dokümantasyonda belirtilir.

6.5.5.2.3 Mekansal tamlığın test edilmesi

Sayısallaştırılması yapılması gereken coğrafi bölgenin bir kısmına ilişkin verilerin çeşitli nedenlerle (kaynak materyal olmaması, uçuş için uygun mevsim olmayışı, vb.) sayısal ortama aktarılmamış olması durumunda, bu bölgeler dışında kalan yani sayısallaştırılması yapılmış bölgelerin alanı toplam veri kümesi alanına oranlanır. Verisi sayısallaştırılmamış olan bölgeler, dokümantasyonda belirtilir.

6.5.6 Güncellik (zaman doğruluğu)

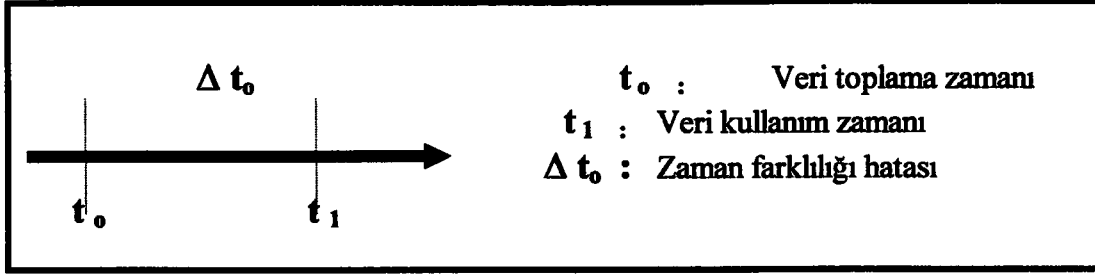
Coğrafi bilginin kullanımında zaman önemli bir kalite ölçütüdür. Örneğin nüfus ile ilgili bilgiler, zamanla özellikle bir yılda oldukça değişir. Yine yerleşim bölgelerinde arazi kullanımı bilgileri zamanla değişir. Hatta bazı bilgiler, mevsime göre değişir (örneğin göl sınırı, nehir sınırı, vb.).

Güncellik kalite bileşeni, *veri tarihi* ya da *zaman hatası* ölçütleri ile tanımlanır. Örneğin veri toplamada kullanılan uydu görüntünün tarihi, ya da harita kıymetlendirmede kullanılan hava fotoğrafı çekim tarihi, veri tarihi olarak ifade edilir.

Güncellik bileşenine ilişkin zaman hatası ölçütü iki şekilde ifade edilir (Lanter ve dig., 1992):

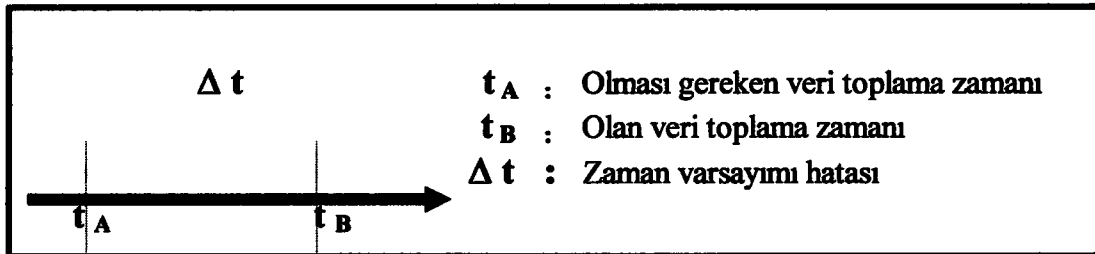
- Zaman farklılığı hatası
- Zaman varsayımı hatası

Zaman farklılığı hatası, verinin toplandığı (sayısallaştırıldığı) zaman ile, bulunulan (verinin kullanıldığı) zaman arasındaki farktır (Şekil 6.16). Örneğin bir veri kümesine ilişkin olarak zaman farklılığı hatası 4 yıl denirse, verinin toplandığı zaman ile bulunulan zaman arasındaki farkın 4 yıl olduğu anlaşılır. Bu fark, zamanla değişeceğinden, güncellik ölçütü olarak zaman farklılığı hatası yerine veri tarihi ölçütünün kullanımı daha uygun olur.



Şekil 6.16 Zaman farklılığı hatası

Zaman varsayımı hatası, verinin toplandığı zaman ile toplandığı varsayılan gerçek zaman arasındaki farktır. Bu hata, verilerin tam olarak gerçek zamanda kaydedilme olanağının olmayışından ya da tam ölçülmesi gerektiği zamanda ölçülmeysiinden kaynaklanır (Şekil 6.17). Örneğin, bir veri kümesi için zaman varsayımı hatası 4 saat denilirse, verilerin gerçekte, toplandığı zamandan 4 saat önceki durumu temsil ettiği anlaşılır. Bu hata genelde kısa zaman periyotlarını tanımladığından, veri değişim periyotlarının daha uzun olduğu Coğrafi Bilgi Sistemlerinde kullanımı fazla önem kazanmaz.



Şekil 6.17 Zaman varsayımı hatası

Güncelleştirme bileşeni kapsamında ayrıca, zaman ile ilişkili özneliliklerin doğruluğunun da ifade edilmesi yer alır. Bu durumda güncelleştirme ölçütü **zaman ölçüm doğruluğu** olarak belirtilir.

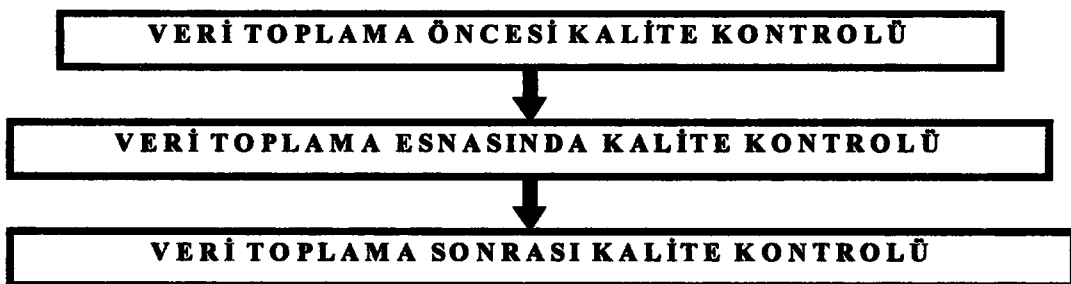
6.5.7 Özgeçmiş

Özgeçmiş (lineage), Coğrafi Bilgi Sistemi ortamındaki verilerin kaynakları ve bunlar hakkında bilgileri (ölçek, üretim yılı, üretici, izdüşüm ve datumu, vb), veri toplama ve veri toplama hakkında bilgileri (veriyi sayısallaştıran kurum/operatör, sayısallaştırma yöntemi/yöntemleri, sayısallaştırma tarihi, yer kontrol noktalarının türü/doğruluğu, kullanılan yazılım ve donanımlar, vb.) ve ayrıca veri işleme hakkında (dönüşüm (transformation/projection), bindirme (overlay), birleştirme (union), kesiştirme (intersect), vb.) bilgileri içerir (Lanter, 1991).

Gerek veri kaynağı, gerekse veri toplama yöntemi Coğrafi Bilgi Toplamada oluşan hata kaynaklarından olduğundan bunlara ilişkin bilgiler veri kalitesi hakkında genel bir bilgi verir. Özgeçmiş bilgileri, tüm veri kümesine ait olabildiği gibi; sadece bir detay sınıfına ya da tek bir özneliğe de ait olabilir. Örneğin tüm veriler, 1:250 000 ölçekli basılı haritalardan, raster tarama - ekrandan sayısallaştırma yöntemi ile toplanmış olabildiği gibi; kıyı çizgileri, 1997 yılına ait SPOT pankromatik uydu görüntülerinden, digital fotogrametrik kıymetlendirme yöntemiyle sayısallaştırılmış olabilir ve ayrıca havaalanı yönlendirme açıları ortorektifiye edilmiş SPOT uydu görüntülerinden ekran üzerinde ölçülerek girilebilir.

6.6 Coğrafi Veri Kalitesinin Kontrolü

Coğrafi veri kalitesinin kontrolü, coğrafi verilerin toplanması öncesi ve veri toplama esnasında kaba hataları elemine etmek ve rasgele hataları azaltmak; veri toplama sonrası oluşan sonuç ürüne ilişkin kalite bilgilerini tespit etmek ve raporlamak (sunmak) amacıyla yapılan çalışmaların bütünüdür (Şekil 6.18) (Nugent, 1995; Champel, 1989; Ackermann, 1996).



Şekil 6.18 Coğrafi veri kalitesinin kontrolü

6.6.1 Coğrafi veri kalite kontrol talimatı

Coğrafi veri kalitesinin kontrolünde uygulanacak tüm işlemlerin açık olarak tanımlandığı ve her bir bileşene ilişkin kalite ölçütü için sağlanması gereken kalite standartlarının belirtildiği kuralların tümü **coğrafi veri kalite kontrol talimatı** olarak adlandırılır (Nugent, 1995). 1: 250 000 ölçekli Coğrafi Bilgi Sistemleri için örnek bir coğrafi veri kalite kontrol talimatı Şekil 6.19’da sunulmuştur.

A. VERİ TOPLAMA ÖNCESİ KALİTE KONTROLÜ : 1. Raster taranacak baskı kalıbı filmleri üzerinde harita izdüşüm koordinatları bilinen en az dört adet nokta olmalıdır. 2. Raster taranacak materyal üzerinde leke olmamalıdır. 3. Raster taranacak münhani, yol, nehir vb çizgi detayların sürekliliğini önleyen boşluklar olmamalıdır. 4. Taranacak materyal üzerinde iyi fark edilmeyen detaylar kalem ile belirginleştirilmelidir. 5. Raster tarama çözünürlüğü 100 mikron (254 dpi) olmalıdır. 6. Raster görüntüleri register etmede kullanılacak yer kontrol noktalarının düşey konum doğruluğu ± 25 metre, yatay konum doğruluğu ± 50 metreden iyi olmalıdır.
B. VERİ TOPLAMA ESNASINDA KALİTE KONTROLÜ 1. Raster görüntülerin register edilmesi sonucu dairesel standart sapma en fazla ± 60 metre olmalıdır. 2. Sayısallaştırma esnasında çizgi ve alan detaylar üzerindeki kırıklık çizgileri uzunluğu 70 metreden küçük olmamalıdır. 3. Çapak (overshoot) ve kısalık (undershoot) olmamalıdır. 4. Alan detaylar kapanmalı, her alan detayın bir etiketi olmalıdır. 5. Her detay katmanı için kontrol çizimleri alınmalı, sayısal veriler çizim çıktıları ile karşılaştırılmalı, varsa hatalar giderilmelidir.
C. VERİ TOPLAMA SONRASI KALİTE KONTROLÜ 1. Detay tutarlılığı, öznitelik tutarlılığı, öznitelik değeri tutarlılığı, öznitelik tanımı tutarlılığı % 100 olmalıdır. 2. Detay tamlığı en az %90, öznitelik tamlığı en az %80, mekansal tamlık % 100 olmalıdır. 3. Detay doğruluğu ve öznitelik doğruluğu en az %90 olmalıdır. 4. Nokta yatay konum doğruluk ölçütü olarak dairesel harita doğruluk standardı değeri 135 metre veya daha küçük (CMAS < 127 metre), nokta düşey konum doğruluk ölçütü olarak doğrusal harita doğruluk standardı değeri 50 metre veya daha küçük (LMAS < 50 metre) olmalıdır.

Şekil 6.19 Coğrafi veri kalite kontrol talimatı (örnek)

6.6.2 Coğrafi veri kalite kontrol standartları

Doğruluk kalite bileşenine ilişkin olarak nokta yatay konum doğruluğu ve nokta düşey konum doğruluğu ölçütleri için standartlar ilk olarak 1947 yılında ABD Bütçe Dairesi (US Bureau of Budget) tarafından hazırlanmış ve **ABD Ulusal Harita Doğruluk Standartları** (US National Map Accuracy Standards) olarak isimlendirilmiştir (Bureau of Budget, 1947). 1984 yılında ise bu standartlar Amerika Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing : ASPRS) bünyesindeki Talimatlar ve standartlar Komitesi (Specifications and Standards Committee) tarafından 1:20 000 ve daha büyük ölçekli haritalar için güncelleştirilmiştir (ASPRS, 1985). Bu standartlar dışında çeşitli ülkelerin ulusal düzeyde standartları mevcut olup henüz uluslararası bir düzeyde kabul edilmiş bir standart yoktur. Bununla birlikte ABD Ulusal Harita Doğruluk standartları, NATO bünyesinde STANAG (Standardization Agreement) 2215 olarak kabul edilmiş ve kullanılmaktadır (NATO/MAS, 1979). Bu standarda göre, “1: 20 000 ve daha büyük ölçekli haritalarda test noktalarının %10 undan daha fazlası harita ölçeğinde 1/30 inç’ten (0.847 mm’den) daha büyük nokta yatay konum hatasına sahip olmamalıdır. 1: 20 000 den daha küçük ölçekli haritalar için nokta konum hatası eşik değeri 1/50 inç (0.508 mm) dir. Test noktaları büyük bina köşeleri, yol kavşakları, vb. belirgin detaylardan seçilmelidir. Test noktalarının %10 undan daha fazlası, münhane (eş yükseklik eğrisi) aralığının yarısından daha büyük bir nokta düşey konum hatasına sahip olmamalıdır.” Bu standarda göre çeşitli ölçekler için hesaplanmış **dairesel standart sapma** ve **dairesel harita doğruluk standardı** ölçütlerine ilişkin eşik değerler (nokta yatay konum doğruluğu standartları) Tablo 6.9’da, çeşitli münhane aralıkları için hesaplanmış **doğrusal standart sapma** ve **doğrusal harita doğruluk standardı** ölçütlerine ilişkin eşik değerler (nokta düşey konum doğruluğu standartları) Tablo 6.10’da listelenmiştir.

Nokta yatay konum doğruluğu ve nokta düşey konum doğruluğu ölçütlerine ilişkin kalite standartları dışında, gerek ulusal gerekse uluslararası düzeyde hazırlanmış ve kabul edilmiş kalite kontrol standartları henüz mevcut değildir.

Tablo 6.9 Nokta yatay konum doğruluğuna ilişkin NATO standartları

ÖLÇEK	Dairesel Harita Doğruluk Standardı (CMAS) (%90)	Dairesel standart Sapma ($\sigma_c = 0.4660 * CMAS$) (%39.35)
1 : 500	0.42 m	0.20 m
1 : 1 000	0.85 m	0.40 m
1 : 5 000	4.23 m	1.97 m
1 : 10 000	8.47 m	3.95 m
1 : 25 000	12.7 m	5.9 m
1 : 50 000	25.40 m	11.8 m
1 : 100 000	50.8 m	23.7 m
1 : 250 000	127 m	60 m
1 : 500 000	254 m	118 m
1 : 1 000 000	508 m	237 m

Tablo 6.10 Nokta düşey konum doğruluğuna ilişkin NATO standartları

MÜNHAİNİ ARALIĞI	Doğrusal Harita Doğruluk Standardı (LMAS) (%90)	Doğrusal standart Sapma ($\sigma_L = 0.6080 * LMAS$) (%68.23)
0.5 m	0.25 m	0.15 m
1 m	0.50 m	0.30 m
2 m	1.00 m	0.61 m
5 m	2.50 m	1.52 m
10 m	5 m	3.04 m
20 m	10 m	6.08 m
50 m	25 m	15.2 m
100 m	50 m	30.4 m
200 m	100 m	60.8 m
500 m	250 m	152 m

6.6.3 Coğrafi veri kalite kontrol izleme formu

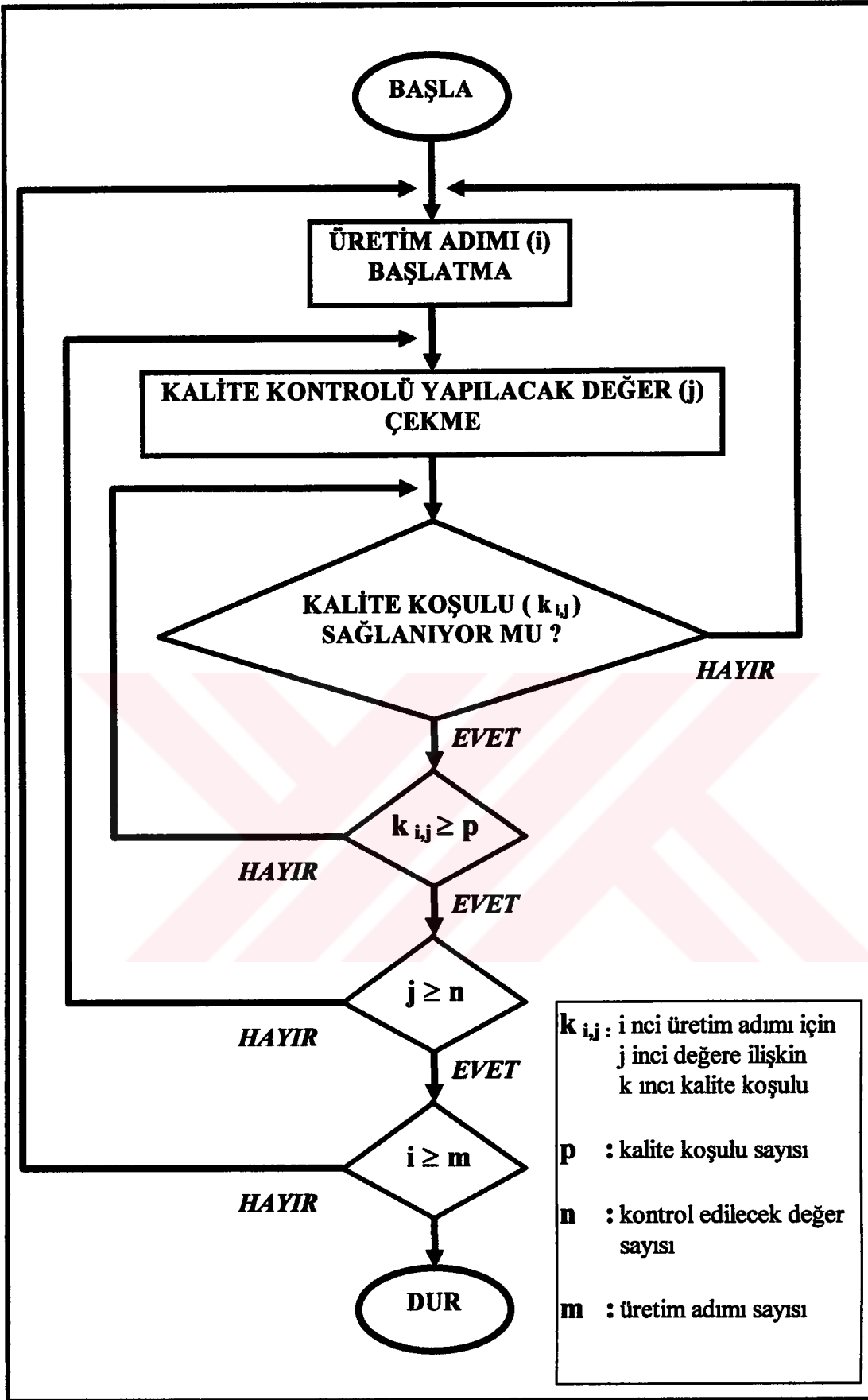
Coğrafi veri kalitesinin kontrolünde yapılacak tüm işlemlere ilişkin tarih, veri kümesi adı, kalite bileşeni, kalite ölçütü, sağlanan standart düzeyi (σ , CMAS, vb.) vb. bilgilerin yer aldığı formlar *coğrafi veri kalite kontrol izleme formu* olarak adlandırılır (Nugent, 1995). Bu formlar, kalite kontrol talimatının, uygulama formu niteliğinde olup, kalite bilenlerinin ve özellikle özgeçmiş (lineage) bileşeni bilgilerinin hazırlanmasında kullanılır.

6.6.4 Veri toplama öncesi kalite kontrolü

Veri toplama esnasında oluşabilecek hataları en aza indirmek veya elemine etmek amacıyla, veri kaynağı üzerinde yapılan her türlü hazırlık çalışmaları ile, özgeçmiş ve güncelleştirme kalite bilgileri kapsamındaki veri kaynağı ile ilgili olanların saptanması ve kaydedilmesi işlemleri, *veri toplama öncesi kalite kontrolü* olarak adlandırılır (Champbell ve dig., 1989).

6.6.5 Veri toplama esnasında kalite kontrolü

Bu aşamada, her bir kalite ölçütüne ilişkin *kalite standartlarına* uygun olarak hazırlanan *karar verme kuralları* kullanılarak, üretim süreci boyunca *kalite beklentileri* sürekli olarak denetlenir. Bu denetleme kapsamında, her bir üretim adımı sonrası, bir sonraki adıma geçmeden önce kalite beklentilerinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir ve bu kalite beklentilerinin sağlanmadığı üretim adımları tekrarlanarak kaliteyi olumsuz etkileyen hatalar giderilir veya en aza indirilir (Ackermann, 1996). Örneğin, *öznitelik değerlerinin girilmesi adımına* ilişkin olarak, *öznitelik tutarlılığı kalite ölçütü için kontrol edilecek değer* olarak YOL_KAPLAMASI isimli öznitelik için girilmiş olan bir değer (örneğin, BETON) seçilir. Bu özniteliğe ilişkin veri sözlüğündeki değerler kümesi (örneğin “ASVALT”, “ÇAKIL”, “TOPRAK”) içinde yer alması koşulunun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Eğer koşul sağlanmıyorsa (ki bu örnekte de sağlanmıyor), öznitelik değeri girilmesi adımı tekrarlanır. Veri toplama esnasında kalite kontrolü iş akışı Şekil 6.20’de gösterilmiştir.



Şekil 6.20 Veri toplama esnasında kalite kontrolü iş akışı

Veri toplama esnasında kalite kontrolüne ilişkin başka bir örnek olarak, ekrandan sayısallaştırma öncesi, raster harita görüntüsünün, harita izdüşüm sistemine dönüştürülmesi (register) adımı verilebilir. Bu adımda, eğer dairesel standart sapmanın mutlak değeri koşul olan 60 metreden büyük ise bu adım tekrarlanır.

6.6.6 Veri toplama sonrası kalite kontrolü (kalite değerlendirme)

Verilerin toplanmasını takiben, veri toplama sorumluluğu olan ünite veya kurum dışında bağımsız bir ünite veya kurum tarafından yapılan ve tüm veri kümesinin, kalite standartlarında beklenen düzeyi sağlayıp sağlamadığının test edilmesi, eğer sağlamıyorsa veri kümesinin ret edilmesi ve düzeltilmek üzere veri toplayan birime ya da kuruma iadesi; eğer kalite düzeyi sağlanmış ise, veri kümesine kalite onayının verilmesi ve kalite bilgilerinin raporlanması (sunulması) işlemleri veri toplama sonrası kalite kontrolünü oluşturur. Veri toplama sonrası yapılan kalite kontrolü, **kalite değerlendirme** (quality evaluation) olarak da ifade edilir. Veri kümesinin tüm elemanlarının (tüm detayların, tüm özniteliklerin) tüm kalite ölçütleri açısından test edilmesi oldukça uzun bir süre alacağından, bazı kalite ölçütleri (örneğin nokta yatay ve düşey konum doğruluğu) için konum test edilecek veriler örnekleme ile seçilir (ISO, 1995).

Veri toplama sonrası kalite kontrolü beş temel adımdan oluşur. **1 nci adımda**, test edilecek veriler rasgele seçilir. Bu seçimde ya tüm veri kümesi kullanılır ya da bir örneklem kümesi (sampling set) (örneğin sayısallaştırılan paftalardan rasgele seçilen %20 sine ilişkin veriler) kullanılır. **2 nci adımda**, coğrafi veri kalitesi bileşenlerine kalite ölçütlerinden, veri kümesinin kalitesini belirlemede kullanılacak olanlar saptanır. **3 ncü adımda** seçilen veri kümesine ilişkin kalite ölçütlerine ilişkin değerler hesaplanır ya da belirlenir. **4 ncü adımda**, varsa ürün talimatı (kalite kontrol talimatı) ya da kullanıcı isteklerine göre kalite ölçütlerine ilişkin eşik değerleri (*kabul edilebilir kalite düzeyleri*) belirlenir ya da varsa mevcut bir kalite kontrol standardından alınır. **5 ncü adımda**, hesaplanan kalite ölçütü değerleri, kabul edilebilir kalite düzeyleri ile karşılaştırılarak kalite testi yapılır. Eğer örneklem verileri beklenen kalitede değilse, tüm veri kümesi ret edilir ve üretim birimine düzeltilmek üzere gönderilir; beklenen kalitede ise ret edilmez ve kalite uygunluk onayı verilir. **6 ncı adımda**, kalite değerlendirme sonuçlarının dokümantasyonu yapılır. Bu dokümantasyonda,

değerlendirmede kullanılan veriler, seçilen kalite ölçütleri ve bu ölçütler için belirlenen kabul edilebilir kalite düzeyleri, test edilen veri kümesine ilişkin kalite ölçütleri değerleri, veri setinin kalitesinin her bir ölçüt için uygun olup olmadığı yer alır. Coğrafi bilgi kalitesinin sunulması veya raporlanması olarak da tanımlanan kalite dokümantasyonu, *klasik bir dosya* şeklinde ya da *bir bilgisayar ASCII dosyası* şeklinde olabileceği gibi, *verilere ekli ilave öznitelikler* şeklinde, *verilerden ayrı bir metaveritabanı* şeklinde, bir *kalite katmanı* şeklinde ya da bunların bir kombinasyonu olarak hazırlanabilir.

Veri toplama sonrası kalite kontrolü yani kalite değerlendirmesi ve kalitenin test edilmesi, konum doğruluğu, detay doğruluğu, öznitelik doğruluğu ve tutarlılık ve tamlık bileşenleri için yapılır. Güncellik ve özgeçmiş bileşenleri test edilmez, fakat bunlara ilişkin bilgiler de kalite dokümantasyonuna konur.



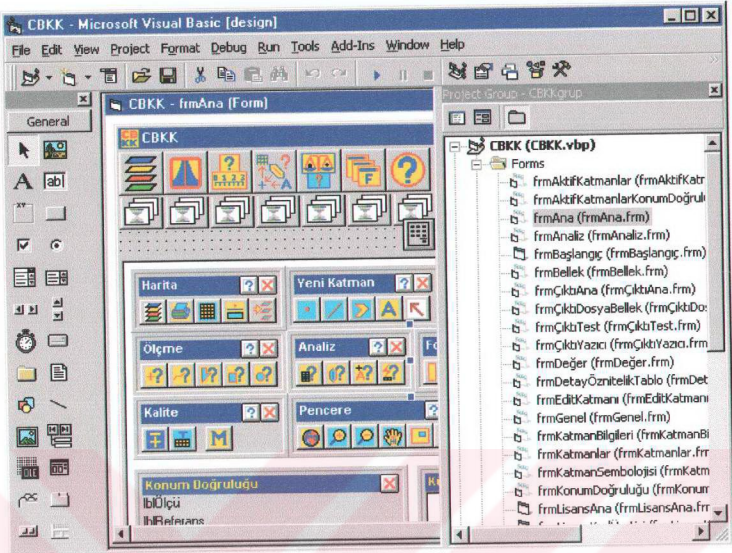
7. UYGULAMA (COĞRAFI BİLGİ KALİTE KONTROL YAZILIMI)

7.1 Uygulamanın Amacı ve Kapsamı

Uygulamada, veri toplama sonrasında coğrafi verilerin kalitesinin otomatik olarak değerlendirilmesi ve sonuçların hem üreticinin yapacağı düzeltmelere yardımcı olacak hem de kullanıcılara verilerin kalitesi hakkında bilgi verecek nitelikte bir metaveritabanı şeklinde sunacak nitelikte bir yazılımın, ***hazır bir yazılım paketi kullanmaksızın*** nesneye yönelik bir programlama ortamında geliştirilmesi amaçlanmıştır. Yazılım geliştirme ortamı olarak, görsel programlama gücü ve kolaylığı nedeniyle ***Visual Basic programlama dili ve Map Objects isimli ActiveX kontrolü*** (OCX) seçilmiştir (Yanık, 1997; Cornell, 1993; ESRI, 1996).

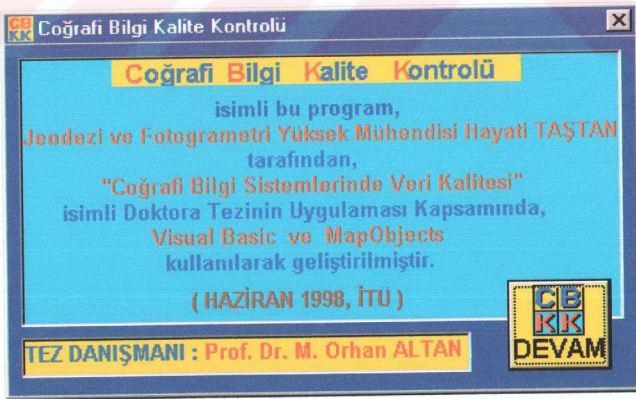
Bu amaçla, öncelikle bir CBS yazılım paketinin temel fonksiyonlarını (on-line yardım, vektör ve raster harita görüntüleme, büyültme, küçültme, kaydırma; konum, mesafe, alan ve çevre ölçme; sorgulama, coğrafi analiz, yer adı bulma, dinamik bilgi alma; grafik ve öznitelik verisi girişi ve düzeltme, çıktı alma işlevlerini) yerine getirecek altlık bir yazılım hazırlanmış; daha sonra kalite kontrol fonksiyonları (Veri sözlüğü ve kalite bilgilerini tutacak metaveritabanları yaratma, açma, silme; metaveritabanında tablo yaratma, açma, silme, değiştirme; tablolara öznitelik ekleme, değiştirme, silme; tabloyu raporlama, dosyaya yazma, çıktısı alma şeklindeki temel veritabanı işlevleri yanısıra; metaveritabanındaki veri sözlüğüne göre detay / öznitelik tutarlılığı testi ve konum doğruluğu testlerini içeren kalite kontrolü yapılması ve sonuçların yine aynı metaveritabanında tablolar şeklinde sunulması işlevlerini) gerçekleştirecek şekilde bir yazılım geliştirilmiştir. ***Coğrafi Bilgi Kalite Kontrolü (CBKK)*** adı verilen bu yazılım ile birlikte kalite kontrolünde kullanılmak üzere, 1:1 milyon ölçekli Türkiye Siyasi Haritasının ESRI-Shape formatındaki verilerinden yararlanılmıştır (Şekil 7.1).

Uygulama yazılımına ilişkin kurulum (setup) dosyaları ve örnek veriler EK A' da sunulmuştur.

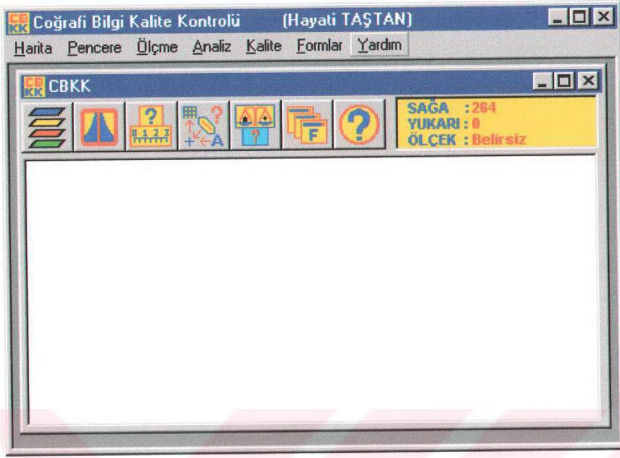


Şekil 7.1 Coğrafi Bilgi Kalite Kontrol (CBKK) yazılımın geliştirildiği ortam

CBKK yazılımının başlangıcı Şekil 7.2’de, ana menüsü Şekil 7.3’de sunulmuştur.



Şekil 7.2 CBKK yazılımın başlangıcı



Şekil 7.3 CBKK yazılımın ana menüsü

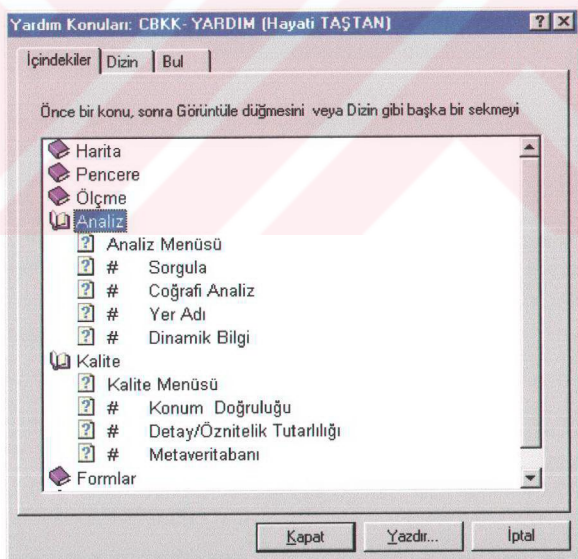
7.2 Coğrafi Bilgi Kalite Kontrol Yazılımının Temel Fonksiyonları

7.2.1 On-line (Çevrim İçi Yardım)

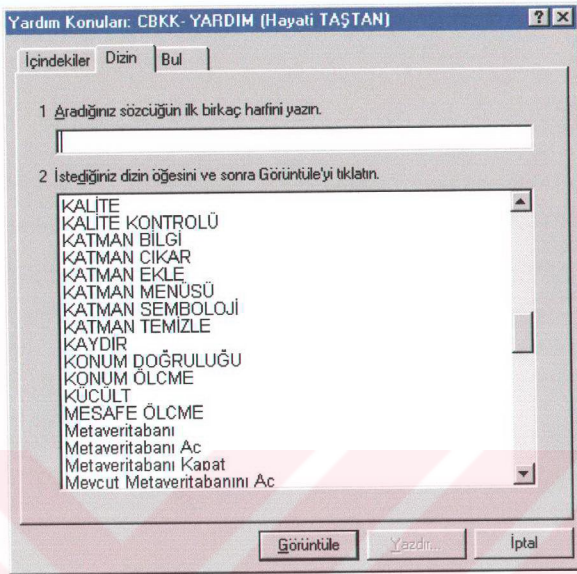
Yazılımda yer alan tüm fonksiyonlar için on-line (çevrim içi) yardım hazırlanmış, bu yardım dosyası tüm menüler ile ilişkilendirilerek belli bir fonksiyonun kullanımı hakkında anında bilgi verilmesi hedeflenmiştir (Şekil 7.4a, Şekil 7.4b, Şekil 7.4c). Ayrıca yazılıma esas teşkil eden teorik bilgiler (“Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Kalitesi” isimli bu tez çalışmasının gerekli görülen bölümleri) için de ayrı bir çevrim içi yardım dosyası (Şekil 7.5a, Şekil 7.5b, Şekil 7.5c) hazırlanmış ve kullanıma sunulmuştur.



Şekil 7.4a CBKK yazılımı kullanımı yardımı



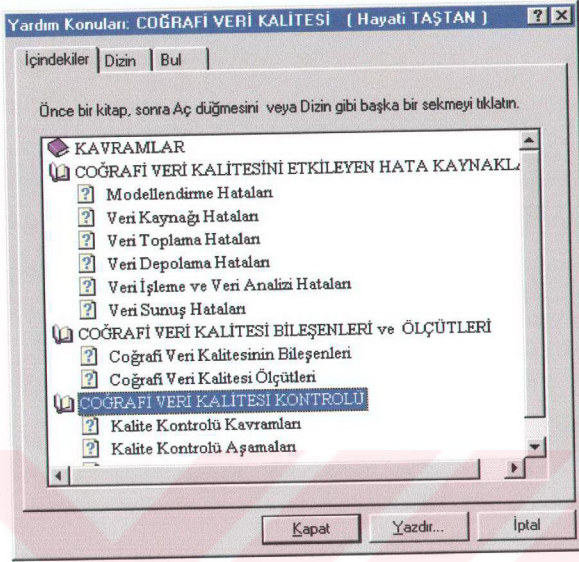
Şekil 7.4b CBKK yazılımı kullanımı yardımı – İçindekiler



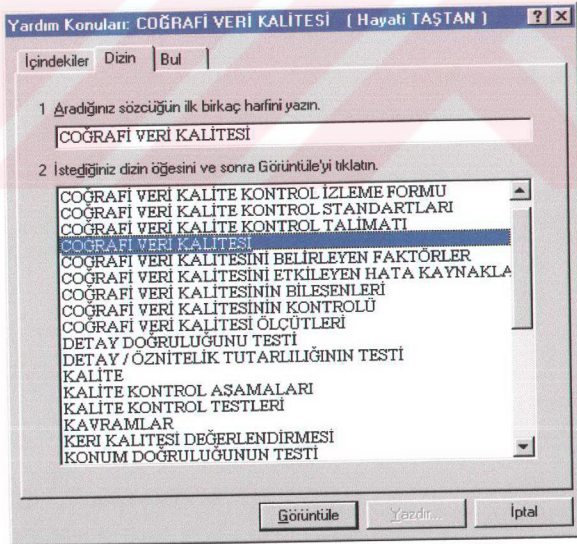
Şekil 7.4c CBKK yazılım kullanım yardımı – Dizin



Şekil 7.5a Coğrafi veri kalitesi hakkında bilgi



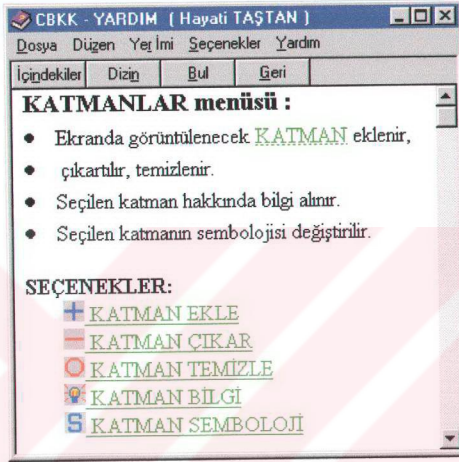
Şekil 7.5b Coğrafi veri kalitesi hakkında bilgi – İçindekiler



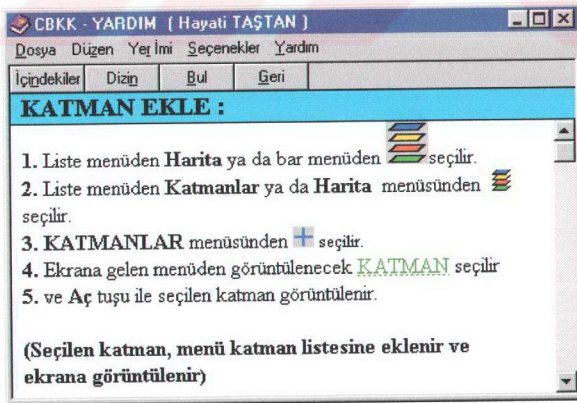
Şekil 7.5c Coğrafi veri kalitesi hakkında bilgi – Dizin

7.2.2 Vektör ve Raster Harita Görüntüleme

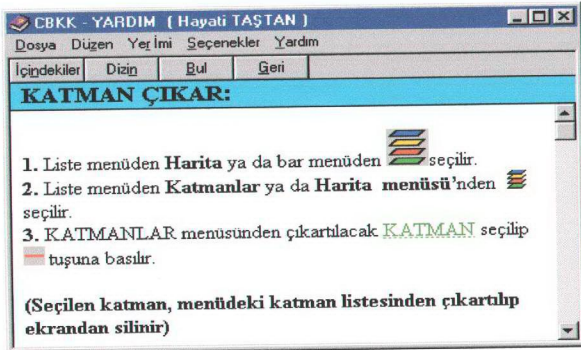
ESRI-Shape veya ARC/INFO-Coverage formatında olan belli bir tipteki (nokta, çizgi, alan) detay katmanlara ilişkin vektör haritaların ya da TIFF veya BMP formatındaki raster haritaların görüntülenmesi veya görüntüden çıkartılması mümkün olmaktadır. (Şekil 7-6a, Şekil 7-6b, Şekil 7.6c, Şekil 7.6d, Şekil 7.6e).



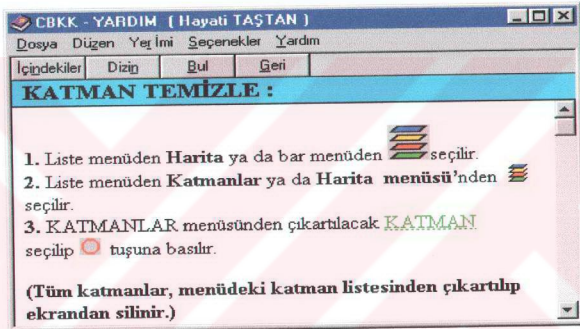
Şekil 7.6a Katmanlar menüsü yardım dosyası



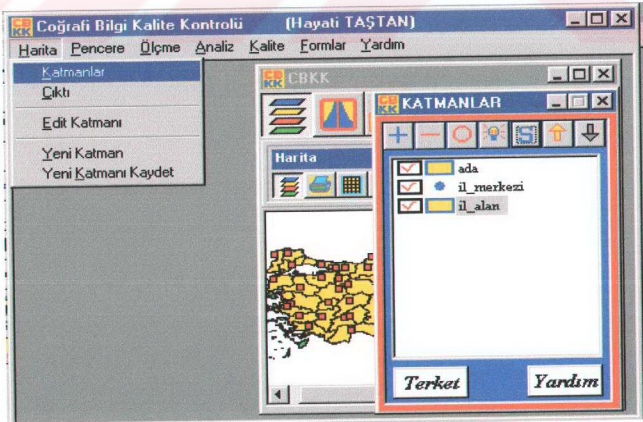
Şekil 7.6b Katman Ekle yardım dosyası



Şekil 7.6c Katman Çıkar yardım dosyası

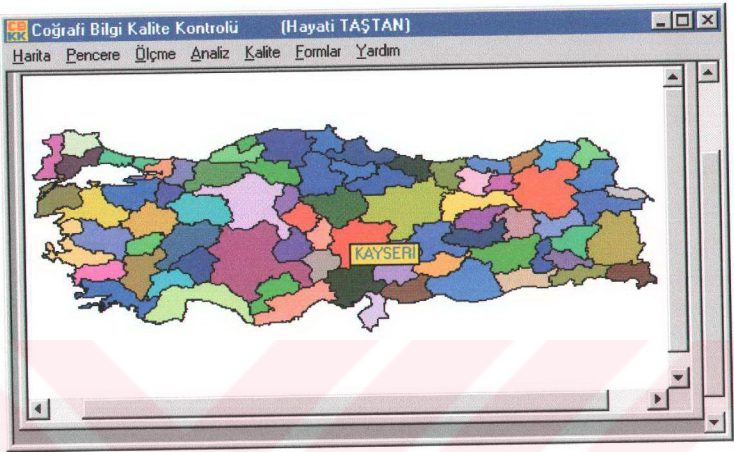


Şekil 7.6d Katman Temizle yardım dosyası

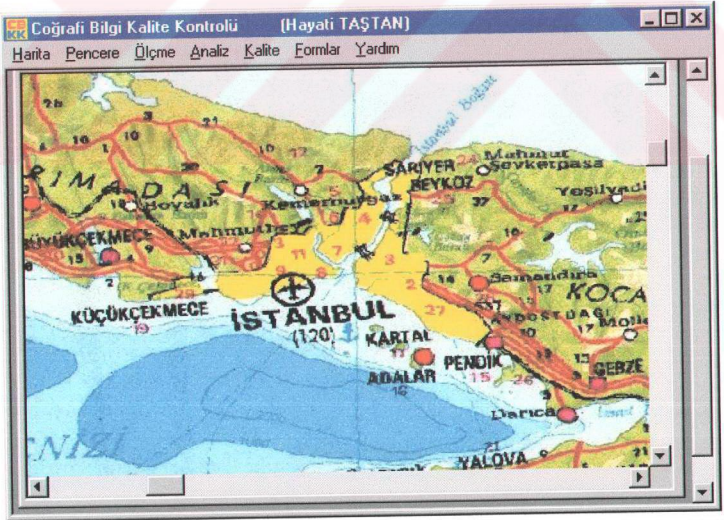


Şekil 7.6e Katmanlar menüsü

Görüntülenen vektör harita örneği Şekil 7.6f’de, raster harita örneği Şekil 7.6g’de sunulmuştur.

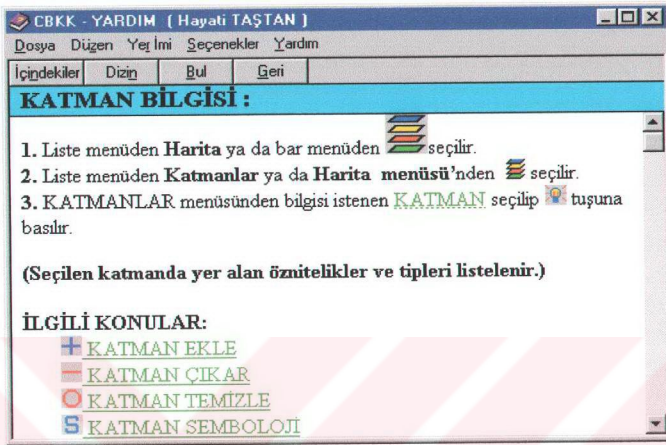


Şekil 7.6f Vektör harita görüntüleme

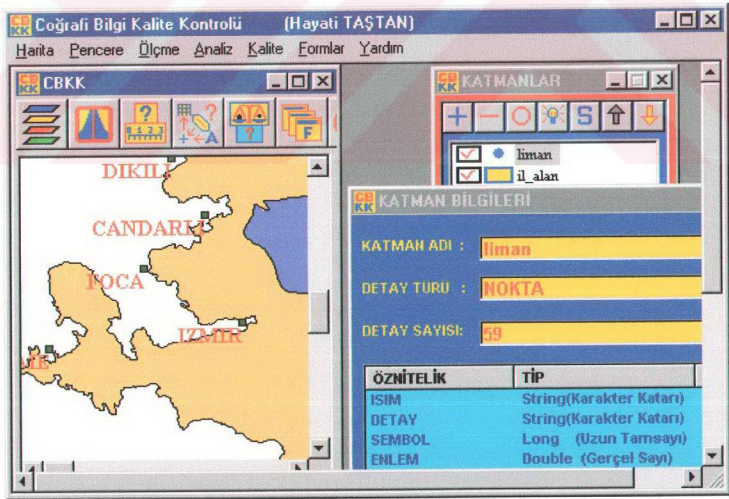


Şekil 7.6g Raster harita görüntüleme

Ekranda görüntülenen vektör katman hakkında bilgi alınabilmektedir. (Şekil 7.7a, Şekil 7.7b).

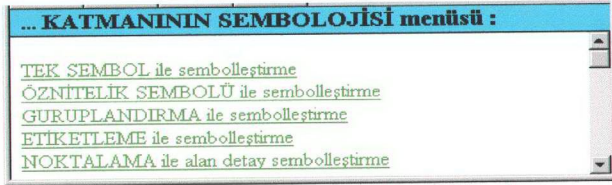


Şekil 7.7a Vektör katman hakkında bilgi alma yardımı

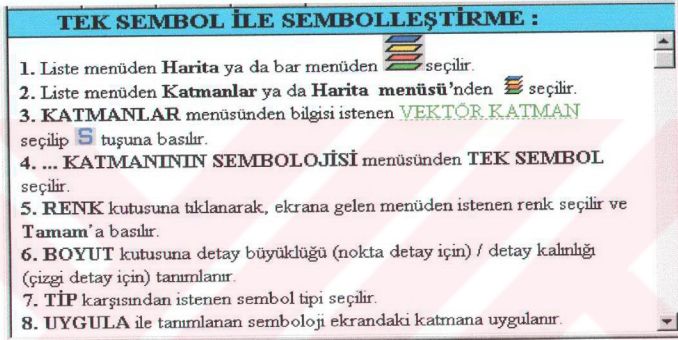


Şekil 7.7b Vektör katman hakkında bilgi alma

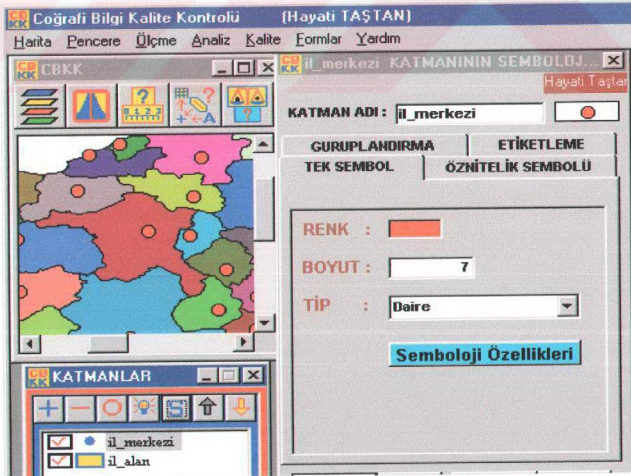
Görüntülenen vektör katmanın sembolojisi değiştirilebilmektedir (Şekil 7.8a, Şekil 7.8b, Şekil 7.8c, Şekil 7.8d, Şekil 7.8e).



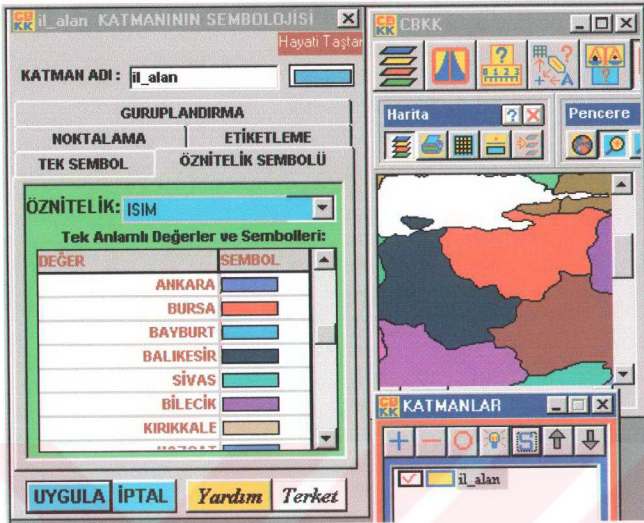
Şekil 7.8a Katman sembolojisi menüsü yardımı



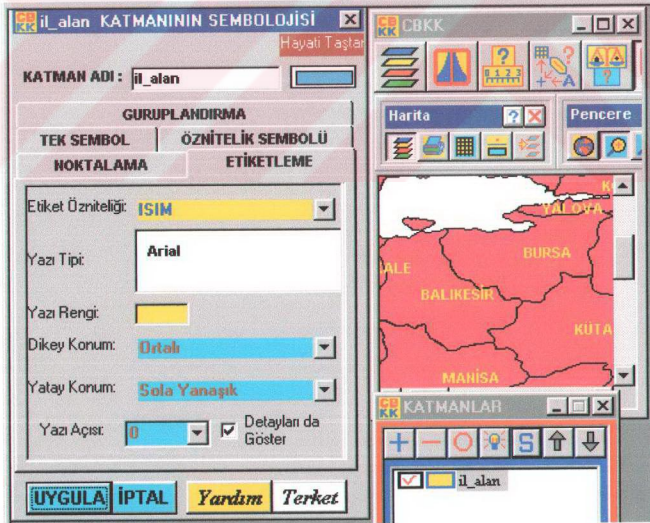
Şekil 7.8b Tek sembol ile sembolleştirme yardımı



Şekil 7.8c Tek sembol ile sembolleştirme



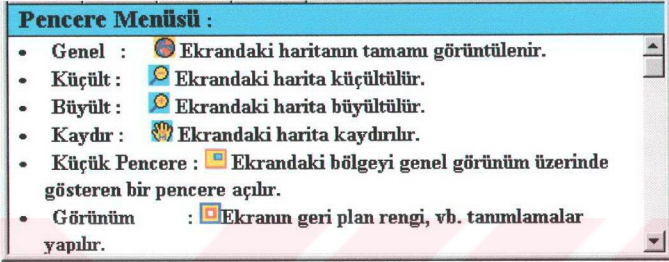
Şekil 7.8d Öznitelik ile sembolleştirme



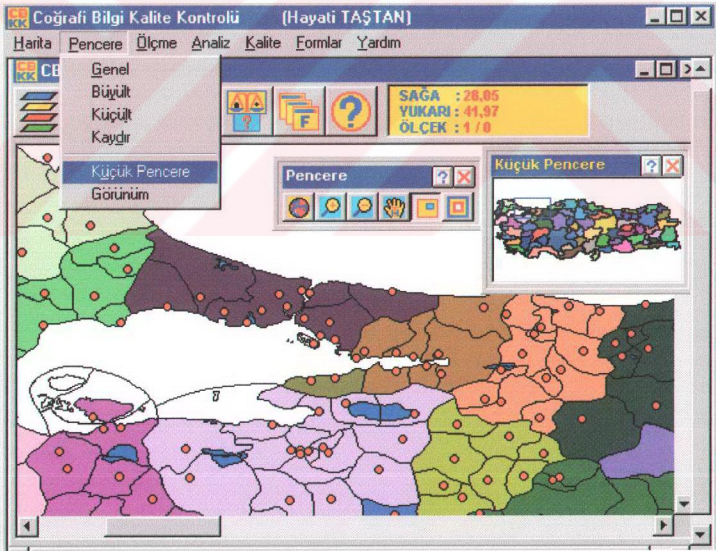
Şekil 7.8e Etiketleme ile sembolleştirme

7.2.3 Büyültme, küçültme, kaydırma ve genel görünüm penceresi oluşturma

Görüntülenen raster ve/veya vektör harita küçültülebilir, büyültülebilir, kaydırılabilir ve küçük pencere içinde ekrandaki bölge genel görünüm üzerinde gösterilebilir (Şekil 7.9a, Şekil 7.9b).



Şekil 7.9a Pencere menüsü yardım dosyası



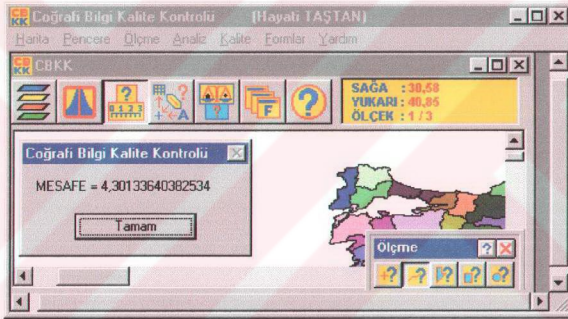
Şekil 7.9b Büyültme, küçültme, kaydırma ve genel görünüm penceresi oluşturma

7.2.4 Konum, mesafe, alan ve çevre ölçme

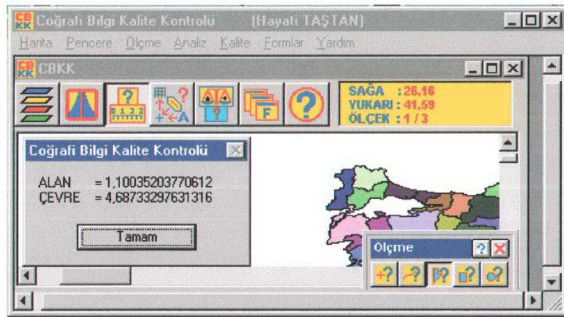
Harita üzerinde etkileşimli olarak konum, mesafe, alan ve çevre ölçümü yapılabilir (Şekil 7.10a, Şekil 7.10b, Şekil 7.10c).



Şekil 7.10a Konum ölçme



Şekil 7.10b Mesafe ölçme



Şekil 7.10c Alan ve çevre ölçme

7.2.5 Sorgulama, coğrafi analiz, detay bulma ve dinamik bilgi

7.2.5.1 Sorgulama

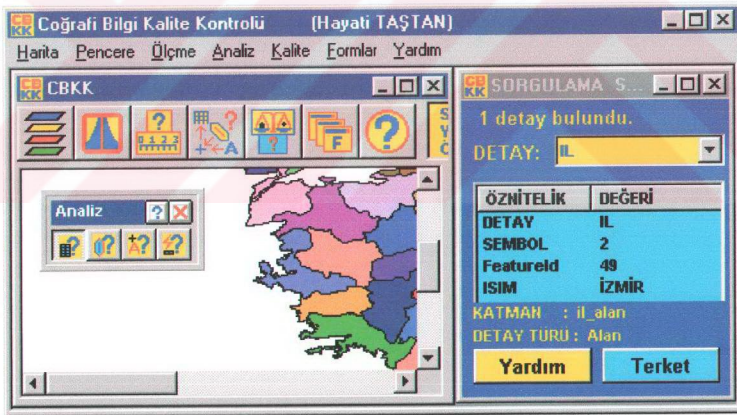
Detaylar hakkında sorgulamalar yapılarak öz nitelik bilgilerine erişilebilir (Şekil 7.11a, Şekil 7.11b).

SORGULA

1. Liste menüsünden **Analiz / Sorgula** seçilir ya da önce bar menüsünden , sonra Analiz menüsünden  seçilir.
2. Harita üzerinde sorgulanacak detay üzerine mouse ile gidilip mouse sol tuşuna basılır.
3. Ekranı gelen **SORGULAMA SONUÇLARI** menüsünde bulunan detay sayısı, detay ait ilk öz nitelik ve değeri, detaya ait tüm öz nitelikler ve değerleri, detayın yer aldığı katman adı ve detay türü (nokta, çizgi, alan) bilgileri listelenir.

(NOT : Bulunan detay sayısı birden fazla ise ilk öz nitelik değeri kutusundan bulunan diğer detaya ilişkin ilk öz nitelik değeri seçilerek bu detayın diğer öz nitelikleri ve değerleri listelenir.)

Şekil 7.11a Sorgulama yardım dosyası



Şekil 7.11b Sorgulama

7.2.5.2 Coğrafi analiz

Coğrafi analizler yapılabilir (Şekil 7.12a). Örneğin Ankara ili içerisinde kalan ilçe merkezlerini bulmak için COĞRAFİ ANALİZ menüsünde önce

Seçim yapılacak katman : il_alan

Seçimde kullanılacak eleman : Nokta Grafik Eleman

Seçim Yöntemi :Eleman ile örtüşen Detaylar

Seçenekleri ile ANKARA ili üzerine mouse ile tıklanır. Sonra

Seçim yapılacak katman : ilçe_merkezi

Seçimde kullanılacak eleman : il_alan detayından seçilen detaylar

Seçim Yöntemi :Eleman tarafından tamamen içerilen detaylar

Seçenekleri ile ANKARA ili içerisinde kalan ilçe merkezleri bulunur ve istenen seçim rengi ile görüntülenir (Şekil 7.12b).

Ankara iline komşu illeri bulmak için yukarıda olduğu gibi önce ANKARA seçildikten sonra

Seçim yapılacak katman : il_alan

Seçimde kullanılacak eleman : il_alan detayından seçilen detaylar

Seçim Yöntemi :Elemana ... mesafe içerisindeki detaylar

Seçim mesafesi (Harita biriminde) : 0.1

Seçenekleri ile Ankara iline komşu iller bulunur ve istenen seçim rengi ile gösterilir (Şekil 7.12c).

COĞRAFI ANALİZ

1. Liste menüden **Analiz / Coğrafi Analiz** seçilir ya da önce bar menüden , sonra Analiz menüsünden  seçilir.

2. Liste menüden **Formlar/Yanyana** seçilir.

3. COĞRAFI ANALİZ menüsünde :

a. **Seçim yapılacak katman ve Seçim Rengi** belirlenir. (Seçim rengi belirlemek için Seçim rengi karşısındaki kutuya mouse sol tuşu ile tıklanır.)

b. **Seçimde kullanılacak eleman (grafik ya da detay)** belirlenir. (Grafik eleman nokta, çizgi, dikdörtgen, çokgen olabilir, detay eleman ise daha önceden varsa seçilmiş detay ya da detaylar olabilir.)

c. **Seçim Yöntemi** olarak aşağıdaki yöntemlerden birisi belirlenir:

- (1) Eleman ile örtüşen detaylar
- (2) Eleman ile ortak bir noktaya sahip detaylar
- (3) Elemanın kestiği detaylar
- (4) Eleman ile ortak bir çizgiye sahip detaylar
- (5) Eleman ile ortak bir noktaya sahip VEYA elemanın kestiği detaylar
- (6) Elemana değen VEYA eleman ile kesişen detaylar
- (7) Eleman ile kesişen detaylar
- (8) Eleman ile kesişen fakat eleman kenarına değmeyen detaylar
- (9) Elemanı içeren detaylar
- (10) Eleman tarafından içirilen detaylar
- (11) Elemanı TAMAMEN içeren detaylar
- (12) Eleman tarafından TAMAMEN içirilen detaylar
- (13) Elemanın ilk noktasını içeren detaylar
- (14) Ağırlık merkezi eleman tarafından içirilen detaylar
- (15) Eleman ile eşlenik olan detaylar
- (16) Elemana ... mesafe içerisindeki detaylar (Bu yöntemin seçilmesi durumunda seçim mesafesi harita biriminde tanımlanmalıdır.)

d. Eğer seçimde grafik eleman kullanılacak ise bu eleman harita üzerinde mouse ile tanımlanır. Eğer seçimde detay eleman kullanılacak ise, **DETAY ELEMAN KULLANARAK SEÇ** tuşuna basılır.

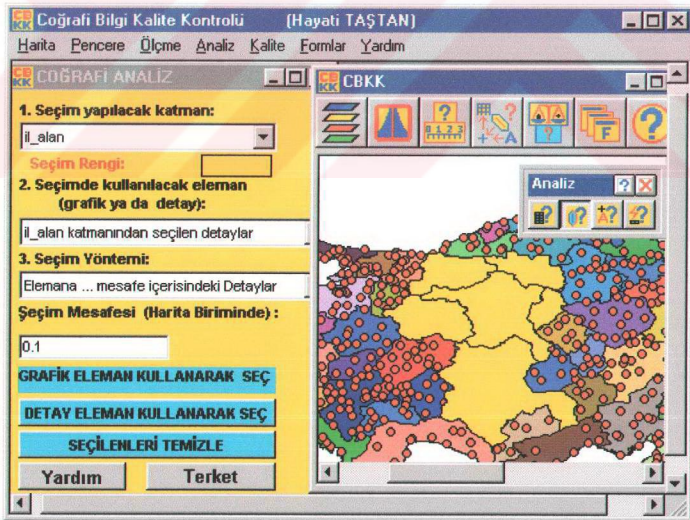
e. Seçilen elemanları iptal etmek için **SEÇİLENLERİ TEMİZLE** tuşuna basılır.

4. Coğrafi analiz sonuçları harita üzerinde seçim renginde görüntülenir.

Şekil 7.12a Coğrafi analiz yardım dosyası



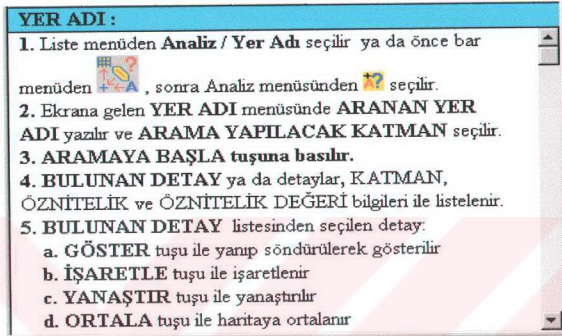
Şekil 7.12b Coğrafi analiz (1)



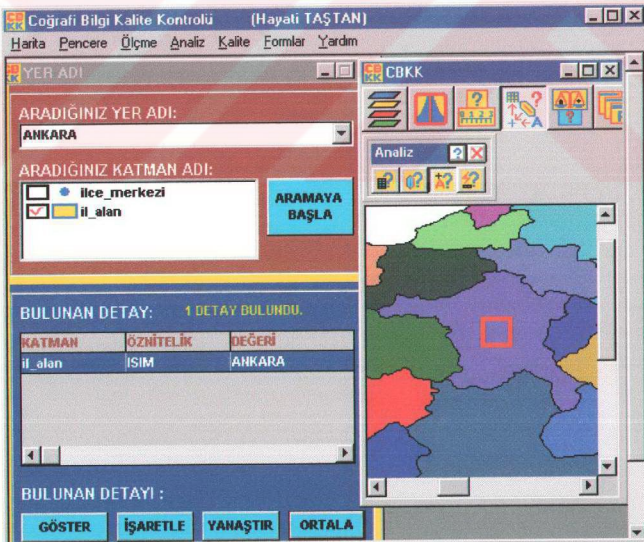
Şekil 7.12c Coğrafi analiz (2)

7.2.5.3 Detay bulma

Herhangi bir KARAKTER tipli özniteliği içerisinde yer alan ifade (YER ADI) kullanılarak bir detay bulunabilir, gösterilir, işaretlenir, yanıştırılır ve/veya haritada ortalır (Şekil 7.13a, Şekil 7.13b).



Şekil 7.13a Yer adına göre detay bulma yardım dosyası



Şekil 7.13b Yer adına göre detay bulma

7.2.5.4 Dinamik bilgi

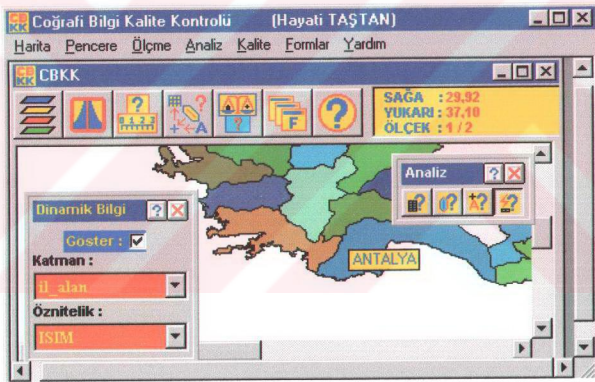
Detayın herhangi bir öz niteliğine ilişkin değerler, dinamik olarak (mouse detayın üzerine gelince) görüntülenir (Şekil 7.14a, Şekil 7.14b).

DİNAMİK BİLGİ :

1. Liste menüden **Analiz / Dinamik Bilgi** seçilir ya da önce bar menüden , sonra **Analiz** menüsünden  seçilir.
2. Ekrana gelen **Dinamik Bilgi** menüsünde:
 - a. **Göster** kutusu üzerine mouse sol tuşu ile tıklanır.
 - b. **Katman** listesinden dinamik Bilgi istenen katman seçilir.
 - c. **Öznitelik** listesinden dinamik bilgi istenen öznitelik seçilir.

(Seçilen katmandaki seçilen öz niteliğe ilişkin değerler, detay üzerinde mouse hareket ettikçe dinamik olarak görüntülenir. Bu dinamik bilgi işlemini iptal etmek için **Dinamik Bilgi** menüsünde yer alan **Göster** kutusundaki işaret, üzerine bir kez mouse tıklayarak kaldırılmalıdır.)

Şekil 7.14a Dinamik bilgi yardım dosyası



Şekil 7.14b Dinamik bilgi

7.2.6 Sayısallaştırma ve öz nitelik değeri girişi

Geri planda raster haritalar kullanılarak nokta, çizgi ve alan detaylar sayısallaştırma yapılabilir. Yapılan sayısallaştırmalar, yeni katman adı ile depolanır (Şekil 7.15a, Şekil 7.15b). Öz nitelik değerleri girmek için önce Liste menüden **Edit / Öz nitelik Değeri** seçilir, sonra ekrana gelen menüden ilgili katman seçilir ve son olarak öz nitelik girişi ya da değiştirme işlemi başlatılır (Şekil 7.16a, Şekil 16b).

NOKTA detay sayısalılaştırma :

1. Liste menüden **Harita** ya da bar menüden  seçilir.
2. Liste menüden **Yeni katman** ya da **Harita** menüsünden  seçilir.
3. **Yeni Katman** menüsünden  seçilir .
4. Mouse sol tuşu ile harita üzerinde sayısalılaştırılacak nokta detay üzerine tıklanır.

ÇİZGİ detay sayısalılaştırma :

1. Liste menüden **Harita** ya da bar menüden  seçilir.
2. Liste menüden **Yeni katman** ya da **Harita** menüsünden  seçilir.
3. **Yeni Katman** menüsünden  seçilir .
4. Mouse sol tuşu ile harita üzerinde sayısalılaştırılacak çizgi detay sayısalılaştırılır.

ALAN detay sayısalılaştırma :

1. Liste menüden **Harita** ya da bar menüden  seçilir.
2. Liste menüden **Yeni katman** ya da **Harita** menüsünden  seçilir.
3. **Yeni Katman** menüsünden  seçilir .
4. Mouse sol tuşu ile harita üzerinde sayısalılaştırılacak alan detay sayısalılaştırılır.

DETAY SEÇME ve SİLME:

1. Liste menüden **Harita** ya da bar menüden  seçilir.
2. Liste menüden **Yeni katman** ya da **Harita** menüsünden  seçilir.
3. **Yeni Katman** menüsünden  seçilir .
4. Mouse sol tuşu ile harita üzerinde seçilecek detay ya da yazı seçilir.

Yeni Katmanı Kaydet :

1. Liste menüden **Harita** ya da bar menüden  seçilir.
2. Liste menüden **Yeni katman** ya da **Harita** menüsünden  seçilir.
3. Ekranı gelen menüde sayısalılaştırılan nokta, çizgi ve alan detaylara ilişkin yeni katman adı yazılır.

Nokta detaylar: *YeniKatman_nokta*,

Çizgi detaylar: *YeniKatman_çizgi* ,

Alan detaylar: *YeniKatman_alan* adı ile kaydedilir.

Şekil 7.15a Sayısalılaştırma yardım dosyaları



Şekil 7.15b Sayısalılaştırma

EDİT KATMANI menüsü :

- **İLK** : İlk detay öz nitelikleri ve değerleri listelenir ve detay yapıp söyner.
- **ÖNCEKİ** : Önceki detay öz nitelikleri ve değerleri listelenir ve detay yapıp söyner.
- **SONRAKİ** : Sonraki detay öz nitelikleri ve değerleri listelenir ve detay yapıp söyner.
- **SON** : Son detay öz nitelikleri ve değerleri listelenir ve detay yapıp söyner.
- **GÖSTER** : Öz nitelikleri listelenen detay yapıp söyner
- **YANAŞTIR** : Öz nitelikleri listelenen detay yanaştırılır
- **ORTALA** : Öz nitelikleri listelenen detay ortalanır
- **DEĞİŞTİR** : Öz nitelikleri listelenen detaya ait öz nitelik değerleri değıştirilir
- **SİL** : Öz nitelikleri listelenen detaya ait öz nitelik değeri silinir

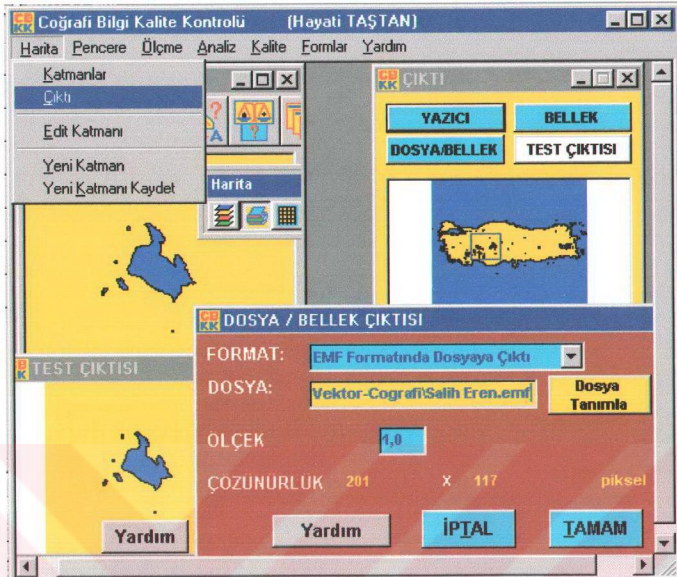
Şekil 7.16a Öz nitelik Giriş (Edit Katmanı) yardım dosyası



Şekil 7.16b Öz nitelik Giriş

7.2.7 Çıktı oluşturma

Ekrandaki raster ve/veya vektör haritalara ilişkin görüntüler, BMP ya da WMF raster formatlarında belleğe (clipboard) ya da dosyaya depolanabilir ve bilgisayara bağlı yazıcıdan çıktısı alınabilir . Çıktı almadan ya da raster formatta depolamadan önce test çıktısı ekranda görülebilir (Şekil 7.17a, Şekil 7.17b).



Şekil 7.17a Test çıktısı ve dosya / bellek çıktısı alma



Şekil 7.17b Test çıktısı ve yazıcıdan çıktı alma

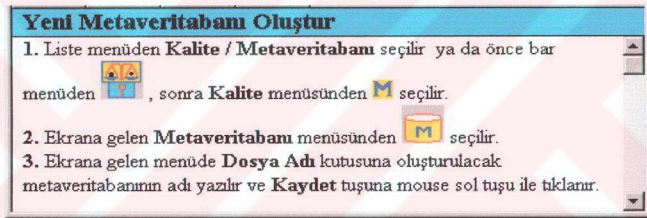
7.3 Coğrafi Bilgi Kalite Kontrol Yazılımının Kalite Kontrol Fonksiyonları

7.3.1 Detay ve öznitelik tutarlılığının test edilmesi

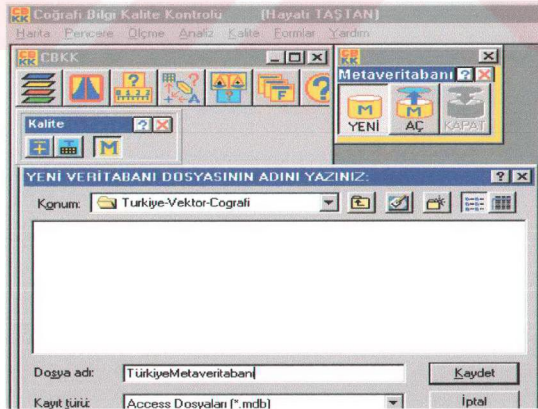
7.3.1.1 Metaveritabanının oluşturulması

Detay ve öznitelik tutarlılığının test edilmesinde kullanılacak referans bilgileri içeren *veri sözlüğünün* (detayların, özniteliklerin, öznitelik değerlerinin ve hangi detayda hangi öznitelğin bulunacağına ilişkin bilgilerin) yer aldığı bir metaveritabanı oluşturulur. Bu amaçla yeni bir metaveritabanı açılır, gerekli tablolar ve öznitelikler eklenir ve veri sözlüğüne uygun olarak öznitelik değerleri girilir.

Öncelikle bir metaveritabanı açılır (Şekil 7.18a, Şekil 7.18b).



Şekil 7.18a Metaveritabanı oluşturulma yardım dosyası



Şekil 7.18b Metaveritabanı açma

Açılan Metaveritabanına veri sözlüğünün tanımlanacağı tablolar TABLO / SORGU İŞLEMLERİ menüsündeki EKLE seçeneği ile eklenir. Ekrana gelen YENİ TABLO menüsündeki kutuya detayların yer alacağı tablo için **detaylar** yazılır. (Şekil 7.19a, Şekil 7.19b).

TABLO / SORGU İŞLEMLERİ :	
TABLO :	
EKLE	: Veritabanına yeni tablo eklenir. (Bakınız: Öznelik İşlemleri)
DEĞİŞTİR	: Veritabanından seçilen tablo değiştirilir. (Bakınız : Öznelik İşlemleri)
SİL	: Seçilen tablo veritabanından silinir.
RAPORLA	: Seçilen tabloya ilişkin rapor hazırlanır.
AÇ	: Seçilen tablo açılarak öznelikleri ve değerler listelenir.
SORGU :	
YAP	: Seçilen sorgu çalıştırılır. (Bakınız Sorgu Sonuçları)
SİL	: Seçilen sorgu silinir.
OLUŞTUR	: Yeni sorgu oluşturulur. (Bakınız : Sorgu Oluştur.)
KAYDET	: Oluşturulan yeni sorgu veritabanına kaydedilir.

Şekil 7.19a Tablo ekleme yardım dosyası

The screenshot shows the 'TABLO / SORGU İŞLEMLERİ' window. The 'TABLOLAR' section is empty. The 'SORGULAR' section is empty. The 'YENİ TABLO' dialog box is open, showing the 'YENİ TABLO ADI' field with the text 'detaylar' and buttons for 'Yardım', 'İPTAL', and 'TAMAM'.

Şekil 7.19b Tablo ekleme

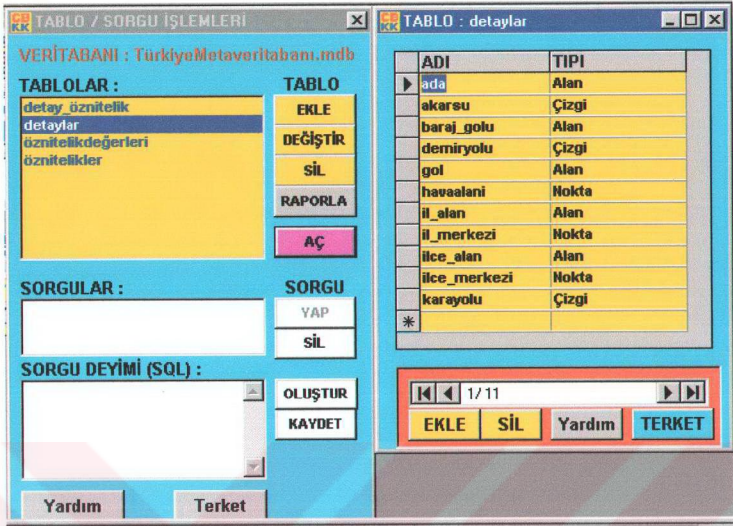
Detaylar tablosu için ADI (KARAKTER 20) ve TIPI (KARAKTER 6) öznitelikleri eklenir (Şekil 7.20a, Şekil 7.20b).

ÖZNİTELİK İŞLEMLERİ menüsü:	
ÖZNİTELİK :	
EKLE	: Tabloyayeni öznitelik eklenir.
DEĞİŞTİR	: Tablodan seçilen öznitelik değiştirilir.
SİL	: Seçilen öznitelik tablodan silinir.

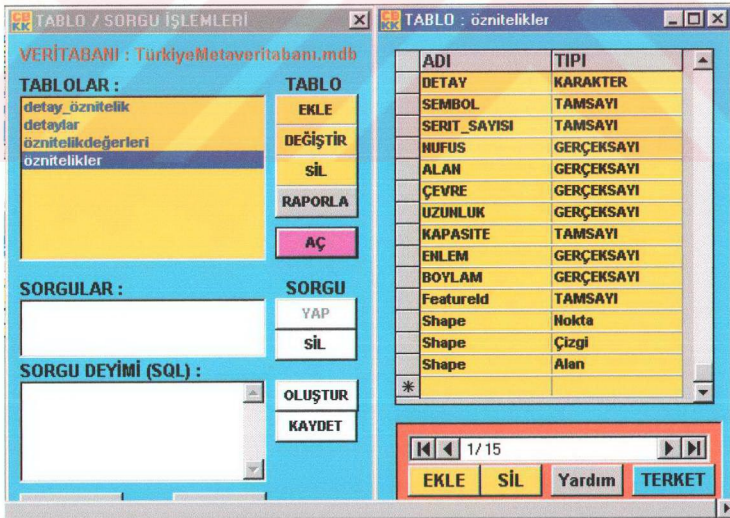
Şekil 7.20a Öznitelik ekleme yardım dosyası

Şekil 7.20b Öznitelik ekleme

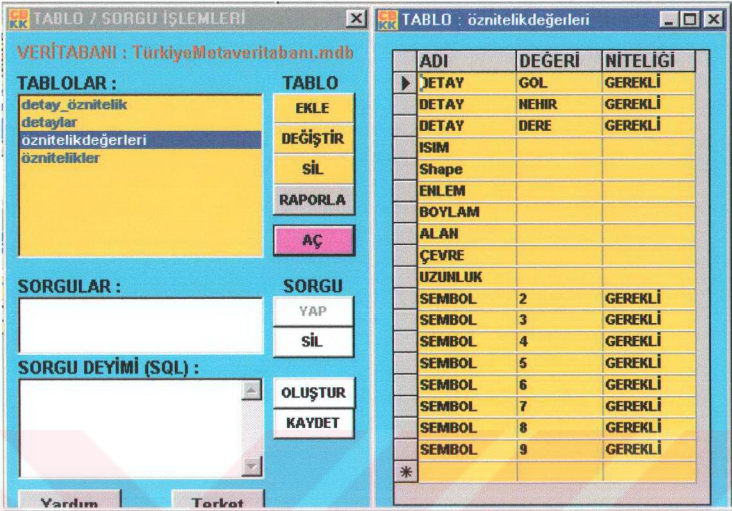
TABLO / SORGU İŞLEMLERİ tablosundan detaylar tablosu seçilir ve veri setine ilişkin veri sözlüğünde tanımlanan öznitelik değerleri girilir. (Şekil 7.21a). Tablo açma, öznitelik ekleme, özniteliklerin yer alacağı **öznitelikler tablosu**, öznitelik değerlerinin yer alacağı **öznitelikdeğerleri tablosu** ve hangi detayda hangi özniteliğin bulunacağı bilgilerini tutan **detay_öznitelik tablosu** için tekrarlanır. Öznitelikler tablosu için ADI (KARAKTER 20) , TIPI (KARAKTER 12) öznitelikleri, öznitelikdeğerleri tablosu için ADI (KARAKTER 20) , DEĞERİ (KARAKTER 40), NİTELİĞİ (KARAKTER 10) öznitelikleri ve detay_öznitelik tablosu için de DETAY (KARAKTER 20), ÖZNİTELİK (KARAKTER 20) öznitelikleri eklenir. Boş bırakılmaması gereken öznitelik değerleri için GEREKLİ ifadesi NİTELİĞİ özniteliğine girilir. Bu tablolara ilişkin öznitelik değerleri, 1:1 milyon ölçekli sayısal Türkiye haritası veri seti için kullanılan veri sözlüğüne uygun olarak, Şekil 7.21b, Şekil 7.21c ve Şekil 7.21d'de sunulmuştur.



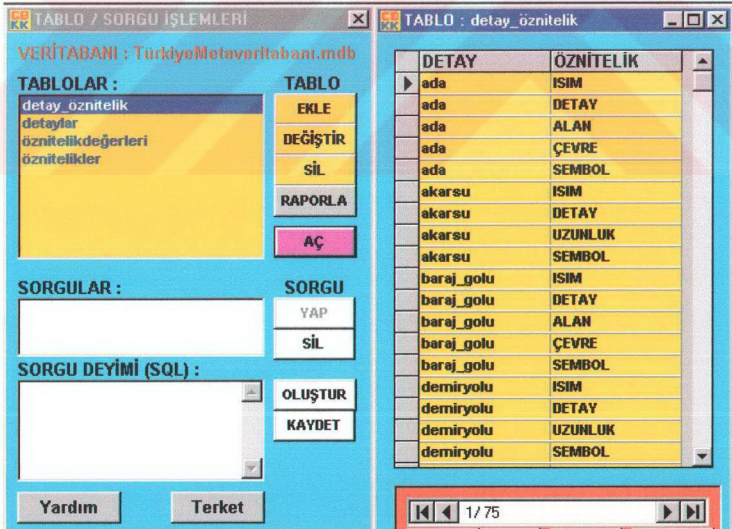
Şekil 7.21a Öznitelik değeri girme (detaylar tablosu için)



Şekil 7.21b Öznitelik değeri girme (öznitelikler tablosu için)



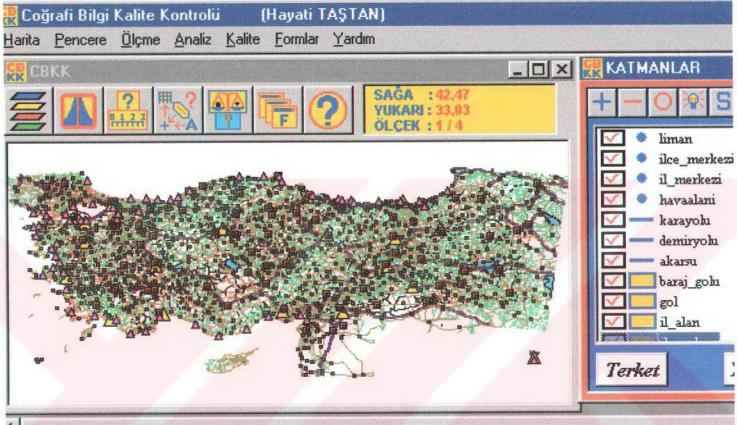
Şekil 7.21c Öznitelik değeri girme (öznitelik değerleri tablosu için)



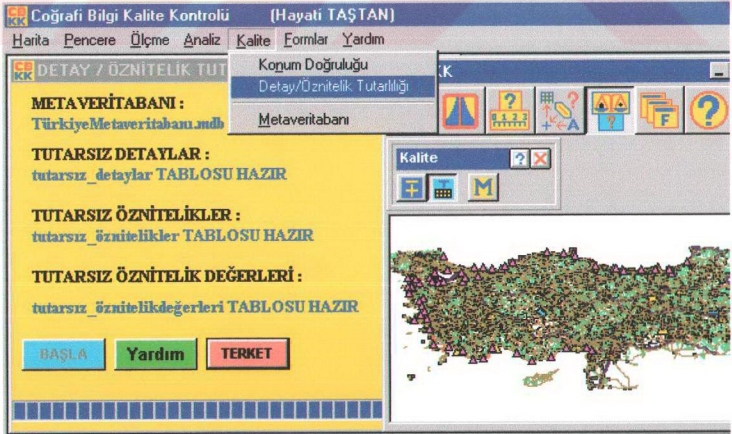
Şekil 7.21d Öznitelik değeri girme (detay_öznitelik tablosu için)

7.3.1.2 Detay ve öznitelik tutarlılığının testi

Öncelikle detay ve öznitelik tutarlılığı test edilecek detaylar görüntülenir. (Şekil 7.22a). Liste menüden sırasıyla **kalite**, **detay/öznitelik tutarlılığı** seçilir. Ekrana gelen menüden oluşturan Metaveritabanı (burada TürkiyeMetaveritabanı) dosyası seçilir. DETAY/ÖZNİTELİK TUTARLILIĞI menüsünde **BAŞLA** menüsünün altındaki işlem göstergesi tamamlandıca **TERKET** seçilir (Şekil 7.22b).

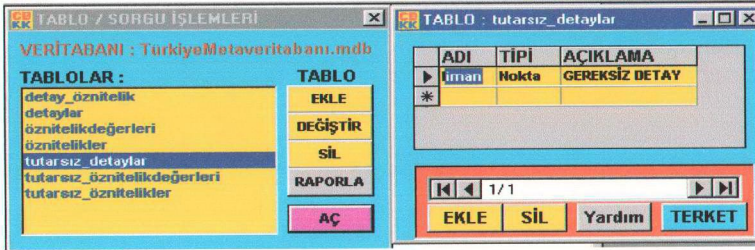


Şekil 7.22a Detay/Öznitelik tutarlılığı testi uygulanacak örnek veri seti



Şekil 7.22b Detay/Öznitelik tutarlılığı testi

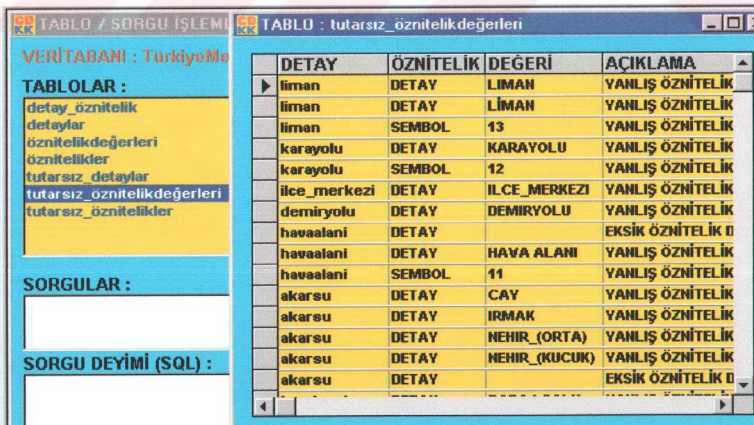
Detay ve öznitelik tutarlılığı testi sonuçlarını görmek için önce oluşturulan mevcut Metaveritabanı açılır ve sonra bu veritabanı içindeki tutarsız_detaylar, tutarsız_öznitelikler ve tutarsız_öznitelikdeğerleri tabloları açılır (Şekil 7.23a, Şekil 7.23b, Şekil 7.23c).



Şekil 7.23a Tutarsız detaylar



Şekil 7.23b Tutarsız öznitelikler



Şekil 7.23c Tutarsız öznitelik değerleri

7.3.2 Konum doğruluğunun test edilmesi

Konum doğruluğunun testi için Şekil 7.24a' daki işlemler uygulanır. Yapılan işlemler Şekil 7.24b, Şekil 7.24c, Şekil 7.24e ve Şekil 7.24f 'de sunulmuştur.

Konum Doğruluğu :

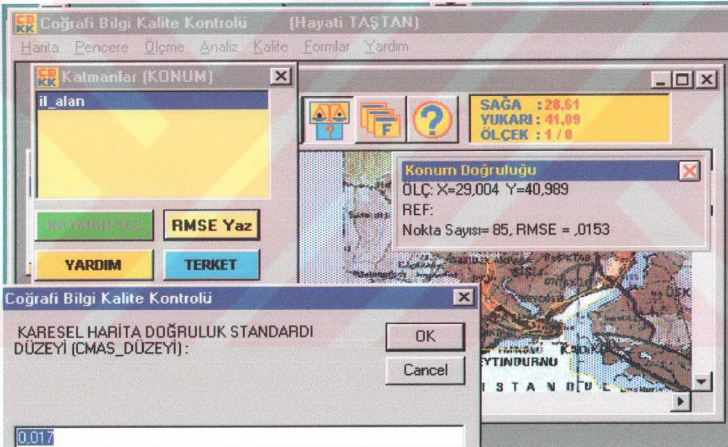
1. Kalite kontrolü yapılacak detaylar görüntülenir : **KATMAN EKLE**
2. Liste menüden sırasıyla **kalite, konum doğruluğu**, ya da bar menüden sırasıyla  ve  seçilir.
3. Ekranı gelen menüden konum doğruluğu bilgilerinin depolanacağı tablonun yer alacağı MetaVeritabanı dosyası seçilir. Eğer bu MetaVeritabanı yok ise oluşturulur : **Yeni Metaveritabanı Oluştur**
4. Ekranı gelen menüye konum doğruluğu bilgilerinin depolanacağı tablonun adı yazılır eğer bu tablo var ise listeden seçilir ve **DEVAM** seçilir.
5. Ekranı gelen **Katmanlar (KONUM)** menüdeki listeden konum doğruluğu test edilecek katman (detay) seçilir ve **KATMAN SEÇ** tuşuna basılır.
6. Ekrandaki harita üzerinden belirgin noktalarda mouse sol tuşu ile hem test edilen detaylar üzerinde, hem de referans olarak kullanılan harita üzerinden ardışık konum ölçümleri yapılır (Ölçüler yapıldıkça Konum Doğruluğu penceresinde **ÖLÇÜ** ve **REFERANS** değerleri ile ölçülen nokta sayısı ve son hataların/farkları karelerinin ortalamasının karekökü (**RMSE**) değeri görüntülenir.)
7. Ölçüm işlemi tamamlandıktan sonra **Katmanlar (KONUM)** menüsünden **RMSE** yaz seçilir.
8. Ekranı gelen menüye beklenen **KARESEL HARİTA DOĞRULUK STANDARDI DÜZEYİ (CMAS_DÜZEYİ)** değeri girilir (Örneğin 1:1 milyon ölçeği için 500 metre yada Coğrafi projeksiyon için bu değere karşılık gelen 0,017 derece değeri)
9. **Terket** ile menüden çıkılır.
10. Mevcut Metaveritabanı açılır : **Mevcut Metaveritabanını Aç**
11. **TABLO /SORGU İŞLEMLERİ** menüsünden konum doğruluğu için oluşturulan tablo seçilir ve **AÇ** ile açılıp konum doğruluğu testinin sonuçları elde edilir. İstenirse bu sonuçlar **RAPORLA** ile raporlanıp yazıcıdan çıktısı alınır.
12. **Terket** ile menüden çıkılır.
13. **KAPAT** ve **X** ile **Metaveritabanı** menüsünden çıkılır.

Şekil 7.24a Konum doğruluğu testi yardım dosyası

Örnek veri seti tamamen tek bir kaynaktan sayısallaştırıldığından tüm detayların konum doğruluğunun aynı olduğu varsayılmış ve il alan detayı için referans altlık olarak önce, daha doğru olduğu değerlendirilen 1: 250 ölçekli raster harita, ve daha sonra sayısallaştırmada altlık olarak kullanılmış olan 1:1 milyon ölçekli raster Türkiye haritası kullanılmıştır. Bu veri setinin konum doğruluğunun daha doğru olan altlığa göre YETERSİZ, fakat orijinal altlığa göre YETERLİ olduğu; dolayısıyla sayısallaştırmanın yeterli doğrulukta yapıldığı fakat altlık materyaldeki hatadan dolayı veri setinin, konum doğruluğu açısından yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 7.24d, Şekil 7.24g).



Şekil 7.24b Konum doğruluğu testi (1) (referans altlık 1:250 000 ölçekli raster harita)

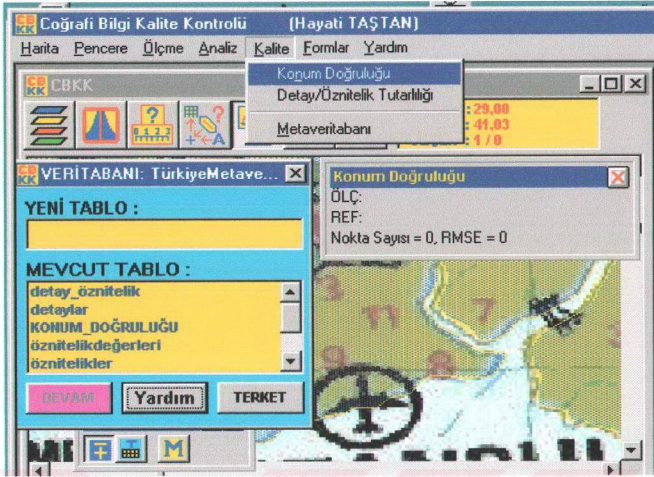


Şekil 7.24c Konum doğruluğu testi (2) (referans altlık 1:250 000 ölçekli raster harita)

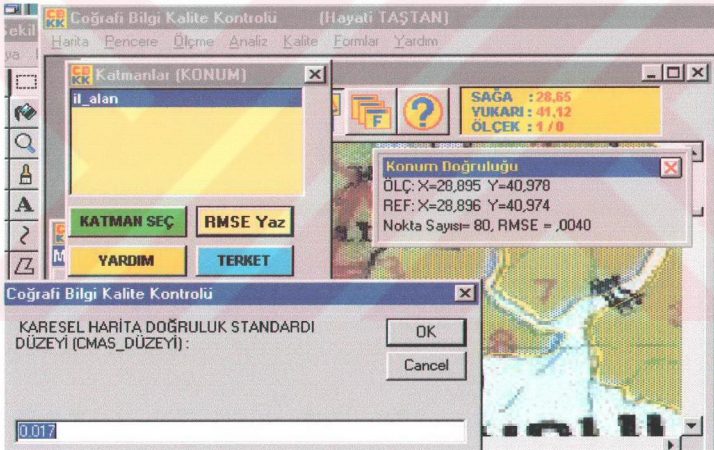
TABLO : KONUM DOĞRULUĞU						
DETAY	TİPİ	ÖRNEK	RMSE 39	CMAS 90	RMSE DÜZEYİ	CMAS DÜZEYİ
il_alan	Alan	85	.0153	.0329	.0079	.017

TABLO : KONUM DOĞRULUĞU				
RMSE DÜZEYİ	CMAS DÜZEYİ	SHİ2 TEST	SHİ2 FRAKTİL	KALİTE
.0079	.017	319.03	107.2876	YETERSİZ

Şekil 7.24d Konum doğruluğu testi sonuçları (referans altlık 1:250 000 ölçekli raster harita)



Şekil 7.24e Konum doğruluğu testi (1) (referans altlık 1:1 milyon ölçekli raster harita)



Şekil 7.24f Konum doğruluğu testi (2) (referans altlık 1:1 milyon ölçekli raster harita)

TABLO : KONUM_DOĞRULUĞU						
DETAY	TİPİ	ÖRNEK	RMSE_39	CMAS_90	RMSE_DÜZEYİ	CMAS_DÜZEYİ
il alan	Alan	80	.004	.0086	.0079	.017

TABLO : KONUM_DOĞRULUĞU				
RMSE_DÜZEYİ	CMAS_DÜZEYİ	SHİ2 TEST	SHİ2 FRAKTİL	KALİTE
.0079	.017	19.9891	100.5605	YETERLİ
*				

Şekil 7.24g Konum doğruluğu testi sonuçları (referans altlık 1:1 milyon ölçekli raster harita)

8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

8.1 Sonuçlar

8.1.1 Tez çalışmasından elde edilen genel sonuçlar

- Jeodezi ve Fotogrametri mühendisliği alanındaki gelişmeler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) konusunu ve bu konudaki araştırmaları güncel kılmaktadır. Son yıllarda bu konuda yapılmış ve yapılmakta olan üretim ve araştırmaların kalite incelemesine konu edilmesine yönelik olan bu tez çalışmasının önemli bir boşluğu dolduracağı değerlendirilmektedir.
- Coğrafi Bilgi Sistemleri, farklı güncellik, doğruluk, tutarlılık ve tamlıktaki çeşitli kaynaklardan toplanan coğrafi verileri içerir. Kaynaklardaki bu kalite farklılığının yanı sıra, veri toplama yöntemleri ve veri toplama hızı da veri kalitesinde homojensizliğe yol açmaktadır. Dolayısıyla bir Coğrafi Bilgi Sisteminde yer alan veriler yöntem ve zamanın fonksiyonu olarak farklı kaliteye sahip olabileceği görülmektedir.
- Maliyet ve zaman veri kalitesini etkileyen en önemli faktörlerdendir. Veri girişi hızını artırma, maliyet ve zamanı azaltır, fakat veri kalitesini düşürür. Yüksek kalite gerektirmeyen verilerin toplanmasında, eğer zaman zorlaması da yoksa daha ucuz maliyetli veri toplama yöntemi ve veri kaynaklarının tercih edilmesi uygun görülürken; üstün kalite gerektiren fakat zaman kısıtlaması olan veri toplama çalışmaları için daha maliyetli yöntem ve kaynakları ister istemez seçme zorunluluğu oluşabilir. Bununla birlikte kalite gerektiren fakat zaman kısıtlaması olmayan veri toplama çalışmalarında ise en uygun maliyete sahip yöntem ve kaynak kombinasyonlarının seçiminin akılcı olduğu; genel olarak amaca en uygun veri kalitesini sağlayacak yöntem, kaynak, zaman ve maliyet faktörlerinin analiz edilerek sonuçlarının irdelenmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

- Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri kalitesinin bilinmesinin, kullanıcıların veriye olan güvenlerini arttıracak ve böylece kullanıcılara bu verilerin kullanım alanlarını belirlenmesine, hangi alanlarda kullanılıp hangilerinde kullanılamayacağına karar verilmesine ve sonuçta ulaşılan konuma bağlı kararlardaki tutarlılık ve güvenilirlik düzeyinin belirlenmesine olanak tanıyacak; diğer taraftan üreticiler tarafından kalite verilerinin değerlendirilmesi ve veriler ile birlikte sunulmasının coğrafi veri pazar payını arttıracak değerlendirilmektedir.

8.1.2 Tez çalışması uygulamasından elde edilen sonuçlar

- Tez çalışması uygulaması kapsamında geliştirilen Coğrafi Bilgi Kalite Kontrolü (CBKK) yazılımının, mevcut profesyonel CBS yazılımları ile rekabet edebilecek düzeyde olmadığı açık olmakla birlikte; içerdiği CBS fonksiyonları ve çevrim içi (on-line) yardım olanakları ile Jeodezi ve Fotogrametri alanında çalışan araştırmacıları genel amaçlı ticari CBS yazılım paketleri kullanarak bunlara bağımlı olmak yerine amaca yönelik yazılımlar geliştirmeyi teşvik edici nitelikte olduğu söylenebilir.
- Coğrafi verilerin kullanımı konusunda genel amaçlı hazırlanan CBS yazılım paketlerinde coğrafi veri kalitesi konusunda hazır fonksiyonlar henüz olmadığından geliştirilen bu yazılımın, bu konuda yararlı olabileceği ve ayrıca bu konuda çalışan ve çalışacak olan araştırmacılara bir altlık oluşturacağı değerlendirilmektedir.
- Geliştirilen yazılım kullanılarak, örnek veri seti üzerinde yapılan kalite kontrolü uygulamasında karşılaşılan sorunlar arasında, test yapılacak örneklem kümesinin nicelik ve niteliksel seçiminde zorlanma, referans altlığın temininde güçlük ve tüm kalite bileşenleri için kalite standartlarının (beklenen kalite düzeylerinin) saptanmasındaki uluslararası ve ulusal düzeydeki belirsizlikler sıralanabilir.
- Diğer taraftan, çok sayıda alt program içeren ve bu programların grafik kullanıcı ara yüzü ile kullanımına olanak sağlayan böyle bir yazılımı geliştirmenin, bir kişi tarafından gerçekleştirilmesinin kolay olmadığı; bazen tek bir işleve yönelik programların yazılması için uzun süre uğraş gerektiği; bununla birlikte bu uğraşın, her alanda etkisini gösteren bilgisayar teknolojisinin olanaklarından yararlanma ve kendi

meslek dalımızın bu teknoloji ile bütünleştirilmesine katkıda bulunma açısından zevkli ve yararlı olduğu sonucuna varılmıştır.

8.2 Öneriler

8.2.1 Tez çalışması genel konusuna ilişkin öneriler

- Coğrafi veri üreten kurumların veri kalitesi konusundaki temel sorumlulukları olarak, verilerdeki hataları saptanma ve en aza indirme, verilerin yanı sıra kullanıcılara bu verilere ilişkin kalite bilgilerini de verme ve ayrıca coğrafi veri kalitesine ilişkin bu bilgilerin nasıl yorumlanacağı konusunda kullanıcılara bilgi vermelidirler. Diğer taraftan kullanıcılar ise coğrafi veri kalitesi konusunda bilinçli olmalı ve üreticilerden bu verilere ilişkin kalite bilgilerini de talep etmelidirler.
- Halen ISO tarafından yürütülen Coğrafi Bilgi Standardı (ISO 15046) çalışmalarına ilgili kurum ve kuruluşlardan teknik personel katılmalı ve bu standardın hazırlanması sonrası en kısa sürede ulusal standart olarak hazırlanıp kullanıma sunulması konusunda çalışmalar başlatılmalıdır.
- Coğrafi Bilgi Sistemin kalitesi konusunda yeminli tercüme bürolarına benzer kalite kontrol büroları kurulmalı ve buralardan coğrafi kalite belgesi talep edilmelidir.
- Coğrafi veri kalitesinin değerlendirmede kullanılacak kabul edilebilir kalite düzeylerini belirlemek amacıyla ulusal düzeyde sayısal coğrafi ürün standartları hazırlanmalı ve yürürlüğe konmalıdır.

8.2.2 Tez çalışması uygulama konusuna ilişkin öneriler

- Farklı kalitedeki coğrafi verilerin entegrasyonu ile yapılan coğrafi analizlerde veri kalitesi bilgilerinin kullanılabilmesi için özellikle coğrafi verilerde hata yayılma konusu araştırılmalı ve bu konuya ilişkin olarak halen hiçbir CBS yazılım paketinde olmayan fonksiyonları içeren yazılımlar geliştirilmeli ve ayrıca coğrafi veri kalitesi kontrolü ve kalite bilgilerinin kullanımına ilişkin fonksiyonların, mevcut CBS yazılım paketlerince karşılanması talep edilerek yazılım firmaları ve araştırmacılar yönlendirilmelidir.

- Coğrafi Bilgi Sistemleri konusunda yazılım geliştirerek, Jeodezi ve Fotogrametri mühendisliği uygulamalarında bilgisayar teknolojisi olanaklarından azami yararlanabilmek ve böylece mevcut CBS yazılım paketlerine bağımlılığı en aza indirgeyebilmek için; “veritabanı yönetimi”, “bilgisayar grafikleri”, “görsel programlama”, “bilgisayar donanımı”, “işletim sistemleri” gibi Bilgisayar Mühendisliği alanına giren konular, Jeodezi ve Mühendisliğin lisans ve/veya lisans üstü eğitimlerine dahil edilmelidir.



KAYNAKLAR

- Ackermann, R.J., 1997, Quality Control Procedure for Photogrametric Digital Mapping, *Int. Archives of Photogrametry and Remote Sensing*. Vol. XXXI, Part B4, Vienna.
- ADV, 1989, Amtliches Topographisch - Kartographisches Informationssystem (ATKIS), *Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Laender der Bundesrepublik Deutschland (Adv)*, Bonn.
- Albertz, J., Wiedemann, A., 1995, Topographic and Thematic Mapping From Satellite Image Data, in *First Turkish-German Joint Geodetic Days*, pp.217-226, Eds. M. Orhan ALTAN & Lothar GRÜNDIG, ITU - Civil Engineering Faculty Printing Office, İstanbul.
- Altan , M.O., Toz, F.G., Can, Z., Taştan, H., 1991, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliğinde Veri Tabanı ve Bilgi Sistemleri, *İTÜ Dergisi*, **49**, 35-44.
- Aranof, S., 1991, GISs : A Management Perspective, WDL Publications, Ottawa, Canada.
- ASPRS, 1985, Accuracy Specification for Large-Scale Line Maps, *PE&RS*, **51/2**, 195-199.
- AUTODESK, 1986, The AutoCAD Drafting Package Reference Manual, Publication TD106-009, Sausalito, California, USA.
- Barrett, E.C., Curtis, L.F., 1992, Introduction to Environmental Remote Sensing, Chapman & Hall, London.
- Beard, K., MacKanness, W., 1993, Visual Access to Data Quality in Geographic Information Systems, *Cartographica*, **30-2/3**, 37-45.
- Boldstad, P.V., Gessler, P., Lillesand, T.M., 1990, Positional Uncertainty in manually digitized map data, *International Journal of GIS*, **4/4**, 399-412.
- BSI, 1992, Electronic transfer of geographic information - National Transfer Format (NTF), *British Standards Institute (BSI)*, London.
- Bureau of the Budget, 1947, United States National Map Accuracy Standards, *US Bureau of the Budget*, USA.

- Burrough, P.A.**, 1986, Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment, Clarendon Press, Oxford, pp. 103-135.
- Buttenfield, P.B.**, 1991, Visualizing the Quality of Spatial Information, *AUTO-CARTO Proceedings*, 6, 423-427.
- Buttenfield, P.B.**, 1993, Representing Data Quality, *Cartographica*, 30 -2/3, 1-7.
- Campel, W.G., Mortenson, D.C.**, 1989, Ensuring the Quality of GIS data: A Practical Application, *PE & RS*, 55/11, 1613-1618.
- Caspary, W.**, 1992, Qualitätsmerkmale von Geo-daten, *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 7, 360-367.
- Caspary, W.**, 1993, Qualitätsaspekte bei Geoinformationssystemen, *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 8/9, 444-450.
- Caspary, W., Scheuring, R.**, 1992, Error-bands as Measures of Geometrical Accuracy, *EGIS'92 (Proceedings of the 3rd European Conference on GIS)* 1, 226-233.
- CEN/TC 287**, 1996, prEN 287008 Geographic Information - Data Description - Quality, Document No.207, Norway.
- Chapman, W.G., Mortenson, D.C.**, 1989, Ensuring the Quality of Geographic Information System Data: A Practical Application of Quality Control, *PE&RS*, 55 / 11, 613-1618.
- Cornell, G.**, 1993, The Visual Basic 3 for Windows Handbook, Osborne McGraw-Hill, California, USA.
- Crisman, R.N.**, 1990, Efficient Digitizing Through the Combination of Appropriate Hardware and Software for Error Detection and Editing, in *Introductory Readings in Geographic Information Systems*, pp. 223-245, Eds. Donna J. Peuquet & Duanne F. Marble, Taylor & Francis, London-New York-Philadelphia.
- Dale, P.**, 1991, Data Quality, *OEEPE - Workshop on Data Quality in Land Information Systems*, Appeldorn, The Netherlands, pp.125-132.
- Dowman, I.**, 1991, Design of Digital Photogrammetric Workstations, in *Digital Photogrammetric Systems*, pp. 28-38, Eds. H. Ebner & D. Fritsch & C. Heipke, Wichman Verlag, Karlsruhe.
- Dunn, R., Harrison, A.R., White, J.C.**, 1990, Positional Accuracy and Measurement Error in Digital Databases, of Land Use: An Empirical Study, *International Journal of Geographic Information Systems (IJGIS)*, 4/4, 385-398.

- ESRI**, 1996, Map Objects Programmer's Reference, *ESRI*, USA.
- FIPS**, 1993, Spatial Data Transfer Standard (SDTS), *Federal Information Proceedings Standards (FIPS) PUP 173*, USA.
- Fisher, F.P.** 1991, Knowledge - Based Approaches to Determining and Correcting areas of Unreliability in Geographic Databases, in *Accuracy of Spatial Databases*, pp.45-54, Eds. Michael Goodchild & Sucharita Gopal, Taylor & Francis, London-New York-Philadelphia.
- Grabmaier, K. A., Tempfli, K., Ackermann, R., Messelu, G.**, 1996, Int. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI, Part B4, pp.305-310.
- Hansen, D.**, 1994, Quality and Accuracy Assesments and the Federal Content Standards for Spatial Meta Data, *Proceedings of the 4th ARC/INFO Annual User Conference*, Redlands, USA.
- Herzog, A.**, 1991, Modelling Reliability on Statistical Surfaces by Polygon Filtering, in *Accuracy of Spatial Databases*, pp. 209-218, Eds. Michael Goodchild & Sucharita Gopal, Taylor & Francis, London-New York.
- Hunter, J.G., Goodchild, M.F.**, 1995, Dealing with Errors in Spatial Databases: A Simple Case Study, *PE&RS*, 61/5, 529-537.
- INTERGRAPH**, 1986, Standard Interchange Format (SIF) Command Language Implementation Guide, Huntsville, Alabama, USA.
- ISO**, 1995, Sampling Procedures for Inspection by Attributes (ISO 2859), Switzerland.
- ISO/TC 211**, 1995, Minutes of the 2nd plenary meeting of ISO/TC 211 (ISO/TC 211 Doc.No.148), Reston, VA, USA, 1995.
- ISO/TC 211**, 1997, ISO Working Draft 15046-13 : Geographic Information - Quality - Version 3.0, Document No.316, Norway.
- Jivani, Z.A.**, 1987, MDIF - A Standard for Communication of Digital Map Data over Public Data Communication Systems, *AUTO-CARTO Proceedings*, London, pp.391-411.
- Kainz, W., Shahriari, N.**, 1993, Object-Oriented Tools for Designing Topographic Databases, *GIS/LIS'93*, 1, 341-350.
- Kaiser, D.**, 1991, ImageStation: Intergraph's Digital Photogrametric Work- tation, in *Digital Photogrammetric Systems*, pp.188-197, Eds. H.Ebner, & D. Fritsch & C. Heipke, Wichman Verlag, Karlsruhe.

- Kennedy, S.**, 1991, The Small Number Problem and The Accuracy of Spatial Databases, in *Accuracy of Spatial Databases*, pp. 187-195, Eds. Michael Goodchild & Sucharita Gopal), Taylor & Francis, London-NewYork-Philadelphia.
- Mikhail, E. M.**, 1976, Observations and Least Squares, Harper & Row, New York.
- Lanter, D.P.**, 1991, Design of a Lineage-Based Meta-Database for GIS, *Cartography and GIS*, 18/4, 255-261.
- Lanter, D.P., Vereign, H.**, 1992, A Research Paradigm for Propagating Error in Layer Based GIS, *PE&RS*, 58/6, 825-833.
- Lee, Y.C., Coleman, D.J.**, 1990, A Framework for Evaluating Interchange Standards, *CISM Journal ACSGC*, 44/4, 391-402.
- NATO/MAS**, 1979, Evaluation of Land Maps, Aeronautical Charts and Digital Topographic Data (Standard Agreement [STANAG] 2215), *North Atlantic Treaty Organization (NATO) Military Agency for Standardization (MAS)*.
- NATO/MAS**, 1993, AGeoP-3 / Digital Geographic Information Exchange Standard (DIGEST) (Standard Agreement [STANAG] 7074), *North Atlantic Treaty Organization (NATO) Military Agency for Standardization (MAS)*.
- Newby, P.R.T.**, 1992, Quality Management for Surveying, Photogrammetry and Digital Mapping at the Ordnance Survey, *Photogrammetric Record*, 14/79, 45-58.
- Nugent, L.J.**, 1995, Quality Control Techniques for a GIS Database Project, *PE&RS*, 31/5, 523-527.
- OS**, 1986, Digital Map Data - Ordnance Survey Transfer Format (OSTF) *Ordnance Survey*, GB.
- Pascoe, R.T., Penny, J.P.**, 1990, Construction of Interfaces for the Exchange of Geographic Data, *International Journal of Geographic Information (IJGIS)*, 4/2, 147-156.
- Scopp, D.S.**, 1992, MG&G Standardization Activities within the Department of Defence, *PE & RS*, 58/8, 1121-1123.
- Schwenkel, D.**, 1990, Genauigkeit digitalisierten Flächen, *AVN*, 97, 220-224.
- Shahriari, B.A., Kainz, W.**, 1993, An Implementation Approach for Object-oriented Topographic Databases using Standard Tools, *AutoCarto11-Proceedings*, Minnesota, pp. 103-112.

- Shibasaki, R.**, 1997, Quality Evaluation Procedures, *Presented paper at the ISO/TC 211 Plenary Meeting in Sydney*.
- Taştan, H.**, 1991, Coğrafi Bilgi Sistemleri - Bir Coğrafi Bilgi Sisteminin Tasarımı ve gerçekleştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taşatan, H., Bank, E.**, 1994, Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Konuma Bağlı Analizler, *1 nci Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu Bildirileri*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 18-20 Ekim, s. 33-52.
- Taştan, H.**, 1996, Sayısal Coğrafi Bilgi Değişiminde Kavramlar ve Standartlar, *Harita Dergisi*, 116, 1-13.
- Thapa, K., Bossler, J.**, 1992, Accuracy of Spatial Data Used in Geographic Information Systems, *PE & RS*, 58/6, 835-841.
- Toz, G., Akyüz, F., Taştan, H.**, (1992a), Design and Implementation of Information Systems: A GIS Pilot Project for Forestry, *International Congress on Agrarian Reform and Rural Development*, Ankara, pp. 462-466.
- Toz, G., Akyüz, F., Tsştan, H.**, (1992b), Forest Management Information System (FORMIS): an Application of GIS in the Forestry, *ISPRS XVII Congress - Washington D.C.*, pp. 713-720.
- Walsh, J.S., Lightfoot, D.R., Buttler, D.R.**, 1987, Recognition and Assessment of Error in Geographic Information Systems, *PE & RS*, 53/10, 1423-1430.
- Walsh, J.S.**, 1991, User Consideration in Landscape Characterization, in *Accuracy of Spatial Databases*, pp. 35-43, Eds. Michael Goodchild & Sucharita Gopal, Taylor & Francis, London-New York-Philadelphia.
- Wolf, H.**, 1975, Ausgleichungsrechnung, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn.
- Worboys, M.F., Hearnshaw, H.M., Maguire, D.J.**, (1990), Object-oriented data modelling for spatial databases, *International Journal of GIS*, 4/4, 369-383.
- Yanık, M.**, 1997, Visual Basic for Windows 95, *Beta Basım Yayım Dağıtım AŞ*, İstanbul.
- Zarzyeki, J.M.**, 1986, Canadian Standards for Exchange of Digital Topographic Data, *The Canadian Surveyor*, 40/14, 529-535.

EKLER

EK A : Tez uygulama programının kurulum (setup) dosyalarını, örnek verileri ve ayrıca tez savunma sunusu (Powerpoint 97) ile tezin orijinalini (Word 97) içeren CD-ROM.



ÖZGEÇMİŞ

1962 yılında Ankara'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da, lise öğrenimini Bursa Işıklar Askeri Lisesinde tamamladı. 1984 yılında Kara Harp Okulundan Haritacı Teğmen olarak mezun oldu. 1986 yılında Harita Yüksek Teknik Okulunu bitirip Harita Mühendisi unvanını alarak Harita Genel Komutanlığında göreve başladı. İki yıl boyunca astronomi, Doppler ve GPS gözlem ve değerlendirmeleri konularında Jeodezi Dairesinde; bir yıl boyunca, analog kıymetlendirme operatörü olarak Fotogrametri Dairesinde çalıştı. 1989-1991 yılları arasında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği programı Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalında master eğitimi gördükten sonra, Jeodezi ve Fotogrametri Yüksek Mühendisi unvanını aldı. Master eğitimi sonrası iki yıl boyunca Harita Genel Komutanlığı Fotogrametri Dairesinde analitik kıymetlendirme operatörü olarak çalıştıktan sonra, Bilgi Sistem Destek Dairesi Coğrafi Bilgi Sistemleri Şubesinde proje subayı olarak göreve başladı. Halen aynı dairede, 1995 yılından itibaren Sistem Geliştirme Şubesinde Sistem Geliştirme Kısım amiri olarak görev yapmakta olup, çeşitli ulusal ve uluslararası Coğrafi Bilgi Sistemi projelerini yürütmekte ve ayrıca Harita Yüksek Teknik Okulunda öğretim görevlisi olarak Bilgisayar Destekli Haritacılık dersi ile Türk Silahlı Kuvvetleri OBİ personeline Sayısal Haritacılık ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kursu vermektedir.

Evli ve iki çocuk babasıdır. İyi derecede İngilizce ve Almanca bilir.