

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**1: 1000- 1:25 000 ÖLÇEK ARALIĞINDA BİNA ve YOL
OBJELERİNİN SAYISAL ORTAMDA
KARTOGRAFİK GENELLEŞTİRMESİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. İ. Öztuğ BİLDİRİCİ
(501940023012)**

100831

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01 Ekim 1999
Tezin Savunulduğu Tarih : 23 Şubat 2000**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Doğan UÇAR
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Rasim DENİZ (İTÜ)

Prof.Dr. Mehmet SELÇUK (YTÜ)

Prof.Dr. Mehmet YERCI (SÜ)

Doç.Dr. Necla ULUĞTEKİN (İTÜ)

ŞUBAT 2000

İC. T. 1999
DOKTORA TEZİ
BİLDİRİCİ

ÖNSÖZ

Çalışmalarım süresince her konuda desteğini gördüğüm danışmanım sayın Prof. Dr. Doğan UÇAR'a, çalışmanın her aşamasında önerileriyle katkıda bulunan çalışma arkadaşlarım Doç. Dr. Necla ULUĞTEKİN, Dr. Cengizhan İPBÜKER, Dr. Ufuk ÖZERMAN'a, çalışmanın Almanya'da yapılan bölümünü yöneten ve her konuda destek ve ilgisini esirgemeyen Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsü Başkanı Prof. Dr. Dietmar GRÜNREICH'a, enstitüdeki çalışma arkadaşlarım, Dr. Joachim BOBRICH ve Dieter HEIDORN'a, Almanya'daki çalışmalarım süresince burs aldığım Alman Akademik Değişim Servisine (DAAD), uygulamada kullandığım veriler için İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığına ve bu konuda yardımcı olan meslektaşım Hasan KARACAOĞLU'na, tez metninin yazımı ve düzeltilmesinde katkıda bulunan babam Mehmet BİLDİRİCİ'ye, son olarak beni tüm çalışmalarım boyunca ilgi ve sabırla destekleyen eşim Banu BİLDİRİCİ'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Şubat, 2000

İ. Öztuğ BİLDİRİCİ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÖZET	x
SUMMARY.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KARTOGRAFİK GENELLEŞTİRME	3
2.1 Giriş.....	3
2.1.1 Kartografik objeler ve konumsal özellikleri.....	3
2.1.1.1 Ölçekli gösterim.....	4
2.1.1.2 Yaklaşık ölçekli gösterim	4
2.1.1.3 Konum koruyan gösterim	4
2.1.1.4 Kaba konumlu gösterim.....	5
2.2 Genelleştirme Kavramı	6
2.3 Kartografyada Model Teorisi.....	8
2.4 Genelleştirmenin Çeşitleri ve Temel İşlemleri.....	9
2.5 Genelleştirmeyi Etkileyen Faktörler	14
2.5.1 Haritanın amacı.....	15
2.5.2 Ölçek kavramı.....	15
2.5.3 Veri niteliği.....	16
2.5.4 Grafik gösterim sınırları	16
2.6 Genelleştirmenin Yöntemleri	19
2.6.1 Klasik yaklaşım	19

2.6.2 Sayısal yaklaşım	19
2.6.2.1 Algoritmik yaklaşım	21
2.6.2.2 Kural temelli yaklaşım.....	22
2.6.2.3 Kartografik genelleştirmede kritik ölçek yaklaşımı.....	25
2.6.2.4 “Doğal Prensi” yaklaşımı.....	27
2.6.2.5 İnteraktif yaklaşım	28
2.7 Veri Formatları ve Genelleştirme.....	28
2.8 Veri Tabanı ve Ölçek	30
2.9 Değerlendirme.....	32
3. BÜYÜK ÖLÇEKLİ VERİLERDE YOL ve BİNA OBJELERİNİN GENELLEŞTİRİLMESİ.....	35
3.1 Giriş.....	35
3.2 Yol Objelerinin Genelleştirilmesi	36
3.2.1 Yol eksenlerinin elde edilmesi	37
3.2.1.1 Yapısallaştırılmış vektör formatında eksen belirleme	38
3.2.1.2 TIN oluşturarak eksen belirleme.....	39
3.2.2 Ağ topolojisinin kurulması ve çizgi temizleme işlemleri.....	40
3.2.3 Çizgi basitleştirmesi	40
3.2.4 Yol objelerinde seçme	44
3.2.5 İşaretleştirme	47
3.3 Bina Objelerinin Genelleştirilmesi.....	49
3.3.1 Bina sınır çizgilerinin genelleştirilmesi (Kontur genelleştirilmesi).....	50
3.3.1.1 Bina sınır çizgilerindeki eğrisel parçaların genelleştirilmesi.....	51
3.3.1.2 Kontur genelleştirmesinde iç avlular	54
3.3.2 Bina objelerinin geometrik birleştirilmesi.....	54
3.3.2.1 Birleştirmede oluşan iç avlular	57
3.3.3 Birleştirme ve kontur genelleştirmesinin uygulanma sırası	58
3.3.4 Geometrik-kavramsal birleştirme sonrası basitleştirme	59
3.4 Öteleme	60
3.5 Genelleştirme Sonuçlarının Değerlendirilmesi	60

3.6 Değerlendirme.....	62
4. UYGULAMA: İSTANBUL SAYISAL VERİLERİ İLE BİNA VE YOL GENELLEŞTİRMESİ	63
4.1 Giriş.....	63
4.1.1 CHANGE.....	65
4.1.2 İnteraktif sistem: AutoCAD MAP	67
4.2 Kaynak Veriler	67
4.2.1 Kaynak verilerin yapısı ve veri dönüşümü	68
4.2.2 DCB ile veri dönüşümü	70
4.2.3 Kaynak verilerin kalitesi.....	73
4.3 Verilerin Hazırlanması ve Genelleştirilmesi.....	76
4.3.1 Bina verileri	76
4.3.2 Yol verileri.....	77
4.4 Bina Verilerinin Grafik İyileştirilmesi	78
4.5 Bina Verilerinin Genelleştirme Bölgelerinde Otomatik Olarak Ayrılması.....	82
4.6 Tek Anlamlı Yol Sınır Çizgilerinin Oluşturulması	83
4.7 Sistemin Otomatize Edilmesi.....	89
4.8 Bina Verilerinin Genelleştirme Sonrası Topolojik Tutarlılığı	92
4.9 Uygulama	94
4.9.1 Kaynak veriler üzerinde istatistiksel irdeleme.....	96
4.9.2 Bina genelleştirilmesi için parametre seçimi	98
4.9.3 Binalar için türetme modeller	101
4.9.4 Yollar için türetme modeller.....	103
4.10 Sonuç ve Tartışma.....	104
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	108
KAYNAKLAR	110
EKLER.....	116
ÖZGEÇMİŞ	128

KISALTMALAR

AI	: Artificial Intelligence, yapay zeka
ATKIS	: Resmi Topografik Kartografik Bilgi Sistemi (Almanya)
CAD	: Computer Aided Design, bilgisayar destekli tasarım
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CPU	: Central Processing Unit, Merkezi İşlem Birimi
dpi	: Dot per inch, bir inç aralığında nokta sayısı
DXF	: Data Exchange Format / Veri Değişim Formatı (Autodesk Firması tarafından geliştirilmiştir.)
M	: Milyon
TIN	: Triangulated Irregular Network, düzensiz üçgen ağı
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
IfK	: Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsü

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Genelleştirmenin çeşitleri ve etkileri (Hake ve Grünreich, 1994, s.111)	11
Tablo 2.2: Genelleştirmede temel işlemler (Hake ve Grünreich, 1994, s.112)	12
Tablo 2.3: Haritaların ölçeklerine göre ayrımı	16
Tablo 2.4: Alman topografik haritaları (1:25000) için grafik limitler (AdV, 1981, s.11)	17
Tablo 2.5: Feldmann (1990) tarafından önerilen grafik limitler	17
Tablo 3.1: Çizgi temizleme işlemleri	41
Tablo 3.2: Çizgi basitleştirme algoritmalarının, hesaplamanın geometrik genişliği bakımından sınıflandırılması (McMaster, 1987)	42
Tablo 3.3: Koşullu seçme işleminde göz önüne alınacak kriterler	44
Tablo 3.4: Yol objeleri için genişlik ve uzunluk kriterlerine göre eliminasyon kuralları (Menke, 1983), B: obje genişliği, L: obje uzunluğu	45
Tablo 4.1: DCB oturumlarının kontrol edilmesinin sağlayan parametreler	73
Tablo 4.2: Grafik iyileştirme-temizleme öncesi ve sonrası istatistiksel parametreler	96
Tablo 4.3: ANGI yazılımının kullandığı parametreler	99
Tablo 4.4: Heidorn (1998) tarafından önerilen parametreler	100
Tablo 4.5: Türetme modeller için seçilen parametreler	101
Tablo 4.6: Türetme modellere ait istatistiksel parametreler	102
Tablo 4.7: İstatistiksel parametrelerdeki yüzdelik değişimler	102
Tablo 4.8: Müller (1990) tarafından bulunan klasik genelleştirme sonuçları	103
Tablo 4.9: Yol sınıfları ve genişlikleri	104
Tablo 4.10: İşaretleştirilmiş yollara ait istatistiksel parametreler	104
Tablo 4.11: Uygulama kapsamında geliştirilen yazılımlar	105

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Konumsal özellikler (Hake ve Grünreich, 1994, s.117).....	4
Şekil 2.2: Konum koruyan ve kaba konumlu gösterim (Hake ve Grünreich, 1994, s.118)	5
Şekil 2.3: Alansal yoğunluk haritası (Hake ve Grünreich, 1994, s.118)	5
Şekil 2.4: Orijinalden birincil ve ikincil modellere geçiş	9
Şekil 2.5: Genelleştirmede Amerikan yaklaşımı	14
Şekil 2.6: En küçük işaret büyüklükleri (Spiess, 1990).....	18
Şekil 2.7: Bir uzman sistemin bileşenleri	24
Şekil 2.8: Ölçeğe göre dönüşüm işlemi (Müller, 1991).....	27
Şekil 3.1: Eksen elemanı: <i>orta paralel</i> (AM) (IfK, 1998).....	39
Şekil 3.2: Eksen elemanı: <i>açıortay</i> (AW) (IfK, 1998)	39
Şekil 3.3: Eksen elemanı: <i>ara parça</i> (2 ve 4) (IfK, 1998).....	39
Şekil 3.4: TIN oluşturarak eksen üretme	40
Şekil 3.5: Douglas-Peucker algoritması.....	43
Şekil 3.6: Seçme işleminde ada alanının fonksiyonu.....	46
Şekil 3.7: Eksenlerden işaret oluşturma (s: işaret genişliği, α : kırılma açısı)	48
Şekil 3.8: Çift çizgili işaretlerde kavşaklara ortaya çıkan uyumsuzluklar	49
Şekil 3.9: Bina objelerinde kontur genelleştirmesi.....	50
Şekil 3.10: Kontur genelleştirmesinde en genel durum	51
Şekil 3.11: Eğrisel parçalarda kırılma açıları.....	53
Şekil 3.12: Eğrisel parçalarda kullanılan seçme kriterleri	53
Şekil 3.13: Kontur genelleştirmesinde iç avlular	54
Şekil 3.14: Birleştirmede uygulanan yöntemler.....	56
Şekil 3.15: Alansal hiyerarşinin öteleme ve birleştirmeye olumsuz etkisi	56
Şekil 3.16: Birleştirmede iç avlu oluşumu.....	57

Şekil 3.17: Şeritsel iç avlu oluşumu.....	58
Şekil 3.18: Birleştirme ve kontur genelleştirmesinin uygulanma sırası	58
Şekil 3.19: Geometrik-kavramsal birleştirmede ortaya çıkan uyumsuzluklar	59
Şekil 4.1: Uygulamada izlenen yol	64
Şekil 4.2: CHANGE'in yazılım bileşenleri	66
Şekil 4.3: Veri dönüştürme seçenekleri ve DCB	69
Şekil 4.4: DCB yazılımının çalışma biçimi	72
Şekil 4.5: Sundurmaların gösterimi ve bina objeleri	75
Şekil 4.6: Bina kenarlarında kullanılan eğri parçaları	75
Şekil 4.7: Diklik koşulu	79
Şekil 4.8: Yan nokta testi	79
Şekil 4.9: BUHOM yazılımı akış diyagramı.....	81
Şekil 4.10: BUHOM yazılımı çalışma prensibi	82
Şekil 4.11: BUSEL yazılımının çalışma biçimi.....	83
Şekil 4.12: "T" biçimi ve SSB yazılımının davranışı	84
Şekil 4.13: "+" biçimi ve SSB yazılımının davranışı	85
Şekil 4.14: Yol sınır objelerinin yapılandırılmasında akış diyagramı	86
Şekil 4.15: Komşu obje aranmasında sekiz komşu alt bölge.....	88
Şekil 4.16: Parça çizgiler	89
Şekil 4.17: FDP-INSPEKTOR yazılımı	90
Şekil 4.18: DIREKTOR yazılımı çalışma biçimi	91
Şekil 4.19: DIREKTOR yazılımı çalışma adımları	91
Şekil 4.20: Topolojik tutarsızlık türleri.....	93
Şekil 4.21: Uygulamada oluşturulan türetme modeller	95
Şekil 4.22: 0-50 m aralığında kenarlar için histogram.....	97
Şekil 4.23: 0-10 m aralığında kenarlar için histogram.....	97
Şekil 4.24: 0-500 m ² aralığında obje alanları için histogram.....	98
Şekil 4.25: 0-100 m ² aralığında obje alanları için histogram.....	98

1: 1000- 1:25 000 ÖLÇEK ARALIĞINDA BİNA ve YOL OBJELERİNİN SAYISAL ORTAMDA KARTOGRAFİK GENELLEŞTİRMESİ

ÖZET

Kartografyada sayısal tekniklerin yetmişli yılların başından itibaren hızla yaygınlaşmasına, son on yılda bilgisayar teknolojisindeki hızlı ilerlemelere rağmen, kartografyanın ana konularından biri olan genelleştirme alanında hala bilimsel ve uygulama açısından yeterli sayısal çözümlere ulaşamamıştır. Ancak söz konusu teknolojiler kartografya ve ilişkili diğer disiplinlerde veri toplama alanında önemli gelişmelere neden olmuştur. Özellikle son on yılda gelişmiş bir çok ülkede veri toplama aşamasının sonlarına gelinmiş, ülke bazında harita üreten kurumların elinde kapsamlı ve büyük sayısal veri tabanları oluşmuştur ve oluşmaya devam etmektedir. Söz konusu veri tabanları ağırlıklı olarak temel harita çözünürlüğünde, büyük ölçekli verileri kapsamaktadır. Daha küçük ölçekli çalışmalarda, veri toplamada tekrarlardan kaçınmak, aynı mekana ait farklı çözünürlükteki veri takımları arasında tutarlılığı sağlamak için mevcut verilerin genelleştirilerek kullanılması gerekmektedir.

Genelleştirmenin karmaşık ve öznel bir işlem olmasına rağmen birçok uzman tarafından dikkate değer çalışmalar yapılmıştır. Bu alanda Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsünde özellikle büyük ölçekli verilerin genelleştirilmesi alanında dünya çapında kabul gören çalışmalar yapılmış, bu çalışmalar sonucunda ortaya bina ve yol objelerini genelleştirebilen CHANGE adı verilen bir ürün çıkmıştır.

Bu tezin temel amacı Hannover Üniversitesi tarafından geliştirilen çözümleri ülkemiz şartlarında uygulamak ve geliştirmektir. Sayısal haritaları İstanbul Büyükşehir Belediyesince yapılmış, kentte rastlanan her tür yapılaşma karakterini yansıtan bir bölge uygulama bölgesi olarak seçilmiştir. Burada, yalnızca Hannover yaklaşımının ülkemiz koşullarında uygulanabilir olup olmadığının araştırılması değil, aynı zamanda daha da geliştirilmesi amaçlanmıştır, Hannover çözümü bu tez kapsamında geliştirilen yazılımlarla desteklenerek kapsamı genişletilmiştir. İnteraktif bileşeni olmayan Hannover yazılım sisteminin (CHANGE) bir CAD ve CBS sistemi (AutoCAD MAP) ile bütünleştirilmesi de bu çalışmada sağlanan önemli bir gelişmedir. Özellikle iki sistemin ilişkisinin sağlanmasında kullanılan DXF veri değişim standardı, çekirdek sistem olarak düşünülebilecek CHANGE sisteminin bir çok CAD ve CBS sistemi ile birlikte kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Sayısal verilerin genelleştirme öncesi ve sonrası, topolojik ve semantik olarak tutarlı ve yeterli grafik kaliteye sahip olması, genelleştirmenin kalitesi ve genelleştirme sonrası yapılacak CBS uygulamaları açısından önemlidir. Bu amaçla sunulan genelleştirme yaklaşımı, verilerin grafik kalitesini yükseltecek, topolojik ve semantik tutarlılığını sağlayacak yazılımlarla desteklenmiştir. Öte yandan CHANGE yazılımının daha verimli çalışmasını sağlamak amacıyla bölgelere ayırarak genelleştirme yaklaşımı da benimsenerek uygulanmıştır.

Sonuçta CHANGE yazılımı, AutoCAD MAP yazılımı ve bu tez kapsamında geliştirilmiş destek yazılımları, uygulamacı kurumlar için kararlı, kullanımı kolay bir bütün sistem oluşturmaktadır. Tez kapsamında yapılan uygulama ile bu sistemin uygulanabilir olduğu da kanıtlanmıştır.

GENERALISATION OF BUILDINGS AND ROADS IN SCALE RANGE 1: 1 000-1: 25 000

SUMMARY

Digital techniques have been widely used in cartography since the 70s, and a rapid development in computer technology has taken place in the last decade. In generalisation, however, which is one of the major topics of cartography, there is still no adequate solution in a scientific and/or practical sense. On the other hand, these new technologies have led to a rapid development in the field of data capture in cartography and related disciplines. In developed countries in particular, the era of data capture is almost complete. National Mapping Agencies have built large data bases that include mostly large-scale data, ie, in base map resolution. For applications in smaller scales, existing large-scale data should be used through digital generalisation, to avoid redundancies in data capture and to ensure consistency between different data sets that represent the same geographic area.

Although generalisation is a complex and subjective process, some important solutions to problems of generalisation have been developed. Prominent studies, which are recognised worldwide, have been undertaken at the Institute for Cartography of Hannover University, especially in the generalisation of large-scale data. Based on these studies, the CHANGE software product was developed, which is capable of processing building and road objects.

The main subject of this thesis is to apply and to expand the approach of Hanover to Turkish map data. For the case study digital large-scale maps produced by the mapping service of the Municipality of Metropolitan Istanbul were selected. These maps include almost all-possible settlement structures that can be seen in the city. Not only the possibility of applying the Hannover solution is investigated, but also the expansion of this approach. This latter aim is realised in the study through the development of substitute programs. A further innovation is the integration of CHANGE, which has no interactive component, with an interactive CAD-GIS system, namely AutoCAD MAP. Here, a universal data exchange standard, DXF, is used, which makes it possible to integrate CHANGE, the kernel system, with most of the CAD-GIS software. Consideration of the quality of generalisation and GIS applications after generalisation, the topological and semantic consistency, and adequate graphic quality of the digital data before and after generalisation are important issues. In order to meet these requirements, substituting programs developed for this study expand the approach proposed here. Moreover, a new approach, namely building generalisation in separate logical regions, is realised.

Finally, CHANGE, AutoCAD MAP and the substitute programs are components of an integrated system that can be used by National Mapping Agencies and similar institutions. Consideration of the case study of this thesis shows the evident applicability of this system.

1. GİRİŞ

Günümüzde sayısal ortamda genelleştirme, kartografyada önemli araştırma alanlarından biridir. Özellikle son on yılda kapsamlı sayısal veri tabanlarının tamamlanma aşamasına gelmesi, bu verilerin çok amaçlı kullanımını gündeme getirmiştir. Günümüzde ticari Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) hiç birinin çok amaçlı veri kullanımını sağlayacak genelleştirme fonksiyonlarını içermemesi, bu yöndeki araştırmalara ivme kazandırmaktadır.

Bu çalışma kapsamında büyük ölçekli topografik harita verilerinin genelleştirilmesi bina ve yol verileri bazında ele alınmaktadır. Bu amaçla Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsü (IfK) ile işbirliği yapılarak, ilgili enstitü tarafından geliştirilen çözümlerin ek yazılımlarla desteklenerek Türkiye koşullarında uygulanması konusu ele alınmıştır. IfK yetmişli yılların başından beri yoğun olarak büyük ölçekli sayısal verilerin genelleştirilmesi için yazılım geliştirme üzerinde çalışmaktadır. Bu bağlamda CHANGE isimli bir yazılım geliştirilmiştir.

Alman topografik haritaları temel alınarak geliştirilen CHANGE yazılımının, Türkiye koşullarında uygulanabilirliğinin araştırılmasının ilginç sonuçlar verebileceği düşünülebilir. Topografik sayısal veriler aynı ölçekte olsalar da veri karakteri, veri kalitesi ve kullanılan standartlar oldukça farklıdır.

Uygulama amacıyla yoğun olarak sayısal temel harita üreten kurumlardan İstanbul Büyükşehir Belediyesince (İBB) üretilen 1:1000 ölçekli sayısal topografik haritalar seçilmiştir. Yapılan ilk denemelerde verilerin kalite ve standart farklılıklarının sorunlar oluşturduğu ve bu sorunların ek yazılım geliştirilerek çözülmesi gerektiği belirlenmiştir. Bu bağlamda araştırmanın kapsamı daha da genişletilerek genelleştirme sonuçlarının kalitesini artırıcı yönde de ek yazılımlar geliştirilerek, harita üreticisi kurumlara örnek oluşturacak bir çalışma tarzı, bir sistem geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde kartografik genelleştirme konusundaki temel bilgiler, sayısal genelleştirmenin teorik temelleri, sayısal genelleştirme konusundaki son yapılan araştırmalar, yakın gelecekteki araştırmaların yönü verilmekte, üçüncü bölümde büyük ölçekli verilerde bina ve yol objelerinin genelleştirilmesi konusundaki

araştırmalar, geliştirilen çözümler, geliştirilen çözümlerde ortaya çıkan problemler, bazı problemler için çözüm önerileri yer almaktadır. Dördüncü bölümde İstanbul verileri üzerinde yapılan uygulama ve geliştirilen ek yazılımlar, veri kalitesi ve standartlara ilişkin tartışmalar, genelleştirme parametrelerinin belirlenmesi ve genelleştirme sonuçlarının değerlendirilmesi konuları işlenmektedir. Çalışmanın genel değerlendirmesi ve gelecekteki araştırmalar için öneriler, beşinci bölümde yer almaktadır.



2. KARTOGRAFİK GENELLEŞTİRME

2.1 Giriş

Kartografik genelleştirmeyi ana hatları ile açıklamadan önce konunun daha kolay anlaşılması açısından ilgili bazı temel kavramları açıklamak yararlı olacaktır.

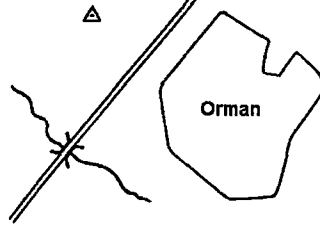
Yapım yöntemlerine göre haritalar “temel harita” ve “türetme harita” olarak adlandırılır. Temel harita, orijinal arazi ölçmelerinden ya da fotogrametrik değerlendirme yoluyla elde edilir. Türetme harita, daha büyük ölçekli haritalardan ve bölgeye ait başka bilgi kaynaklarından yararlanılarak üretilen haritadır. Türetme haritaya temel altlık oluşturan harita ise “kaynak harita” olarak adlandırılır. Kaynak haritalar olarak temel haritalar kullanılabilceği gibi, daha büyük ölçekli başka kaynak haritalardan elde edilmiş türetme haritalar da kullanılabilir.

Orijinal (yersel ya da fotogrametrik yöntemlerle) ölçmeler temel alınarak harita üretimi, büyük ölçeklerde (1:1000, 1:5000) ya da Türkiye’de uygulanmış olduğu gibi orta ölçeklerin en alt kesiminde (1:25000) mümkün olabilir. Harita kullanımının söz konusu olduğu sayısız alanda çok değişik ölçekte ve içerikte haritaya gereksinim duyulduğu açıktır. Bu haritaların üretimi için kartografya, tümü “kartografik genelleştirme” başlığı altında toplanan kendine özgü yöntemler geliştirmiştir. Kartografik genelleştirme günümüzde de kartografyanın en önemli araştırma konularından biridir.

2.1.1 Kartografik objeler ve konumsal özellikleri

Bir varlık gerçek dünyada var olan, genellikle somut bir elemandır. Bu varlığın kartografik gösterimi, kartografik obje olarak adlandırılır. Sayısal kartografik obje ise, bir varlığın sayısal bir depolama ortamında kartografik olarak gösterimidir (Cromley, 1992, s.17). Tez metninde kullanım kolaylığı açısından sayısal kartografik objeler (işaretler), kısaca obje diye anılacaktır.

Özellikle harita okunaklılığını artırmak için genelleştirmede geometrik doğruluğun sınırlanması, çeşitli objelerde farklı konumsal özelliklerin kullanılmasını gerektirir. Konumsal özellikler dört farklı gösterim biçimi ile tanımlanır.



Şekil 2.1: Konumsal özellikler (Hake ve Grünreich, 1994, s.117)

2.1.1.1 Ölçekli gösterim

Planimetre koruyan gösterim tarzı olarak da anılan bu gösterim tarzının büyük ölçekli haritalarda kullanımı zorunludur (Uçar, 1999). Kesikli alansal objeler sınır çizgileri ile, süreklilik özelliği olan objeler ise eşdeğerlik eğrileri (isoline) ile kesin ölçekli olarak gösterilebilir. Kartometrik çalışmaların (alan, uzunluk vb. ölçmeler) doğruluğu ölçme ve çizim doğruluğu ile sınırlıdır. Şekil 2.1’de orman sınırları ölçekli gösterime örnek olarak verilebilir.

2.1.1.2 Yaklaşık ölçekli gösterim

Planimetre benzeri gösterim olarak da adlandırılan bu gösterim tarzı en çok orta ölçekli haritalarda kullanılır. Yaklaşık ölçekli gösterimde çizgisel objelerin genişlikleri abartılır. Genel olarak çizgiler ve alan sınırları oldukça basitleştirilir. Ancak eşyükseklik eğrileri arazinin karakteri değişmeyecek şekilde basitleştirilirler. Kartometrik ölçmeler yeterli doğrulukta yapılabilir, ancak basitleştirmenin etkisi dikkate alınmalıdır. Örneğin Şekil 2.1’ de yol yaklaşık ölçekli olarak gösterilmiştir.

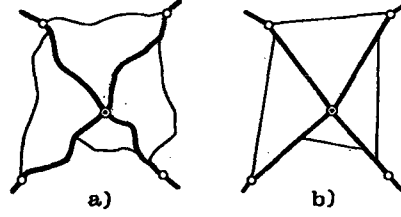
2.1.1.3 Konum koruyan gösterim

Konum koruyan gösterim büyük, küçük ve orta ölçekli haritalarda kullanılır. Ölçek küçüldükçe bazı objeler ölçekli olarak gösterilemediğinden, harita işaretleri¹ ile gösterilirler. Söz konusu işaretin merkezi objenin merkezini gösterir. Çizgisel objelerde ise haritada gösterilen çizgi gerçek objenin orta eksenini temsil etmektedir. Konum koruyan gösterimin özelliğine bağlı olarak kartometrik çalışmalarda elde edilen doğruluk sınırlıdır. Örneğin Şekil 2.1’ de nirengi noktası ve akarsu konum koruyan olarak gösterilmiştir.

¹ İngilizce kaynaklarda "symbol" ya da "symbolization" olarak kullanılan sözkonusu kavramlar, semiotik’de (işaret bilim) "sembol" kavramının belli özellikte bilgiler aktaran işaretler olarak tanımlanması nedeniyle tez kapsamında sembol ya da sembolleştirme yerine işaret ve işaretleştirme olarak türkçeleştirilmiştir.

2.1.1.4 Kaba konumlu gösterim

Konum koruyan gösterimde objenin merkezi ya da orta eksenini harita üzerinde doğru olarak gösterilirken, bölgesel gösterim olarak da adlandırılan kaba konumlu gösterimde ilgili objenin yalnızca yaklaşık coğrafi konumu gösterilir.



Şekil 2.2: Konum koruyan ve kaba konumlu gösterim (Hake ve Grünreich, 1994, s.118)

Burada aslında ölçek bakımından objenin konum koruyan olarak gösterilmesi çoğu kez mümkündür. Ancak obje, harita okunaklılığını kısıtlamamak için şematize ya da karikatürize edilerek gösterilir. Bu tür gösterimde kartometrik çalışma yapılamaz. Şekil 2.2' de konum koruyan gösterim (a) ve kaba konumlu gösterim (b) karşılaştırılmaktadır. Şekil 2.2-a'da yerleşim merkezleri ve yollar konum koruyan olarak, Şekil 2.2-b'de ise yerleşim merkezleri konum koruyan, yollar ise kaba konumlu olarak gösterilmektedir.

Diğer bir kaba konumlu gösterim biçiminde obje, coğrafi bir alana ait niceliktir ve konumu kesin olarak belirlenemez. Bu tür alansal yoğunluk haritalarında ya da kartogramlarda kartometrik çalışmalar ölçekli ya da yaklaşık ölçekli gösterilmiş olan ilişkili yüzey üzerinde veya kademeli işaretlere dayanarak yapılabilir. Şekil 2.3 ölçekli ya da yaklaşık ölçekli olarak gösterilmiş olan bölgelere ait niceliğin kaba konumlu olarak gösterildiği bir alansal yoğunluk haritası örneğidir.



Şekil 2.3: Alansal yoğunluk haritası (Hake ve Grünreich, 1994, s.118)

2.2 Genelleştirme Kavramı

Genelleştirme kartografyanın ana konularından biridir. Klasik anlamda kartografik genelleştirme, üretim haritaların elde edilmesi sırasında ortaya çıkan bilgi karmaşıklığının azaltılması, önemsiz bilgilerin atılması, harita objeleri arasındaki belirgin mantıksal ilişkilerin ve estetik kalitenin korunması işlemlerinin bileşkesi olarak tanımlanabilir. Genelleştirmede temel amaç grafik netliği çok iyi olan haritalar üretmek haritanın görünümünün ve aktarılacak istenen bilginin kolayca anlaşılmasını sağlamaktır (Bildirci ve Uçar, 1996).

Kartografya alanında yazılmış bir çok eserde değişik genelleştirme tanımları verilmektedir. Yetmişli yılların başından itibaren sayısal tekniklerin kartografyada kullanılmaya başlanmasının ardından genelleştirme konusundaki tanımlar da sayısal ve klasik genelleştirme tanımları olarak ayrılmaya başlamıştır.

Ünlü Alman ansiklopedisi Brokhaus kartografik genelleştirme için aşağıdaki tanımları vermektedir (Brassel, 1990a):

“Bir haritanın içeriğinin geometrik konum, nesne sayısı ve gösterim biçimi bakımından yeni bir harita tasarımı için değiştirilmesi işlemidir. Genelleştirme en sık büyük ölçeklerden küçük ölçeklere geçilmesinde uygulanır. Bu tür geçişler sonucunda ölçekli gösterim, basitleştirme, birleştirme ve öteleme işlemleri sonucu artık aynen korunamaz, yaklaşık ölçekli gösterime (genişliği abartılmış yollar) ya da işaretlerle gösterime (işaretle gösterilen yerleşim merkezleri) dönüşür. Arazi gösteriminde ise, küçük ayrıntıların gösterilmesinden büyük biçimlerin sınırlandırılmasına geçilir. Genelleştirme nicelik olarak anlamlı bir seçimden, nitelik olarak gösterilmesi gereken nesnelerin anlamlı bir vurgulamasından oluşur.”

Bir ansiklopedi için oldukça kapsamlı olan bu tanımda genelleştirmenin ölçekle ilişkisi vurgulanarak, genelleştirmenin kısa bir analizi yapılmaktadır. Bu tanımdan genelleştirmenin ana bileşenlerinin ya da temel işlemlerinin basitleştirme, birleştirme, öteleme, seçme ve vurgulama olarak ayrımı yapılmakta ve bu bileşenlerin etkileri üzerinde durulmaktadır.

Brassel (1990a) in tanımı,

“Her harita bir basitleştirme, anlamlı bir görünüm, insanlar tarafından hazırlanmış bir abstraksiyon (özetleme), yeryüzü gerçekliğinin bir modelidir. Bir haritanın basitleştirme işlemi kartografik genelleştirme olarak tanımlanır. ... Ancak genelleştirme yalnızca kartografyaya ilişkin bir problem değildir. Genelleştirme, günlük hayatın da tam merkezinde yer alan bir davranıştır.”

biçimindedir. Bu tanımdan haritaların model özelliği üzerinde durulmaktadır. Harita yeryüzü gerçekliğinin bire bir modeli olmadığından basitleştirme zorunludur. Söz konusu kaynakta genelleştirmenin gerçekte günlük hayatın bir parçası olduğu vurgulanmaktadır. İlgili kaynakta genelleştirmenin iletişim teorisine dayalı kapsamlı bir analizi de verilmektedir. Genelleştirme ve iletişim teorisi ilişkisi **Knöpflı (1985)** ve **Knöpflı (1990)** tarafından da incelenmiştir.

Neumann (1973) genelleştirmeyi kısaca,

“Kartografik genelleştirme, bir temel haritanın kartografik ifadesinin, bir türetme harita için algılanabilir karakteri bozulmamış bir indirgesidir.”

şeklinde tanımlamıştır (**Brassel, 1990a**). Bu tanımdaki algılanabilir ifadesinin genelleştirmenin kartografik görselleştirme ile ilişkisi bakımından altını çizmek gerekir.

Hake ve Grünreich (1994, s.110) genelleştirmeyi,

“Çeşitli meslek dallarında doğayı tanımlamak için kullanılan tüm modellerin en önemli ortak özelliği objelerin doğasına göre objeler hakkındaki bilgilerin az ya da çok genelleştirilme derecesidir. Kartografyada genelleştirmenin gereği aşağıdaki düşüncelere dayanır: Temel haritalarda bile doğaya göre önemli derecede küçültme söz konusudur ve bu nedenle toplanacak verilerde ölçeğe uygun bir genelleştirme derecesi gerekir.”

biçiminde tanımlamışlardır. Burada da yukarıda sözü edilen model kavramından hareketle kartografik genelleştirme tanımlanarak ölçek-genelleştirme ilişkisi vurgulanmaktadır.

Robinson ve diğ. (1995, s.450) ise,

“... Bir yandan küçültme sayesinde olayların ve nesnelerin coğrafi yapısını algılamak kolaylaşır, öte yandan artan karmaşıklık ve kalabalıklaşma görsel karmaşayı artırır. Bu istenmeyen etkileri gidermek için coğrafi objelerin yararına bazı işlemler yapmak zorundayız. Bunlardan bir tanesi kendimizi haritanın amacına hizmet eden bilgi ile sınırlamaktır. Bu işlemi seçme olarak adlandırırız. Diğeri ise seçilen objelerin gösterimini harita ölçeğine ve etkin iletişimin gereklerine uydurmaktır. Bunu da genelleştirme olarak adlandırırız.”

tanımını vermektedir.

Bu tanımdan “seçme” işleminin genelleştirmeden önce uygulanan ayrı bir işlem olarak yorumlandığı anlaşılmaktadır. Bu yaklaşım **Robinson ve diğ. (1995)** e özgü

bir yaklaşım olup, diğere bir çok kaynakta seçme, genelleştirmenin bir bileşeni olarak kabul edilir.

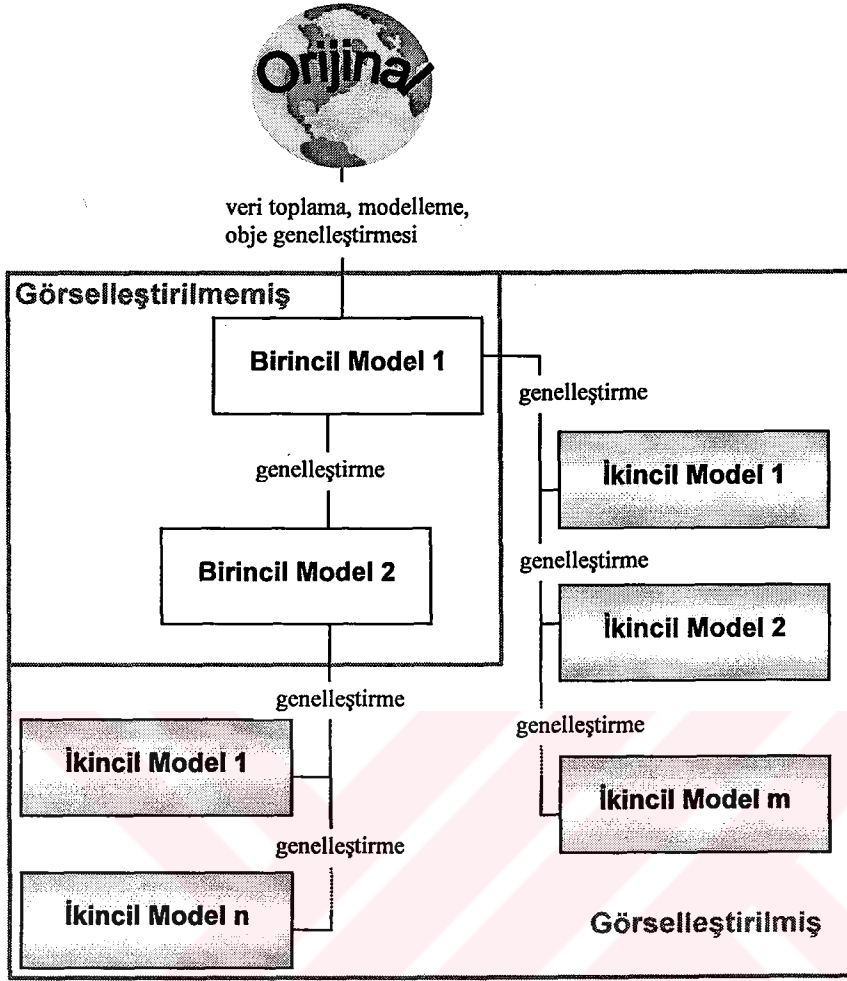
2.3 Kartografyada Model Teorisi

Sayısal kartografyada üç aşamalı bir model teorisi kullanılmaktadır. Haritası yapılacak arazi parçası ya da gerçek dünyanın problemle ilgili kesiti olarak tanımlanabilecek orijinal, ilk olarak birincil modele dönüştürülür. Birincil model gerçek dünyanın modellenmesi (seçme ve sınıflandırma) sonucu elde edilir. Kartografyada birincil model “Topografik Arazi Modeli”² olarak da tanımlanır. Topografik arazi modeli kavramı, hem yükseklik hem de detay bilgilerini içerdiğinden sayısal arazi modeli ya da sayısal yükseklik modeli kavramlarından farklıdır. Bilgi sistemlerinde ise birincil model veri analizi amaçlı kullanılan görselleştirilmemiş CBS veri modelidir. İkincil modeller verilerin çeşitli amaçlarla görselleştirilmesi için birincil modellerden türetilirler. Birincil modelden istenildiği kadar ikincil model türetilir (Bill 1996).

Kartografyada ikincil modeller “Kartografik Arazi Modeli” ya da kısaca “Kartografik Model” olarak adlandırılırlar. Kartografik modeller, hem analog hem de sayısal biçimde olabilir. Başka bir deyişle, klasik kartografyada herhangi bir altlık üzerinde yer alan harita, bir kartografik model olarak yorumlanır. Bu noktada klasik kartografyada birincil model gibi bir kavramın olmadığı sonucu çıkmaktadır. İkincil modellerin kartografik model olarak nitelendirilebilmesi için, kartografik tasarım ilkelerine uyulmuş, kartografik iletişim gerekleri yerine getirilmiş olmalıdır. Bilgi sistemlerinde, birincil modelden herhangi bir sorgulama sonucu türetilmiş tematik veri modeli de ikincil bir modeldir, ancak her zaman kartografik model olarak nitelenemez (Şekil 2.4).

İkincil modelin son kullanıcı tarafından yorumlanması ile gerçek dünyaya ilişkin bilgi aktarımı sona ermiş olur. Bu noktada kullanıcı belleğinde de bir model oluştuğu söylenebilir. Bazı uzmanlar bu modeli “Üçüncül Model” (Grünreich, 1995; Vickus, 1992) ya da “Zihinsel Harita” (Mental Map) (Kraak ve Ormeling, 1996) olarak yorumlayarak kartografik model teorisini genişletmişlerdir.

² İngilizce kaynaklarda: Digital Landscape Model ya da kısaca DLM



Şekil 2.4: Orijinalden birincil ve ikincil modellere geçiş

2.4 Genelleştirmenin Çeşitleri ve Temel İşlemleri

Genelleştirme teorisi kartografya konusundaki iki temel eserde (**Robinson ve diğ., 1995; Hake ve Grünreich, 1994**) kısmen farklı olarak ele alınmıştır. Bu başlık altında her iki yaklaşım da verilecektir.

Genelleştirmeyi uygulama alanlarına ve genelleştirilecek objenin özelliklerine göre iki değişik şekilde sınıflandırmak mümkündür. Uygulama alanları bakımından genelleştirme **Hake ve Grünreich (1994, s.110)** e göre ikiye ayrılır:

- **Objeye Genelleştirme** araziden veri toplama aşamasında ya da birincil model oluşturulması sırasında uygulanır. Burada “Veri Toplama Genelleştirme”³ ve “Model Genelleştirme” kavramları ortaya çıkmaktadır.

³ Almanca kaynakta: Erfassungsgeneralisierung

- Veri toplama genelleştirilmesi ilgili teknik adamın (topograf, jeolog, vb.) ve/veya kartografin görevidir. Toplanan verilerin doğasına uygun olarak doğruluğa ve kapsama göre gerçek dünya (çevre) bir analog modele (temel harita) veya bir sayısal modele (obje modeli ya da birincil model) dönüştürülür. Bu aşamada ölçme tekniği bakımından basitleştirmeler (örneğin, küçük bina çıkıntılarının ihmal edilmesi, bir direğin yalnızca merkezinin alınmasının yapılması vb.), ilgili konuya göre obje sınıflarının oluşturulması (örneğin, toprak sınıfları), istatistiksel verilerin hazırlanması vb. işlemler söz konusudur.
- Objelerinin⁴ değerlendirilmesi anlamında model genelleştirilmesi veri toplama genelleştirilmesi ile karşılaştırılabilir. Ancak bu işlem objenin kendisi ile değil daha düşük çözünürlükte bir obje modelinin türetileceği obje modeli ile ilişkilidir.
- Kartografik Genelleştirme sonucu türetme haritalar ya da sayısal kartografik modeller elde edilir. Kartografik genelleştirme esas olarak kartografin görevidir ve bu nedenle daha dar anlamda “genelleştirme” olarak da tanımlanabilir. Türetme harita, tanımı gereği daha büyük ölçekli bir harita temel alarak elde edilir. Türetme harita yapımı, klasik kartografyada günümüze kadar genelleştirmenin standart uygulamasını oluşturmuştur. Sayısal kartografik model, obje modelinden elde edilir ve grafik gösterim sınırlamaları nedeniyle genelleştirme ile ilişkilidir. Bu noktada kartografik modelin obje modelinden elde edilmesinde, model genelleştirilmesi uygulanır.

Kartografyada mekansal olarak belirli en az bir tanımlayıcı bilgiye (öznitelik) sahip bütün objeler hakkında bilgi iletimi mümkündür. **Hake ve Grünreich (1994, s.110)** e göre bu anlamda bir objeye ait geometrik (mekansal, konumsal), kavramsal (semantik, anlamsal) ve zamansal olmak üzere üç tür tanımsal bilgi ya da veri söz konusudur. Bu ön bilgiler ışığında obje ile ilişkisi bakımından genelleştirme geometrik, kavramsal ve zamansal genelleştirme olarak üçe ayrılır. Daha çok Alman yaklaşımı olarak da nitelendirilebilecek bu tanımların bir birleriyle ilişkileri Tablo 2.1’de açıklanmaktadır. Geometrik ve kavramsal genelleştirme terimleri genelleştirme konusunda çalışan akademik çevrelerde yaygın olarak kabul edilmiştir. Bu bağlamda Alman yaklaşımında bağımsız olarak tanımlanan zamansal genelleştirme genel olarak kavramsal genelleştirme kapsamına alınmaktadır. Zamansal genelleştirme konusu **Monmonier (1996)** tarafından da kapsamlı olarak incelenmiştir.

⁴ Alman ATKIS sisteminde obje modeli, model teorisi konusunda tanımlanan birincil modele karşılık gelmektedir.

Obje ile ilişkili üç tür genelleştirmede uygulanan işlemler genelleştirmenin objeye bağlı temel işlemleri ya da genelleştirme operatörleri olarak adlandırılır. Söz konusu işlemler genelleştirmenin bileşenleri olarak da düşünülebilir. Temel işlemler değişik yazarlar tarafından değişik şekilde sınıflandırılmıştır. Alman yaklaşımında yedi temel işlem söz konusudur (Hake ve Grünreich, 1994, s.112). Bu işlemler Tablo 2.2’de geometrik ve kavramsal genelleştirme ile ilişkili ve görsel olarak verilmektedir.



















Temel işlemler tanımlandıktan sonra geometrik ve kavramsal genelleştirme kavramlarını biraz daha açmak yararlı olacaktır. Mekansal verinin genelleştirilmesi klasik harita üretiminde grafik genelleştirme olarak da adlandırılır. Grafik veri işleme teknikleri ile çalışılması durumunda sayısal genelleştirme olarak da nitelendirilebilir. Geometrik genelleştirmede tüm temel işlemler uygulanır.

Tablo 2.1: Genelleştirmenin çeşitleri ve etkileri (Hake ve Grünreich, 1994, s.111)

Genelleştirme fonksiyonu	Obje Genelleştirme		Kartografik Genelleştirme		
	Veri Toplama Genelleştirme (Yeryüzünden Modele)		Model Genelleştirme (Modelden Modele)		
Bilginin Çeşidi	Y>AM (TH)	Y>SM (M. Verileri)	SM>SM (OM>OM)	SM>SM>AM (OM>KM>H)	AM>AM (KH>TH)
Geometrik Genelleştirme (Mekansal ilişkinin Genelleştirilmesi)	Kapsama ve doğruluğa etki Ölçme ve kayıt verileri		Kısıtlamalar Geometrik Kaynak Modelde Geometrik ve grafik Kay. haritada		
Semantik Genelleştirme (Kavramsal Genelleştirme)	Nitel Genelleştirme: Objelerin sınıflarının oluşturulması ve düzenlenmesi				
	Dengeli ayrıntı		Daha az ayrıntı Grafığe bağlı kısıtlama		
Zamansal Genelleştirme (Zamansal ilişkinin genelleştirilmesi)	Nisel Genelleştirme: Toplam ya da ortalamaların oluşturulması				
	Dengeli ayrıntı		Sayısal değerlerin yuvarlatılması, atılması Grafığe bağlı kısıtlama		
Zamansal Genelleştirme (Zamansal ilişkinin genelleştirilmesi)	Veri toplama aşamalarında zamansal ilişki: tematik verilerin tarihleri ve aralıkları				
Kısaltmalar:	Dengeli olarak doğru		Kaba ve seçilmiş değerler		
	Y	: Yeryüzü	SM	: Sayısal Model	
	AM	: Analog Model	OM	: Objelerin Modeli	
	KM	: Kartografik Model	KH	: Kaynak Harita	
	M	: Model	TH	: Temel Harita	

Dışarıdan yöneltilmiş mekansal ilişkinin tersine kavramsal ilişki objenin kendisi ile ilgili bilgileri kapsar (temel özellikler, öznelilikler, tanımlayıcı veriler). Burada objenin cinsine bağlı olarak kavramsal açıdan temel anlamı ve gerekli ise miktarı söz konusudur. Nitelik bir objenin sınıfının belirlenmesi ve kendine özgü adlandırması yoluyla objenin cinsini, özelliğini, tanımını ifade eden bilgidir. Nitelik “oradaki nedir?” sorusunun cevabını ifade eder. Nicelik ise sayılarla ifade edilen miktar, değer, yoğunluk, büyüklük gibi bir bilgidir ve “orada ne kadar var” sorusunun cevabını ifade eder. Bu bilgiye göre kavramsal genelleştirme, nicel ve nitel genelleştirme olarak ikiye ayrılır. Nitel genelleştirmede temel işlemlerden geometrik birleştirme, seçme ve sınıflandırma ön plana çıkar. Nicel genelleştirme öncelikle tematik haritaların genelleştirilmesinde ortaya çıkar. Burada özellikle basitleştirme, geometrik birleştirme, seçme ve sınıflandırma söz konusudur (Hake ve Grünreich, 1994, s.112).

Tablo 2.2: Genelleştirmede temel işlemler (Hake ve Grünreich, 1994, s.112)

Temel İşlem	Gösterim		
	Kaynak Harita	Türetme Harita	
	Ölçek		
	Kaynak Harita	Türetme Harita	
Yalın Geometrik Genelleştirme			
1. Basitleştirme			-
2. Abartma (öncelikle genişletme)			==
3. Öteleme (abartmanın sonucu)			≠
Geometrik- Kavramsal Genelleştirme			
4. Geometrik birleştirme			
5. Seçme (eleme)			
6. Sınıflandırma (Kavramsal Birleştirme) (işaretleştirme ile birlikte)			
7. Vurgulama			

Diğer bir Alman uzman, Kowanda (1991) genelleştirmenin temel işlemlerini daha kapsamlı incelemiş altı ana işlem tanımlamıştır. Her bir ana işlemin alt işlemleri de söz konusudur. Kowanda, bu işlemleri sayısal kartografik modellerin genelleştirilmesi kapsamında tasarlamış olup, sayısal genelleştirme literatüründeki en

ayrıntılı sınıflandırmayı geliştirmiştir. Kowanda genelleştirmenin temel işlemlerini aşağıdaki gibi vermektedir:

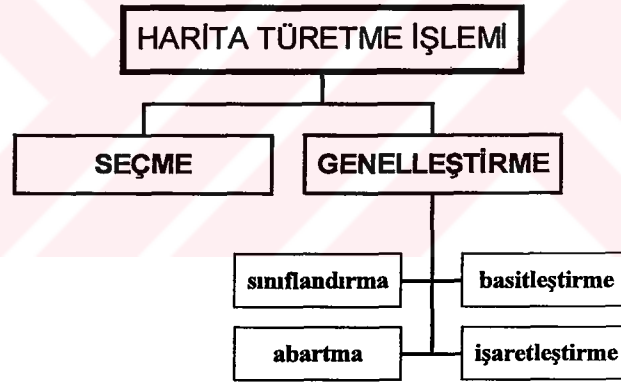
- 1) Seçme
 - a) Şartsız seçme: türetme ölçekte gösterilmeyecek obje sınıflarının silinmesi,
 - b) Uzunluk kriterine göre seçme: uzunlukları tanımlı bir sınır değerin altında kalan objelerin silinmesi (elimine edilmesi),
 - c) Alan kriterine göre seçme: alanları tanımlı bir sınır değerin altında kalan objelerin silinmesi,
 - d) Nitelik kriterlerine göre seçme: öznelik değerleri tanımlı bir sınır değerin altında kalan objelerin silinmesi,
 - e) Grafik kriterlere göre seçme: rasgele dağılmış noktasal objelerin seyreltilmesi,
 - f) Topolojik kriterlere göre seçme: topolojisi aykırı objelerin atılması,
- 2) Geometrik basitleştirme
 - a) Çizgi basitleştirmesi: çizgisel objelerde obje karakterini koruyacak şekilde nokta sayısının azaltılması,
 - b) Çizgi yumuşatma: çizgisel objelerinin okunaklılığını artırmak, estetik açıdan görünümlerini iyileştirmek için uygulanan işlemler,
 - c) Abartma: genişletme ya da genişleterek vurgulama,
- 3) Nitel genelleştirme (sınıflandırma)
 - a) Şartsız sınıflandırma: iki ya da daha çok obje sınıfının kavramsal olarak tek bir sınıfta birleştirilmesi,
 - b) Şartlı sınıflandırma: yalnızca öznelikleri tanımlı bir değerden küçük olan objeler yeni bir sınıfa alınması.
- 4) Gösterim değişikliği (işaretleştirme)
 - a) Şartsız gösterim değişikliği: ölçekli gösterimden, işaret ile gösterime geçiş,
 - b) Şartlı gösterim değişikliği: belli obje kriterlerine göre ölçekli gösterimden, işaret ile gösterime geçiş,
- 5) Grafik birleştirme: aralarındaki uzaklık tanımlı bir sınır değerin (örneğin grafik limitler) altında kalan komşu alansal objelerin birleştirilmesi,
- 6) Öteleme: abartma sonucu oluşan gösterim uyuşumsuzluklarının giderilmesi (örneğin yol genişliklerinin abartılması sonucu yollarla komşu bina objeleri arasında oluşan çakışmalar).

Genelleştirme teorisine Amerikan yaklaşımı olarak da nitelendirebileceğimiz ve İngilizce kartografya literatüründe temel eserlerden biri olan **Robinson ve diğ. (1995)**, yukarıda verilen temel işlemleri kısmen farklı yorumlamaktadır. Bu yaklaşımda seçme, genelleştirmeden önce uygulanan ayrı bir işlem olarak düşünülür. Genelleştirmenin temel işlemleri sınıflandırma, basitleştirme, abartma ve

işaretleştirme olarak dörde ayrılmıştır. Söz konusu yaklaşım Şekil 2.5’de şematik olarak özetlenmiştir.

Temel işlemlerin adlandırılmaları ve sınıflandırılmaları konusunda genelleştirme literatüründe çok farklı yaklaşımlar vardır. Yine Amerikalı bir uzman olan **McMaster (1991)** değişik uzmanlar tarafından önerilen sayısal genelleştirme modellerini incelerken temel işlemler konusundaki ayrımları da vermektedir.

Genelleştirme literatüründeki bu farklı yaklaşımlara değinen ve küçük ölçekli uygulamalar yapan (1:2 M – 1:30 M) **Richardson (1988)** bu işlemlerden en önemlilerinin seçme, birleştirme, öteleme ve basitleştirme olduğunu ifade etmektedir. Temel işlemlerin ayrımındaki farklılıklar genelleştirmenin yapıldığı ölçek aralığına ve sayısal tekniklerin uygulanıp uygulanmadığına göre değişmektedir. **Hake ve Grünreich (1994)** genelleştirmeyi büyük ölçek aralığından başlayarak (1:1000 ve daha küçük ölçeklerde, bkz Tablo 2.3) incelemeleri nedeniyle, **Robinson ve diğ. (1995)** e göre daha detaylı bir ayırım yapmışlardır. **Kowanda (1991)** ise genelleştirmeyi hem büyük ölçeklerden başlayarak hem de sayısal tekniklerin kullanılması durumunda incelemiş ve çok kapsamlı bir ayırıma gitmiştir.



Şekil 2.5: Genelleştirmede Amerikan yaklaşımı

2.5 Genelleştirmeyi Etkileyen Faktörler

Genelleştirmeyi etkileyen faktörlerin ya da genelleştirmenin kısıtlamalarının en önemlisinin ölçek olduğu düşüncesinde bir çok uzman birleşmektedir. Ölçek dışında da genelleştirmeyi etkileyen faktörler vardır. **Hake ve Grünreich (1994, s.110)** konuya harita tasarım ilkelerinden yaklaşmaktadır. Ölçek küçülmesi sonucu oluşan karmaşıklığı gidermek için iki kısıtlama söz konusudur:

- Okunabilirlik ilkesine uyulursa, obje büyütülmek zorundadır. Objenin büyütülmesinin anlamı ölçeksiz gösterilmesidir. Bu durumda geometrik doğruluk

ilkesi zedelenmiş olur (planimetre benzeri ya da ölçekli gösterimden yaklaşık ölçekli gösterime geçiş).

- Objenin gösteriminden vazgeçilirse, eksiksiz bilgi aktarma ilkesi zedelenmiş olur. Bu bağlamda objenin gösterilmemesi, objenin ilgili amaç için göz ardı edilebilmesi ya da gösterim için yer kalmaması ile gerekçelendirilir.

Robinson ve diğ. (1995, s.458) ise genelleştirmeyi etkileyen faktörleri aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- Haritanın amacı ve kullanım koşulları
- Ölçek
- Veri niteliği ve niceliği
- Grafik limitler

2.5.1 Haritanın amacı

Haritanın amacı, harita üzerinde gösterilecek obje sınıflarını doğrudan etkiler. Örneğin topografik haritalarda arazi gösterimi önemli iken, tematik haritaların çoğunda son derece önemsiz olup tesviye eğrileri ya da yükseklik kademeleri (katmanları) tamamen elimine edilmiştir.

2.5.2 Ölçek kavramı

Genel anlamda ölçek, harita üzerindeki uzunluğun, yeryüzünde bu uzunluğa karşılık gelen uzunluğa oranı olarak tanımlanır. Ölçek kavramını genelleştirmeyi etkileyen en önemli faktör olması nedeniyle daha kapsamlı olarak incelemek yararlı olacaktır. Ölçek, harita üzerinde objelerin nasıl gösterileceğini doğrudan etkiler. Haritalar, harita üreten ya da kullanan bilim dallarında (kartografya, jeodezi, jeoloji vb.) ölçeklere göre sınıflandırılır. Bu kapsamda haritalar ölçeklerine göre üç grupta toplanmaktadır:

- Büyük ölçekli haritalar
- Orta ölçekli haritalar
- Küçük ölçekli haritalar

Kartografya ve ilişkili diğer bilim dalları konusundaki kaynaklarda, yukarıdaki ayırım yaygın olarak kabul edilmesine rağmen bu sınıfların sayısal olarak birbirinden ayırımı konusunda farklı öneriler yapılmaktadır. Bazı uzmanlarca önerilen ve bu tezde esas alınan sayısal sınıflandırmalar Tablo 2.3'de verilmiştir. Tez kapsamında esas alınan sınıflandırmada Türkiye topografik harita takımlarının ölçekleri ve üretim şekilleri göz önüne alınmıştır. Türkiye'de 1:25000 ve daha büyük ölçekli harita takımları temel harita olarak üretilmektedir. Genelleştirmenin 1:25000 ölçeğinden itibaren başlaması nedeniyle büyük ölçekli haritalar için sınır değer olarak 1:25000

ölçeği seçilmiştir. Türk topografik harita takımları Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilmekte olup, çeşitli kaynaklarda daha ayrıntılı bilgiler bulunabilir (örneğin **Bank, 1998**).

Tablo 2.3: Haritaların ölçeklerine göre ayrımı

Ölçekler	Robinson ve diğ. 1995	Hake ve Grünreich 1994	Özgen 1984	Tez
Büyük	1:50000 den büyük	1:10000 den büyük	1:1000-1:100000	1:25000 den büyük
Orta	1:50000–1:500 000	1:10000–1:300000	1:100000–1:500000	1:25000– 1:250000
Küçük	1:500000 den küçük	1:300000 den küçük	1:500000 den küçük	1:250000 den küçük

Ölçek değişiminin harita tasarımına etkisi, başka bir deyişle kartografik objelerin ya da olayların harita yoluyla görselleştirilmelerine etkisi **Töpfer (1974)** tarafından çok kapsamlı olarak incelenmiştir. Töpfer aynı bölgeye ait değişik ölçekli haritalar üzerinde yaptığı analizler sonucunda harita üzerinde gösterilen objelerin ölçeğe göre değişimini açıklayan genelleştirme kuralı olarak da yorumlanabilecek ampirik formüller de geliştirmiştir (bkz. 2.6.2.2).

2.5.3 Veri niteliği

Genelleştirmenin hammaddesi olarak düşünülebilecek verilerin nitelik ve nicelikleri de genelleştirmede önemli rol oynar. Veri kalitesi genelleştirme sonuçlarını hem geometrik doğruluk hem de öznelik doğruluğu açısından etkiler. Kaynak verilerin niteliği ne kadar iyi ise türetme verilerin niteliği de aynı derecede iyidir. Veri niteliği ya da veri kalitesi dört bileşenden oluşur (**Müller, 1991**):

1. Mekansal (konumsal) doğruluk
2. Semantik doğruluk (öznelik doğruluğu)
3. Tutarlılık
4. Bütünlük

2.5.4 Grafik gösterim sınırları

Grafik gösterim sınırları ya da grafik limitler ilgili ölçekte ve ilgili altlıkta (kağıt, ekran, projeksiyon, vb.) gösterilebilecek en küçük alansal ve çizgisel obje boyutlarıdır. Büyük ölçekli harita yapımında bile gösterilemeyecek derecede küçük objelerle, örneğin binalarla karşılaşılır. Bu nedenle bina genelleştirmesinde grafik limitler önemli rol oynar. Örneğin Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliğinde “5 m² den küçük binalar gösterilmez” hükmü vardır (**HKMO, 1998, Md.155**). Bu hükmü temel harita yapımında uygulanan obje genelleştirmesi açısından bir genelleştirme kuralı olarak yorumlamak mümkündür. Benzer şekilde 1:5000 ölçekli Alman temel haritalarının yapım yönetmeliğinde “anlaşılır derecede grafik gösterimi

mümkün olan ve 15 m² den büyük binalar gösterilir“ hükmü yer almaktadır (AdV, 1983, s.61).








Grafik limitler 1:25000 ve daha küçük ölçekli haritalarda daha çok objenin işaretlenmesinden ve yerleşim birimlerinin daha fazla genelleştirilme zorunluluğundan dolayı daha önemli rol oynamaya başlar. 1:25000 ölçekli Alman topografik haritaları için kabul edilmiş standartlar Tablo 2.4’de görülmektedir. **Feldmann (1990)** hem noktasal hem de çizgisel objeler için grafik limitler önermektedir (Tablo 2.5). Tabloda renkli çizgiler için görsel olarak siyah çizgiler kadar kolay algılanamadıkları için daha farklı bir çizgi kalınlığı verilmiştir. Söz konusu değerler genel anlamda İsviçre standartlarını yansıtmaktadır.

Tablo 2.4: Alman topografik haritaları (1:25000) için grafik limitler (AdV, 1981, s.11)

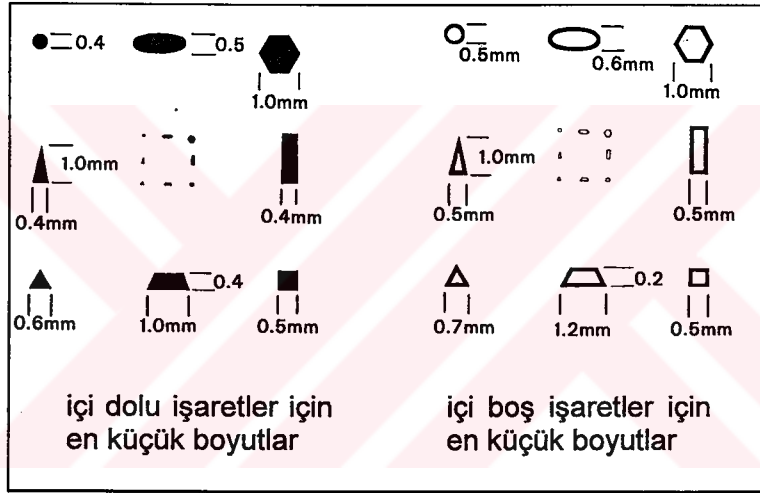
Konu	Gösterim (ölçüler mm)
Karesel bina	0.4 x 0.4
Dikdörtgen şeklinde bina	0.5 x 0.3
Binalarda girinti ve çıkıntılar	0.3 X 0.3
Binalar ve diğer çizgisel objeler arasında en küçük uzaklık	0.2

Bina genelleştirmesi ile ilgili araştırmasında **Spiess (1990)** harita işaretleri için, özellikle binaların işaretle gösterimi kapsamında normal gözle algılanabilir en küçük işaret boyutlarını incelemiştir. Yazar tarafından önerilen en küçük işaret boyutları, orijinal boyutlarıyla ve abartılarak, ölçüleriyle birlikte Şekil 2.6’da görülmektedir. Bilindiği gibi büyüklük, altı grafik değişkenden biridir. Büyüklük değişkeni harita yoluyla bilgi iletiminde önemli rol oynar (Grafik değişkenler için bkz. **Hake ve Grünreich (1994)**, s.91).

Tablo 2.5: **Feldmann (1990)** tarafından önerilen grafik limitler

İşaret (10 kez büyütülmüş)	En küçük boyut (mm)	Eleman
	0.05	Siyah çizgi
	0.08	Renkli çizgi
	0.20	Çizgiler arası uzaklık
	0.20	Alansal elemanlar arası uzaklık
	0.35	Karenin bir kenarı
	0.30	Dolu daire çapı (nokta)
	0.50	Boş daire çapı

Çeşitli uzmanlarca önerilen grafik limitler ofset baskı tekniği ile kağıt üzerinde üretilecek haritalar baz alınarak oluşturulmuştur. Ofset baskı yöntemi ile çoğaltılmayacak, çizici vb. gibi aygıtlarla kağıda aktarılacak haritalarda ilgili aygıtın çözünürlüğü göz önüne alınmalıdır. Renkli ya da renksiz lazer yazıcılar dışındaki yazıcı ve çizicilerle yukarıda verilen grafik limitleri sağlayacak şekilde harita çıktısı alınması genel olarak mümkün olmaz. Örneğin 600 dpi çözünürlükteki bir lazer yazıcıda kağıda aktarılabilecek en küçük dairenin yarıçapı yaklaşık 0.04 mm'dir. Bu çözünürlük genel olarak ofset baskıdan bile daha iyidir. Buna karşın mürekkep püskürtmeli yazıcılarda 300 dpi çözünürlükte söz konusu değer 0.08 mm olacaktır. Ancak renkli çıktılarda çözünürlük 150 dpi'a kadar düşebilir. Bu tür yazıcı ve çizicilerdeki diğer bir sorun kullanılacak altlığın (kağıt ya da film) mürekkep dağıtmasından dolayı çizim kalitesini çok fazla etkilemesidir. Yukarıda verilen çözünürlükler üreticiler tarafından tavsiye edilen kaliteli altlıklarda elde edilebilirler.



Şekil 2.6: En küçük işaret büyüklükleri (Spiess, 1990)

Ekran haritaları, başka bir deyişle bilgisayar ekranında sunulacak, kağıda aktarılmayacak haritalarda grafik limitler farklı ve genel olarak daha büyüktür. **Töpfer (1992)** grafik verilerin ekranda sunumu konusunu incelemiştir. Bu araştırmaya göre en küçük yazı boyutu bir pikselin boyutunun yaklaşık on katı olmalıdır. Örneğin bir piksel boyutu 0.3 mm ise en küçük yazı yüksekliği 3 mm olmalıdır. En küçük piksel boyutu kullanılan ekranın fiziksel boyutu ve çözünürlüğü ile ilişkilidir. Basılmış haritalarla yapılan karşılaştırmalarda kağıt üzerinde 1.5 mm yüksekliğindeki yazıların kolayca okunduğu kabul edilerek, bunun ekranda okunabilmesi için yaklaşık iki kat daha büyük olması gerektiği sonucuna varılmaktadır. Yazı yükseklikleri için verilen kriterler, işaret yükseklikleri için de geçerlidir. Benzer bir araştırma yapan **Spiess (1995)** nokta ve çizgi elemanlar için ekranda kullanılabilecek en küçük boyutları incelemiştir. Yazar ayrıca ekrandaki

renk kontrastının kağıt üzerindeki kadar güçlü olmadığını belirtmektedir. Ekran renklerinin çevresel birimlerin (yazıcı, çizici) renkleri ile uyumsuzluğu öteden beri bilinen bir problemdir. Ekran renkleri, kullanılan ekran ve ekran adaptör kartının özelliklerine bağlı olarak da önemli derecede değişmektedir.

2.6 Genelleştirmenin Yöntem leri

Genelleştirmenin yöntemlerini en genel anlamda sayısal ve klasik yöntemler olarak ikiye ayırmak mümkündür.

2.6.1 Klasik yaklaşım

Klasik genelleştirme uygulamasında, serbest genelleştirme olarak tanımlanabilecek, kartografin tecrübe ve yeteneğine dayalı genelleştirme ve çizim yönetmeliklerinin belirlediği kurallara dayalı kurallı genelleştirme, olmak üzere iki yaklaşım söz konusudur. Böylesi kurallar otomatik ya da sayısal genelleştirme açısından önemlidirler.

Genelleştirmenin doğası gereği çok karmaşık ve öznel olması temel işlemleri tamamen belirleyen kesin kurallar oluşturulmasına imkan vermediğinden, klasik genelleştirme her iki yöntemin birlikte uygulanmasıyla gerçekleştirilir. Örneğin topografik harita yapımında çizim yönetmelikleri ve ölçeğe bağlı işaret tabloları genelleştirmeyi belli kurallara oturtmaktadır. Ancak bu tür kurallar kartografin öznel kararlar almasını tamamen önlemez. Serbest genelleştirme ya da tecrübeye bağlı genelleştirme, ölçek küçüldükçe ön plana çıkar. Örneğin topografik harita üretiminde kartografin rolü en aza inerken, ölçeğin oldukça küçük olduğu atlas haritalarının yapımında oldukça büyüktür. Ancak ölçek ne kadar küçülürse küçülsün, genelleştirmede genel çerçeveyi belirleyen kurallar her zaman vardır.

Türkiye 1:100000 ölçekli harita takımının genelleştirilmesinde uyulacak kurallar ve uygulanacak çizim ve röprodüksiyon yöntemleri **HGM (1964)** de verilmiştir.

2.6.2 Sayısal yaklaşım

Sayısal tekniklerin kartografyada hızla yaygınlaşması ve gelişen coğrafi bilgi sistemi teknikleri, genelleştirmenin otomatize edilmesini, başka bir deyişle genelleştirmede sayısal tekniklerin uygulanmasını olanaklı hale getirmiştir. Genelleştirmenin otomatize edilmesi yönündeki çabalar yetmişli yılların başından itibaren başlamış ve günümüzde de sürmektedir. Araştırmalar başlarda klasik genelleştirme tekniklerinin sayısal ortamda taklit edilmesi yönünde iken, günümüzde coğrafi veri tabanının

genelleştirilmesi, ölçekten bağımsız veri tabanları geliştirilmesi, genelleştirmede yapay zeka tekniklerinden yararlanılması gibi konular ön plana çıkmaktadır. Yaklaşık yirmi yılı aşkın süredir dünyadaki çeşitli akademik ve üretici kurumlarda sürdürülen araştırmaların bugün hala tatmin edici bir noktada olmaması, problemin zorluğunun bir işareti olarak kabul edilebilir.

Sayısal genelleştirme, temel olarak mekansal veri dönüşüm işlemidir ve dört temel nedenden dolayı gereklidir (Müller, 1991):

1. Ekonomik nedenler: Doğa hakkındaki bilgilerin kapsamı ekonomik ve teknolojik kısıtlamaların etkisinde olan veri toplama yöntemleri ile belirlenir. Veri toplama aşamasında birincil modellerin oluşturulması söz konusudur (bkz. 2.3). Birincil modeller yeryüzü gerçekliğini bire bir yansıtamadıklarından genelleştirilmişlerdir. Burada uygulanan genelleştirme obje genelleştirmesidir.
2. Veri kararlılığı: Mekansal veri tabanlarında hatalar her aşamada ortaya çıkar. Hataların kaynağı insan, aletler ya da yöntemler (örneğin yanlış sınıflandırma) olabilir. Ölçme doğruluğunun artırılması ya da daha fazla veri toplanması, daha az hataya neden olur diye düşünmek bir yanılgıdır. Rasgele hataların etkisi altında tek bir gözlemin doğru değeri, mevcut karmaşa nedeniyle gölgelenebileceğinden, söz konusu düşüncenin tam tersi doğru olabilir. Genelleştirilmiş bir yaklaşım, bağımsız bir gözlemden daha sağlıklıdır. Bu nedenle hataları filtrelemek ve eğilimleri pekiştirmek için genelleştirme gereklidir.
3. Çok yönlü ihtiyaçlar: Harita yapımcısı resmi kurumlar değişik kullanıcılar (şehir ve bölge plancıları, yer bilimcileri, çevreciler, askerler vb.) için topografik ya da tematik bilgi sağlamak zorundadırlar. Doğal ve yapay objeler ölçeğe bağımlı özelliklere sahip olduğundan ve ölçeğe bağımlılık derecesi objeden objeye farklılık gösterdiğinden söz konusu bilgi değişik ölçeklerde sağlanmak zorundadır (Buttenfield, 1989). Bu nedenle bilgi, kullanım amacı ve ölçeğe göre filtrelenmek ve modellenmek zorundadır. “Bir kere elde et, çok kez kullan” ekonomi ilkesi gereği, orijinal topografik arazi modelinden daha düşük çözümlü ve özel amaçlı bir topografik arazi modeline veri akışı model genelleştirmesi yoluyla sağlanmalıdır.
4. İletişim ve gösterim ihtiyaçları: CBS kapsamında karar verme, harita yoluyla iletişime son derece bağımlıdır. Genel olarak görsel iletişimi sağlamak için, gerekenden fazla veri varsa verilerin azaltılması gereklidir. Bir haritada gösterilecek bilgi miktarının fiziksel sınırları olduğu görüşü, hem geleneksel kartograflar hem de CBS ile uğraşanlar tarafından kabul edilmektedir.

Sayısal genelleştirme yöntemleri konusunda çeşitli yaklaşımlar vardır. Aşağıda alt bölümler halinde sıralanan yaklaşımlardan algoritmik, kural temelli ve kritik ölçek

yaklaşımları Müller (1989 ve 1991), doğal prensip ve interaktif yaklaşım Peng (1992) tarafından önerilmiştir. İlk iki yaklaşım, algoritmik yaklaşım ve uzman sistem yaklaşımı genelleştirme literatüründe oldukça kabul görmüştür. Bu iki yaklaşım prosedural (yordamsal) programlama dilleri (BASIC, FORTRAN, PASCAL ve C gibi) ile mantıksal (lojik) programlama dillerinin (PROLOG, LISP vb.) etkisi doğrultusunda ortaya çıkmıştır. Prosedural diller “nasıl yapılacak?” sorusu üzerinde yoğunlaşırken, mantıksal diller “ne yapılacak?” sorusuna yoğunlaşırlar. Algoritmik yaklaşım esas olarak genelleştirmenin nicel yönleri ile uğraşırken, kural temelli yaklaşım genelleştirmenin nitel yönleri ile ilgilenir.

2.6.2.1 Algoritmik yaklaşım

Algoritma, problem çözümü gibi bir işlemin sonlu sayıda adıma bölünmesi olarak tanımlanabilir. *Turing teoremine*⁵ göre her algoritma otomatize edilebileceğinden, algoritmalar kartografya açısından önemlidir (Cromley, 1992, s.11).

Prosedural yaklaşım olarak da adlandırılan bu yaklaşımda sayısal işlemleri yürütmek üzere algoritmalar kullanılır. Algoritmalar “if then” biçiminde ifade edilen kuralları içerirler ve sayısal ya da karakter eşleştirmeye dayanan şartlı ifadeler olarak adlandırılırlar.

Genelleştirmede algoritmik yaklaşım tipik olarak özel bir problem için geliştirilmiş, dar kapsamlı bir çözümdür. Çizgi basitleştirme yöntemi tipik bir algoritmik yaklaşım örneğidir. Bu alanda çok sayıda algoritma yayınlanmıştır ve yayınlanmaya devam etmektedir. McMaster (1987) çeşitli çizgi basitleştirme algoritmalarını ayrıntılı olarak incelemiş ve sınıflandırmıştır. Bu tür algoritmalar, kırık noktalarından oluşan (nokta dizileri) çizgileri baz alarak çalışırlar.

Fraktal geometri karmaşık çizgilerin tanımlanmasında başka bir yaklaşım getirmektedir. Mandelbrot karmaşık çizgilerin iki özelliğini tanımlamıştır: *Kendi kendine benzerlik (self similarity)* ve *fraktal boyut (fractal dimensionality)* (McMaster, 1987). Bir çizginin bir parçası bağımsız olarak değerlendirildiğinde çizginin kendisi ile benzer karakteri taşıyorsa çizgi “kendi kendine benzer”dir. Fraktal boyut ise çizginin karmaşıklığı ile belirlenen bir değer olup, çizginin büyük ya da küçük ölçekte gösterilmesi durumunda değişmez. Fraktal boyutun korunması, kullanılan genelleştirme algoritmasının gücü hakkında bir kriter olarak kullanılabilir.

⁵ Turing teoremi ve algoritmalar konusunda bkz. Penrose (1997, s.37)

Matematiksel temellere dayanan yukarıdaki tüm teknikler genelleştirmeyi yalnızca geometrik bir problemmiş gibi ele alırlar. Ancak kartografik objeler yalnızca geometrik karakterde objeler değildirler. Kartografik objelerin coğrafi karakterleri vardır ve önem dereceleri haritanın amacı ve kullanıcı ihtiyaçları gibi değişik faktörlere bağlıdır.

2.6.2.2 Kural temelli yaklaşım

Genelleştirmede kural temelli yaklaşım uzman sistem yaklaşımı olarak da nitelendirilebilir. Aslında yapay zeka (*AI=Artificial Intelligence*) temeline oturan kural temelli yöntemler de isimden de anlaşıldığı gibi “if then” ifadelerinden oluşurlar. AI yaklaşımı nümerik değil, sembolik sonuç çıkarma temeline dayandığından, bu ifadeler karakter eşleştirmeden daha çok sembolik eşleştirmeye ilişkilidirler. Burada semboller yeryüzü gerçekliğini ifade ederler. Semboller daima veri ile ilişkilidir ve veri ile yazılım arasında ayırım yoktur. Prosedural olmayan ya da verilere yönelik dillerle hazırlanan yazılımlar gerçek dünya objeleri arasındaki ilişkileri temsil eden kuralların uygulanması için çalıştırılırlar. Bu tür yazılım geliştirme tekniği obje temelli programlama⁶ olarak adlandırılır.

Kullanıcı ihtiyaçları ve haritanın fonksiyonuna göre kurallar oluşturulabilir. Her obje, kullanıcı tarafından belirlenen bilgi ihtiyacından yararlanılarak ve temel harita elemanlarının tematik elemanlarla ilişkileri değerlendirilerek derecelendirilebilir. Her obje, her konu ve her ölçek için gerekli faktörler belirlenebilir. Bu faktörlere göre değerlendirme matrisleri oluşturulabilir ve bunlar referans tabloları olarak kullanılabilirler (**Richardson, 1988**). Ayrıca kartografik objeler, ölçek, haritada işlenen konu (toprak, bitki örtüsü, ulaşım), kullanıcı ihtiyaçları ve genelleştirme için yararlı araçlar arasındaki karmaşık fonksiyonel ilişkiler araştırılmalıdır (**Müller, 1989**).

Uzman sistemler bir uzmanın bilgi ve tecrübesini kapsayan, çeşitli meslek dallarındaki özel uygulamalar için geliştirilmiş, bilgisayar sistemleridir. Uzman sistem yaklaşımında mantıksal ve bilimsel olarak kanıtlanmış, matematiksel olarak tanımlı ilişkilerin yanında bir uzmanın günlük çalışmasında yararlandığı bilgi birikiminden deneme-yanılma yoluyla elde edilmiş ilişkilerden de yararlanır. Bu tür sistemler, sonuç çıkarma yöntemlerine dayalı problem çözme mekanizmaları yardımıyla kendi başlarına önceden belirlenmiş kurallardan yararlanarak belli sonuçlara ulaşabilirler. Diğer bir deyişle, uzman sistemler fonksiyonlarına göre ilgili

⁶ İngilizce kaynaklarda: object oriented programming

meslek dalından bir uzmanın problem çözme yöntemini adeta taklit ederler (Meng, 1993).

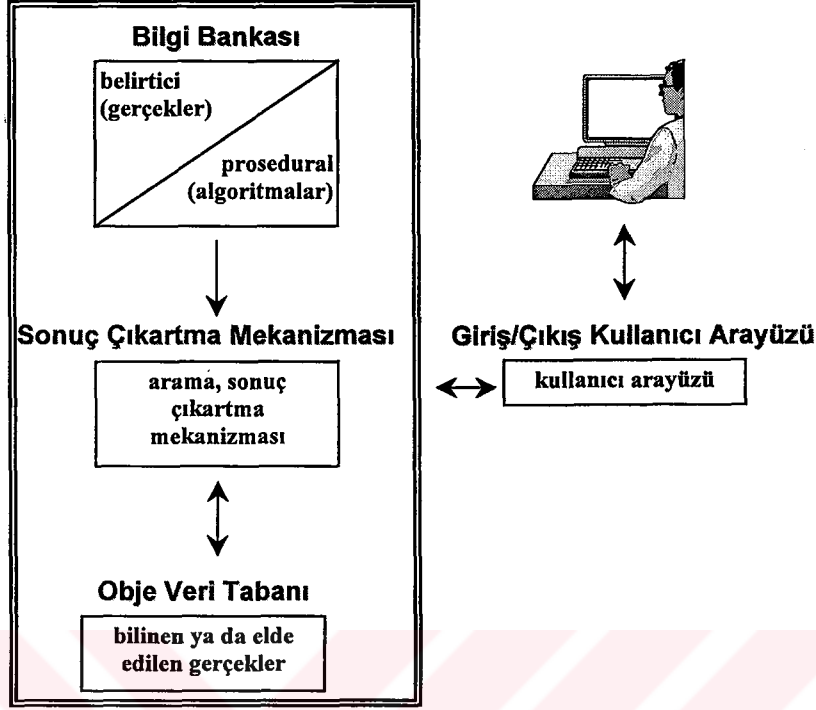
“Üretim” olarak da tanımlanan kurallar, bilgi sunumunun en önemli temel biçimleridirler. Kuralları problem çözümü için kullanan bilgisayar sistemleri, “kural temelli sistemler” ya da “üretim sistemleri” olarak tanımlanırlar. “Bilgi temelli sistemler” ise kurallar yanında bilgi ifade biçimlerini de kullanırlar. Bu nedenle kural temelli sistemler bilgi temelli sistemlerin bir alt kümesini oluştururlar. Bu sistemler kullanıcı ara yüzü, bilgi toplama ve açıklama bileşenlerini de kapsarlarsa “uzman sistemler” olarak kabul edilirler (Meng, 1993).

Shea (1991) ye göre herhangi bir uzman sistem, bir veri tabanındaki objeler arasındaki ilişkileri analiz etmek için gereken bilgileri içeren bir bilgi bankası (knowledge base), bu bilgileri işleyen bir araç olarak bir sonuç çıkartma makinesi (inference engine), uzman sistem tarafından elde edilen problem hakkındaki bilgileri içeren bir obje veri tabanı (object database), kullanıcının veri ve kuralları girebilmesini, gerektiğinde sistemin kullanıcıya soru sormasını sağlayan bir kullanıcı arayüzü (input/output user interface) olmak üzere dört bileşenden oluşur (Şekil 2.7). Bilgi bankası, ilgili konuda kullanılan yöntemlerden, standartlardan, ilkelere v.b. oluşturulur. Bilgi bankası, belirtici (declarative) ve prosedural olmak üzere iki tip bilgi içerebilir. Belirtici bilgi, ilgili konu hakkındaki gerçekler, kavramlar ve tanımlayıcı bilgilerden oluşur. Prosedural bilgi ise amaca ulaşmak ya da problemi çözmek için kullanılan yöntemleri, stratejileri ve algoritmaları kapsar. Feigenbaum bu iki bilgi tipini “gerçekler” ve “algoritmalar” olarak adlandırmıştır (Shea, 1991). Bu ayırım genelleştirme açısından ele alınırsa, bilgi bankasının gerçekler bölümü genelleştirme kurallarını, algoritmalar bölümü ise genelleştirmenin temel işlemlerini, başka bir deyişle temel işlemlerin uygulanmasını sağlayan algoritmaları içerir.

Shea (1991) uzman sistem yaklaşımının genelleştirmeye uygulanması durumunda yukarıda bahsedilen sistem bileşenlerinin nasıl oluşturulabileceği konusunu inceleyerek, örnek bir sistem önermektedir.

Kurallı genelleştirme yöntemlerinin geliştirilmesi yönündeki çabalar, genelleştirme sonuçlarından beklentilerin fazlaşması ve bilgisayar teknolojisinin kartografyada kullanımının yaygınlaşması sonucu artmaktadır. Kurallı genelleştirmede iki yaklaşım söz konusudur. Daha çok ampirik olarak nitelendirilen yöntemler öncelikli olarak tecrübeler, haritaların analizine ve elde edilen genelleştirme sonuçlarına dayanır. Yapısal yöntemler ise geometrik, anlamsal ve zamansal olarak kesin varsayımlara dayanırlar. Yeni bir türetme harita için işaret tablosu geliştirme örneği ele alınırsa,

uygulamada her iki yöntemin birbirine girmiş olduğu görülür (Hake ve Grünreich, 1994).



Şekil 2.7: Bir uzman sistemin bileşenleri

Ampirik yöntemler için obje gruplarının genelleştirilme sırası tipik bir örnek olarak verilebilir. Örneğin topografik haritalarda akar ve durgun su objeleri ve yol ağı ile başlanır, yerleşim ile devam edilir, yüzey şekilleri (eşyükseklik eğrileri vb.) ise en son genelleştirilir. Haritaların daha sonra yapılacak güncelleştirilme işlemlerinde bu kurala katı olarak uyulmayabilir. Çizim yönetmelikleri de ampirik olarak bulunmuş ve denenmiş kuralları temel alırlar.

Ampirik kuralları matematiksel olarak ifade eden ilk bağıntılardan biri Töpfer (1974) tarafından değişik kapsamlı analizler sonucu geliştirilmiş karekök kuralıdır:

$$m_T < 100\,000 \Rightarrow n_T = n_K \sqrt{\frac{m_K}{m_T}} \quad (2.1)$$

$$m_T > 100\,000 \Rightarrow n_T = n_K \frac{m_K}{m_T} \quad (2.2)$$

Bu ifadede n_T türetme haritadaki, n_K kaynak haritadaki obje sayılarını, m_K kaynak harita, m_T türetme harita ölçek modüllerini göstermektedir.

Bu bağıntı öncelikle büyük ve orta ölçekli topografik haritaların genelleştirilmesinde geçerlidir. Türetme haritada obje anlamları ve işaret tablosu kaynak haritadan çok farklı ise, bağıntı bir dizi başka bağıntılara göre değiştirilir. Çizgisel objelerde (yollar, nehirler) köşe noktaları ya da dönüş noktaları, alansal objelerde (göller, idari bölgeler) sınır çizgileri hayali bağımsız objelermiş gibi düşünülürse bağıntı geometrik şekil basitleştirmesinde de kullanılabilir. Seçim kriteri hangi objenin hangi eşdeğer objelerle birlikte seçilmesi kararı için bir yorum getirmemektedir. Bu sorunun çözümünde istatistiksel yöntemlerden yararlanma konusunda çaba harcanmaktadır.

Kural temelli sistemler ya da uzman sistemler güçlerini kapsadıkları bilgiden alırlar. Bu açıdan bilgi kazanımı⁷ önemli bir konudur. Bilgisayar alanındaki kaynaklarda ve bilgi mühendisliği⁸ işlemlerinde uzmanlarla görüşme, konuşarak öğrenme ve gözleyerek öğrenme olmak üzere üç tür bilgi kazanma yönteminden söz edilir. Bu yöntemler klasik bilgi mühendisliği teknikleri olarak da adlandırılırlar. Genelleştirmede bilgi kazanımı için klasik bilgi mühendisliği tekniklerinin yanında yazılı dokümanların analizi, harita takımlarının karşılaştırılması, makine öğrenimi⁹, yapay sinir ağları ve interaktif sistemler (bkz 2.6.2.5) gibi yöntemlerden yararlanılabilir (Weibel, 1995a).

Genelleştirmede uzman sistem yaklaşımı konusunda özellikle 90'lı yılların başından beri çok yoğun araştırmalar yapılmasına rağmen hem bilimsel hem de uygulama açısından tatmin edici sonuçlar elde edilememiştir. Uzman sistem yaklaşımında özel bir konu olan “duruma bağlı sonuç çıkartma” yaklaşımını inceleyen Keller (1994) söz konusu başarısızlığı, problemin karmaşıklığı, prosedural ve belirtici bilgi ve bilgi elde etme stratejilerinin eksikliği, uzman sistem tekniklerinin uygulamalarındaki yetersizlik, uygulayıcıların aynı hataları tekrar etmesi gibi nedenlere bağlamaktadır.

2.6.2.3 Kartografik genelleştirmede kritik ölçek yaklaşımı

Haritanın konusu, amacı, ölçeği ve kullanımı arasında fonksiyonel bir ilişki vardır. Harita kullanımının maksimum değerine ulaştığı kadastral bilgiler, belli bir ölçek aralığında (örneğin, 1:1000 – 1:10000) yer alır. Bir başka alanda, örneğin arazi kullanımı haritalarında optimum ölçek 1:20000 ile 1:100000 aralığındadır. Bağımsız ölçmelerin doğruluklarındaki belirsizlik, daha az rasgele değişim gereği ve veri

⁷ İngilizce kaynaklarda: knowledge acquisition ya da kısaca KA

⁸ İngilizce kaynaklarda: knowledge engineering

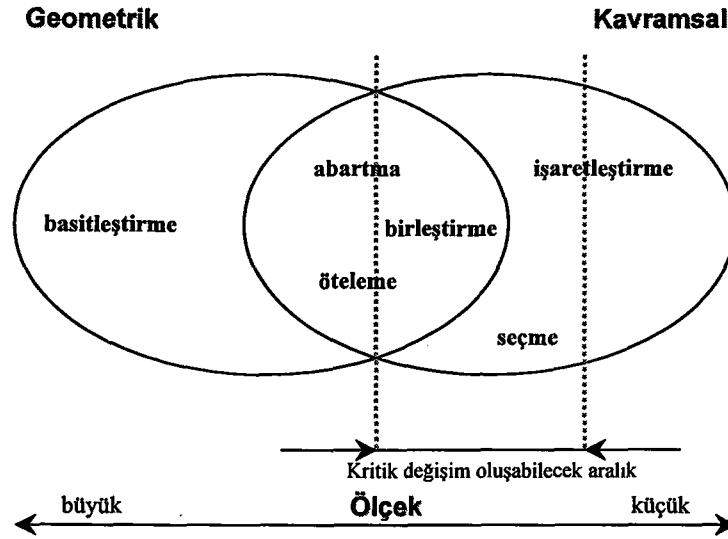
⁹ İngilizce kaynaklarda: machine learning ya da kısaca ML

hataları ölçek belirlenmesinde önemli rol oynar. Çok büyük ölçekler veri takımının kalitesi ve veri kaynağının mekansal çözümü nedenleriyle kötü sonuçlara yol açabilir. Burada söz konusu olan fonksiyonel ilişkinin daha kapsamlı olarak araştırılması gereklidir. Basit bir paradigma, harita kullanımının ölçekle birlikte artarak bir noktaya ulaştığı ve bu noktadan itibaren harita kullanımının azaldığı biçiminde önerilebilir (Müller, 1991). Kartografik objelerin gösterimleri bir ölçekten diğerine ani, sert değişimler gösterebileceğinden, bu ilişkiyi gösteren eğri büyük olasılıkla yumuşak olmayacaktır (Müller, 1991).

Genelleştirmenin doğanın özetlenmesi yoluyla büyük değişimlere yol açan bir olgu olduğu konusu yeni bir bilgi değildir. Bununla birlikte, ölçekteki küçük değişimlerin haritanın geometrik ve semantik içeriğinde büyük değişimlere yol açtığı ölçek değişim noktalarını belirlemek ilginç olabilir. “Ani değişimin” olması muhtemel bu noktalar, belli bir harita kullanım türü için uygun ölçek aralığını daha açık belirlemede yararlı olabilirler. Burada “ani değişim” deyiminin kullanılmasının nedeni, genelleştirme işleminin ölçek göz önüne alındığında süreksiz olmasıdır. Müller (1991) tarafından kullanılan “catastrophic approach” deyimini kavramın kolay anlaşılması ve kaos teorisi ile karıştırılmaması için “kritik ölçek yaklaşımı” olarak çevrilmiştir. Müller bu deyimini matematik alanında önemli bir yeri olan, süreksizlikler ve tekilliklerle uğraşan “catastrophe” teorisinden esinlenerek seçmiştir. Söz konusu teori hakkında ayrıntılı bilgi için Saunders (1980) den yararlanılabilir.

Ağırlıklı olarak basitleştirme, abartma, öteleme gibi temel işlemleri kapsayan geometrik genelleştirme ile seçme, sınıflandırma ve işaretleştirme gibi temel işlemleri kapsayan kavramsal genelleştirme arasında bir ayırım yapılmalıdır. Ölçek değişimi ile geometrik ve kavramsal genelleştirme arasında bir ilişki vardır. Müller (1991) yaptığı araştırmalar sonucu ölçek küçüldükçe kavramsal genelleştirmeye, ölçek büyüdükçe geometrik genelleştirmeye doğru bir trend olduğunu belirlemiştir (Şekil 2.8).

Geometrik ve kavramsal genelleştirmeyi ayıran eşik noktası her kartografik obje ve her harita konusu için aynı ölçekte oluşmaz. Harita konusuna göre önem derecesi az olan kartografik objeler (örneğin bir yol haritasında ölçekli olarak gösterilmiş bir cami) beklenenden daha önce noktasal işarete dönüşebilir. Başka bir ifade ile kritik değişim noktaları farklı objeler için farklı ölçeklerde oluşurlar ve haritanın konusu ve fonksiyonu tarafından belirlenirler. Kritik ölçek yaklaşımı ile elde edilebilecek ölçek, geometrik doğruluk, haritanın amacı, fonksiyonu vb. faktörler arasındaki ilişkileri belirleyen kurallar genelleştirmeye gerçek anlamda bütünleşik bir yaklaşımı kolaylaştırabilir (Müller, 1991).



Şekil 2.8: Ölçeğe göre dönüşüm işlemi (Müller, 1991)

2.6.2.4 “Doğal Prensip” yaklaşımı

İnsan gözünün ve görüntü sistemlerinin çözünürlüklerinin sınırları konusunda yaptıkları analize dayanarak “Doğal Prensip” yaklaşımını ortaya atan Zhilin Li ve Stan Openshaw, (Peng, 1992) bu yaklaşımı,

“Arazi yüzeyine belli bir uzaklıktan bakarken temel objeler (karakteristik noktalar) ayrıntılardan ayrılacak şekilde bir tür genelleştirme uygulanır, bu şekilde önemli karakteristik noktalar geri kalanlardan ayırt edilebilir. ... Bu gibi durumlarda, insan gözü ya da görüntü sistemlerinin fark edebildiği boyutun ötesindeki mekansal değişime ilişkin tüm bilgi ihmal edilir.”

şeklinde açıklamaktadırlar.

Doğal prensip yaklaşımı, harita yapım ve modelleme işlemini bir fotoğraf çekme işlemi gibi görmektedir ve genelleştirmeyi bir objenin fiziksel boyutu ile ilişkili basit bir çözünürlük problemi olarak kabul etmektedir. Ancak genelleştirme sadece geometrik faktörlerin değil, aynı zamanda objelerin anlamını tanımlayan semantik faktörlerin, diğer objelerle olan tematik geometrik ve fonksiyonel ilişkilerin, haritanın amacı ve kullanıcı ihtiyaçları gibi değişik faktörlere bağlı olarak objenin önem derecesinin göz önüne alındığı bir modelleme işlemidir. Bu nedenle söz konusu yaklaşımın uygulaması çizgi basitleştirmesi ve yumuşatması gibi nicel dönüşümlerin dar bir alanı ile sınırlı olabilir.

2.6.2.5 İnteraktif yaklaşım

Genelleştirme çok iyi mekansal analiz ve harita içeriğini değerlendirme yeteneği gerektiren karmaşık ve geniş kapsamlı bir işlemdir. Geleneksel anlamda çalışan bir kartografin çalışmasını taklit edecek bir sistemin geliştirilmesi öylesine zordur ki, hemen hemen çeyrek yüzyıldan beri süregelen araştırmalardan sonra bile bu tür sistemlerin geliştirilebileceği konusunda ciddi şüpheler vardır. CBS ve sayısal harita yapımı alanında genelleştirme önemli bir problem olarak kalmaya devam etmekte ve bu alandaki sistemlerin kullanıcıları tarafından giderek daha fazla fark edilmektedir. Sayısal sistemler bazında genelleştirme problemi için önerilen bir çözüm de interaktif yaklaşımdır. Bu yaklaşımda bilgisayar genelleştirmeyi yapar, ancak karar verme konusunu kullanıcıya bırakır. Böyle bir yöntem aşağı yukarı araba kullanan bir insan gibi çalışır (Peng, 1992).

İnteraktif yaklaşım diğer bir uzman Robert Weibel tarafından da incelenmiştir. Uzman interaktif yaklaşımı yapay zekaya insan katkısı nedeniyle artırılmış zeka (Amplified Intelligence) olarak nitelendirmektedir (Weibel, 1995a).

Böyle bir yaklaşıma örnek olarak INTERGRAPH firması tarafından geliştirilen MGE MAP GENERALIZER yazılımı verilebilir. Bu yazılım çeşitli genelleştirme işlemlerini kapsamaktadır (seçme, basitleştirme vb.). Kullanıcı her bir genelleştirme adımında hangi işlemin gerçekleştirileceğini tanımlamak zorundadır (Zelles, 1995). Söz konusu yazılım ile çeşitli uygulamalar yapan Lee (1995) genel olarak olumlu sonuçlar elde etmiştir.

Araştırmaların hedefi tam otomatik bir genelleştirme sistemi olmasına rağmen günümüzdeki herhangi bir yazılım sisteminin kartograf müdahalesi olmadan sonuç vermesi mümkün gözükmemektedir. Yakın gelecekteki genelleştirme sistemlerinin de büyük bir olasılıkla en az bir interaktif genelleştirme bileşeni olacaktır (Weibel, 1995b).

2.7 Veri Formatları ve Genelleştirme

Geometrik veri ile uğraşan tüm disiplinlerde geometrik veri en genel anlamda vektör ve raster formatı olmak üzere iki şekilde modellenir. Vektör formatında noktasal objeler koordinatlarıyla, çizgisel ve alansal objeler ise noktalardan oluşan zincirler halinde modellenirler. Bu yaklaşımda en temel obje noktadır ve noktanın en az bir konumsal bileşeni ya da özneliği vardır. Raster formatında ise mekansal taşıyıcılar olarak nitelendirilebilecek pikseller (ya da hücreler) söz konusudur. Raster

yaklaşımının temel taşı pikseldir. Bu yaklaşım objeleri, objelere ait öznitelikleri dikkate almaz. Bu nedenle vektör ve raster veri genelleştirmesinde izlenen yol ve yöntemler birbirlerinden oldukça farklıdır.

Vektör formatında genelleştirme daha çok basitleştirme, seçme ve çizgisel objelerin abartılması işlemleri üzerine yoğunlaşır. Çizgiler tanımladıkları objenin topolojisine göre açık ya da kapalıdır (örneğin nehirler ve il sınırları). Tipik bir orta ölçekli haritadaki tüm objelerin (noktalar, çizgiler ve alanlar) yüzde sekseni çizgilerden oluşur (Müller, 1991). Bu oran araştırmacıların neden ağırlıklı olarak çizgi genelleştirmesi ile uğraştıklarını da açıklamaktadır. Vektör formatında genelleştirme konusundaki diğer araştırmalar ise alansal objelerin basitleştirilmesi ve birleştirilmesi konularında yapılmıştır. Büyük ölçekli verilerde bina genelleştirmesi özellikle Almanya'da çok ilgi görmüş ve bu kapsamdaki genelleştirme önemli derecede otomatize edilmiştir (Grünreich, 1995; Powitz, 1993).

Vektör formatı, genelleştirmeye obje tabanlı bir yaklaşım getirirken, raster formatı verilerin öznitelik bileşeninin genelleştirilmesi için bir altlık sağlar. Raster verilerin genelleştirilmesi tez kapsamının oldukça dışında olduğundan ayrıntılarına girilmeyecektir. Bu konuda daha kapsamlı bilgiler Brassel (1990b) ve Müller (1991) de verilmektedir.

Geometrik veri modellemenin tek yolu raster ya da vektör formatı değildir. Ancak günümüzde geliştirilen sistemler çoğunlukla bu iki formatı kullanır. Her iki formatı karışık kullanan hibrit sistemler de vardır.

Vektör formatındaki verilerden bir coğrafi veri tabanı oluşturulurken yapılaşdırılmaları gerekir. Bu bağlamda en basit yaklaşım vektör verilerin rasgele çizgilerden oluştuğu ve "spagetti veri" olarak adlandırılan yapıdır. Bu yaklaşım tüm CAD sistemlerine altlık oluşturmuş ve halen geçerliliğini korumaktadır. Ancak böyle bir yapı CBS sistemleri için son derece yetersizdir. Bu tür sistemlerde veriler, her bir geometrik eleman (nokta ya da çizgi) ya da eleman grubu açık olarak mekansal bir objeyi tanımlayacak şekilde yapılaşdırılırlar ve objelerin birbirleriyle komşuluklarını tanımlayan topolojik ilişkiler oluşturularak zenginleştirilirler. Hem vektör hem de raster formatında mekansal verilerin CBS yaklaşımında yapılaşdırılma yöntemleri Peuquet (1991) de verilmektedir.

Sayısal genelleştirme alanında beklenen ilerlemenin sağlanamamasının bir nedeni de kullanılan veri formatlarının kısıtlamaları olarak düşünülebilir. Çeşitli alternatif veri modelleme yöntemleri genelleştirme açısından araştırılmaktadır. Örneğin Jones ve diğ. (1995) daha çok üç boyutlu arazi modellemesinde kullanılan üçgenlenmiş veri

yapısını (TIN) bina objelerine uygulayarak abartma, birleştirme gibi temel işlemleri uygulamışlar ve bu işlemlerin neden olduğu gösterim uyumsuzluklarının giderilmesinde söz konusu veri yapısının yararlı olduğu sonucuna varmışlardır. TIN modeli obje komşuluklarını çok iyi tanımlamaktadır ve özellikle söz konusu temel işlemlerin denetlenmesi konusunda yararlıdır. **Plazanet ve diğ. (1995)** ise vektör yapısında çizgisel objelerin *spline* ve kübik eğrilerle modellenmesinin çizgi genelleştirmesinde çizginin karakterinin daha iyi belirlenebilmesi nedeniyle yararlı olduğunu belirtmektedirler.

2.8 Veri Tabanı ve Ölçek

Ölçekten bağımsız ya da ölçeksiz bir veri tabanında veri takımı, verinin toplandığı doğruluk düzeyindedir. Analitik ya da gösterim amaçlı olarak veriler ölçüldükleri uzaydan daha küçük bir uzaya aktarıldığı zaman ölçek kavramı ortaya çıkar diye düşünülürse, yersel ölçmeler sonucu oluşturulmuş bir veri tabanı ölçeksiz olarak nitelendirilebilir.

Bu açıklamalardan sonra, ölçeksiz veri tabanı kavramı bir veri kaynağından bir çok kartografik ürünün elde edilebilmesi olarak açıklanabilir. Burada sözü geçen veri kaynağı kartografyada model teorisi konusunda açıklanan (bkz. 2.3) topografik arazi modeli ya da birincil modeldir. Bu şekilde, gösterim ölçeğine ya da veri analizinin doğruluğuna uygun olarak, bir ayrıntı düzeyinden bir diğerine serbestçe geçilebilir. Bu bağlamda tek bir kaynaktan elde edilecek çoklu bilgi sunuşlarını¹⁰ desteklemek amacıyla, başka bir deyişle ölçeksiz veri tabanlarını gerçekleştirebilmek için genelleştirme temel işlemleri ve karar verme kuralları ile desteklenen obje tabanlı bir veri yapısına ihtiyaç vardır. İdeal olarak, bilgi türetme ve genelleştirme işlemi, gerçek zamanda (real time) ekranda büyütme ve küçültme yapılırken (zoom in, zoom out) mümkün olmalıdır. Bu gelecekçi (futurist) yaklaşımda kullanıcı ekranda büyütme ve küçültme yaptığı anda genelleştirme otomatik olarak yapılıp, uygun gösterim ekrana yansıtacaktır. Günümüzde henüz böyle bir sistem geliştirilememiş (**Müller, 1991**) olmasına rağmen **van Oosterom (1995)** un “on the fly” genelleştirme olarak adlandırdığı çözüm bu konuda önemli bir gelişmedir. Çizgi genelleştirmesi bazında yol objeleri üzerinde benzer bir uygulama **Barber ve diğ. (1995)** tarafından yapılmıştır.

¹⁰ İngilizce kaynaklarda: multiple representation

Ölçeksiz veri tabanı kavramının *pseudo* bir versiyonu hiyerarşik olarak yapılandırılmış bir veri tabanıdır. Bu veri tabanında farklı ölçeklerdeki tabakalara veri tekrarı olmaksızın ulaşılabilir. Böyle bir piramitsel yapı **Jones ve Abraham (1987)** tarafından önerilmiştir. Bu konuda bir başka yaklaşım da ölçeğe özgü depolama şeması oluşturmaktır. Bu şekilde farklı ölçeklerde üretilen farklı haritalar aynı veri tabanında depolanırlar (**Müller, 1991**). **Töpfer (1992)** tarafından önerilen ölçeğe özgü veri saklama yaklaşımında her iki standart ölçek için bir depolama birimi (dosya ya da tabaka) oluşturulmaktadır. Ülke bazında bir CBS için önerilen bu yaklaşımda ölçek çiftleri ilgili ölçek aralığının karakterine göre seçilmektedir. 1:5000 ölçeğinde veri depolaması ve bu verinin 1:10000 için kullanılması örnek olarak verilebilir.

Son yıllarda ticari CAD ve CBS yazılımlarına eklenen değişken büyütme-küçültme (zoom) yapabilme özelliği, ölçekten bağımsız veri tabanı arayışlarının bir sonucu olarak kabul edilebilir. Örneğin Autodesk firması tarafından geliştirilen AutoCAD MAP yazılımının “key view” olarak adlandırılan böyle bir özelliği vardır (**Autodesk, 1997, s. 229**). Bu özellikten yararlanabilmek için değişik büyütme-küçültme düzeylerinde ekrana gelmesi gereken objeler tabakalara ayrılmalıdır. Böyle bir sınıflandırma yapıldıktan sonra hangi düzeyde hangi tabakaların gösterilmesi gerektiği tanımlanır. Burada söz konusu edilen büyütme-küçültme düzeyi genelleştirme derecesi olarak yorumlanmalıdır.

Ölçeksiz veri tabanı yaklaşımının gerçekleştirilmesi için en azından üç gerekçe söz konusudur (**Müller, 1991**):

1. Veri depolamada tekrarlardan kaçınmak: Kıyı çizgisi gibi tüm ölçek tabakalarında korunabilecek temel mekansal objeler vardır. Ölçekli bir çalışma ortamında bu tür objeler çok defa tekrarlanır.
2. Standart olmayan ölçekli çıkışlara imkan sağlamak: Geleneksel ölçekler standart harita takımlarına göre belirlenmiş sabit rakamlardır (1:5000, 1:10000 vb.). Standart ölçeklerin dışında herhangi bir ölçek teorik olarak ölçeksiz bir ortamda türetilir. Bu şekilde elde edilen harita, özel kullanıcı isteklerini tatmin edebilmek için çeşitli harita tasarım ve modelleme amaçlarına uygun olarak düzenlenebilir.
3. Değişik ölçeklerdeki veri takımları arasında tutarlılığı ve bütünlüğü sağlamak: Ölçekli veri tabanlarında yapılacak güncelleştirmeler arşivlenen her bir versiyon için tekrarlanmak zorundadır. Güncelleştirme çalışmaları, bilgiler, meteoroloji, su temini, taşımacılık gibi hızlı değişen konularda ise çok masraflı olabilir. Ayrıca olası hataların bir çok sayısal gösterime de yayılması veri tutarsızlığının artmasına neden olur. Bunun yanında obje tanımları ölçeğe ve çözünürlüğe göre değişken

olduğundan, çok ölçekli veri tabanlarında tutarlı olarak korunamaz. Örneğin okul olarak tanımlı bir bina daha küçük ölçekte resmi binalar sınıfında yer alabilir.

Ölçeksiz veri tabanı yaklaşımının önünde hem teknik hem de teorik engeller vardır. Teknik problemler arasında, her küçük ölçekli veri üretme işlemi sırasında ortaya çıkacak büyük hesaplama yükü ve maliyetidir. Bu yük ve maliyetler hem işlenecek veri miktarından hem de veriyi uygun bir çözünürlüğe getirecek olan genelleştirme işlemlerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca genelleştirmede şimdiye kadar üretilen çözümler tam otomatik değildir ve genellikle interaktif editleme (etkileşimli kontrol ve düzeltme) gerektirirler. Aynı ürün tek bir veri tabanından bir kaç kez elde ediliyorsa, aynı kontrol ve düzeltmeler tekrar edilmek zorundadır. Öte yandan ölçeğe özgü depolama yaklaşımında elde edilecek ürünlerde herhangi bir düzeltmeye gerek yoktur (Müller, 1991).

2.9 Değerlendirme

Sayısal genelleştirme konusundaki araştırmalar 70'li yılların başından beri sürmektedir. 80'li yılların ortalarına kadar yapılan çalışmalar yoğun olarak çizgi genelleştirmesi ya da çizgi basitleştirmesi üzerindedir. Bunun en önemli nedenlerinden biri, harita objelerinin yüzde sekseninin çizgilerden oluşmasıdır. Bir diğer neden ise, bu alanda bağımsız çözümler üretmenin kolay olmasıdır. Bu alanda çok sayıda algoritma üretilmiştir.

Yine aynı zaman periyodunda az da olsa alansal objelerin genelleştirilmesi konusunda da çalışmalar olmuştur. Büyük ölçekli verilerde bina objelerinin genelleştirilmesi problemi özellikle Alman uzmanlar tarafından ilgi görmüştür. Bu alanda özellikle Hannover Üniversitesinde araştırmalar yapılmış çeşitli çözümler üretilmiştir. Genelleştirmede *Hannover Ekolü* olarak da nitelendirilebilecek araştırmaların sonuç ürünü günümüzde ticari hale de getirilen CHANGE yazılımıdır.

Seksenli yılların ortalarından itibaren bilgisayar ve CBS teknolojisindeki gelişmeler model ve model genelleştirmesi kavramlarını ortaya çıkarmıştır. Önceki dönemlerde yapılan araştırmaların hedefi kağıt harita üretmeye yönelik olduğu halde, bu dönemde mekansal verilerin ekranda sunumu (ekran haritası) da önem kazanmıştır. Mekansal verilerin görsel olarak sunulmaları yanında analiz yapmak içinde kullanılması topografik model ve kartografik model ayrımının yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu noktada temel amacı kontrollü veri azaltması olan model genelleştirmesi, yeni bir araştırma konusu olarak ortaya çıkmıştır. Model

genelleştirilmesi aynı zamanda daha sonra yapılacak olan kartografik genelleştirme açısından da bir ön işlemdir.

Ülke Harita Kurumlarının sayısal veri toplama aşamasının sonlarına geldiği 90'lı yılların başında, oluşturulan çok büyük veri tabanlarının değişik amaçlarla kullanılması zorunluluğu CBS ile uğraşanların model genelleştirmesinin önemini fark etmesine neden olmuştur. Hemen hemen tüm ticari CBS sistemlerinin bu konuda etkin çözümler sunamaması, araştırmaların model genelleştirilmesi, genelleştirmede yapay zeka kullanımı (kural temelli sistemlerin ya da uzman sistemlerin geliştirilmesi) gibi konulara yönelmesine neden olmuştur.

Weibel (1995a) sayısal genelleştirmede günümüzde çözüm bekleyen üç ana problemi model genelleştirilmesi, uzman sistem yaklaşımına altlık oluşturacak bilgi kazanımı ve çeşitli genelleştirme çözümlerinin değerlendirilmesi olarak vermektedir.

Uzman sistem yaklaşımına altlık oluşturacak genelleştirme kurallarının elde edilmesi konusunda çok yoğun araştırmalar yapılmış, çeşitli sonuçlar yayınlanmış olmasına rağmen doksanlı yılların sonuna gelinen günümüzde etkin çözümler geliştirildiği söylenemez. Uzman sistemlerin başarıyla uygulandığı tıbbi tanı, sistem konfigürasyonu gibi alanlardan farklı olarak, genelleştirme yaratıcılık gerektirir. Söz konusu uygulama alanları da karmaşıktır, ancak iyi hazırlanmış yazılı dokümanlara sahiptirler. Kartografik bilginin farklı olmasının nedeni, ağırlıklı olarak grafik tanımlanmış olması ve kelimelerle tanımlanmasının zor oluşudur (**Weibel, 1995a**).

Weibel'in üzerinde durduğu üçüncü konu, genelleştirme sonuçlarının değerlendirilmesi akademik çevrelerde göreceli olarak az ilgi görmüş bir konu olmasına rağmen çeşitli alternatif sistemlerin karşılaştırılması ya da herhangi bir sistemin iyi ya da kötü sonuç ürettiğinin değerlendirilmesi açılarından son derece önemlidir. Bu konuda bazı uzmanlar tarafından çeşitli kriterler önerilmiştir. Böylesi kriterleri nicel ve nitel kriterler olarak ikiye ayıran Weibel nitel kriterler bulmanın zor ve öznel bir konu olduğunu belirterek, nicel kriterleri dört grupta toplamıştır:

- global kriterler: harita da siyah/beyaz oranı, Töpfer kuralı vb.
- geometrik kriterler: sonuçlarda grafik gösterim sınırları altında obje ya da kenar olup olmadığı vb.
- topolojik kriterler: genelleştirme sonucu topolojik ilişkilerin bozulup bozulmaması vb.
- Yazılım ile ilgili kriterler: CPU zamanı, personelin harcadığı zaman vb.

Bu kriterler ışığında herhangi bir sistemi değerlendirirken **Weibel (1995a)** in model genelleştirilmesi konusunda önerdiği ilkelerden yararlanılabilir:

1. Sistem tahmin edilebilir ve tekrarlanabilir sonuçlar üretmeli.
2. Orijinal ve sonuç model arasındaki sapmalar minimize edilmeli.
3. Orijinal modeldeki objelerin bütünlüğü ve topolojik tutarlılığı bozulmamalı.
4. Kullanıcı açısından işlem mümkün olduğu kadar az parametre ile kontrol edilebilir olmalı, parametrelerin sonuca etkisi anlaşılır ve açık olmalı.

Son olarak, sayısal genelleştirmede günümüzdeki ve gelecekteki gelişmeleri değerlendiren **Müller ve diğ. (1995)** in maddeler halinde sıraladıkları eleştirilerden bazılarına değinmek yararlı olacaktır:

- Genelleştirme ve kartografya ile uğraşan çoğu uzman, genelleştirmenin bir problem olduğunun bilincindedir. Ancak hiç kimsenin genelleştirmenin amaçlarının ne olması gerektiği, hangi ölçek aralığına, hangi obje sınıflarına ya da yöntemlere yoğunlaşmak gerektiği konularında açık bir model önerisi yoktur.
- Araştırmaların çoğunluğu (%80-90) karmaşık konulara yönelmek yerine ikincil konulara (çizgi basitleştirme gibi) ağırlık vermiştir.
- Günümüzdeki otomatik çözümlerde kullanılan veri modelleri ve veri yapıları eskimiştir, birleştirme ve öteleme gibi işlemleri kullanan geniş kapsamlı yaklaşımlar için yeterli değildir.
- Akademik araştırmalar, önemli ve acil çözüm bekleyen konular yerine, ilgili zamanda gündemde olan, kolay yayın yapılabilir konulara yönelmiştir.

3. BÜYÜK ÖLÇEKLİ VERİLERDE YOL ve BİNA OBJELERİNİN GENELLEŞTİRİLMESİ

3.1 Giriş

Bina ve yol objelerinin genelleştirilmesi özellikle 1:25000 ölçeğine kadar topografik harita üretiminde önemli ve ağırlığı olan bir işlemdir. 1:25000 ve daha büyük ölçekli topografik harita üretiminde her standart ölçeği temel harita olarak üretmek ya da tek bir temel harita bazında diğer ölçeklerdeki haritaları genelleştirerek elde etmek şeklinde iki yol izlenebilir. Konuyu Alman eyaletlerinde izlenen yöntemler bazında inceleyen **Menke (1983)** birinci yöntemin her ölçekte farklı karakterde ürün ortaya çıkması nedeniyle sakıncalı olduğu sonucuna varmaktadır. Konu sayısal bazda ele alınırsa, farklı veri takımları arasında geometrik ve semantik tutarsızlıkların ortaya çıkması kaçınılmazdır. Almanya’da DGK5 ve TK25 olarak adlandırılan 1:5000 ve 1:25000 ölçekli standart harita takımlarının yapım yöntemi eyaletlere göre değişmektedir. Aşağı Saksonya (Niedersachsen) eyaletinde TK25 harita takımı DGK5 harita takımından genelleştirilerek üretilirken, Kuzey Ren Vestfalya (Nordrhein-Westfalen) eyaletinde her iki harita takımı da temel harita olarak üretilmektedir (**Menke, 1983**). Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsü’nde söz konusu ölçeklerde genelleştirmenin otomatize edilmesi yönündeki yoğun araştırmaların bir nedeni de şüphesiz eyalette TK25 takımının genelleştirilerek üretilmesidir.

Genelleştirmede “Hannover Ekolü” olarak da tanınan Hannover Üniversitesinin çalışmaları yetmişli yılların başından beri sürmektedir. Bina genelleştirmesi konusunda ilk çalışmalar **Staufenbiel (1973)** tarafından yapılmıştır. Staufenbiel 1:1000 ve 1:5000 ölçekli temel veriler bazında bina genelleştirmesi konusunda hem algoritmalar geliştirmiş, hem de zamanındaki yazılım ve donanım imkanlarıyla geliştirdiği algoritmaları uygulamıştır. **Grünreich (1985)** DGK5 harita takımının üretiminin otomatize edilmesi konusunu araştırmış ve Staufenbiel tarafından geliştirilen algoritmaları uygulamıştır. Bina genelleştirmesi konusunda çalışan diğer bir uzman **Meyer (1989)** bina genelleştirmesinde “template matching” (şablon uydurma) yöntemini uygulamıştır. Yol ve akarsu objelerinin genelleştirilmesi ve

işaretleştirilmesi konusunu inceleyen **Menke (1983)**, özellikle söz konusu objelerin kenar çizgilerinden eksenlerinin otomatik elde edilmesi ve eksenlerden çift çizgili yol işareti üretme konusunda algoritmalar ve yazılımlar geliştirmiştir. Birbirlerinden bağımsız genelleştirilen obje grupları arasındaki (örneğin binalar ve yollar) gösterim uyumsuzlukları, başka bir ifade ile genelleştirmede öteleme problemi konusunu **Lichtner (1976)** incelemiş ve bina ve yol objeleri arasındaki uyumsuzluklar için çözümler geliştirmiştir. Son olarak **Powitz (1993)** bina ve yol objeleri üzerinde geliştirilen çözümleri bir araya getirerek günümüzde CHANGE adı ile tanınan genelleştirme yazılımını oluşturmuştur.

3.2 Yol Objelerinin Genelleştirilmesi

Yol objelerinin genelleştirilmesi genel anlamda çizgisel objelerin (akarsu, demiryolu vb.) genelleştirilmesi problemidir. Bölüm 2'de de değinildiği gibi çizgisel objeler üzerine yapılan araştırmaların büyük bir çoğunluğu çizgi basitleştirme üzerinedir. Oysa çizgi basitleştirme, çizgisel objelerin genelleştirmesinde uygulanan işlemlerden sadece bir tanesidir. Kartografik objelerin büyük bir çoğunluğunun ölçekli gösterildiği 1:1000 ölçekli verilerden başlayarak yol objelerinin genelleştirilmesi ele alınırsa karşılaşılan ilk problem yol eksenlerinin elde edilmesidir. Söz konusu ölçekte yollar, sınır çizgileri ile gösterilirler. Bu aşamada oluşan veri modelleri genel olarak yol eksenlerini içermezler. Yol objelerinin daha küçük ölçeklerde basitleştirilerek ve abartılarak gösterilmesi için eksenlerine gerek vardır.

Yol eksenleri oluşturulduktan sonra elde edilen modelin ilk aşamada topolojik olarak tutarlı olması beklenemez. Bu nedenle eksenler çizgi temizleme işlemleri uygulanarak iyileştirilirler. İyileştirilen eksenler üzerinde ağ topolojisi kurulur. Topolojik olarak tutarlı eksenlere topolojiyi zedelememek koşulu ile çizgi basitleştirme ve seçme işlemleri uygulanabilir. Bu noktada genelleştirilmiş ya da genelleştirilmemiş eksenler en kısa yol analizi vb. gibi CBS analizlerini yapabilmek için önemli bir iskelet oluştururlar.

Genelleştirilmiş eksenler aynı zamanda türetilmiş birincil model özelliğindedir. Başka bir ifade ile çeşitli CBS analizlerine olanak sağlarlar, ancak henüz görselleştirilmemişlerdir. Türetme harita ölçeğinde kartografik model, eksenlerin abartılarak çift çizgili işaretlere dönüştürülmesi ile elde edilir. Buradaki abartma deyimi, objelerin doğada olduğundan daha geniş olarak gösterilmesi nedeniyle tercih edilmiş olup söz konusu işlem aslında *işaretleştirme* olarak da düşünülebilir.

3.2.1 Yol aksenlerinin elde edilmesi

Genel olarak büyük ölçekli veri modellerinde yer almayan yol aksenleri, yol genelleştirmesinin iskeletini oluşturduklarından, sayısallaştırma yoluyla ya da otomatik olarak oluşturulmalıdır. Aksenlerin diğer bir fonksiyonu mekansal veri analizine (en kısa yol analizi vb.) altlık oluşturmalarıdır.

Yol objelerinin sınır çizgileri ile gösterilmesi en çok 1:10000 ölçeğine kadar mümkündür. 1:25000 ölçeğinde işaretleştirilmiş yol genişlikleri doğaya göre 2.5-3 kat daha geniştir. **Lichtner (1976)** bu konuda tablolar halinde daha kapsamlı bilgi vermektedir. Söz konusu abartmaya rağmen yerleşim merkezlerinde bazen işaretleştirilmiş yol genişliği doğadan daha dar olabilir. Böyle durumlarda ölçekli gösterim tercih edilebilir. Yolların abartılması, komşu objelerle (örneğin binalar) gösterim uyumsuzluklarına neden olacağından, aksen oluşturma sırasında doğal yol genişlikleri, daha sonra uygulanacak öteleme işleminde kullanılmak üzere öznitelik olarak saklanabilir.

Yol akseni oluşturmak için **Menke (1983)** üç yöntem önermiştir:

- Yöntem A:
 1. Aksenler klasik olarak sayısallaştırılacak altlığa çizilir.
 2. Aksenler ve yol genişliklerini belirlemek için belli sayıda sınır noktası sayısallaştırılır.
 3. Genişliklerin belirlenmesi için yazılım geliştirilir.
- Yöntem B:
 1. Aksenler klasik olarak sayısallaştırılacak altlığa çizilir.
 2. Aksenler ve sınırlar sayısallaştırılır.
 3. Sınırlar ve aksenlerden otomatik olarak genişlikler belirlenir.
- Yöntem C:
 1. Sınırlar sayısallaştırılır.
 2. Aksenler ve genişlikler yapıysallaştırılmış vektör formatında otomatik olarak belirlenir.

Menke (1983) C yöntemini benimsemiş ve bu yöntem için algoritma ve yazılım geliştirmiştir. Ancak bu yaklaşımda sayısallaştırma sırasında belli önkoşullar getirildiğinden her tür veri işlenemez. Günümüzde harita üreticisi kurumlar büyük ölçüde sayısal veri sağladıklarından, altlık verilerin genelleştirme öncesi sayısallaştırılmasına gerek kalmamaktadır. Bu noktada üretici kurumların sayısallaştırmada belli önkoşullara uymuş olmaları beklenemez. Böylesi sayısal veriler genellikle, DXF formatında alınıp verilen, söz konusu formatın doğası gereği

spagetti yapıdadırlar. Bu noktada bu tür verilerden eksen üretecek yöntemler geliştirmek gereklidir. Bu bağlamda aşağıdaki yöntemler uygulanabilir:

- Yöntem D:
 1. Spagetti yapıda veriler otomatik analiz edilir, yol objesi oluşturan sınır çizgileri belirlenir.
 2. Sınır çizgilerinden otomatik olarak eksen oluşturulur.
- Yöntem E:
 1. Yol sınır çizgileri üzerinde TIN modeli oluşturulur.
 2. TIN modelinden eksenler elde edilir.
- Yöntem F:
 1. Sınır çizgileri raster formatına dönüştürülür.
 2. Raster formatında eksenler üretilir.
 3. Eksenler vektör formatına dönüştürülür.
- Yöntem G:
 1. Eksenler interaktif olarak vektör formatında sayısallaştırılır.

Yukarıdaki yöntemlerden D, bu tez kapsamında uygulanmıştır. Yöntem E, **Jones ve diğ. (1995)** tarafından, Yöntem F, **Thomas (1998)** tarafından başarıyla uygulanmıştır. Aşağıdaki başlıklarda Yöntem C ve E hakkında daha ayrıntılı bilgi verilmektedir.

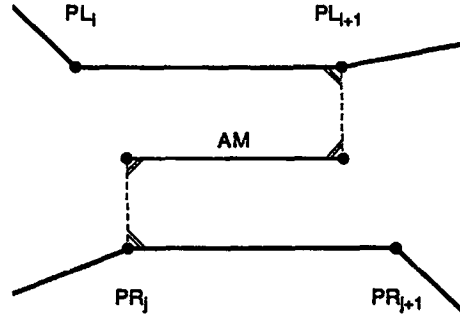
3.2.1.1 Yapısallaştırılmış vektör formatında eksen belirleme

Menke (1983) tarafından geliştirilen yöntem (Yöntem C) vektör verileri kullanmasına rağmen, sayısallaştırmada aşağıda sıralanan koşulları öngörmektedir:

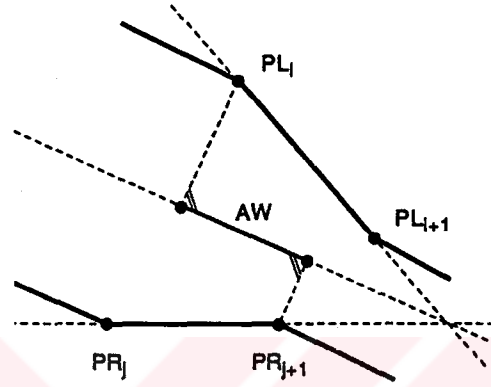
- Eşlenik sınır çizgileri aynı yönde sayısallaştırılmalıdır.
- Eşlenik sınır çizgileri veri tabanına sıra ile kaydedilmelidir.
- Her eşlenik sınır çizgi çifti, yalnızca bir tek yol objesine ait olmalıdır.
- İşlenecek verilerde eşlenik olmayan çizgiler olmamalıdır.

Vektör veriler üzerinde çalışan yöntem böylesi önkoşullar gerektirdiğinden “yapısallaştırılmış vektör veriler” deyimini tercih edilmiştir.

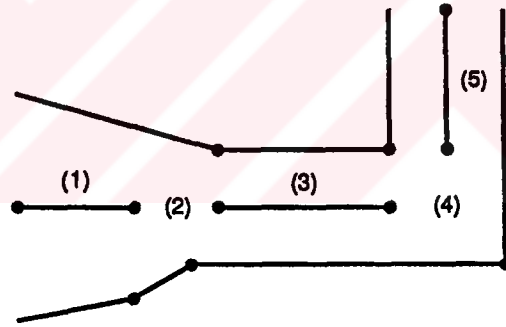
Menke noktasal eksen belirleme ve parça parça eksen belirleme olarak iki yaklaşımdan söz etmesine rağmen yalnızca ikinci yöntemi uygulamıştır. Noktasal yöntemde sınır çizgilerinin kırık noktaları analiz edilerek, parça parça eksen belirleme yöntemde ise sınır çizgilerinin karşılıklı parçaları analiz edilerek eksenler belirlenir. Bu başlık altında yalnızca ikinci yöntemden bahsedilecektir.



Şekil 3.1: Eksen elemanı: *orta paralel* (AM) (IfK, 1998)



Şekil 3.2: Eksen elemanı: *açıortay* (AW) (IfK, 1998)



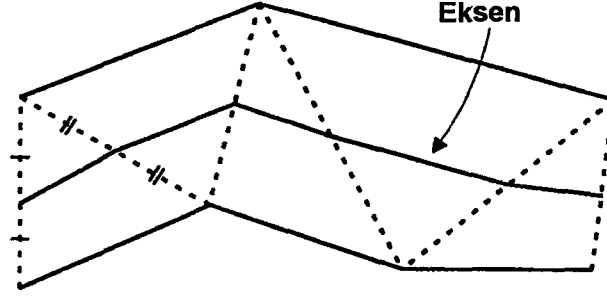
Şekil 3.3: Eksen elemanı: *ara parça* (2 ve 4) (IfK, 1998)

Parça parça eksen belirleme yöntemde sınır çizgilerinin karşılıklı parçaları analiz edilerek üç tür eksen parçası belirlenir. Parçalar birbirine paralel ise *orta paralel elemanı* üretilir (Şekil 3.1). Parçalar paralel değilse *açıortay elemanı* üretilir (Şekil 3.2). Açıortay ve orta paralel elemanları arasında kalan boşluklar *ara parça elemanları* ile doldurulur (Şekil 3.3).

3.2.1.2 TIN oluşturarak eksen belirleme

İngiliz kartograflar arasında ilgi gören bu yaklaşım, eksen oluşturma probleminin yanında bina genelleştirilmesi, öteleme gibi alanlarda da kullanılmaktadır (Jones ve

diğ., 1995). Bu yöntemde şartlı Delaunay üçgenlemesi yoluyla, sınır çizgilerine ait kenarlar üçgen kenarı olacak şekilde bir TIN modeli oluşturulur. Oluşturulan üçgenlerden bir kenarı sınır çizgisine ait olanlar izlenerek eksenler üretilir. Bu izleme sırasında sınır çizgisine ait olmayan kenarların (sanal kenarlar) orta noktaları yol eksenini oluşturan noktalardır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: TIN oluşturarak eksen üretme

3.2.2 Ağ topolojisinin kurulum aşısı ve çizgi temizleme işlemleri

Yol eksenleri hangi yöntemle üretilirse üretilsin topolojik olarak tutarlı olmaları beklenemez. Özellikle kavşak bölgelerinde yol eksenlerinde kopukluklar oluşur. Eksenler elle sayısallaştırma ile elde edilseler bile çeşitli hatalar içerirler. Bu nedenle sağlıklı bir ağ topolojisi kurabilmek için eksenlere çizgi temizleme işlemleri uygulanmalıdır. Söz konusu işlemler genel anlamda yalnızca topoloji oluşturmak için değil aynı zamanda geometrik veri kalitesini artırmak için gereklidirler. En önemli çizgi temizleme işlemleri Tablo 3.1'de şekillerle gösterilmiştir. Tabloda görülen işlemler, şekillerden de anlaşılacağı üzere belli tolerans değerleri içerisinde gerçekleştirilirler.

Eksenlere çizgi temizleme işlemleri uygulandıktan sonra uygun bir yazılımla ağ topolojisi kurulabilir. Ancak topoloji kurulabilmesi için verilerin hatalardan tamamen arındırılmış olması gerekir. Uygulanan temizleme işlemlerine rağmen verilerde bazı hatalar kalabilir. Pratik olarak hiç bir otomatik çizgi temizleme yazılımı topolojik uyumsuzlukların tümünü düzeltemez. Kullanılan yazılım arka planda (batch mod) çalışıyorsa, interaktif olarak hata ayıklamak son derece güçtür.

3.2.3 Çizgi basitleştirmesi

Yol objelerinin basitleştirilmesinde üç yöntem uygulanabilir (Menke,1983):

- Yol sınır çizgilerinden üretilen yol eksenlerinin basitleştirilmesi

- Eksen üretmeden önce yol sınır çizgilerini genelleştirerek, eksenlerin dolaylı olarak genelleştirilmesi
- Eksenlerden abartılarak üretilen çizgisel yol işaretlerinin genelleştirilmesi

Tablo 3.1: Çizgi temizleme işlemleri

İşlem	Temizleme Öncesi	Temizleme sonrası
Çift objelerin silinmesi		
Kısa parçaların kaldırılması		
Kesişen Objelerin kopartılması		
Eksiklerin (Undershoot) tamamlanması		
Düğüm noktalarının düzeltilmesi		
Pseudo (sözde) düğüm noktalarının kaldırılması		
Fazlalıkların (Overshoot) kaldırılması		

Birinci yaklaşım, yazılım geliştirme ve hesaplama tekniği bakımından en uygun yaklaşımdır. Ancak **Menke (1983)** bu yaklaşımda öteleme için hesaplanacak ve her eksen noktası için depolanacak doğadaki obje genişliğine ilişkin bilgilerin korunamayacağı gerekçesi ile ikinci yaklaşımı tavsiye etmektedir. İkinci yaklaşımda yol sınır çizgilerinde yer alan cep vb. gibi girinti ve çıkıntıların yol eksenine etkisi de azaltılmış olur. Ancak sınır çizgilerinde basitleştirme uygulanırsa bile, otomatik eksen üretme yöntemleri eksenlerde gereksiz nokta yoğunluğuna yol açabilirler. Bu nedenle ikinci yaklaşımda elde edilen eksenlere de çizgi basitleştirilmesi uygulanması gerekebilir. Eksenlerde çizgi basitleştirilmesi uygulanırken topolojik tutarlılığın korunması açısından başlangıç ve bitiş noktalarının değişmemesine dikkat edilmelidir. Çift çizgili işaretlerde paralelliğin basitleştirme sonrası korunması garanti edilemeyeceğinden, üçüncü yaklaşımın uygulanması, kartografik olarak tatmin edici sonuçlar vermez.

Douglas ve Peucker, çizgi basitleştirmesinin, nokta eliminasyonu yoluyla, çizgiye matematiksel fonksiyon uydurarak ve belli kartografik özellikteki parçaları silerek uygulanabileceğini belirterek, sayısal ortamda son iki yaklaşımın uygulanmasının çok karmaşık ve zaman alıcı olması nedeniyle nokta eliminasyonunu tavsiye etmektedirler (Cromley, 1992). Sayısal kartografyada çizgiler, nokta dizileri biçiminde depolandığı için, nokta eliminasyonu dışındaki yaklaşımların uygulanması gerçekten pratik değildir. Bu nedenle çizgi basitleştirme konusunda geliştirilen yöntem ve algoritmaların büyük bir çoğunluğu nokta eliminasyonu prensibine dayanır.

Çizgi basitleştirmede çizgi üzerinde n . noktayı atma algoritmasından, çizgiyi global olarak analiz ederek nokta seyrelten algoritmalara kadar çok sayıda algoritma geliştirilmiştir. Çizgi basitleştirme algoritmalarının kapsamlı bir analizini yapan McMaster (1987) geliştirilen algoritmaları beş kategoride sınıflandırmıştır.

Tablo 3.2: Çizgi basitleştirme algoritmalarının, hesaplamanın geometrik genişliği bakımından sınıflandırılması (McMaster, 1987)

No	Kategori
1	Bağımsız nokta algoritmaları
2	Yerel algoritmalar
3	Genişletilmiş koşulsuz yerel algoritmalar
4	Genişletilmiş koşullu yerel algoritmalar
5	Global algoritmalar

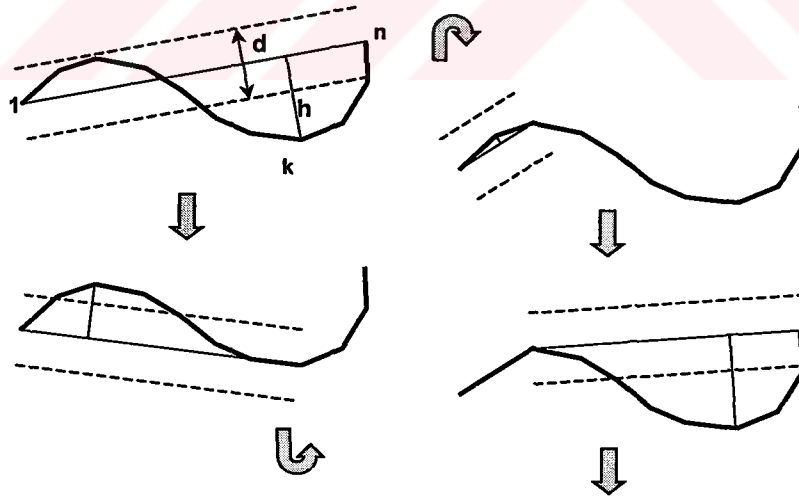
Birinci kategorideki algoritmalar son derece basit olup komşu noktalar arasındaki herhangi bir matematiksel ilişkiyi dikkate almazlar. Bu kategoriye en iyi örnek n . noktanın (2.,3.,4. vb.) korunduğu n . nokta algoritmasıdır. Böylesi teknikler hesaplama açısından iyi olsalar da etkin görselleştirme gerektiren çalışmalarda kullanılamazlar. İkinci kategoride yer alan yerel algoritmalar, noktayı koruyup korumama kararını vermek için en yakın noktaların özelliklerinden yararlanırlar. Örneğin Tobler tarafından önerilen bir yaklaşımda iki nokta arasındaki uzaklık türetme ölçekteki çizgi kalınlığından daha az ise noktalardan biri elimine edilir. Üçüncü kategoride ele alınan genişletilmiş koşulsuz yerel algoritmalar, yerel algoritmalarından farklı olarak en yakın komşu noktaların ötesinde çizginin parçalarını analiz ederler. Söz konusu parçaların genişliği çizginin karmaşıklığı, nokta yoğunluğu vb. faktörleri içeren çeşitli kriterlere göre belirlenir. Bu kategoriye örnek olarak, arama bölgelerini tanımlamak için iki paralel çizgi kullanan *Reumann-Wittkam* algoritmasıdır. Bir arama bölgesinin ilk paralel çizgileri belirlendikten sonra, paralellerden biri çizgiyi kesene kadar çizgi işlenir. Dördüncü kategorideki

algoritmalar da üçüncü kategori gibi çizgiyi parçalar halinde işlerler, ancak bu kategoride arama bölgeleri belli şartlarla kısıtlanır (McMaster, 1987).

Beşinci kategoride farklı, bütünsel bir yaklaşım söz konusudur. İlk dört kategorideki algoritmalar çizgiyi sıra ile parçalar halinde işlerken, global algoritmalar çizgiyi işlerken onu kendi bütünlüğü içinde ele alırlar. Kartografyada yaygın olarak kullanılan tek global algoritma Douglas-Peucker algoritmasıdır. Algoritma geliştirenleri tarafından aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

“Bu yöntem, sabit nokta olarak ilk noktanın ve gezici nokta olarak son noktanın tanımlanmasıyla başlar. Bu iki nokta bir doğru tanımlar. Çizgi üzerindeki ara noktalar sabit ve gezici noktaların oluşturduğu doğruya inilen dikin en büyük olduğu noktayı bulmak üzere test edilir. Söz konusu noktadan inilen dikin boyu maksimum tolerans uzaklığından küçük ise doğru parçasının tüm çizgiyi temsil etmek için yeterli olduğu kabul edilir. Bu koşul gerçekleşmezse doğruya en uzak olan nokta, yeni gezici nokta olur.” (McMaster, 1987)

Bu algoritmada kullanıcıların bir tolerans bandı ya da koridoru (d) belirlemesi gerekir. Algoritmanın genelleştirme derecesi yalnızca bu parametreye bağlıdır. Algoritmanın çalışma biçimi ve d parametresinin etkisi Şekil 3.5’ de gösterilmiştir. Şekilde görülen noktalardan 1 sabit nokta, n gezici nokta, k ise 1- n doğrusuna en uzak noktadır. h ise k noktasından 1- n doğrusuna inilen dikin boyudur.



Şekil 3.5: Douglas-Peucker algoritması

Çizgi genelleştirme algoritmalarında topolojik tutarlılığın güvence altında tutulması önemli bir problemdir. Bu tür algoritmaların doğası gereği ek önlemler alınmazsa çizgilerin kendi kendilerini kesmeleri gibi topolojik tutarsızlıklar engellenemez.

Saalfeld (1999) Douglas-Peucker algoritmasını topolojik tutarlılığı koruyacak şekilde uygulayarak yeni bir yaklaşım geliştirmiştir.

Çizgi genelleştirilmesi konusunda geliştirilen algoritmaların sayısal olarak çok fazla olması nedeniyle başka algoritmalar hakkında bu başlık altında daha fazla bilgi verilmeyecektir. Bu konuda daha kapsamlı bilgiler için **McMaster (1987)**, **Cromley (1992, s.216)**, **Barber ve diğ. (1995)**, **Jenks (1989)**, **Plazanet ve diğ. (1995)**, **Müller (1987)** gibi kaynaklardan yararlanılabilir.

3.2.4 Yol objelerinde seçme

Yol objelerinde uygulanacak önemli bir temel genelleştirme işlemi seçmedir. Çizgi basitleştirme işleminde yol objelerinde nokta seyreltmesi uygulanırken seçme işleminde objenin genelleştirilmiş modele alınıp alınmaması kararı verilir. Seçme işlemi temel olarak koşulsuz seçme ve koşullu seçme olarak ikiye ayrılır.

Koşulsuz seçme işleminde türetme model obje katalogunda yer almayan, başka bir deyişle türetme harita işaret tablosunda yer almayan obje grupları herhangi bir işlem yapılmaksızın toptan elimine edilir. Burada belli obje sınıflarının tamamen elimine edilmesi söz konusudur. Ancak bazı objelerin temel ve türetme modeldeki grupları farklı olabilir. Objelerinin belli bir dönüşüm listesine göre değiştirilmesi de şartsız seçme işlemi kapsamında düşünülür. Objelerinin değiştirilmesi aslında ölçek küçülmesinden dolayı obje sınıflarının azaltılması olduğundan burada sınıflandırma işlemi de söz konusudur.

Koşullu seçme işleminde ise, türetme modelde yer alan ancak belli şartlara göre kısmen elimine edilmesi gereken objeler söz konusudur. **Menke (1983)** koşullu seçme işleminde göz önüne alınması gereken koşulları üç grupta toplamıştır (Tablo 3.3). Seçme işlemlerinde grafik ve yapısal türde koşulların göz önüne alınması daha uygundur. Genellikle tüm koşulların aynı zamanda ve eşdeğerli olarak dikkate alınması mümkün değildir. Bu yüzden ölçek değişim oranına, ilgili obje türüne ve ilgili harita içeriğine göre öncelikler belirlenmelidir (**Menke, 1983**).

Tablo 3.3: Koşullu seçme işleminde göz önüne alınacak kriterler

Koşul Türü	Koşullar
Grafik	Alan ve uzunluk açısından grafik limitlere uyulması, dolu ve boş alanların oranının korunması, işaret tablosunun etkisi
Geometrik	Alanların, uzaklıkların, oranların, dikliklerin, doğrusalıkların, paralelliklerin korunması
Yapısal	Diğer objelerle komşulukların ve fonksiyonel ilişkilerin dikkate alınması

Koşullu seçme işleminde nicel ve nitel olarak iki grupta toplanabilen kurallar belirlemek gereklidir. Nicel kural olarak kartografik literatürde en çok tanınan ve 2. Bölümde tartışılmış olan Töpfer'in seçme kuralıdır. Bu tür kurallar geliştirmek için başka araştırmalar da yapılmıştır. Bu tür çalışmalarda elde edilen kuralların geçerliliği, üzerinde çalışılan harita takımı ya da haritanın belli bir kesiti ile sınırlı olacağı açıktır. Öte yandan bu tür kurallar seçme işlemi ile ne kadar obje elimine edilmesi gerektiği hakkında fikir verirler, ancak hangi objelerin atılacağı hangilerinin korunacağı hakkında bir yorum getirmezler. Bu nedenle nitel kurallar, bilgisayar destekli seçme işlemi için daha önemlidir.

Menke (1983) yol objeleri için çeşitli seçme kuralları geliştirmiştir. Menke, obje genişliği, uzunluğu ve sınıflandırmasına dayalı kuralların, incelediği 1:25000 ölçekli haritalar ile %95 uyumlu olduğunu belirtmektedir (Tablo 3.4).

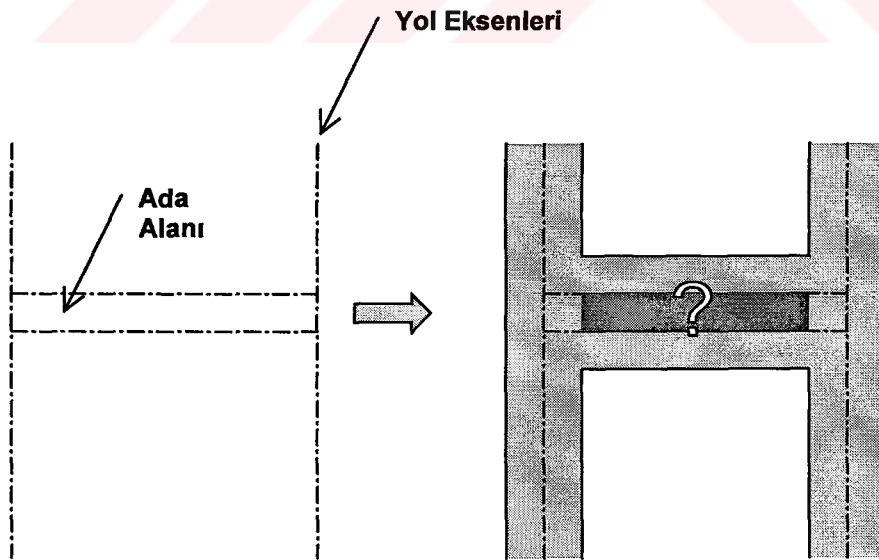
Tablo 3.4: Yol objeleri için genişlik ve uzunluk kriterlerine göre eliminasyon kuralları (Menke, 1983), B: obje genişliği, L: obje uzunluğu

Ölçek Değişimi	Yol Objesi	Çıkma sokaklar	Ara yollar
1: 5000 - 1:25000		B<5m ve L<50m	B<3m ve L<50 m
1: 25000 - 1:50000		B<6m ve L<100m	B<3m ve L<75 m
1:50000 - 1:100000		L<200m	--

Seçme kuralları geliştirmek için diğer bir yaklaşım da, yolların oluşturduğu ada alanlarını incelemektir. Çıkma sokaklar dışında oluşan yol ağı, kapalı alanlar ya da adalar tanımlar. Bu alanlar genelleştirme bölgeleri olarak düşünülebilir. Genelleştirme sonrası genelleştirme bölgelerinin alanlarında, yollardaki abartma ve işaretlenmeden dolayı azalma olur. Ada alanlarındaki azalma oranı seçme için kriter olarak kullanılabilir. Bu oran aynı zamanda işaretlenmenin mümkün olup olmadığı hakkında da fikir verir. Çok küçük ada alanları söz konusu olduğunda işaretlenme ile ortaya çıkan yol alanları birbiri ile kesişebilir. Bu ise istenmeyen bir etkidir (Şekil 3.6). Şekil 3.6'da ada alanı yeteri kadar büyük olmadığından işaretlenmiş yol objelerinin gösterimi mümkün olmamaktadır. Böylesi durumlarda söz konusu ada, eksenlerden biri elimine edilerek komşu adalarla birleştirilebilir. Uzunluğu fazla, ancak genişliği az adalarda alan değeri büyük olmasına rağmen işaretlenme mümkün olmayabilir. Böylesi durumlar için ada alanı, adayı oluşturan poligon üzerinde birbirine en uzak iki nokta arasındaki uzaklığa bölünerek bir parametre hesaplanabilir. Bu parametre, ince uzun şekilli adalarda yaklaşık ada genişliği hakkında bir fikir verir. Ada alanı yeteri kadar büyük, ancak parametre işaret genişliğinden küçük ise yine işaretlenmenin problemli olacağı anlaşılır.

Yol eksenlerinde seçme amacıyla yol eksenlerinin oluşturduğu adaların analizi, problemi, alansal objelerin geliştirilmesi problemine indirgemektedir. Bu noktada bina geliştirilmesi ya da arazi kullanım haritalarının geliştirilmesi için geliştirilmiş yöntem ve algoritmalarından yararlanılabilir. Ancak oluşan geliştirme adaları içerisinde yer alan çıkmaz sokaklar alansal objeler için geliştirilmiş yöntemlerin uygulanmasını son derece güçleştirir. Özellikle çıkmaz sokak eksenlerinin komşu eksenlere yakın olması yine işaretlemede problemlere neden olabilir. Bu nedenle çıkmaz sokakların eliminasyonunda komşu objelerle ilişkiler önemlidir.

Yol objelerinde seçme işleminde kullanılacak bir diğer yöntem *Graph Teorisi*'dir (Çizge Kuramı). Konuyu Franke'nin yaptığı çalışma ışığında inceleyen **Menke (1983)**, bu yaklaşımın daha çok akarsu ağı üzerinde uygulanabileceğini, yol objeleri için uygun olmadığını ifade etmektedir. Graph Teorisinde çizgisel objeler üzerinde düğüm noktaları ve kenarlardan oluşan bir topolojik ağ kurulur. Bu yapıda her kenar iki düğüm noktasını birleştirir ve kenarların yönleri vardır. Ağ üzerinde düğüm noktalarının konumları analiz edilerek, her düğüm noktasının gücünü ifade eden katsayılardan oluşan bir matris hesaplanır. Bu katsayılara göre ağ geliştirilebilir. Ancak bu yaklaşımda objeler değil, kenarlar elimine edilmektedir. Yol objeleri ise birden çok kenardan oluşmaktadır ve seçme işlemi obje bazında uygulanmak zorundadır. Öte yandan kenarların yönlerinin tanımlı olması, akarsu objeleri için anlamlı, yol objeleri için anlamsızdır.



Şekil 3.6: Seçme işleminde ada alanının fonksiyonu

3.2.5 İşaretleştirme

1:25000 ve daha küçük ölçekli topografik haritalarda yollar, sabit genişlikte, genelde doğaya göre daha geniş çizgisel işaretler ile gösterilir. Topografik harita çizim yönetmelikleri yolları çeşitli kategorilere ayırırlar ve kategorilerin görsel olarak ayırt edilmesi için çizgisel işaretler öngörürler. Bu kapsamda öncelikli olarak çift çizgili işaretler kullanılır. Yalnızca en düşük kategorideki yollar (ya da patikalar) tek çizgili olarak gösterilir.

Topografik haritalardan fiziki haritalara geçiş için sınır kabul edilebilecek 1:500000 ölçeğinden itibaren yollar çoğunlukla tek çizgili olarak gösterilir. Bunun temel nedeni ölçek küçülmesiyle yol kategorilerinde sayısal olarak azalma düşünülebilir. Söz konusu azalma görsel olarak daha etkin ve ayrıntılı bir iletişime imkan veren çift çizgili gösterime gerek duyulmamasına neden olmaktadır.

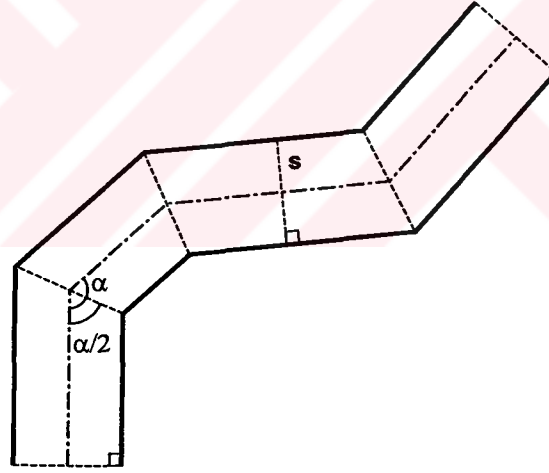
Görsel iletişim açısından tek çizgili ve çift çizgili gösterim karşılaştırılırsa, tek çizgili gösterimde çizgi kalınlığı ve rengi olmak üzere iki görsel değişken söz konusudur. Çizgi renginin açık tonlara doğru değişmesi çizginin algılanmasını güçleştireceğinden tek çizgili işaretlerde çizgi kalınlığı daha etkin bir değişken olarak ortaya çıkar. Çift çizgili işaretlerde ise, işaret genişliği (ya da kalınlığı), sınır çizgilerinin kalınlığı ve rengi, sınır çizgileri arasında kalan alanın (dolgu) rengi olmak üzere dört görsel değişken etkili olur. Özellikle işaret genişliği ve dolgu rengi değişkenleri tek çizgili işaretlere göre oldukça fazla yol kategorisinin gösterilebilmesine olanak sağlarlar. Çift çizgili gösterimin bir diğer yararı ise yolların doğadaki görünümünü görsel olarak daha iyi temsil etmeleridir. Çift çizgili gösterim, yol ekseninin de eklenmesiyle daha da zenginleştirilebilir (Üç çizgili gösterim). Bu durumda bir görsel değişken daha eklenmiş olur.

Klasik kartografyada yaygın olarak kullanılan ve gerekçeleri kısaca yukarıda açıklanmış olan çift çizgili gösterim geleneğinin sayısal kartografyada da devam ettirilip ettirilmemesi konusu çeşitli uzmanlarca tartışılmıştır. Bu tartışmanın temel nedeni, sayısal ortamlarda çift çizgili gösterimin uygulanmasının tek çizgili gösterime göre fazladan yazılım geliştirme, hesaplama yükü getirmesidir. Konuyu oldukça kapsamlı olarak tartışan **Menke (1983)** görsel iletişim açısından çok daha güçlü olan çift çizgili gösterimin sayısal ortamlarda da devam ettirilmesi gerektiğini önermiş ve bu amaçla yöntem ve yazılım geliştirmiştir.

Menke (1983) çift çizgili işaretlerin oluşturulmasında iki yaklaşımdan söz etmektedir. Birinci yaklaşımda objenin doğadaki genişliği dikkate alınmaksızın eksene göre paralel çizgiler oluşturularak sabit genişlikli işaretler elde edilir. İkinci

yaklaşımında ise işaret genişliği değişkendir. Bu yaklaşımda en küçük işaret genişliği belirlenir. Objenin doğadaki genişliği bu değerden küçükse bu değer, büyükse orijinal genişlik işaret genişliği olarak alınır. Menke (1983) ikinci yaklaşımı önermesine rağmen, söz konusu yaklaşımda eksenlerin ve sınır çizgilerinin birlikte analiz edilme zorunluluğu, eksenlerle sınır çizgilerinin uyumlu olması için çizgi basitleştirmesinin eksen oluşturmada önce sınır çizgilerinde uygulanma zorunluluğu ve bunun neden olacağı uyumsuzluk (bkz. 3.2.3) göz önüne alınırsa yaklaşımın uygulanması oldukça zordur. Menke ikinci yaklaşımı yazılım geliştirme bazında gerçekleştirmiş olmasına rağmen, uygulama güçlükleri nedeniyle Hannover Üniversitesinde geliştirilen genelleştirme yazılımında ilk yaklaşım kullanılmıştır (IfK, 1998) (Şekil 3.7).

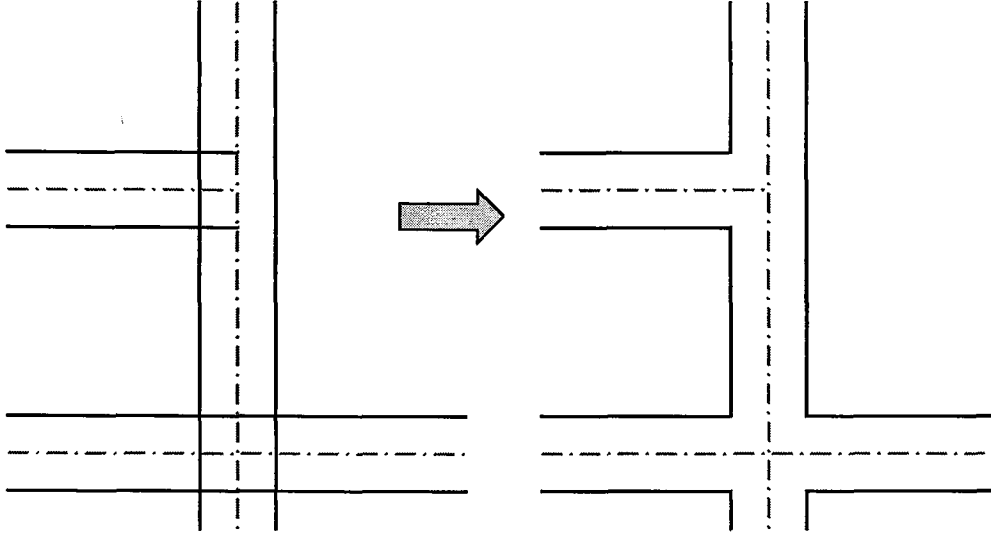
Çift çizgili işaretlerin Şekil 3.7’de görüldüğü gibi yol eksenine paralel olarak oluşturulması klasik kartografyada kullanılan gösterimi sayısal ortamda elde etmek için yeterli değildir. İşaret sınır çizgileri arasındaki renk dolgusunu sayısal ortamda elde etmek için işaret sınır çizgileri ile tam çakışan, eksenin başlangıç ve bitiş yönlerinde kapalı, poligonlar oluşturulabilir. Görselleştirme sırasında bu poligonların içi renk ile doldurulup, çizgileri görünmez yapılarak, renk dolgusu oluşturulur.



Şekil 3.7: Eksenlerden işaret oluşturma (s: işaret genişliği, α : kırılma açısı)

Sayısal ortamda çift çizgili işaret oluştururken karşılaşılan bir diğer problem kavşaklarda oluşan işaret uyumsuzluklarıdır (Şekil 3.8). Bu tür uyumsuzlukların giderilmesi ya da başka bir deyişle görsel ve grafik pisliklerin temizlenmesi gerekir. Menke (1983) bu amaçla yöntem ve yazılım geliştirmiştir. Menke işaret dolgular için kapalı poligon oluşturma yaklaşımını benimsemiş ve *Buffer Zone* olarak da nitelendirilebilecek bu kapalı poligonlardan çizgisel işaretlerdeki pisliklerin temizlenmesinde yararlanmıştır. Bu yaklaşımda kapalı poligonların içinde çizgilere

ait nokta olup olmadığı *Point in Polygon Testi* ile araştırılır, nokta bulunursa ilgili çizginin poligonun içine düşen kısmı kesilip atılır.



Şekil 3.8: Çift çizgili işaretlerde kavşaklara ortaya çıkan uyumsuzluklar

3.3 Bina Objelerinin Genelleştirilmesi

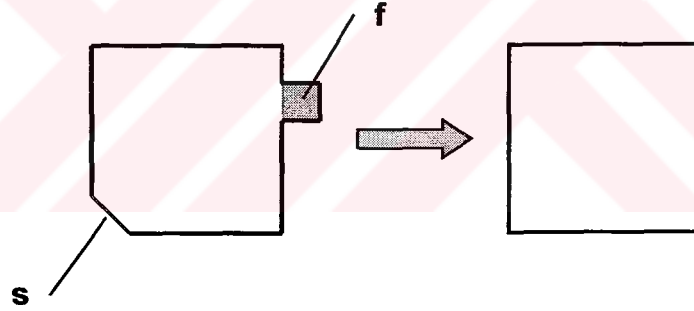
Bina genelleştirilmesi prensip olarak büyük ölçekli modellerin ya da haritaların genelleştirilmesinde uygulanır. 1:25000 ölçeğinden itibaren daha küçük ölçeklere geçildikçe tek bina gösterimleri giderek azalır, bloklar halinde bina gösterimleri kullanılır, önemli binalar nokta objelere dönüştürülerek işaretlerle gösterilmeye başlanır. Daha sonra yerleşim birimlerinin şekilleri kaba olarak gösterilir. 1:500000 ölçeğinden itibaren alan olarak en küçük yerleşim birimlerinden başlanarak yerleşim birimleri de nokta objeler gibi ele alınarak işaretlerle gösterilir. Bu düşüncelere dayanarak bina genelleştirmesinin en çok 1:25000 ve daha büyük ölçekli verilerde uygulanabileceği sonucu çıkartılabilir.

Büyük ölçekli verilerde bina genelleştirmesinde genelleştirmenin temel işlemlerinden basitleştirme ve birleştirmenin uygulanması önemlidir. Bu alanda uygulanan diğer temel işlemler seçme (alan olarak küçük objelerin atılması), sınıflandırmadır (obje özniteliklerinin değiştirilmesi). Bina sınır çizgilerinin basitleştirilmesinde bina objelerinin farklı karakterde olması nedeniyle 3.2.3’de tartışılan çizgi basitleştirme yöntem ve algoritmaları uygulanamaz. Bina sınır çizgilerinin ya da bina konturlarının basitleştirilmesi ile çizgi basitleştirmesinin karışmaması açısından tez metninde *kontur genelleştirilmesi* kavramı kullanılacaktır.

3.3.1 Bina sınır çizgilerinin genelleştirilmesi (Kontur genelleştirmesi)

Kontur genelleştirmesi konusunda ilk çalışmalar **Staufenbiel (1973)** tarafından yapılmıştır. Staufenbiel 1:5000 ölçekli haritalardan 1:25000 ölçekli haritaların elde edilmesi işleminde bina ve yol objelerinin genelleştirilmesi konusunu araştırmış, özellikle bina sınır çizgilerinin genelleştirilmesi konusunda yöntem ve algoritmalar geliştirerek bunları yazılım olarak da gerçekleştirmiştir. Staufenbiel'in geliştirdiği, binaları kapalı poligon objeleri olarak işleyen algoritmalar daha sonraki yıllarda Hannover Üniversitesinde başka uzmanlar tarafından ele alınmış, en son Powitz tarafından oluşturulan genelleştirme yazılımına entegre edilmiştir (**Powitz, 1993**). Topolojik bir yapı kurulmaması, sadece kapalı poligon yaklaşımının kullanılması, algoritmaların kapalı poligonların sayısallaştırma yönüne bağlı çalışması Staufenbiel yaklaşımının zayıf yönleri olarak değerlendirilmelidir.

Kontur genelleştirmesinin temel amacı, bina sınır çizgilerinde grafik limitlerin altına düşen kenarları, girinti ve çıkıntıları, binanın karakterine uygun olarak elimine etmektir (Şekil 3.9). Şekil 3.9'da görülen s kenarı ve f alanı grafik limitlerin altında kaldıklarından, başka bir ifade ile türetme harita ölçeğinde gösterilebilir olmadıklarından elimine edilmektedir.



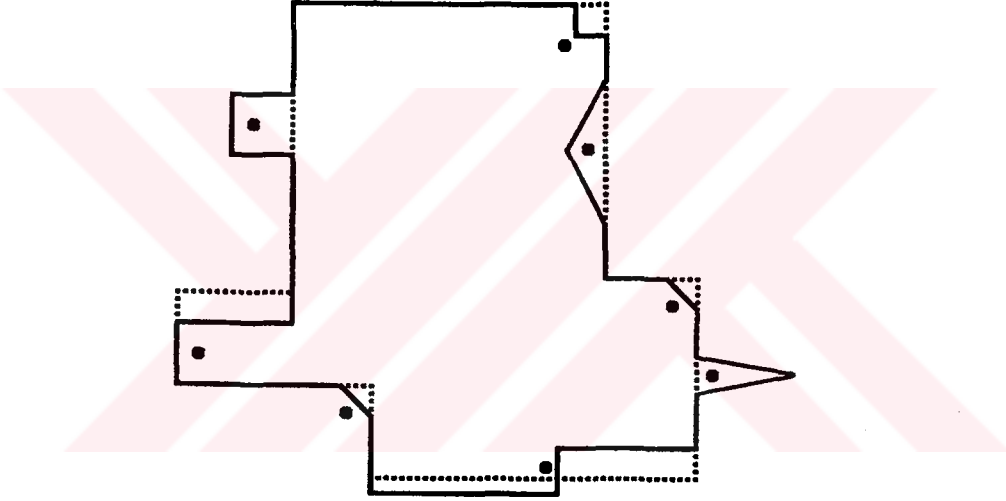
Şekil 3.9: Bina objelerinde kontur genelleştirmesi

Bina sınır çizgilerinde grafik gösterim limitleri açısından elimine edilmesi gereken geometrik şekiller her zaman Şekil 3.9'da olduğu kadar basit değildir. **Powitz (1993)** karşılaştırılması muhtemel tüm geometrik durumları içeren bir bina şekli vermiştir (Şekil 3.10). Şekilde genelleştirilecek elemanlar yanlarına nokta konularak, orijinal bina konturu sürekli, genelleştirilmiş bina konturu kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Şekil dikkatli olarak incelenecek olursa geliştirilen çözümlerin genelde dik açılı köşeleri olan objeleri temel aldığı görülür. Gerçekten de **Staufenbiel (1973)** konturlarında eğrisel elemanlar ya da parçalar içeren ve tam daire ya da elips biçimindeki binaları araştırmasının dışında bırakmıştır. Bina

konturlarındaki bu tür elemanların işlenmesi aşağıda ayrı bir başlık altında incelenecektir.

Staufenbiel (1973) tarafından geliştirilen, ayrıntıları söz konusu kaynakta verilen yöntemlerin bir diğer dikkat çekici yönü ise, binaların alansal büyüklüklerinde mümkün olduğunca az değişim olmasının sağlanmasıdır. Şekil 3.10'da da görüldüğü gibi atılacak ve abartılacak elemanlar alansal olarak grafik limitlerin üstünde ise alan dengelemesi yapılarak obje alanının fazla değişmesi engellenir. Bu yaklaşım, genelleştirme sonucu haritada boş alanın, dolu alana oranının (siyah-beyaz oranı) mümkün olduğunca korunması ilkesinden kaynaklanır.

Staufenbiel (1973) yaklaşımında en küçük kenar ve en küçük alan büyüklükleri kullanıcı tarafından belirlenir. Bu iki parametre genelleştirmenin derecesini belirler ve özenle seçilmelidir.



Şekil 3.10: Kontur genelleştirmesinde en genel durum (genelleştirilmesi gereken elemanlar nokta ile, orijinal kontur sürekli, genelleştirilmiş kontur kesikli çizgi ile gösterilmiştir.)

3.3.1.1 Bina sınır çizgilerindeki eğrisel parçaların genelleştirilmesi

Staufenbiel yaklaşımında bina konturlarındaki eğrisel parçaların göz ardı edilmesinin nedeni, yaklaşımın türetme ölçeğinin 1:25000 olarak düşünülmesi, bu ölçekte eğrisel bina konturlarının gösterilmesinin anlamlı olmayacağı kabulüne dayanmaktadır. Ancak kaynak veriler 1:1000, türetme verilerde 1:10000 ölçeğinde düşünülürse eğrisel parçaların göz ardı edilmesi iyi sonuç vermemektedir. Ayrıca binalarda dik köşeli sınır çizgilerinin basitleştirilmesi için geliştirilen algoritmalar, tüm kenarların grafik limitlerin altında olduğu eğrisel parçalarda istenmeyen etkilere neden olabilir. En azından bu gerekeç ile eğrisel parçalar belirlenmeli ve Staufenbiel

algoritmalarının bu parçaları işlemesi engellenmelidir. Eğrisel parçaları oluşturan kenarlar grafik limitlerin üstünde ise genelleştirmeye uğramazlar. Bu amaçla aşağıda ayrıntıları açıklanan yaklaşımdan yararlanılabilir.

Eğrisel parçaların işlenmesi, eğrisel parçanın belirlenmesi, belirlenen parçanın korunup korunmamasına karar verilmesi ve eğrisel parçanın genelleştirilmesi şeklinde üç aşamada gerçekleştirilir. Bina konturuna ait herhangi bir parçanın eğri parçası olarak kabul edilmesi için aşağıdaki koşullar gerçekleşmelidir:

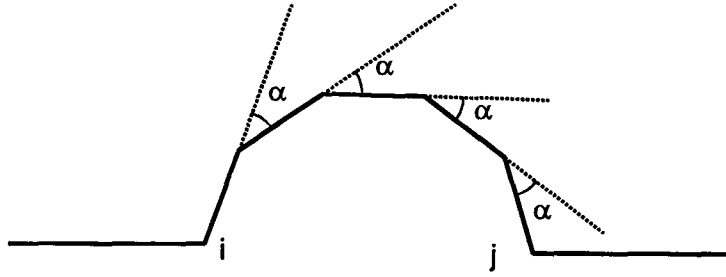
- Parçayı oluşturan tüm kenarlar, en küçük kenar büyüklüğünün altında olmalıdır.
- Tüm noktalarda oluşan kırılma açıları, aynı yönde ve kabul edilebilir bir açısız parametrenin altında olmalıdır (Şekil 3.11).

Uygun bir açısız parametre bulabilmek için düzgün çokgenlerden yararlanılabilir. Daha öncede belirtildiği gibi bina sınır çizgileri, doğru parçalarından oluşan kapalı poligonlarla sayısal ortamda tanımlanmaktadır. Bu yaklaşımda eğrisel parçalar yeteri kadar küçük doğru parçaları ile tanımlanırlar. Buna göre bir daire, içine çizilen bir düzgün çokgen ile temsil edilir. Çokgenin köşe sayısı artıka kenarlar küçülür ve çokgen daireye daha fazla yaklaşır. Uygun açısız parametre değerini bulmak için daireyi en az kaç köşeli düzgün çokgenin temsil ettiği incelenmelidir. En kaba yaklaşımda bir dairenin düzgün altıgen ya da sekizgen ile temsil edilebileceği kabul edilebilir. Buna göre köşe noktalarında oluşacak kırılma açıları (α) n düzgün çokgenin köşe sayısını göstermek üzere,

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n} \quad (3.1)$$

şeklinde hesaplanabilir. Buradan altıgen için 60° , sekizgen için 45° değeri bulunur. Aranılan açısız parametre için bu değerler kriter olarak alınabilir.

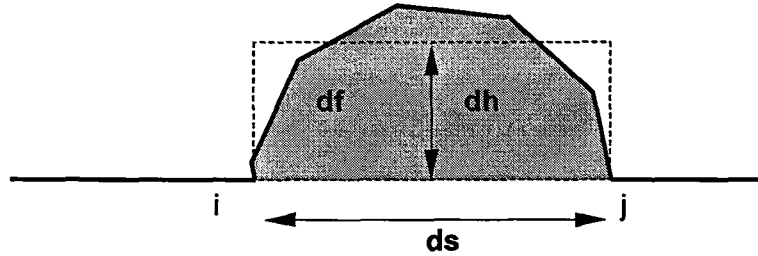
Eğri parçasının belirlenmesinde zaman zaman objenin tümünün eğrisel olması gibi bir özel durumla karşılaşılabilir. Bu tür objeler daire ya da elips biçiminde ya da yonca yaprağı biçiminde çok özel şekilli binalar olabilir. Objenin tümünün daire ya da elips olması durumunda eğrisel parçanın başlangıç ve bitim noktaları (Şekil 3.11'de i ve j) aynı nokta olurlar. Yonca yaprağı ya da benzeri özel şekiller için de uygun önlemler alınmalıdır.



Şekil 3.11: Eğrisel parçalarda kırılma açıları

Eğrisel parçaların belirlenmesinden sonra belirlenen parçanın korunup korunmaması, başka bir deyişle türetme model için seçilip seçilmeyeceği kararının verilmesi gerekir. Bu amaçla Şekil 3.12’de geometrik olarak gösterilmiş olan üç kriterden yararlanılır. Şekilde görülen ds eğri parçasının başlangıç ve bitim noktaları arasındaki uzaklık, df eğri parçasının alanı, dh ise alanı eğri parçasının oluşturduğu alan ile eşit olan dikdörtgenin yüksekliğidir. dh parametresi eğrisel parçanın oluşturduğu şeklin derinliği hakkında fikir vermek için kullanılır. Bu parametreler kullanılarak df_{min} en küçük alan büyüklüğünü, ds_{min} en küçük kenar büyüklüğünü göstermek üzere aşağıdaki kurallara göre eğri parçası elimine edilir ya da korunur:

- $df > df_{min}$, $ds > ds_{min}$, $dh > ds_{min}$ ise korunur
- $df > df_{min}$, $ds > ds_{min}$, $dh < ds_{min}$ ise, eğrisel parçanın atılması halinde objenin alanındaki değişim oranı belirlenir. Oran %10’dan az ise parça atılır, değilse korunur.

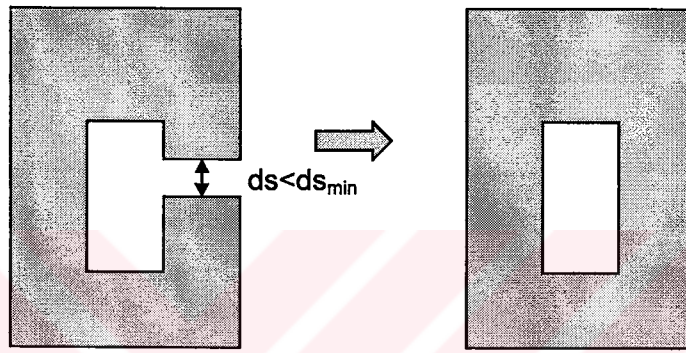


Şekil 3.12: Eğrisel parçalarda kullanılan seçme kriterleri

Eğri parçalarından yukarıda açıklanan testler sonucu korunması gerekenler, objeye uygulanacak Staufenbiel algoritmalarına karşı korunurlar. Bu parçalar istenirse uygun bir çizgi genelleştirme algoritması ile genelleştirilebilirler. Genelleştirmede ölçek değişimi çok fazla değilse (örneğin, 1:1000-1:10000), eğrisel parçalar grafik limitlerin altında kenarlar içerseler de aynen korunabilirler.

3.3.1.2 Kontur genişletmesinde iç avlular

Kontur genişletmesinde ortaya çıkabilecek bir özel durum da iç avlu oluşumudur (Şekil 3.13). Şekilde görülen ds uzaklığının grafik limitlerin altına düşmesi nedeniyle buradaki boşluk kapatılır. Bu aşamada herhangi bir önlem alınmazsa binanın içinde yer alan iç avlu yok edilmiş olur. Dış objenin kapatılmasından sonra içerde kalan kısım yeni bir kapalı poligon olarak tanımlanabilir. Eğer iç avlu, alan olarak yeteri kadar büyük ve dış objenin (bina) kenarlarından yeteri kadar içerde ise korunmalıdır. İç avluların bina objelerinden ayırt edilmeleri farklı bir öznitelik tanımı ile yapılır. Kullanılan veri tabanında uygun bir öznitelik tanımlanarak dış obje ile iç avlunun ilişkisi de sağlanmalıdır.



Şekil 3.13: Kontur genişletmesinde iç avlular

3.3.2 Bina objelerinin geometrik birleştirilmesi

Bina objeleri arasındaki uzaklıklar grafik limitlerin altında ise birleştirilirler. Birleştirme öznitelikler dikkate alınarak ya da alınmayarak iki şekilde yapılabilir. Öznitelikler dikkate alınmazsa, geometrik koşullar uygun oldukça birleştirme yapılır. Öznitelikler dikkate alındığında objeler ikişer ikişer karşılaştırılarak öznitelikler uyuyorsa birleştirme yapılır, uyumuyorsa yapılmaz.

Birleştirme ne şekilde yapılırsa yapılsın, objelerin ikişer ikişer karşılaştırılması söz konusu olduğundan bir veri tabanında bulunan bir obje grubu işlenirken belli bir hiyerarşiye ihtiyaç vardır. Çok sayıda objenin birbirine yakın konumlarda bulunduğu ve sonuçta birçoğunun birleştirileceği düşünülürse hangi sırada karşılaştırma yapılacağına bilinmesi zorunludur. Böyle bir hiyerarşi objelerin alansal büyüklüklerine göre oluşturulabilir. Veri tabanındaki objeler en büyükten en küçüğe doğru sıralanır. En küçük obje, en büyükten başlanarak diğerleriyle karşılaştırılmaya başlanır. Birleştirilmesi uygun bir obje bulunduğu anda objeler birleştirilir, eski objeler veri tabanında silinir ve alan listesinden çıkartılır, yeni obje veri tabanına kaydedilir,

alan sıralaması yeni objeyi kapsayacak şekilde güncelleştirilir. Bu şekilde birleştirme sonucu oluşan yeni objeler de tekrar başka objelerle birleştirilir.

Geometrik birleştirmede en genel anlamda iki durum vardır. Objeler birbirine çok yakın ya da bitişik olabilir veya objeler arasındaki uzaklık grafik limitlerin altındadır. Birinci durumda gerekli kesişim hesapları yapılarak objeler birleştirilir (Objeye kesiştirme yöntemi). İkinci durumda iki yöntem uygulanabilir. İlgili obje kenarları uzatılarak, objelerin mutlak konumları değişmeden birleştirme yapılır (Bağlama) ya da küçük obje büyük objeye doğru ötelenerek birleştirme yapılır (Öteleme).

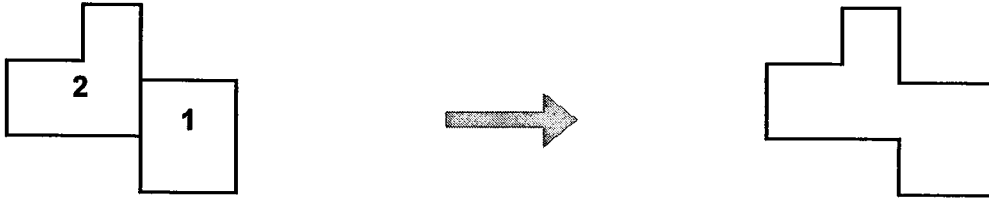
Şekil 3.14'de üç yöntem de geometrik olarak gösterilmiştir. Şekilde ds_{min} en küçük kenar büyüklüğünü, df_{min} en küçük alan büyüklüğünü göstermektedir. Objeler birbirine bitişik olmadığı zaman hangi yöntemin uygulanacağına küçük objenin alansal büyüklüğüne göre karar vermek mümkündür. Küçük obje df_{min} 'den küçükse öteleme tersi ise bağlama yöntemi uygulanabilir. Bu noktada ds_{min} ve df_{min} parametrelerinin kontur genelleştirmesinden farklı olarak seçilebileceğini belirtmek gerekir. Başka bir ifade ile yöntem belirlemede etkili olan df_{min} parametresinin mutlaka grafik limitlere göre belirlenmesi gerekmez, daha büyük bir değer seçilebilir. Yöntem belirlemede küçük objenin alansal büyüklüğü yanında iki objenin alanlarının oranı da dikkate alınmalıdır. Büyük obje, küçük objeden örneğin %10 daha büyükse, obje alanı df_{min} 'den küçük olsa dahi ötelenmesi anlamlı olmaz.

Bağlama ve öteleme yöntemlerinin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Bağlama yönteminde toplam obje alanında artış olurken, korunan obje köşelerinin konumları değişmez. Öteleme yönteminde ise tam tersi söz konusudur, toplam obje alanı değişmez, korunan obje köşelerinin konumları değişir. Toplam obje alanının mümkün olduğunca değişmemesi, genelleştirme sonucu haritada dolu boş alan oranının oldukça sabit kalmasını sağlayacağından istenen bir durumdur.

Yukarıdaki düşüncelere göre ötelemenin daha yararlı olduğu sonucu çıkartılabilir. Ancak obje karşılaştırmasında uygulanan alansal hiyerarşi öteleme yönteminin istenmeyen sonuçlar vermesine neden olabilir. Şekil 3.15' de gösterilen üç objeden alan hiyerarşisi gereği ilk olarak en küçük olan 2 ve en büyük olan 3 karşılaştırılır. İki obje arasındaki h uzaklığı küçük olduğundan iki obje birleştirilir. Birleştirmede öteleme yapılırsa 2'nin konumu istenmeyen bir biçimde değişmiş olur. Bağlama yönteminde ise istenmeyen bir etki oluşmaz. Bu tür istenmeyen etkilere karşı ötelemeden ya tamamen vazgeçilir ya da df_{min} parametresi oldukça küçük alınarak ötelemenin etkisi azaltılır. Bir diğer çözüm yolu hiyerarşi yöntemini iyileştirmektir. Alan hiyerarşisinde küçük objeye ds_{min} den daha yakın en büyük obje bulunmakta ve

karşılaştırma yapılmaktadır. Bu yöntem küçük objeye en yakın, ancak daha büyük bir obje aranarak değiştirilebilir.

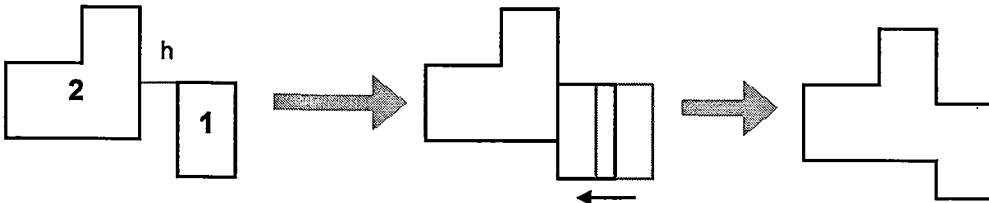
Objeye kesiştirme



Öteleme

$$h < ds_{min}$$

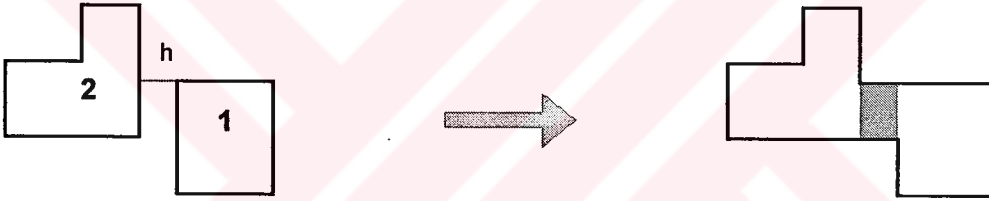
$$F_1 < df_{min}$$



Bağlama

$$h < ds_{min}$$

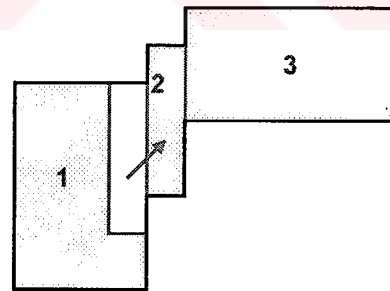
$$F_1 > df_{min}$$



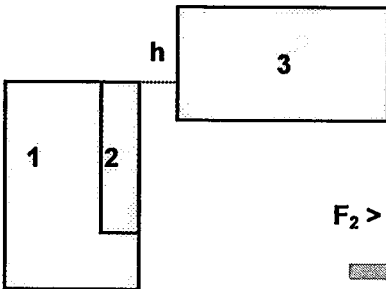
Şekil 3.14: Birleştirmede uygulanan yöntemler

Öteleme

$$F_2 < df_{min}$$

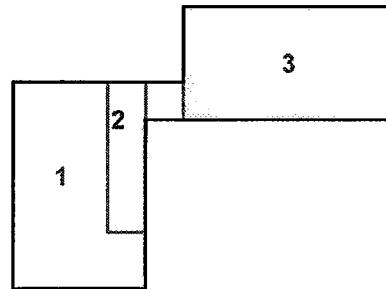


$$h > ds_{min}$$



$$F_2 > df_{min}$$

Birleştirme



Şekil 3.15: Alansal hiyerarşinin öteleme ve birleştirmeye olumsuz etkisi

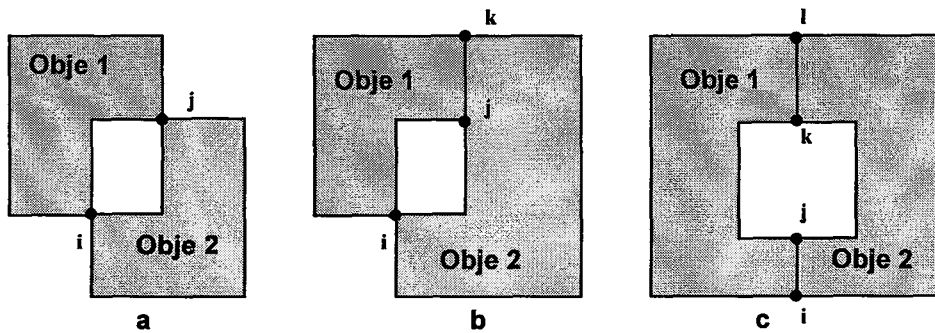
3.3.2.1 Birleştirmede oluşan i avlular

Kontur genelleştirmesinde olduğu gibi birleştirmede de i avluların oluşması mümkündür. İ avluların belirlenmesi için ek önlemler alınmazsa birleştirmede yok edilirler. İ avlu oluşumunu belirlemek için birleştirme öncesi iki objenin alanının toplamı yeni oluşan objenin alanı ile karşılaştırılır. İki değer arasında belirgin bir fark varsa i avlu oluştuğu sonucu çıkartılabilir. Alan farkının belirgin olup olmadığına karar vermek için en küçük alan byklğinden yararlanılabilir. F_1 ve F_2 birleştirilen obje alanlarını, F_n yeni oluşan obje alanını, df_{min} en küçük alan büyüklüğünü göstermek üzere,

- $F_n > F_1 + F_2 + df_{min} \Rightarrow$ iç avlu var
- $F_n < F_1 + F_2 + df_{min} \Rightarrow$ iç avlu yok

ilişkileri geçerlidir. İ avlular genel olarak Şekil 3.16'da geometrik olarak gösterilmiş üç farklı biçimde oluşabilir. Şekil 3.16-a'da 1 ve 2 nolu objelerin yalnızca iki ortak noktası vardır. Bu durumda birleştirme yapılmaz, i avlunun yeni bir obje olarak tanımlanmasına gerek yoktur. Şekil 3.16-b ve c'de ortak nokta sayısı 3 ya da daha fazladır. Bu durumda iç avlu yeni oluşan objenin içinde yer almaktadır, dış obje ile ilişkili yeni bir obje olarak tanımlanmalıdır.

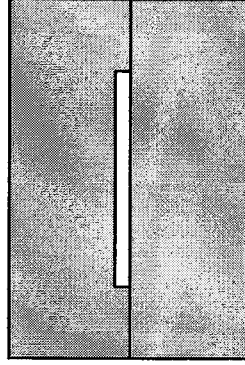
İ avluların oluşturulmasında iki objede ortak olan noktaların sayısı önemli rol oynar. Ortak nokta sayısının dörtten fazla olması i avlu sayısının birden fazla olduğunu gösterir. Burada ortak nokta olarak kabul edilen noktalar düğüm noktası niteliğindedir, kendilerinden bir önceki ya da sonraki noktalar ortak değildir. Örneğin, Şekil 3.16-b'de j ve k noktaları arasında yer alabilecek başka ortak noktalar i avlu oluşumunda herhangi bir rol oynamazlar ve bu bağlamda ortak nokta olarak dşnlmezler.



Şekil 3.16: Birleştirmede i avlu oluşumu

İ avlu oluşumunda alansal olarak yeteri kadar büyük, ancak şeritsel olan objelere karşı önlem alınmalıdır (Şekil 3.17). Bu amaçla obje alanı, obje köşe noktalarından

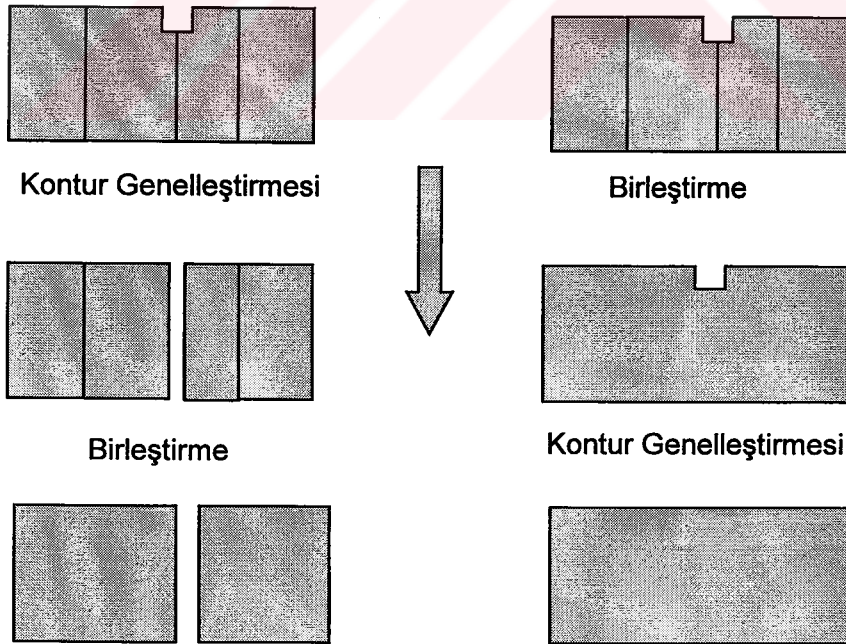
birbirine en uzak olan iki tanesinin arasındaki uzaklığa bölünerek yaklaşık obje genişliği elde edilir. Bu değer grafik limitlerin altında ise iç avlu elimine edilir.



Şekil 3.17: Şeritsel iç avlu oluşumu

3.3.3 Birleştirme ve kontur genelleştirmesinin uygulanma sırası

Bina genelleştirmesinde birleştirme ve kontur genelleştirmesinin uygulanma sırası elde edilen sonuçlar üzerinde önemli rol oynar. Birleştirme sonucu oluşan yeni objelerin grafik limitlerin altında kalan parçalar içermesi doğal olduğuna göre birleştirmeden sonra kontur genelleştirmesi uygulanması zorunludur. Üzerinde düşünülmesi gereken konu birleştirmeden önce de kontur genelleştirmesinin gerekli olup olmadığıdır.

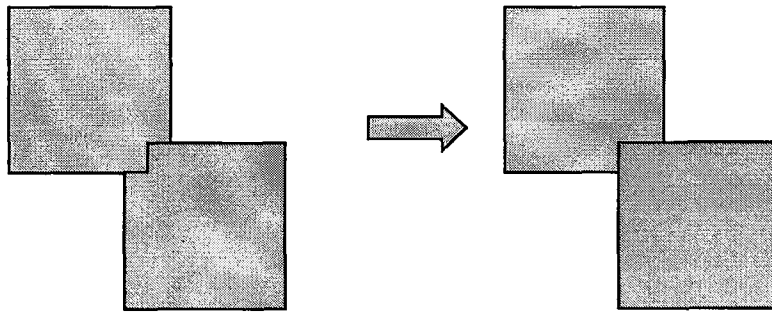


Şekil 3.18: Birleştirme ve kontur genelleştirmesinin uygulanma sırası

Birleştirme öncesi bina şekillerinin basitleştirilmiş olması birleştirmede kolaylık sağlar. Ancak birleştirme öncesi bina şekillerinin değiştirilmesinin birleştirmeye olumsuz etkileri vardır. Şekil 3.18’ de verilen örnekte birleştirmeden önce bina şekillerinde uygulanan basitleştirmenin birleştirmeyi olumsuz etkilediği görülmektedir. Özellikle birleştirmede iç avlu oluşması durumunda ortak noktaların (bkz. 3.3.2.1) değişime uğraması bazı durumlarda iç avluların kaybedilmesine neden olabilir. Bu tür risklerden sakınmak için seyrek yapılaşma dışında birleştirmeden önce kontur genelleştirmesinden kaçınmak gereklidir.

3.3.4 Geometrik-kavramsal birleştirme sonrası basitleştirme

Birleştirme işlemi öznitelikler dikkate alınarak yapılırsa geometrik-kavramsal birleştirme olarak nitelendirilebilir. Geometrik-kavramsal birleştirmede öznitelikleri uyumayan komşu objeler geometrik olarak birleştirilmeleri gerekse de birleştirilmezler. Böyle bir uygulamada birleştirme öncesi kontur genelleştirmesi yapılmadığı da varsayılırsa, birleştirme sonrası kontur genelleştirmesi yapılmak zorundadır. Ancak komşu oldukları halde birleştirilmeyen objelerde uygulanacak kontur genelleştirmesi, objelerde topolojik uyumsuzluklara neden olabilir (Şekil 3.19). Bu uyumsuzlukların temel nedeni Staufenbiel yaklaşımında objelerin bağımsız olarak genelleştirilmesi ve objeler arasındaki topolojik ilişkilerin dikkate alınmamasıdır. İki farklı yaklaşımla problem çözülebilir. Staufenbiel yöntemi objeler arasındaki topolojik ilişkileri dikkate alan bir veri yapısında uygulanarak geliştirilebilir. Böyle bir veri yapısı objelerin bağımsız kapalı poligonlar olarak değil, poligon topolojisi ile tanımlanmış alanlar olarak tanımlandığı bir yapı olabilir. Böyle bir yapıda ortak kenarlar tanımlı olduğundan bir objede yapılacak değişikliğin komşu objelere etkisi hemen belirlenebilir.



Şekil 3.19: Geometrik-kavramsal birleştirmede ortaya çıkan uyumsuzluklar

Diğer bir yaklaşım da, kontur genelleştirmesi sonucu oluşan genelleştirilmiş objeler geometrik olarak analiz edilerek, uyumsuzluklar belirlenir ve giderilir. Bu yaklaşımda Staufenbiel yönteminde herhangi bir modifikasyona gerek kalmaz.

Ancak topolojik uyumsuzluklar giderilirken objelerde yeniden grafik limitlerin altında kalan parçalar oluşabilir. Bu tür parçaların yeniden analizi ve elimine edilmesi ise oldukça güçtür.

3.4 Öteleme

Bina ve yol objelerinin birbirinden bağımsız genelleştirilmesi, yollardaki abartma (doğaya göre daha geniş gösterme) nedeniyle topolojik uyumsuzluklarının ortaya çıkmasına neden olur. Bu tür uyumsuzluklar yalnızca yol ve bina objeleri ile ilgili değildir. Birbirlerinden bağımsız genelleştirilen, ancak doğaları gereği birbirleriyle ilişkili olan kartografik objeler arasında her zaman topolojik uyumsuzluklar ortaya çıkabilir. Ancak genelleştirmede bütüncül bir çözümün geliştirilememesi, obje gruplarının bağımsız genelleştirilmesi için geliştirilen çözümlerin geçerliliğini koruması sonucunu doğurmaktadır. Bağımsız çözümlerin kısa vadede vazgeçilmez olması, çeşitli bilimsel çevreleri bağımsız çözümlerin neden olduğu problemlere çözümler geliştirmeye itmiştir. Başka bir ifade ile söz konusu uyumsuzlukların ortaya çıkmasını engellemek yerine, bunları çözen yaklaşımlar geliştirilmeye çalışılmıştır.

Öteleme konusunda yapılan ilk ve önemli çalışmalar **Lichtner (1976)** ve **Schittenhelm (1976)** dir. **Schittenhelm (1976)** eşyükseklik eğrilerinin genelleştirilmesi sonucu eğrilerin birbirini kesmesi ya da birbirlerine teğet olmaları gibi uyumsuzluklar üzerinde, **Lichtner (1976)** ise bina ve yol objeleri arasındaki uyumsuzluklar üzerinde çalışmışlardır. **Lichtner (1976)** in geliştirdiği yöntem üzerinde **Powitz (1993)** de araştırmalar yapmıştır. Ancak bu çalışmalar sonucunda uygulamada kullanılabilir yazılımlar geliştirilememiştir. Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsü halen bu konu üzerinde çalışmakta olup, kısa vadede ötelemenin interaktif olarak yapılmasını öngörmektedir (**Grünreich, 1998**).

Öteleme problemi tez kapsamı dışında olduğundan daha fazla ayrıntıya girilmeyecektir.

3.5 Genelleştirme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Genelleştirme sonuçlarının iyiliği konusunda kriterler belirlemek, genelleştirme konusundaki araştırmalar içerisinde oldukça az incelenmiş bir konudur. Birçok uzman bu yönde daha fazla araştırma yapmanın gerekliliği üzerinde durmaktadır (**Weibel, 1995**). Ancak konunun az ilgi görmesinin temel nedeni, ampirik

araştırmalar sonucu önerilebilecek kriterlerin az ya da çok öznel karakterde olmasıdır.

Değerlendirme kriteri olarak kullanılabilen en önemli iki kriter obje sayısındaki değişim ve haritada dolu alan boş alan (ya da siyah-beyaz oranı) değişimidir. Genelleştirme sonucu obje sayısındaki değişim Töpfer'in seçme kuralı ile karşılaştırılabilir (bkz. (2.1) ve (2.2), s.24). Ampirik bir formül olan seçme kuralı ile elde edilecek, olması gereken obje sayısı ile, uygulama sonucu ortaya çıkan obje sayısının birbirine eşit olmasının beklenemeyeceği açıktır. Ancak uygulama sonucu elde edilen obje sayısı seçme kuralına ne kadar iyi uyuyorsa, kullanılan yöntemin ya da yazılımın o derece iyi olduğuna karar verilebilir. Genelleştirme sonucu haritada dolu-boş alan oranının mümkün olduğunca korunması istenen bir durumdur. Bu orandaki değişim ne kadar az ise yine kullanılan yöntemin o derece iyi olduğu sonucuna varılır.

Yukarıdaki kriterler dışında uzmanlar tarafından başka kriterler de önerilmiştir. **McMaster (1987)** bir çizgi basitleştirme algoritmasının değerlendirilmesi için çizgisel özellikler ve çizgisel öteleme ana gruplarında toplanabilecek otuz değerlendirme kriteri geliştirmiştir. McMaster, bu otuz kriterin tümünü kullanarak yapılacak bir değerlendirmenin gerçekçi olmadığı ifade ederek, istatistiksel analiz sonucu altı kriterin kullanılmasını önermektedir. Bu kriterler,

- Nokta sayısındaki değişimin oranı,
- Açılardaki değişim oranı,
- Birim alandaki nokta sayısının standart sapmasındaki değişim oranı,
- Birim alandaki vektör farklarının toplamı,
- Birim alandaki toplam alansal fark,
- Kiriş sayısındaki değişim oranıdır.

Hannover Üniversitesinde geliştirilen CHANGE yazılımını üç test bölgesinde uygulayan **Powitz (1993)**, binalar ve yollardaki geometrik değişimleri incelemiştir. Üç test bölgesinde kaynak harita, otomatik genelleştirilmiş harita ve klasik genelleştirilmiş harita arasında yapılan karşılaştırmalarda yazılımın kalitesini belirlemek için kullanılan kriterlerden bazıları aşağıdaki gibidir:

- Binaların sayısı
- Yolların sayısı
- Yol ağının oluşturduğu kapalı poligon sayısı
- Bina alanlarının toplamının tüm alana oranı
- Yol alanlarının toplamının tüm alana oranı
- Boş alanlarının toplamının tüm alana oranı

3.6 Değerlendirme

Bu bölümde büyük ölçekli bina ve yol verilerinin genelleştirilmesi konusunda geliştirilen yöntem ve algoritmalar ağrrlıklı olarak Hannover niversitesinde yapılan çalışmaların ışığında tartışılmıştır. Burada tartışılan çözümler, veri sınıflarını bağımsız olarak ele alan vektör formatında geliştirilmiş çözümlerdir. Kullanılan veri yapısı zneliklerle desteklenmiş CAD veri yapısıdır. Özellikle bina objeleri, belli öznelikleri tanımlanmış kapalı poligonlar olarak yapılandırılmışlardır. Bu yapıda topoloji eksikliği yukarıda tartışılmış olan çeşitli istenmeyen sonuçlara neden olabilmektedir. Özellikle Staufenbiel yöntemi ile bina konturlarının genelleştirilmesinde objeler tek tek ve birbirinden bağımsız ele alınmaktadır. Bunun sonucunda bina objelerinin üst üste binmesi gibi topolojik tutarsızlıklara engel olunamamaktadır. Ancak topolojik bir veri yapısında bina objelerinin işlenmesinin çok karmaşık olduğu da göz önünde tutulmalıdır.



4. UYGULAMA: İSTANBUL SAYISAL VERİLERİ İLE BİNA VE YOL GENELLEŞTİRMESİ

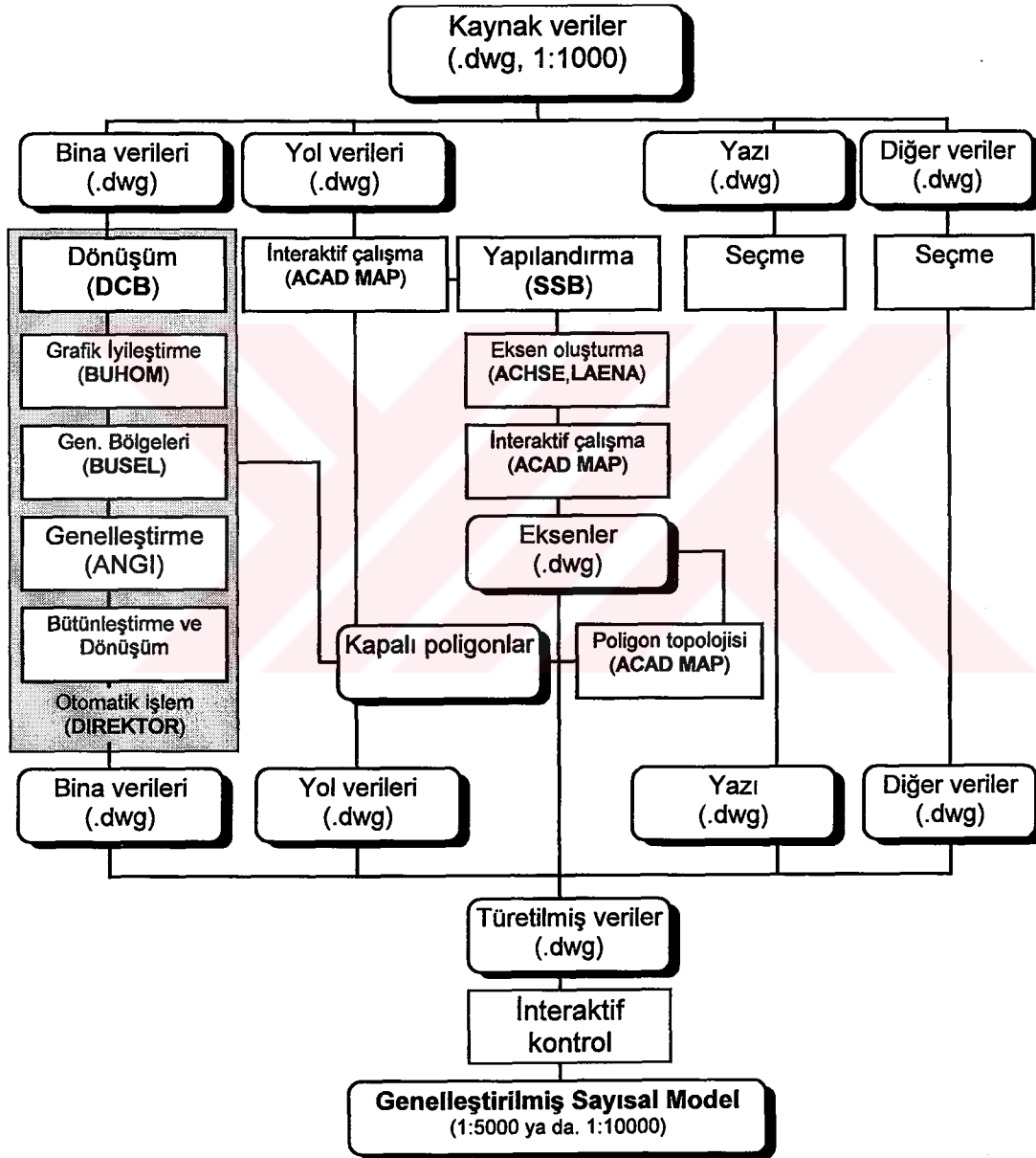
4.1 Giriş

70’li yıllardan beri çeşitli bilimsel kurumlar ve haritacılık alanında çalışan yazılım firmaları kartografik genelleştirme işlemlerini bilgisayar destekli gerçekleştirmek için araştırmalar yapmaktadırlar. Henüz dünyada kartografik genelleştirmede, her ölçek ve her obje grubu için uzman müdahalesi olmadan sonuca ulaştıran otomatik bir çözüme ulaşılamamıştır. Bu alanda yıllardan beri sürdürdüğü araştırmalar ve ulaştığı sonuçlar, Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsüne (IfK) haklı ve özel bir yer kazandırmıştır. Enstitünün anılan çalışmalarla ulaştığı en önemli sonuç, halen ticari olarak da kullanılan CHANGE¹¹ ürünüdür. CHANGE yazılımı bina ve yollar için hazırlanmış, 1:1000-1:25000 ölçek aralığında kullanılabilen bir sistemdir. CHANGE ile elde edilen sonuçların kartografik açıdan tatmin edici olduğu birçok araştırmacı tarafından ifade edilmektedir. Örneğin **Powitz (1993)** CHANGE ile yol ve bina genelleştirmesini test ederek sonuçların yeterli olduğu sonucuna varmıştır. Son olarak CHANGE yazılımını üretimde kullanan **Bucher (1998)** elde ettiği sonuçları “Genelleştirme sanki bir Kartograf tarafından yapılmış gibidir” şeklinde yorumlamıştır.

Kentler, özellikle halkın yaşam kültürüne bağlı olarak kendilerine özgü yapısal karakter taşırlar. Örneğin planlı ya da plansız yapılaşmanın tercih edilmesi temelde halkın yaşam kültüründen kaynaklanmaktadır. Bu nedenle kentsel planlamaları düzenli olan orta ve batı Avrupa ülkelerinin verileri temel alınarak geliştirilmiş olan CHANGE yazılımı Türkiye’nin kentsel yapısını yansıtan veriler ile kullanıldığında farklı davranış gösterebilmektedir. Bu bağlamda ölçek birliği olmasına rağmen, Türkiye verilerinin geometrik doğruluk, semantik ayrıntı ve veri formatı olarak da aynı türdeki Almanya verilerinden farklı karakterde olabileceği şüphesiz dikkate alınmak zorundadır.

¹¹ CHANGE: Institute of Cartography, HANnover University, GEneralization-Software

Tezin bu aşamasında, bir taraftan Almanya'da IfK'da geliştirilen CHANGE yazılımının İstanbul sayısal verileri ile test edilmesi, gerekirse sistemin iyileştirilmesine yönelik öneriler yapılması, diğer taraftan da CHANGE'in bir CAD ve CBS yazılımı olan AutoCAD MAP¹² ile entegrasyonu için gereken yazılım bileşenlerinin geliştirilmesi temel konu olarak alınmıştır. Böylece değişik kentsel planlama hizmetlerinde kullanılacak çeşitli ölçeklerdeki haritaların kartografik kurallara uyularak otomatik türetilmesine katkı yapılabileceği düşünülmüştür. Uygulamada izlenen çalışma planı Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1: Uygulamada izlenen yol

¹² AutoCAD ve AutoCAD MAP Autodesk firmasınınca geliştirilmiş CAD ve CBS yazılımlarıdır.

Uygulamada öncelikle 1:1000'lik verilerden alternatif bir 1:5000 ölçekli pafta oluşturmak, daha sonra bu paftadan 1:25000 ölçekli bir paftanın bir parçasını türetmek ve sonuçların irdelenmesi amaçlanmıştır.

4.1.1 CHANGE

CHANGE IfK tarafından büyük ölçekli veriler (1:1000-1:25000) bazında bina ve yol objelerinin genelleştirilmesi amacıyla hazırlanmış bir yazılımdır. Yazılım bağımsız olarak da çalışabilen altı bileşenden oluşmakta olup, HP-UNIX, IRIX, MS-DOS, Windows 95/NT gibi çeşitli işletim sistemlerinde kullanılabilir.

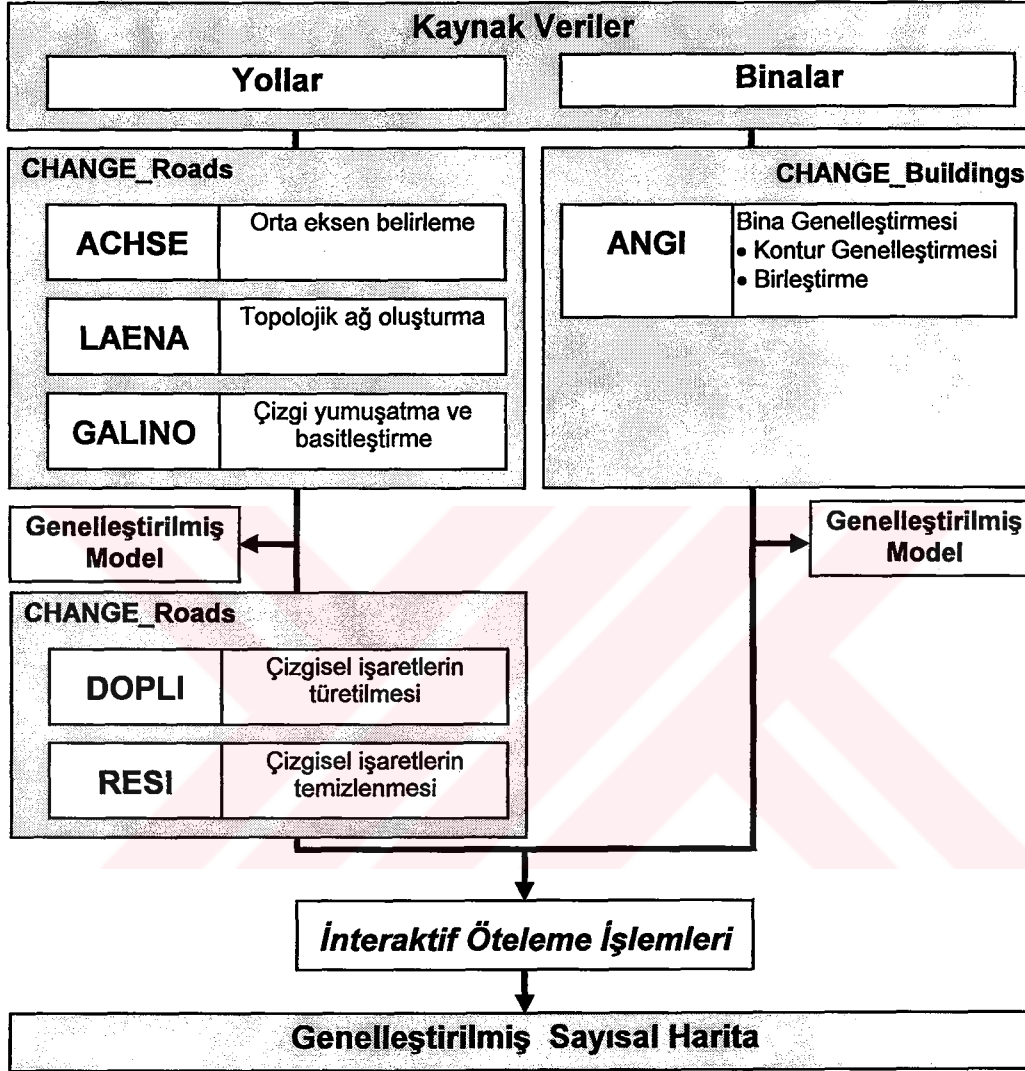
CHANGE işlediği objelere göre iki ana bileşenden oluşmaktadır: CHANGE-Roads (yol genelleştirmesi) ve CHANGE_Buildings (bina genelleştirmesi) (Şekil 4.2). CHANGE Roads beş bileşenden (ACHSE, LAENA, GALINO, DOPLI, RESI), CHANGE_Buildings (ANGI) ise bir bileşenden oluşmaktadır. Yol bileşenlerinin çeşitli fonksiyonları vardır. ACHSE yol eksenlerini oluşturur, LAENA yol eksenlerini ağ topolojisi için hazırlar ve topoloji oluşturur. GALINO çeşitli algoritmalara göre çizgi basitleştirir, DOPLI yol eksenlerinin geometrisinden yararlanarak çift çizgili işaretleri oluşturur, RESI oluşturulan çizgisel işaretlerin birbirlerine olan uyumsuzluklarını giderir. DOPLI ve RESI birlikte çalışan ve yol eksenlerinden çift çizgili işaretleri türeten bileşenlerdir.

ANGI yazılımının bina sınır çizgilerinin genelleştirilmesi (kontur genelleştirmesi) ve bina objelerinin geometrik birleştirilmesi (birleştirme) gibi iki fonksiyonu vardır. ANGI ile kontur genelleştirmesi, birleştirme öncesi ve sonrası iki kez uygulanacaktır. İlk uygulanan, "Birinci Kontur Genelleştirmesi" olarak adlandırılır. Başka bir deyişle ANGI üç aşamalı olarak çalışır. Her bir aşama arzu edilirse kullanıcı tarafından devre dışı bırakılabilir. Birinci kontur genelleştirmesi devre dışı bırakılırsa bunun yerine birleştirme öncesi verilerin geometrik tutarlılığının kontrol edildiği, "Ön Hazırlık" işlemi yürütülür. Söz konusu işlem aslında küçük seçilmiş parametrelerle yapılan bir *pseudo kontur genelleştirmesidir*. Genel olarak blok tarzı yerleşim birimlerinde birinci kontur genelleştirmesi birleştirme işlemi olumsuz olarak etkiler. Bu nedenle kırsal yerleşim birimleri dışında, bu işlem seçilmemelidir.

CHANGE yazılımının bileşenleri ve fonksiyonları Şekil 4.2'de görülmektedir.

CHANGE vektör formatında, IfK veri tabanında depolanmış grafik veriler üzerine çalışır. IfK veri tabanı ağ yapısında olup iki dosyadan oluşur. Veri tabanında tüm objeler doğru zincirleri şeklinde tanımlıdırlar. Bina objeleri birbirinden bağımsız kapalı poligonlar olarak oluşturulmalıdırlar. Yol sınır çizgileri aynı yönde

sayısallaştırılmalı ve veri tabanında çiftler halinde arka arkaya kaydedilmelidir. Çizgiler yalnızca bir yol objesini sınırlamalılardır. Buradan açıkça anlaşılacağı üzere “Spagetti” yapıda vektör veriler, yukarıdaki ön şartları sağlamazsa CHANGE ile işlenmeleri mümkün değildir (bkz. 3.2.1.1).



Şekil 4.2: CHANGE'in yazılım bileşenleri

CHANGE yazılımının arka planda (Batch Mod) çalıştığının ve hiç bir interaktif bileşen içermediğinin de altını çizmek gerekir. Bu nedenle sonuçları en azından görsel olarak inceleyebilmek için interaktif bir yazılıma daha ihtiyaç vardır. Söz konusu interaktif sistemin CAD ya da CBS sistemi olması yararlıdır. Kullanıcılar genelleştirme öncesi daha sonraki bölümlerde karakteri açıklanacak parametreleri belirleyerek sistemin çalışmasını yönlendirebilirler. Söz konusu parametreler genelleştirmede çok önemli rol oynarlar. Her bileşen için belirli parametreler özel bir yapısı olan iki ASCII dosyada tanımlanırlar.

CHANGE konusunda daha ayrıntılı bilgi için Ifk (1998) ve Powitz (1993) den yararlanılabilir.

4.1.2 İnteraktif sistem: AutoCAD MAP

Daha öncede belirtildiği gibi CHANGE arka planda çalışan bir yazılım olduğundan interaktif bir sistemle birlikte kullanılması zorunludur. Bu araştırma kapsamında hem CAD hem de CBS yazılımı özelliği taşıyan, Autodesk firmasınınca geliştirilmiş yaygın olarak kullanılan AutoCAD MAP 2.0 yazılımı seçilmiştir. Söz konusu yazılım, AutoCAD R14 yazılımının CBS fonksiyonları ile genişletilmiş bir sürümüdür. Söz konusu ek CBS fonksiyonları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Mekansal verilerin sözel verilerle ilişkilendirilmesi
- Mekansal geometrik objelere ait geometrik ve semantik (sözel) verilerin analizi
- Çizgi temizleme, çizgi basitleştirme
- Topoloji oluşturma (nokta, ağ, poligon)
- Tematik harita yapımı
- Diğer CBS sistemleri ile veri alış verişi
- Verilerin paftalara bölünmesi
- Özniteliklerle birlikte sayısallaştırma

Bu çalışmalar kapsamında AutoCAD MAP sadece verileri görselleştirmek, ya da sonuçları görsel olarak incelemek, kontrol etmek amacıyla kullanılmamıştır. Yazılımın çizgi temizleme-basitleştirme, topoloji kurma gibi fonksiyonlarından özellikle yol genelleştirmesinde kapsamlı olarak yararlanılmıştır. Yazılım hakkında daha kapsamlı bilgiler Autodesk (1997) de verilmektedir.

4.2 Kaynak Veriler

Bu çalışmada kullanılan veriler, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından üretilen 1:1000 ölçekli sayısal haritalardan seçilmiştir. Seçilen bölge şehrin en yoğun yapılaşmış bölgelerinden biridir. Bölgeye ait sayısal haritalar fotogrametrik yöntemle üretilmiştir. İBB 1:1000 ölçekli haritaları temel harita, 1:5000 ölçeklileri ise türetme harita olarak üretmektedir. Türetme haritalar üretilirken geometrik genelleştirme uygulanmamakta, seçme yeterli görülmektedir. Bu nedenle 1:5000 ölçekli sayısal paftalar gereksiz ayrıntı içermelerinin yanında kayıt ortamlarında da çok fazla yer kaplamaktadırlar. Örneğin çalışma bölgesini içine alan 1:5000'lik paftanın dosyası DGN formatında 12 MB yer kaplamaktadır. Böyle dosyalar ancak çok güçlü donanıma sahip sistemlerde kullanılabilirler.

4.2.1 Kaynak verilerin yapısı ve veri dönüşümü

İBB tarafından bu çalışma kapsamında kullanılmak üzere verilen veriler spagetti yapıda MICROSTATION¹³ ortamında hazırlanmış DGN¹⁴ formatında vektör verilerdir. DGN formatından IfK veri tabanına dönüşüm direkt olarak mümkün olmadığından ara format olarak DXF¹⁵ formatı kullanılmıştır. Bu durumda AutoCAD MAP yazılımının interaktif çalışma ortamı olduğu göz önüne alınırsa, verilerin AutoCAD ortamına aktarılması ve AutoCAD ortamından DXF formatından yararlanılarak IfK veri tabanına aktarılması olmak üzere iki aşamalı bir veri dönüşümü söz konusudur.

Kaynak verilerin AutoCAD ortamına alınması için aşağıdaki seçenekler kullanılabilir:

1. MICROSTATION ortamında DXF dosyaları üretilebilir
2. MICROSTATION ortamında DWG¹⁶ dosyaları üretilebilir.
3. AutoCAD MAP 2.0 sürümü ile DGN dosyaları AutoCAD ortamına dönüştürülebilir.

Ancak birinci ve ikinci seçenek ile dönüşüm ilerideki bölümlerde daha kapsamlı olarak tartışılacak olan veri kalitesi ilgili problemler yaratması nedeni ile, mümkün olmadığından, üçüncü seçenek bu çalışmada uygulanabilecek tek yöntem olmuştur.

IfK veri tabanı, 0 başlığı altında da değinildiği gibi, iki dosyadan oluşmaktadır: Semantik bilgileri içeren HDR dosyası ve obje geometrisini içeren DBB dosyası. HDR dosyasında semantik bilgiler (sözel bilgiler ya da öznitelikler) için toplam 20 adet alan ayrılmıştır. Bazı alanların özel fonksiyonları olduğundan 7 tane alan genel olarak semantik veriler için rezerve edilmiştir. Bu dosyalar binary dosyalardır ve işletim sistemine bağlı olarak oluştururlar. Başka bir ifade ile bu dosyalar ancak oluşturuldukları işletim sisteminde geçerlidirler. Bu nedenle IfK tarafından, verileri çeşitli işletim sistemleri arasında rahatça transfer edebilmek için bir alışveriş formatı geliştirilmiştir. *DIGPLOT* olarak adlandırılan bu formatta hem semantik veriler hem de obje geometrisi *ASCII* formatında bir dosyada kaydedilir. *DIGPLOT* dosyaları HDR dosyasındaki semantik alanlardan yalnızca rezerve edilmiş olan 7 alanı kapsarlar.

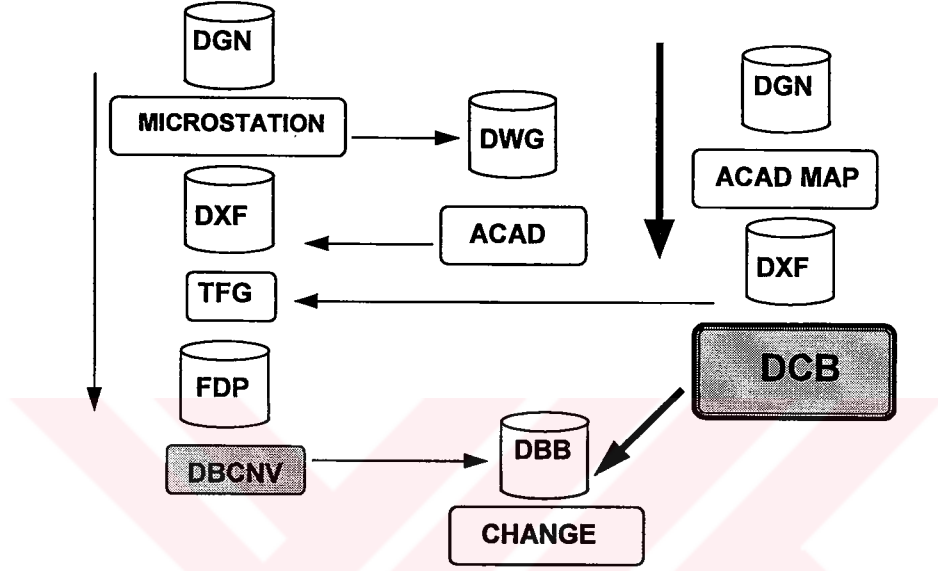
¹³ MICROSTATION, Intergraph firmasının geliştirilmiş bir CAD yazılımıdır.

¹⁴ MICROSTATION yazılımının özgün dosya formatı

¹⁵ DXF: Data Exchange Format, Autodesk firmasının geliştirilmiş veri değişim formatı

¹⁶ AutoCAD yazılımının özgün dosya formatı

IfK, IfK veri tabanı ve DIGPLOT arasında dönüşüm için iki yazılım geliştirmiştir (DBB2DIG ve DIG2DBB). Bu yazılımlar komut satırı üzerinden çalışmadıklarından dolayı, bu çalışma çerçevesinde bu iki yazılımın fonksiyonunu üstlenecek yeni bir yazılım geliştirilmesi zorunluluğu ile karşılaşmıştır. Çalışmada DBCNV olarak adlandırılan bu yazılım önceki iki yazılımda fonksiyonunu içerir ve komut satırı üzerinden çalışır. Bu nedenle yazılım batch dosyalarından ya da diğer yazılımlar tarafından çağrılabilir.



Şekil 4.3: Veri dönüşüm seçenekleri ve DCB

IfK tarafından çeşitli grafik formatlar arasında dönüşüm yapmak üzere hazırlanmış olan bir yazılım (TFG) DXF, SQD¹⁷ ve DIGPLOT (FDP¹⁸) formatları arasında dönüşüm yapabilmektedir. İkinci aşamada DIGPLOT formatından IfK veri tabanı yukarıda bahsedilen diğer yazılımlar ile oluşturulabilmektedir. Ancak söz konusu yazılım, bu çalışmanın kapsamında tatmin edici sonuçlar vermemiştir. Bu bağlamda yazılımın PC ortamında sağlıklı çalışmamasının yanında iki önemli probleminin altını çizmek gerekir.

- İstanbul verilerinde format dönüşüm yazılımı TFG tarafından dikkate alınmayan “3DFACE”, “POLYFACE” gibi çok sık rastlanmayan AutoCAD objeleri mevcuttur. Dönüşümde bu tür objeler kaybedilmektedir.
- TFG, AutoCAD objelerinin temel özellikleri olan renk, çizgi tipi ve tabaka (Layer) gibi öznitelik bilgilerini dönüşümde yok etmektedir. İstanbul verilerinde

¹⁷ Siemens SICAD yazılımı veri değişim formatı

¹⁸ Formattiertes DIGPLOT

ise bu üç öznitelik, objelerin birbirinden ayırt edilmesini sağladığından, başka bir ifadeyle objeyi tanımladıklarından bu çalışma kapsamında çok önemlidir.

Yukarıda anılan nedenlerden dolayı çalışmanın devamı için İstanbul verilerinin tüm özelliklerini dikkate alarak, AutoCAD ile CHANGE'in optimal kullanımı da sağlayacak şekilde DCB olarak adlandırılan yeni bir dönüşüm yazılımının geliştirilmesi zorunlu olmuştur. Yazılımın geliştirilmesinden sonra ortaya çıkan veri dönüşüm olanakları Şekil 4.3'de görülmektedir. Şekilde kalın oklarla gösterilen yol en optimal olanıdır, bu çalışma kapsamında bu işlem sırası izlenmiştir.

4.2.2 DCB ile veri dönüşümü

DCB, bu tez kapsamında IfK formatları ile DXF formatı arasında dönüşüm yapmak üzere ve yukarıda anılan olumsuzlukları ortadan kaldırmak üzere geliştirilmiştir. Söz konusu IfK formatları DIGPLOT ve IfK veri tabanı formatlarıdır. Bilindiği üzere DXF Autodesk firmasının veri alışveriş formatı olup çok yaygın kullanılmaktadır. Yazılım "AutoCAD R12 DXF" standardına uygun dosyaları dönüştürür, daha yeni DXF standartlarını desteklemez. DXF standardı hakkında ayrıntılı bilgiler **Rudolf ve diğ. (1993)**'de verilmektedir. DCB'nin aynı amaçlı kullanılan diğer dönüşüm yazılımı TFG'ye göre avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- IfK veri tabanı ile DXF formatı arasında direkt dönüşüm sağlanmaktadır.
- "POLYLINE", "LINE", "3DFACE", "POLYFACE", "CIRCLE" ve "ARC" gibi çizgisel objeler dönüştürülür, çizgisel olmayan objeler dikkate alınmamaktadır.
- İstenen AutoCAD objeleri süzulebilmektedir.
- Dönüştürülen objeler, kullanıcı tarafından belirlenen sınırlara göre süzulebilmektedir.
- Tabaka çizgi tipi ve çizgi rengi öznitelikleri dönüşüm sırasında korunabilmektedir.
- Tabaka düzenine göre yol sınıflaması yapılabilmektedir. Bu fonksiyon ancak tüm çıkmaz sokaklar bir tabakada yapıyorsa anlamlıdır.

Yukarıda bahsedilen obje temel özellikleri olarak da tanımlanabilecek öznitelikler IfK formatlarına dönüşümde kullanıcı tarafından belirlenen bir semantik veri alanına kodlanarak kaydedilir. Bu sırada otomatik olarak son eki "TBL", adı dönüştürülen dosya ile aynı olan bir yardımcı dosya daha oluşturulur. Tekrar DXF formatına yapılacak bir dönüşümde bu dosya yardımı ile objeler söz konusu özelliklerini tekrar kazanırlar. Buradaki temel düşünce, genelleştirme öncesi ve sonrası aynı tabaka çizgi tipi ve renk yapısının oluşturulmasıdır. Böylece genelleştirilmiş objelerin kaynak objelerle aynı özellikleri taşımaları sağlanmış olmaktadır. IfK veri tabanında bir

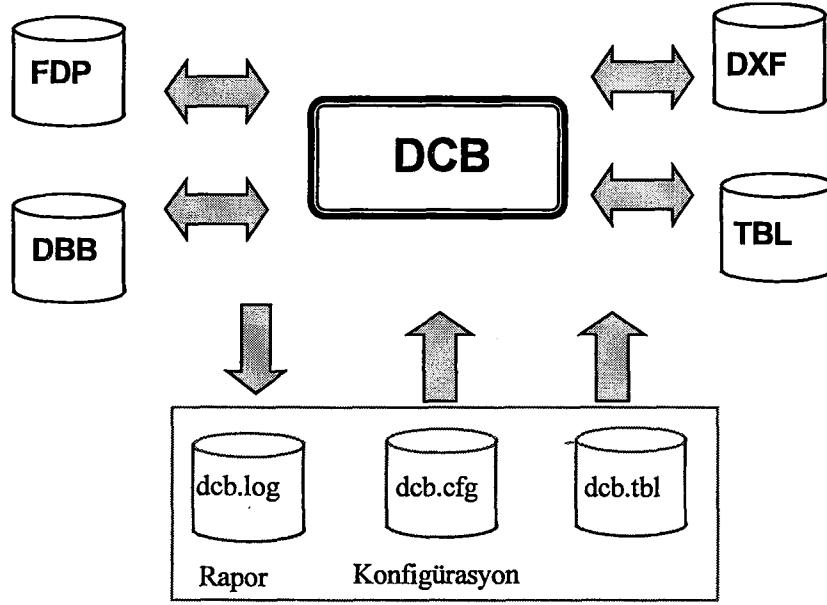
semantik alanda kodlanan bilgiler (obje temel özellikleri) CHANGE’de kavramsal genelleştirmede kriter olarak da kullanılabilirler. Bu amaçla binalar için 3 ve 4 numaralı semantik alanlar kullanılır. Dönüşüm sonucu tüm AutoCAD objeleri iki boyutlu doğru zincirlerine dönüşürler. IfK formatlarından DXF formatına yapılan dönüşümde ise sadece “POLYLINE” objeleri oluşturulur. Sonuç olarak DXF dosyaları yükseklik bilgisi içeriyorsa, bu bilgiler yeni oluşan dosyada yer almazlar. IfK veri tabanı üç boyutlu olmasına rağmen, yükseklik verileri genelleştirmede zaten dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle DCB geliştirilirken üçüncü boyutun dikkate alınmasının gerekli olmadığı düşünülmüştür.

DCB oturumları, kullanıcılar tarafından bir ASCII dosya olan konfigürasyon dosyası yardımıyla (dcb.cfg) kontrol edilebilir, oturum sona erdikten sonra, oturuma ilişkin sonuçlar bir ASCII dosyada rapor edilir (dcb.log). Şekil 4.4’de yazılımın çalışma prensibi görülmektedir. Şekilde görülen “dcb.tbl” adlı dosya, yukarıda söz edilmiş olan “TBL” uzantılı ek dosya bulunamadığında yazılım tarafından kullanılan bir yardımcı dosyadır. Çerçeve içerisinde alınmış olan bu üç dosya bulunmazsa da yazılım önceden belirlenmiş parametrelerle çalışmasını sonuçlandırır.

Yol genelleştirmesi açısından DCB iki önemli üstünlüğe sahiptir. Bunlardan ilki tabaka yapısına göre obje özellikleri ikinci semantik alana kaydedilmekte ve böylece objelerin semantik olarak sınıflandırılması mümkün olmaktadır. Bu şekilde DOPLI ile yollar işaretlenirken yol işaret genişlikleri bu alandaki bilgiye göre belirlenebilmektedir. DOPLI modülünün işaret genişlikleri konusunda yönlendirilebilmesi için obje tabakalarının veri tabanında nasıl kodlandığının bilinmesi gerekir. Bu bilgi konfigürasyon dosyasında “REPORT” parametresine “Y” değeri verilerek rapor dosyasında elde edilebilir. İkinci üstünlük, çıkmaz sokaklar belli ve ayrı bir tabakada yer alıyorsa yol sınıflamasının da yapılabilmesidir. Bu durumda dördüncü semantik alan, çıkmaz sokaklar için 100, normal objeler için 20 değerini alır. Bu konuda ayrıntılı bilgi **IfK (1998)** de verilmektedir.

DCB kullanıcı isteğine göre objelerin IfK veri tabanında kayıt numaraları objenin merkezine yazabilir. Yazı yüksekliği de kullanıcı tarafından konfigürasyon dosyasında belirlenir. Burada yazı yüksekliğinin sıfır ya da negatif olarak girilmesi işlemin yapılmayacağı anlamına gelir.

AutoCAD ortamında her objeye ait eleman referans numaraları istenirse kullanıcı tarafından belirlenen bir semantik alana aktarılabilir. Bu amaçla konfigürasyon dosyasında “REF” parametresine istenen semantik alan numarası girilir. Sıfır değeri verildiğinde söz konusu işlem göz ardı edilir.



Şekil 4.4: DCB yazılımının çalışma biçimi

CIRCLE, ARC gibi tam daire ya da daire yayı gibi objeler ve POLYLINE objelerinin içerdiği daire yayı parçalarının Ifk veri tabanı ve DIGPLOT formatında temsil edilmesi mümkün değildir. Söz konusu formatlarda sadece doğru parçalarından oluşan, kapalı ya da açık çizgiler tanımlanabildiğinden böyle AutoCAD objelerinin doğru parçalarından oluşan çizgilere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu noktada kullanıcı tarafından belirlenen “KREIS” parametresi bu tür bir dönüşümün karakterini belirler. Bu parametre nasıl bir düzgün çokgenin daireyi temsil edebileceğini belirlemektedir. Örneğin 10 değeri, bir dairenin düzgün ongenle gösterilebileceği anlamına gelir. Bu durumda daire ya da yay üzerinde tam açının onda biri kadar merkez açı farkları ile noktalar hesaplanarak, daireyi temsil eden çizgi oluşturulur. Burada örnek verilen ongenin daireyi temsil etmek için ideal olduğu söylenemez. Bu değer ne kadar büyükse oluşturulan çizgi de o kadar iyi bir yayı, ya da daireyi temsil eder. Ancak büyük değerlerde daire yarıçapına bağlı olarak anlamsız derecede nokta sıklığı artmış olur. Öte yandan bu parametrenin en küçük değeri de önemlidir. Başka bir deyişle, bir daireyi en kaba yaklaşımda nasıl bir çokgenin temsil edebileceği de önemlidir. Bu noktada görsel olarak en kaba yaklaşımda bir düzgün sekizgenin bir daireyi temsil edebileceği düşüncesine dayanarak söz konusu parametrenin en küçük değeri sekiz olarak belirlenmiştir. Daha küçük değerler ya da sıfır değeri yazılım tarafından daire ya yayların göz ardı edilmesi gerektiği şeklinde yorumlanır.

Tablo 4.1’de DCB oturumlarının kullanıcılar tarafından yönlendirilmesini sağlayan on iki adet parametrenin listesi, açıklamaları ve önceden belirlenmiş değerleri ile birlikte verilmiştir.

Tablo 4.1: DCB oturumlarının kontrol edilmesinin sağlayan parametreler

Parametre	Anlamı	Öndeğer
YMIN	Obje süzme kutusu minimum y koordinatı (sıfır değeri obje süzme kutusunun uygulanmayacağı anlamına gelir, bu durumda tüm objeler dönüştürülür.)	0
XMIN	Obje süzme kutusu minimum x koordinatı	0
YMAX	Obje süzme kutusu maksimum y koordinatı	0
XMAX	Obje süzme kutusu maksimum x koordinatı	0
LAYER	Obje süzme için kullanılacak tabaka adı (Buraya bir tabaka ismi girilirse sadece o tabakadaki objeler dönüştürülür, "ALL" tüm tabakalardaki objelerin dikkate alınacağı anlamına gelir.)	ALL
LINE	LINE objelerinin dönüştürülmesi onayı	Y
PLINE	PLINE objelerinin dönüştürülmesi onayı	Y
3DFACE	3DFACE objelerinin dönüştürülmesi onayı	Y
HEADER	Hangi semantik alanın obje temel özellikleri için ayrılacağı	4
TEXT	IfK veri tabanı kayıt numaralarının obje merkezine yazılması durumunda yazı yüksekliği (Sıfır değeri yazı yazılmayacağı anlamına gelir.)	0
SACKGA	Çıkmaz sokakların işaretlenmesi durumunda ilgili tabaka adı	
REPORT	Obje temel özelliklerinin IfK veri tabanında kodlanmaları hakkında bilgilerin rapor dosyasına eklenmesi için onay	N
REF	AutoCAD obje referanslarının aktarılacağı semantik alan. Sıfır değeri işlemin yapılmayacağı anlamına gelir.	0
KREIS	Daire ve yay objelerin POLYLINE'a dönüştürülmesi için gerekli parametre.	8

4.2.3 Kaynak verilerin kalitesi

Bu başlık altında kaynak verilerin kalitesinden kaynaklanan problemlerin tartışılması amaçlanmaktadır. Söz konusu problemler, verilerin hem geometrisi hem de semantiği ile ilgili olup kısmen Türkiye’de coğrafi veri standartlarının eksikliğinden, kısmen de dünya çapında çeşitli sistemler arasındaki veri alış veriş standartlarının yetersizliğinden kaynaklanmaktadır.

Daha önce de değinildiği üzere, kaynak veriler MICROSTATION ortamında üretilmişlerdir. Söz konusu yazılımın özgün dosya formatı DGN olarak adlandırılır. Verilerin bu formattan AutoCAD ortamına aktarılması eksiksiz olarak mümkün olmamaktadır. Dönüşüm ancak aşağıda değinilecek olan kayıplarla gerçekleşmektedir. Veri dönüşümünden en çok etkilenen objeler, aslında bu çalışma kapsamında önemsiz olan, yazı ve noktasal harita işaretleridir. Söz konusu objeler dönüşümden sonra önemli derecede bozulmaktadır.

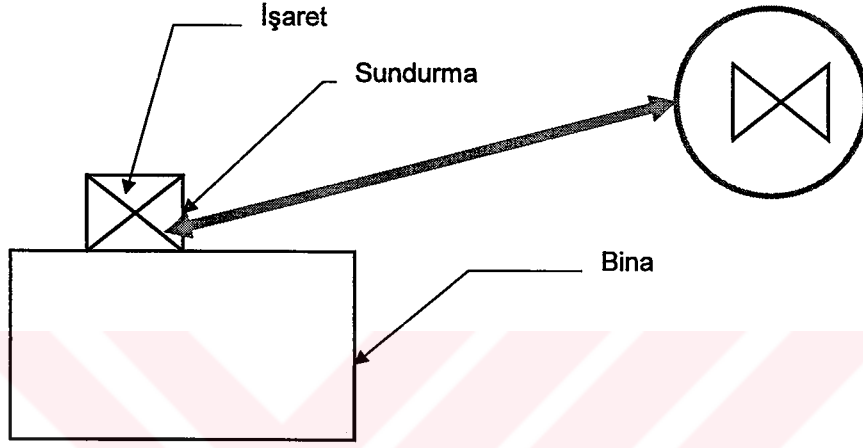
Şekil 4.3’de gösterilmiş olan veri dönüşüm seçeneklerinden birine göre MICROSTATION ortamında DXF dosyaları oluşturulabileceği açıktır. Yapılan denemelerde bu şekilde oluşturulan dosyaların, noktasal işaret tanımlarındaki (blok tanımları) eksiklerden dolayı AutoCAD ortamında okunamadığı belirlenmiştir. Diğer bir seçenek olarak yine MICROSTATION’da AutoCAD’in kendi formatı olan DWG dosyaları oluşturulabilir. Bu şekilde veriler AutoCAD’e alınabilir. Ancak bu kez de birçok noktasal işaretin, bir font dosyasının eksikliğinden dolayı yazıya dönüştüğü görülmüştür. Söz konusu font dosyası tanımlansa bile sorun tam olarak giderilememekte, işaretler ötelenmektedir. Bu yolla yapılan dönüşümdeki en önemli problem, AutoCAD dosyalarında görünmeyen ve silinemeyen objeler oluşmasıdır. En sağlıklı dönüşüm Şekil 4.3’de vurgulanan AutoCAD MAP ortamına DGN dosyalarının alınmasıdır. Bu yöntemde de noktasal işaretlerin bozulma problemi devam etmekte, ancak görünmeyen objeler oluşmamaktadır. Bu çalışma kapsamında yalnızca son yöntem izlenmiştir. Ancak son yöntemde de da bu çalışma kapsamında dikkate alınmayan eşyükseklik eğrilerinde bazı kayıplar olması önlenememiştir.

Veri alışverişindeki problemlerin yanında, verilerin yapısı ile ilgili problemler de mevcuttur. Kaynak verilerde bina objeleri, kalitesi en yüksek verilerdir. Tüm objeler kapalı poligonlar şeklinde tanımlı olup tabaka, renk ve çizgi tiplerine göre sınıflandırılmışlardır. Bu şekilde diğer objelerden kolayca ayırt edilebilirler. Sundurma gibi bina çıkıntıları ise “X” biçimli bir işaretle gösterilmektedir (Şekil 4.5). Bu işaretler bina objeleri ile tamamen aynı özelliklere sahip olduklarından otomatik olarak elimine edilmeleri mümkün olmamaktadır. Bunlar, ancak grafik iyileştirme aşamasında kendi kendini kesen objelerin ayıklanması işlemi ile elimine edilebilmişlerdir. Söz konusu işaret şekilde görüldüğü gibi kapalı bir obje olup kendi kendini kesmektedir.

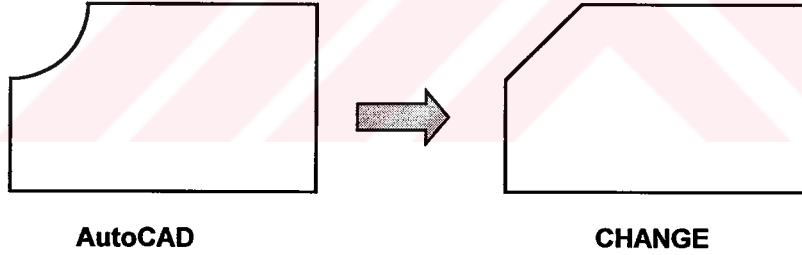
Yukarıda da belirtildiği gibi, binaların sınıflandırılması, temel özelliklerine bağlı olarak yapılmaktadır. Bu çalışmaya konu olan verilerde dokuz farklı bina mevcuttur. Ancak verilerin kontrolü aşamasında çoğu kez geometrik kontrol ile yetinildiğinden ya da semantik kontrole yeterince önem verilmediğinden objelerin temel özelliklerinde hatalar oluşmaktadır. Örneğin konut tabakasında ticari bina renginde objelere rastlanmaktadır. Bu tür hatalar ancak zaman alıcı interaktif çalışma ile düzeltilenmektedir.

Bina objelerinin, kapalı poligonlar halinde tanımlandığı daha önce belirtilmişti. AutoCAD ortamında söz konusu objeler için kullanılan AutoCAD objesi “POLYLINE”dır. POLYLINE objeleri doğru parçaları yanında eğri parçalar da içerebilirler. Ancak IfK veri tabanında tanımlı objeler yalnızca doğru zincirlerdir ve

POLYLINE objelerinin kapsadığı eğri parçalarının IfK veri tabanına aktarılması mümkün değildir. İstanbul verilerinde nadiren de olsa binalarda daire yayları kullanılmıştır. Bu tür objeler herhangi bir önlem alınmazsa veri tabanına Şekil 4.6'da görüldüğü gibi aktarılmaktadır. Ancak bu tür yay parçaları genel olarak küçük olduklarından ve nadiren kullanıldıklarından genelleştirilmiş model üzerinde hemen hiç bir bozucu etki yapmamaktadır. Buna rağmen dönüşüm yazılımında (DCB) yay parçalarının analiz edilip doğru parçalarına dönüştürülmesine yönelik gerekli önlemler alınmıştır (bkz. 4.2.2)



Şekil 4.5: Sundurmaların gösterimi ve bina objeleri



Şekil 4.6: Bina kenarlarında kullanılan eğri parçaları

Yol verilerinin yapısı binalara göre oldukça problemlidir. Söz konusu veriler, yolları sınırlayan çizgilerdir, yol eksenleri mevcut değildir. Bu verilerdeki en önemli sorun, yol sınır çizgilerinin bina kenarlarıyla çakıştığı durumlarda yol çizgilerinin mevcut olmamasıdır. Bunun sonucu olarak yol objeleri binalardan ayrılırsa kopukluklar oluşmaktadır. Bu kopukluklar ancak ekranda interaktif çalışma sonucu bina objelerinden yararlanarak tamamlanabilir. Bu çalışmada kullanılan veri takımında, yolların sağ ve sol sınır çizgilerinin farklı tabaka ve renkte olması, karşılıklı noktalar arasında çok fazla yükseklik farklarının olması gibi interaktif olarak düzeltilmesi gereken hatalar da belirlenmiştir. **Menke (1983)** yaklaşımı (3.2.1.1) ışığında hazırlanan CHANGE yazılım paketinin önkoşullarından biri olan sınır çizgilerinin

aynı yönde sayısallaştırılması da mevcut verilerde söz konusu değildir. Bunun ötesinde söz konusu çizgiler birden fazla yol objesini sınırlamaktadır. Sonuç olarak bina verileri CHANGE için uygun oldukları halde aynı durum yol verileri için geçerli değildir. Yol verilerinin ilk olarak CHANGE yazılım paketinin önkoşullarına uygun olarak yapılandırılmaları gerekmiştir.

4.3 Verilerin Hazırlanması ve Genelleştirilmesi

4.3.1 Bina verileri

Genelleştirme öncesi bina verilerinin bir dizi ön hazırlık işlemine tabi tutulması genelleştirme sonuçlarının kalitesini artırmak için gereklidir. Bu bağlamda aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir:

- Kaynak veri takımından yol ve bina objelerinin ayrılması: Kaynak veri takımında tüm harita objeleri paftalar halinde bir arada depolanmış olduğundan bu çalışma kapsamında gerekli olan objelerin ayrılması gereklidir. Bu işlem AutoCAD MAP ortamında sorgu araçları yardımıyla gerçekleştirilmiştir.
- Bina verilerinin grafik iyileştirilmesi: Bu amaçla ileride daha kapsamlı olarak incelenecek olan ve “BUHOM” adı verilen bir yazılım hazırlanmıştır.
- Genelleştirme bölgeleri oluşturulması: Bu çalışma kapsamında bina objelerinin topluca değil, mantıksal sınırlara göre bölgelere ayrılarak genelleştirilmesi öngörülmüştür. Bu yöntem CHANGE’in optimal kullanımı bakımından Powitz (1993) tarafından da tavsiye edilmektedir. Bu amaçla bina objelerini önceden hazırlanmış olan kapalı poligonlara göre bölgelere ayıran “BUSEL” adlı bir yazılım hazırlanmıştır. Bölge sınırları olarak yol ağına göre oluşturulan adalar kullanılmıştır (bkz. Ek A).

Bu işlemler 1:5000 ve 1:10000 ölçekli modeller için genel akış diyagramının gösterildiği Şekil 4.1’de görsel olarak ifade edilmeye çalışılmıştır. Şekilden de anlaşılacağı üzere söz konusu işlemler büyük veri takımları ile çalıştığında oldukça karışık ve zahmetlidir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında bina genelleştirmesinde tüm işlemleri otomatize etmek üzere “DIREKTOR” adlı bir yazılım geliştirilmiştir. DIREKTOR yazılımının temel işlevi, diğer yazılımları (dönüşüm, grafik iyileştirme vb.) çağırarak işlemi otomatize etmesidir. Bu şekilde tüm genelleştirme işleminde interaktif çalışma en aza indirilmiştir.

Genelleştirme sonuçlarının istatistiksel olarak incelenmesi amacıyla da bu çalışma kapsamında “FDP-INSPEKTOR” olarak adlandırılan ve obje sayısı, kenar sayısı gibi

global parametreler hesaplayan aynı zamanda kenarlar ve alanlar için istenirse histogram değerlerini belirleyen bir yazılım hazırlanmıştır.

4.3.2 Yol verileri

Yol verilerinin, CHANGE'in ön şartlarını sağlamayan "Spagetti" yapıda veriler olduğundan daha önce de bahsedilmiş ve ayrıca söz konusu verilerin kendi yapıları içinde de problemleri oldukları da vurgulanmıştı. Bu nedenle veriler iki aşamalı olarak hazırlanmıştır:

- Verilerin interaktif olarak AutoCAD MAP ortamında incelenip, kendi "Spagetti" yapıları içinde iyileştirilmesi, tutarlı bir hale getirilmesi ve basitleştirilmesi,
- Bir ara yazılım hazırlanarak verilerin CHANGE'in gerektirdiği yapıya dönüştürülmesi (bkz. 3.1.1.1).

Yol sınır çizgilerine interaktif hazırlık aşamasında çizgi basitleştirilmesi uygulandığı ve 1:5000 ölçekli modelde yolların ölçekli gösteriminin mümkün olduğu göz önüne alınırsa, yol eksenlerine gerek olmadığı düşünülebilir. Ancak CBS uygulamaları ve bu çalışma kapsamında oluşturulan daha küçük ölçekli modeller için eksenlerin geometrisini bilmekte yarar vardır. Eksenlerin bu çalışma kapsamındaki diğer bir fonksiyonu ise, bina genelleştirmesi için gerekli olan genelleştirme bölgelerinin iskeletini oluşturmalarıdır.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen ve "SSB" olarak adlandırılan yazılımla yol eksenlerinin oluşturulması önemli ölçüde otomatize edilmiştir. Bu noktada yazılımın çok karmaşık yapıdaki verilerde %100 başarılı olmadığını da belirtmek gerekir. Bu çalışma kapsamında yapılan uygulamalarda bazı eksenlerin otomatik olarak oluşturulmadığı görülmüş ve interaktif olarak eksiklikler tamamlanmıştır. Yazılımın başarı oranı genel olarak %90-100 arasındadır. Oluşturulan eksenler LAENA bileşeni ile topoloji için hazırlansa da interaktif olarak kontrol edilmeleri, AutoCAD ile sağlıklı bir topoloji oluşturmak için şarttır. Bu bakımdan az sayıda eksik kalan eksenin interaktif olarak tamamlanması önemli bir zaman kaybı olarak değerlendirilmemelidir. Öte yandan eksenlerin LAENA ile topolojileri oluşturulsa bile AutoCAD ortamına aktarılmaları DXF formatı bakımından mümkün değildir.

İnteraktif olarak kontrol edilen ve gereken durumlarda iyileştirilen eksenlerin topolojik tutarlıklarının kesin olarak sağlanması için AutoCAD MAP'in "Line Cleaning" fonksiyonlarından da yararlanılmıştır. Bu fonksiyonlar olmaksızın kolayca topoloji oluşturmak mümkün değildir. Söz konusu veriler ile hem poligon hem de ağ topolojisi oluşturulması amaçlanmıştır. Poligon topolojisi bina genelleştirmesinde kullanılacak genelleştirme bölgeleri için gereklidir. Böyle bir topoloji oluşturmak

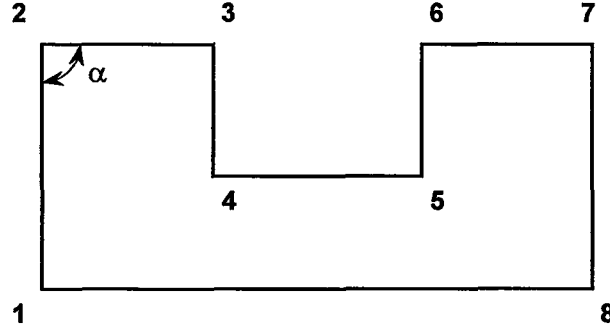
için çıkmaz sokaklar rahatsız edici olmalarından dolayı diğer verilerden ayrılmalıdırlar. Bu amaçla interaktif olarak veriler incelenerek çıkmaz sokak niteliğindeki objeler belli bir tabakaya toplanmışlardır. Bu aşamada geriye kalan yol eksenleri ile kapalı poligonlar oluşturabilir. Ancak pafta sınırlarında açık bölgeler kalacaktır. Bu nedenle pafta çerçeve çizgisi *Pseudo Eksen* olarak poligon topolojisine alınmış ve tüm bina objelerini kapsayan kapalı bölgeler oluşturulmuştur. AutoCAD MAP ortamında poligon topolojisi oluşturulduktan sonra bağımsız objeler olarak kapalı poligonlar oluşturulabilir. Şekil 4.1'de görülen ve BUSEL yazılımı tarafından kullanılan kapalı poligonlar bu şekilde oluşturulmuştur. En kısa yol analizi gibi uygulamalara temel oluşturacak ağ topolojisi ise, çıkmaz sokaklar alınıp, pafta çerçevesi (pseudo eksen) elimine edilerek oluşturulmuştur. Bu şekilde iki farklı eksen modeli ortaya çıkarılmıştır. İkinci eksen modeli aynı zamanda küçük ölçekli genelleştirilmiş kartografik modeller için gerekli olan işaretleştirilmiş yol objelerine de temel oluşturmaktadır. Her iki eksen modeli de eklerde grafik olarak gösterilmektedir (Ek H ve I).

4.4 Bina Verilerinin Grafik İyileştirilmesi

Genelleştirme öncesi bina verileri üzerinde yapılan hazırlık işlemlerinden birisi de BUHOM adı verilen yazılım yardımı ile gerçekleştirilen grafik iyileştirme işlemleridir. Söz konusu yazılım bu çalışma kapsamında oluşturulan genelleştirme sisteminin bir bileşeni olarak hazırlandığından bağımsız bir yazılım olarak düşünülmemelidir. Bu kapsamda objeler bağımsız olarak ele alınmak üzere aşağıdaki işlemler yapılmaktadır.

- Alansal olarak küçük objelerin elimine edilmesi (En küçük işaret boyutlarının altında kalan objeler)
- Eşdeğer (belli tolerans içinde üst üste gelen) noktaların elimine edilmesi
- Kendi kendini kesen objelerin test edilmesi, varsa elimine edilmeleri
- Diklik koşulunun sağlanması (Şekil 4.7)
- Yan nokta testi (kendinden önceki ve sonraki noktaların oluşturduğu doğrultudan belirgin olarak sapmayan noktaların elimine edilmesi ya da doğrultuya getirilmesi) (Şekil 4.8)
- Bina cephelerinin yol objelerine paralelliklerinin sağlanması
- Yukarıdaki işlemler sonucu obje değişime uğramışsa, orijinal ağırlık merkezine ötelenmesi, ana açıklık açısı ya da yola paralelliği sağlayacak şekilde döndürülmesi ve orijinal alanın ölçekleme yapılarak sağlanması

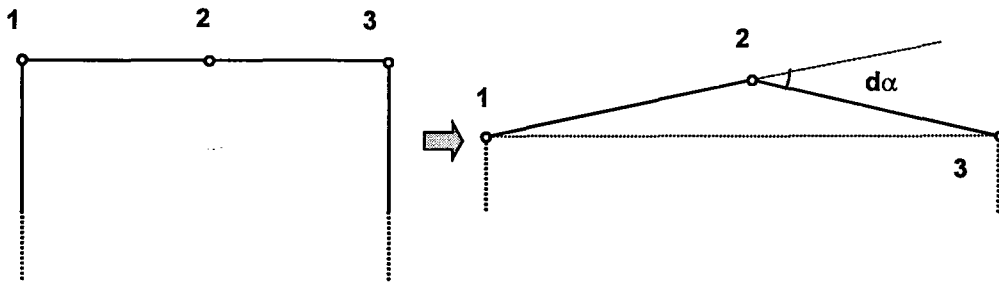
Yukarıda sıralanan işlemler bazı uzmanlar tarafından homojenleştirme olarak da yorumlanmaktadır (Grünreich, 1998).



Şekil 4.7: Diklik koşulu

Kullanıcı tarafından ayrı ayrı seçilebilen bu işlemler ve yazılımın çalışma tarzı Şekil 4.9'da görülmektedir. Şekilde görüldüğü üzere ilk olarak objenin ağırlık merkezi, alanı, ana açıklık açısı (en uzun kenarın açıklık açısı) ya da yola paralel olan kenarın açıklık açısı olarak yol kenarının açıklık açısı hesaplanarak saklanır. Söz konusu parametreler değişime uğrarsa orijinal değerler öteleme, dönme ve ölçeklendirme işlemleri ile yeniden sağlanır. Bu şekilde objelerin karakterinin önemli derecede değişmesi önlenmiş olmaktadır.

Diklik koşulunun sağlanması işleminde obje kenarları sırasıyla incelenir. Örneğin Şekil 4.7'de 1-2 ve 2-3 kenarı arasındaki açı hesaplanır. Söz konusu açının dik açıdan farkı kullanıcı tarafından belirlenen tolerans içinde ise 2-3 kenarı ağırlık merkezi etrafında döndürülerek diklik sağlanır.



Şekil 4.8: Yan nokta testi

Yan nokta testi de dik açı dengelemesine benzer şekilde gerçekleştirilir. Şekil 4.8'de görülen 2 noktasında oluşan sapma açısı yine kullanıcı tarafından belirlenen bir tolerans değerinden küçük ise üç nokta aynı doğrultuda kabul edilebilir demektir. Bu durumda yine kullanıcı tercihinin göre 2 noktası elimine edilir ya da doğrultuya getirilir.

Hem diklik koşulunun sağlanmasında hem de yan nokta testinde aynı tolerans değeri kullanılır. Söz konusu tolerans değerinin büyüklüğü grafik iyileştirmenin derecesini belirler. Tolerans değerinin açısal bir değer olarak alınması ile verilerin ölçekten bağımsız değerlendirilmesi gerçekleştirilmiş olur.

BUHOM, FDP formatında dosyaları işleyen bağımsız bir yazılımdır. Binalarla yolların (eksenler ya da sınır çizgileri) paralellikleri de test edilecekse, yol objelerini kapsayan ikinci bir FDP dosyası kullanılır. Oturumlar kullanıcılar tarafından bir ASCII dosya yardımı ile yönlendirilebilir. Söz konusu dosya “buhom.cfg” olarak adlandırılır ve aşağıdaki parametreleri kapsar.

- Eşdeğer¹⁹ nokta testi için arama yarıçapı
- Yan nokta ve diklik koşulunun sağlanması için açısal tolerans değeri
- Küçük objeler için en küçük alan değeri
- Yola en fazla uzaklık
- Alansal olarak küçük objelerin elimine edilmesi onayı (E/H)
- Dik açı dengelemesi onayı (E/H)

Tüm parametre değerleri ölçekten bağımsız arazi değerleridir. Açısal tolerans değeri ise radyan olarak girilir.

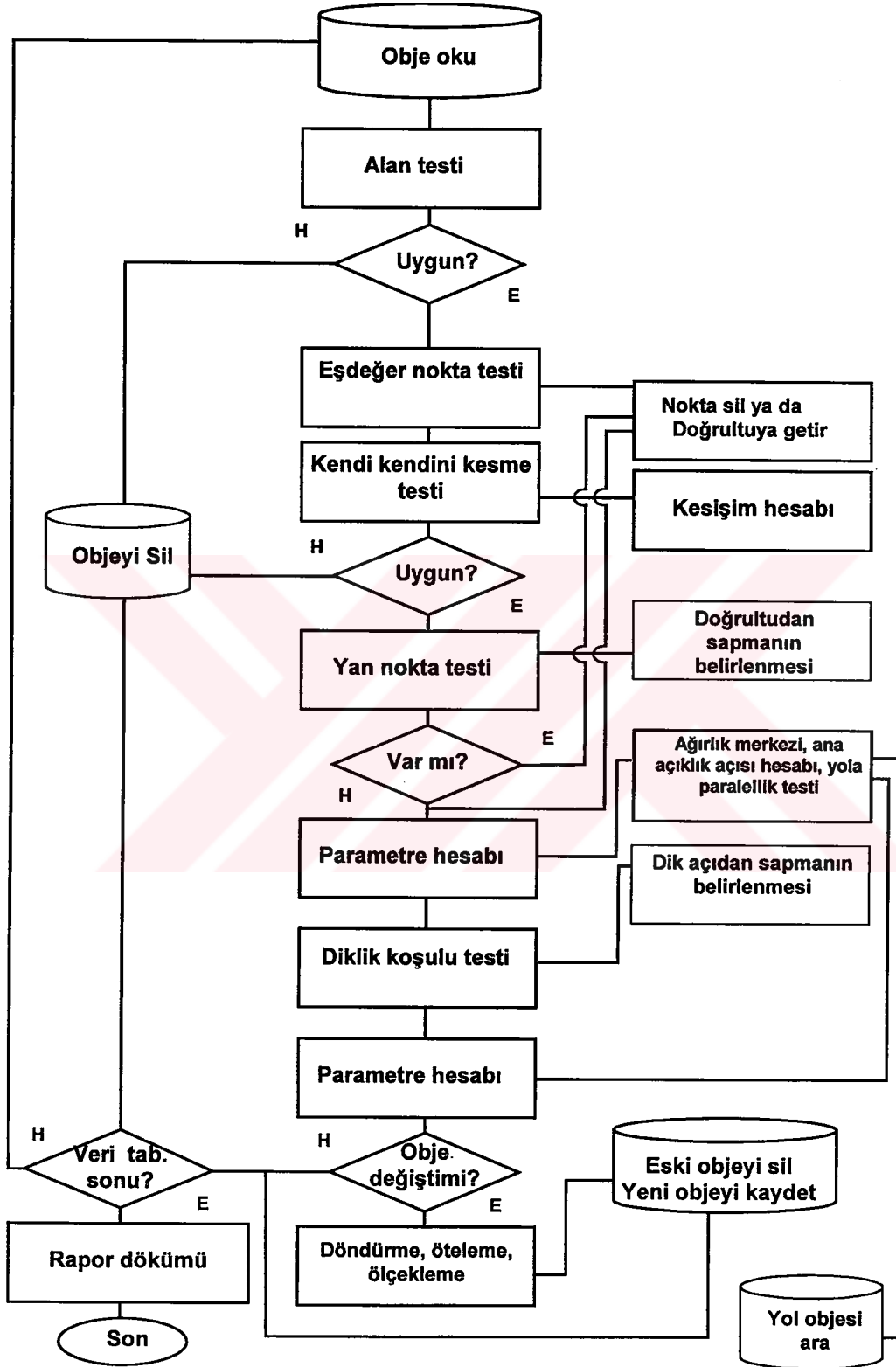
Oturumlar “buhom.log” adı verilen ve her oturum için otomatik olarak oluşturulan bir ASCII dosyada rapor edilir. Bu dosyada aşağıdaki bilgiler yer alır.

- Kullanıcı tarafından seçilen parametreler, başlangıç zamanı
- Veri tabanı bölge sınırları (maksimum ve minimum koordinatlar)
- Toplam, değişime uğrayan, alanı küçük olan, kendi kendini kesen, yola paralel olan obje sayıları
- Toplam, elimine edilen ve ötelenen nokta sayısı, ortalama nokta konum değişimi, maksimum konum değişimi,
- Oturum sonunda geçerli olan obje ve nokta sayısı, bitiş zamanı

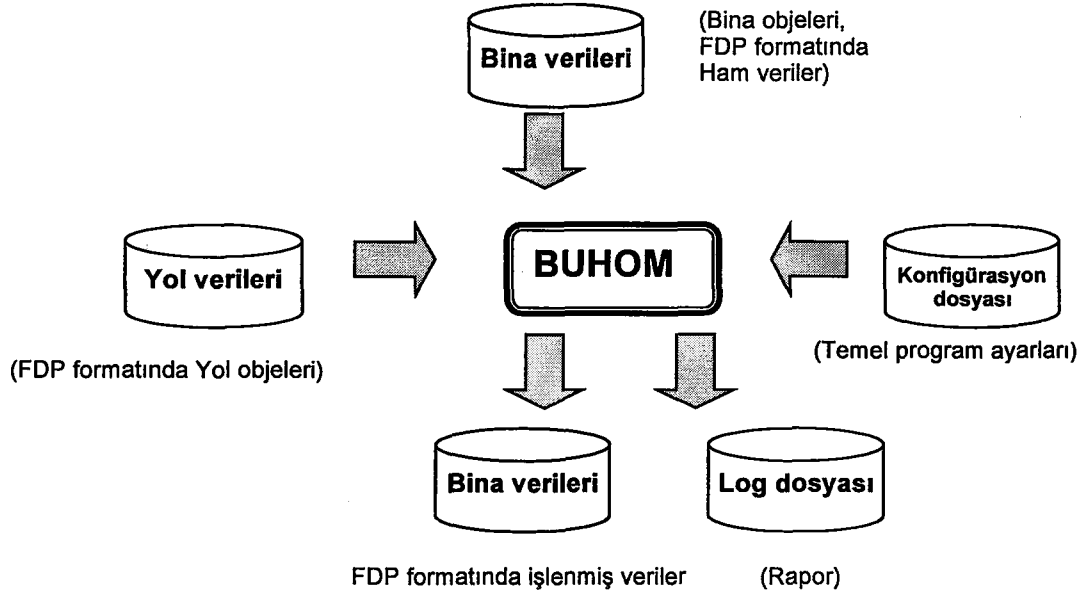
Söz konusu istatistiksel veriler, yazılımın verileri nasıl etkilediği ya da grafik iyileştirmenin derecesi hakkında bilgiler verir. Bu şekilde parametrelerin etkileri de uzman kartograflar tarafından global olarak analiz edilebilir. Gerek görülürse oturum yeni parametrelerle tekrarlanabilir.

¹⁹ Birbirlerine verilen arama yarıçapından daha yakın olan noktalar eşdeğer nokta kabul edilir. Eşdeğer nokta testinde eşdeğer noktalar iptal edilip bunların yerine koordinatlarının ortalaması alınarak hesaplanan yeni bir nokta alınır.

Yazılımın genel çalışma biçimi ve kullandığı dosya tipleri Şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.9: BUHOM yazılımı akış diyagramı



Şekil 4.10: BUHOM yazılımı çalışma prensibi

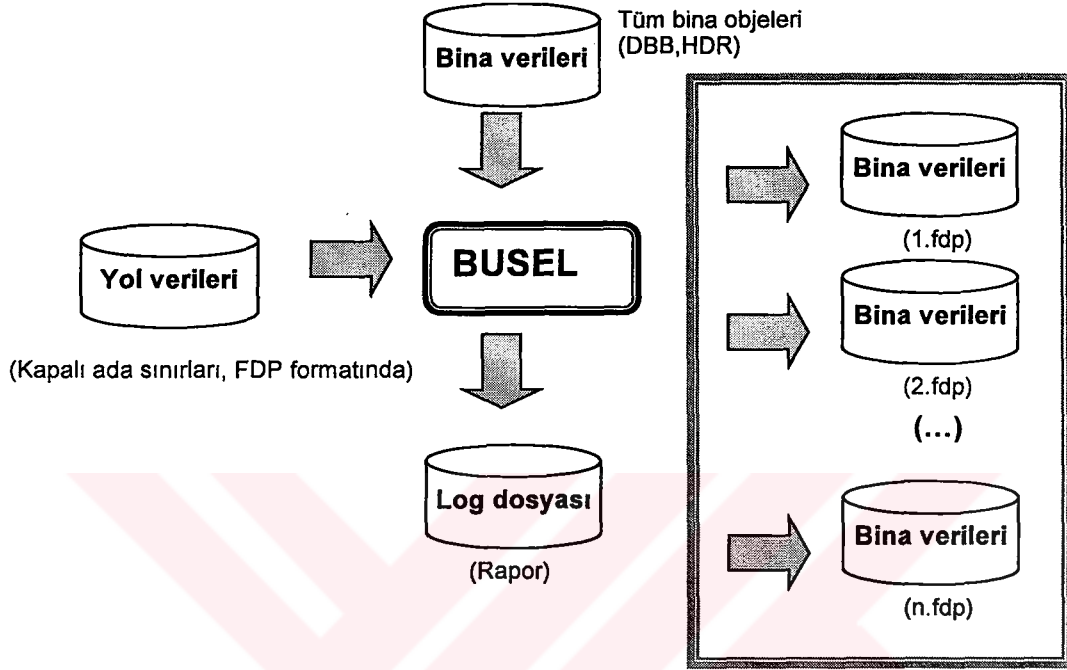
4.5 Bina Verilerinin Genelleştirme Bölgelerinde Otomatik Olarak Ayrılması

Bina verilerinin anlamlı genelleştirme bölgelerine ayrılıp, her bölgenin bağımsız olarak genelleştirilmesi oldukça yararlıdır. Söz konusu bölgeler olarak yol ağının oluşturduğu adalar kullanılabilir. Yol ağından yararlanarak nasıl genelleştirme bölgeleri oluşturulabileceği, önceki bölümlerde (bkz. 4.3.2) ifade edilmiştir. Bina verilerinin otomatik olarak genelleştirme bölgelerine ayırımı için BUSEL adı verilen bir yazılım hazırlanmıştır.

Bir İfK veri tabanında yer alan bina objeleri daha önceden hazırlanmış ve FDP formatında bir dosyada depolanmış olan kapalı poligonlara göre ayrılır. Yazılımın çalışması sonucu, içine bina düşen kapalı poligon sayısı kadar FDP formatında bina objelerini içeren dosya oluşturulur. Bu dosyalar “1.fdp”, “2.fdp” biçiminde sıra ile otomatik olarak adlandırılırlar. İfK veri tabanında yer alan objelerden hiç bir poligon içine düşmeyenler var ise “0.fdp” adında bir dosyaya aktarılır. Yazılımın bir oturumu sonunda “busel.log” adı verilen bir rapor ya da protokol dosyası oluşturulur. Bu dosyada kapalı poligon adedi, her poligona düşen bina sayısı gibi istatistiksel veriler yer alır. Yazılımın genel çalışma prensibi Şekil 4.11’de görülmektedir.

BUSEL’in temel çalışma ilkesi Point in Polygon testidir. Binaları test sırasında ağırlık merkezleri temsil eder. Kapalı poligonların sırasına göre veri tabanındaki tüm bina objeleri test edilir. Poligon içinde yer alan obje veri tabanından silinir, o anda açık olan FDP dosyasına aktarılır. Herhangi bir objenin ağırlık merkezi nadiren iki

poligonun sınır çizgisi üzerinde yer alırsa, ağırlık merkezi eşdeğer nokta arama yarıçapı kadar kuzeydoğu yönünde ötelenir, test tekrarlanır. Bu şekilde bir objenin sadece bir tek poligona ait olması zorunluluğu sağlamış olmaktadır. Yazılımın çalışmasını hızlandırmak için tüm objelerin ağırlık merkezleri başlangıçta hesaplanıp veri tabanına kaydedilir.



Şekil 4.11: BUSEL yazılımının çalışma biçimi

4.6 Tek Anlamlı Yol Sınır Çizgilerinin Oluşturulması

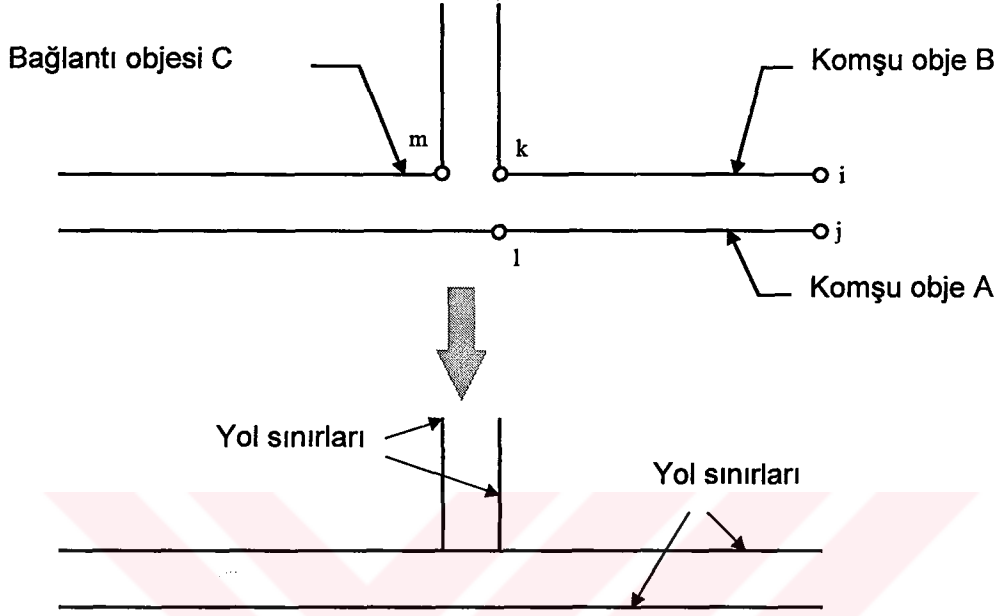
Önceki bölümlerde de tartışıldığı gibi (bkz. 4.3.2 ve 3.1.1.1) spagetti yapısında yol verilerinin CHANGE ile kullanılabilmesi için ACHSE bileşeninin ön şartlarını sağlayacak şekilde birbirleriyle tek anlamlı olarak eşlenen sınır çizgileri halinde yapılandırılmaları gereklidir. Söz konusu ön şartlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yol sınır çizgileri (sağ ve sol) yalnızca bir yol objesine ait olmalıdır.
- Sınır çizgileri aynı yönde ilerlemelidir. Burada sayısallaştırma yönü ya da çizgiyi tanımlayan ardışık noktaların diziliş yönü söz konusudur.
- Tüm çizgiler çiftler halinde sıralı olarak veri tabanında yer almalıdır. Buna göre veri tabanındaki toplam yol sınır objesi sayısı tek sayı olamaz.

Spagetti verileri yukarıdaki ön şartlara göre yapılandırılarak yol eksenlerini ACHSE yazılımı ile otomatik olarak oluşturmak amacıyla bu uygulama kapsamında SSB adı verilen bir yazılım geliştirilmiştir. SSB, İK veri tabanında yer alan objeleri konfigürasyon dosyasında belirlenen parametrelere göre işleyerek ACHSE yazılımı

için hazırlar. İleride üzerinde durulacak olan parametreler elde edilecek sonuçları önemli ölçüde etkilemektedir. Yazılımın çalışma ilkesi üç önemli aşamadan oluşur:

- Olası komşu çizginin aranması
- Komşu çizgilerde komşuluğun sona erdiği uç noktaların aranması
- Olası bağlantı objelerinin aranması

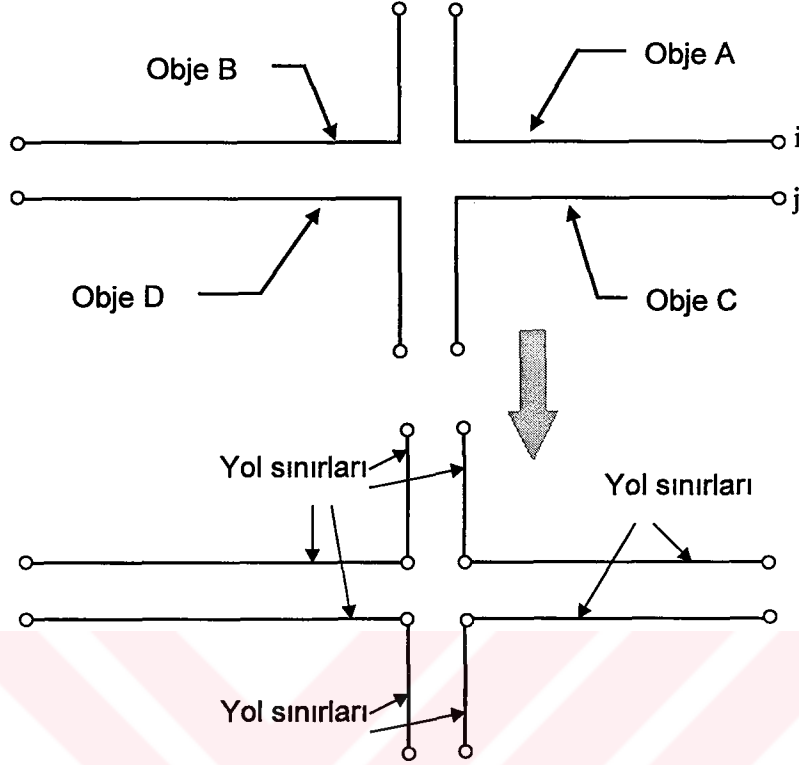


Şekil 4.12: "T" biçimi ve SSB yazılımının davranışı

SSB yazılımının geliştirilmesinde kavşaklar iki sınıfa ayrılmışlardır. "T" biçimi ve "+" biçimi, Şekil 4.12'de "T" biçimi geometrik olarak gösterilmiştir. Bu biçimde ilk aşamada i ve j noktaları aranır. Buradaki başlangıç objeleri A,B ve C objeleridir. i ve j noktaları bulunduktan sonra A ve B objelerinin komşu objeler olup olmadıkları test edilir. Komşuluk belirlendikten sonra ikinci aşamada komşuluğun ne kadar devam ettiği araştırılır. Bu aşamada k ve l noktaları bulunur. Üçüncü aşamada yakında yer alan C gibi bir bağlantı objesi olup olmadığı araştırılır. Bu amaçla k ve l noktalarının yakınında üçüncü bir objeye ait m gibi bir nokta aranır. Daha sonra üç objenin birbirlerine göre konumları incelenerek B objesinin k noktasında ikiye bölünüp C objesinin m noktasından sonraki kısmına bağlantının mümkün olup olmadığı test edilir. Objelerin bölünmesi ile oluşan yeni objeler daha sonra tekrar test edilmek üzere veri tabanına kaydedilir. Bu işlem çizgi çiftlerinin sonuna ulaşıncaya kadar devam eder. Bu şekilde veri tabanındaki tüm objeler test edilirler. Sonuçta üç başlangıç objesi iki çift yol çizgisine dönüştürülür.

SSB yazılımının "+" biçiminde nasıl çalıştığı Şekil 4.13'de görülmektedir. SSB burada da benzer şekilde i ve j noktaları ile başlar. Kavşak bölgesinde "T"

biçimindeki gibi bir atlama mümkün olmadığından çizgiler ikiye ayrılırlar. Sonuçta dört yol sınır çizgisi çifti oluşturulur.



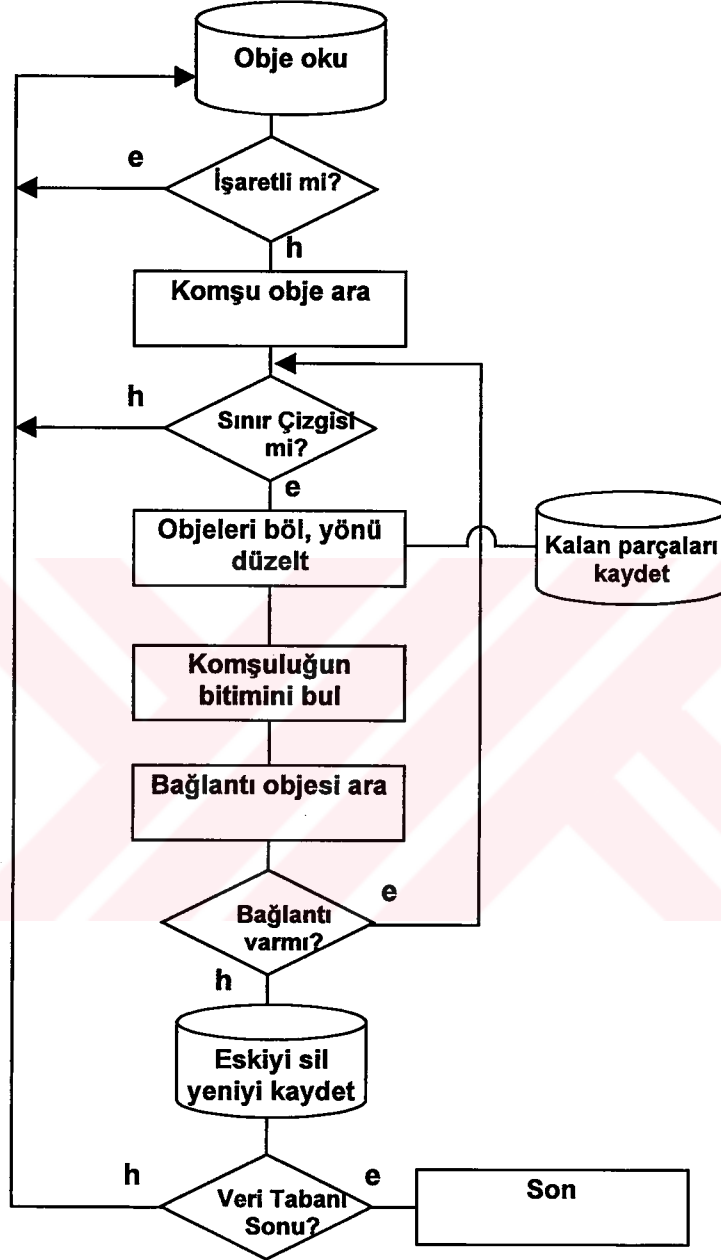
Şekil 4.13: “+” biçimi ve SSB yazılımının davranışı

Kavşaklarda doğal olarak çeşitli özel durumlarla karşılaşılır. SSB, öncelikle bir bağlantı objesi olarak komşu objeleri izlemeye devam etmeye çalışır. Bağlantının mümkün olmadığı durumlarda çizgiler bölünür ve sınır çifti olarak işaretlenir. Sonuç olarak kavşak yapıları ne kadar karmaşık olursa olsun “T” ve “+” biçimlerine indirgenir. Yol sınırlarının oluşturulmasında izlenen akış diyagramı Şekil 4.14’de görülmektedir.

Komşu obje aranması sırasında istenirse her iki çizginin semantik olarak aynı karakterde olup olmadığı da araştırılabilir. Bu amaçla IfK veri tabanında her obje için ayrılmış yedi semantik alandan yararlanılır. Bu alanlardan kullanıcı tarafından belirlenen en çok üç tanesi semantik karşılaştırma için kullanılır. Hangi alanların kullanılacağı konfigürasyon dosyasında belirtilir.

SSB, ana fonksiyonu olan spaghetti yol verilerinin yapılandırılması yanında iki fonksiyona daha sahiptir. Veriler yapılandırılma öncesi bir ön değerlendirmeye tabi tutulurlar. Bu aşamada eşdeğer noktalar elimine edilirler. Yapılandırma sonrası ise veri tabanı taranarak tüm objelerin sınır çizgileri olarak işaretlenip işaretlenmediği incelenir. Bu aşamada kullanıcı isteğine göre işaretlenmemiş objeler (eğer varsa)

silinir ya da dairelere işaretlenir. Bu daireler veri tabanı, DCB dönüşüm yazılımı ile DXF formatına dönüştürülürse AutoCAD ortamına aktarılır. Bu şekilde kullanıcılar SSB yazılımının yapılandıramadığı objeleri grafik olarak inceleme olanağı bulur.



Şekil 4.14: Yol sınır objelerinin yapılandırılmasında akış diyagramı

SSB, başlangıç objelerinin mümkün olduğunca bütünleşik olduğunu, başka bir deyişle *Pseudo Düğüm Noktası* içermediği varsayımına göre hazırlanmıştır. Herhangi iki objenin başlangıç ya da bitim noktaları ortak ve söz konusu nokta üçüncü bir

objeye ait değilse, bu tür noktalar Pseudo Düğüm Noktası²⁰ olarak adlandırılır. Bu noktalar iki obje birleştirilerek elimine edilir. AutoCAD MAP çizgi temizleme araçları ile (*Line Cleaning Tools*) bu işlem otomatik olarak yapılabilir. SSB yazılımının optimal olarak çalışabilmesi için bu işlem önceden yapılmalıdır. Başka bir deyişle Pseudo Düğüm Noktaları AutoCAD MAP ile kolayca elimine edilebildiklerinden SSB yazılımında bu konuda bir önlem alınmamıştır.

Sınır çizgilerinin oluşturulmasında önemli işlemlerden biri komşu objenin aranmasıdır. Bu amaçla lfk veri tabanının *Geri Zincirleme*²¹ olarak tanımlanabilecek fonksiyonundan yararlanır (**Kruse ve Powitz, 1990**). Buradaki çalışma biçimi şöyledir. Daha öncede değinildiği gibi veri tabanı son eki HDR ve DDB olan iki dosyadan oluşmaktadır. Objeleri oluşturan noktalar DBB dosyasında depolanmaktadır. Bu dosya nokta koordinatları yanında veri tabanı yönetimi ile ilgili değişkenlerin değerlerini ve *Alt Bölge Matrisi* olarak adlandırılan bir matrisi içermektedir. Bu yaklaşımda tüm çalışma bölgesi 32x32 adet alt bölgeye ayrılır. Her bir alt bölge söz konusu matrisin bir elemanına karşılık gelir. Toplam olarak 1024 alt bölge mevcuttur. Matrisin her bir elemanı bir tamsayı içerir. Bu tamsayı veri tabanına en son kaydedilen ve ilgili alt bölgenin içinde yer alan noktanın kayıt numarasını göstermektedir. Bu sayı sıfır ise alt bölgenin boş olduğu anlaşılır. Matriste kayıt numarası verilen noktaya ait kayıta o alt bölgedeki bir önceki noktanın kayıt numarası da gösterilir. Bu sayı sıfır ise o alt bölgedeki başka nokta olmadığı anlaşılır. Bu şekilde zincirleme olarak bir alt bölgede bulunan tüm noktalara ulaşılır. Noktaların kayıtlarında hangi objeye ait oldukları ve objenin halen geçerli olup olmadığı bilgisi de verildiğinden bu yolla bir objenin herhangi bir noktasında en yakın olan diğer geçerli obje bulunabilir.

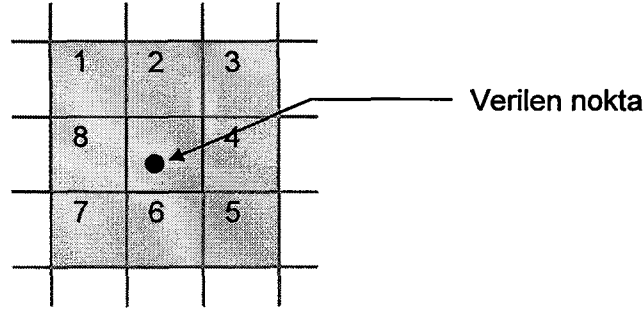
SSB yazılımı kapsamında komşu obje aranması sadece bir alt bölgede yapılmaz. Söz konusu alt bölgeye komşu olan sekiz alt bölge de taranır (Şekil 4.15). Bu aşamada eldeki objenin bir noktasına maksimum yol genişliğinden daha yakın olan başka objenin bir noktası aranır. Çevrede bir çok nokta varsa en yakın olanı seçilir. Bu işlem sırasında bazı objeler filtrelenebilir. Örneğin daha önce sınır çizgileri olarak işaretlenmiş objeler ve semantik olarak farklı objeler göz ardı edilir.

Yukarıda da belirtildiği gibi SSB kullanıcı tarafından belirlenen parametrelere göre çalışır. *ssb.cfg* adı verilen konfigürasyon dosyasında kullanıcı tarafından belirlenen parametreler aşağıda sıralanmıştır:

²⁰ İngilizce kaynaklarda: *Pseudo Nodes*

²¹ Almanca kaynakta: *Rückwärtsverkettung*

- Maksimum yol genişliği (h_{max})
- Minimum yol genişliği (h_{min})
- Eşdeğer noktalar için arama yarıçapı
- Küçük kenar büyüklüğü
- Kritik açı değeri (α_{kr})
- Ön değerlendirme yapıma onayı (E/H)
- Sonuçlar test edilme onayı (E/H)
 - Test yapılacaksa rahatsız edici objelerin silinme onayı (E/H)
- Semantik uyum testi için kullanılacak üç semantik alanın numaraları



Şekil 4.15: Komşu obje aranmasında sekiz komşu alt bölge

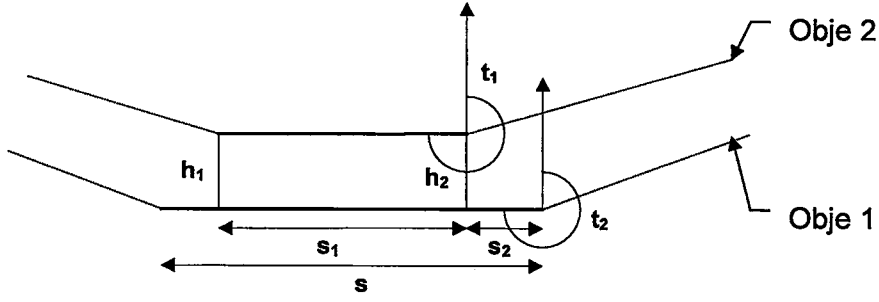
Maksimum ve minimum yol genişlikleri iki çizginin bir yola ait sınır çizgileri olup olmadıklarının test edilmesinde önemli rol oynarlar. Komşu obje bulunduktan sonra başka bir ifade ile iki çizginin birer noktaları arasındaki uzaklık h_{max} dan küçük ise, çizgiler parça çizgiler (segmentler) halinde test edilirler. Her parça çizgi çiftinin bir yol objesinin sınırını oluşturabilmesi için Şekil 4.16'da grafik olarak gösterilen parametrelerin aşağıdaki geometrik koşulları sağlaması gerekir:

$$h_{min} \leq h_1 \leq h_{max} \text{ ve } h_{min} \leq h_2 \leq h_{max} \quad (4.1)$$

$$|t_2 - t_1| \leq \alpha_{kr} \quad (4.2)$$

$$0 \leq s_1 \leq s \text{ ve/veya } 0 \leq s_2 \leq s \quad (4.3)$$

Kritik açı değerine göre (α_{kr}), iki parça çizginin aynı yönde ilerleyip ilerlemediğine karar verilir. Bu amaçla 30 ila 40 grad arası bir değer mantıklıdır. Şekil 4.16'da iki parça çizginin birbirlerine göre ideal konumu görülmektedir. Bu bağlamda iki parça çizginin birbirine göre çok değişik konumlarda olabileceği ve bir çok özel durumun yazılım geliştirme tekniği açısından dikkate alınması gerektiği açıktır.



Şekil 4.16: Parça çizgiler

α_{kr} parametresi bağlantı objesi aranması aşamasında da önemli bir rol oynar. Bu değere göre birbirinden ayrılan iki çizginin hangisinin ayrıldığı, hangisinin aynı yönde devam ettiği araştırılır. Eğer objelerden biri aynı yönde devam ediyorsa ona paralel bir bağlantı objesi aranır, iki objede ters yönlere ayrılıyorsa ikisi de ilgili noktalardan bölünürler. Örneği Şekil 4.12’de obje A aynı yönde devam ederken obje B’nin yönü değişmektedir. Şekil 4.13’de ise her iki obje de farklı yönlerde devam etmektedir. İkinci örnekte komşu obje aranmaz.

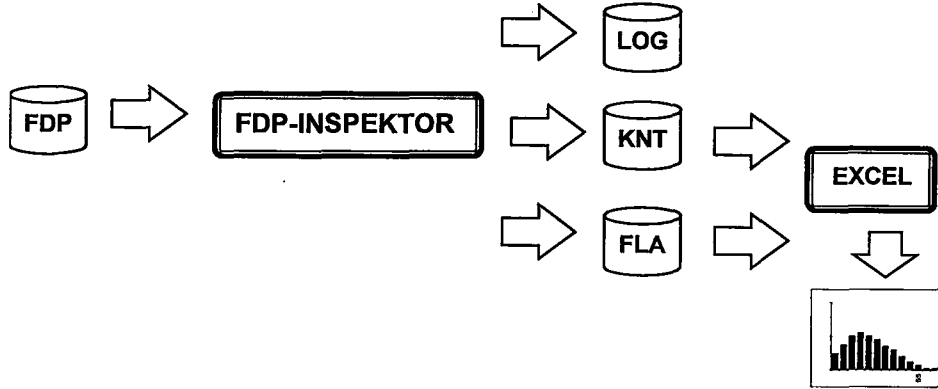
4.7 Sistemin Otomatize Edilmesi

Genelleştirme sonuçlarının irdelenmesi için gerekli olan çeşitli istatistiksel parametrelerin belirlenmesi amacıyla bu çalışma kapsamında, daha önce de değinilen ve FDP-INSPEKTOR adı verilen bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım bina verilerinin araştırılması için hazırlanmıştır ve isminden de anlaşılacağı üzere FDP formatında dosyaları kullanır. Yazılımın çalışması sonucu çalışma dizininde, içerisinde aşağıdaki parametrelerin yer aldığı adı FDP dosyası ile aynı, son eki “LOG” olan bir dosya oluşur:

- Toplam obje ve nokta sayısı
- Bölge sınırları
- Bölge alanı, toplam obje alanı, en küçük objenin alanı
- Yüzde olarak toplam obje alanının toplam bölge alanına oranı
- Toplam, en küçük ve ortalama bina çevre uzunluğu
- En büyük, en küçük ve ortalama kenar uzunluğu
- Objeye başına düşen nokta ya da kenar sayısı

FDP-INSPEKTOR bina objeleri için hazırlandığından yalnızca kapalı poligon biçimindeki objeleri dikkate alır. FDP dosyasında kapalı olmayan objeler mevcutsa bunlar hesaplamalarda dikkate alınmaz, ancak sayıları rapor edilir.

Yazılım kullanıcı isteğine göre alanlar ve kenarlar için histogram değerlerini de hesaplar. Bu amaçla gerekli olan aralık değerleri kullanıcı tarafından belirlenir. Histogram değerleri, alanlar için son eki “FLA” kenarlar için son eki “KNT” olan iki dosyaya kayıt edilir. Söz konusu dosyalar ASCII dosyalar olup kolayca MICROSOFT EXCEL gibi bir hesap tablosu yazılımına aktarılıp histogramlar görsel olarak oluşturabilir. Yazılımın genel çalışma şekli Şekil 4.17’de görülmektedir.



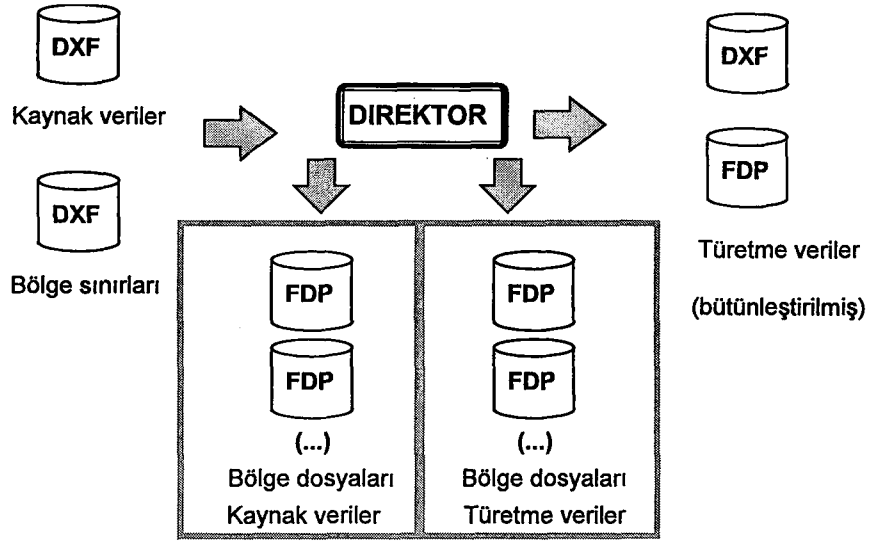
Şekil 4.17: FDP-INSPEKTOR yazılımı

Bölgelere ayırarak bina genelleştirme uygulamasındaki işlemleri hızlandırmak ve otomatize etmek amacıyla bu çalışma kapsamında DIREKTOR adlı bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılımın verilere herhangi bir etkisi olmayıp sadece DCB, ANGI gibi gerekli yazılımları çalıştırır. DIREKTOR kaynak verilerden ve kapalı poligon verilerinden direkt genelleştirilmiş verilerin üretilmesini sağlar (Şekil 4.18). Bu sırada bina verilerinin grafik iyileştirilmesi, genelleştirme bölgelerine ayrılması, genelleştirilen bölgelerin genelleştirildikten sonra tekrar bütünleştirilmesi, gerekli dönüşümlerin yapılması, genelleştirme öncesi ve sonrası verilerin FDP-INSPEKTOR ile incelenmesi gibi işlemler otomatik olarak gerçekleştirilir.

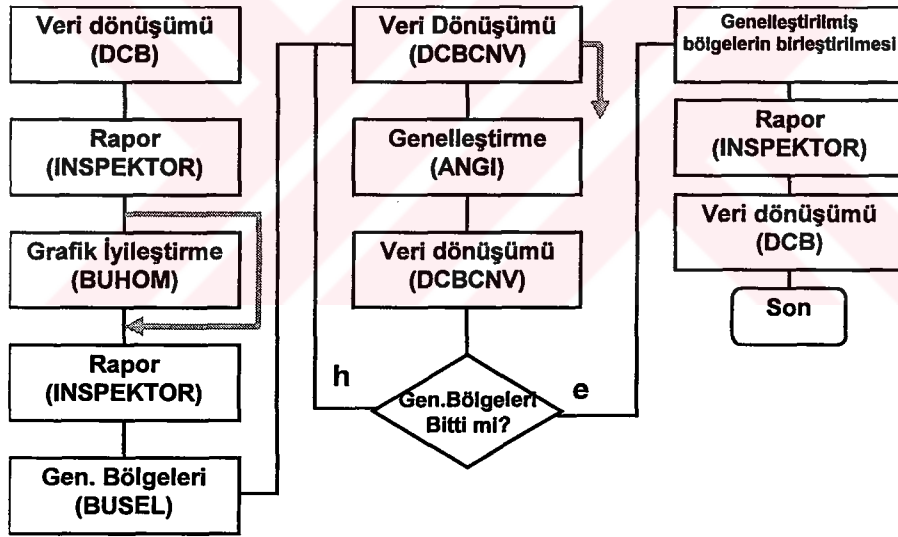
Bu çalışma kapsamında yapılan uygulamada, yaklaşık 300 genelleştirme bölgesi olduğu göz önüne alınırsa, DIREKTOR ile bina genelleştirilmesi önemli derecede otomatize edilmektedir. Şüphesiz burada bu çalışmada önerilen bölgelere ayırarak genelleştirme düşüncesine göre yapılan uygulamalarda DIREKTOR yazılımının sağladığı kazanç önemlidir. Tüm ham veriler tek bir oturumla da DIREKTOR gibi bir yazılıma ihtiyaç olmadan da genelleştirilebilir. CHANGE yazılımının burada getirdiği tek kısıtlama, toplam obje sayısının bir oturumda 10000 adedi geçmemesidir.

Yazılımın giriş verileri DXF ya da FDP formatında olabilir. Sonuçlar her iki formatta da elde edilmektedir. Yazılımın ilk çalışması sırasında oluşturulan genelleştirme bölgelerine ait kısmi dosyalar ileride tekrar kullanılabileceği düşüncesiyle silinmez.

Söz konusu dosyalar bir kez oluşturulduktan sonra yazılım yeniden ayırma işlemi uygulamadan değişik parametrelere göre ya da değişik ölçekler için yeni sonuçlar üretebilir. Grafik iyileştirme aşaması kullanıcı isteğine göre uygulanmayabilir.



Şekil 4.18: DİREKTOR yazılımı çalışma biçimi



Şekil 4.19: DİREKTOR yazılımı çalışma adımları

CHANGE yazılımının ANGI bileşeni bir kez çalıştırılarak elde edilen sonuçlar incelenirse zaman zaman birbirini örten bina objelerine rastlanabilir. Bu nedenle ANGI bileşeninin iki kez çalıştırılması yararlıdır.

DİREKTOR yazılımının çalışması sırasında izlenen adımlar Şekil 4.19'daki akış diyagramında daha kapsamlı olarak görülmektedir.

4.8 Bina Verilerinin Genelleştirme Sonrası Topolojik Tutarlılığı

CHANGE yazılım paketinin bina genelleştirme modülü ANGI yazılımı temelde **Staufenbiel (1973)** tarafından geliştirilen yöntem ve algoritmalara dayandığından, 3.3.4 başlığında da değinildiği üzere, birleştirmede özniteliklerin dikkate alınması durumunda topolojik tutarsızlıkların oluşması önlenemez (bkz. Şekil 3.19). Sorunun kaynağı ANGI yazılımının genelleştirmeyi topolojik bir yapı üzerinde uygulamamasıdır. Genelleştirilen verilerin çeşitli CBS uygulamalarına altlık oluşturacağı ve bu verilerle poligon topolojisi²² kurulması gerekeceği açıktır. Verilerin topolojik tutarlılığının analiz edilmesi için çeşitli CBS yazılımları çizgi temizleme araçları sunmaktadırlar.

Uygulamada kullanılan AutoCAD MAP yazılımı da bu tür araçlara sahiptir. Ancak yapılan denemelerde genel anlamda çizgi temizleme amaçlı hazırlanmış bu fonksiyonların özel olarak bina verilerinde topolojik tutarlılığın sağlanması için yeterli olmadıkları belirlenmiştir. Bu noktada bu uygulama kapsamında bina verilerinde topolojik tutarlılığı sağlayacak bir yazılım (GQE) geliştirilmesine karar verilmiştir.

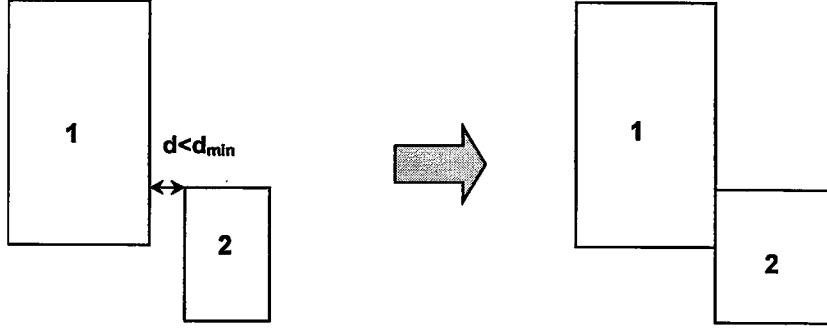
Temel amacı topolojik tutarlılığı sağlamak olan GQE yazılımı, genel anlamda bina verilerinde grafik kaliteyi yükseltecek şekilde tasarlanmıştır. Başka bir ifade ile bu yazılım yalnızca genelleştirme sonrası verileri işlemek için değil, genel olarak her tür kaynaktan elde edilen verileri işlemek üzere tasarlanmıştır. Yazılımın çalışma prensibi aşağıda özetlenmektedir.

Alansal verilerde (bina verileri) binme ve boşluk olmak üzere iki tür tutarsızlık ortaya çıkar (Şekil 4.20). Boşluk durumunda 1 ve 2 numaralı objeler arasındaki uzaklık grafik limitlerin altına düşmektedir. Bu durumda küçük olan 2 numaralı objenin ilgili kenarı 1 numaralı objenin ilgili kenarına çakıştırılır. Binme durumunda ise binme oluşan parça küçük olan ikinci objeden kesilip çıkartılarak sorun çözülür.

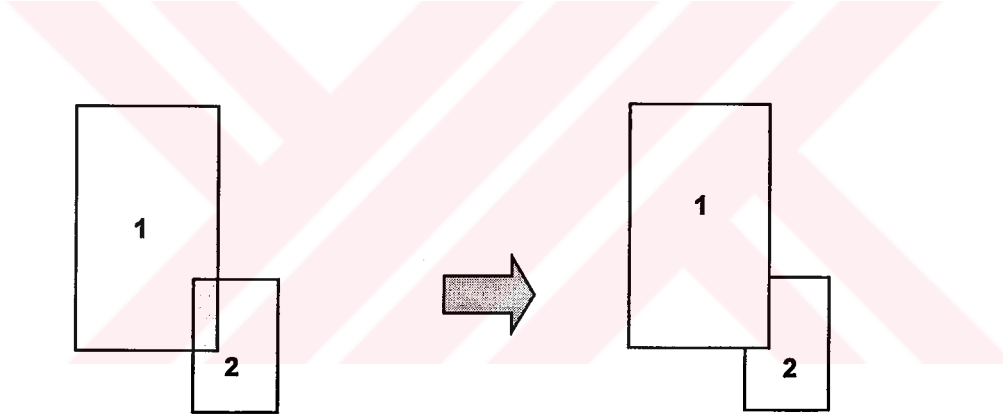
Burada önerilen yaklaşımda topolojik tutarlılığı sağlamak için değişiklik, daima küçük olan objede yapılmaktadır. Bir veri takımında topolojik tutarsızlık oluşturabilecek komşuluk ilişkileri iki obje arasında değil, bir çok obje arasında olabilir. Ancak yazılım tekniği açısından her zaman iki obje birbiri ile karşılaştırılabilir. Bir veri tabanında yer alan çok sayıda objenin birbirleri ile hangi sırada karşılaştırılmaları gerektiğini açık olarak belirlemek için objeler arasında bir

²² Topolojik veri yapıları konusunda ayrıntılı bilgi için **Cromley (1992, s.85)** den yararlanılabilir.

hierarchy is needed. This goal can be achieved by creating a spatial hierarchy. In this approach, the data is sorted in a list from small to large based on the area they occupy. The smallest object in the list is selected, and then larger objects are compared with it. If topological inconsistency is detected, it is corrected by adjusting the smaller object. This process is repeated until the hierarchy is consistent.



Boşluk



Binme

Şekil 4.20: Topolojik tutarsızlık türleri

In the approach given above, the small object is adjusted to the limits of the graphic. This causes the edges of the small object to be cut off (Şekil 4.20). This type of small edge formation is not preventable. This type of small edge formation can be prevented by taking measures against the topological relationships of the third objects. In this context, ensuring topological consistency is a necessary condition. This type of edge formation is a necessary condition. This type of edge formation is a necessary condition. This type of edge formation is a necessary condition.

In this application, the developed other software like GQE software is also developed in FORTRAN 90 language. It is developed in FORTRAN 90 language. It is developed in FORTRAN 90 language. It is developed in FORTRAN 90 language.

işlemektedir. Yazılım küçük kenar ve küçük alan parametreleri yardımıyla kullanıcılar tarafından yönlendirilebilir.

GQE yazılımı, bina yol objeleri arasında genelleştirme sonucu oluşan topolojik uyumsuzlukların giderilmesi amacıyla da kullanılabilir. Bu amaçla alansal hiyerarşi önceliği olan objeler dikkate alınabilecek şekilde genişletilmiştir. Alansal olarak yeteri kadar büyük olmayan, ancak önceliği olan objeler hiyerarşide öne geçebilirler. Bu tür objeler buldukları tabakanın kullanıcılar tarafından yazılıma girilmesi ile ayırt edilirler. Bu şekilde CHANGE bina modüllerinin kullanılması sonucu oluşan yollara ait kapalı alanlar önceliği olan objeler olarak tanımlanarak, yolların içine kısmen giren binalar otomatik olarak kırılarak, topolojik uyumsuzluk ortadan kaldırılabilir. Kırma işlemi sonucu binaların geriye kalan kısımlarının, en küçük alan boyutunun altında kalıp kalmadığı da kontrol edilmekte, yeteri kadar büyük olmayan objeler elimine edilmektedir. Böyle bir yaklaşım bina yol uyumsuzlukları için ideal bir çözüm olmamasına rağmen, pratik bir çözüm olarak görülmelidir.

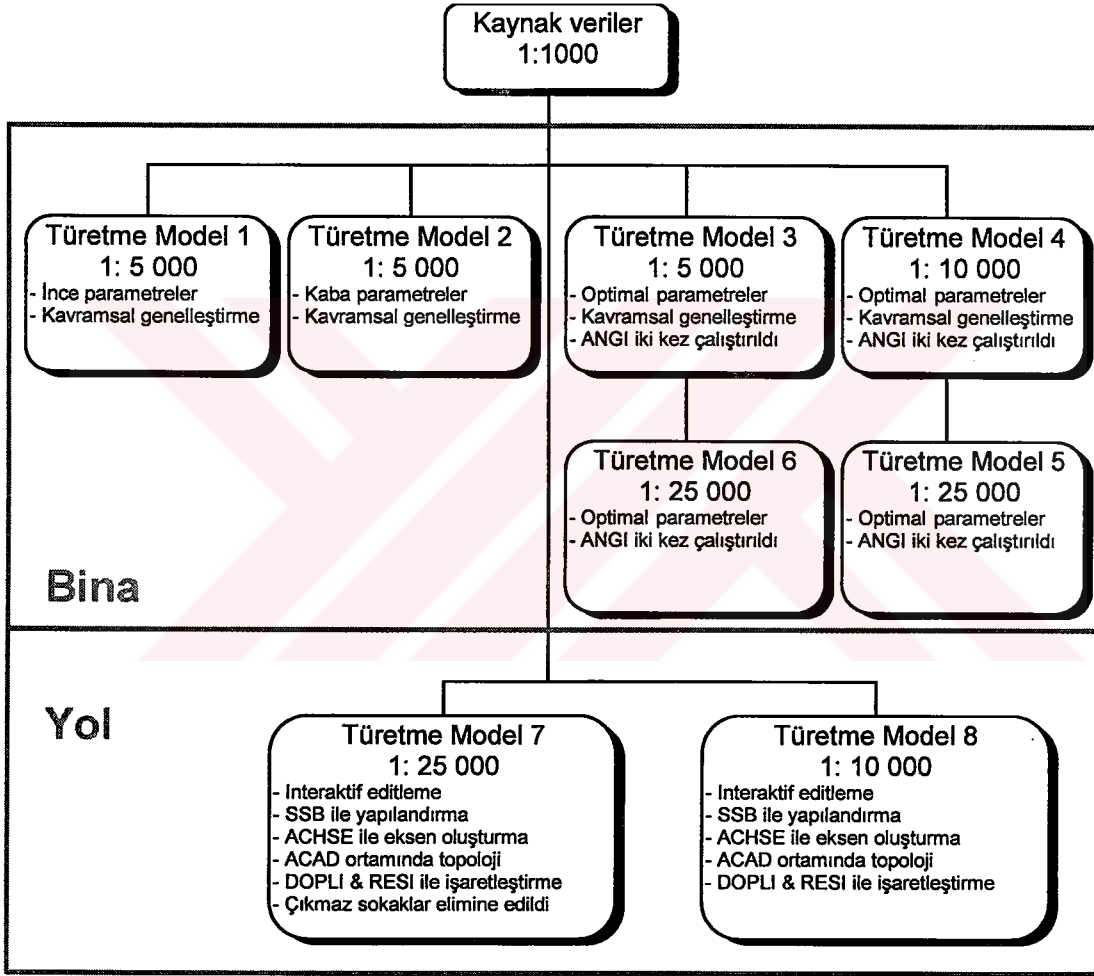
4.9 Uygulama

Oluşturulan otomatik genelleştirme sistemini test etmek amacıyla İBB tarafından fotogrametrik yöntemle üretilen 1:1000 ölçekli sayısal haritalar kullanılmıştır. Bu amaçla bir adet 1:5000 ölçekli paftayı oluşturan 16 adet 1:1000 ölçekli pafta seçilmiştir. Bölgeyi içine alan 1:5000 ölçekli pafta adı “İSTANBUL F22-d-16b”dir. Bölge, kentın Avrupa yakasının kuzey kısmında İstanbul Boğazı’na komşu Sarıyer ve Beşiktaş ilçelerinde yer almaktadır. Yerleşim yapısı modern yapı tarzından gecekondulara kadar değişiklik göstermektedir. Bölgenin güneydoğu kesiminde şehrin oldukça eski yerleşim merkezlerinden Bebek, güneybatı kesiminde modern yapıların ve alışveriş merkezlerinin yer aldığı Etiler, kuzeyinde TEM otoyolu, otoyolun çevresinde kaçak yapılaşmanın çok yoğun olduğu Armutlu Mahallesi yer almaktadır. Bölgenin engebeli yapısı özellikle kaçak yapılaşan kesimlerde yapıların yerleşim düzenini oldukça etkilemiştir. Bölgenin yapılaşma karakteri açısından İstanbul’da rastlanabilecek her türlü özelliğe sahip olduğu söylenebilir.

Çeşitli amaçlar için üç değişik ölçekte, binalar için altı, yollar için iki türetme model planlanmıştır (Şekil 4.21). Türetme modellerin ölçekleri 1:5000, 1:10000 ve 1:25000 olarak seçilmiştir.

Yol kaynak verileri önceki bölümlerde tartışılan nedenlerden dolayı ilk olarak AutoCAD ortamında interaktif olarak geometrik, semantik ve grafik anlamda iyileştirilmiştir. Bu aşamada çizgi basitleştirilmesi de uygulandığından elde edilen

çift çizgili yol verileri başka bir işleme gerek kalmaksızın 1:5000 ve 1:10000 ölçekleri için uygun olduğu kanısına varılmıştır. Genelleştirilmiş ve işaretleştirilmiş yol verileri ilk olarak 1:25000 ölçeğinde gerekli olmasına rağmen turistik şehir planı gibi uygulamalarda kullanılmak üzere 1:10000 ölçekli bir türetme model de planlanmıştır. Bu model (Model 8) 1:20000 ölçeğine kadar turistik şehir planı uygulamalarında kullanılabilir özelliktedir. İşaretleştirilmiş olan Model 7 ve Model 8 için, önceki bölümlerde tartışıldığı gibi yol eksenleri oluşturulmuştur (bkz.4.3.2). Yol eksenlerinin bir başka fonksiyonu ise, genelleştirme bölgelerinin sınırlarının oluşturulmasında kullanılmalıdır.



Şekil 4.21: Uygulamada oluşturulan türetme modeller

Kaynak bina verileri genelleştirme öncesi BUHOM yazılımı ile grafik olarak iyileştirilmiş, BUSEL yazılımı ile genelleştirme bölgelerine ayrılmıştır. Yol eksenlerinin oluşturulmasından sonra 323 adet genelleştirme bölgesi oluşmuştur. Bunların tümü binalarla dolu olmadığından kaynak bina verileri 291 bölgeye ayrılmıştır. En çok bina içeren bölgeye 471 bina düşmekte, sekiz küçük bölge ise sadece birer bina içermektedir.

Bina genelleştirmesini otomatize eden DİREKTOR yazılımı bu uygulamada Windows 95 işletim sisteminde 486DX66 işlemci üzerinde çalıştırılmıştır. Yazılımın çalışma süresi söz konusu donanımla yaklaşık iki saat sürmüştür. Yeni nesil işlemciler ve güçlü bir bellek donanımı ile bu sürenin önemli ölçüde kısılacağı kesindir.

4.9.1 Kaynak veriler üzerinde istatistiksel irdeleme

Daha önceki bölümlerde değinildiği gibi kaynak bina verileri, sonuçlarının kalitesini artırmak amacıyla genelleştirme öncesi grafik iyileştirme işlemlerinden geçirilmiştir. Bu işlemler sırasında minimum alan büyüklüğü olarak 5 m², bina yol arası maksimum uzaklık olarak 15 m gibi parametreler kullanılmıştır.

Bina objelerinin grafik iyileştirme sonucu nasıl değiştiği Tablo 4.2’de görülmektedir. Tablodaki değerler incelenirse objelerde önemli derecede bir değişim olmadığı anlaşılmaktadır. Böylece elde edilen veriler bina türetme modelleri (Model 1-6, Şekil 4.21) için kaynak veriler olarak kullanılmıştır.

Genelleştirmede önemli fonksiyonları olan ve grafik limitler uyarınca (bkz.2.5.4) seçilmesi gereken en küçük kenar ya da kısaca küçük kenar ve en küçük alan ya da kısaca küçük alan parametrelerine atanmak üzere en iyi değerleri elde etmek için kaynak veriler üzerinde istatistiksel olarak araştırma yapılmıştır. Bu amaçla alan ve kenar histogramları hazırlanmıştır. Burada amaç, eldeki verilere en iyi uyan parametre değerlerinin saptanmasıdır.

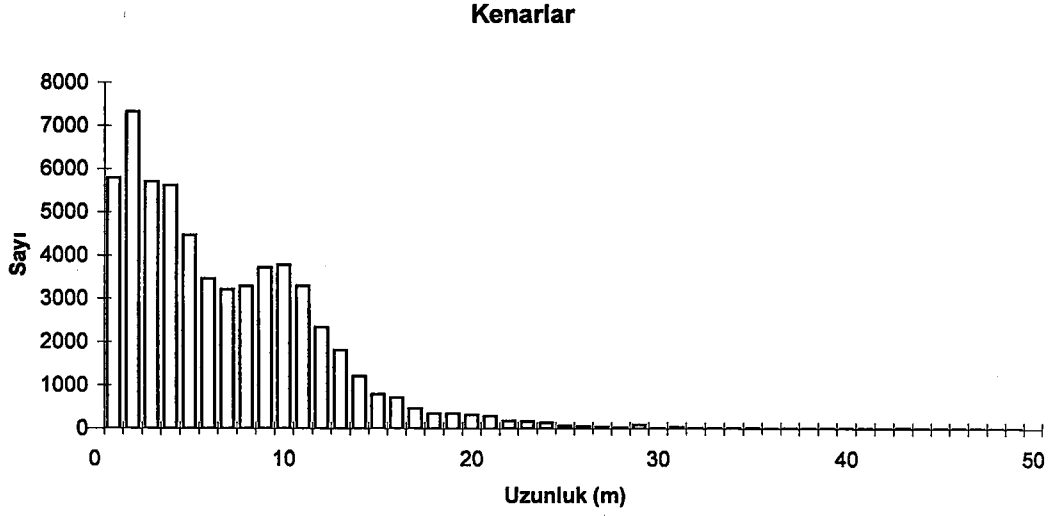
Tablo 4.2: Grafik iyileştirme-temizleme öncesi ve sonrası istatistiksel parametreler

	Obje sayısı	Köşe ya da kenar sayısı	Top. Objeler alanı	Objeler alan oranı (%)	Toplam çevre
Ham veriler	9437	61578	1.123	19	385.73
İyileştirilmiş veriler	9180	59318	1.121	19	383.50

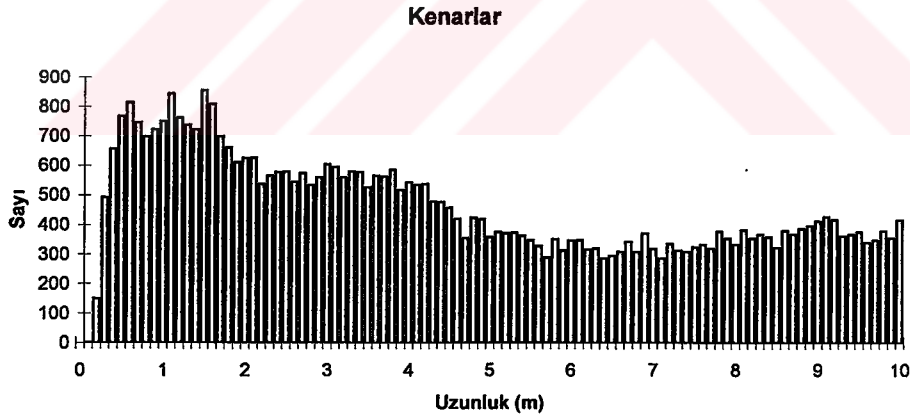
Kenarların yoğunluk dağılımı iki değişik aralıkta incelenmiştir (Şekil 4.22 ve Şekil 4.23). Histogramlarda küçük kenarlar için kriter olarak kullanılabilecek belirgin bir kırılma noktası görülmediğinden grafik minimum boyutlar göz önüne alınarak, 0.3mm (türetme ölçeğinde) gibi bir değer seçilmesi uygundur.

Objeler alanları için yoğunluk dağılımı iki farklı aralıkta oluşturulmuştur (Şekil 4.24 ve Şekil 4.25). Şekil 4.24’de görülen histogram 30 ve 40 m² arasında bir kırık nokta içermektedir. Ancak bu değerler 1:5000 ve 1:10000 ölçeklerinde küçük alan parametresi olarak oldukça büyük olduklarından kullanılamazlar. Küçük alan

parametresi için histogramlardan uygun bir değer elde edilemediğinden grafik limitlere göre uygun bir değer alınabilir.

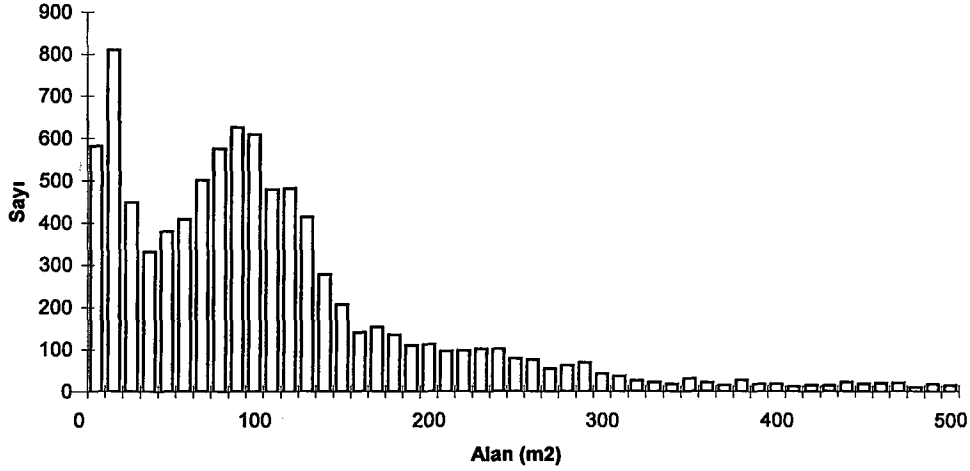


Şekil 4.22: 0-50 m aralığında kenarlar için histogram



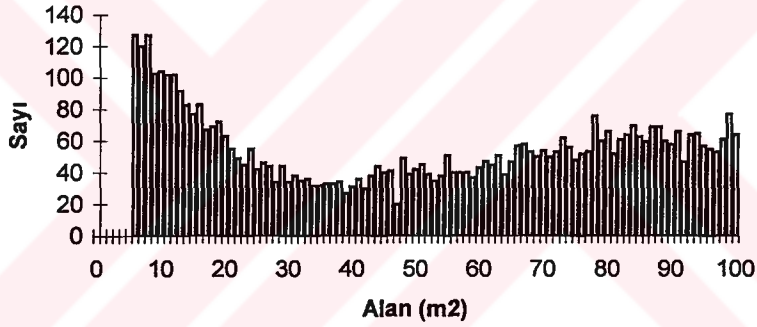
Şekil 4.23: 0-10 m aralığında kenarlar için histogram

Obje alanları



Şekil 4.24: 0-500 m² aralığında obje alanları için histogram

Obje alanları



Şekil 4.25: 0-100 m² aralığında obje alanları için histogram

4.9.2 Bina genelleştirmesi için parametre seçimi

CHANGE yazılımının, bina genelleştirmesi bileşeni ANGI, kullanıcılar tarafından genelleştirme parametreleri belirlenerek kontrol edilebilir. ANGI yazılımı toplam olarak 14 parametre kullanmaktadır. Parametreler özel bir yapısı olan “angidir.dat” adı verilen bir ASCII dosyada toplanır. Parametreler hakkında özet bilgi Tablo 4.3’de verilmektedir.

Tablo 4.3’de görülen parametrelerden TV_IDENT ve TV_DIST için, grafik limitler uygun değerler olup kaynak harita ölçeğinde tanımlanmaktadır. Söz konusu parametreler verilerin genelleştirme öncesi hazırlık işlemlerinde kullanılırlar. ANGI yazılımında birinci kontur genelleştirilmesi devre dışı bırakılırsa otomatik olarak veri hazırlama işlemi yapılır. Bu işlem küçük seçilmiş parametrelerle yapılan pseudo

kontur genelleştirilmesi olup, verilerin genelleştirme öncesi tutarlılığını kontrol etmek amacıyla yapılır. Söz konusu iki parametrenin kaba seçilmesi gerçek kontur genelleştirmesine yol açabilir. Bu durumda birinci kontur genelleştirmesinin devre dışı bırakılmasının bir anlamı kalmaz. Birinci kontur genelleştirilmesi özellikle blok yapılaşma tarzında birleştirme işlemini olumsuz yönde etkiler. Bunun yanında iç avluların sağlıklı olarak oluşturulması için birinci kontur genelleştirmesinin seçilmemesi gereklidir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında birinci kontur genelleştirilmesi her zaman devre dışı bırakılmıştır (bkz. 3.2.2.1 ve 3.2.3).

Tablo 4.3: ANGI yazılımının kullandığı parametreler

Parametre	Anlamı	Tipi
CONTOUR_1	Birinci kontur genelleştirilmesi onayı	mantıksal (E/H)
COMPREHEN	Birleştirme onayı	mantıksal (E/H)
CONTOUR_2	İkinci kontur genelleştirilmesi onayı	mantıksal (E/H)
HYPHEN	Birleştirmede ayırım çizgilerinin korunması onayı	mantıksal (E/H)
CONCEPT	Kavramsal genelleştirme derecesi (0,1,2,3)	tamsayı
E_SCALE	Kaynak harita ölçeği	reel sayı
TV_IDENT	Kaynak harita ölçeğinde eşdeğer nokta arama yarıçapı	reel sayı (mm)
TV_DIST	Bir noktanın komşu noktaların oluşturduğu doğruya olan uzaklığı için sınır değeri	reel sayı (mm)
D_SCALE	Türetme harita ölçeği	reel sayı
TV LENGHT	En küçük kenar uzunluğu (küçük kenar)	reel sayı (mm)
TV_AREA	En küçük bina alanı (küçük alan)	reel sayı (mm ²)
TV_COMPRE	Birleştirmede iki obje arasındaki uzaklık için maksimum değeri	reel sayı (mm)
TV_SHIFT	Birleştirmede bağlama ve öteleme yöntemleri için alan kriteri	reel sayı (mm ²)
TV_ANGLE	Ekstrem açılar (çok dar ya da çok geniş) için sınır değeri	reel sayı (grad)

1,2,3 ve 4 numaralı türetme modellerde kavramsal genelleştirme uygulanmıştır. Kavramsal genelleştirme için Tablo 4.3'de görülen CONCEPT parametresi 2 olarak seçilmiştir. ANGI kavramsal genelleştirme seçildiğinde, bina objelerini birbirinden ayırt etmek için 3 ve 4 numaralı semantik alanları karşılaştırılır. 4 numaralı alan ana sınıfları, 3 numaralı alan alt sınıfları tanımlar. Kavramsal genelleştirme birleştirme işlemini etkiler (bkz. 3.2.2 ve 3.2.4). Bu çalışma kapsamında, DCB yazılımı ile yapılan dönüşümde bina objelerinin tabaka, renk ve çizgi tipi özniteliklerinin kodlanması ile doldurulan, 4 numaralı alan, semantik karşılaştırma için kullanılmıştır. Kaynak verilerde söz konusu özniteliklere göre bina objeleri

sınıflandırılmıştır. Objeleri semantik olarak tanımlayan başka bir bilgi de mevcut değildir.

TV_LENGTH, TV_AREA, TV_COMPRE ve TV_SHIFT parametreleri türetme harita ölçeğinde tanımlanmalıdır. Son iki parametre bina genelleştirme sonuçlarını önemli derecede etkiler. TV_COMPRE komşu iki objenin birleştirilip birleştirilmeyeceğini, TV_SHIFT ise iki objenin nasıl birleştirileceğini belirler. Birleştirmede 3.2.2 numaralı başlıkta açıklanmış olan yaklaşım ANGI yazılımında uygulanmıştır. Şekil 3.14’de geometrik olarak açıklanan birleştirme yöntemlerinde iki parametre önemlidir. Şekil 3.14’de ds_{min} olarak adlandırılan parametre TV_COMPRE parametresi, df_{min} ise TV_SHIFT ile aynıdır.

Birleştirmede kullanılan alansal hiyerarşinin birleştirmeye olumsuz etkisi ve parametrelerin etkileri yine 3.2.2 numaralı başlıkta ve şekil 3.15’de açıklanmıştır. Ötelemeye göre bağlama geometrik olarak daha iyi sonuç vermesine rağmen toplam obje alanında artışa yol açar. Kaynak harita verileri genelleştirilmiş objeler ise birbirine değen tüm objeler halihazırda birleştirilmiş olduğundan obje kesiştirme yöntemi devre dışı kalır. Bu durumda sadece öteleme ve bağlama yöntemleri ile birleştirme yapılacağından, söz konusu iki parametre dikkatli seçilmelidir. Ötelemeden kaynaklanacak problemleri ortadan kaldırmak için TV_SHIFT sıfır olarak alınabilir. Bu durumda yalnızca bağlama yöntemi aktif olduğundan toplam obje alanındaki artış büyür. Bu ise genelleştirme ilkesine genellikle aykırı bir davranıştır.

Tablo 4.4: Heidorn (1998) tarafından önerilen parametreler

Küçük alan (mm ²)	Küçük kenar (mm)						
	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
0,10						×	×
0,15						×	×
0,20						×	×
0,25			○ ◆ □	○ ◆ ■	● ◆ □	×	×
0,30	◆					×	×
0,35						×	×

○: Kırsal yerleşim
◆: Kentsel yerleşim
□: Blok yapılaşma

En iyi: ● ■ ◆
iyi: ○ ◆ □
Kabul edilemez: ×

Heidorn (1998) bina genelleştirmesinde optimal parametre seçimi konusunda bir araştırma yapmıştır. Bu denemeler kapsamında kırsal, kentsel ve blok yapılaşma olarak üç farklı karakterde veri takımı seçilerek en iyi küçük kenar (TV_LENGTH) ve küçük alan (TV_AREA) büyüklükleri araştırılmıştır. Bu kapsamda 1:1000 ölçekli

kaynak verilerden 1:10000 ölçekli genelleştirilmiş modeller elde edilmiş olup farklı parametrelerle elde edilen modellerin karşılaştırılması ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.4’de görülmektedir. Tablodaki bilgilerden ve histogramlardan yararlanarak oluşturulan ve üç farklı genelleştirme derecesine karşılık gelen parametre grupları (ince, optimal ve kaba) Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5: Türetme modeller için seçilen parametreler

Parametre	Türetme Modeller					
	1	2	3	4	5	6
CONTOUR_1	H	H	H	H	H	H
COMPREHEN	E	E	E	E	E	E
CONTOUR_2	E	E	E	E	E	E
HYPHEN	H	H	H	H	H	H
CONCEPT	2	2	2	2	0	0
E_SCALE	1000	1000	1000	1000	10000	5000
TV_IDENT	0,15	0,20	0,15	0,15	0,001	0,001
TV_DIST	0,15	0,20	0,15	0,15	0,001	0,001
D_SCALE	5000	5000	5000	10000	25000	25000
TV LENGHT	0,30	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30
TV_AREA	0,30	0,25	0,30	0,30	0,10	0,10
TV_COMPRE	0,20	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20
TV_SHIFT	0,90	0,90	0,60	0,20	0,30	0,01
TV_ANGLE	40	40	40	40	40	40

Bu araştırma kapsamında oluşturulan türetme modeller anılan parametre gruplarına ve ölçeklerine göre birbirinden ayrılmaktadır. (Şekil 4.21). İnce parametreler Model 1 de, kaba parametreler Model 2 de, optimal parametreler Model 3, 4, 5 ve 6 da kullanılmıştır.

4.9.3 Binalar için türetme modeller

Bina objeleri için çeşitli amaçlara yönelik toplam altı türetme model tasarlanmıştır. 1, 2 ve 3 numaralı modeller 1:5000 ölçekli topografik harita takımı için 5 ve 6 numaralı modeller 1:25000 ölçekli harita takımı için uygundur. 1:10000 ölçekli Model 4, aslında 1:25000 ölçekli modeller için gerekli olan bir ara model olmasına rağmen turistik şehir planı vb. uygulamalar için kullanılması önerilebilir.

Bina genelleştirilmesinde, ANGI yazılımının (kontur genelleştirme ve birleştirme) iki kez kullanılmasının daha iyi sonuç verdiği önceki bölümlerde ifade edilmişti. Bu yöntem özellikle 1:10000 – 1:25000 ölçek aralığında en azından bu çalışmaya konu olan veriler için de gerekli olmuştur.

Tüm bina modelleri için genelleştirme sonrası istatistiksel parametreler hesaplanmıştır. Tablo 4.6'da seçilen bazı parametrelerin genelleştirme öncesi ve sonrası değerleri listelenmektedir. Tabloda ayrıca **Töpfer (1974)** ün seçme kuralına göre değerler de hesaplanmış ve köşeli parantez içinde verilmiştir (bkz. (2.1) ve (2.2)).

Tablo 4.6: Türetme modellere ait istatistiksel parametreler

	Obje sayısı	Köşe ya da kenar sayısı	Toplam obje alanı (km ²)	Toplam obje alanı oranı (%)	Toplam çevre uzunluğu (km)
Kaynak veriler	9180	59318	1,121	19	383,503
Model 1	5089 ^[4105]	37571	1,128	19	316,157
Model 2	4880	34761	1,131	19	311,841
Model 3	5053	37442	1,128	19	315,224
Model 4	3679 ^[2902]	26303	1,142	19	283,849
Model 5	1986 ^[2326]	15228	1,197	20	225,323
Model 6	1625 ^[2259]	14165	1,101	19	204,257
Model bölgesi alanı: 5.866 km ²			[...] : Töpfer (1974) e göre obje sayısı		

Seçilen bazı parametrelerin genelleştirme öncesi ve sonrası yüzdelerdeki değişimleri de hesaplanmış ve Tablo 4.7'de verilmiştir. Objeye sayısında azalma, birleştirme işleminin, kenar sayısındaki ve çevre uzunluğundaki değişim ise kontur genelleştirmesinin derecesini göstermektedir. Toplam çevre uzunluğunun toplam kenar sayısından daha az değişmesi de dikkat çekicidir. Toplam alanda az miktarda bir artış olduğu da göz önüne alınırsa, türetme haritanın bölgenin temel yapılaşma karakterini koruduğu söylenebilir.

Tablo 4.7: İstatistiksel parametrelerdeki yüzdelerdeki değişimler

	Objeye sayısında azalma (%)	Kenar sayısında azalma (%)	Alan artışı (%)	Çevre uzunluğunda azalma (%)
Model 1	44,56	36,66	0,62	17,56
Model 2	46,84	41,40	0,89	18,68
Model 3	44,95	36,87	0,62	17,80
Model 4	59,92	55,65	1,87	25,98
Model 5	46,01	42,10	4,81	20,61
Model 6	67,84	62,17	-2,39	35,20

Klasik üretilmiş haritaları analiz ederek kurallar elde etmek için uzmanlar çeşitli çalışmalar yapmaktadırlar. Bu uzmanlardan **Müller (1990)** Hannover (Almanya) kentinin güney batısında kalan bir bölgede 1:5000 – 1:500000 ölçek aralığında klasik olarak üretilmiş topografik haritaları genelleştirme açısından analiz etmiştir. Bu

çalışmada bina objelerinin sayısal değişimi yoğun ve dağınık yerleşim olmak üzere iki kategoride incelenerek sayısal sonuçlar elde edilmiştir Tablo 4.8 ile Tablo 4.7 karşılaştırıldığında uygulamada elde edilen sonuçların kartograflar tarafından klasik olarak genelleştirilmiş haritalarla uyumlu olduğu görülmektedir.

Uygulamada elde edilen modellerden 1, 2, 3 ve 4 numaralı modellerde kavramsal genelleştirme uygulandığından bina verilerinde topolojik tutarsızlıklar olması olasılığına karşı bu modeller bu amaçla hazırlanan yazılım (GQE, bkz. 4.8) ile test edilmiştir. Söz konusu yazılım ile işlenen veriler önemli bir değişime uğramamışlardır.

Tablo 4.8: Müller (1990) tarafından bulunan klasik genelleştirme sonuçları

Ölçek	Yoğun Yapılaşma	Dağınık Yapılaşma
1:5000	Değişim yok	Değişim yok
1:25000	%60-80 korunmuş	Değişim yok
1:50000	%30-40 korunmuş	%80 korunmuş
1:100000	%10 bloklar halinde birleştirilmiş	%30-50 korunmuş
1:200000	%10 bloklar halinde birleştirilmiş	%0-10 korunmuş

4.9.4 Yollar için türetme modeller

Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere yol objeleri için iki farklı genelleştirilmiş model tasarlanmıştır. İki model birbirinden ölçekleri ve kapsadıkları obje sınıfları (seçme işlemi) bakımından farklıdır. Söz konusu modeller CHANGE yol bileşenlerinden DOPLI ve RESI kullanılarak daha önce oluşturulan eksen verilerinden elde edilmiştir. Orta eksen modelinde yollar beş sınıfa ayrılmıştır. Tablo 4.9'da söz konusu sınıflar ve sınıfların nasıl işaretlendirildikleri gösterilmiştir. Yol genişlikleri Model 7 de Türkiye 1:25000 ölçekli harita takımı standartlarına göre Model 8 de ise herhangi bir standart söz konusu olmadığından serbest olarak seçilmişlerdir.

Kaynak verilerdeki söz konusu sınıflar tabaka, renk ve çizgi tipi gibi özneliklere göre tanımlanmışlardır. Veriler DCB yazılımı ile dönüştürülürken bu bilgi kodlanarak CHANGE yol bileşenleri ön şartları gereğince 2 numaralı semantik alana kayıt edilmiştir. Söz konusu alanda her sınıf bir tamsayı ile temsil edilmektedir. Yol bileşenlerinin parametrelerini içeren "babsidir.dat" dosyasında bu tamsayı verilere karşılık gelen yol genişlikleri tanımlanmıştır.

Tablo 4.9: Yol sınıfları ve genişlikleri

Sınıflar	Genişlik (mm)	
	Model 7	Model 8
Otoyol	1,2	◆
Bulvar	0,8	1,2
Cadde	0,5	0,8
Sokak/Çıkmaz sokak	✕	0,5
Pseudo eksen	✕	✕
◆: işaretlenmemiş		
✕: elimine edilmiş		

Tablo 4.10: İşaretleştirilmiş yollara ait istatistiksel parametreler

	Objeye sayısı	Köşe ya da kenar sayısı	Toplam obje alanı (km ²)	Toplam obje alanı oranı (%)	Toplam çevre uzunluğu (km)
Model 7	729	19149	1,230	20,5	190,886
Model 8	1441	28737	1,307	21,8	251,606
Model bölgesi alanı:	5.866 km ²				

İşaretleştirme sonrası elde edilen veriler istatistiksel olarak incelenerek, hesaplanan parametreler Tablo 4.10'da gösterilmiştir. Kaynak verilerde, yol objeleri açık olarak tanımlı olmadığından söz konusu parametrelerin karşılaştırma olasılığı yoktur (bkz. 4.2.3 ve 4.3.2). Tablodaki bilgilerden yol yüzeylerinin toplam çalışma alanının yaklaşık % 20 sini kapladığı anlaşılmaktadır. Toplam bina alanı oranı da göz önüne alınırsa toplam alanın yaklaşık % 40'ı yollar ve binalarla kaplanmıştır. Bu oran bölgenin ne derece yoğun yapılaşmış olduğunun ifadesidir.

4.10 Sonuç ve Tartışma

Çalışmanın uygulama kısmında, özellikle yol ve bina genelleştirmesinde ticari olarak da kullanılan CHANGE yazılım sistemi ile İstanbul verilerini kullanmak, elde edilen sonuçlara göre gerekirse sistemin iyileştirilmesi yönünde katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Bunun ötesinde, CHANGE yazılımının arka planda çalışan (*Batch Job* ya da *Batch Mod*) bir sistem olması nedeniyle gerekli olan interaktif yazılım, AutoCAD MAP ile optimal çalışmasını sağlamak, bu kapsamda gereken ara yazılımları geliştirmek, sonuçta harita üretimi yapan kurumlara önerilebilecek bir sistem geliştirmek de uygulamanın amaçları arasında yer almaktadır.

Uygulama kapsamında önceki bölümlerde tanıtılmış olan birbirinden bağımsız yedi yazılım FORTRAN 90 programlama dili ile, temel olarak PC bazında (WINDOWS 95/NT) geliştirilmiştir. Bazı yazılımların başka platformlara da taşınabilir, örneğin

IRIX işletim sisteminde çalışan versiyonları da geliştirilmiştir. Söz konusu yazılımlar ve fonksiyonları özet olarak Tablo 4.11’de listelenmiştir.

Tablo 4.11: Uygulama kapsamında geliştirilen yazılımlar

Yazılım	Fonksiyon	Dosya Tipi	Platform
DCB	IfK dosya formatları ile DXF formatı arasında dönüşüm	DXF,DBB/HDR,FDP	PC
DBCNV	DIGPLOT ve IfK veri tabanı formatları arasında dönüşüm	DBB/HDR, FDP	PC, IRIX
BUHOM	Bina verilerinin grafik iyileştirmesi ve temizlenmesi	FDP	PC, IRIX
BUSEL	Bina verilerinin genelleştirme bölgelerine ayrılması	FDP, DBB/HDR	PC, IRIX
SSB	ACHSE yazılımı ile eksen oluşturmak için verilerin hazırlanması/dönüştürülmesi	DBB/HDR	PC, IRIX
FDP-INSPEKTOR	Alansal verilerin istatistiksel olarak irdelenmesi, alan ve kanar histogram değerlerinin hesaplanması	FDP	PC, IRIX
DIREKTOR	Bina genelleştirmesinin otomatize edilmesi	-	PC
GQE	Bina verilerinin topolojik tutarlılığının kontrol edilmesi ve düzeltilmesi	DBB/HDR	PC

Bu uygulamada önerilen genelleştirme sisteminin iki ana bileşeni CHANGE ve AutoCAD MAP yazılımlarıdır. AutoCAD MAP uygulama da çok verimli olarak çalışmış, önemli bir probleme yol açmamıştır. Özellikle uygulamanın yapıldığı donanım AutoCAD MAP için oldukça zayıf olmasına rağmen yazılımın kararlı olarak çalışması dikkate değerdir.

Sistemin ikinci ana bileşeni CHANGE yazılımı da genel olarak düzenli bir çalışma sergilemiş, oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Ancak bina genelleştirilmesinde bazı küçük problemler de ortaya çıkmıştır. ANGI bileşeninden kaynaklanan söz konusu problemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Birleştirilmesi gereken, ancak hiç birleştirilmeyen ya da tam olarak birleştirilmeyen bina objeleri
- Çok dar bir koridor oluşturarak birleştirilen, bu nedenle kontur genelleştirmesi uygulanamayan objeler
- Bina objelerinde sadece küçük ölçeklere geçişte (1:10000-1:25000) ortaya çıkan ikinci kontur genelleştirme işleminin neden olduğu sıçramalar
- Genelleştirme sonrası birbirini örten objeler

ANGI kaynak kodunda yapılan incelemeler sonucu yukarıdaki olumsuzlukların nedenleri de saptanmıştır. Bilindiği gibi ANGI birleştirme ve kontur genelleştirme adlı iki bileşenden oluşmaktadır. Yukarıda listelenen problemlerden ilk ikisi

birleştirme, diğer ikisi kontur genelleştirme aşamalarında ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında geometrik birleştirme bileşenine ait obje kesişim alt programı iyileştirilmiştir. Koridor oluşumu daha önce de bahsedilen birleştirme yöntemlerinden bağlama yöntemi için geliştirilmiş alt programdaki eksikliklerden kaynaklanmaktadır. Söz konusu alt program düzeltilerek koridor oluşumu engellenmiştir. Kontur genelleştirmesine ait alt programlarda yapılan incelemelerde de sıçrama nedenleri bulunmuş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Yapılan düzeltmelere rağmen nadiren sıçrama olan objeler az sayıda da olsa hala ortaya çıkabilmektedir (örneğin 5000 objede 5-6 obje). Son problem ise daha önce de üzerinde durulduğu gibi ANGI yazılımının iki kez uygulanması ile çözülebilmektedir. Ancak bina objelerinde topolojik tutarsızlık olarak da nitelendirebilecek genelleştirme sonrası objelerin birbirini örtme sorunu kavramsal genelleştirmeden kaynaklanıyorsa ANGI yazılımının iki kez uygulanması sorunu çözmez. Bu amaçla bu proje kapsamında geliştirilen yazılımın kullanılması gerekmektedir. Söz konusu yazılım (GQE, bkz.4.8) topolojik tutarlılığı sağlamakta, ancak ortaya grafik limitlerin altına düşen kenarlar çıkmasını engelleyememektedir.

Sonuç olarak bu uygulama kapsamında CHANGE kaynak kodu da önemli noktalarda iyileştirilmiş, daha problemsiz çalışması sağlanmıştır. İnteraktif olarak düzeltilmesi gereken çok az sayıda objeye rağmen elde edilen sonuçlar, bir kartograf tarafından klasik yöntemlerle yapılmış kadar iyidir. Bu bağlamda bina genelleştirme kapsamında CHANGE yazılımının klasik çalışan bir kartografı taklit ettiği söylenebilir. Benzer bir sonuç **Bucher (1998)** tarafından da elde edilmiştir. Öte yandan genelleştirme sonrası sonuçların interaktif olarak gözden geçirilmesi, gerekiyorsa düzeltilmesi günümüzde ve yakın gelecekte sayısal genelleştirmenin vazgeçilmez bir parçasıdır (**Weibel, 1991**).

Kaynak verilerin içerdiği yol verilerinin CHANGE yazılımında direkt işlenebilir olmadıkları, interaktif çalışma ile iyileştirilmeleri gerektiği ilgili bölümlerde ifade edilmişti (bkz.4.3.2). Bu sorun çalışma kapsamında interaktif çalışma süresinin artmasına neden olmuştur. Söz konusu süre AutoCAD MAP yazılımının kullanım kolaylıklarından dolayı en aza indirilmiştir. Yalnız yol objeleri göz önüne alınırsa uygulamada kullanılan donanım ile 1:5000 ölçekli bir paftanın yol objelerinin elde edilmesi yaklaşık üç saat sürmüştür. Bu noktada bölgelere ayırarak genelleştirme uygulandığının, uygulamada yaklaşık 300 bölge oluştuğunun da altını çizmek gerekir. Bir yönetici yazılım ile (DIREKTOR) işlemler otomatize edilerek yaklaşık 300 farklı dosyanın genelleştirme arka planda gerçekleştirilerek zaman ve personel tasarrufu sağlanmıştır.

Sonuç olarak önerilen genelleştirme sisteminin uygulamacı kurumlar tarafından verimli olarak kullanılmasının mümkün olduğu söylenebilir. Bu noktada gelecekte yapılacak çalışmalara da ışık tutması bakımından aşağıdaki öneriler yapılabilir:

- Kaynak verilerin oluşturulması ya da veri toplama aşamasında verilerin kalitesi konusuna önem verilmelidir. Verilerin değişik kullanım olanakları daha bu aşamada göz önüne alınmalıdır.
- CHANGE_Buildings bileşeninin üç boyutlu çalışacak şekilde geliştirilmesi yararlı olacaktır. Uygulamada kullanılan bina verileri üç boyutlu olmasına rağmen genelleştirme sonrasında yükseklik bilgileri kaybedilmiştir.
- Genelleştirmenin bu çalışmada olduğu gibi pafta bazı yerine mantıksal kriterlerle oluşturulacak bölgeler bazında yapılması daha uygundur.
- ANGI’de kullanılan kavramsal genelleştirme yöntemi geliştirilmeli, hedef veri tabanının gereklerine göre semantik veriler de genelleştirilmelidir. Örneğin kaynak ölçekteki “okul” ve “karakol” gibi bina sınıfları hedef ölçekte “resmi kurum” sınıfına dönüşebilir. ANGI yazılımı ancak aynı özellikteki objeleri birleştirdiğinden bu çalışmada türetilmiş veriler ile kaynak verilerin semantik yapısı aynı kalmıştır.
- Yol bileşenlerinde eksik olan obje seçme fonksiyonu (ya da eleme) geliştirilmeli ve CHANGE yazılımına eklenmelidir. Bu amaçla veri toplama aşamasında yapılacak kapsamlı bir sınıflandırmadan yararlanılabilir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sayısal tekniklerin yetmişli yılların başından itibaren hızla yaygınlaşması, sayısal genelleştirme tekniklerinin geliştirilmesine olan gereksinimi artırmaktadır. Özellikle doksanlı yıllar kartografya ve ilişkili diğer disiplinlerde veri toplama aşamasının sonlarına gelinen yıllar olmuştur. Bu bağlamda ülke bazında harita üreten kurumların elinde sayısal olarak çok kapsamlı ve büyük sayısal veri tabanları oluşmuştur ve oluşmaya devam etmektedir. Bu kapsamda ağırlıklı olarak temel harita çözünürlüğünde büyük ölçekli veriler toplanmakta ve veri toplamada tekrarlardan ve aynı coğrafi mekana ait farklı çözünürlüklerde (ölçeklerde) veri takımları arasındaki oluşması olası tutarsızlıkları önlemek için çözünürlüğü yüksek verileri daha düşük çözünürlük gerektiren işlerde kullanılmak üzere genelleştirmek gerekmektedir. Başka bir ifade, ile zahmetli ve masraflı olarak toplanan temel harita nitelikli verilerin çok amaçlı olarak kullanılma zorunluluğu akademik ve uygulamacı çevrelerde giderek daha çok fark edilmektedir. Bu noktada sayısal genelleştirme konusunda, veri toplama teknikleri alanında sağlanan hızda ve kapsamda gelişme sağlandığı söylenemez. Kartografyada sayısal tekniklerin uygulandığı alanlar içinde en zor ve yavaş gelişmenin genelleştirme alanında olduğu göze çarpmaktadır. Bunun en önemli nedeni, genelleştirmenin doğası gereği karmaşık ve öznel olması gerçeğidir.

Genelleştirme alanındaki gelişmeler yavaş ilerlemesine rağmen ilgili uzmanlar tarafından küçümsenemeyecek çalışmalar da yapılmıştır. Tez metninde sık sık değinilen ve bazı uzmanlar tarafından Hannover Ekolü olarak da nitelendirilen, Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsünün özellikle büyük ölçekli verilerin genelleştirilmesinde geliştirdiği çözümler dünya çapında kabul görmüştür. Bu çalışmaların sonuç ürünü olarak ortaya CHANGE yazılım sistemi olarak adlandırılan bina ve yol objelerinin genelleştirilmesine yönelik bir ürün çıkmıştır.

Bu çalışmanın temel yaklaşımı Hannover Üniversitesi tarafından sunulan çözümleri ülkemiz şartlarında uygulamak ve geliştirmek olmuştur. Uygulama bölgesi olarak İstanbul'da sayısal haritaları Büyükşehir Belediyesince yapılmış kentte rastlanan her tür yapılaşma karakterini yansıtan bir bölge seçilmiştir. Burada, yalnızca Hannover Üniversitesinin geliştirdiği yaklaşımın Türkiye koşullarında uygulanabilir olup olmadığının araştırılmasının değil, aynı zamanda bu çözümün daha da

geliştirilmesinin amaçlandığının altını çizmek gerekir. Gerçekten de Hannover çözümü bu çalışma kapsamında geliştirilen yazılımlarla desteklenmiş, kapsamı genişletilmiştir. Bu noktada interaktif bileşeni olmayan Hannover yazılım sisteminin (CHANGE) bir CAD ve CBS sistemine (AutoCAD MAP) entegre edilmesi de bu çalışmada sağlanan gelişmelerden biridir. Özellikle iki sistemin ilişkisinin sağlanmasında kullanılan DXF veri değişim standardı ve buna dayalı üretilen çözümler, çekirdek sistem olarak düşünülebilecek CHANGE sisteminin bir çok CAD ve CBS sistemi ile entegre olarak kullanılmasını sağlamaktadır.

Sayısal verilerin genelleştirme öncesi ve sonrası, topolojik ve semantik olarak tutarlı ve grafik kalitesinin iyi olması, genelleştirmenin kalitesi ve genelleştirme sonrası yapılacak CBS uygulamaları açısından önemlidir. Bu amaçla sunulan genelleştirme yaklaşımı, verilerin grafik kalitesini yükseltecek, topolojik ve semantik tutarlılığını sağlayacak yazılımlarla desteklenmiştir. Öte yandan bölgelere ayırarak genelleştirme yaklaşımı da benimsenerek yazılım olarak gerçekleştirilmiştir.

Sonuçta CHANGE yazılımı, AutoCAD yazılımı ve ayrıntıları Bölüm 4’de verilmiş ve bu çalışma kapsamında geliştirilmiş destek yazılımları, uygulamacı kurumlar için kullanılabilir, kararlı bir bütün sistem oluşturmaktadır. Yapılan uygulama ile bu sistemin uygulanabilir olduğu da kanıtlanmıştır.

Uygulamada karşılaşılan problemler detaylı olarak Bölüm 4’de tartışılmıştır. Burada tekrar vurgulanmasında yarar olan konular ve gelecekteki çalışmalara ışık tutabilecek öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Veri toplama aşamasında verilerin çok değişik amaçlarla kullanılabileceği her zaman göz önüne alınmalı, buna göre gerek veri toplamada, gerekse kontrol aşamalarında kesin standartlar geliştirilmelidir.
- CHANGE yazılımı, bina ve yol objelerinin dışındaki topografik harita objelerini de kapsayacak şekilde genişletilmelidir.
- CHANGE yazılımında bina objeleri için geliştirilen çözümler topolojik bir veri yapısına oturtulmalı, Hannover Üniversitesi Veri Tabanı bu gereklere göre genişletilmeli, ya da uygun diğer ticari veri tabanları üzerinde çözümler düşünülmelidir.

KAYNAKLAR

Kaynaklarda Kullanılan Kısaltmalar:

AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
CAGIS	Cartography and Geographic Information Systems, 1999 yılından itibaren Cartography and Geographic Information Science
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
HKMO	Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası
IfK	Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsü
ITC	International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
KN	Kartographische Nachrichten
USA	Unites States of America
WissArbUH	Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi

AdV, 1981. Musterblatt für die Topographische Karte 1:25 000, Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Bad Godesberg.

AdV, 1983. Musterblatt Deutsche Grundkarte 1:5 000, Niedersächsisches Landesverwaltungsamt, Hannover.

Autodesk, 1997. AutoCAD MAP User's Guide, Autodesk Inc.

Bank, E., 1998. Büyük Ölçekli Haritalardan Otomatik Genelleştirme ile Küçük Ölçekli Harita Üretimi, *Doktora Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Barber, C., Cromley, R., Andrie, R., 1995. Evaluating Alternative Line Simplification Strategies for Multiple Representation of Cartographic Lines, *CAGIS*, v.22, n.4, s. 276-290.

Bildirici, İ.,Ö. ve Uçar, D., 1996. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Genelleştirme, 6. *Harita Kurultayı*, HKMO, Ankara, Mart 3-7, s.75-85.

Bill, R., 1996. Grundlagen der Geo-informationssysteme Band 2, Wichmann Verlag, Heidelberg.

- Brassel, K.**, 1990a. Der Generalisierungsbegriff in der Kartographie und anderen Disziplinen, *Kartographisches Generalisieren*, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie Nr. 10, s. 3-5, Zürich.
- Brassel, K.**, 1990b. Computergestützte Generalisierung, *Kartographisches Generalisieren*, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie Nr. 10, s. 37-49, Zürich.
- Bucher, R.**, 1998. Entwicklung einer Digitalen Topographischen Grundkarte für Baden-Württemberg, *KN 2/98*, s.45-51.
- Buttenfield, B.P.**, 1989. Scale-Dependence and Self-Similarity in Cartographic Lines, *Cartographica*, v.26, n.1, s.76-100.
- Cromley, R.G.**, 1992. Digital Cartography, Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Feldmann, H. U.**, 1990. Generalisierung topographischer Übersichtskarten, *Kartographisches Generalisieren*, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie Nr. 10, s. 25-27, Zürich.
- Grünreich, D.**, 1985. zu den Datenquellen und zur rechnergestützten Herstellung des Grundrisses großmaßstäbiger topographischen Karten, *Doktora Tezi*, WissArbUH Nr. 132, Hannover.
- Grünreich, D.**, 1995. Development of Computer Assisted Generalization on the Basis of Cartographic Model Theory, *GIS and Generalization: methodology and practice*, s.47-56, Eds. Müller, J.C., Lagrange, J.P., Weibel, R., Taylor and Francis, London.
- Grünreich, D.**, 1998. Karşılıklı Görüşme, 15.03.1998, Hannover.
- Hake, G. ve Grünreich, D.**, 1994. Kartographie, Walter de Gruyter, Berlin.
- Heidorn, D.**, 1998. Karşılıklı Görüşme, 05.03.1998, Hannover.
- HGM**, 1964. Tahvil Talimatı, HGM, Ankara.
- HKMO**, 1998. Açıklamalı Örnekleme Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği, HKMO İstanbul Şubesi, Ankara.
- IfK**, 1998. Benutzerhandbuch CHANGE, IfK, Hannover.
- Jenks, G.F.**, 1989. Geographic Logic in Line Generalization, *Cartographica*, v.26,n.1, s.56-76.
- Jones, C.B. ve Abraham, I.M.**, 1987. Line Generalisation in a Global Cartographic Database, *Cartographica*, v.24,n.3, s.32-45.
- Jones, C.B., Bundy, G.L., Ware, J.M.**, 1995. Map Generalization with a Triangulated Data Structure, *CAGIS*, v.22, n.4, s. 317-332.

- Keller, S.**, 1994. On the use of case-based reasoning in generalization, in *Spatial Data Handling 94*, s.1118-1133 Eds. Waugh, T.C., Healey, R.G., 5th-9th, September, Edinburgh, Scotland, UK.
- Knöpfli, R.**, 1985. Generalisieren als zweckmäßiges Vorgehen zur ungestörten Übertragung von Information durch gestörte Kanäle, *KN*, n.5, s.172-178.
- Knöpfli, R.**, 1990. Kommunikationstheorie und kartographische Generalisierung, *Kartographisches Generalisieren*, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie Nr. 10, s. 17-21, Zürich.
- Kowanda, A.**, 1991. Rechnergestützte kartographische Generalisierung – theoretische Vorleistungen und Anforderungen, in *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden*, 40(1991) Heft 5/6, s. 207-211, Dresden.
- Kraak, M.J., Ormeling, F.J.** 1996. Cartography Visualization of Spatial Data, Addison Wesley Logman Ltd.
- Kruse, I., Powitz, B.M.**, 1990. Die netzwerkartige Datenbank des IfK, yayınlanamış yazılım tanıtım dokümanı, IfK, Hannover.
- Lee, D.**, 1995. Experiment on Formalizing the Generalization Process, in *GIS and Generalization: Methodology and Practice*, s.219-234, Eds. Müller, J. C., Lagrange, J. P., Weibel, R., Taylor and Francis, London.
- Lichtner, W.**, 1976. Ein Einsatz zur Durchführung der Verdrängung bei der EDV-unterstützten Generalisierung in topographischen Karten, *Doktora Tezi*, WissArbUH Nr. 66, Hannover.
- McMaster, R. B.**, 1987. Automated Line Generalization, *Cartographica*, v.24, n.2, s.74-111.
- McMaster, R.B.**, 1991. Conceptual Frameworks for Geographical Knowledge, in *Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation*, s.21-39, Eds. Buttenfield, B.P., McMaster, R.B., Longman Scientific & Technical, London.
- Meng, L.**, 1993. Erkennung der Kartenschrift mit einem Expertensystem, *Doktora Tezi*, WissArbUH Nr.184, Hannover.
- Menke, K.**, 1983. Zur rechnergestützten Generalisierung der Verkehrswege- und Gewässernetzes, insbesondere für den Maßstab 1: 25 000, *Doktora Tezi*, WissArbUH Nr. 119, Hannover.
- Meyer, U.**, 1989. Generalisierung der Siedlungsdarstellung in digitalen Situationsmodellen, *Doktora Tezi*, WissArbUH Nr. 159, Hannover.
- Monmonier, M.** 1995. Temporal Generalization for Dynamic Maps, *CAGIS*, v.23, n.2, s.96-98.

- Müller, J.C.**, 1987. Fractal and Automated Line Generalization, *The Cartographic Journal*, v.24, s.27-34.
- Müller, J.C.**, 1989. Theoretical Considerations for Automated Map Generalization, *ITC Journal*, n.3/4, s.200-204.
- Müller, J., C.**, 1990. Rule Based Generalization: Potentials and Impediments, in *Proceedings of the 4th International Symposium on Spatial Data Handling*, vol.1, s.317-334, Zürich.
- Müller, J., C.**, 1991. Generalization of Spatial Databases, in *Geographic Information Systems*, vol.1, s.457-474, Eds. Maguire, D. J., Goodchild, M. F., Rhind, D.W., Logman, New York.
- Müller, J.C., Weibel, R., Lagrange, J.P., Salge, F.** 1995. Generalization: State of the Art and Issues, in *GIS and Generalization: Methodology and Practice*, s.1-17, Eds. Müller, J. C., Lagrange, J. P., Weibel, R., Taylor and Francis, London.
- Özgen, G.**, 1984. Mühendisler ve Mimarlar için Topografya, İTÜ Yayınları No: 1288, İstanbul.
- Peng, W.**, 1992. Automated Generalization of Urban Road-Networks for Medium Scale Topographic Databases, *MSc Thesis*, ITC, Enschede.
- Penrose, R.**, 1997. Bilgisayar ve Zeka, Kralın Yeni Usu I, Çev. Dereli, T., TÜbitak Popüler Bilim Kitapları No: 52, Ankara.
- Peuquet, D.J.**, 1991. Methods for Structuring Digital Cartographic Data in a Personal Computer Environment, in *Geographic Information Systems: The Microcomputer and Modern Cartography*, s.67-96, Eds. Taylor, D.R.F., Pergamon Press, New York.
- Plazanet, C., Affholder, J.G., Fritsch, E.**, 1995. The Importance of Geometric Modelling in Linear Feature Generalization, *CAGIS*, v.22, n.4, s.291-306.
- Powitz, B.M.**, 1993. Zur Automatisierung der Kartographischen Generalisierung topographischer Daten in Geo-Informationssystemen, *Doktora Tezi*, WissArbUH Nr. 185, Hannover.
- Richardson, D. E.**, 1988. Rule Based Generalization for Base Map Production, *Yüksek Lisans Tezi*, ITC, Enschede.
- Robinson, A. H., Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., Kimerling, A.J., Guptill, S.**, 1995. Elements of Cartography, John Wiley & Sons, USA.
- Rudolph, D., Stürtznickel, T., Weissenberger, L.**, 1993, Der DXF-Standard, Rossipaul Verlag, München.
- Saalfeld, A.**, 1999. Topologically Consistent Line Simplification with the Douglas-Peucker Algoritim, *CAGIS*, v.26, n.1, s. 7-18.

- Saunders, P.T.**, 1980. An Introduction to Catastrophe Theory, Cambridge University Press, Cambridge.
- Schittenhelm, R.**, 1976. Beiträge zur EDV-gestützten Verdrängung als Teilvorgang der Generalisierung topographischer Karten, *Doktora Tezi*, Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn.
- Shea, K.S.**, 1991. Design Considerations for an Artificially Intelligent System, in *Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation*, s.3-20, Eds. Buttenfield, B.P., McMaster, R.B., Longman Scientific & Technical, London.
- Spiess, E.**, 1990. Siedlungsgeneralisierung, *Kartographisches Generalisieren*, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie Nr. 10, s.49-55, Zürich.
- Spiess, E.**, 1995. The Need for Generalization in a GIS Environment, in *GIS and Generalization: Methodology and Practice*, s.31-47, Eds. Müller, J. C., Lagrange, J. P., Weibel, R., Taylor and Francis, London.
- Staufenbiel, W.**, 1973. Zur Automation der Generalisierung topographischer Karten mit besonderer Berücksichtigung großmaßstäbiger Gebäudedarstellungen, *Doktora Tezi*, WissArbUH Nr. 51, Hannover.
- Thomas, F.**, 1998. Generating Street Center Lines from Inaccurate Vector City Maps, *CAGIS*, v.25, n.4, s. 221-230.
- Töpfer, F.**, 1974. Kartographische Generalisierung, Haack-Gotha, Leipzig.
- Töpfer, F.**, 1992. Zur Bedeutung der kartographischen Generalisierung für Geo-Informationssysteme, *KN*, n.1, s.13-20.
- Uçar, D.**, 1999, Kartografyaya Giriş Ders Notları, yayınlanmamış.
- Van Oosterom, P.**, 1995. The GAP-tree Approach to “on the fly” Map Generalization of Area Partitioning, in *GIS and Generalization: Methodology and Practice*, s.120-132, Eds. Müller, J. C., Lagrange, J. P., Weibel, R., Taylor and Francis, London.
- Vickus, G.**, 1992. Digitale topographische und kartographische Modelle sowie Entwicklung ihrer Überführungsstrukturen am Beispiel von ATKIS, *Doktora Tezi*, Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn.
- Weibel, R.**, 1991. Amplified Intelligence and Rule-Based Systems, in *Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation*, s.172-186, Eds. Buttenfield, B.P., McMaster, R.B., Longman Scientific & Technical, London.

- Weibel, R., 1995a.** Three Essential Building Blocks for Automated Generalization, in *GIS and Generalization: Methodology and Practice*, s.56-70, Eds. Müller, J. C., Lagrange, J. P., Weibel, R., Taylor and Francis, London.
- Weibel, R., 1995b.** Map Generalization in the Context of Digital Systems, *CAGIS*, v.22, n.4, s.259-263.
- Zelles, R., 1995.** Intergraph Lösungen für die kartographische Generalisierung, yayınlanmamış çalışma.



EKLER

Not: Tez cildindeki kağıt boyutu kısıtlamasından dolayı eklerde standart olmayan ölçüklerin kullanılması zorunlu olmuştur.



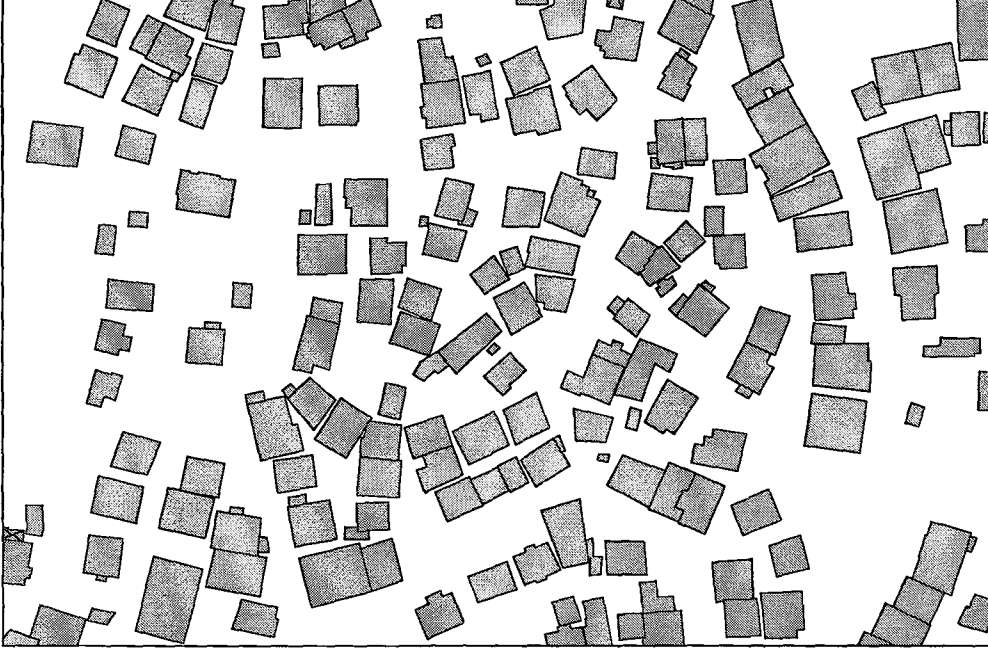
EK A: GENELLEŞTİRME BÖLGELERİ



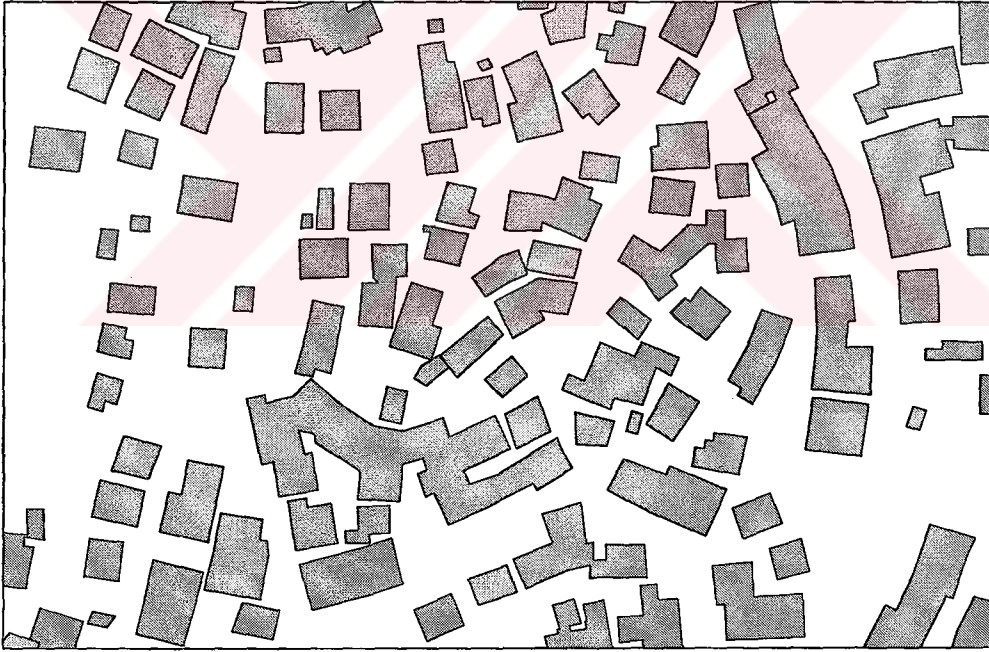
Ölçek 1:14000

Şekil A.1: Genelleştirme bölgeleri

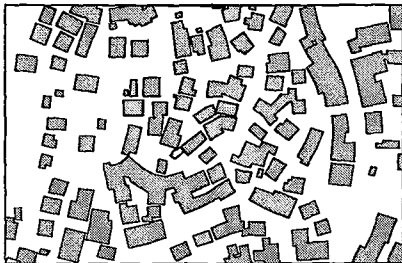
EK B: BİNA KAYNAK VE TÜRETME VERİLERİNDEN BİR KESİT



Kaynak veriler (1: 2 000)



Türetme veriler (Model 1, 1: 2 000)



Türetme veriler (Model 1, 1: 5 000)

Şekil B.1: Bina kaynak ve türetme verilerinden bir kesit

EK C: MODEL 1



Ölçek 1:14000

Şekil C.1: Model 1

EK D: MODEL 2



Ölçek 1:14000
Şekil D.1: Model 2

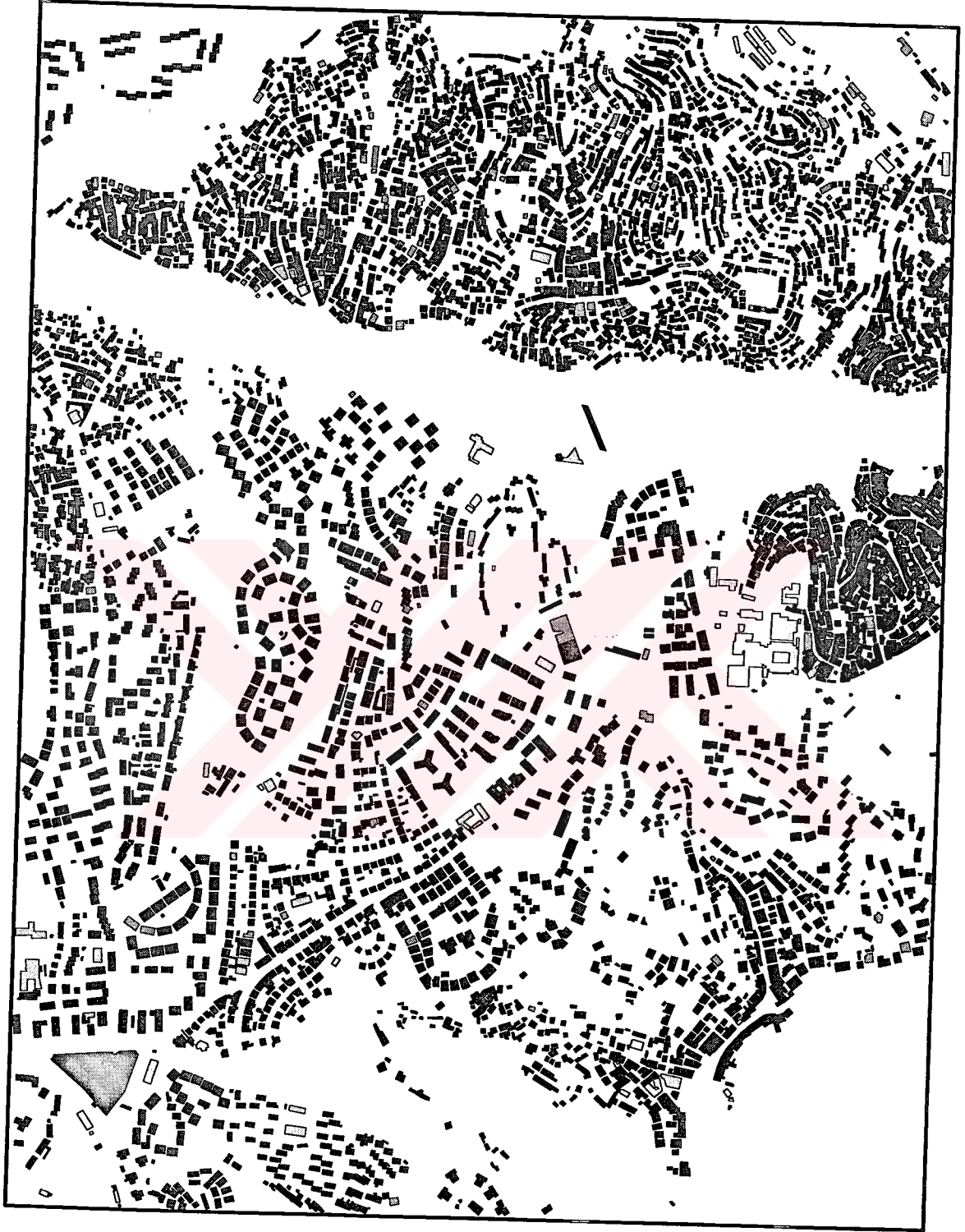
EK E: MODEL 3



Ölçek 1:14000

Şekil E.1: Model 3

EK F: MODEL4



Ölçek 1:14000

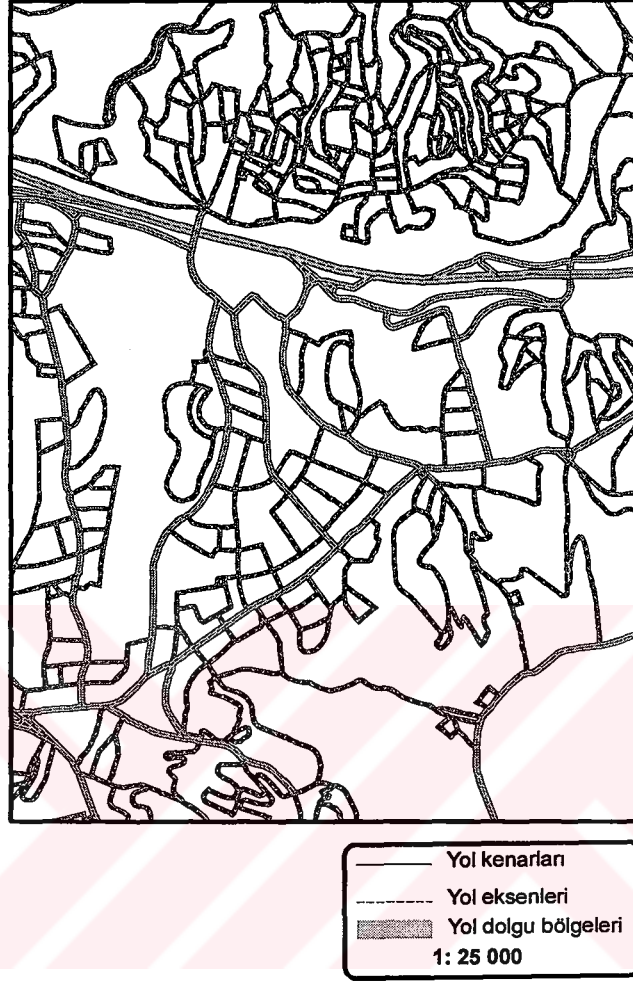
Şekil F.1: Model 4

EK G: MODEL 5 ve MODEL 6



Şekil G.1: Model 5 (üstte) ve Model 6 (altta), Ölçek 1: 25 000

EK H: MODEL 7



Şekil H.1: Model 7

EK I: MODEL 8



Şekil I.1: Model 8

EK J: MODEL 4 ve MODEL 8



Ölçek 1:14000

Şekil J.1: Model 4 ve Model 8

EK K: GENELLEŞTİRİLMİŞ VERİLER İLE HAZIRLANAN ŞEHİR PLANI

Tezin uygulaması sonucu elde edilen genelleştirilmiş verileri temel olarak bitirme ödevi öğrencileri Hüseyin EROL ve M. Soner TUNGA bir Şehir planı çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada arazide pafta gezimi yapılarak elde edilen verilerin güncelliği kontrol edilmiş, ek isim bilgileri toplanmıştır. Büro aşamasında araziden toplanan bilgilere göre elde edilen veriler AutoCAD ortamında güncelleŐtirilmiştir. Yüksek grafik çıktı kalitesi elde etmek ve kartografik anlamda yeterli bir görselleştirme sağlamak amacıyla veriler CorelDraw yazılıma aktararak son düzenlemeler burada yapılmıştır. Pafta karelajının otomatik oluşturulması ve bu karelaja göre otomatik sokak adı indeksi hazırlanması işlemi ise İ. Öztuğ BİLDİRİCİ tarafından hazırlanan MIB (Map Index Builder) adlı yazılım ile yapılmıştır.

Genelleştirme sonucu elde edilen verilerden yararlanarak ne tür uygulamalar yapılabileceği konusunda bir fikir vermesi amacıyla eklere alınan bu çalışma cildin cep kısmında yer almaktadır.

Ekonomik nedenlerle 170 dpi çözünürlüğünde mürekkep püskürtmeli yazıcı çıktısı olarak verilen harita, çözünürlüğü açısından kartografik çalışmaların gerektirdiği görsel kaliteyi tam olarak sağlamamaktadır.

ÖZGEÇMİŞ

19.04.1965 tarihinde Konya'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Konya'da tamamladı. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nü 1986 yılında bitirdi. Bir süre özel sektörde çalıştı. Askerlik hizmetini tamamladıktan sonra 1989-1995 yılları arasında Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 1990-1992 yılları arasında Alman DSE (Deutsche Stiftung für internationale Entwicklung, Alman Uluslararası Gelişme Vakfı) vakfı bursuyla Berlin Teknik Yüksek Okulu'nda (Technische Fachhochschule Berlin) kartografya eğitimi gördü. 1992-1994 yılları arasında Selçuk Üniversitesi'nde yüksek lisans yaptı. 1994 yılından itibaren İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsünde doktora eğitimine başladı. Aynı yıl doktora bitimine kadar kadrosunu İTÜ'ne aktardı. 1997 yılında DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst, Alman Akademik Değişim Kurumu) bursu kazanarak Almanya Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsü'nde Prof. Dr. Dietmar GRÜNREICH ile büyük ölçekli bina ve yol verilerinin genelleştirilmesi konusunda bir yıl çalıştı.

1996 yılında Banu ALAKAY ile evlenen BİLDİRİCİ, Almanca ve İngilizce bilmektedir.