

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YERLEŞİM İÇİ YOL AĞI GENELLEŞTİRMESİNDE YENİ
BİR SEÇME/ELEME YAKLAŞIMI**

Jeodezi ve Fotogrametri Yük. Müh. Fatih GÜLGEN

**FBE Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı
Uzaktan Algılama ve CBS Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 29 Haziran 2009
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Türkay GÖKGÖZ (YTÜ)
Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Mehmet SELÇUK (YTÜ)
Prof.Dr. Necla ULUĞTEKİN (İTÜ)
Prof.Dr. Doğan UÇAR (İTÜ)
Doç.Dr. İ. Öztuğ BİLDİRİCİ (Selçuk Ü)

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xv
1. GİRİŞ	1
2. GENELLEŞTİRME	4
2.1 CBS Ortamında Genelleştirme Türleri	4
2.2 Genel Kavramlar	5
2.2.1 Çözünürlük	5
2.2.2 Nesne-yönelim prensibi	6
2.2.3 Çizge	8
2.2.4 Topoloji	9
2.2.5 Doku	10
2.3 Genelleştirmenin Temel İşlemleri	11
2.4 Nesne-yönelimli Ortamda Kartografik Genelleştirme	14
2.5 Etmen-Temelli Kartografik Genelleştirme	15
3. YOL NESNELERİNDE GENELLEŞTİRME	20
3.1 Yol Parçası Seviyesinde Genelleştirme	20
3.1.1 Yol parçası seviyesinde okunabilirlik sorunları	20
3.1.2 Yol parçası seviyesinde uygulanan genelleştirme işlemleri	21
3.1.3 Yol parçası seviyesinde etmen-temelli kartografik genelleştirme	22
3.1.4 Bir yol nesnesine/parçasına ait yaşam döngüsü	25
3.2 Yol Ağı Seviyesinde Genelleştirme	26
3.2.1 Yol ağlarında örtüşme sorunu ve ötelemeler	27
3.2.2 Yol ağı seviyesinde seçme/eleme	27
3.2.2.1 Çizge temelli seçme/eleme çalışmaları	29
3.2.2.2 Seçme/eleme işleminde mekansal kümeleme	34
3.2.2.3 Yol dokuları ve seçme/eleme	37
3.2.2.4 Adalara dayalı seçme/eleme	42
3.2.2.5 Ülkemizde yapılan seçme/eleme çalışmaları	43
4. ADALARA DAYALI YENİ BİR SEÇME/ELEME YAKLAŞIMI	45

4.1	Önemli Yolların Belirlenmesi	47
4.2	Minimum Açıklık Koşuluna Göre Adaların Birleştirilmesi	49
4.2.1	Minimum açıklık koşuluna göre adaların sınıflandırılması	49
4.2.2	Birleştirme Algoritmaları	51
4.2.2.1	<i>Minimum alanlı komşu</i> algoritması	52
4.2.2.2	<i>Düşük ağırlıklı sınır</i> algoritması	52
4.2.3	En uygun algoritmanın belirlenmesi	54
4.3	Bina Alan Koşuluna Göre Adaların Birleştirilmesi	56
4.4	Yolların Elenmesi ve Yeniden Topoloji Oluşturulması	58
5.	UYGULAMA	60
5.1	Temel Harita ve Veritabanı	60
5.2	Çalışma Bölgesi	61
5.3	Yazılım	62
5.4	Veri Modeli	63
5.5	Veritabanı İşlemleri	64
5.5.1	Veri setinin tanımlanması	64
5.5.2	Uygulama modelinin yapılandırılması	64
5.5.3	Veri girişi	66
5.5.4	Geometrik veri kalitesinin kontrolü ve iyileştirilmesi	66
5.6	Genelleştirme İşlemleri	68
5.6.1	Yolların bağıklık bakımından merkezlik değerlerinin belirlenmesi	68
5.6.2	Kartografik işaretleştirme	68
5.6.3	Adalara dayalı seçme/eleme	70
5.6.3.1	Yol nesnelerinden ada nesnelerinin türetilmesi	71
5.6.3.2	Önemli yolların belirlenmesi	71
5.6.3.3	Minimum açıklık koşuluna göre adaların sınıflandırılması	73
5.6.3.4	Minimum açıklık koşuluna göre adaların birleştirilmesi	75
5.6.3.5	Bina alan koşuluna göre adaların sınıflandırılması ve birleştirilmesi	77
5.6.3.6	Yolların elenmesi ve yeniden topoloji oluşturulması	81
5.6.3.7	Karakterize etme	82
5.7	Manuel Genelleştirme	84
5.8	Uygulama Sonuçlarının Analizi	86
5.8.1	Görsel analiz	86
5.8.2	Niceliksel analiz	92
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	96
	KAYNAKLAR	98
	İNTERNET KAYNAKLARI	102
	EKLER	104
	Ek 1 BuildingSchema.java örnek program kodu	105
	Ek 2 Seçme/Eleme ayarları	110
	Ek 3 50.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen adalar	111
	Ek 4 100.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen adalar (sorunlu adalar gri)	113
	Ek 5 1:50.000 ve 1:100.000 hedef ölçekleri için <i>KartoGenYol</i> ile seçilmiş ve Radius Clarity	

yardımıyla karikatürleştirilmiş yol nesnelerinin uygun işaret ve renklerle gösterimi (Bina genelleştirmesi yapılmamış, genel fikir vermesi açısından hesaplanan sayıda işaret el ile kabaca yerleştirilmiştir.)	114
---	-----

SİMGE LİSTESİ

C_b	Harita işareti için kullanılan abartma sabiti
$C_B(V_i)$	V_i düğüm noktası için arasındalık bakımından merkezlik değeri
$C_C(V_i)$	V_i düğüm noktası için yakınlık bakımından merkezlik değeri
$C_D(V_i)$	V_i düğüm noktası için bağıllık bakımından merkezlik değeri
c_i	Bağıllık bakımından merkezlik değeri ($i = 1,2,3,...,n$)
C_z	Kartografik işaretin türü
Com	Daireye/kareye yakınlık değeri
D_{max}	Bölgedeki en büyük simule edilen yoğunluk değeri
$D(i)$	Ele alınan en küçük alanlı adaya komşu adanın simule edilen yoğunluk değeri
$D(S)$	Adanın simule edilen yoğunluk değeri
$d(V_i, V_k)$	İki nokta arasındaki en kısa güzergah
$E = (V_i, V_j)$	Çizge kenarı
F	Ada alanı
F_{max}	Bölgedeki en büyük ada alanı
$F(B_i)$	Binaların toplam alanı
$F(i)$	Ele alınan en küçük alanlı adaya komşu adanın alanı
$F(S)$	Adanın alanı
$F(R_j)$	Yolların toplam alanı
$G(V, E)$	Çizge
K	Toplam eksen sayısı
l	Yol ekseninin önemi
M_a	Kaynak haritanın ölçeği
M_f	Türetilmiş haritanın ölçeği
MD	Ortalama derinlik
n	Bağıllık bakımından merkezlik değerleri sayısı
n_a	Kaynak haritada görünen nesne sayısı
n_b	Bina sayısı
n_f	Türetilmiş haritada görünen nesne sayısı
P	Ada çevre uzunluğu
$p_{i,j}$	İki nokta arasındaki en kısa güzergah sayısı

$p_{i,k,j}$	Bir noktadan geçilmesi zorunlu olması durumunda, iki nokta arasındaki en kısa güzergah sayısı
$R(G) = (r_{i,j})_{n \times m}$	Komşuluk matrisi
r_a	0 - 1 arasında değişen bağıl asimetri değeri
$S_B (sit)$	Ele alınan en küçük alanlı ada ile birleştirilecek komşu adanın birleştirilme değeri
$S_{\min}$	Yerleşim bölgesindeki en küçük alanlı ada
SRC	Kaynak model
t_c	Eşik değeri
TGT	Hedef model
$V = (V_1, V_2, V_3, \dots, V_n)$	Düğüm noktası
w_i	Bağılılık bakımından aynı merkezlik değerine sahip yol sayısı ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
AGENT	Automated GEneralization New Technology
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DGIWG	Digital Geographic Information Working Group
DIGEST	Digital Geographic Information Exchange Standard
FACC	Feature Attribute Coding Catalogue
DTÖİY	Detay Tanımlama ve Özel İşaret Yönergesi
IGNB	Institut Geographique National Belgium
IGNF	Institut Geographique National France
KMS	Danish Kort & MatrikelStyrelsen
MA	Minimum Açıklık
MAGNET	Mapping Agencies Generalisation NETwork
MST	Minimum Spanning Trees
NYVT	Nesne-yönelimli Veritabanı
OS	Ordance Survey

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Königsberg'deki (a) yedi köprü ve (b) çizge şeklinde gösterimi [2]	8
Şekil 2.2 Etmen yaşam döngüsü.....	18
Şekil 3.1 (a) Yol ekseni ve (b) işaretleştirme işlemi uygulandıktan sonra ortaya çıkan okunabilirlik sorunları (Duchene vd., 2001).....	21
Şekil 3.2 Birleşen parçaları ayırt etme algoritması (Duchene vd., 2001)	23
Şekil 3.3 Tek yönde kıvrımlı yollar için kullanılan karakterize etme algoritmaları (Duchene vd., 2001)	24
Şekil 3.4 Seri kıvrımlı yollar için kullanılan karakterize etme algoritmaları (Duchene vd., 2001)	24
Şekil 3.5 Bir yol nesnesinin/parçasının yaşam döngüsündeki aşamaları	26
Şekil 3.6 Bir yol boyunca kavşakların öteleme (a) öncesi ve (b) sonrası durumu (1Spatial, 2007a, s:3.5).....	27
Şekil 3.7 (a) Ağırlıklandırılmış yollar ve (b) MST algoritması kullanılarak genelleştirilen yollar (Mackaness ve Beard, 1993)	29
Şekil 3.8 Yolların eksenlerle sunulduğu harita.....	30
Şekil 3.9 Eksen çizgilerinin kontrol değerlerinin hesaplanması (Mackaness, 1995)	31
Şekil 3.10 Yol eksenlerinin (a) bağıllık, (b) derinlik, (c) kontrol ölçütlerine göre hesaplanan ağırlık değerleri (Mackaness, 1995)	31
Şekil 3.11 (a) Yol ağı ve (b) yol ağından oluşturulan çizge (Jiang ve Claramunt, 2004a)	33
Şekil 3.12 Kavşaklar ve çıkmaz yollar (Mackaness ve Mackechnie, 1999)	35
Şekil 3.13 (a) Kümeler ve (b) yol ağı çizgesi (Mackaness ve Mackechnie, 1999)	35
Şekil 3.14 (a) – (c) Çizge üzerinden yapılan kavşak genelleştirmesi ve (d) sonuç harita (Mackaness ve Mackechnie, 1999).....	36
Şekil 3.15 Yol ağında bulunan (a) noktalar ve çizgiler ve (b) iyi devamlılık prensibine göre devamlılık gösteren hatlar (Thomson ve Richardson, 1999).....	37
Şekil 3.16 (a) Yol kategorilerine göre ağırlıklandırılmış yollar ve (b) iyi devamlılık prensibiyle birlikte yol kategorilerine bağlı birleşme prensiplerine göre devamlılık gösteren hatlar (Thomson ve Richardson, 1999).....	38
Şekil 3.17 Grid şekilli yol dokusu (Heinzle vd., 2005)	40
Şekil 3.18 Yıldız şekilli yol dokusu (Heinzle vd., 2005)	41
Şekil 3.19 Halka şekilli yol dokusu (Heinzle vd., 2005).....	41
Şekil 4.1 Yeni yaklaşıma göre adalara dayalı seçme/eleme işlem adımları.....	45
Şekil 4.2 Ada yaşam döngüsü	46

Şekil 4.3 Bir yerleşim merkezindeki yol ağı	47
Şekil 4.4 Önemli olarak değerlendirilen bir yerleşim içi yol	48
Şekil 4.5 Bina (a) bulunmayan ve (b) bulunan adalarda minimum açıklık değerlerinin sağlanması için kullanılan minimum büyüklükler	50
Şekil 4.6 MA koşulunu (a) sağlayan ve (b) sağlayamayan ada.....	51
Şekil 4.7 <i>Minimum alanlı komşu</i> algoritması ile birleştirme (a) öncesi ve (b) sonrası durum.	52
Şekil 4.8 <i>Düşük ağırlıklı sınır</i> algoritması ile birleştirme sonrası durum	54
Şekil 4.9 Bir adaya iki bina işareti yerleştirilebilmesi için gerekli minimum büyüklükler.....	57
Şekil 4.10 Yeniden topoloji oluşturulması için A-B yolunun birleştirilen parçaları.....	59
Şekil 5.1 Çalışma bölgesi (Şekil ölçeği: 1:35.000)	62
Şekil 5.2 Kaynak ve hedef modelde tanımlanan uygulama modeli sınıfları (1Spatial, 2007b, s:109).....	63
Şekil 5.3 Clarity veri modeli ve uygulama modelinde devralma (1Spatial, 2007b, s:110).....	64
Şekil 5.4 Kaynak model için mantıksal modele göre yapılandırılmış uygulama modeli sınıfları65	
Şekil 5.5 Hedef model için mantıksal modele göre yapılandırılmış uygulama modeli sınıfları66	
Şekil 5.6 <i>KartoGenYol</i> menüsünde Geometrik veri iyileştirme komutları	67
Şekil 5.7: <i>KartoGenYol</i> menüsünde Bağlılık Bakımından Merkezlik Değeri hesaplayan komut68	
Şekil 5.8 <i>KartoGenYol</i> menüsünde İşaretleştirme komutları	68
Şekil 5.9 1:25.000 ölçeğine uygun olarak işaretleştirilmiş yol ağı (Şekil ölçeği: 1:35.000)....	69
Şekil 5.10 1:50.000 ölçeğine uygun olarak işaretleştirilmiş yol ağı (Şekil ölçeği: 1:35.000)..	70
Şekil 5.11 1:100.000 ölçeğine uygun olarak işaretleştirilmiş yol ağı (Şekil ölçeği: 1:35.000).70	
Şekil 5.12 Yerleşim bölgesindeki adalar (Şekil ölçeği: 1:35.000)	71
Şekil 5.13 Korunan (mavi ve kırmızı) ve elenebilecek (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000).....	73
Şekil 5.14 1:50.000 ölçeğinde sorunsuz adalara yerleştirilen MA daireleri (Şekil ölçeği: 1:35.000)	73
Şekil 5.15 1:50.000 ölçeğinde sorunlu adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000).....	74
Şekil 5.16 1:100.000 ölçeğinde sorunsuz adalara yerleştirilen MA daireleri (Şekil ölçeği: 1:35.000)	74
Şekil 5.17 1:100.000 ölçeğinde sorunlu adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000).....	75
Şekil 5.18 1:50.000 ölçeği için yeni oluşan (taralı) adalar (Şekil ölçeği: 1:35.000)	75
Şekil 5.19 1:50.000 ölçeği için korunacak (mavi ve kırmızı) ve elenecek (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000).....	76
Şekil 5.20 1:100.000 ölçeği için yeni oluşan adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)	76

Şekil 5.21 1:100.000 ölçeği için korunacak (mavi ve kırmızı) ve elenecek (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000).....	77
Şekil 5.22 1:50.000 ölçeği için sorunlu adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)	78
Şekil 5.23 1:50.000 ölçeği için yeni oluşan adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)	78
Şekil 5.24 1:50.000 ölçeği için seçilen (mavi ve kırmızı) ve elenen (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000)	79
Şekil 5.25 1:100.000 ölçeği için sorunlu adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)	80
Şekil 5.26 1:100.000 ölçeği için yeni oluşan adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)	81
Şekil 5.27 1:100.000 ölçeği için seçilen (mavi ve kırmızı) ve elenen (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000)	81
Şekil 5.28 1:50.000 ölçeği için seçilen yollar.....	82
Şekil 5.29 1:100.000 ölçeği için seçilen yollar.....	82
Şekil 5.30 Topolojinin yeniden oluşturulması sonrası birleşme sorunu ortaya çıkan yol parçası83	
Şekil 5.31 (a) Sorunlu yol parçası, (b) yol parçasının birleşen kısmı, (c) <i>en büyük kıvrım</i> algoritması sonucu ve (d) yol parçasının yeni (sorunsuz) hali	83
Şekil 5.32 1:50.000 ölçeği için karakterize etme işlemi sonuçları	84
Şekil 5.33 1:100.000 ölçeği için karakterize etme işlemi sonuçları	84
Şekil 5.34 1:50.000 ölçeği için manuel seçilen (mavi ve kırmızı) ve elenen (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000).....	85
Şekil 5.35 1:100.000 ölçeği için manuel seçilen (mavi ve kırmızı) ve elenen (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000)	85
Şekil 5.36 1:50.000 ölçeği için manuel seçilen yollar.....	86
Şekil 5.37 1:100.000 ölçeği için manuel seçilen yollar.....	86
Şekil 5.38 1:50.000 ölçeği için <i>KartoGenYol</i> (kırmızı, mavi ve yeşil) ve manuel (kırmızı, mavi ve gri) seçme/eleme sonuçları.....	87
Şekil 5.39 1:100.000 ölçeği için <i>KartoGenYol</i> (kırmızı, mavi ve yeşil) ve manuel (kırmızı, mavi ve gri) seçme/eleme sonuçları.....	87
Şekil 5.40 1:100.000 ölçeği için manuel işlemde korunmayan önemli yol parçaları (gri kesikli).....	88
Şekil 5.41 1:50.000 ölçeği için manuel işlem sonucuna göre hesaplanan sayıda bina işaretinin yerleştirilemeyeceği adalar (taralı)	89
Şekil 5.42 1:100.000 ölçeği için manuel işlem sonucuna göre hesaplanan sayıda bina işaretinin yerleştirilemeyeceği adalar (taralı).....	90
Şekil 5.43 1:50.000 ölçeği için <i>KartoGenYol</i> ile seçilen yollar ve yolların sınırladığı adalar	

içine manuel olarak yerleştirilen binalar.....	90
Şekil 5.44 1:100.000 ölçeği için <i>KartoGenYol</i> ile seçilen yollar, yolların sınırladığı adalar içine manuel olarak yerleştirilen binalar ve önemli yollar ile sınırlı sorunlu adalar (taralı).....	91
Şekil 5.45 1: 50.000 ölçeği için manuel işlem sonucuna göre adalar bazında yerleşim bölgesini çevreleyen yolların korunmayan kısımları (gri kesikli)	91
Şekil 5.46 1: 100.000 ölçeği için manuel işlem sonucuna göre adalar bazında yerleşim bölgesini çevreleyen yolların korunmayan kısımları (gri kesikli)	92
Şekil 5.47 Bilgi komutları	92

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Literatürdeki seçme/eleme çalışmaları	28
Çizelge 3.2 Şekil 3.15’de görünen devamlılık gösteren hatlar (Thomson ve Richardson, 1999)38	
Çizelge 3.3 Şekil 3.16b’de görünen devamlılık gösteren hatlar (Thomson ve Richardson, 1999)	39
Çizelge 3.4 Uzunluk ve yol kategori bilgilerine göre devamlılık gösteren hat önem sırası (Thomson ve Richardson, 1999).....	39
Çizelge 4.1 MA yarıçaplarının ölçekli karşılıkları	51
Çizelge 4.2 Test edilen sorunlu adaya komşu adaların alanları	52
Çizelge 4.3 Test edilen sorunlu adanın sınırlarının önem ölçüt değerleri	54
Çizelge 4.4 Bir algoritmanın MA koşuluna göre ortaya koyabileceği durumlar	55
Çizelge 4.5 Farklı durumları gösteren algoritmalar.....	55
Çizelge 4.6 Birinci durumu gösteren algoritmalar	55
Çizelge 4.7 İkinci durumu gösteren algoritmalar	55
Çizelge 4.8 Üçüncü durumu gösteren algoritmalar	56
Çizelge 5.1 Ulusal topografik DTÖİY’nde yer alan karayolu nesneleri (Başaraner, 2005, s:97)61	
Çizelge 5.2 Bağlılık bakımından merkezlik değerlerine göre sınıflandırılan yollar ve yol bilgileri.....	72
Çizelge 5.3 1:50.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen sorunlu adalar .	77
Çizelge 5.4 1:100.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen sorunlu adalar80	
Çizelge 5.5 1:50.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen sorunlu adalar .	88
Çizelge 5.6 1:100.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen sorunlu adalar89	
Çizelge 5.7 Kaynak ve hedef modellerdeki adaların niceliksel özellikleri	93
Çizelge 5.8 <i>KartoGenYol</i> ile seçilen ve elenen yol parçalarının niceliksel özellikleri ve kaynak harita verileri	94

ÖNSÖZ

Yaklaşık altı yıl süren uzun bir sürecin sonunda doktora tez çalışmamın sonuna gelmiş bulunmaktayım. Çalışma konusu olarak yol ağı genelleştirmesini seçtiğim ilk gününden itibaren bilime ve teknolojiye katkı sağlayacak yeni bir yaklaşım geliştirmeyi hedefledim ve sonunda bu hedefe ulaştığım kanısındayım. Bu yeni yaklaşımın ülkemizin harita üreten kurumları tarafından kullanılmasını ve ülkemiz için yararlı olmasını ümit ediyorum.

Çalışmamın başından sonuna kadar bana her konuda destek olan, eleştirilerini, düşüncelerini ve fikirlerini esirgemeyen, emeğini tezimin her cümlesinde görebileceğiniz danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Türkay GÖKGÖZ'e; bilgilerini ve desteklerini benden esirgemedikleri için tez izleme komitesindeki hocalarım Sayın Prof.Dr. Mehmet SELÇUK ve Prof.Dr. Necla ULUĞTEKİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince öneri ve yardımlarıyla bana destek olan Yrd.Doç.Dr. Ali Melih BAŞARANER'e ve dostluklarını hep hissettiğim Kartografya Anabilim Dalı'ndaki diğer çalışma arkadaşlarım, Araş.Gör. Mehmet Ali YÜCEL, Araş.Gör. Sinan ÇETİNKAYA ve Araş.Gör. Alper ŞEN'e, Harita Genel Komutanlığı'ndan Sayın Yarbay Y.Müh. Haydar BAĞCI'ya ve Yarbay Y.Müh. Dursuner Ilgın'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimde kullandığım yazılımı bana ücretsiz sağlayan lSpatial firması yöneticilerine ve sorularıma verdikleri hızlı cevaplar için firmanın teknik destek ekibine, "Projem İstanbul" kapsamında çalışmama maddi destek veren İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ve tezin ürünü olan yazılımı kendi çalışmalarında kullanmaktan memnun olacaklarını belirten Coğrafi Bilgi Sistemi Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, tüm çalışma boyunca beni sabırla bekleyen ve destekleyen nişanlım Sayın Saime DUMAN'a ve elbette her zaman yanımda olan anneme ve babama teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Yollar, topografik haritalarda gösterime konu olan ve bir ağ yapısı meydana getiren önemli yapay nesnelerdir. Yollar ile diğer nesneler arasında doğrudan ve etkileşimli ilişkiler söz konusudur. Yol ağları için kartografik genelleştirmede gerçekleştirilen ilk işlem seçme/eleme işlemidir.

Bu tezde, yerleşim bölgelerindeki yol ağları için daha nitelikli, nesnel ve bütüncül yeni bir seçme/eleme yaklaşımı geliştirilerek, kartografyanın henüz tam olarak çözülememiş problemlerinden biri olan kartografik genelleştirmeye bilimsel katkı yapılması amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için problemin coğrafi bilgi sistemi ortamında ele alınması, nesne-yönelimli veritabanı kullanılması ve adalardan yararlanılması hedeflenmiştir. Tezin kapsamı yalnız yol nesnelerinin genelleştirilmesi ile sınırlı olmasına karşın, yolların oluşturduğu adalar ve özellikleri üzerinden sonuca gidilmektedir.

Tezde mevcut seçme/eleme yaklaşımları incelenmiş, eksiklik ve zayıflıkları tespit edilmiş ve bunların giderilmesi için kartografik temelleri olan yeni yaklaşım, ölçüt ve koşullar geliştirilmiştir. Bunun için öncelikle adaların bina içerip içermemesi, büyüklükleri, adaları sınırlandıran yolların uzunlukları ve hedef ölçekte adalarda gösterilecek bina sayıları incelenmektedir. Daha sonra, geliştirilen koşulları sağlayacak şekilde adalar birleştirilmekte ve böylece hedef ölçek elemanı olması gerekmeyen yollar elenmiş olmaktadır.

1:25.000 temel, 1:50.000 ve 1:100.000 ise hedef ölçekler olarak belirlenmiştir. Uygulamalar, Java programlama dilinde kodlanan ve Radius Clarity'ye menü olarak yerleştirilen bir dizi komut yardımıyla nesne-yönelimli Gothic veritabanında gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonuçları deneyimli bir kartograf tarafından yapılan seçme/eleme sonuçlarıyla hem şekilsel hem de niceliksel özellikler açısından karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: CBS, NYVT, Kartografya, Kartografik genelleştirme, Yol ağı

ABSTRACT

A NEW SELECTION/ELIMINATION APPROACH FOR THE GENERALIZATION OF URBAN ROAD NETWORKS

Road objects which build a network structure are important artificial objects of topographic maps. They are directly and effectively related to other map objects such as buildings. Cartographic generalization of road networks begins with the selection/elimination process.

The aim of this thesis is to contribute to the solution of generalization problem for roads that still remains unsolved in cartography, by developing a more qualified, objective and heuristic selection/elimination approach in urban areas. In order to achieve this aim, it is determined to handle the problem in object-oriented geographic information system environment, and to make use of urban blocks formed by road networks. Although the scope of thesis is limited to the selection/elimination for road networks, urban blocks and their specifications are also analyzed to obtain more useful results from the view of building generalization.

In this thesis, it is developed an approach that includes new criterions and conditions, after the previous selection/elimination approaches are examined to find out their deficits and weaknesses. Urban blocks are analyzed in several aspects: their size, whether they include buildings or not, the lengths of roads forming the urban blocks, the numbers of buildings to be showed in urban blocks in target scale. Then, the urban blocks are amalgamated for the realization of the developed conditions and thus the roads that are unnecessary for the target scale are eliminated.

The source scale is determined to be 1:25,000 and target scales are to be 1:50,000 and 1:100,000. An experimental testing is realized in object-oriented Gothic database via a series of commands put into Radius Clarity as a menu and coded in Java programming language. The results of tests are compared in terms of formal and quantitative features with the results of selection/elimination process carried out by an experienced cartographer.

Keywords: GIS, OODB, Cartography, Cartographic generalization, Road network

1. GİRİŞ

Yeryüzü gerçekliğine ilişkin geometrik ve semantik bilgilerin, hedef kullanıcı kitlesi, ölçek ve amaç doğrultusunda, kaynak haritalardan ve veritabanlarından özetlenerek sunulması anlamına gelen genelleştirme işlemi, kartografya disiplininin önemli konularından biridir. Günümüzde genelleştirme işlemleri, coğrafi verilerin saklanması, işlenmesi, analizi ve sunumunda kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında gerçekleştirilmektedir. Basılı haritalar üzerinden yapılamayacak kadar büyük ve karmaşık işlemler ve analizler, CBS ile kolaylıkla yapabilmekte ve sonuçlar ekran haritası ya da basılı harita olarak sunulabilmektedir. Bilgi teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte, coğrafya ile ilgili çalışmalarda kullanılan mekansal verilerin çeşitliliği ve ayrıntı düzeyleri hızla artmaktadır. Böylece, veritabanlarının kapsamı, hacmi gelişmekte ve daha yüksek çözünürlüklü hale dönüşmektedir. Bu veri yoğunluğu içinde, daha geniş alanları kapsayan coğrafi analizlerin yapılabilmesi ve analiz sonuçlarının haritalar üzerinde anlaşılır şekilde sunulabilmesi, genelleştirme ile sağlanmaktadır. Bu durum, genelleştirmenin bilgi teknolojileri ve CBS içindeki önemini giderek arttırmaktadır.

Birçok araştırmacı genelleştirmeyi, kaynakların ekonomik kullanılması, veri kalitesinin artırılması, haritaların çok amaçlı kullanılması, daha iyi görsel iletişimin sağlanması açılarından bir gereklilik olarak görmektedir (Muller, 1991; McMaster ve Shea, 1992, s:4; Weibel ve Dutton, 1999; Başaraner, 2005, s:1). Bunun yanında, hedeflenen uygulamalara uygun çözünürlükte ve içerikte coğrafi mekanın sayısal modelinin oluşturulabilmesi için de genelleştirme işlemi gereklidir (Weibel ve Dutton, 1999; Başaraner, 2005, s:1).

Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, genelleştirmenin manuel tekniklerden otomatik hale dönüştürülmesi üzerine yapılan çalışmalara büyük ivme kazandırmıştır. Manuel ve otomatik genelleştirme işlemleri arasındaki temel iki fark; manuel işlemlerin yoğun emek gerektirmesi ve özel durumlar için kartografin yorumuna açık, yani öznel olmasıdır. Bunlar, otomatik genelleştirme işlemlerinin kartograf tarafından uygulanan klasik genelleştirme işlemlerine göre üstünlükleri olarak düşünülebilir. Buna karşın, iki genelleştirme yöntemi arasındaki üçüncü ve en önemli fark; manuel işlemlerde algılama ve uygulama bakımından genelleştirmeye bütüncül yaklaşılrken, otomatik işlemlerin önceden belirlenmiş sıraya göre bağımsız uygulanmasıdır (McMaster ve Shea, 1992, s:2).

Manuel genelleştirmede verilere uygulanan seçme, birleştirme, yumuşatma ve öteleme gibi bir dizi geometrik dönüşüm işlemi bütüncül bir yaklaşımla gerçekleştirilirken, CBS ile

birleşen otomatik genelleştirmede dönüşüm işlemleri oldukça karmaşık bir hal almaktadır (Richardson ve Mackaness, 1999). Bunun nedeni, geometrik dönüşüm algoritmalarının yalıtılmış olarak işlemesi ve işlemlerin uygulanabilmesi için öncelikli tetiklemelerin kartograf tarafından yapılmasıdır. Her bir işlem adımının tek tek ele alındığı ve nesneleri çevresindekilerden bağımsız ele alan bu durum, otomatik genelleştirmeye geçişi zorlaştırmaktadır. Bu zorluğun üstesinden gelebilmek adına ileri yönde atılmış en önemli adım, nesne-yönelim prensibi ve Nesne-yönelimli Veritabanı (NYVT) modellerinin CBS de kullanılmasıdır (Egenhofer ve Frank, 1992; Herring, 1992; Worboys, 1994; Kufoniye, 1995). Nesne-yönelimli veri modelleri, gerçeğe uygun bir genelleştirme işlemi için nesne sınıflarına ait özellikleri taşıyan (*generic*) algoritmaların tasarlanmasına olanak sağlamaktadır. Böylece, her bir nesneye uygulanacak önceden belirlenmiş algoritmaların geliştirilme ihtiyacı ortadan kalkmakta ve esnek bir modelleme ortamı oluşmaktadır (Ormsby ve Mackaness, 1999).

Son yıllarda, birçok bilim insanı nesne-yönelimli ortamda çözülmesi güç problemler karşısında özerk karar verme yeteneğinden dolayı etmen-temelli (*agent-based*) modellerden yoğun olarak yararlanmaktadır (Ruas, 1999; Lamy vd., 1999; Barrault vd., 2001; Duchene vd., 2001; Duchene, 2004; Mustiere, 2005; Başaraner ve Selçuk, 2007; Gülgen ve Gökgez, 2007). Günümüzde, yapay zeka (*artificial intelligence*) alanında ortaya çıkan gelişmelerin bir ürünü olan etmen (*agent*) kavramı, kartografik genelleştirme çalışmalarına yeni bir boyut kazandırmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak, bu tez çalışmasında gerçekleştirilen kartografik genelleştirme işlemlerinin tümü, ISpatial firmasının nesne-yönelimli *Gothic* veritabanında ve etmen-temelli kartografik genelleştirme yazılımı olan *Radius Clarity* (Lecordix vd., 2006) üzerinde uygulanmıştır (Bkz Bölüm 5.3).

Diğer taraftan, son on yıl içinde genelleştirme konusunda, ülkemizde doktora düzeyinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Bank, 1998; Gökgez, 1999; Bildirici, 2000; Başaraner, 2005; Doğru, 2009; Avcı, 2009). Bu tez kapsamıyla ilgili olanlarına detaylı bir biçimde değinilecek olan bu çalışmalar, ülkemizde genelleştirmenin öneminin kavranması konusunda önemli katkılar sağlamıştır (Bkz. Bölüm 3.2.2.5). Buna karşın, ülkemizde kurumlar arası koordinasyon eksikliği ve yasal engeller, genelleştirme işlemlerinin gerçekleştirilebileceği ulusal çapta bir coğrafi veritabanı kurulmasına yönelik çalışmaları, dünya standartlarının çok gerisinde bırakmıştır. Günümüzde genelleştirmeye temel olan orta ölçekli coğrafi veritabanı, 1:25.000 ölçekli topografik harita yapım yönetmeliğine dayalı coğrafi ve kartografik veritabanlarının karışımı şeklindedir (Başaraner, 2005, s:3). Bugüne kadar sağlam bir coğrafi

veritabanının oluşturulamaması, genelleştirmenin harita üretimi için kullanımının önünde önemli bir engel oluşturmaktadır.

Genelleştirmenin her farklı nesne türü için ayrı bir problem olduğu düşünüldüğünde, hali hazır durumu topografik haritalarda göstermek için kullanılan ve mekansal veritabanlarında tutulan en önemli yapay nesnelerden biri olan yolların genelleştirilmesi başlı başına ele alınmalıdır. Yollar, grafik ölçeğe/çözünürlüğe bağlı olarak çeşitli detay seviyelerinde gösterilerek, bir yerleşim bölgesinin yapısını, işlevini ve düzenini anlamada nesnel bir bakış açısı oluşturulabilir. Bu kapsamda, 1:25.000 ölçekli kaynak verilerden 1:50.000 ve 1:100.000 ölçekli topografik haritalar için yol verilerinin türetilmesi üzerine yapılacak bu çalışma ile araştırılan ancak kesin bir çözüm bulunamamış olan seçme/eleme işlemine çözümler üretilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın bir diğer amacı da ülkemizde daha önce yapılan kartografik genelleştirme çalışmalarının devamı ve tamamlayıcısı niteliğinde olmasının sağlanmasıdır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, genelleştirme, bilgisayar ortamında uygulanan genelleştirme türleri, genelleştirme ile ilgili genel kavramlar ve temel genelleştirme işlemleri açıklanmakta ve nesne-yönelimli ortamda etmen-temelli kartografik genelleştirme çalışmalarından bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde, yol ve yol ağı genelleştirmesi konusunda dünyada yapılmış önemli çalışmalar ayrıntılı olarak irdelenmektedir. Dördüncü bölüm bu çalışma kapsamında, yerleşim bölgelerindeki yol ağları için geliştirilen, adalara dayalı yeni seçme/eleme yaklaşımının ayrıntılı olarak açıklandığı bölümdür. Beşinci bölüm, bir uygulama bölgesine ait 1:25.000 ölçekli yol ağı verilerinden, 1:50.000 ve 1:100.000 ölçekli yol ağlarının türetildiği bölümdür. Bu bölümde, yol verilerinin 1Spatial firmasının nesne-yönelimli *Gothic* veritabanında modellenmesinden ve etmen-temelli kartografik genelleştirme yazılımı *Radius Clarity*'nin arayüzüne eklenen *KartoGenYol* menüsündeki komutlar ile gerçekleştirilen seçme/eleme işlemlerinden bahsedilmektedir. Ayrıca, *KartoGenYol* ile elde edilen sonuçlar manuel genelleştirme sonuçları ile şekilsel olarak karşılaştırılmakta ve niceliksel değerlendirmeler çizelgeler halinde sunulmaktadır. Altıncı ve son bölüm, tez çalışmasının sonuçlarının ve önerilerin ortaya konulduğu bölümdür.

2. GENELLEŞTİRME

Klasik anlamda genelleştirme, Bildirici ve Uçar (1996, 2000) ve Bildirici (2000, s:6) tarafından yapılan tanıma dayalı olarak, *“ölçeğe ve amaca göre türetilecek haritalarda ortaya çıkabilecek bilgi karmaşıklığının azaltılması, önemsiz bilgilerin atılması, harita nesneleri arasındaki belirgin mantıksal ilişkilerin ve estetik kalitenin korunması işlemlerinin bileşkesidir.”* Ayrıca, Başaraner (2005, s:19)’de geçen tanımlardan yola çıkılarak genelleştirme işlemi; *“mekansal veri kaynağında tutulan ayrıntılı coğrafi verilere ya da bu verilerin grafik gösterimlerine uygulanan semantik ve geometrik dönüşümler ile daha az ayrıntıya sahip, hedef ölçeğe ve amaca uygun işaretlerle kodlanmış, bir veri seti türetme işlemi”* olarak ifade edilebilir.

Genelleştirme üzerine yapılan tanımlamalarda vurgulandığı üzere, kartografik genelleştirme, ölçeğe ve amaca göre şekillenen bir işlemdir. Eğer türetilcek haritanın amacı sadece ölçeği küçültmekse, veriler genelleştirmeye okunaklı hale dönüştürülmeye çalışılır. Özel bir amacın güdüldüğü durumlarda, genelleştirmeye amaca uygun temalar vurgulanırken, diğerleri azaltılmaktadır (Başaraner, 2005, s:19).

Topografik haritalarda ölçek, harita içeriğine ve dolayısıyla genelleştirmeye etki eden en önemli faktördür. Bir topografik haritada amaç, yeryüzü parçasının halihazır durumunu konum ve yükseklik bilgisiyle beraber göstermektir. Özellikle yerleşim bölgelerinde, çeşitli ölçeklerde üretilen topografik haritaların aynı miktarda harita işaretleriyle gösterilmesi halinde, küçük ölçekli haritalar okunamaz duruma gelebilir. Bu tarz bir gösterim haritanın anlaşılabilirliğini ters yönde etkiler. Bu nedenle, kartografik genelleştirme ile haritada bulunan bilgilerin bazıları atılarak ya da daha genel şekilde gösterilerek, topografik haritaların okunaklılığı sağlanmalıdır.

2.1 CBS Ortamında Genelleştirme Türleri

CBS, mekansal verinin toplanması, depolanması, işlenmesi ve gösterimi işlemlerinin yapıldığı; karar destek işlevi olan sayısal bir bilgi sistemidir. Mekansal verilerin harita oluşturmak amacıyla işlendiği genelleştirme çalışmaları günümüzde CBS ortamına taşınmıştır.

CBS ortamında bilgisayar destekli genelleştirme çalışmaları, model genelleştirmesi ve kartografik genelleştirme olarak iki farklı şekilde düşünülmektedir (Weibel ve Jones, 1998; Richardson ve Mackaness, 1999; Weibel ve Dutton, 1999; Boibzen ve Morgenstern, 2003;

Jiang ve Claramunt, 2004a; Neuffer, vd., 2004; 1Spatial, 2007a; 1Spatial, 2007b; Gülgen ve Gökgöz, 2007; Gülgen ve Gökgöz 2008a; Gülgen ve Gökgöz 2008b; Guilbert ve Saux, 2008; Chaudhry ve Mackaness, 2008). Model genelleştirmesi, veritabanında depolanan nesnelerin sayısında yapılan bir azaltma ya da verinin çözünürlüğünün düşürülmesi işlemi olarak düşünülebilir. Kaynak veritabanında depolanan nesnelerin (geometrik ve semantik bilgilerin) sayısında yapılan azaltma sayesinde, yeni bir veritabanı oluşturulmaktadır. Kartografik genelleştirme, görselleştirmeye bağlı bir işlemdir ve “*genelleştirme sonunda elde edilen sonuçlar kartografik olarak anlaşılabilir olmalıdır*” ilkesine dayanır. Geometrik bilgilerin okunaklı ve açık olarak görülebileceği sonuç haritanın elde edilebilmesi için, kartografik genelleştirme bir ihtiyaçtır. Kaynak ölçekten daha küçük ölçekte, nesnelerin yerleştirileceği yerler ve birbirleriyle olan ilişkileri, kartografik genelleştirme kapsamında incelenmektedir. Harita tasarımı açısından bakıldığında, model genelleştirmesi kartografik genelleştirmeden bağımsız düşünülemez; model genelleştirmesini kartografik genelleştirme izler (Richardson ve Mackaness, 1999; Gülgen ve Gökgöz, 2007).

CBS’de veritabanları, gerçek dünyanın tamamının ya da bir kısmının soyut ifadeleridir. Verilerin toplanması aşamasında, istenen çözünürlükte verilerin depolanması için, bir miktar genelleştirme kaçınılmazdır. Gerçek dünya nesnelerinin veritabanı içinde ilk olarak modellenmesi aşamasında yapılan bu genelleştirme işlemi, nesne genelleştirmesi - veri toplama genelleştirmesi (Başaraner, 2005, s:25) - olarak bilinir (Li, 2007a). Bu genelleştirme işlemi, model genelleştirmesinin ve kartografik genelleştirmenin önünde düşünülmektedir.

2.2 Genel Kavramlar

Çalışmanın daha kolay anlaşılabilmesi için bu tez kapsamında geliştirilen yeni yaklaşımın açıklandığı dördüncü ve uygulamanın anlatıldığı beşinci bölümde geçen bazı genel kavramların önceden açıklanması uygun görülmüştür. Bunlar, birçok genelleştirme çalışmasına altlık oluşturan, çözünürlük, nesne-yönelim (*‘object-oriented’*) prensibi, çizge (*‘graph’*), topoloji ve doku kavramlardır.

2.2.1 Çözünürlük

Haritalarda çözünürlük denildiğinde ilk akla gelen, grafik çözünürlüktür. Bir harita üzerinde yer alabilecek en küçük çizgi kalınlığı, nokta büyüklüğü ve işaret ayrımı grafik limitleri (sınırlamaları) ya da minimum (en küçük) büyüklükler grafik çözünürlük düzeyini belirlemektedir (Başaraner, 2005, s:21). Bu tez çalışmasında grafik çözünürlükler, hedef

ölçeğe göre (1:50.000 ve 1:100.000 ölçekleri) uygun genelleştirme parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 4.2.1).

Veritabanlarında grafik çözünürlük yerine, semantik, geometrik ve zamansal olmak üzere üç tür çözünürlükten bahsedilebilir (Başaraner, 2005, s:21). Semantik çözünürlük, veritabanında tutulan nesne türleri ve bunların öznitelik bilgilerine; geometrik çözünürlük, veritabanında tutulan nesnelerin geometri türü (nokta, çizgi ve alan), minimum nesne/detay büyüklüğü bilgilerine; zamansal çözünürlük, verilerin güncellenme sürelerine ilişkin çözünürlüktür.

2.2.2 Nesne-yönelim prensibi

Nesne-yönelim, merkezinde nesne kavramı olan genel bir tasarım prensibidir. Nesne-yönelim prensipleri, yazılım mühendisliğinde, arayüz tasarımında, veritabanı teknolojilerinde ve klasik CBS çalışmalarında kullanılmaktadır. Bu farklı kullanım alanları nesne kavramı konusunda karmaşa yaşanmasına neden olmaktadır. Klasik CBS’de bir nesne ile gerçek dünyadaki herhangi bir şey kastedilirken, nesne-yönelimli CBS’de *“hakkında veri toplanan gerçek ya da sanal herhangi bir şey ve veriyi düzenlemeye/değiştirmeye yarayan işlemler”* kastedilmektedir. Bu nedenle, bir NYVT sadece bilgi içermez, aynı zamanda bilgiyi düzenlemede/değiştirmede kullanılan ve nesne seviyesinde paketlenen algoritmaları (ya da metotları) da içermektedir (Ormsby ve Mackaness, 1999).

NYVT’de her nesne belli bir sınıf içinde tutulmaktadır. Sınıf tanımı, sınıftaki nesneler için depolanabilecek geometrik ve öznitelik bilgileri ve sınıf içinde yer alan nesneler için çağırılacak metotları belirlemektedir. Örneğin; bir bina sınıfı, geometrisi (alan), öznitelikleri (bina sahibi, bina adresi) ve metotları (“Binayı göster”, ”En yakın yol nesnesini geri döndür”) ile tanımlanabilir. Bu sayede, bina sınıfı içinde tutulan tüm nesneler, sahipleri ve adreslerine dair öznitelikleri depolayabilir ve kendilerini çizen metotları çağırabilir ya da binaya en yakın yolun nesne tanımlayıcı numarasını (*‘object_id’*) öğrenebilir. Bunun yanında, bir alt sınıf, metotlara ve özniteliklere dair sınıf tanımını üst sınıftan devralır ve bu sınıf için tanımlanmış başka metotlara sahip olabilir. Örneğin; bir bina sınıfından devralınan bir hastane sınıfı, bina sınıfının öznitelik bilgilerini (bina sahibi, bina adresi) ve metotlarını (binayı göster, en yakın yol nesnesini geri döndür) devralır. Ayrıca, hastane sınıfına özgü başka özniteliklere (yatak sayısı) ve metotlara (“Dolu yatak sayısını hesapla”) sahip olabilir (Ormsby ve Mackaness, 1999).

NYVT’nin anahtar özelliği, nesne sınıfları için metotlar tanımlanabilmesidir. Bir nesne sınıfı için tanımlanan bir metot çağırıldığında, onun davranış olarak bilinen bir davranış

fonksiyonu işlemektedir. Bir davranış fonksiyonunun amacı, metodun türüne bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Ne zaman ve nasıl çağırıldığına göre çeşitlilik gösteren değişik metot türleri mevcuttur. Bunlar NYVT’de üç grupta toplanabilir (Ormsby ve Mackaness, 1999):

- Değer metotları: Kullanıcı talebinin bir sonucu olarak, değerler (örneğin; karakterler, tamsayılar, nesne tanımlayıcı numaraları, geometriler vb.) döndürür.
- Görüntü metotları: Bir “*yeniden çiz*” işlemine cevap olarak nesnenin geometrisini (ya da türetilen bir geometrisini) çizer.
- Refleks metotlar: Veritabanındaki bir nesnede herhangi bir değişiklik yapıldığında çağırılır; geometrik, topolojik ya da öznitelik doğrulama amaçlı kullanılır.

Verilen bir metot için davranış fonksiyonu, farklı sınıflardaki nesneler için tamamen farklı olabilir. Bu durum, çok biçimlilik olarak bilinmektedir. Metotlar ve davranışlar bir sınıf hiyerarşisinde devralınmasına karşın; bir davranış, metotların sonuçlarında sofistike özelleştirmeye izin vererek, bir alt sınıf için yeniden tanımlanabilir. Örneğin; geometrik basitleştirme işlemi göz önüne alındığında, aynı isimli metotlara davranışlar olarak, tümüyle farklı geometrik basitleştirme teknikleri uygulanabilir. Bir bina sınıfı ya da göl sınıfı için bir değer metodu *basitleştirilmiş_geometri* tanımlanabilir. Bu metot, nesnelerin basitleştirilmiş halini döndürür. Bina geometrisi için bu metodun davranışı, binanın gerçek alanı ile aynı alana sahip ve uzun kenarına paralel olacak şekilde, bir minimum alanlı sınırlayıcı dörtgen oluşturabilir. Buna karşın, göl nesnesi için bu metodun davranışı, tamamen farklı bir teknik (örneğin; Douglas-Peucker’in basitleştirme algoritması vb.) kullanabilir. Eğer bina ve göl sınıflarının alt sınıfları için metodun davranışı yeniden tanımlanırsa, bu alt sınıflar basitleştirme davranışını üst sınıflarından devralır (Ormsby ve Mackaness, 1999).

CBS, NYVT ve nesne-yönelimli teknolojinin uygulama alanlarından biridir (Egenhofer ve Frank, 1992; Herring, 1992; Worboys, 1994; Kufoniyi, 1995). CBS’de mekansal verilerin NYVT içinde modellenmesi çok fazla yaygın olmamasına karşın; genelleştirme çalışmalarında güçlü ve esnek veri modelleme yöntemi sayesinde, mekansal verilerin karmaşık doğasının modellenmesi için kullanımı mevcuttur (Woodsford, 1995; Ruas, 1998; Ormsby and Mackaness, 1999; Başaraner, 2005).

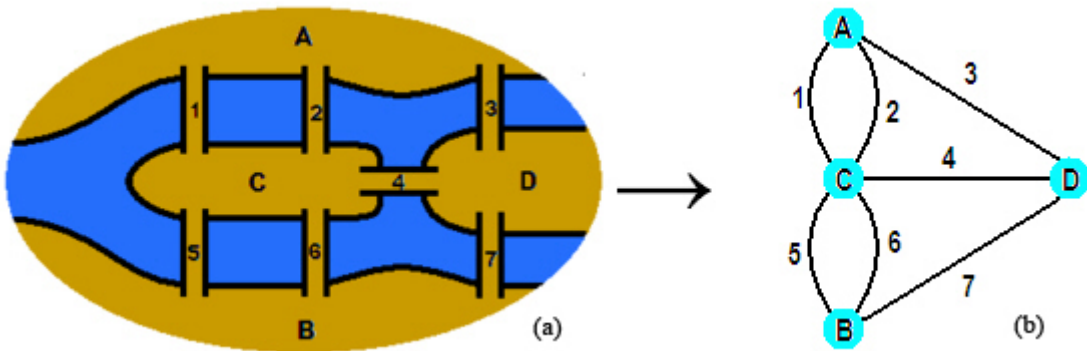
Nesne-yönelimli veri modeli, verilerin nasıl gösterileceğini ve kullanılacağını tanımlamaya yarar. Mantıksal model, veri modelinin yapısı üzerine yoğunlaşır. Sınıflar, türler, alt türler ve geçerli değerler mantıksal model içinde tanımlanmaktadır. Fiziksel model, modele ev sahipliği yapan veritabanının tasarımı üzerine yoğunlaşır ve bir veri modeli şartnamesi ile tanımlanır. Örneğin; bir veri modeli şartnamesi, bir ilişkisel veritabanındaki tabloları ve

tablolar arasındaki ilişkileri NYVT içinde tarif etmektedir (ISpatial, 2007b, s:63). Bu çalışmada kullanılan, nesne-yönelimli *Gothic* veritabanı üzerine inşa edilmiş olan *Radius Clarity* yazılımı, *Radius Clarity* modeli olarak isimlendirilen bir mantıksal modele ve uygulama modeli olarak isimlendirilen bir fiziksel modele sahiptir (Bkz. Bölüm 5.4).

2.2.3 Çizge

Çizge, noktalar ve bu noktaları birbirine bağlayan kenarlardan oluşan diyagram bir yapıdır (Thomson ve Brooks, 2007). Bu yapı, aynı zamanda bir tür ağ yapısı oluşturmaktadır [1]. Çizge üzerinde noktalar, nesneleri; kenarlar, ilişki içinde olan nesne çiftleri arasındaki bağlantıları göstermektedir (Thomson ve Brooks, 2007). Çizgede kenarlar, “çizge elemanı”; noktalar, “düğüm”; düğüme bağlı olan elemanların sayısı “düğüm derecesi” olarak adlandırılmaktadır [2]. Buna göre çizge, düğüm olarak adlandırılan noktalar ve düğümleri birleştiren kenarlardan oluşan, geometrik bilgi vermeyen, sadece düğümler arasındaki ilişkileri gösteren bir ağ yapısıdır (Worboys, 1995; Karaş, 2007).

Leonhard Euler, XVIII. yüzyılda, Königsberg köprülerinden esinlenerek, matematikte tamamıyla yeni bir dal olan çizge kuramının ilk teoremini ortaya atmıştır. Euler, düşüncelerini daha kolay açıklamak ve şekli gereksiz bileşenlerden arındırmak amacıyla Königsberg köprülerini (Şekil 2.1a) çizge ile ifade etmiştir (Şekil 2.1b). Çizge üzerinde kara parçaları, noktalar; köprülerse, bu noktaları birleştiren çizgiler olarak gösterilmiştir [2]. Böylece Euler, her bir köprüden sadece bir kez geçerek tüm kıyıları dolaşmanın ve tekrar başlangıç noktasına geri dönmenin mümkün olmadığını ispat etmiştir (Karaş, 2007). Euler’in bu çalışması topolojinin keşfinin ilk habercisi olarak kabul edilmektedir [2].



Şekil 2.1 Königsberg'deki (a) yedi köprü ve (b) çizge şeklinde gösterimi [2]

Günümüzde, ağ yapısı oluşturan nesnelerin (örneğin; yollar, su ağı vb.) topolojik olarak modellenmesi çizge üzerinden sağlanmaktadır. Topolojik model, çizgenin düğüm noktaları (örneğin; yol kavşakları, çıkmaz sokaklar ya da özel yerleri vb.) ve kenarları (örneğin; yol parçaları vb.) ile oluşturulmaktadır. Bu model, kenarlara farklı semantik değerler (örneğin; yol parçalarının uzunlukları vb.) eklenerek zenginleştirilebilir ve ağırlıklı çizge oluşturulabilir (Thomson ve Brooks, 2007). Bu tez çalışmasında seçilecek yolların belirlenmesinde kullanılan ağırlıklandırmalar çizge üzerinden çıkarılmıştır (Bkz. Bölüm 4.1).

2.2.4 Topoloji

Topoloji, geometrik şekillerin bükülme, gerilme, büzülme gibi durumlarda bile değişmeyen özelliklerini inceleyen matematik dalıdır. Topoloji geometriden çok, mekansal ilişkileri göz önüne almaktadır. Üç temel topolojik ilişki vardır:

- Yakınlık: Mekansal nesneler arasındaki komşuluk hakkında bilgi anlamına gelmektedir.
- İçerme: Bir mekansal nesnenin bir başka mekansal nesnenin içine alınması hakkında bilgi anlamına gelmektedir.
- Bağlılık: Mekansal nesneler arasındaki bağlantılar anlamına gelmektedir.

Topolojik ilişkiler kavramı en iyi şekilde bir topolojik haritayla açıklanabilir. Bir topolojik haritada, tüm mekansal nesneler üç temel grafik eleman (nokta, çizgi, poligon) kullanılarak ayrıştırılmakta ve gösterilmektedir. Her bir nokta eleman, tek bir nesne tanımlayıcı tarafından tanımlanırken; her bir çizgi, çizginin kendisi ve aynı zamanda noktaları ile tanımlanmaktadır. Çizgi nesneler arasındaki topolojik ilişkiler, noktalarının tanımlayıcıları kullanılarak belirlenmekte ve depolanmaktadır. Bu durumda, farklı çizgi nesnelerin aynı tanımlayıcılara sahip noktaları ortak noktalarlardır. Poligon nesneler, çizgi nesneler ve onlara karşılık gelen noktalar kullanılarak şekillendirilmektedir. Poligon nesneler, tekrarı olmayan bir tanımlayıcı numara ile bağımsız olarak tanımlanmaktadır. Poligon nesneler arasındaki topolojik ilişkiler, çizgi nesnelerle birlikte depolanan yakınlık bilgileri kullanılarak belirlenmekte ve depolanmaktadır. Yakınlık bilgisi, çizginin noktalarını ve aynı zamanda çizginin sağ ve solu için poligon tanımlayıcılarını içermektedir. Topolojik ilişkilerin belirlenmesi işlemi, “*topoloji oluşturma*” olarak isimlendirilmektedir.

Günümüzde topoloji CBS’nin merkezindedir (Theobald, 2001) ve topolojiden tamamen bağımsız bir CBS düşünmek mümkün değildir (Karaş, 2007). CBS’de mekansal ilişkileri topolojik olarak yapılandırmak; (1) mekansal analizlerin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine, (2) ortak detayların bir kez tutulması suretiyle veri tekrarının önüne geçilmesine, (3) geometrik verilerin kendi içinde tutarlı kalmasına (örneğin; yol çizgilerinin

birbirini aşması (*overshoot*), hedefe erişememesi (*undershoot*) ya da boşluklar oluşması (*gaps*) sorunlarının ortadan kalkmasına) ve (4) veriye çok daha hızlı erişilmesine katkı sağlamaktadır (Karaş, 2007).

Genelleştirme işlemlerinde veri bağlantılarını korumada ve yerel komşuluk ilişkilerini kolay ve hızlı olarak saptamada topolojinin etkisi büyüktür. Topoloji, aşağıda sıralanan nedenlerle genelleştirme işlemlerinde kullanılmaktadır (ISpatial, 2007a, s:1.6):

- Genelleştirilecek bir nesne ya da nesne grubuna komşu olan nesneleri bulma zorunluluğundan: Genelleştirme işlemi öncesinde, örneğin göl olarak gösterilen kapalı bir alan, genelleştirme sonrası nokta ile gösterilirse, önceki gölalanı komşu nesnelerle kaplanmalıdır.
- Genelleştirme sonunda mantıksal ilişkilerin korunması gerektiğinden: Bir elektrik direği, örneğin bir yolun solunda yer alıyorsa, genelleştirme sonrasında da solunda kalmalıdır.
- Bir nesnesinin geometrisi genelleştirme ile değiştirildiğinde, bu nesnesinin topolojisini paylaşan diğer nesnelerin de uygun bir şekilde değiştirilmesi ihtiyacından: Yol geometrisi basitleştirildiğinde, örneğin bu yolun topolojisini paylaşan orman sınırı da basitleştirilmelidir.

“*Topolojiye dayalı komşuluk ilişkilerinin analizi*”, bu tez çalışmasında geliştirilen yeni seçme/eleme yaklaşımının gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 4.2.2). Seçme/eleme işlemi, “*yeni oluşan adaların topolojisini paylaşan yolların seçilmesine; buna bağlı olarak paylaşmayan yolların elenmesine*” dayandırılmıştır. Daha sonra, seçilen yollar için “*yeniden topoloji oluşturulmuştur*” (Bkz. Bölüm 4.4). Ayrıca, uygulamada kullanılan veri setinde görünen geometrik tutarsızlıklar “*topolojik ilişkilere zarar vermeyecek şekilde iyileştirilmiştir*” (Bkz. Bölüm 5.5.4)

2.2.5 Doku

En genel tanımıyla doku, bir nesne bünyesinde ya da nesneler arasında yeterince düzenli tekrarlayan özelliklerdir (Mackaness ve Edwards, 2002). Dokular bazen bir kümenin elemanları anlamında da kullanılmaktadır. Bu elemanlar tahmin edilebilir biçimde yinelenen elemanlardır [3]. Dokular, dokuları ve gözle görülen ilişkileri yansıtmak amacıyla geliştirilmiş birçok teknik kullanılarak çıkarılabilir. Doku tanımlama teknikleri olarak bilinen bu teknikler; mühendislik, tıp, astronomi el yazısı tanımlama gibi alanlardan, uzaktan algılama verilerinin kullanıldığı otomatik türetme ve sınıflandırma uygulamalarına kadar çeşitli uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Bu uygulama alanlarının büyük çoğunluğu bilgi kaynağı olarak raster görüntüleri kullanmaktadır (Heinzle ve Anders, 2007).

Genelleştirme çalışmalarına konu olan dokular haritalarda yer alan vektör verilerden elde

edilen dokulardır. Vektör verilerde, şekil, yöneliş, renk, bağılılık, yoğunluk, dağılım, düzenli tekrar vb. nitelikler, dokuların görünüşüne karar veren önemli ayırt edici özelliklerdir (Heinzle ve Anders, 2007). Dokuları anlamak, modellemek ve değerlendirmek için değişen ve değişmeyen özellikler tanımlanmalıdır. Buna karşın, gerçek dünyada aynı özellikler nadiren farklı yerlerde tekrarlanır. Bu durum dokuları modellemeyi zorlaştırır da, temel doku özelliklerinin tanımlanması mümkündür (Zhang, 2004). Bu kapsamda, yollar için seçme/eleme üzerine yapılan çalışmalarda önemli yol dokularının tespit edilmesi ve bu dokuların hedef ölçekte mümkün olduğunca korunması oldukça önemlidir (Bkz. Bölüm 3.2.2.3).

2.3 Genelleştirmenin Temel İşlemleri

Genelleştirmenin temel işlemlerinden bahseden birçok “*kavramsal model*” geliştirilmiştir. Bunlar (Robinson vd. (1978;1995) modeli, Brassel ve Weibel (1988) modeli ve McMaster ve Shea (1992) modeli) genelleştirme işlemlerini tanımlama gayretinin ürünleridir (Regnauld ve McMaster, 2007). Robinson vd. (1978; 1995) modeli, genelleştirme işlemlerini tanımlama amaçlı oluşturulmuş ilk modeldir. Bu modelde genelleştirme iki kısma ayrılmıştır. Birinci kısım, genelleştirmenin ön işlemi olarak düşünülen seçme işlemini ele almaktadır. İkinci kısım, nesnelerin geometrik ve istatistik olarak işlendiği genelleştirme kısmıdır. Seçme işleminde bir miktar nesne, veritabanından genelleştirme işlemleri için seçilmekte, geri kalan nesneler elenmektedir. Genelleştirme kısmı, basitleştirme, sınıflandırma ve işaretleştirme işlemlerinden oluşmaktadır. Brassel ve Weibel (1988) modeli, arazi türlerine, ölçeğe ve haritanın amacına göre değişen, bir uyarlamalı arazi genelleştirme stratejisi tasarlamayı ve tasarlanan stratejiyi mümkün olduğunca otomatik hale getirmeyi hedeflemektedir. McMaster ve Shea (1992) modeli, bilgisayar ortamında genelleştirmeyi kavramsal olarak “*niçin, ne zaman ve nasıl genelleştirme?*” soruları çevresinde toplayarak şekillendirmiştir. Bunlardan “*niçin ve ne zaman genelleştirme?*” sorularına verilecek cevaplar genelleştirmenin felsefi ve kartometrik boyutlarını oluşturmaktadır. “*Nasıl genelleştirme?*” sorusunun cevabı ise geometrik ve semantik dönüşümlerin yapıldığı genelleştirme teknikleriyle ilgili kısımdır. Genelleştirmenin amacına ulaşabilmesi için geometrik ve semantik dönüşümler bir arada işlemektedir.

Coğrafi ve topolojik açıdan verinin geometrisini değiştirmeye yarayan geometrik dönüşüm işlemlerinde veri ile ilgili istatistiksel değerler göz önüne alınmadan, sadece konumsal sorunlarla ilgilenilmektedir. Farklı kaynaklarda farklı şekillerde sınıflandırılmasına karşın en

genel geometrik dönüşüm işlemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Seçme/Eleme ('*selection/elimination*'): Nesne sayısında yapılan azaltma işlemidir. Seçme/eleme işlemi genellikle geometrik ve semantik dönüşümlerin önünde, veritabanındaki nesnelerin sayısında yapılan bir azaltma olarak düşünülmektedir.

Genelleştirme adına yapılan işaretleştirme ve abartma işlemleri, haritanın arka planındaki alanı azalmaktadır. Bu durumda yapılacak ötelemelerle, işaretleştirme kaynaklı okunabilirlik sorunlarının bir kısmı giderilmesine karşın, verilerin yoğun olduğu yerlerde seçme/eleme işlemi yapılmaksızın haritanın okunaklılığını sağlamak mümkün değildir. Seçme/eleme işlemiyle genelleştirilen harita için önemsiz görülen nesneler silinerek, harita arka planında okunabilirliği sağlayacak boşluklar açılabilir.

Seçme/eleme işleminin nesne sayısında yapacağı değişim, haritanın tam/eksiksiz olma özelliğini önemli oranda etkilemektedir. Harita ölçeğine bağlı olarak, nesnelerin sayısında yapılan azaltma miktarına ilişkin genel bir fikir veren en önemli ölçüt; Töpfer ve Pillewizer (1966)'in "*Seçme Kuralı*" ('*Radical Law*')'dır. Birçok çalışmada *Seçme Kuralı* 2.1 eşitliğinde olduğu gibi ifade edilmektedir.

$$n_f = n_a \sqrt{(m_a / m_f)} \quad (2.1)$$

n_f : Türetilmiş haritada görünen nesne sayısı

n_a : Kaynak haritada görünen nesne sayısı

m_a : Kaynak harita ölçek sayısı

m_f : Türetilmiş harita ölçek sayısı

Bu seçme/eleme ölçütü, kaynak ve hedef ölçekteki detayların benzer geometrik işaretlerle sunulduğu topografik haritaların genelleştirilmesinde kullanılabilir. Buna karşın, kaynak ölçekteki bazı nesnelerin hedef ölçekte değişik işaretlerle gösterilebildiği ve amaca bağlı olarak vurgulanması gereken içeriğin değişebildiği küçük ölçekli haritalarda (örneğin; atlas haritaları vb.), bu ölçütün kullanılması uygun değildir. Bu durumda, seçme/eleme ölçütü, kartografik işaretin türüne (nokta, çizgi ve alan) ve işaretin abartma miktarına göre 2.2 eşitliğindeki gibi düzenlenebilir (Töpfer ve Pillewizer, 1966).

$$n_f = n_a C_b C_z \sqrt{(m_a / m_f)} \quad (2.2)$$

C_b : Harita işareti için kullanılan abartma sabiti

C_z : Kartografik işaretin türü

Dutton (1999), 2.2 eşitliğini daha sade biçimde sadece kartografik işaretin türüne göre 2.3 eşitliğindeki gibi düzenlenmiştir. Bu eşitlikte C , 2.2 eşitliğinde kartografik işaretin türünü gösteren C_z değerine eşdeğerdir. x üstel değeriye, C değerine bağlı olarak değişen bir değerdir.

$$n_f = n_a C \sqrt{\left(m_a / m_f\right)^x} \quad (2.3)$$

Buna göre x , işaretin türüne göre aşağıdaki değerleri almaktadır:

- Nokta işaretler için $x = 1$
- Çizgi işaretler için $x = 2$
- Alan işaretler için $x = 3$

Basitleştirme ('*simplification*'): Çizgisel ve alansal nesne geometrilerine uygulanan ve en sık kullanılan genelleştirme işlemi basitleştirme. En basit seviyede basitleştirme, bir nesnenin geometrisini oluşturan noktalarda yapılan ayıklama ('*filtering*') işlemidir (Regnauld ve McMaster, 2007). Nokta nesneler söz konusu olduğunda basitleştirme elemeye eşdeğerdir (Başaraner, 2005, s:34). Yapılan nokta azaltma (ayıklama) işlemi sırasında kalan noktaların konumlarında bir değişim olmaz. Bu işlemde amaç, nesnenin şeklini mümkün olduğunca koruyarak, çok sayıda noktanın silinmesini sağlamaktır (Regnauld ve McMaster, 2007).

Yumuşatma ('*smoothing*'): Basitleştirme, nesneyi oluşturan çizginin yönünü değiştirecek şekilde noktaları kaydırarak gerçekleşiyorsa, bu işlem çizgi yumuşatma olarak adlandırılmaktadır (McMaster ve Shea, 1992, s:56).

Abartma ('*exaggeration*'): Birçok nesnenin gerçek fiziksel büyüklüğü, harita ölçeğinde gösterim için yeterli değildir. Çoğu nesne, haritanın okunabilirliğini sağlamak için harita işaretleri ile abartılarak gösterilmek zorundadır (McMaster ve Shea, 1992, s:60).

İyileştirme ('*enhancement*'): Bir nesnenin önemini vurgulamak adına, kullanılan kartografik işaretin değiştirilmesi işlemidir (Regnauld ve McMaster, 2007).

Öteleme ('*displacement*'): Abartılarak gösterilen komşu harita işaretleri örtüşür ya da ayırt edilemeyecek kadar yakınlaşırsa, haritanın okunabilirliği açısından çelişkiler oluşur. Bu durumda, nesnelerin gerçek planimetrik konumlarından başka yerlere taşınması gerekir. Bu taşıma işlemi öteleme olarak adlandırılmaktadır (McMaster ve Shea, 1992, s:61).

Birleştirme ('*aggregation*'): Birleştirme, nesnelerin kombine edilmesi ya da daha genel olarak, bir grup nesneyi bu grubu temsil eden başka bir işaret ile gösterme işlemidir.

Birleştirme işlemi, kaynaştırma (*'amalgamation'*), kombinasyon (*'combine'*) ve tipikleştirme (*'typification'*) alt başlıkları altında üç grupta toplanabilir (Başaraner, 2005, s:38). Aynı sınıfa bulunan iki bağlantılı nesnenin birleştirilmesi (örneğin; iki komşu adanın aradaki sınır kaldırılarak kaynaştırılması) bitişikleri kaynaştırma (*'fusion'*) işlemidir. Aynı ya da farklı sınıftan birbirine yakın, ayırık nesnelerin birleştirilmesi ayrıkları kaynaştırma (*'merge'*) işlemi olarak adlandırılmaktadır. Aynı sınıfa ait bir nesne grubunun, daha üst boyutlu bir nesne olarak birleştirilmesi (örneğin; tek ağağların kombinasyonundan orman alanlarının elde edilmesi) kombinasyon işlemidir. Tipikleştirme işlemi ise bir nesne grubunun formunu, yeni bir indirgenmiş nesne kümesi ile gösterme işlemidir (Başaraner, 2005, s:39).

Öznitelik dönüşümleri olarak da bilinen semantik dönüşüm işlemleri ise iki şekilde gerçekleştirilmektedir (McMaster ve Shea, 1992, s:63; Regnauld ve McMaster, 2007):

Sınıflandırma (*'classification'*): Özdeş ya da benzer nitelikleri paylaşan nesnelerin aynı grup içinde bir arada tutulması, sınıflandırma işlemidir. Genelleştirme çalışmalarında sınıflandırma ham verinin kümeler içinde gruplandırılarak azaltılması amacıyla kullanılmaktadır (Regnauld ve McMaster, 2007).

İşaretleştirme (*'symbolization'*): En genel şekilde verilerin grafiklerle kodlanması işaretleştirme işlemi olarak adlandırılmaktadır (Regnauld ve McMaster, 2007). Kartografyada işaretleştirme, gerçek dünya nesnelerinin sunulabilmesi ve yapılan sunumun anlamlı kılınabilmesi için nesnelerin grafik tanımlamalarının, temel grafik değişkenler olan büyüklük, biçim, dolgu, renk, doğrultu ve ton değerlerine göre değiştirilerek, sistematik olarak düzenlenmesi şeklinde tanımlanmaktadır (McMaster ve Shea, 1992, s:64; Regnauld ve McMaster, 2007). Bu işlem, haritanın hazırlanması sırasında genelleştirme ihtiyaını görünebilir hale getiren kritik bir işlemdir. Gerçekte kartografik genelleştirme işleminin temelinde işaretleştirme ihtiyaının neden olduğu sorunlar yatmaktadır. Bu durum yollar için de geçerlidir (Bkz. Bölüm 5.6.2).

2.4 Nesne-yönelimli Ortamda Kartografik Genelleştirme

Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte kartografik genelleştirme işlemleri nesne-yönelimli ortama taşınmıştır. Son yıllarda nesne-yönelimli ortamda kartografik genelleştirme üzerine yapılmış en önemli çalışma, 1997–2000 yılları arasında gerçekleştirilen Avrupa Birliği (AB) destekli “*Yeni Otomatik Genelleştirme Teknolojisi*” (*'Automated GEneralization New Technology – AGENT'*) projesidir. Proje, Fransa Harita Kurumu (Institut Geographique

National France - IGNF) COGIT Laboratuvarı liderliğinde, genelleştirme konusunda uzman Edinburgh ve Zürih Üniversiteleri ve yapay zeka konusunda uzman Grenoble Üniversitesi'nin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. O zamanki adıyla Laser-Scan, şimdiki adıyla 1Spatial firması nesne-yönelimli LAMPS2 CBS yazılımıyla projenin endüstriyel ortaklığını yürütmüştür (Lecordix vd., 2005; Gülgen ve Gökğöz, 2007).

AGENT projesi, tüm haritadan en küçük detaya kadar çeşitli kademelerde model tasarımına olanak sağlayan bir çatının oluşturulmasını hedeflemiştir (Lamy vd., 1999). Projenin sonucunda genelleştirmeye otomatik çözümler sağlayan ilk AGENT genelleştirme yazılımı örneği ortaya çıkarılmıştır. Bu yazılım ile Danimarka Harita Kurumu (Danish Kort & Matrikelstyrelsen - KMS) 1:10.000 ölçekli TOP10DK veritabanında tutulan bina verilerinden 1:50.000 ölçeğine genelleştirme işlemlerini gerçekleştirmiştir. Bunun yanında, 1999 yılında IGNF, 'Carto2001' isimli bir projeye, 1:50.000 ölçeğinden 1:100.000 ölçeğine yol verileri için harita serilerini üretmiştir. Bu çalışmalar, her iki harita üretim kurumunun genelleştirme giderlerinin azalmasını sağlamıştır. Böylece, IGNF ve KMS, 2001 yılında bu yöndeki genelleştirme çalışmalarına devam etme kararı almıştır. Belçika Harita Kurumu (Institut Geographique National Belgium – IGNB) ve İngiliz Harita Kurumu (Ordnance Survey - OS)'nin de bu ortaklığa katılmasından sonra, genelleştirme çalışmalarının daha iyi bir platformda geliştirilmesi kararlaştırmış ve 2002 yılında "*Harita Yapım Kurumları Genelleştirme Ağı*" (*Mapping Agencies Generalisation NETWORK – MAGNET*) projesinin ilk adımı atılmıştır. Bu proje kapsamında 2003 yılında, ilk etmen-temelli otomatik genelleştirme yazılımı olan *Radius Clarity*'nin ilk sürümü üretilmiştir (Lecordix vd., 2005; Gülgen ve Gökğöz, 2007).

2.5 Etmen-Temelli Kartografik Genelleştirme

Etmen kavramı ve çok-etmenli (*'multi-agent'*) sistemler yapay zeka alanında ortaya çıkan gelişmelerdir. Etmen, bulunduğu ortamı algılayabilen ve ortamdaki etkiler karşısında kendi kararlarını verebilen bir "*varlık*" olarak tanımlanmaktadır. Bir etmen, amacı olan, bu amaca ulaşmak için, algılama, mukayese etme ve hareket etme kabiliyetlerini kullanan ve diğer etmenlerle mümkün olduğunca iletişim içinde olan sanal bir varlık olarak düşünülebilir. Nesnelerin birbirleriyle olan etkileşimleri, çok-etmenli sistem olarak adlandırılan bir sistem içinde düzenlenmektedir (Ruas ve Duchene, 2007). Bu bağlamda etmen-temelli kartografik genelleştirme, haritalardaki nesne geometrilerinin etmen olarak adlandırılan varlıklar tarafından bir bütünlük içinde düzenlenerek, farklı ölçeklerde anlaşılır hale getirilmesi olarak

tanımlanabilir (Gülgen ve Gökgöz, 2007). Bu tez çalışmasında, etmen-temeli kartografik genelleştirme yaklaşımı, seçilen yol parçalarının okunabilirlik sorunlarının giderilmesinde kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 5.6.3.7).

Çok-etmenli sistemde iki çeşit etmen bulunur (Duchene vd. 2001; 1Spatial, 2007a; Gülgen ve Gökgöz, 2007; Harrie ve Weibel, 2007; Ruas ve Duchene, 2007; Gülgen ve Gökgöz, 2008a):

- Yalın etmen (*'micro agent'*): Bir yalın etmen kendi kendini kontrol eden ayırık bir varlıktır.
- Bütünleşik etmen (*'meso agent'*): Bir bütünleşik etmen, bir yol ağı ya da bir bina grubundaki yalın etmenlerin eylemlerini kontrol ve koordine eden, geçici bir varlıktır.

Çok-etmenli sistemin çekirdeğini oluşturan etmen kavramının dışında, sistemin işleyişini açıklayabilmek için aşağıdaki kavramlarından da bahsedilmelidir.

Zorlayıcılar ('constraints'): Etmen-temelli kartografik genelleştirmenin temelinde zorlayıcılar yatmaktadır (Duchene vd. 2001). Genelleştirme süresince bir etmenin eylemi, zorlayıcılar olarak bilinen ayırt edici özellikler ya da kurallar dizisi tarafından tanımlanmaktadır. Zorlayıcılar bir etmenin durumunu değerlendirmede ve etmene gerekli genelleştirme algoritmalarının uygulanmasını sağlamada kullanılmaktadır (1Spatial, 2007a, s:2.4; Gülgen ve Gökgöz, 2007). Zorlayıcılar, haritanın amacı, ölçek, harita işaretleri, ortam ve veri kalitesinin yanında, harita üretim işlem adımlarında uyulacak mantık sırasına bağlı olarak tanımlanmaktadır (Duchene vd. 2001).

Her etmen genelleştirme davranışına kılavuzluk eden bir grup zorlayıcıya sahiptir. Her zorlayıcı normalde belli bir etmenin ayırt edici bir özelliğini (örneğin; bir yolun birleşmesini vb.) kontrol etmektedir (1Spatial, 2007a, s:2.4). Çok-etmenli sistemde kullanılan üç çeşit zorlayıcı vardır (1Spatial, 2007a, s:2.4; Gülgen ve Gökgöz, 2007; Gülgen ve Gökgöz, 2008a):

- İzleme (*'monitoring'*): Etmenin ilerleyişini değerlendirir.
- Tavsiye (*'proposing'*): Etmenin memnuniyetini hesap eder ve eğer etmenin mevcut durumu memnuniyeti için yeterli değilse, memnuniyeti geliştirebilmek için planlar tavsiye eder.
- Değerlendirme (*'evaluating'*): Etmenin memnuniyeti hesaplanırken değerlendirme zorlayıcısı da kullanılır.

Zorlayıcılarla ilişkili çeşitli değerler vardır. Bunlar (1Spatial, 2007a, s:2.4):

- Öncelik (*'priority'*): İlk olarak hangi zorlayıcının isteğinin geliştirilmesi gerektiğine karar vermede kullanılan bir değerdir.
- Memnuniyet (*'satisfaction'*): Etmenin geçerli durumu ve amacı arasındaki farkı ayırt etmekte kullanılan değerdir.
- Önem (*'importance'*): Zorlayıcının ağırlıklandırılmasında kullanılan bir değerdir.

Bu değerlerden öncelik ve önem arasındaki ilişkinin belirlenmesi oldukça karmaşık bir süreçtir ve tartışmaya açıktır. Örneğin; bir yol, hedef ölçekte işaretletirmeye dayalı birleşmeleri engelleyen birleşme zorlayıcısına ve işaretin diğer yol işaretleriyle örtüşmesini engelleyen örtüşme zorlayıcısına sahip olsun. Yolun işaretletirme işlemi önce yapılması gerektiğinden, işaretletirme sorunlarını kontrol eden birleşme zorlayıcısının önceliği, örtüşme zorlayıcısının önceliğinden daha yüksek olmalıdır. Buna kaşın, hedef ölçekte yolların kesinlikle örtüşmemesi isteneceğinden, işaretletirilen yolların örtüşmelerini engelleyen zorlayıcının önemi, birleşmeleri engelleyen zorlayıcının öneminden daha fazla olmalıdır.

Algoritmalar ('*algorithms*'): Çok-etmenli sistemde algoritmalar, bir etmenin kartografik görünümünü değiştirmek için uygulanan matematiksel işlemlerdir. Algoritmalar, genellikle bir nesne ya da nesne grubunu geometrik ve topolojik olarak düzenlemeye yarar. Örneğin; bir çizgi geometrisini değiştirebilir ya da nesnelerin konumlarını öteleyebilir (Gülgen ve Gökgöz, 2007).

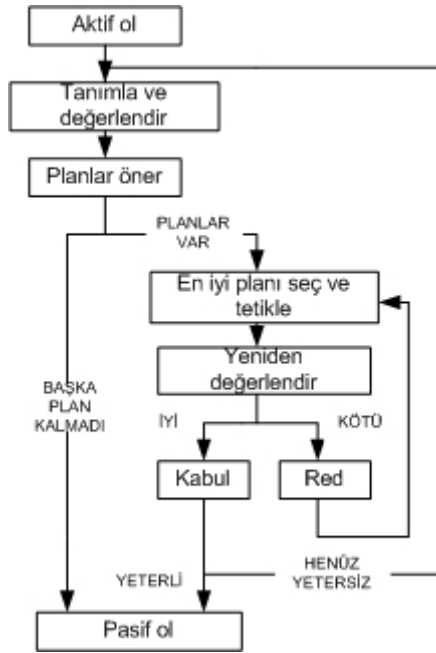
Ölçüler ('*measures*'): Nesne ya da nesne grupları hakkında bilgi elde edilmesi için kullanılan algoritmalarlardır. Bir etmenin gelişmesinde ihtiyaç duyulan bilgileri ortaya çıkarmak için zorlayıcılar ölçüleri kullanmaktadır. Örneğin; bir zorlayıcı, bina büyüklüklerini hesaplayan algoritmalarla elde edilen ölçüleri en küçük büyüklük değeriyle karşılaştırabilir (Gülgen ve Gökgöz, 2007).

Eylemler ('*actions*'): Bir eylem, bir yöntemdir ve bir etmenin geometrisini değiştiren algoritmanın (Bkz. Bölüm 3.1.3) çağrılmasına aracılık eder. Eylemler, bir plan listesi içinde tutulmaktadır ve bir etmenin geometrisini düzeltmek için listeden sıra ile çağırılmaktadır (Gülgen ve Gökgöz, 2007).

Plan ('*plan*'): Bir etmene uygulanabilecek eylemlerin ve bu eylemlerin ihtiyaç duyduğu parametrelerin (örneğin; *en küçük kıvrım* algoritmasının (Bkz. Bölüm 3.1.3) ihtiyaç duyduğu, en küçük vektör uzunluğu ve işaret genişliği değerlerinin vb.) tutulduğu sıralı liste plan olarak adlandırılmaktadır. Plan, etmenin bir zorlayıcı tarafından izlenen belli bir karakteristiğini geliştirmek için zorlayıcı tarafından önerilmektedir (Gülgen ve Gökgöz, 2007).

Etmen yaşam döngüsü ('*agent life-cycle*'): Bir etmenin görsel anlamda en iyi konuma ya da şekle gelmesine neden olabilecek algoritmaların zorlayıcılar göz önüne alınarak seçilmesi ve uygulanması, etmen yaşam döngüsünde sağlanmaktadır (Şekil 2.2). Bir etmen yaşam döngüsüne girdiğinde, zorlayıcılarının her birinin ne kadar tatmin olduğunu incelemekte ve sonra toplam memnuniyet kademesini belirlemek için zorlayıcı ağırlıklarını kullanmaktadır.

Eğer etmen mevcut konumundan yeterince memnunsa, yaşam döngüsü sonlanmaktadır. Diğer durumda zorlayıcılar, yaşam döngüsü içinde etmen tarafından kullanılabilir bir plan listesi önermektedir.



Şekil 2.2 Etmen yaşam döngüsü

Her bir zorlayıcı bir dizi plan önerebilir. Olası bir plan listesi, zorlayıcılar tarafından derlenmekte ve planlar, etmen yığını içinde depolanmaktadır. Listedeki her plan, ağırlığı en yüksek olandan başlayarak sırayla çağırılmaktadır. Çağırılan planın icrasıyla elde edilen sonuçlar yeni durumda depolanmaktadır. Yeni durumda etmen, zorlayıcılarını yeniden değerlendirmektedir. Değerlendirmede, plan öneren zorlayıcının ne kadar tatmin olduğu hesaplanmakta ve hesaplanan değer, toplam memnuniyet kademesini hesaplamada, zorlayıcının önemi ile birlikte kullanılmaktadır. Bu aşamada, yeni durumda beklenen memnuniyet düzeyi sağlanmıyorsa bile, önceki duruma göre bir gelişme olup olmadığının belirlenebilmesi için döndürülen değerler kontrol edilmektedir. Eğer önceki duruma göre bir gelişme olmuşsa, etmen mevcut yerinde önerilecek yeni planları denemeye devam etmektedir. Belli bir durum için önerilecek bir plan kalmadığında ise etmen bir önceki durumuna geri dönmektedir. Bir etmen için yaşam döngüsü sonlandığında, etmen her koşulda ilk durumuna geri dönmekte ve daha sonra, mutluluk derecesinin en yüksek olduğu durum, etmenin yeni durumu olarak tekrar yüklenmektedir (Gülgen ve Gökgöz, 2007). Yeni seçme/eleme yaklaşımı için geliştirilen ada yaşam döngüsü bu döngü ile analogtur (Bkz. Bölüm 4).

Durum ve aşama ('state and stage'): Etmenler yeni duruma geçmek için her defasında farklı

bir eylem gerçekleştirmektedir. Gerçekleşen her eylem, etmenin farklı bir durumunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, yaşam döngüsü boyunca etmenlerin sayısız ara duruma geçtiği söylenebilir. Buna karşın, yaşam döngüsünün sonunda etmen yeni geçerli yerine gitmektedir. Yaşam döngüsünde durumlar, aşamalar içinde gruplandırılmıştır. Bir etmen farklı eylemleri denediğinde, ara aşamalar bir hiyerarşik yapı ortaya koymaktadır. Her aşama, etmenin yaşam döngüsündeki bir tam icrasına karşılık gelmektedir (ISpatial, 2007a, s:2.7; Gülgen ve Gökgöz, 2007).

Parametreler ('*parameters*'): Etmenlere algoritmalar tarafından uygulanacak genelleştirme miktarı parametreler ile belirlenmektedir. Deneysel ve teorik çalışmalar, parametre değerlerinin harita ölçeği ve amacı sabitlenmiş olmasına rağmen, nesnenin şekli, büyüklüğü veya bulunduğu ortam gibi farklı ayırt edici özelliklere göre, bir nesneden diğerine farklılaştığını göstermektedir. Bu nedenle, parametre değerlerinin pratikte geçerli işaret büyüklüklerine göre görsel olarak ve test edilerek belirlenmesi daha uygundur (Lagrange vd., 2000). Bu düşünceden hareketle, bu tez çalışmasında kullanılan parametrelerin belirlenmesinde, işaret büyüklüklerinin dikkate alınması uygun görülmüştür (Bkz. Bölüm 4.2.1).

3. YOL NESNELERİNDE GENELLEŞTİRME

Topografik haritalarda, 1:10.000 ölçeğine kadar yolların alan obje olarak gösterilmesi mümkün olmasına karşın, orta ölçekte yapılan yol genelleştirme çalışmalarında, eksen çizgilerinin elde edilmesi gereklidir (Li, 2007b). Bu kapsamda, vektör verilerden yol eksenlerinin türetilmesi üzerine kullanılabilecek çeşitli yöntemler Bildirici (2000, s:37) tarafından açıklamaktadır. Buna karşın, yol nesneleri, orta ölçekli haritalarda ya da veritabanlarında, genellikle yol orta eksenini temsil eden tek bir çizgi ile gösterilir ya da depolanır. Bu tez çalışmasında kaynak harita olarak 1:25.000 ölçekli haritalar kullanıldığından yol eksenini türetme yöntemlerine değinilmemektedir.

Haritalarda ya da veritabanlarında eksen çizgileriyle depolanan yollar bir ağ yapısı meydana getirmektedir. Genelleştirme işlemi sonunda yol ağının yapısı anlaşılır olmalı ve topolojik ilişkiler korunmalıdır. Bunun için; seçme/eleme, basitleştirme, öteleme vb. genelleştirme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler, yol parçası ve yol ağı seviyesi olmak üzere iki ayrı seviyede ele alınmaktadır. Yol parçası seviyesinde, geometrik dönüşümlerle tek bir yol parçasına ait okunabilirlik sorunları ve bunların nasıl giderileceği üzerine yoğunlaşılırken; yol ağı seviyesinde, bir yol ağını oluşturan yol parçaları arasındaki sorunlar ve bunların giderilmesi üzerinde durulmaktadır.

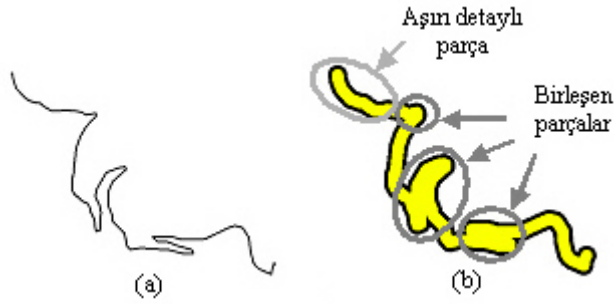
3.1 Yol Parçası Seviyesinde Genelleştirme

Yol parçası seviyesinde genelleştirme, hedef harita ölçeğinden ve işaretletirmeden kaynaklanan kartografik sorunların, çizgi nesnelere uygulanan basitleştirme işlemleri kullanılarak çözülmesidir. Çizgi nesnelere uygulanan basitleştirme işlemleri, Bölüm 3.1.2’de bahsedilen, ayıklama, yumuşatma ve karakterize etme (*‘caricature’*) gibi bir veya birden çok genelleştirme işlemini bir araya toplamaktadır (Regnauld ve McMaster, 2007).

3.1.1 Yol parçası seviyesinde okunabilirlik sorunları

Hedef ölçekte işaretletirme işlemi uygulanan bir yol orta ekseninde, okunabilirlik bakımından iki temel sorun gözlenebilir. Bunlar (Şekil 3.1):

- Birleşme (*‘coalescence’*): Bir yolun ya da yol parçasının kıvrımlı yerlerinde yol işaretinin birbirine değmesi ya da üst üste gelmesi ve
- Aşırı detaylı olma (*‘granularity’*): Bir yolu ya da yol parçasını meydana getiren nokta sayısının hedef ölçeğe göre aşırı miktarda olmasıdır.



Şekil 3.1 (a) Yol eksen ve (b) işaretleştirme işlemi uygulandıktan sonra ortaya çıkan okunabilirlik sorunları (Duchene vd., 2001)

3.1.2 Yol parçası seviyesinde uygulanan genelleştirme işlemleri

İşaretleştirme işlemi gereği oluşan sorunları giderebilmek ve önemli yol detaylarını koruyabilmek adına, yol eksen çizgilerine aşağıda açıklanan çizgi basitleştirme algoritmalarının uygulanması bir ihtiyaçtır (Regnauld ve McMaster, 2007).

Ayıklama: Otomatik kartografik genelleştirme çalışmalarının başladığı 1960'lı yıllardan bu yana üzerinde durulan, veri yoğunluğunun azaltılması problemi ile ilgili bir işlemdir. Yol verilerinde sıklıkla karşılaşılan aşırı detay sorununu gidermek için bir çizgiyi meydana getiren noktaların sayısında azaltma yapan ayıklama algoritmalarından yararlanılır. Douglas ve Peucker (1973) basitleştirme algoritması en yaygın kullanılan ayıklama algoritmasıdır. Bu ve benzeri ayıklama algoritmalarının yol genelleştirme çalışmalarında kullanılması; yolların daha keskin dönüşlü hale gelerek estetik açıdan bozulması ve yolların kıvrımlı kısımlarında üst üste binme problemlerinin fazlalaşması gibi iki önemli sorunu beraberinde getirmektedir (Mustiere, 2005).

Yumuşatma: hedef ölçekte belirgin olmayan küçük çizgi detayları ortadan kaldırmak için yapılan bir işlemdir. Yumuşatma işlemi için geliştirilen algoritmalar, bir çizgiyi kısmi ve bütüncül yaklaşımla ele alan algoritmalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Kısmi yaklaşımlı algoritmalar, bir çizginin araştırma yapılan noktasının yerini, o noktanın komşularından hesaplanan ağırlık değerini kullanarak öteleyen algoritmalarlardır. Çizgiyi bir bütün olarak ele alan algoritmalarsa, noktaları verilen yarıçap ve ortalama ağırlık değerlerine göre öteleyen algoritmalarlardır. Bunlar Gauss'un ayıklama algoritmasını temel almaktadır (Regnauld ve McMaster, 2007).

Ayıklama algoritmalarında görülen iki önemli kısıttan dolayı, kartografik genelleştirmede genellikle yumuşatma algoritmalarının kullanılması tercih edilmektedir. Yumuşatma

algoritmalarının ayıklama algoritmalarına göre en önemli üstünlüğü, yumuşatma algoritmalarının bir yolu oluşturan küçük detayları bastırırken, şeklin genel yapısını koruma eğiliminde olmasıdır (Mustiere, 2005).

Karakterize etme (*'caricature'*): Sadece ayıklama ya da yumuşatma gibi dönüşüm algoritmalarının kullanılması, çizgisel nesnelerin basitleştirilmesi için yeterli değildir. Önemli nesnelerin ya da nesnelerin önemli parçalarının iyileştirilmesi, karakterize etme işlemi olarak adlandırılan bir geometrik dönüşüm tekniğidir (Mustiere, 2005). Regnault ve McMaster (2007)'a göre karakterize etme, çizgi nesnelerin özel karakteristiklerini korumayı amaçlayan bir çizgi basitleştirme işlemidir. Karakterize etme algoritmaları kullanılarak çizgiyi meydana getiren belirgin detaylar abartılmakta ve önemsiz sayılan detaylar silinmektedir. Günümüzde karikatür algoritmaları çizgi nesnelerdeki birleşme sorunlarının ortadan kaldırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır.

Mustiere (2005)'e göre, geniş kapsamlı bir genelleştirme işlemi geliştirmek için; *“bir dizi kuralı/beklentiye aynı anda karşılayan algoritmalar geliştirme”* ve *“belli algoritmaları bir zincirin halkaları şeklinde aralıksız olarak işletme”* olmak üzere iki genel yaklaşım mevcuttur. Birinci yaklaşımda, kısmen örtüşen iki yoldan daha az önemli olanını öteleyen; ancak bu sırada çeşitli topolojik bozukluklara (yol bağlantılarının bozulmasına) ve şekil bozukluğuna neden olmayan bir algoritmanın geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Belli algoritmaların bir zincirin halkaları şeklinde işlediği ikinci yaklaşım, etmen-temelli yaklaşım olarak bilinmektedir (Gaffuri, 2006). Yaklaşımın özünde, bir yol nesnesini gösteren eksenin tek biçimli olamayacağı gerçeği yatmaktadır. Buna göre, bir eksen için doğru genelleştirme işleminin hangisi olacağına, çizgi geometrisi parçalara ayrılarak sınıflandırıldıktan sonra, çizgi karakteristiklerine göre karar verilmektedir. (Plazanet vd., 1998). Bu yaklaşım; *“karşılaşılan mekansal konfigürasyonu tanımlayan (bir yolun düz ve kıvrımlı kısımlarını belirleyen) ölçülerden”*, *“nesne geometrisindeki sorunları ortadan kaldıran geometrik dönüşüm algoritmalarından”* ve *“karşılaşılan nesne yapısına uygun geometrik dönüşüm algoritmalarından oluşan zincirden”* oluşmaktadır (Mustiere, 2005).

3.1.3 Yol parçası seviyesinde etmen-temelli kartografik genelleştirme

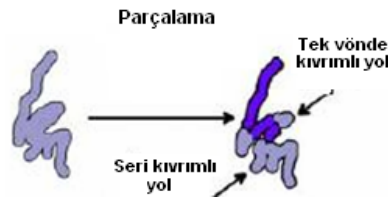
Etmen-temelli kartografik genelleştirme çalışmalarında etmenlerin sınıflandırılması sırasında kullanılan yalın ve bütünleşik seviyeler, yol nesneleri için de geçerlidir. Veritabanı düşünüldüğünde bir yol parçası tek başına yalın seviyeyi oluşturmaktadır. Buna karşın, yalın seviyede tekbiçimli olmayan bir yol parçası, genelleştirme sırasında alt yalın

seviyelere/parçalara ayrılmaktadır. Bu durumda, alt yalın seviyelere ayrılan yol nesnelerinin tümü bütünleşik seviyede yer almaktadır (Duchene vd., 2001).

Genelleştirme sırasında her bir yol parçası bir yalın etmen olarak değerlendirilir. Yaşam döngüsünde yalın etmenler eğer okunabilirlik sorunları içeriyorsa, etmen-temelli sistemin mantıksal modeli içinde tanımlı çeşitli karakterize etme algoritmalarına maruz kalmaktadır. Böylece, etmenler olarak adlandırılan yol verilerinin okunabilirlik sorunları, yaşam döngüsü içinde giderilmektedir.

AGENT projesi kapsamında, geometrik dönüşüm amaçlı, yol parçası seviyesinde kullanılan karakterize etme algoritmaları aşağıda sıralanmaktadır (Duchene vd., 2001; Mustiere, 2005). Bu algoritmalar aynı zamanda, etmen-temelli kartografik genelleştirme yazılımı olan *Radius Clarity*'nin mantıksal modeli içinde yer almaktadır.

Birleşen parçaları ayırt etme ('*coalescence splitting*') algoritması: Bu algoritma geometrik dönüşüm algoritmalarının önünde yer almaktadır. Bir yol parçasının birleşen ve birleşmeyen parçalarını ayırt etmek için kullanılmaktadır (Şekil 3.2). Bu algoritmada, birleşmenin olduğu kısımlar en basit şekilde, harita okuyucusunun yol işaretinin ortasına yol eksenini düzgün yerleştiremediği yerler olarak açıklanmaktadır. Yol işaretinin eksenini sınırlarından ne kadar uzaktaysa eksenini doğru yerine yerleştirebilmek o kadar zordur. Bir yolun eksenini eğer yol işaretinin sınırlarından sadece birinden ya da her ikisinden çok uzaktaysa o yol tek yönde ya da seri yönde birleşiyor denir. Burada çok uzak ile kastedilen, yol işaret genişliğinden yola çıkılarak hesaplanan bir parametre değeridir. Bu uzaklık deneysel olarak yol için kullanılan işaret genişliğinin 1.7 katı olarak tespit edilmiştir (Mustiere, 2005).



Şekil 3.2 *Birleşen parçaları ayırt etme* algoritması (Duchene vd., 2001)

Tek yönde kıvrımlı yollar için geometrik dönüşüm amaçlı iki karakterize etme algoritması kullanılmaktadır (Şekil 3.3):



Şekil 3.3 Tek yönde kıvrımlı yollar için kullanılan karakterize etme algoritmaları (Duchene vd., 2001)

En büyük kıvrım ('*max break*') algoritması: Bu algoritma, birleşme sorununun olduğu kıvrımlı eksen çizgisinin etrafında bir tampon bölge oluşturduktan sonra, kıvrımın tüm noktalarını belli bir mesafede dışarı doğru açarak birleşmeyi ortadan kaldırmaktadır. *En büyük kıvrım* algoritması uygulandıktan sonra yol eksenin başlangıç ve bitiş noktalarının yerleri kaymaktadır (ISpatial, 2007c, s:3.6).

En küçük kıvrım ('*min break*') algoritması: Bu algoritma ilk olarak birleşmenin olduğu kıvrımın iskeletini '*Delaunay*' üçgenlemesi kullanarak tespit etmektedir. Daha sonra iskeletin en uzun çizgisini bulmaktadır. Bu uzun çizgi yol işaretinin içte kalan kenarı olarak kabul edilmekte ve bu kenarın dışına yol işaretinin diğer kenarı yerleştirilmektedir (ISpatial, 2007c, s:3.5).

Seri kıvrımlı yollar için geometrik dönüşüm amaçlı iki karakterize etme algoritması kullanılmaktadır (Şekil 3.4):



Şekil 3.4 Seri kıvrımlı yollar için kullanılan karakterize etme algoritmaları (Duchene vd., 2001)

Akordeon ('*accordion*') algoritması: Bir kıvrım serisini, kıvrımların oluşturduğu ana doğrultuya dik olan bir eksen boyunca, bir akordeonun açılması gibi genişleten bir algoritmadır. Algoritma ilk olarak kıvrım serisinin bükülme noktalarını analiz ederek her kıvrımın limitlerini belirlemektedir. Daha sonra, merkezdeki bükülme noktasının konumu durağan olacak şekilde, diğer tüm noktaları her kıvrım için belirlenmiş bir parametre değeri kadar ötelemektedir (Mustiere, 2005).

Kıvrım azaltma ('*schematization*') algoritması: Kıvrım serilerinden bazı kıvrımların

kaldırılmasını sağlayan bir algoritmadır. Bu algoritma da *akordeon* algoritması gibi ilk olarak kıvrım serilerinin bükülme noktalarını analiz ederek belirlemektedir. Daha sonra, (kıvrımların şekillerine ve büyüklüklerine bağlı ölçütlere göre bir karar vererek) art arda gelen önemsiz iki kıvrımı kaldırmakta ve kalan kıvrımları birbirlerine yeniden bağlayarak gerdirmektedir (Mustiere, 2005).

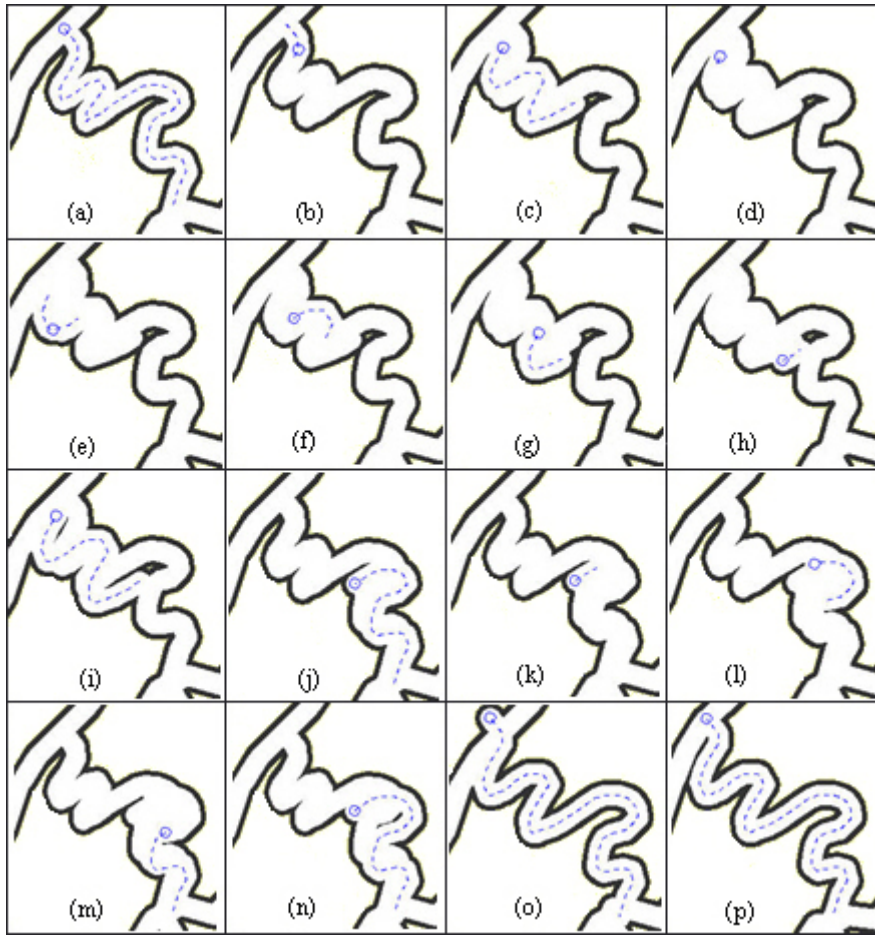
3.1.4 Bir yol nesnesine/parçasına ait yaşam döngüsü

Yol parçası seviyesindeki etmen-temelli kartografik genelleştirme çözümleri, kurumsal anlamda ilk kez IGNF tarafından *Carto2001* projesinde, yerleşim dışı bölgelerde uygulanmıştır (Lecordix vd., 2005). Özellikle yerleşim dışı yollardan dağ yolları kıvrımlı yapıda olduğundan işaretleştirme sonrası birleşmelerin meydana gelmesi doğaldır. Şekil 3.5a, 1:50.000 ölçekli BDCarto® veritabanında bulunan bir yol nesnesinin/parçasının işaretleştirmeden sonra ortaya çıkan okunabilirlik sorunları içeren durumunu göstermektedir. Etmen-temelli kartografik genelleştirme sonrasında, yoldaki birleşme sorunları giderilmektedir (Şekil 3.5p) Bu yol nesnesinin/parçasının etmen-temelli genelleştirme süresince yaşam döngüsü içinde geçirdiği aşamalar, ISpatial (2007b) örnek verilerinden yararlanılarak oluşturulmuş ve aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır (Şekil 3.5).

- Sistemde yalın etmen olarak tanımlı bir yol nesnesi/parçası, ilk olarak uygun bir dönüşüm algoritması kullanarak, kendi başına birleşme sorunlarını gidermeyi dener. Bu işe uygun bir genelleştirme algoritması tespit edemediğinden, *birleşen parçaları ayırt etme* algoritması yardımıyla, mantıksal modele uygun alt yalın etmen parçalarına ayrılmak zorunda kalır. Böylece, yol nesnesi alt yalın etmenlerden oluşan bir bütünleşik etmen durumuna geçer.
- Bütünleşik etmen artık üç yalın etmenden oluşmaktadır. Yalın etmenlerden birincisi Şekil 3.5b’de kesikli mavi çizgi ile görünen kısa parçadır. Bu yalın etmen birleşme sorunu içermediğinden mevcut durumunu korur.
- Şekil 3.5c’de görünen ikinci yalın etmen birleşme sorunu içermektedir. Bu nedenle, etmene ilk olarak zorlayıcılar tarafından tetiklenen *akordeon* algoritması uygulanır. Bu algoritma ortaya yeterli bir sonuç koyamadığından, yaşam döngüsü içinde etmen için yeterli memnuniyet seviyesi sağlanamaz.
- Yaşam döngüsü içinde bu yalın etmen için tetiklenecek ikinci bir algoritma yoktur. Bu nedenle, birleşen parçaları ayırt etme algoritması tekrar devreye girer. Artık, ikinci yalın etmen, ikinci bütünleşik etmen olarak hareket etmektedir.
- İkinci bütünleşik etmen beş parçadan oluşmaktadır. Bu etmenin ilk parçası Şekil 3.5d’de görünen kısa parçadır. Bu parça birleşme sorunu içermemektedir. Şekil 3.5e, ikinci bütünleşik etmenin *en büyük kıvrım* algoritması uygulanan ikinci alt yalın etmenini göstermektedir. Benzer şekilde, Şekil 3.5f ve Şekil 3.5g, sırasıyla *en büyük kıvrım* algoritması uygulanan üçüncü ve dördüncü yalın etmenleri göstermektedir. Şekil 3.5h, ikinci bütünleşik etmenin genelleştirilmeye ihtiyaç duymayan beşinci ve son parçasını göstermektedir. Şekil 3.5i ise, beş adet yalın etmenden oluşan ikinci bütünleşik etmenin tekrar yalın etmene dönüşmüş durumunu göstermektedir. Yalın etmen parçaları birleşerek birinci bütünleşik etmenin ikinci yalın etmenini tekrar meydana getirmektedir. Böylece,

ikinci yalın etmene ait birleşme sorunları giderilmektedir.

- Şekil 3.5j, birinci bütünleşik etmenin üçüncü yalın etmenini göstermektedir. Bu yalın etmen tekrar üç yeni yalın etmene ayrılarak üçüncü bütünleşik etmen durumuna geçer.
- Üçüncü bütünleşik etmenin genelleştirilme işlemine ihtiyaç duymayan ilk yalın etmeni Şekil 3.5k'de görünmektedir. Şekil 3.5l *en büyük kıvrım* algoritması uygulanan ikinci yalın etmeni ve Şekil 3.5m genelleştirme işlemine ihtiyaç duymayan üçüncü yalın etmeni göstermektedir. Şekil 3.5n'de üç yalın etmen birleşerek ilk bütünleşik etmenin üçüncü yalın etmenini tekrar oluşturmaktadır.
- Şekil 3.5o, ilk bütünleşik etmene ait üç yalın etmenin birleşerek tek parçaya dönüşmüş durumunu göstermektedir.
- Son olarak, Şekil 3.5p etmen-temelli kartografik genelleştirme işleminin son durumunu göstermektedir. Bu aşamada, yolun son kesişim noktası topolojik tutarlılığın sağlanması için ötelenmektedir.



Şekil 3.5 Bir yol nesnesinin/parçasının yaşam döngüsündeki aşamaları

3.2 Yol Ağı Seviyesinde Genelleştirme

Yol ağı seviyesinde yapılan genelleştirme çalışmaları iki kısımda incelenebilir. Birinci kısımda, yollara uygulanan işaretleştirme, abartma ve öteleme gibi işlemler sonucu komşu yol nesnelere ait işaretlerin örtüşmesinden kaynaklanan okunabilirlik sorunlarının ele alındığı

yol ağı seviyesinde kartografik genelleştirme çalışmaları bulunmaktadır. İkinci kısımda, seçme/eleme işlemi kullanılarak ağdaki yol yoğunluğunun azaltılması, yani önemsiz yolların kaldırılması ve önemli yolların korunması üzerine yapılan seçme/eleme çalışmaları yer almaktadır.

3.2.1 Yol ağlarında örtüşme sorunu ve ötelemeler

Yol nesnelerinde yapılan işaretleştirme işlemi sonrası, bazı yol parçaları örtüşebilir. Bu örtüşmeler nedeniyle kavşak yapılarında bozulmalar meydana gelmekte ve gerçekte olmayan yeni kavşak yapıları oluşmaktadır. Bu, harita okuyucusunun yanlış topolojik ilişkiler kurmasına neden olmaktadır. Şekil 3.6a, bazı yakın yollarda meydana gelen örtüşme sorunlarını göstermektedir. Bu durumda bazı yollar, topolojik ilişkiler korunarak ötelenmekte ve örtüşme sorunları giderilmektedir (Şekil 3.6b). Öteleme işlemleri bu tez çalışmasının kapsamı dışında tutulmuştur.



Şekil 3.6 Bir yol boyunca kavşakların öteleme (a) öncesi ve (b) sonrası durumu (ISpatial, 2007a, s:3.5)

3.2.2 Yol ağı seviyesinde seçme/eleme

Yol sınıfı, bir harita ya da mekansal veritabanı için en önemli nesne sınıflardan biridir. Buna karşın, yüksek çözünürlüklü veritabanlarında tutulan tüm yol nesnelerinin küçük ölçekli haritalarda gösterilmesi mümkün değildir. Bu durumda, yol ağındaki önemli yolların ve bağlantıların korunarak, bazı önemsiz yol ve/veya yol parçalarının yol ağından kaldırılması ve kavşakların basitleştirilmesi kaçınılmazdır.

Bir yol ağında yerleşim dışı yollar, genellikle yerleşim birimlerini birbirine bağlayan yollardır. Buna karşın yerleşim içi yollar, yol yoğunluğu, kullanım sıklığı ve uzunluğu bakımından yerleşim dışı yollardan oldukça farklı yapıdadır. Bu ayrım, yol ağı seviyesinde

yapılan tüm seçme/eleme çalışmalarında sağlıklı bir genelleştirme işlemi için mutlaka göz önüne alınmalıdır. Çizelge 3.1 yol ağı seviyesinde yapılmış seçme/eleme çalışmalarını gösteren bir çizelgedir. Burada verilen seçme/eleme çalışmaları, uygulama bölgeleri, kullanılan genelleştirme işlemleri ve farklı teknikler açılarından sınıflandırılmıştır. Bu çalışmalar, bu tez kapsamında ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Çizelge 3.1 Literatürdeki seçme/eleme çalışmaları

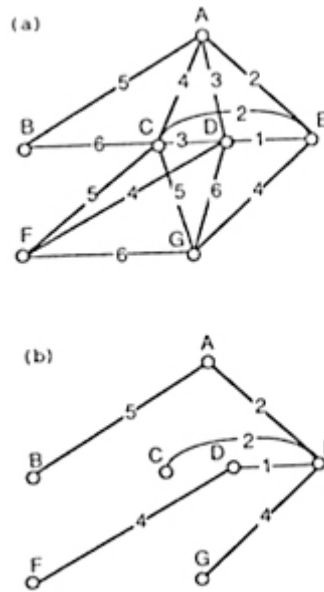
Çalışmalar	Çalışma bölgesi		Kullanılan yaklaşım			Seçme/eleme işlemi		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Mackaness ve Beard, 1993		•	•			•		
Mackaness, 1995	•		•			•		
Peng ve Müler, 1996	•				•			•
Morisset ve Ruas, 1997	•		•			•		
Mackaness ve Mackechnie, 1999	•		•	•		•		
Thomson ve Richardson, 1999	•	•	•				•	
Ruas, 1999	•				•			•
Edwards ve Mackaness, 2002	•				•		•	•
Jiang ve Claramunt, 2004a	•		•			•		

- 1: Yerleşim içi yollar
- 2: Yerleşim dışı yollar
- 3: Çizgeye dayalı seçme/eleme
- 4: Kavşak basitleştirmeye dayalı seçme/eleme
- 5: Adalara dayalı seçme/eleme
- 6: Yolları topolojik ya da semantik özelliklerine göre ağırlıklandırarak yapılan seçme/eleme
- 7: Doku analizleri kullanılarak yapılan seçme/eleme
- 8: Birleştirme işlemleri kullanılarak yapılan seçme/eleme

Çizge, yol ağı genelleştirmesinde çok sık kullanılan genelleştirme araçlarından biridir. Önemli yolların seçimine yönelik birçok yaklaşımın özünde, çizgeden çıkarılan çeşitli ölçütler yatmaktadır (Mackaness ve Beard, 1993; Mackaness, 1995; Thomson ve Richardson, 1995; Richardson ve Thomson, 1996; Morisset ve Ruas, 1997; Mackaness ve Mackechnie, 1999; Jiang, 2004; Jiang ve Claramunt, 2004a; Jiang ve Claramunt, 2004b; Jiang ve Harrie, 2004). Mekansal kümeleme, seçme/eleme işlemlerinde çizge ile birlikte sıklıkla kullanılan önemli tekniklerden bir diğeridir (Mackaness ve Mackechnie, 1999; Jiang, 2004; Jiang ve Claramunt, 2004b). Bunun yanında, önemli yol dokularının tespiti ve korunması üzerine yapılan bazı çalışmalar yine seçme/eleme çalışmalarıyla beraber anılmaktadır (Thomson ve Richardson, 1999; Zhang, 2004; Heinzle ve Anders, 2007).

3.2.2.1 Çizge temelli seçme/eleme çalışmaları

Yerleşim içi ve yerleşim dışı yollara uygulanan birçok geliştirme çalışması çizge üzerinden sürdürülmüştür. Çeşitli kavramların (örneğin; çizge prensibi, ağırlıklı çizge, yönlü çizge vb.) ve ölçütlerin (örneğin; eş biçimlilik ('*isomorphism*'), bütünlük ('*completeness*'), merkez ('*center*'), yarıçap ('*radius*'), sıra ('*order*'), boyut ('*size*') vb.) açıklandığı Mackaness ve Beard (1993)'in ünlü çalışması, birçok bilim adamı tarafından bu konuda yayımlanmış ilk eser olarak kabul edilmektedir (Regnauld ve McMaster, 2007; Thomson ve Brooks, 2007). Çalışmada, ağırlıklı çizge kullanımının, yol ağı yönetimi ve geliştirme üzerindeki etkisi ortaya konulmaktadır. Buna göre, şehir merkezleri çizgenin düğüm noktaları; merkezleri birbirine bağlayan yollar çizgenin kenarları olarak düşünüldüğünde, çizge kenarları ulaşım sürelerine uygun ağırlıklandırılarak ("ulaşım süresi fazla olan büyük, kısa olan küçük ağırlıklı olacak şekilde") bir ağırlıklı çizge tanımlanmaktadır (Şekil 3.7a). Yol ağı geliştirilmesi, bu ağırlıklı çizge üzerinden '*Minimum Spanning Trees*' (MST) algoritması kullanılarak, düşük ağırlıklı yolların temizlenmesi şeklinde yapılmaktadır (Şekil 3.7b).



Şekil 3.7 (a) Ağırlıklandırılmış yollar ve (b) MST algoritması kullanılarak geliştirilen yollar (Mackaness ve Beard, 1993)

MST, düğüm noktaları arasındaki bağlantı sayısını minimuma indirerek ağaç yapı oluşturmayı amaçlayan bir seçme/eleme algoritmasıdır (Mackaness ve Beard, 1993). Günümüzde en sık kullanılan MST algoritmalarından biri Prim'in MST algoritmasıdır. Bu algoritma ağaç yapıyı bir düğüm noktasından başlayıp, tüm düğüm noktalarına doğru yayarak büyüten bir algoritmadır. Algoritma aşağıdaki şekilde çalışmaktadır [4]:

- Girdi: V düğüm noktaları dizisi ve E kenarlar dizisi ile tanımlı ağırlıklı bir çizge
- Başlangıç: $V_{yeni} = \{x\}$, $E_{yeni} = \{ \}$ Burada x , başlangıç noktası olarak kabul edilen, V dizisinin elemanı olan bir düğüm noktası değişkenidir.
- $V_{yeni} = V$ olana kadar tekrarla:
 - E 'den en küçük ağırlıklı (u, v) kenarını seç. Burada u düğüm noktası, V_{yeni} dizisinin elemanıdır; v düğüm noktası ise, V_{yeni} dizisinin elemanı değildir. (Eğer aynı ağırlığa sahip birden çok kenar varsa, herhangi biri rastlantısal olarak seçilebilir.)
 - v düğüm noktasını, V_{yeni} dizisine; (u, v) kenarını ise, E_{yeni} dizisine ekle
- Çıktı: V_{yeni} ve E_{yeni} dizileri

Yol ağı genelleştirmesinde Mackaness (1995) tarafından kullanılan diğer önemli ağırlıklandırma işlemi hiyerarşik sınıflandırmadır. Bu yöntemde yolların önem sıralarına göre sınıflandırılması yol eksen haritalarından (Şekil 3.8) çıkarılan ve aşağıda açıklanan dört farklı ölçüte göre yapılmaktadır. Bu ölçütler sayesinde, seçme/eleme işlemi için anlamlı hiyerarşiler oluşturularak önemsiz yollar tespit edilmekte ve elenmektedir.



Şekil 3.8 Yolların eksenlerle sunulduğu harita

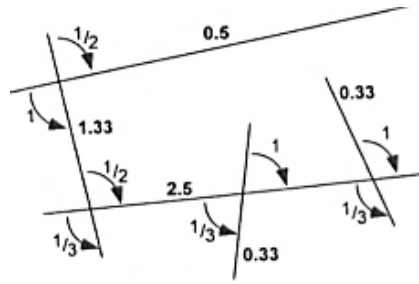
Bağlılık ('connectivity'): Bu ölçüte göre yapılan ağırlıklandırma işleminde, eksen haritasındaki bir eksen çizgisini kesen diğer eksenlerin toplamı o eksenin ağırlık değerini vermektedir. Jiang (2004; Jiang ve Claramunt, 2004a; Jiang ve Claramunt, 2004b; Jiang ve Harrie, 2004) tarafından geliştirilen yaklaşımlarda da çizgeden çıkarılan bağlılık ölçütüne benzer bir ölçüt kullanılmaktadır. Kullanılan bu ölçüt hakkında ayrıntılı bilgi bu bölümün ileriki aşamalarında verilecektir.

Derinlik ('depth'): Bu ölçüte göre yapılan ağırlıklandırma işleminde, eksen haritasının en dış kenarındaki eksen çizgilerinin ağırlık değeri bir kabul edilmektedir. Ağırlıklandırma işlemi, ağırlığı bir olan eksen çizgilerini kesen iç kısımdaki eksen çizgilerinin ağırlığı iki, ağırlığı iki olan eksen çizgilerini kesen iç kısımdaki eksen çizgilerinin ağırlığı üç olacak şekilde,

dışarıdan içeriye doğru sıra sıra ile artarak devam etmektedir.

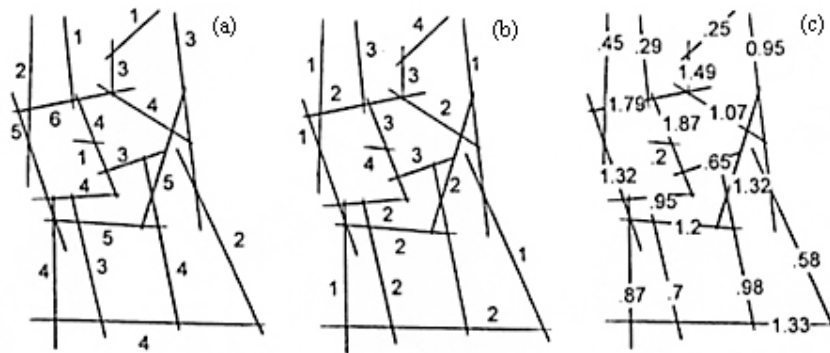
Kontrol ('control'): Bu ölçüte göre yapılan ağırlıklandırma işleminde, eksen haritasında bir eksen çizgisini kesen çizgi sayısının yani bağıllık değerinin n olduğu kabul edildiğinde, 3.1 eşitliğine göre hesaplanan l değeri her bir yol ekseninin önemini belirtmektedir. Şekil 3.9'da kontrol değerlerinin hesaplanmasına ilişkin bir örnek görülmektedir. Bu şekilde okların yakınında verilen rakamlar $1/n$ değerleridir. Oklar tarafından gösterilen çizgiye ait sayılarsa, $1/n$ değerlerinin toplamı sonucu bulunan l kontrol değerini göstermektedir.

$$l = \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \dots \quad (3.1)$$



Şekil 3.9 Eksen çizgilerinin kontrol değerlerinin hesaplanması (Mackaness, 1995)

Şekil 3.8'de görünen eksen haritasının bağıllık, derinlik ve kontrol ölçütlerine göre ağırlıklandırılmış durumları sırayla Şekil 3.10a, Şekil 3.10b ve Şekil 3.10c'de gösterilmektedir.



Şekil 3.10 Yol eksenlerinin (a) bağıllık, (b) derinlik, (c) kontrol ölçütlerine göre hesaplanan ağırlık değerleri (Mackaness, 1995)

Bütünleşiklik ('integration'): Derinlik ölçütü, bir bağıl bağıllık ölçütüdür. Bu ölçütten bütünleşik bir ölçüt hesaplanabilir. Bu işlem, yol ağı içinde yer alan bir yolun, sistemin

bütününden çıkarılan ortalama derinlik değeriyle karşılaştırılmasıyla yapılmaktadır. Hillier ve Hanson (1984, s:108)'un bağıl asimetri (*'relative asymmetry'*) ölçüsü için 3.2 eşitliğindeki bağıntı kullanılmaktadır.

$$r_a = \frac{2(MD - 1)}{K - 2} \quad (3.2)$$

r_a : 0 - 1 arasında değişen bağıl asimetri değeri

MD : Ortalama derinlik

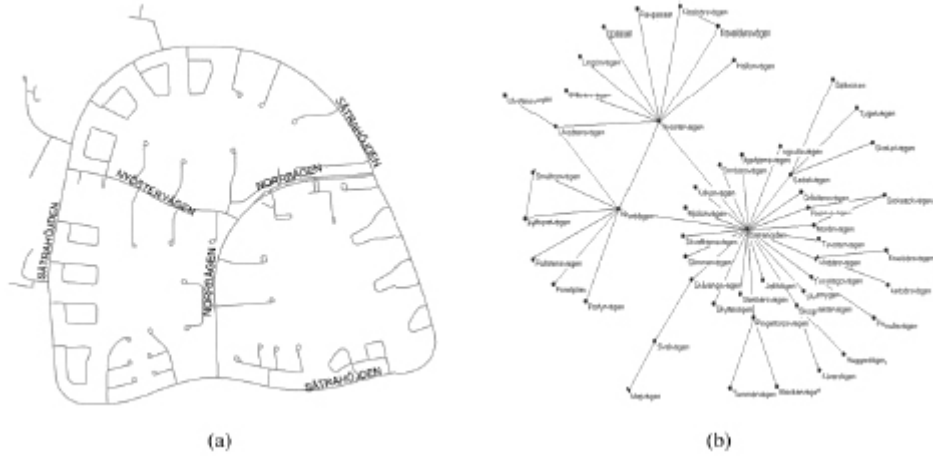
K : Toplam eksen sayısı

Yol ağının ortalama derinliği kullanılarak elde edilen bağıl asimetri değeri, ağın bütünleşikliğini ortaya koymaktadır. Bağıl asimetri değerinin sıfıra yakın olması, ağın bütünleşik olduğunu gösterirken; bu değer bir e yakınlığı ağın ayrık yapıda olduğunu göstermektedir (Mackaness, 1995).

Bağıl asimetri ölçütü her bir eksene ayrı ayrı uygulandığında, sıfıra yakın bağıl asimetri değerine sahip yol eksenleri önemli, bir e yakın değere sahip eksenler ise önemsiz olarak değerlendirilebilir. Bu durumda, her bir yolun hesaplanan bağıl asimetri değerlerinin tersi çizgilerin önem sırasını vermektedir (Mackaness, 1995).

Morisset ve Ruas (1997) *'agent-based simulation'* olarak adlandırılan bir sistemde, yolları kullanım sıklıklarına uygun olarak çizge üzerinde modelleyerek seçmeyi denemiştir. Çalışmada her yol parçasının bağıl ağırlığı, günlük araç akışını gösteren sürücü günlüklerinden çıkarılmaktadır. Seçilen iki nokta arasındaki her yol, o yolun ulaşım sürelerine göre değerlendirilmektedir.

Çizge, yukarıda bahsedilen tüm çalışmalarda, yol ağında yer alan eksen çizgileri ve kavşak noktalarından oluşan bir yapı olarak ele alınmaktadır. Yol ağı genelleştirmesinde kullanılan diğer bazı çalışmalarda ise *"yerleşim bölgelerinde yollar (cadde ve sokak isimleriyle tanımlanan parçaların bütünü), çizgenin düğüm noktaları; yol kavşakları, çizgenin kenarları"* olacak şekilde bir düzenleme yapılmaktadır (Jiang, 2004; Jiang ve Claramunt, 2004a; Jiang ve Claramunt, 2004b; Jiang ve Harrie, 2004). Buna göre, Şekil 3.11a bir yerleşim bölgesini; Şekil 3.11b ise bu yerleşim bölgesinden oluşturulan çizgeyi göstermektedir.



Şekil 3.11 (a) Yol ağı ve (b) yol ağından oluşturulan çizge (Jiang ve Claramunt, 2004a)

Şekil 3.11b’de gösterilen çizge üzerinden, aşağıdaki tanımlamalar yapıldığında, Jiang (2004; Jiang ve Claramunt, 2004a; 2004b; Jiang ve Harrie, 2004) tarafından kullanılan üç temel çizge ölçütü elde edilebilir:

$V = (V_1, V_2, V_3, \dots, V_n)$: Düğüm noktası

$E = (V_i, V_j)$: Çizge kenarı

$G(V, E)$: Çizge

$R(G) = (r_{i,j})_{n \times m}$: Komşuluk matrisi

Eğer, $V_i, V_j \in E \rightarrow r_{i,j} = 1$

Değilse; $\rightarrow r_{i,j} = 0$

Bağlılık bakımından merkezlik (‘degree centrality’): Bu ölçüt, çizge üzerinde yollar, düğüm noktalarıyla; kavşaklar, çizge kenarlarıyla gösterildiğinde, bir yola bağlantı sayısını verir. Buna göre, herhangi bir V_i düğüm noktasının bağlılık bakımından merkezlik değeri 3.3 eşitliğinden hesaplanabilir. Yolların ağırlıklandırılmasında kullanılan bağlılık bakımından merkezlik değeri, önemli yolların belirlenebilmesi amacıyla bu tez çalışmasında da kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 4.1).

$$C_D(V_i) = \sum_{k=1}^n r(V_i, V_k) \quad (3.3)$$

$C_D(V_i)$: V_i düğüm noktası için bağlılık bakımından merkezlik değeri

Yakınlık bakımından merkezlik (‘closeness centrality’): Bu ölçüt, çizge üzerinde iki yol (düğüm noktası) arasındaki minimum bağlantı (kenar) sayısına bağlı olarak değişen ölçüttür.

Buna göre, herhangi iki düğüm noktası olan V_i ve V_k noktaları arasındaki en kısa güzergah (en az kenar sayısı) $d(V_i, V_k)$ ile gösterildiğinde, V_i noktasının yakınlık bakımından merkezlik değeri 3.4 eşitliğinden hesaplanmaktadır.

$$C_C(V_i) = \frac{n-1}{\sum_{k=1}^n d(V_i, V_k)} \quad (3.4)$$

$C_C(V_i)$: V_i düğüm noktası için yakınlık bakımından merkezlik değeri

$d(V_i, V_k)$: İki nokta arasındaki en kısa güzergah

Arasındalık bakımından merkezlik ('betweenness centrality'): Bir yoldan diğer yola giderken arada uğranılması zorunlu bir yol bulunması durumunda ağırlıklandırma yapılırken, arasındalık ölçütü kullanılabilir. Herhangi iki düğüm noktası olan V_i ve V_j noktaları arasındaki en kısa güzergah sayısı (en az kenarlı güzergah sayısı: $d(V_i, V_k)$ sayısı) $p_{i,j}$ 'dir. V_k düğüm noktası geçilmesi zorunlu yol olarak düşünüldüğünde, V_k 'den geçen en kısa güzergah sayısı $p_{i,k,j}$ 'dir. Bu durumda, V_i noktasının V_k noktasından geçme zorunluluğundan kaynaklanan arasındalık bakımından merkezlik değeri 3.5 eşitliğinden hesaplanmaktadır.

$$C_B(V_i) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{j-1} \frac{p_{ikj}}{p_{ij}} \quad (3.5)$$

$C_B(V_i)$: V_i düğüm noktası için arasındalık bakımından merkezlik değeri

$p_{i,j}$: İki nokta arasındaki en kısa güzergah sayısı

$p_{i,k,j}$: Bir noktadan geçilmesi zorunlu olması durumunda, iki nokta arasındaki en kısa güzergah sayısı

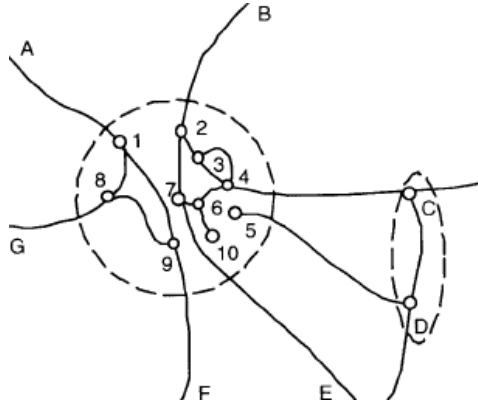
Jiang ve Claramunt (2004a) ağırlıklandırmada bağlılık bakımından merkezlik değerinin tek başına kullanılmasının yeterli olmadığını düşünmektedir. Onlara göre “*bağlılık bakımından yüksek merkezlik değerine sahip bir yol her anlamda kesinlikle önemlidir; ya da bağlılık bakımından düşük merkezlik değerine sahip bir yol kesinlikle önemsizdir*” denilemez. Gerçekte bir yol ağında düşük bağlılık bakımından merkezlik değerine sahip bir yol bir köprü görevi görüyor olabilir. Bu kapsamda, Jiang ve Claramunt (2004a) yol ağının bu özelliğini arasındalık bakımından merkezlik ölçütünü kullanılarak kontrol etmeyi denemiştir.

3.2.2.2 Seçme/eleme işleminde mekansal kümeleme

Günümüzde veri madenciliği tekniklerinden biri olan mekansal kümeleme birçok

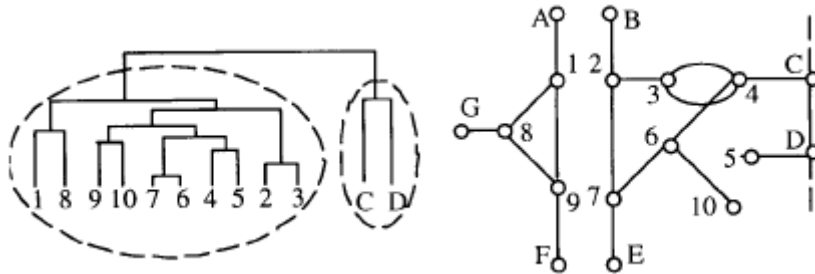
genelleştirme çalışmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Kümeleme, “*aynı küme içindeki nesneler farklı kümelerdekilere göre daha çok benzer*” temeline dayanan bir tekniktir. Coğrafi mekanda bulunan nesne gruplarının kümelenmesinde mekansal kümeleme kullanılmaktadır. Mekansal kümeleme, genelleştirme işlemlerinde kümelerin ve küme içinde yer alacak nesnelerin seçilmesinde objektif bir değer belirleme yöntemidir.

Mekansal kümeleme tekniklerini kullanan çalışmalardan biri, bir yol ağında kavşak noktalarının sayısının azaltılmasını hedefleyen, Mackaness ve Mackechnie (1999)’in genelleştirme çalışmasıdır. Bu çalışmada, kavşak noktalarının sayısında yapılan azaltma, çizge prensibi ve mekansal kümeleme tekniği kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.12, çalışmada kullanılan örnek yol ağını göstermektedir.



Şekil 3.12 Kavşaklar ve çıkmaz yollar (Mackaness ve Mackechnie, 1999)

Bu yol ağına ait kavşak noktaları, ilk olarak, genelleştirme işlemi öncesi hiyerarşik kümeler çizgesi (*'dendogram'*) ile kümelenmekte (Şekil 3.13a) ve yol ağının bir çizgesi oluşturulmaktadır (Şekil 3.13b).

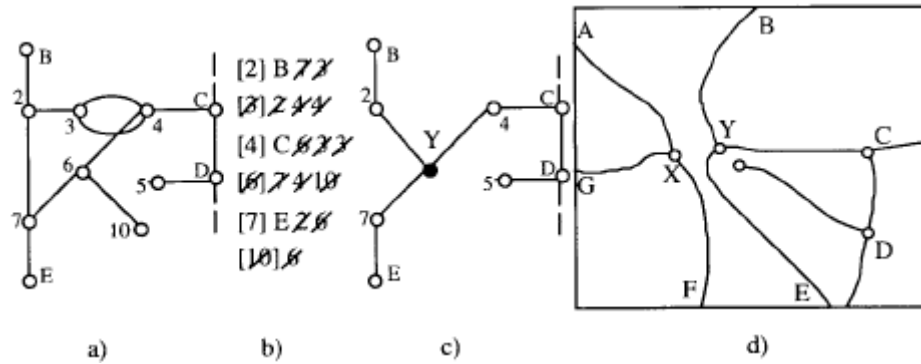


Şekil 3.13 (a) Kümeler ve (b) yol ağı çizgesi (Mackaness ve Mackechnie, 1999)

Hiyerarşik kümeler çizgesinin oluşturulabilmesi için en yakın kavşak noktaları ikili olarak gruplandırılmakta ve her bir grubun ağırlık merkezi belirlenmektedir. Daha sonra yakın

ağırlık merkezlerine göre ikili gruplandırmaya devam edilmekte ve yeni grupların ağırlık merkezleri belirlenmektedir. Bu işlem tüm kavşak noktaları tek bir grup içinde toplanana kadar devam etmektedir.

Şekil 3.13b’de verilen çizge, Şekil 3.13a’da verilen hiyerarşik kümeler çizgesine göre iki kümeden oluşmaktadır. Buna göre, birinci küme içine 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 numaralı kavşaklar; ikinci kümeye ise C ve D kavşakları girmektedir. Birinci küme incelendiğinde, bu kümeye giren tüm kavşakların birbirlerine bağlı olmadıkları görülmektedir. Bu nedenle, bu küme tekrar iki kümeye ayrılmaktadır. Bu iki kümeden birincisi 1, 8 ve 9; ikincisi ise 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 10 numaralı kavşakları içermektedir (Şekil 3.14a).



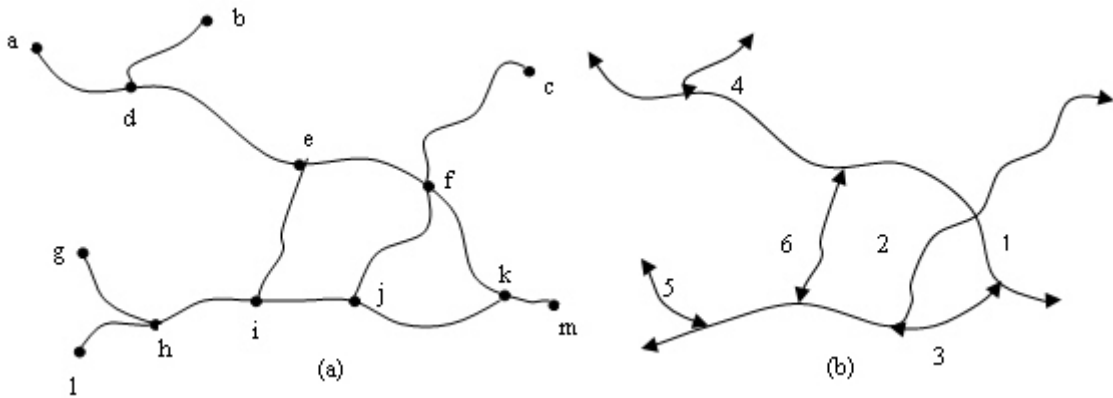
Şekil 3.14 (a) – (c) Çizge üzerinden yapılan kavşak genelleştirmesi ve (d) sonuç harita (Mackaness ve Mackechnie, 1999)

Her iki küme aşağıdaki gibi ayrı ayrı ele alınmaktadır. Birinci küme içine giren kavşaklar için bağlantılar: (1) A, 8, 9; (8) G, 9, 1; (9) F, 8, 1’dir. Bu küme içinde tekrarlayan 1, 8 ve 9 kavşakları kaldırılarak bunların yerine, kaldırılan kavşakların koordinatlarının aritmetik ortalaması olan X kavşağı yerleştirilmektedir (Şekil 3.14d). İkinci küme içine giren kavşaklara ait bağlantılar Şekil 3.14b’de bir liste ile gösterilmektedir. Bu küme içine giren 5 numaralı kavşağın kümedeki diğer kavşaklarla herhangi bir bağlantısı olmadığından, küme dışına çıkarılarak koruma altına alınmaktadır. Liste incelendiğinde, B, C ve E kavşaklarının listede sadece bir kez yer aldığı görülmektedir. Buna karşın, 2, 3, 4, 6 ve 7 kavşakları birçok kez tekrarladığı için önemsiz sayılmaktadır. 10 numaralı kavşaksa bir çıkmaz yolu gösterdiği için önemsiz sayılarak silinmektedir. Buna göre, B, C ve E noktalarına bağlanan, 2, 4 ve 7 kavşaklarının koordinatlarının aritmetik ortalaması tek bir Y kavşağı olarak adlandırılmaktadır (Şekil 14c ve 14d).

3.2.2.3 Yol dokuları ve seçme/eleme

Birçok yol ağı genelleştirme çalışmasında semantik (örneğin; yol sınıfı, şerit sayısı, trafik akış yönü vb.), geometrik (örneğin; yol uzunluğu, yol genişliği vb.) ve topolojik veriler (örneğin; bağlılık vb.) bir arada kullanılmaktadır (Mackaness ve Beard, 1993; Mackaness, 1995; Thomson ve Richardson, 1995; Richardson ve Thomson, 1996; Morisset ve Ruas, 1997; Mackaness ve Mackechnie, 1999; Li ve Choi, 2002; Jiang, 2004; Jiang ve Claramunt, 2004a; Jiang ve Claramunt, 2004b; Jiang ve Harrie, 2004). Buna karşın, hiçbir semantik bilginin olmadığı durumlarda, seçme/eleme işlemi, iyi devamlılık (*'good continuation'*) prensibine göre gerçekleştirilebilir (Thomson ve Richardson, 1999; Doğru, 2009). İyi devamlılık prensibi, birbirini takip eden yollardan devamlılık gösteren hat (*'stroke'*) dokusu meydana getireceklerin seçilmesi prensibidir. Devamlılık gösteren hat olarak adlandırılan yol dokuları, birbirini izleyen ve keskin yön değişimlerinin olmadığı yollardan oluşmaktadır. İyi devamlılık prensibi için çeşitli ölçütler kullanılabilir. Bunlardan en basiti, sapma açısına göre devamlılık gösteren hattın sürekliliğini sağlayacak parçalara karar verilmesidir (Thomson ve Brooks, 2007; Avcı, 2009).

Şekil 15a, devamlılık gösteren hatların bulunduğu, herhangi bir semantik bilgi içermeyen, basit bir yol ağını göstermektedir. Bu yol ağı, 13 nokta ve 14 çizgiden (yol veya yol parçası) oluşan basit bir topolojik yapı oluşturmaktadır. Ağ üzerinde 1'den 6'ya kadar numaralandırılmış, uç noktaları oklar ile gösterilmiş, altı adet devamlılık gösteren hat bulunmaktadır (Şekil 15b). Kullanılan devamlılık gösteren hat numaraları herhangi bir özel değeri olmayan, rastlantısal numaralardır. Devamlılık gösteren hatlardan ikisi beş çizgiden, diğerleri ise tek çizgiden oluşmaktadır (Çizelge 3.2).



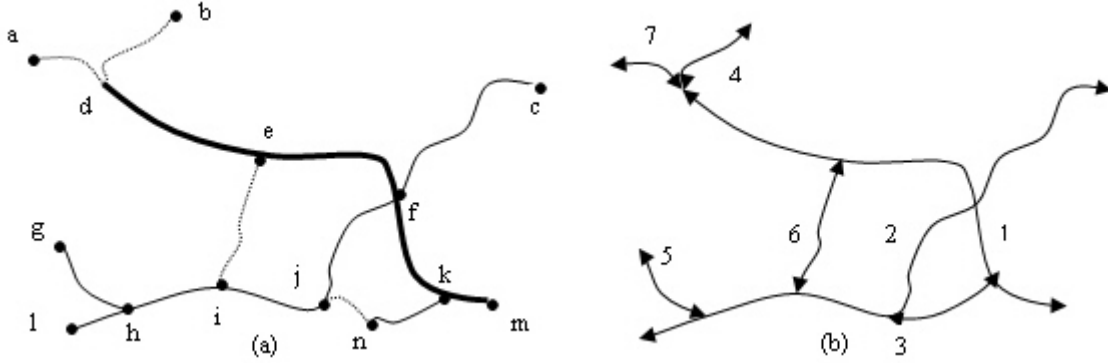
Şekil 3.15 Yol ağında bulunan (a) noktalar ve çizgiler ve (b) iyi devamlılık prensibine göre devamlılık gösteren hatlar (Thomson ve Richardson, 1999)

Çizelge 3.2 Şekil 3.15’de görünen devamlılık gösteren hatlar (Thomson ve Richardson, 1999)

Devamlılık gösteren hat	Başlangıç	Bitiş	Çizgi sayısı
1	a	m	5
2	c	l	5
3	j	k	1
4	b	d	1
5	g	h	1
6	e	i	1

Eğer yol parçalarına ilişkin uygun semantik veriler mevcutsa ve bu veriler yeterli seviyede hassasiyete sahipse, iyi devamlılık prensibiyle birlikte, semantik bilgilerin de kullanılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır (Thomson ve Brooks, 2007). Şekil 3.16a, yol kategorisi semantik bilgisinin eklenmesiyle oluşturulan, Şekil 3.15a’daki yol ağının yeni durumunu göstermektedir.

Kategori 1: (a-d; b-d; e-i; j-n)
 Kategori 2: ——— (g-h; l-h; h-i; i-j; j-f; f-c; n-k)
 Kategori 3: ——— (d-e; e-f; f-k; k-m)



Şekil 3.16 (a) Yol kategorilerine göre ağırlıklandırılmış yollar ve (b) iyi devamlılık prensibiyle birlikte yol kategorilerine bağlı birleşme prensiplerine göre devamlılık gösteren hatlar (Thomson ve Richardson, 1999)

Şekil 3.16a’da görünen farklı kategorilerdeki yolların birleşme prensipleri aşağıda verilmektedir:

- Kategori 1 ve 2’ye ait yollar ile kategori 2 ve 3’e ait yollar birleşerek bir devamlılık gösteren hat oluşturabilir.
- Kategori 1 ve 3’e ait yollar birleşemez.

Yol kategorilerine göre yapılan ağırlıklandırma sonucu, *j* ve *k* noktaları arasına iki farklı kategorideki yolun birleşim noktası olan yeni bir *n* noktası eklenmiştir. Bu noktaya bağlanan

yollar, birleşme prensiplerine aykırı düşmemektedir (1 ve 2 yol kategorileri birleşebilir). Buna karşın, *d* noktasında olduğu gibi 1 ve 3 kategorisindeki yollar ikinci birleşme prensibine göre birleştirilemez. Bu durumda, devamlılık gösteren hat, yol kategorisi semantik bilgisinden dolayı bölünmek durumundadır. İyi süreklilik prensibiyle birlikte yol kategorilerine bağlı birleşme prensiplerine göre oluşan Şekil 16b'deki yeni devamlılık gösteren hatlara ait bilgiler Çizelge 3.3'de verilmektedir.

Çizelge 3.3 Şekil 3.16b'de görünen devamlılık gösteren hatlar (Thomson ve Richardson, 1999)

Devamlılık gösteren hat	Başlangıç	Bitiş	Yol parçası
1	d	m	4
2	c	l	5
3	j	k	2
4	b	d	1
5	g	h	1
6	e	i	1
7	a	d	1

Devamlılık gösteren hatların birleştirilmesinde kullanılan semantik bilgiler ve prensipler farklı şekillerde çeşitlendirilebilir. Çizelge 3.4, yol kategorisi semantik bilgisinin yanına yol uzunluk bilgileri eklendikten sonra oluşan devamlılık gösteren hat önem sırasını göstermektedir.

Çizelge 3.4 Uzunluk ve yol kategori bilgilerine göre devamlılık gösteren hat önem sırası (Thomson ve Richardson, 1999)

Devamlılık gösteren hat	Yol kategorisi	Uzunluk	Önem sırası
1	3	50	1
2	2	45	2
3	2	22	3
4	1	10	7
5	2	7	4
6	1	16	6
7	1	17	5

Devamlılık gösteren hatlar oluşturulurken dikkat edilmesi gereken husus, “*genelleştirme esnasında ağ yapısını bozacak kopmaların oluşmasına izin verilmemesi*”dir. Farklı kategorilerdeki yolların yukarıdaki prensiplere dayalı olarak bağlanması ağdaki kopmaları

minimize etmektedir (Thomson ve Richardson, 1999).

Kanada Uzaktan Algılama Merkezi'nde, GenSystem programı kullanılarak yapılan çalışmalarda, devamlılık gösteren hatlar ileri analizlerle ağdaki önem derecelerine göre sıralanmakta ve yollar bu sıraya göre elenerek genelleştirilmektedir. Çalışmada devamlılık gösteren hatlar;

- Farklı kaynaklardan elde edilmiş yolların, veri dönüşüm çizelgeleri yardımıyla ve öznitelikleri kullanılarak standart kategorilere göre yeniden sınıflandırılması,
- Birleştirilebilecek yolların gruplandırılması ve alternatifli olanlar için öncelik sıralaması yapılması ve
- Yol kategorileri için maksimum sapma açılarının belirlenmesi şeklinde toplam üç aşamada belirlenmektedir.

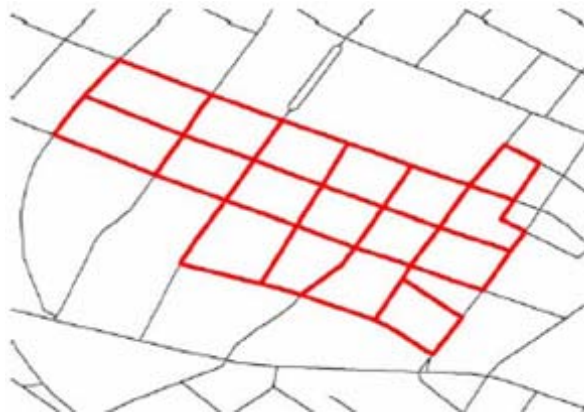
Yukarıda bahsedilen işlemler yerleşim içi ve yerleşim dışı alanlar için ayrı ayrı gerçekleştirilmektedir (Thomson ve Richardson, 1999).

Grid ('*grid-like*'), yıldız ('*star-like*') ve (3) halka şekilli ('*ring-shaped*') yollar, devamlılık gösteren hat dışında yol ağlarında rastlanan diğer önemli yol dokularıdır. Bunların dışında kalan dokular düzensiz dokular olarak adlandırılmaktadır (Zhang, 2004; Heinzle vd., 2005; Heinzle ve Anders, 2007).

Düzenli yol dokularının temel özellikleri aşağıda sıralanmaktadır:

Grid şekilli dokular (Şekil 3.17):

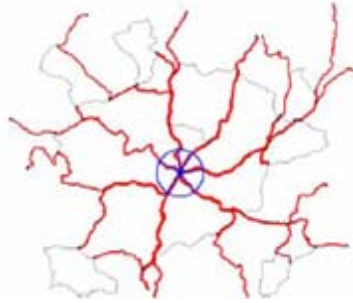
- Birbirine kabaca paralel iki yol kümesine sahiptir.
- Paralel yol kümeleri birbirini kabaca dik açı altında kesmektedir.



Şekil 3.17 Grid şekilli yol dokusu (Heinzle vd., 2005)

Yıldız şekilli dokular (Şekil 3.18):

- Bir merkeze yönelen yol çizgileri şeklindedir. Çok sayıda yolun kesiştiği merkez kavşak, diğer kavşaklara göre oransal olarak daha fazla bağlantıya sahiptir.
- Merkez kavşağı içine alan bir ya da daha fazla halka şekilli yol dokularına sahip olabilir.



Şekil 3.18 Yıldız şekilli yol dokusu (Heinzle vd., 2005)

Halka şekilli dokular (Şekil 3.19):

- Tam daire şeklinde olmasa bile, daire geometrisine yakın bir görünüme sahiptir.
- Yaklaşık dışbükey yollardan meydana gelir.



Şekil 3.19 Halka şekilli yol dokusu (Heinzle vd., 2005)

Genelleştirme aşamasında, grid şekilli yol dokularından birbirine paralel yollar arasında kalan küçük yollar, ölçeğe bağlı olarak iptal edilebilir. Buna karşın, genelleştirme sonunda gridin ayırt edilebilmesi, silme işlemi için bir ön koşul olmalıdır (Zhang, 2004).

Yıldız şekilli yol dokusunda yollar tek bir nokta yerine birden çok noktada birleşiyorsa, bu birleşim noktaları tek bir noktaya indirgenebilir. Ayrıca, yolların birleştiği noktaya yakın ve küçük bir halka şekilli doku varsa (ölçeğe bağlı olarak), yıldız şekilli dokunun bozulmaması için halka şekilli doku kaldırılabilir. Düzensiz yol dokuları ise yol bağlantı sayılarına göre ağırlıklandırılarak basitleştirilebilir (Zhang, 2004).

3.2.2.4 Adalara dayalı seçme/eleme

Adalara dayalı seçme/eleme yaklaşımı yerleşim bölgelerinde yolların oluşturduğu kapalı alanların, yani adaların incelenmesine dayanmaktadır (Peng ve Müler, 1996; Ruas, 1999; Edwards ve Mackaness, 2000). Bu yaklaşımda, yolların elenmesi, adaların birleştirilmesi işleminin doğal bir sonucu olarak gerçekleşmektedir. Bu yaklaşım, bu tez çalışmasının da temelini oluşturmaktadır (Bkz. Bölüm 4).

Adalara dayalı seçme/eleme yaklaşımı ilk olarak Peng ve Müler (1996) tarafından uygulanmıştır. Bu çalışmada birleştirilecek komşu adaların hangileri olacağı, adaları birbirinden ayıran yolların semantik özelliklerine bağlı olarak belirlenmektedir. Ada birleştirme işlemleri, çalışmada ortaya atılan aşağıdaki üç temel kurala uygun şekilde yapılmaktadır.

- Yol bağlantıları korunmalı ve bir yol çok sayıda bağlantısız parçaya ayrılmamalıdır.
- Bir ada komşularından biriyle birleşme ihtiyacı duyduğunda, birinci kural ihlal edilmeden, öncelikle komşularından en küçüğü ile birleştirilmesi denenmelidir.
- Yerleşim adaları kümesinin dış sınırı korunmalıdır.

Ruas (1999, s:163-170), birleştirilecek adaları, adaların büyüklüğüne ve her bir adadaki bina yoğunluğuna bağlı olarak belirlemektedir. Ağdaki önemli yolların kopmasına neden olacak yerlerde birleştirme yapılmamaktadır. Birleştirme sonucu oluşan yeni adanın şekil ve yoğunluk bakımından öncekilere benzer olması sağlanmaktadır (Regnauld ve McMaster, 2007).

Bu çalışmada kullanılan yoğunluk bilgisi simule edilen yoğunluk (*'simulated-density'*) olarak adlandırılan bir ölçüte göre belirlenmektedir. Bu ölçüt, yollar ve binalar tarafından kullanılan toplam alan ile harita işaretlerinin yerleştirileceği mevcut alan arasındaki orana bağlıdır (3.6). Hedef ölçekte her bir nesnenin kaplayacağı alan belirlenirken, minimum işaret büyüklükleri göz önüne alınmaktadır (Ruas, 1998).

$$D(S) = \sum (F(B_i) + F(R_j)) / F(S) \quad (3.6)$$

$D(S)$: Adanın simule edilen yoğunluk değeri

$F(S)$: Adanın alanı

$F(B_i)$: Binaların toplam alanı

$F(R_j)$: Yolların toplam alanı

Simule edilen yoğunluk bilgisinin deneysel olarak belirlenen %80 değerinden büyük olduğu adalar problemli kabul edilmektedir. Bu adaları oluşturan yollara, hedef haritadaki simule

edilen toplam yoğunluğu düşürmeyi amaçlayan seçme/eleme işlemi önemli yolları koruyacak şekilde uygulanmaktadır. Birleştirme işlemi yerleşim bölgesindeki en küçük alana sahip adanın komşularından biriyle birleştirilmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir. Birleştirilecek komşu adanın hangisi olacağı, bu adaların alan, yoğunluk ve kareye yakınlık değeri ('compactness') bilgilerinden çıkarılan değerlere göre belirlenmektedir (3.7). Kareye yakınlık değeri bilgisi 3.8 eşitliğinden elde edilmektedir (Ruas, 1999, s:100).

$$S_B(sit) = S_{\min} \left[(1, 1 - Com(sit, i)^2) \times (F(i) / F_{\max}) \times (1 + D_{\max} - D(i)) \right] \quad (3.7)$$

$S_B(sit)$: Ele alınan en küçük alanlı ada ile birleştirilecek komşu adanın birleştirilme değeri

$S_{\min}$: Yerleşim bölgesindeki en küçük alanlı ada

Com : Ele alınan en küçük alanlı ada ve bir komşu adanın oluşturacağı yeni adanın kareye yakınlık değeri

$F(i)$: Ele alınan en küçük alanlı adaya komşu adanın alanı

$F_{\max}$: Bölgedeki en büyük ada alanı

$D_{\max}$: Bölgedeki en büyük simule edilen yoğunluk değeri

$D(i)$: Ele alınan en küçük alanlı adaya komşu adanın simule edilen yoğunluk değeri

$$Com = 16 \times F / P^2 \quad (3.8)$$

F : Ada alanı

P : Ada çevre uzunluğu

Yol ağı genelleştirmesinde ada birleştirme işlemi kullanan bir diğer yaklaşım Edwards ve Mackaness (2002) tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışmada ada birleştirmenin yanında yol ağı karakteristiklerinin belirlenmesinde devamlılık gösteren hatlara dayalı analizlerden yararlanılmaktadır. Çalışmada ortaya atılan, önemsiz devamlılık gösteren hat parçalarının ada birleştirme işlemlerine dayalı olarak silinmesini öneren bu yaklaşım kullanılarak, yerleşim bölgelerinde yol ağı genelleştirmesi işlemi gerçekleştirilmektedir.

3.2.2.5 Ülkemizde yapılan seçme/eleme çalışmaları

Ülkemizde yol ağı genelleştirmesinde seçme/eleme konusunda doğrudan (Avcı, 2009) ve dolaylı (Bildirici, 2000; Başaraner, 2005; Doğru, 2009) çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Avcı (2009), kaynak olarak 1:25.000 ölçekli veri setlerini kullanarak 1:100.000 ölçekli haritalar için yol verilerini otomatik olarak seçmeyi amaçlamıştır. Çalışmada öncelikle hangi sınıflarda yer alan yolların bütünüyle korunacağı (seçme/eleme işlemine tabi tutulmayacağı) belirlenmektedir. Bunların dışındaki sınıflarda yer alan yollar, iyi devamlılık prensibine dayalı olarak, sapma açıları bakımından incelenmekte ve kullanıcı tarafından girilen eşik

değerlere göre yol hatları belirlenmektedir. Belirlenen hatlarda seçme/eleme işlemi; yerleşim dışı bölgeler için örümcek diyagramlar, yerleşim bölgeleri için ise uzunluk ve bağlantı sayıları ölçüt alınarak ve yine kullanıcı tarafından girilen eşik değerlerle karşılaştırılarak gerçekleştirilmektedir. Yerleşim bölgelerinde gerçekleştirilen uygulamalarda, sapma açıları için girilen eşik değer 15° 'dir. Aynı uygulamalarda uzunluk ölçütü için girilen eşik değerler; 300 m ve 500 m'dir. Bir hattı oluşturan yol parçaları için girilen eşik değerse 5 olarak alınmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde, hiçbir yola bağlantısı olmayan bağımsız birçok yol hattı bulunduğu, yani ağ yapısını bozacak kopmaların olduğu görülmektedir. Bu hatlar aynı zamanda yol dokularının kaybolmasına da neden olmaktadır.

Bildirici (2000) tarafından yapılan çalışmada, Hannover Üniversitesi tarafından geliştirilen *CHANGE* yazılımını kullanarak, 1:1.000 – 1:25.000 ölçek aralığında: (1) yol eksenlerinin türetilmesi, (2) eksenlerden ağ topolojisinin oluşturulması, (3) çizgi basitleştirme işlemleri, (4) yol işaretleştirme işlemleri ve (5) yol işaretleri arasındaki uyumsuzluklarının giderilmesi gibi genelleştirme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

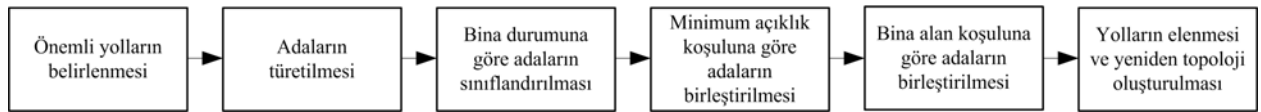
Başaraner (2005), 1:25.000–1:50.000 ölçek aralığında, nesne-yönelimli *LAMPS2* yazılımını kullanarak, bina ve yerleşim alanlarının otomatik genelleştirilmesi üzerine çalışmıştır. Çalışmada yol ağı genelleştirmesi için; bina genelleştirmesinden önce, hedef ölçekte yeterli büyüklüğe sahip olmayan yerleşim adalarını çevreleyen bazı yollar belirlenen uzunluk ölçütüne göre interaktif ve manuel olarak elenmiştir. Uzunluk ölçütü hedef ölçekte grafik çözünürlükler dikkate alınarak belirlenmektedir (Başaraner, 2005, s:116).

Doğru (2009), araç navigasyon haritalarında kullanıcı tarafından belirlenen güzergaha bağlı olarak gösterilecek (seçilecek) yolların belirlenmesi ve en uygun şekilde sunulması üzerine çalışmıştır. Seçilecek yollar, iyi devamlılık prensibine dayalı olarak, yolların sapma açılarına göre belirlenmektedir.

4. ADALARA DAYALI YENİ BİR SEÇME/ELEME YAKLAŞIMI

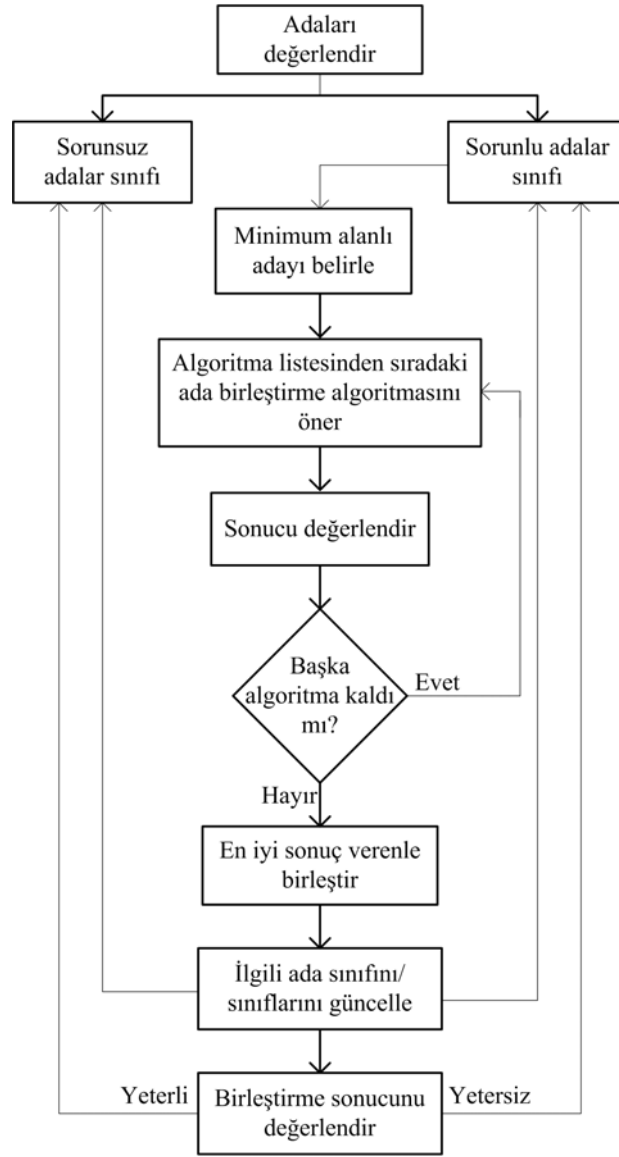
Bu yaklaşım, daha küçük ölçekte kartografik açıdan uygun bir gösterim için yol işaretlerinin abartılmasından kaynaklanan adalara ilişkin sorunların giderilmesine dayalı kartografik bir yaklaşımdır. Yerleşim bölgelerinde yol işareti abartıldığında hedef ölçekte adalara ilişkin; “*bir adanın ayırt edilemeyecek kadar küçülmesi*”, “*bir adanın içinde gösterilmesi gereken binaların gösterilemeyeceği kadar küçülmesi*” ve “*bir adanın tamamen ortadan kalkması*” olmak üzere üç temel sorun ortaya çıkabilir. Adalara ilişkin bu sorunların giderilmesi için birleştirme yoluyla ada alanları genişletilmektedir. Böylece birleşen adaların içinde kalan yollar elimine edilmiş ve daha sade bir yol ağı elde edilmiş olmaktadır. Görüldüğü gibi bu yaklaşımda yolların elenmesi, adaların birleştirilmesi işleminin doğal bir sonucudur.

Adalara dayalı yaklaşımlarda, birleştirme işlemi sonucu oluşan yeni adalara bağlı olarak elenecek yolların tespit edilmesi basit bir işlemdir. Ancak, birleştirilecek adaların belirlenmesi oldukça karmaşık bir problemdir. Bu aşamada, sadece dışarıdan verilecek bir eşik değere, sadece ada büyüklüklerine, sadece bina yoğunluklarına ya da sadece önemli yollara bağlı olarak yapılan bir birleştirmenin, yol dokularını korumada, hedef haritanın amacına hizmet etmede ve kullanıcı beklentilerini karşılamada yeterli olacağı söylenemez. İşlem adımları Şekil 4.1’de görünen bu yeni yaklaşımla; (1) uzun ve önemli yollar (ana yollar, bağlantı yolları vb.) korunarak, (2) ada bazında yerleşim alanını çevreleyen (adalar topluluğunun dış sınırlarını oluşturan) yollar korunarak ve (3) işaretleştirmeden kaynaklanan adalara ilişkin sorunlar giderilerek hedef haritanın amacına hizmet edecek ve kullanıcı beklentilerini karşılayacak ölçüde daha sade bir yol ağının elde edilmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 4.1 Yeni yaklaşıma göre adalara dayalı seçme/eleme işlem adımları

Bu amaçlar doğrultusunda öncelikle, ada birleştirme işlemlerinde silinemeyecek ada sınırlarını oluşturan önemli yolların belirlenmesi gerekmektedir (Bkz. Bölüm 4.1). Daha sonra, yerleşim bölgesindeki yollardan adalar türetilmekte, adalar bina olan ve olmayan adalar olarak sınıflandırılmakta ve etmen-yaşam döngüsünden esinlenilerek tasarlanan ada yaşam döngüsünde tüm birleştirme işlemleri gerçekleştirilmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Ada yaşam döngüsü

Yaşam döngüsünde tüm adalar ilk olarak değerlendirme aşamasında, bu çalışmada geliştirilen “*Minimum Açıklık*” (MA) koşuluna göre sorunlu ve sorunsuz adalar olarak iki ayrı sınıfta toplanmaktadır (Bkz. Bölüm 4.2.1). Daha sonra, sorunlu adalar sınıfında yer alan adalardan en küçük alana sahip olanı tespit edilmektedir. Bu ada, algoritma listesindeki ada birleştirme algoritmalarıyla sırayla işlenmekte (Bkz. Bölüm 4.2.2) ve her defasında sonuçlar değerlendirilmektedir. Birleştirme işlemi, en iyi sonucu veren komşu ada ile yapılmakta (Bkz. Bölüm 4.2.3) ve birleştirilen adalar ilgili ada sınıfından veya sınıflarından çıkarılarak sınıflar güncelleştirilmektedir. Birleştirme sonucu ortaya çıkan yeni ada ise MA koşuluna göre değerlendirildikten sonra ilgili ada sınıfına (sorunlu ya da sorunsuz adalar sınıfına) dahil edilmektedir. Bu döngü, sorunlu adalar sınıfında hiç ada kalmayıncaya kadar devam

etmektedir.

Bir sonraki aşamada, sorunsuz yeni adalar, “*Bina Alan*” koşuluna göre, yukarıdaki döngüde tekrar incelenmektedir (Bkz. Bölüm 4.3). Benzer biçimde yeni koşula göre sorunlu adalar sınıfında hiç ada kalmayınca kadar döngü tekrar etmektedir. Son aşamada, yeni oluşan adalar içine düşen yollar elenmekte ve geriye kalan (seçilen) yollarla yeniden topoloji oluşturulmaktadır.

4.1 Önemli Yolların Belirlenmesi

Yol ağlarında seçme/eleme üzerine yapılan çalışmalarda, uzun ve önemli yol hatlarının tespiti ve geliştirilecek yol ağında bu hatların korunması önemli bir hedeftir. Bir yol ağında en önemli yol hatları yerleşim merkezlerini birbirine bağlayan yollardan oluşmaktadır. Bu yollar genellikle veritabanlarında farklı sınıflarda tutulmaktadır. Şekil 4.3’de bir yerleşim merkezi görünmektedir. Bu merkezi diğer komşu yerleşim merkezlerine bağlayan yollar (kırmızı) farklı yol sınıfları içinde tutulduğundan, yerleşim içi yollardan kolaylıkla ayrılmaktadır.



Şekil 4.3 Bir yerleşim merkezindeki yol ağı

Veritabanlarında farklı sınıflarda tutulan ve yerleşim merkezlerini birbirlerine bağlayan yollardan başka, yerleşim içi yol sınıfında yer almasına karşın önemli yol hattı olarak değerlendirilebilecek diğer yolların da tespit edilerek korunması, yol ağı seçme/eleme çalışmalarında oldukça önemlidir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Önemli olarak değerlendirilen bir yerleşim içi yol

Önemli yerleşim içi yol hatları, semantik bilginin yetersiz olduğu durumlarda, iyi devamlılık prensibine göre sapma açıları kullanılarak çıkarılabilmektedir. Ancak, bu durumda birçok önemli hat parçalanabilir ya da tersi olarak sapma açılarına göre uygun geometriye sahip önemsiz bazı yollar önemli hatların parçaları olarak tespit edilebilir. Bu nedenle, semantik bilgidен yoksun geometrik bilginin, önemli yol hatlarını belirlemede yeterli olabileceği söylenemez. Bu bağlamda, bu çalışmada, Jiang ve Claramunt (2004a) tarafından geliştirilen yaklaşıma benzer biçimde, yerleşim içi yol sınıfında yer alan yolların, yol ağının oluşturduğu çizgeden çıkarılan bağıllık bakımından merkezlik değerine göre ağırlıklandırılması tercih edilmiştir. Buna göre, bağıllık bakımından merkezlik değeri bir eşik değerin üstünde kalan yolların önemli yol hatlarını oluşturduğu kabul edilmektedir.

Bağıllık bakımından merkezlik değerinin kullanıldığı ve diğer birçok yaklaşımda, kullanıcı tarafından girilen eşik değerin üstünde kalan yollar seçilirken, altında kalan yollar doğrudan elenmektedir (Jiang, 2004a; Avcı, 2009). Bu yolları eleme nin en önemli sakıncası, seçilen bir yolun devamı olan bir başka yolun ya da yolların elenmesi durumunda, seçilen yolun bir çıkmaz sokağa ya da bağlantısız bir yola dönüşmesidir. Bu çalışmada ise, bağıllık bakımından merkezlik değeri eşik değerden düşük olan yolların tamamı değil, sadece bir kısmı adalara dayalı olarak elenmekte ve dolayısı ile yol ağı yapısı korunmaktadır.

Bir yol ağında yolların bağıllık bakımından merkezlik değeri büyüdükçe, bu değere sahip yol sayısı genellikle azalmaktadır. Bu durum, merkezlik değerleri ile merkezlik değerine sahip yol sayıları arasında ters bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu düşünceden hareketle, bu tez çalışmasında önemli yolların belirlenmesi için kullanıcı tarafından girilecek eşik değeri, ağırlık olarak *“bağıllık bakımından aynı merkezlik değerine sahip yol sayılarının tersi alınarak, ağırlıklı ortalama hesabıyla”* belirlenmektedir (4.1).

$$t_c = \frac{\sum_{i=1}^n w_i^{-1} c_i}{\sum_{i=1}^n w_i^{-1}} \quad (4.1)$$

t_c : Eşik değeri

w_i : Bağlılık bakımından aynı merkezlik değerine sahip yol sayısı ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

c_i : Bağlılık bakımından merkezlik değeri ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

n : Bağlılık bakımından merkezlik değerleri sayısı

Bununla birlikte, önemli yolları belirleyen eşik değeri (kullanıcıya bir esneklik sağlaması için) kullanıcı tanımlı bir parametre olarak tanımlanmıştır. Yukarıdaki bağıntıyla hesaplanan değer, varsayılan değer olarak kullanıcıya sunulmaktadır. Kullanıcı isterse varsayılan değer yerine, bir çizelge şeklinde kendisine sunulan bilgilerden (yol ağında tespit edilen bağlılık bakımından merkezlik değerleri, aynı merkezlik değerine sahip yol sayıları ve her bir merkezlik değeri için maksimum ve minimum yol uzunluk değerleri) yararlanarak özgün değerini belirleyebilmektedir. Ayrıca, eşik değerin belirlenmesinde kullanılan bilgiler; şerit sayısı, yol genişlikleri vb. semantik bilgileri kapsayacak şekilde geliştirilebilir.

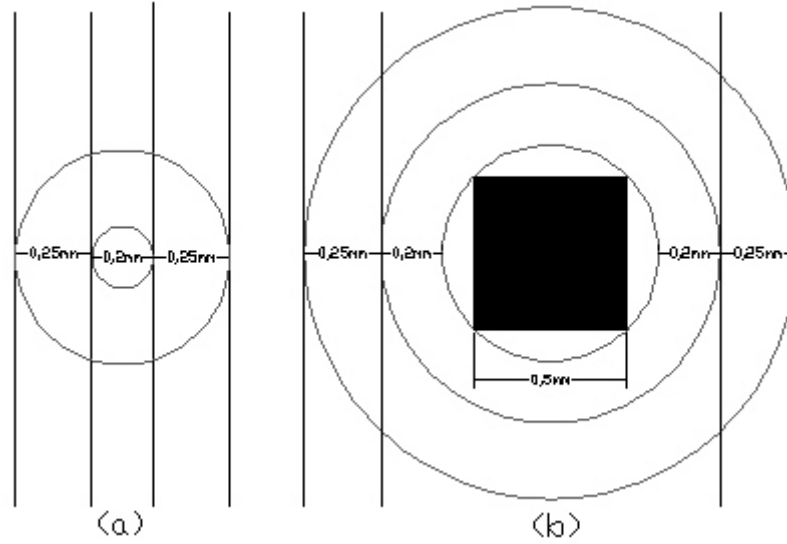
4.2 Minimum Açıklık Koşuluna Göre Adaların Birleştirilmesi

4.2.1 Minimum açıklık koşuluna göre adaların sınıflandırılması

Adalar MA koşuluna göre sorunlu ve sorunsuz olarak iki sınıfta toplanmaktadır. İçinde bina bulunmayan adalar için MA koşulu, adaların hedef ölçekte ayırt edilebilecek kadar açıklığa (minimum alansal büyüklüğe) sahip olmasıdır. Böylece, en küçük alan obje büyüklüğünden küçük ve yol işaretleri ile tamamen kaplanmış adaların ortaya çıkması engellenmektedir. İçinde bina bulunan adalar için MA koşulu ise adaların hedef ölçekte en az bir bina işaretinin yerleştirilebileceği ve bu işaretin ayırt edilebileceği kadar bir açıklığa sahip olmasıdır. Böylece, hedef ölçekte bir bina işaretinin yerleştirilemeyeceği şekilde ince uzun adaların ortaya çıkması engellenmektedir.

MA koşuluna göre bir adanın sorunlu ya da sorunsuz mu olduğunun analizinin yapılabilmesi için yarıçapları ada içinde bina bulunup bulunmamasına bağlı olarak hesaplanan iki farklı daire (MA daireleri) kullanılmaktadır. İçinde bina bulunmayan adalar için MA dairesinin yarıçapı (r_1), hedef ölçekte yolun işaret büyüklüğü ve işaretler arasındaki minimum mesafe dikkate alınarak; içinde bina bulunan adalar için MA dairesinin yarıçapı ise (r_2) minimum bina işaret boyutu, bina-yol işaret mesafesi ve yol işaret genişlik değerleri dikkate alınarak

hesaplanmaktadır. Aynı grafik çözünürlük bilgileri Başaraner (2005, s:116) tarafından yolların manuel elenmesi için gerekli uzunluk ölçütünün hesaplanmasında kullanılmıştır. Şekil 4.5a ve b'de bu tez çalışmasında r_1 ve r_2 yarıçaplarının nasıl hesaplandığı görünmektedir.



Şekil 4.5 Bina (a) bulunmayan ve (b) bulunan adalarda minimum açıklık değerlerinin sağlanması için kullanılan minimum büyüklükler

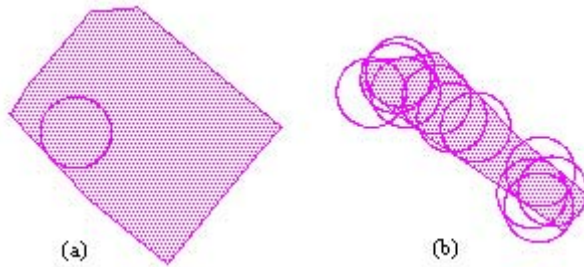
İçinde bina bulunmayan ada için minimum alansal büyüklük, 0,1 mm yarıçaplı bir daire ile tanımlanmaktadır. Yol işaretleri de dikkate alındığında, yol eksenlerinin en az $0,1 + 0,25$ mm yarıçaplı dairenin dışında kalması gerekmektedir. Bu daire r_1 yarıçaplı MA dairesidir (Şekil 4.5a). İçinde bina bulunan adalarda binanın ada içine yerleştirileceği doğrultu bilinmediğinden ya da başka bir deyişle yol ağı genelleştirmesi aşamasında binanın paralel olarak yerleştirileceği uygun yolun hangisi ve geometrisinin nasıl olacağı belirsiz olduğundan, bina ve yol işaretlerinin örtüşmemesi için ilk olarak bina işaretinin çevrel çemberi çizilmektedir. Çevrel çemberin yarıçapı, minimum bina işaretinin bir kenarının 0,5 mm olduğu varsayıldığında (Başaraner, 2005, s:111) $0,5/\sqrt{2}$ mm'dir. Ada içinde en küçük açıklığın sağlanabilmesi için bina işareti çevrel çemberinden dışa doğru iki tampon bölge belirlenmektedir. Birinci tampon bölge, -bina işareti ile yol işaretinin birbirinden ayırt edilebilmesi için- dışa doğru 0,2 mm uzaklıkta çizilen $0,5/\sqrt{2} + 0,2$ mm yarıçaplı eş merkezli daire ile belirlenmektedir. r_2 yarıçaplı MA dairesini gösteren ikinci tampon bölgeyse, -birinci tampon bölgenin sınırından itibaren yol eksenine kadar olan bölgeyi tanımlamak için- birinci tampon bölgenin 0,25 mm (yerleşim içi yol işaret genişliği olan 0,5 mm'nin yarısı) uzağından

geçen $0,5/\sqrt{2} + 0,2 + 0,25$ mm yarıçaplı eş merkezli daire ile belirlenmektedir (Şekil 4.5b). Çizelge 4.1’de, 1:50.000 ve 1:100.000 ölçekleri için MA dairelerinin yarıçap karşılıkları verilmektedir.

Çizelge 4.1 MA yarıçaplarının ölçekli karşılıkları

MA daireleri [m]	Ölçek	
	1:50.000	1:100.000
r_1	17,5	35
r_2	40	80

MA dairelerinin yarıçapları belirlendikten sonra, adaların sorunlu olup olmadığının analizi için bu dairelerin her bir ada içine yerleştirilmesine geçilmektedir. Bir ada için dairelerin yerleştirilmesi, her bir ada kenarının (bir yol ya da yol parçasını meydana getiren doğru parçalarından her birinin) orta noktasına teğet ve ada içine düşecek şekilde yapılmaktadır. Yerleştirilen MA dairelerinden en az biri -teğet noktası haricinde- ada kenarlarının hiçbirisiyle kesişmiyorsa, MA koşulu sağlanmış olur (Şekil 4.6a). Bu durumda koşulu sağlayan ada, sorunsuz adalar sınıfına dahil edilmektedir. Bir adanın kenarlarının orta noktalarına teğet olacak şekilde yerleştirilen MA dairelerinin tümünün bu ada kenarlarından en az biriyle kesişmesi durumunda ise MA koşulu sağlanamamış olur. Bu durumda, koşulu sağlayamayan ada sorunlu adalar sınıfına dahil edilmektedir (Şekil 4.6b).



Şekil 4.6 MA koşulunu (a) sağlayan ve (b) sağlayamayan ada

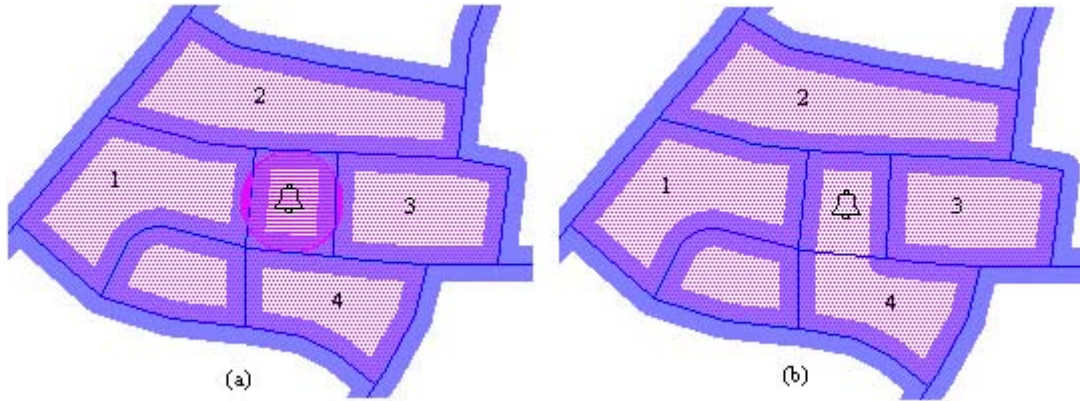
4.2.2 Birleştirme Algoritmaları

Sorunlu adalar sınıfındaki bir ada, komşu adalarından biri ile birleşme ihtiyacı hissetmektedir. Bu bağlamda, bu tez kapsamında sorunlu adalar sınıfındaki en küçük alanlı sorunlu adanın (test edilen ada) birleşeceği komşu adanın belirlenebilmesi için “*Minimum alanlı komşu*” ve “*Düşük ağırlıklı sınır*” algoritmaları geliştirilmiştir. Bu algoritmalar birleştirme için alternatif

öneriler sunabilmektedir. Buna karşın, *minimum alanlı komşu* ve *düşük ağırlıklı sınır* algoritmaları test edilen sorunlu adanın yalnızca “*ortak sınırları önemli yol olmayan*” bir komşu ada ile birleştirilmesini önermektedir. Böylece, önemli yolların sınır olduğu ada kenarları korunarak, önemli yolların seçilmesi ya da diğer bir deyişle elenmemesi sağlanmaktadır. Tüm ortak sınırların birer önemli yol olması durumunda ise algoritmalar herhangi bir öneride bulunmamaktadır. Böylesi bir durumda yol ağının açıklığı, seçme-eleme işlemiyle değil, öteleme işlemiyle sağlanabilir (Bkz. Bölüm 3.2.1).

4.2.2.1 Minimum alanlı komşu algoritması

Bu algoritma, test edilen sorunlu adayı en küçük alan değerine sahip komşu ada ile birleştirmektedir. Şekil 4.7a’da görünen test edilen sorunlu adaya komşu olan adaların alanları Çizelge 4.2’de verilmektedir. Buna göre, *minimum alanlı komşu* algoritması işletildiğinde, test edilen sorunlu ada, komşu adalar arasında en küçük alanlı ada olan dört numaralı ada ile birleşmektedir (Şekil 4.7b).



Şekil 4.7 Minimum alanlı komşu algoritması ile birleştirme (a) öncesi ve (b) sonrası durum

Çizelge 4.2 Test edilen sorunlu adaya komşu adaların alanları

Ada numarası	Alan [m ²]
1	11.265
2	14.131
3	8.440
4	7.538

4.2.2.2 Düşük ağırlıklı sınır algoritması

Uzun bir yol kısa bir yoldan daha önemlidir ve bu yolun korunma önceliği olmalıdır. Bu düşünceden hareketle, *düşük ağırlıklı sınır* algoritması uzun bir yola ait yol parçası yerine,

kısa bir yola ait yol parçasının elenmesini sağlamaktadır. Bu sayede, uzun yolun parçalara ayrılmasını önlemektedir.

Algoritma birleştirme işlemi için ilk olarak test edilen sorunlu adanın komşuları ile ortak sınırlarının hangi yollardan meydana geldiğini incelemektedir. Böylece, yol uzunluklarını dikkate alarak yolları ağırlıklandırmakta, yani yolların önem sıralarını belirlemektedir. Daha sonra, birleştirme işlemleri önem sırası en düşük olan ortak sınır kaldırılarak gerçekleştirilmektedir. Ortak sınırlar bakımından üç durum söz konusudur:

1. *Durum:* Her bir ortak sınır; (1) farklı bir yol olabilir, (2) farklı bir yolun bir parçası olabilir ya da (3) farklı bir yolun birden çok parçasından meydana gelebilir.

2. *Durum:* Bir ortak sınır; (1) birden çok yoldan ya da (2) birden çok yola ait yol parçalarından meydana gelebilir.

3. *Durum:* Bir yol, sorunlu adanın birden çok sınırını oluşturabilir.

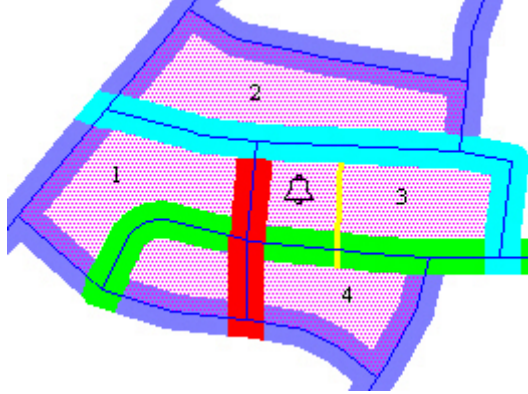
Sorunlu adanın her bir ortak sınırının önem ölçütü, birinci durumda, ilgili yolun uzunluğu; ikinci durumda, sınırı meydana getiren tüm yolların ya da yol parçalarının ait olduğu yolların uzunluklarının toplamı şeklinde hesaplanmaktadır. Birleştirme işlemi, önem ölçüt değeri en küçük olan sınırın ortak sınır olduğu komşu ada ile sorunlu ada arasında gerçekleştirilmektedir.

Üçüncü durumda, sorunlu adanın birden çok sınırını oluşturan bir yolun uzunluğu, adanın diğer sınırları için hesaplanan uzunluk değerlerinden daha kısa ise en küçük önem ölçüt değerine sahip birden çok sınır var demektir. Bu, sorunlu adanın birleştirilebileceği birden çok komşu adanın mevcut olması anlamına gelmektedir. Bu durumda, sorunlu adanın hangi komşu ada ile birleştirileceğine sadece önem ölçüt değerlerine bakılarak karar verilemeyeceğinden ikinci bir ölçüt gerekmektedir. Bu ölçüt, bu sınırları paylaşan (aynı uzunluk değerini veren) komşu adalarla birleştirme durumunda ortaya çıkacak yeni adaların daireye yakınlık (*'compactness'*) değerleridir. Buna göre, daha büyük daireye yakınlık değerini veren komşu ada birleştirilecek ada olarak seçilmektedir. Daireye yakınlık değerlerinin nasıl belirleneceği Bölüm 4.2.3'de açıklanmaktadır.

Çizelge 4.3'de test edilen bir sorunlu adanın sınırlarının önem ölçüt değerleri (dört farklı yolun uzunlukları) verilmektedir. Bu durumda, *düşük ağırlıklı sınır* algoritması test edilen sorunlu aday, en kısa yola (C sokak) ait yol parçasının ortak sınır olduğu üç numaralı komşu ada ile birleştirmektedir (Şekil 4.8).

Çizelge 4.3 Test edilen sorunlu adanın sınırlarının önem ölçüt değerleri

Yol adı	Önem ölçütü [m]
A sokak (kırmızı)	123
B sokak (mavi)	283
C sokak (ince sarı)	71
D sokak (yeşil)	496



Şekil 4.8 Düşük ağırlıklı sınır algoritması ile birleştirme sonrası durum

4.2.3 En uygun algoritmanın belirlenmesi

Bir algoritmanın önerisi üç aşamada değerlendirilmektedir. Birinci aşamada, öneri doğrultusunda birleştirme yapılması durumunda, oluşacak yeni adaya bir MA dairesi yerleştirilerek sonucun kabul edilip edilemeyeceği (yeni adanın sorunlu olup olmayacağı) araştırılmaktadır. İkinci aşamada, yine bir MA dairesi yardımıyla, önerilen komşu adanın sorunlu ada olup olmadığı araştırılmaktadır. Üçüncü aşamada, birleştirme yapılması durumunda oluşacak yeni ada için 4.2 eşitliğine göre daireye yakınlık değeri hesaplanmaktadır (Selkirk, 1982). Bu eşitliğe göre daireye yakınlık değeri, bir daire için en yüksek değer olan 1; ince uzun şekiller için ise yaklaşık 0'dır.

$$Com = 4 \times \pi \times F / P^2 \quad (4.2)$$

Com : Daireye yakınlık değeri

P : Çevre uzunluğu

F : Alan

Bir birleştirme algoritmasının uygulanmasından önce, her bir algoritma için yapılan araştırma sonunda MA koşuluna göre Çizelge 4.4'de görülen üç durumdan biri ile karşılaşilmektedir.

Çizelge 4.4 Bir algoritmanın MA koşuluna göre ortaya koyabileceği durumlar

Durum	Yeni ada	Seçilen komşu ada
1	Sorunsuz	Sorunlu
2	Sorunsuz	Sorunsuz
3	Sorunlu	İncelenmez

1. *Durum:* Bu durum “iki sorunlu adanın birleştirilmesi ve ortaya çıkan yeni adanın da sorunsuz olması” olarak ifade edilen en ideal durumdur. Bu durumu tek bir algoritma veriyorsa, birleştirme işlemi, birleştirilen adaların daireye yakınlık değerleri dikkate alınmadan, bu algoritmaya göre yapılmaktadır (Çizelge 4.5). Birden çok algoritma ideal durumu veriyorsa, daireye yakınlık değeri en yüksek olan algoritmaya göre birleştirme yapılmaktadır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5 Farklı durumları gösteren algoritmalar

	Yeni ada	Seçilen komşu ada	Yeni adanın daireye yakınlığı
<i>Minimum alanlı komşu</i>	Sorunsuz	İncelenmez	Hesaplanmaz
<i>Düşük ağırlıklı sınır</i>	Sorunlu	İncelenmez	Hesaplanmaz

Çizelge 4.6 Birinci durumu gösteren algoritmalar

	Yeni ada	Seçilen komşu ada	Yeni adanın daireye yakınlığı
<i>Minimum alanlı komşu</i>	Sorunsuz	Sorunlu	0,6
<i>Düşük ağırlıklı sınır</i>	Sorunsuz	Sorunlu	0,9

2. *Durum:* Algoritmalar uygulandığında birleştirilen yeni adalar sorunsuz olduğu halde, test edilen sorunlu ada ile birleştirilen komşu adalar her zaman sorunlu olmayabilir. Bu durumda, sadece bir algoritma bir sorunsuz ada üretiyorsa, birleştirme işlemi bu algoritmaya göre yapılmaktadır. Birden çok algoritmanın ikinci durumu ortaya çıkartması halinde, daireye yakınlık değeri en yüksek ada ile birleştirme yapılmaktadır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 İkinci durumu gösteren algoritmalar

	Yeni ada	Seçilen komşu ada	Yeni adanın daireye yakınlığı
<i>Minimum alanlı komşu</i>	Sorunsuz	Sorunsuz	0,8
<i>Düşük ağırlıklı sınır</i>	Sorunsuz	Sorunsuz	0,5

3. *Durum*: İki algoritma uygulandığında da sonuçlar sorunlu çıkabilir. Bu durumda, komşu adanın sorunlu olup olmadığına bakılmaksızın, test edilen sorunlu ada daireye yakınlık değeri en büyük olan komşu ada ile birleştirilmektedir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Üçüncü durumu gösteren algoritmalar

	Yeni ada	Seçilen komşu ada	Yeni adanın daireye yakınlığı
<i>Minimum alanlı komşu</i>	Sorunlu	İncelenmez	0,7
<i>Düşük ağırlıklı sınır</i>	Sorunlu	İncelenmez	0,5

Değerlendirme sonucuna göre, yeni ada sorunsuzsa sorunsuz adalar sınıfına, sorunlu ise sorunlu adalar sınıfına eklenmektedir. Ayrıca, bu yeni adayı oluşturan iki ada, ilgili sınıflardan çıkarılmaktadır.

4.3 Bina Alan Koşuluna Göre Adaların Birleştirilmesi

Bu aşamaya gelindiğinde, içinde bina bulunan her ada için hedef ölçekte en az bir binanın rahatlıkla yerleştirilebileceği açıklık sağlanmış olmaktadır. Buna karşın, bir ada içindeki bina yoğunluğu düşünüldüğünde, bu açıklık hedef ölçekte gerekli sayıda binanın gösterilmesi için yeterli olmayabilir. Hedef ölçekte bina yoğunluğunun gösterilebileceği ada açıklığının sağlanabilmesi için geline aşamadaki adalarda, kaynak ölçekte yer alan bina sayıları belirlenmektedir. Daha sonra, bu sayıya göre *Seçme Kuralı* eşitliğinden (2.1) hedef ölçekte her bir adada ne kadar sayıda bina gösterileceği hesaplanmakta ve her bir adanın hesaplanan sayıda bina işaretini yerleştirmek için gerekli alana sahip olup olmadığı araştırılmaktadır. Bir ada gerekli alana sahip değilse, gerekli alana sahip oluncaya kadar *minimum alanlı komşu* veya *düşük ağırlıklı sınır* algoritmaları yardımıyla komşu adaları ile birleştirilmektedir. Böylece, yol ağı genelleştirmesinden sonra yapılacak bina genelleştirmesi için gerekli ada alanları büyük ölçüde sağlanmış olacaktır. Bunun bir sonucu olarak, bina genelleştirmesi sırasında tekrar yol ağı seçme/eleme işlemine ihtiyaç duyulmayacaktır.

Orta ölçekli topografik haritalarda kendi orijinal boyutlarında gösterilemeyecek kadar küçük olan binalar belli büyüklükteki bina işaretleri ile gösterilmektedir. Ülkeden ülkeye farklılık gösteren tek bina işaret büyüklüğü ülkemizde 0,7 mm'dir. Buna karşın, yeni yapılacak haritalarda kullanılacak işaretler için bu değer 0,5 mm olacağı ifade edilmektedir (Başaraner, 2005, s:110).

Bina alan koşuluna göre sorunlu adaların birleştirilmesi için kullanılan iki algoritmadan en uygun olanın belirlenmesi MA koşulunda olduğu gibi üç aşamada gerçekleşmektedir. Bu durumda yine, Çizelge 4.4’de görülen üç durumdan biri meydana gelmektedir. Burada en ideal durum MA koşulundan farklı olarak, “*test edilen sorunlu adanın sorunsuz bir ada ile birleştirilmesi ve ortaya çıkan yeni adanın sorunsuz olması*” durumudur. İki sorunlu adanın birleştirilmesi yerine bu durumun tercih edilmesinin nedeni, alansal olarak sorunlu bir adanın sorunlu bir başka ada ile birleştirilmesi durumunda birleştirilen yeni adaya sadece bu iki ada

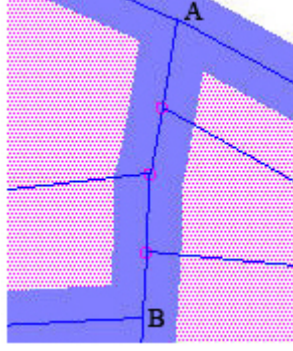
arasında kalan yolun kapladığı alanın kazandırılacak olmasıdır. Sorunlu bir ada sorunsuz bir adayla birleştiğinde ise birleştirilen yeni ada, iki ada arasında kalan yolun kapladığı alanın yanında sorunsuz adanın fazla olan alanını da kazanmaktadır. Böylece birleştirme işlemiyle daha az sayıda yol elenerek, adalara daha çok alan kazandırılmaktadır. Bu durumu tek bir algoritma sağlıyorsa, birleştirme işlemi birleştirilen adaların daireye yakınlık değerleri dikkate alınmadan, ideal durumu veren algoritmaya göre yapılmaktadır. Her iki algoritmanın da ideal durumu sağlaması durumunda, daireye yakınlık değeri yüksek olan algoritmaya göre birleştirme yapılmaktadır.

İkinci durum, iki sorunlu adanın birleştirilmesi ve sorunsuz bir ada oluşması durumudur. Bu durumda, iki sorunlu adanın birleştirilmesinden oluşan yeni adaya eklenecek alan sadece adalar arasında kalan yol işaretinin kapladığı alandır. Birleştirilen yeni adaya eklenen bu alan genellikle yeni adanın sorunsuz hale dönüşmesi için yeterli olmaz.

Üçüncü ve son durum, iki sorunlu adanın birleştirilmesi ve birleştirme sonucunda yine sorunlu bir adanın meydana gelmesidir. Her iki algoritma da bu durumu ortaya çıkarıyorsa birleştirme işlemi daireye yakınlık değeri yüksek olan algoritmaya göre yapılmaktadır.

4.4 Yolların Elenmesi ve Yeniden Topoloji Oluşturulması

Birleştirme işlemleri tamamlandıktan sonra, oluşan yeni adalar içine düşen tüm yol parçaları elenmektedir. Ancak bu durum, yol ağı topolojisini bozmaktadır. Bu aşamada yeniden topoloji oluşturmak için öncelikle elenen her yol parçasının uç noktalarına bağlı diğer yol parçaları incelenmektedir. Eğer elenen yol parçasının bir uç noktası, başka bir yolun iki parçasının da ortak uç noktası ise bu nokta artık bir kavşak noktası değildir. Bu nedenle, bu iki yol parçası birleştirilerek tek bir yol parçasına dönüştürülmektedir. Eğer elenen yol parçasının bir uç noktası farklı yolların ortak uç noktası ise birleştirme yapılmamaktadır. Şekil 4.10'da görünen yollardan adalar içine düşen üç yol parçası elendiğinde, A ve B arasındaki yol dört parçalı hale gelmektedir. Elenen yol parçalarının uç noktaları aynı zamanda A-B yolunun parçalarının da birer uç noktası olduğundan, parçalar birleştirilerek tek bir yol parçasına dönüştürülmektedir.



Şekil 4.10 Yeniden topoloji oluşturulması için A-B yolunun birleştirilen parçaları

5. UYGULAMA

Bu bölümde ilk olarak, 1:25.000 ölçekli topografik haritalardaki yol ağları hakkında genel bilgiler verilmekte ve uygulamada kullanılan yol ağı tanıtılmaktadır. Daha sonra, uygulamanın gerçekleştirildiği *Radius Clarity* yazılımı ve yol ağının bu yazılımın kullandığı *Gothic NYVT* içinde modellenmesinden bahsedilmektedir. Daha sonra, bu çalışma kapsamında geliştirilen ve Bölüm 4’de anlatılan yeni seçme/eleme yaklaşımına göre, 1:25.000 ölçeğinden 1:50.000 ve 1:100.000 ölçekleri için yeni yol ağları *Radius Clarity*’e eklenen *KartoGenYol* menüsü kullanılarak türetilmektedir. Son olarak, sonuçlar manuel seçme/eleme sonuçlarıyla karşılaştırılmakta ve nicel bilgiler çizelgeler halinde değerlendirme amaçlı sunulmaktadır.

5.1 Temel Harita ve Veritabanı

Yollar, orta ölçekli temel topografik haritalarda, farklı yol türleri için farklı genişliklerde ve renklerde çizgisel harita işaretleriyle gösterilmektedir. Ülkemizde 1:25.000, 1:50.000 ve 1:100.000 ölçekli topografik haritalarda kullanılan yol işaret genişlikleri ve renkleri Detay Tanımlama ve Özel İşaret Yönergesi (DTÖİY)’ne göre belirlenmektedir (Başaraner, 2005, s:93). Bu yönerge, “*Sayısal Coğrafi Bilgi Çalışma Grubu*” (*Digital Geographic Information Working Group – DGIWG*) tarafından hazırlanmış olan “*Sayısal Coğrafi Bilgi Değişim Standardı - Detay Öznitelik Kodlama Kataloğu*” (*Digital Geographic Information Exchange Standard - Feature Attribute Coding Catalogue – DIGEST FACC*)’na uygundur [5]. DTÖİY’nde yer alan karayolu türleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Ulusal topografik DTÖİY’nde yer alan karayolu nesneleri (Başaraner, 2005, s:97)

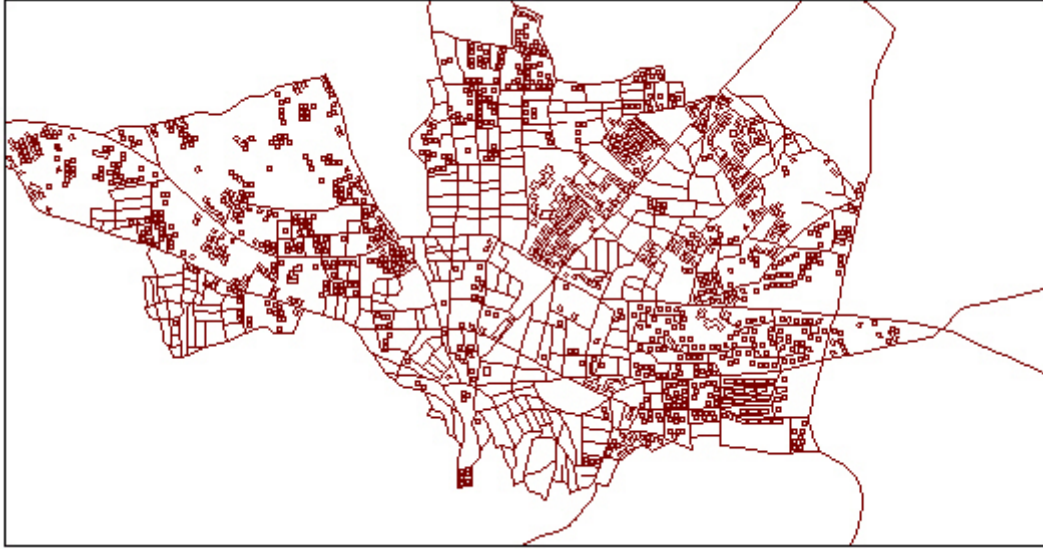
Sıra	Nene adı	Kod	Tip	Sınıf	İşaret	No
275	KARAYOLU (YAPILMAKTA)	AP03010	L	TRA	350	276
276	KARAYOLU ALAN SEKLİNDE	AP02006	A	TRA	614	282
277	KARAYOLU BOLUNMUS/AYRILMIS	AP03001	L	TRA	340	268
278	KARAYOLU BOLUNMUS/AYRILMIS	AP03002	L	TRA	344	269
279	KARAYOLU DAY	AP01001	L	TRA	346	278
280	KARAYOLU G1	AP03006	L	TRA	345	273
281	KARAYOLU G2	AP03007	L	TRA	337	274
282	KARAYOLU G3	AP03008	L	TRA	338	275
283	KARAYOLU GOBEK ALANI	AP02002	A	TRA	591	284
284	KARAYOLU KAVSAK AYRIM ALANI	AP02004	A	TRA	591	283
285	KARAYOLU OTOYOL	AP03014	L	TRA	379	266
286	KARAYOLU OTOYOL YAPILMAKTA	AP04050	L	TRA	497	267
287	KARAYOLU PATIKA	AP05002	L	TRA	348	280
288	KARAYOLU S1	AP03003	L	TRA	341	270
289	KARAYOLU S2	AP03004	L	TRA	342	271
290	KARAYOLU S3	AP03005	L	TRA	343	272
291	KARAYOLU YAY	AP01002	L	TRA	324	279
292	KARAYOLU YERLESİM İCİ	AP03012	L	TRA	356	277

5.2 Çalışma Bölgesi

Uygulamada kullanılan çalışma bölgesi, HGK tarafından üretilen ve bu tez için telif hakkı satın alınmış olan 1:25.000 ölçekli J19-d1 paftasının bir kısmını (Balıkesir/Soma ilçe merkezi) içermektedir. Kentsel karaktere sahip bu bölge yaklaşık 450 ha’dır. Ancak yıldız şekilli yol dokusunun belirginleşmesi için çeşitli geometrik düzenlemelerle çalışma bölgesi genişletilmiştir. Böylece 1.077,8 ha’lık bir alanda toplam 87 km uzunluğunda bir yol ağı elde edilmiştir (Şekil 5.1). Yol dokuları (grid, yıldız şekilli ve düzensiz yol dokuları) bakımından zengin olan bu bölgede, DTÖİY’nde yer alan 18 yol sınıfından 4’ü (KARAYOLU_S2, KARAYOLU_S3, KARAYOLU_YAY, KARAYOLU_YERLESİM_ICİ) mevcuttur. KARAYOLU_S2 sınıfındaki 1 yolu oluşturan 40 yol parçasının toplam uzunluğu 4,9 km; KARAYOLU_S3 sınıfındaki 4 yolu oluşturan 48 yol parçasının toplam uzunluğu 5,5 km; KARAYOLU_YAY sınıfındaki 4 yolu oluşturan yol parçalarının toplam uzunluğu 1,9 km; KARAYOLU_YERLESİM_ICİ sınıfındaki 294 yolu oluşturan 936 yol parçasının toplam uzunluğu 74,7 km’dir.

Çalışma bölgesindeki yollar hakkında çok az sayıda öznitelik bilgisi mevcuttur. Özellikle veritabanında yol isimlerinin olmayışı önemli bir eksikliktir. Bu eksiklik veritabanındaki her

bir yol parçasına rastlantısal yol isimleri verilerek giderilmiştir. Ayrıca geometrik tutarsızlıklar, mekansal ilişkilerin topolojik olarak yapılandırılmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum verilerin, sağlıklı bir genelleştirme yapılmasını engelleyen, diğer önemli eksikliğidir. Bu sorunlar, Bölüm 5.5.4’de açıklandığı şekilde giderilmiştir.



Şekil 5.1 Çalışma bölgesi (Şekil ölçeği: 1:35.000)

5.3 Yazılım

Bu çalışmada, yol ağlarının genelleştirilmesinde 1Spatial firmasının etmen-temelli kartografik genelleştirme yazılımı olan *Radius Clarity* kullanılmıştır. *Radius Clarity*, nesne-yönelimli *Gothic* veritabanını kullanmaktadır. *Gothic* veritabanında sınıflar bir şemada tanımlanmaktadır. Kullanıcı, veritabanı şemasına, nesne-yönelimli sınıflar ve nesne özellikleri ekleyebilir, sınıflara metotlar tanımlayarak veritabanını geliştirebilir ve böylece nesnelerin davranışlarını yönetebilir. Sınıf içinde bir nesne oluşturulduğunda, değiştirildiğinde, görüntülendiğinde, işlendiğinde veya silindiğinde ne olacağına karar verilebilir ya da bir sınıfın özniteliklerinin hesaplanmasına dair tanımlamalar yapabilir. Tüm bu özellikler sayesinde, veritabanında tutulan nesnelerin doğası tam olarak tanımlanarak kartografik genelleştirme işlemleri gerçekleştirilebilir (1Spatial, 2007a, s:1.3).

Radius Clarity’e *Gothic* veritabanını kullanan yeni işlevler kazandırılmasında ve bunların kullanıcıya sunulması için *KartoGenYol* arayüz menüsünün oluşturulmasında, *Java* programlama dili kullanılmaktadır (1Spatial, 2007a, s:1.4). Bu çalışmada *Radius Clarity*’e 12 yeni işlev kazandırılmış ve bunlar *KartoGenYol* menüsünde beş grupta toplanarak kullanıcıya

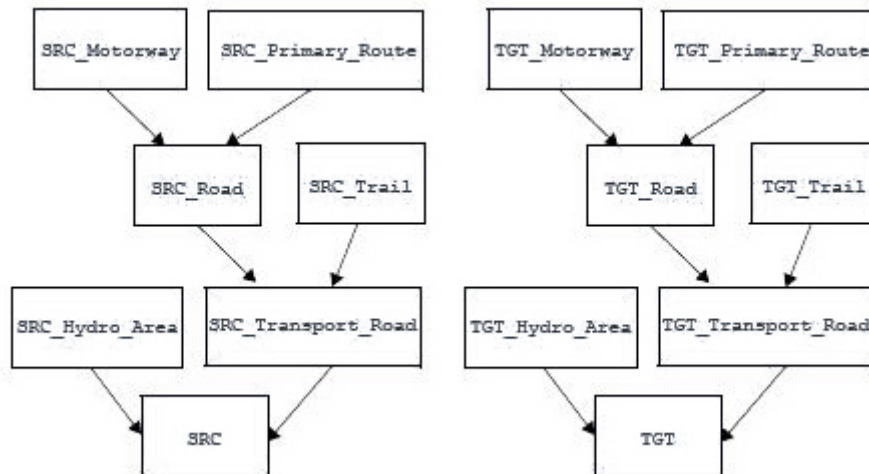
sunulmuştur. Bu işlevler ileriki bölümlerde açıklanmaktadır.

5.4 Veri Modeli

Radius Clarity, uygulama modelinin aktarılacağı bir mantıksal modele sahiptir. *Radius Clarity* modeli olarak isimlendirilen mantıksal model, genelleştirme sınıflarını (örneğin, *__agent_road*, *__agent_building* vd.), genelleştirme metotlarını (örneğin, *__action_line_accordion*, *__action_line_min_break* vd.) ve özelliklerini tanımlamaktadır.

Radius Clarity'de, kaynak veriyi tanımlayan fiziksel model, uygulama modeli olarak isimlendirilmektedir. Uygulama modeli, *Gothic* veritabanında yapılandırılmakta ve *Radius Clarity*'nin veritabanı şema görüntüleyicisi yardımıyla şematik olarak kullanıcıya sunulmaktadır.

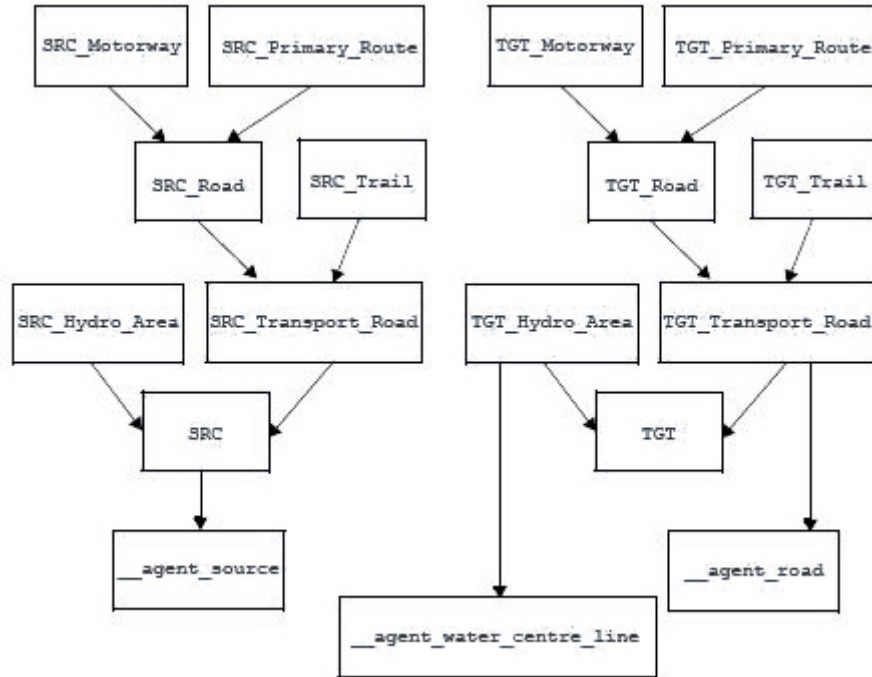
Gothic veritabanındaki orijinal veri setinin bir kopyası alınmakta ve orijinal veri seti “*kaynak model*”, kopyası “*hedef model*” olarak genelleştirme süresince veritabanında saklanmaktadır. Kaynak model, verilerin genelleştirme öncesi durumunu; hedef model ise, genelleştirilen sonuçları göstermek için kullanılmaktadır (ISpatial, 2007b, s:107). Şekil 5.2, ISpatial firması tarafından *Radius Clarity*'de tanımlanan, kaynak ve hedef model için örnek ‘SRC’ ve ‘TGT’ ana sınıflarının altındaki uygulama modeli sınıflarını göstermektedir. Uygulama modelindeki sınıflar, mantıksal model içinde yer alan ‘*__agent*’ ön ismiyle tanımlı ana sınıflardan birinin tüm özelliklerini devralmaktadır (ISpatial, 2007b, s:109).



Şekil 5.2 Kaynak ve hedef modelde tanımlanan uygulama modeli sınıfları (ISpatial, 2007b, s:109)

Şekil 5.3’de ise mantıksal modelin ana sınıflarından bazıları, uygulama modelinin üst sınıfları

olarak görünmektedir (1Spatial, 2007b, s:110). Bunlar kaynak model için ‘__agent_source’, hedef model için ‘__agent_water_centre_line’ ve ‘__agent_road’ ana sınıflarıdır.



Şekil 5.3 Clarity veri modeli ve uygulama modelinde devralma (1Spatial, 2007b, s:110)

5.5 Veritabanı İşlemleri

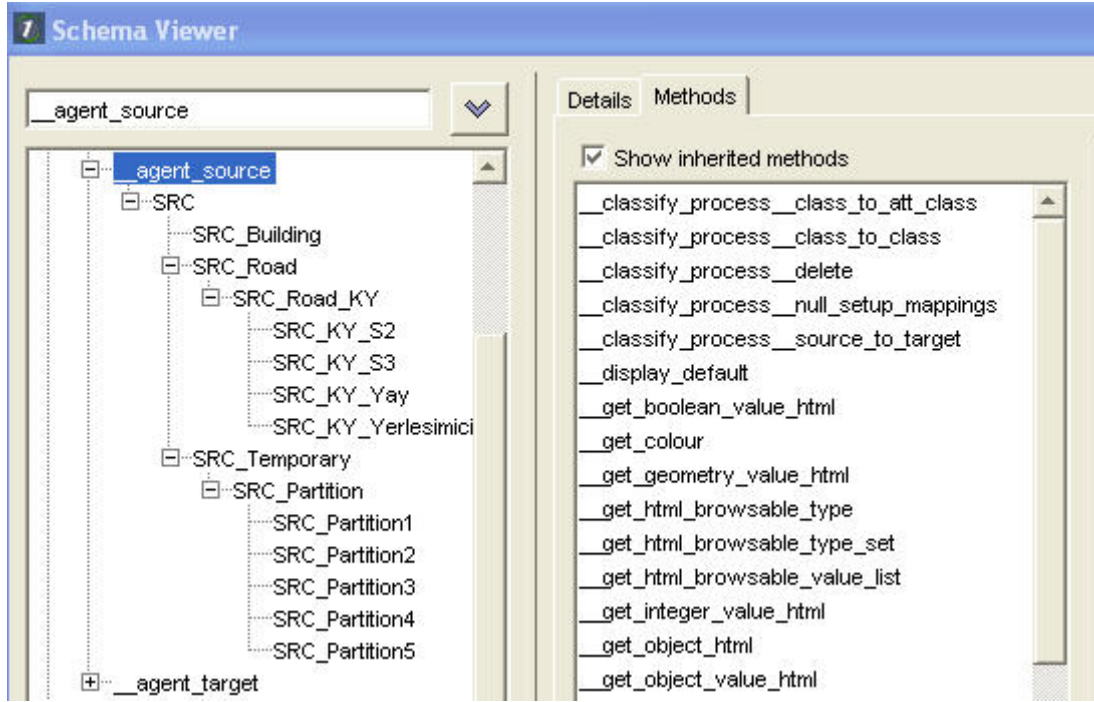
5.5.1 Veri setinin tanımlanması

Gothic veritabanında her uygulamanın kaynak ve hedef modeli farklı bir veri seti içinde tutulmaktadır. Öncelikle veri seti için çalışma bölgesinin köşe koordinatları ve projeksiyon bilgisi tanımlanmaktadır. Şekil 5.1'deki çalışma bölgesi için *Gothic* veritabanında veri seti oluşturma işlemi, 1Spatial firmasının *Manage* yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

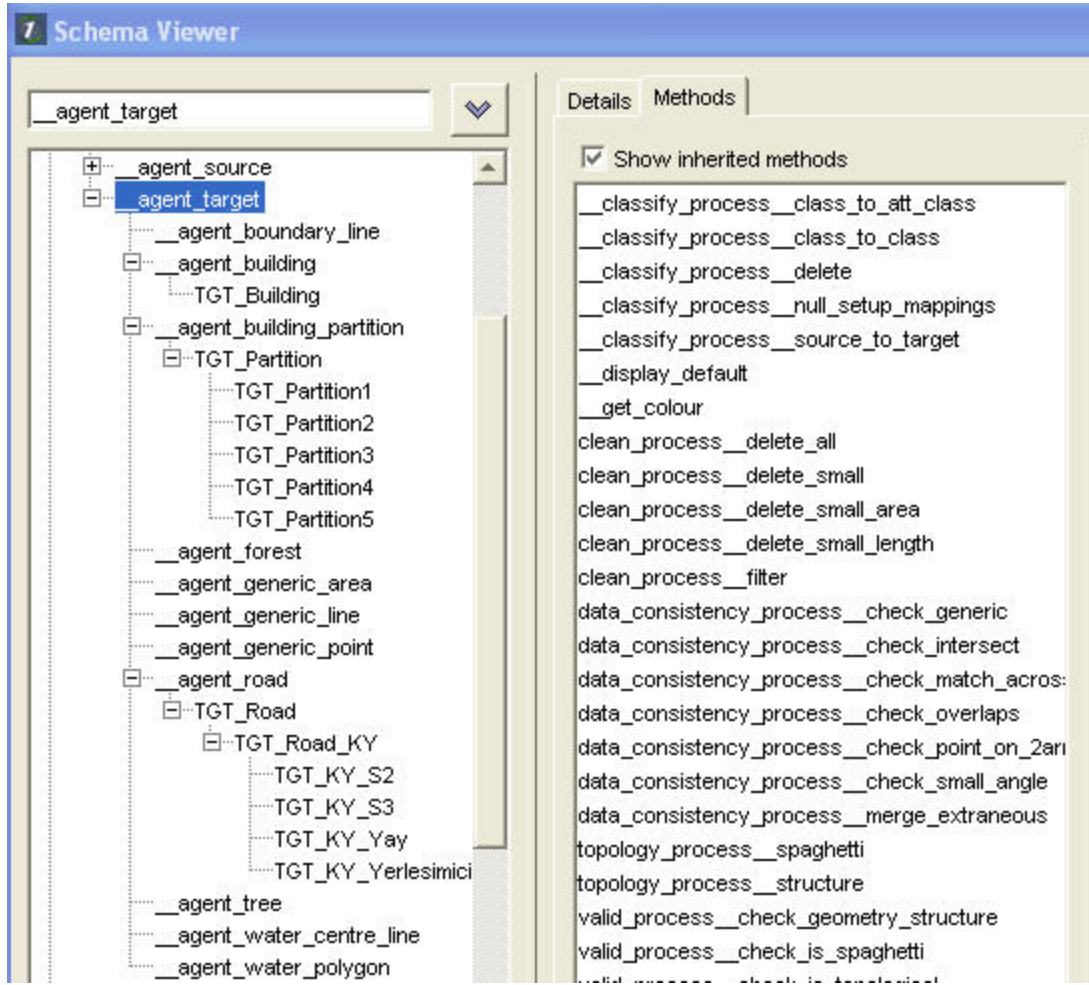
5.5.2 Uygulama modelinin yapılandırılması

Bu çalışmada, kaynak ve hedef uygulama modelleri, yol ve bina nesnelerini içermektedir. Yol nesneleri modellenirken, DTÖİY'deki yol ('road') türlerinden uygulama bölgesinde mevcut olanlar dikkate alınmıştır. Bina ('building') nesnelerinin modellenmesi aşamasında ise bina genelleştirmesi üzerine çalışılmadığından, DTÖİY'deki bina türleri göz ardı edilerek tek bir bina sınıfı kullanılmıştır. Ayrıca hedef model, genelleştirme sürecinde oluşturulacak geçici ('temporary') ada nesnelerini de içerebilecek şekilde düzenlenmiştir. Uygulama modeli, Ek 1'de verilen 'BuildingSchema.java' isimli bir program kodu yardımıyla yapılandırılmıştır.

Gothic veritabanında yapılandırılmış uygulama modelleri, mantıksal model ile birlikte *Radius Clarity* şema görüntüleyicisi tarafından Şekil 5.4 ve 5.5’de olduğu gibi sunulmaktadır.



Şekil 5.4 Kaynak model için mantıksal modele göre yapılandırılmış uygulama modeli sınıfları



Şekil 5.5 Hedef model için mantıksal modele göre yapılandırılmış uygulama modeli sınıfları

5.5.3 Veri girişi

Yol ağına ilişkin ilişkisel veritabanında tutulan mekansal verilerin nesne-yönelimli *Gothic* veritabanına aktarılması, 1Spatial firmasının *Translate* yazılımıyla gerçekleştirilmiştir. *Translate*, farklı formatlarda elde edilmiş verileri *Gothic* veritabanına aktarmada kullanılan bir veri dönüşüm programıdır.

Uygulamada kullanılan yol ağına ait *ESRI* shape formatındaki geometrik ve öznitelik verileri, *Gothic* veritabanının şemasında tanımlanan kaynak modeldeki yerlerine *Translate* yazılımı kullanılarak aktarılmıştır. Ayrıca, *ESRI* shape ilişkisel veritabanı tablolarında tutulan öznitelikler, *Gothic* veritabanında tanımlı sınıflar ve öznitelikler ile eşleştirilmiştir.

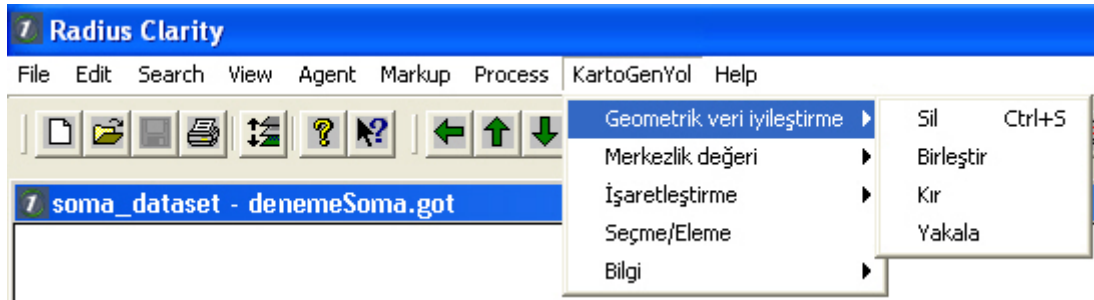
5.5.4 Geometrik veri kalitesinin kontrolü ve iyileştirilmesi

Mekansal veritabanlarında gerçekleştirilen genelleştirme işlemlerinin kalitesi, verinin

geometrik olarak tutarlı (hatalardan arındırılmış) ve topolojik olarak yapılandırılmış olmasına bağlıdır. Genellikle “*veri mühendisliği*” olarak isimlendirilen bu aşamada, aşağıda sayılan hususlara dikkat edilmektedir:

- Farklı ayırt edici özelliklere sahip nesneler farklı sınıflarda yer almalıdır. Örneğin; genelleştirme sırasında yerleşim içi yollarından farklı davranışlar sergileyebilen bir otoyol, sınıflandırma aşamasında bir cadde ile aynı yol sınıfı içinde tutulamaz.
- Veri toplama aşamasında veriler tutarlı bir şekilde depolanmalıdır. Örneğin; bir ev ile yol arasında kalan bir çizgi, bazen çit ya da duvar olarak, bazense yol sınırı olarak toplanırsa genelleştirme zorlaşır.
- Veriler geometrik olarak tutarlı olmalıdır. Örneğin; yol eksen çizgilerinin birbirini aşması, hedefe erişememesi ya da boşluklar oluşması topolojik tutarsızlıklara neden olur.
- Veriler sürekli olmalıdır. Genelleştirme sonrası paftalar arasındaki kenarlaşma sorunu olmamalıdır.
- Veriler topolojik olarak yapılandırılmalıdır. Aksi takdirde adaların türetilmemesi, yolları meydana getiren parçalarda kopukluklar olması ve yollara ilişkin geometrik bilgilerin doğru elde edilememesi gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Uygulamada kullanılan veri setinde görünen en önemli sorun, geometrik tutarsızlıklardır. Bu tutarsızlıklar, veriler modellenmeden önce ya da sonra veritabanında giderilebilir. Bu çalışmada kullanılan *Gothic* veritabanı oldukça kapsamlı bir geometri kütüphanesine sahip olduğundan, geometrik tutarsızlıkların bu veritabanı içinde düzeltilmesi tercih edilmiştir. Düzeltme işlemi için *Radius Clarity*’nin *KartoGenYol* menüsüne yerleştirilen “*Geometrik Veri iyileştirme*” komutlarından yararlanılmıştır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 *KartoGenYol* menüsünde Geometrik veri iyileştirme komutları

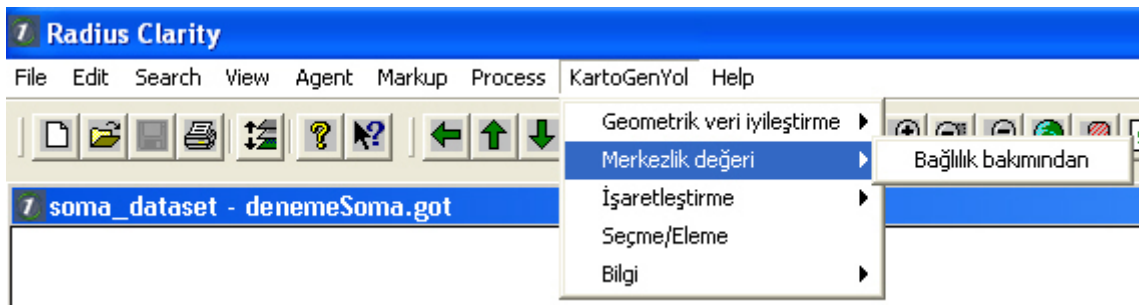
“*Sil*” komutu, seçilen nesneleri veritabanından silmeye; “*Birleştir*” komutu, birbirine temas eden aynı sınıfa ait iki nesneyi birleştirmeye; “*Kır*” komutu, bir nesneyi ona temas eden diğer bir nesnenin temas noktasından iki parçaya bölmeye; “*Yakala*” komutu, iki veya daha çok birbirine temas etmeyen yakın nesneleri birbirlerine temas edecek şekilde ötelemeye yarayan komutlardır. Bu komutlar kullanılarak uygulanan işlemler, kaynak modeldeki veriler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, genelleştirme işlemi öncesi son adım olarak, *Radius Clarity*’nin sağladığı ‘*sourceToTarget*’ metodu yardımıyla *Gothic* veritabanında kaynak

modelin bir kopyası alınarak hedef model oluşturulmuştur.

5.6 Genelleştirme İşlemleri

5.6.1 Yolların bağıllık bakımından merkezlik değerlerinin belirlenmesi

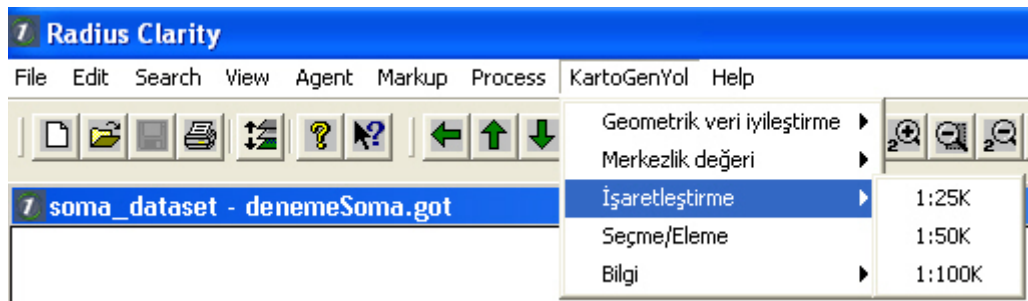
Adalara dayalı seçme/eleme işlemindeki önemli parametrelerden biri, yolların bağıllık bakımından merkezlik değerleri olduğu için bu aşamada bu değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bundan dolayı, her yol için bu değeri hesaplayan bir metot kodlanmış ve komut olarak menüye yerleştirilmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7: *KartoGenYol* menüsünde Bağıllık Bakımından Merkezlik Değeri hesaplayan komut

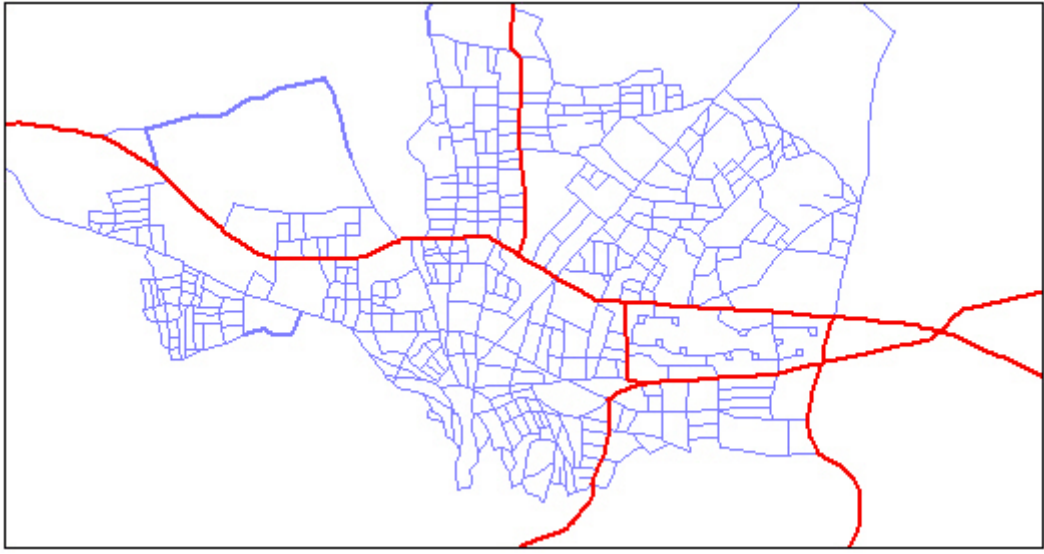
5.6.2 Kartografik işaretleştirme

Gothic veritabanının kaynak ve hedef modelindeki yol verileri, eksenleri ile depolanmaktadır. Buna karşın yollar, haritalarda yol işaretleri ile gösterilmektedir. Bu nedenle, genelleştirme işleminin bu aşamasında, yol ağının kartografik işaretleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, 1:25.000, 1:50.000 ve 1:100.000 ölçeklerine uygun işaretleştirme için üç metot kodlanmış ve komut olarak menüye yerleştirilmiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 *KartoGenYol* menüsünde İşaretleştirme komutları

Yol işaret genişlikleri DTÖİY'e göre belirlenmiştir. Buna karşın, çizgi türleri ve renkler dikkate alınmamış; KARAYOLU_YERLESIM_ICI ve KARAYOLU_YAY sınıflarındaki yollar için mavi, KARAYOLU_S3 ve KARAYOLU_S2 sınıflarındaki yollar için kırmızı renkler kullanılmıştır. İşaretleştirme sadece hedef modelde tutulan yol nesnelere uygulanmıştır. Şekil 5.9'da çalışma bölgesinde yer alan yolların DTÖİY'e göre işaretleştirilmiş durumları görünmektedir. Yol işaret genişliklerinin 1:25.000 ölçeğine göre gerçek değerleri KARAYOLU_YERLESIM_ICI sınıfındaki yollar 12,5 m; KARAYOLU_YAY ve KARAYOLU_S3 sınıfındaki yollar 15 m; KARAYOLU_S2 sınıfındaki yollar 17,5 m'dir.



Şekil 5.9 1:25.000 ölçeğine uygun olarak işaretleştirilmiş yol ağı (Şekil ölçeği: 1:35.000).

Şekil 5.10 ve Şekil 5.11, aynı yol ağının 1:50.000 ve 1:100.000 ölçeğine uygun olarak işaretleştirilmiş durumlarını göstermektedir. 1:50.000 ölçeği için yol işaret genişlikleri iki kat; 1:100.000 ölçeği için dört kat abartılmıştır.



Şekil 5.10 1:50.000 ölçeğine uygun olarak işaretleştirilmiş yol ağı (Şekil ölçeği: 1:35.000).



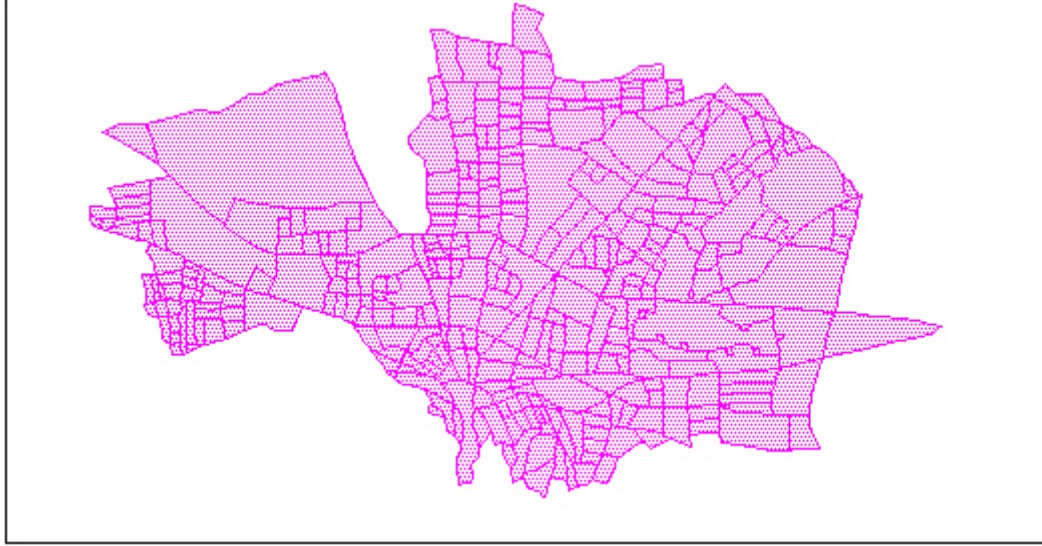
Şekil 5.11 1:100.000 ölçeğine uygun olarak işaretleştirilmiş yol ağı (Şekil ölçeği: 1:35.000).

5.6.3 Adalara dayalı seçme/eleme

Adalara dayalı seçme/eleme işlemi, bu tez çalışmasında geliştirilen yeni yaklaşıma göre bir dizi metodu ve bu metotlar altında çalışan algoritmaları içeren bir işlemdir. Bu metotlar, Şekil 4.2'deki akış diyagramına göre bir paket haline getirilmiş ve çok işlevli “*Seçme/Eleme*” komutu olarak menüye yerleştirilmiştir.

5.6.3.1 Yol nesnelerinden ada nesnelerinin türetilmesi

Adalara dayalı seçme/eleme işlemi için öncelikle yol nesnelerinden adalar türetilmektedir. Bunun için *Radius Clarity* metotlarını da kullanarak, yol eksenlerinin oluşturduğu kapalı alanlardan, ada nesnelerini türeten bir metot kodlanmıştır. Şekil 5.12, uygulama bölgesinde türetilen ada nesnelerini göstermektedir.



Şekil 5.12 Yerleşim bölgesindeki adalar (Şekil ölçeği: 1:35.000)

Bu tez çalışmasında geliştirilen yaklaşımda, elenecek yollar, birleştirilecek adalara bağlıdır. Birleştirme işlemlerinden sonra yeni adaların ortak yolları elimine edilmekte, geriye kalan yollar ise seçilmektedir. Ada birleştirme işlemleri Bölüm 4’de açıklanan şekilde yapılmaktadır.

5.6.3.2 Önemli yolların belirlenmesi

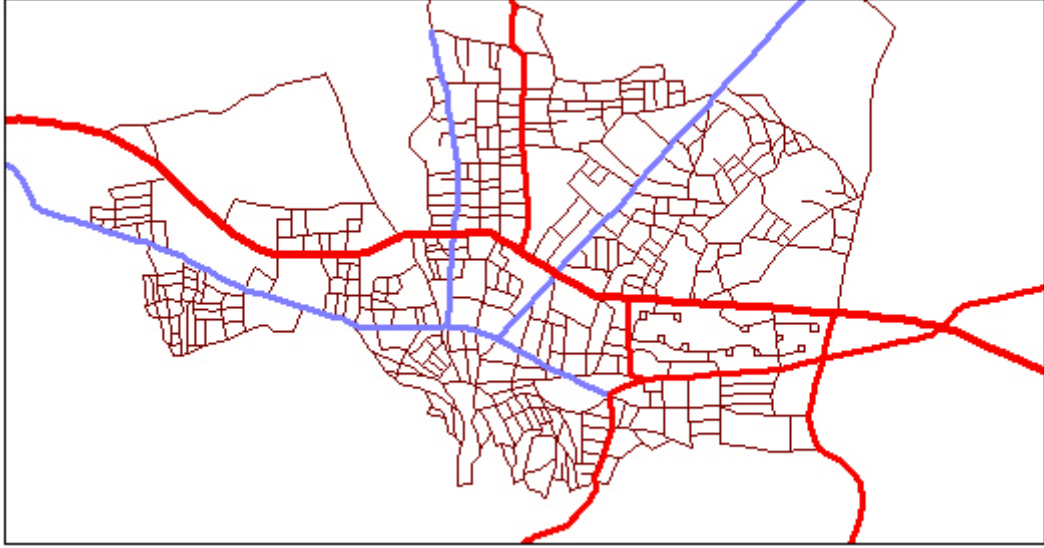
Bir eşik değerin üstünde merkezlik değerine sahip yollar, önemli yollar olarak kabul edilmekte ve korunmaktadır. Bu çalışmada eşik değeri, 4.1 eşitliği kullanılarak ağırlıklı ortalama hesabıyla belirlenmiştir. Eşik değeri hesabı için bağıllık bakımından merkezlik değerleri, aynı merkezlik değerine sahip yol sayısı ve merkezlik değerleri sayısı kullanılmıştır (Çizelge 5.2). Buna göre eşik değeri, 21,74 olarak hesap edilmiş, ancak bu değerin tam sayı olması gerektiğinden 22 alınmıştır. Belirlenen eşik değere göre önemli yol olarak kabul edilen yollar, Şekil 5.13’de mavi ile gösterilmiştir. Kırmızı ile gösterilenler, KARAYOLU_S3 ve KARAYOLU_S2 sınıflarındaki yerleşim birimleri arası bağlantı yollarıdır. Bu yollar, bağıllık bakımından merkezlik değerleri eşik değerin altında olsa bile korunacaktır. Diğer yollar

(kahverengi) ise eleme işlemine tabi tutulacak yollardır.

Kullanıcı tarafından eşik değeri, *Radius Clarity*'nin *'Edit'* menüsünden *'Options'* komutu kullanılarak açılan pencerenin “*Seçme/Eleme ayarları*” sekmesinde değiştirilebilmektedir. Ayrıca diğer seçme/eleme parametrelerinin (“*Eleme sınıfı*”, “*Ada sınıfı*”, “*Yol adı özniteliği*”, “*Merkezlilik özniteliği*”, “*Uzunluk özniteliği*”, “*Bina alanı*”, “*r₁*”, “*r₂*”, “*Kaynak ölçek*” ve “*Hedef ölçek*”) varsayılan değerleri de bu kısımda değiştirilebilmektedir (Ek 2).

Çizelge 5.2 Bağlılık bakımından merkezlik değerlerine göre sınıflandırılan yollar ve yol bilgileri

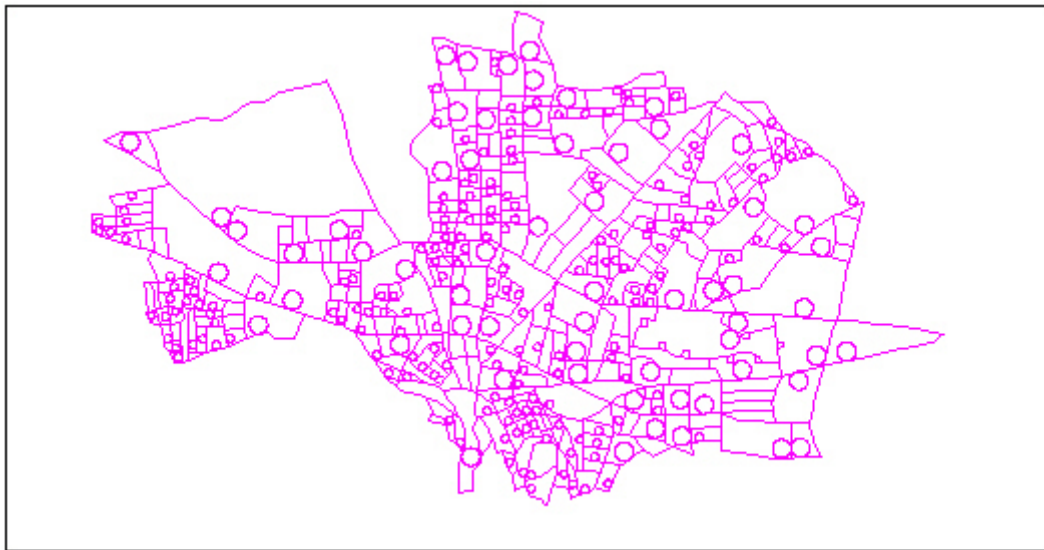
Bağlılık bakımından merkezlik değeri	Yol sayısı	Maksimum yol uzunluğu [m]	Minimum yol uzunluğu [m]
1	17	283,801	54,536
2	96	341,155	27,864
3	53	1.200,715	34,422
4	45	547,030	50,540
5	30	1.131,803	68,991
6	18	1.476,317	154,742
7	8	555,731	261,177
8	7	891,303	254,830
9	5	1.050,191	598,564
10	7	680,663	416,199
11	3	816,322	640,477
12	2	1.193,310	585,490
13	3	893,160	657,310
14	2	1.136,491	1.043,894
16	1	1.128,859	1.128,859
17	1	659,276	659,276
21	1	2.832,261	2.832,261
23	1	1.998,125	1.998,125
24	1	1.306,307	1.306,307
37	1	2.904,771	2.904,771
41	1	4.856,321	4.856,321



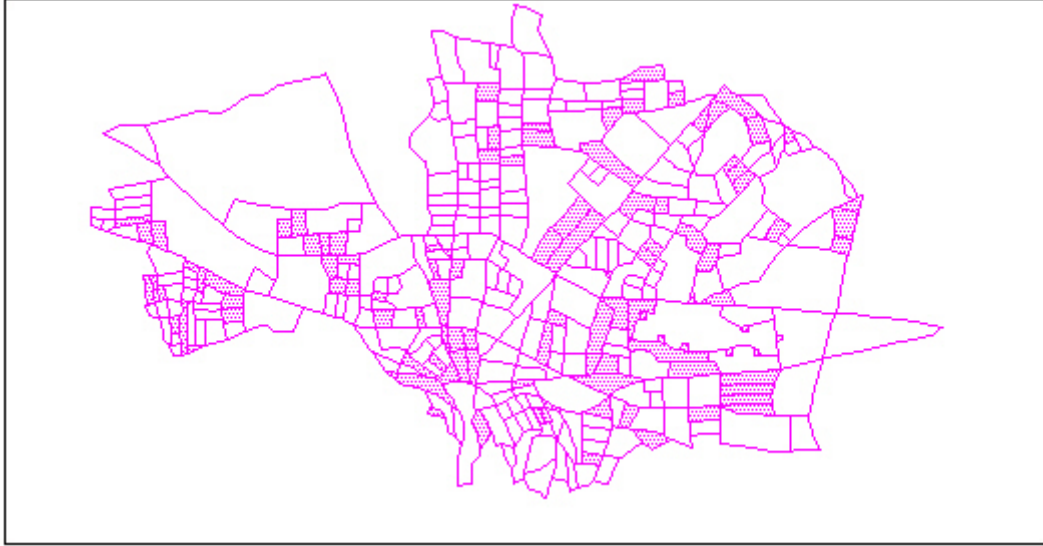
Şekil 5.13 Korunan (mavi ve kırmızı) ve elenebilecek (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000)

5.6.3.3 Minimum açıklık koşuluna göre adaların sınıflandırılması

Bölüm 4.2’de ifade edildiği gibi, 1:50.000 ölçeğinde adaların MA koşuluna göre analizi için adalara yerleştirilecek MA dairelerinin yarıçapları, bina bulunan adalar için 40 m ve bina bulunmayan adalar için 17,5 m’dir. Şekil 5.14’de uygulama bölgesindeki sorunsuz adalara yerleştirilen MA daireleri görünmektedir. MA dairelerinin yerleştirilemediği, kenarları (sınırları) her koşulda MA daireleri ile kesişen ya da MA dairelerinin içinde kalan adalarsa sorunlu adalar sınıfına dahil edilmiştir (Şekil 5.15).

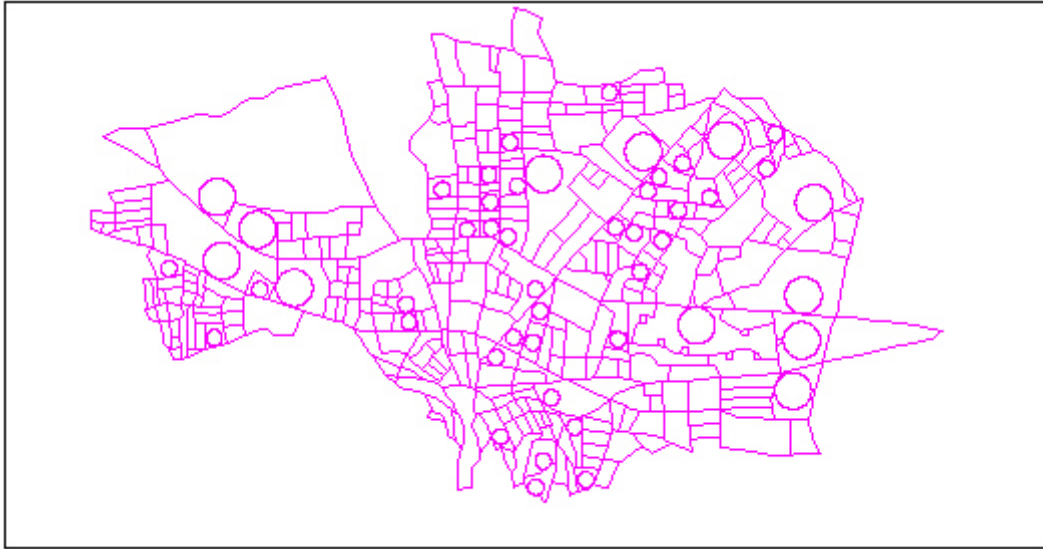


Şekil 5.14 1:50.000 ölçeğinde sorunsuz adalara yerleştirilen MA daireleri (Şekil ölçeği: 1:35.000)

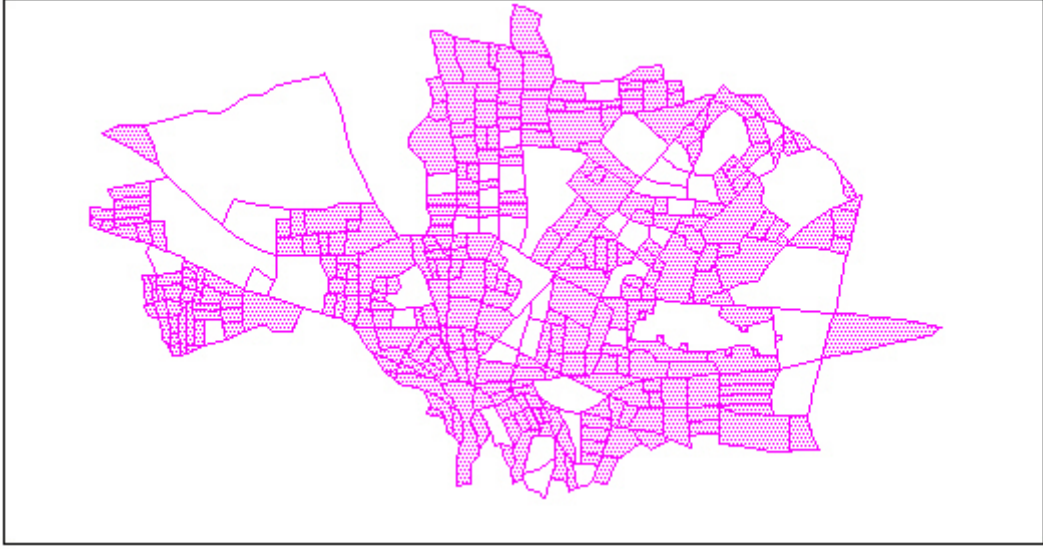


Şekil 5.15 1:50.000 ölçeğinde sorunlu adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)

1:100.000 ölçeği için MA koşuluna uygun olarak yarıçapları (bina bulunan adalar için 80 m ve bina bulunmayan adalar için 35 m) belirlenen MA dairelerinin yerleştirilebildiği sorunsuz adalar Şekil 5.16’da görünmektedir. MA daireleri ile yapılan analiz sonucuna göre tespit edilen sorunlu adalarsa Şekil 5.17’de görünmektedir.



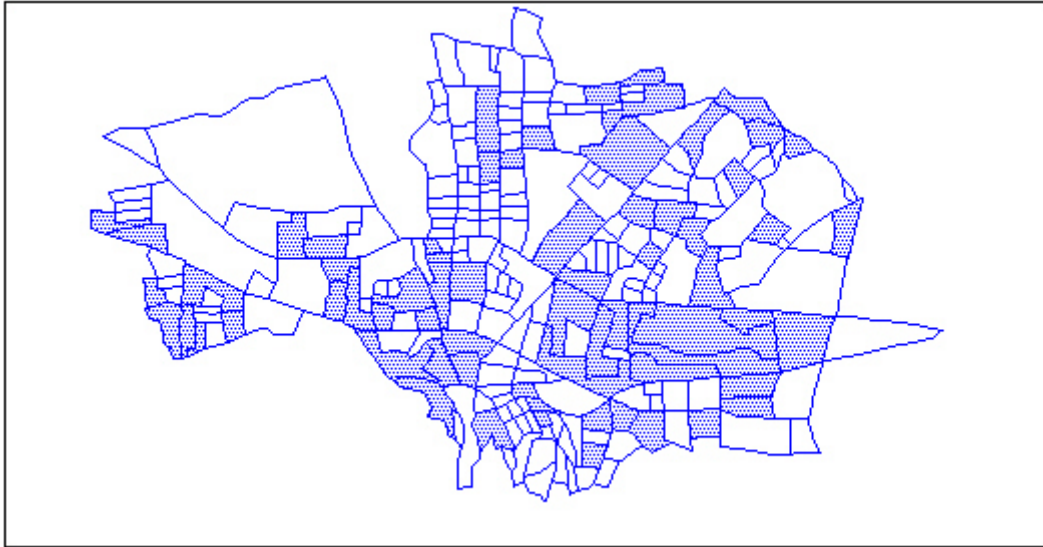
Şekil 5.16 1:100.000 ölçeğinde sorunsuz adalara yerleştirilen MA daireleri (Şekil ölçeği: 1:35.000)



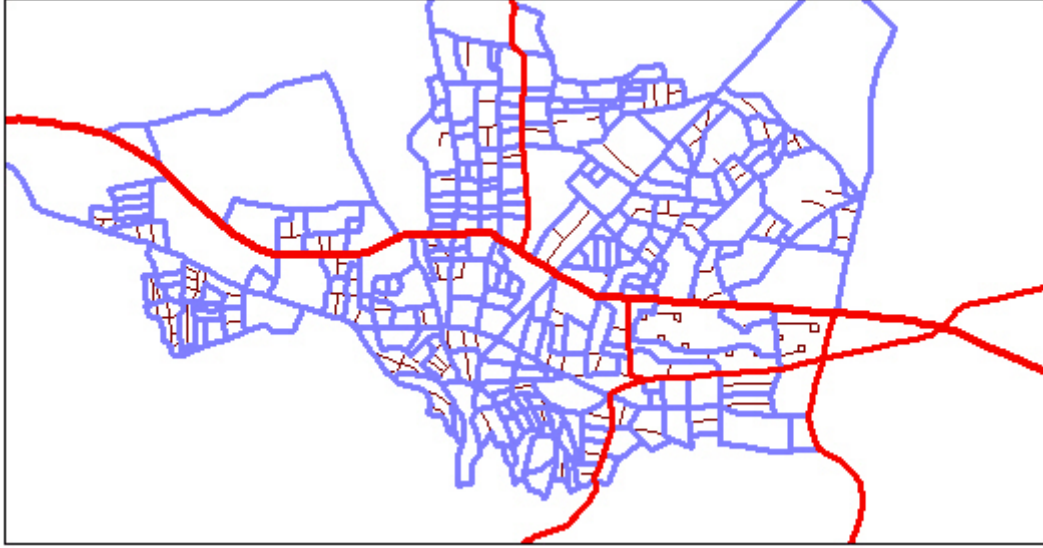
Şekil 5.17 1:100.000 ölçeğinde sorunlu adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)

5.6.3.4 Minimum açıklık koşuluna göre adaların birleştirilmesi

Bir önceki aşamada 1:50.000 ölçeği için belirlenen sorunlu adalar, Bölüm 4’de anlatılan ada yaşam döngüsü içinde değerlendirilmiş ve Şekil 5.18’de görünen yeni adalar elde edilmiştir. Adaların birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan yeni adaların içinde kalan yollar, elenecek yollar olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.19).

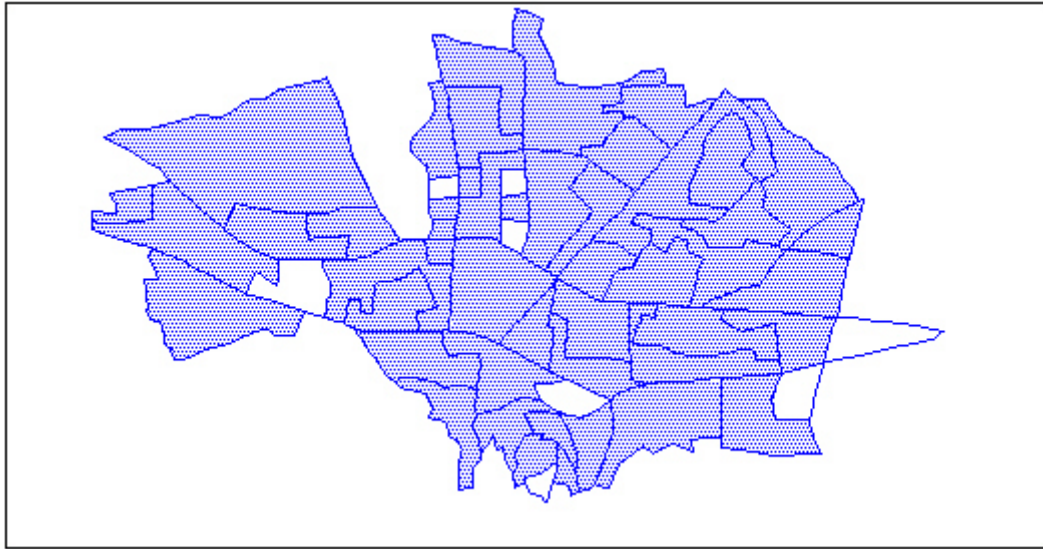


Şekil 5.18 1:50.000 ölçeği için yeni oluşan (taralı) adalar (Şekil ölçeği: 1:35.000)

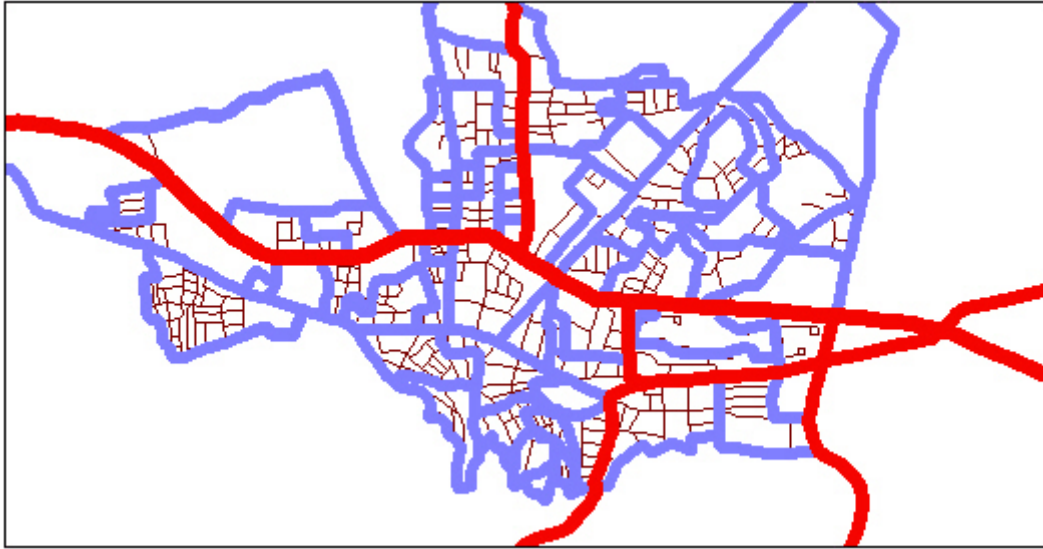


Şekil 5.19 1:50.000 ölçeği için korunacak (mavi ve kırmızı) ve elenecek (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000)

1:100.000 ölçeği için belirlenen sorunlu adaların ada yaşam döngüsü içinde değerlendirilmesi ile elde edilen yeni adalar ve bunlara bağlı olarak tespit edilen elenecek yollar Şekil 5.20 ve 5.21’de görünmektedir.



Şekil 5.20 1:100.000 ölçeği için yeni oluşan adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)



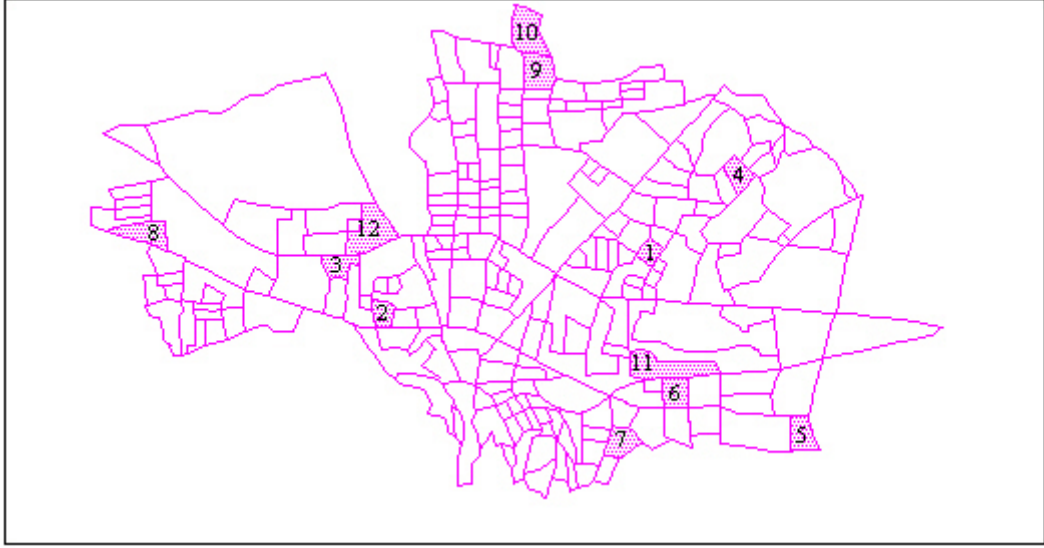
Şekil 5.21 1:100.000 ölçeği için korunacak (mavi ve kırmızı) ve elenecek (kahverengi) yollar
(Şekil ölçeği: 1:35.000)

5.6.3.5 Bina alan koşuluna göre adaların sınıflandırılması ve birleştirilmesi

Bölüm 4.3’de açıklandığı gibi, geline aşamadaki adaların içinde yer alan bina sayıları belirlenmiş, hedef ölçekte her bir adada ne kadar sayıda bina gösterileceği hesaplanmış ve her bir adanın hesaplanan sayıda bina işaretini yerleştirmek için gerekli alana sahip olup olmadığı araştırılmıştır. 1:50.000 ölçeği için Çizelge 5.3’de görünen ada alanları, toplam bina alanından daha küçük olduğundan, bu adalar sorunlu adalar olarak değerlendirilmiştir. Çalışma bölgesindeki bu sorunlu adalar Şekil 5.22’de taralı olarak görünmektedir.

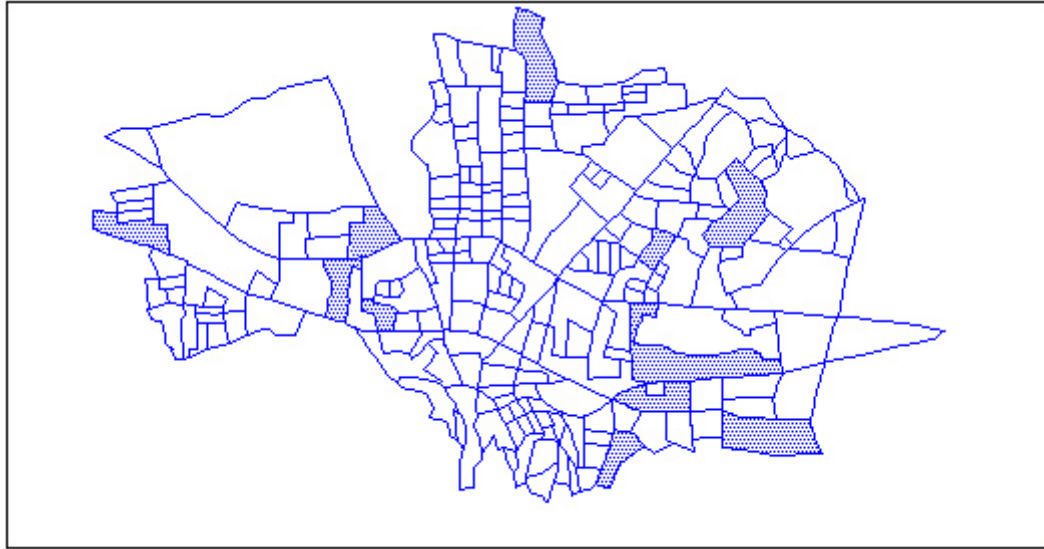
Çizelge 5.3 1:50.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen sorunlu adalar

Ada no	Kaynak ölçekte bina sayısı	Hedef ölçekte		
		Bina sayısı	Toplam bina alanı [m ²]	Ada alanı [m ²]
1	5	4	4.900	3.085
2	6	4	4.900	4.256
3	8	6	7.350	4.408
4	9	6	7.350	5.624
5	8	6	7.350	6.495
6	15	11	13.475	7.096
7	11	8	9.800	7.356
8	10	7	8.575	7.729
9	15	11	13.475	11.129
10	19	13	15.925	13.102
11	18	13	15.925	15.453
12	20	14	17.150	17.014

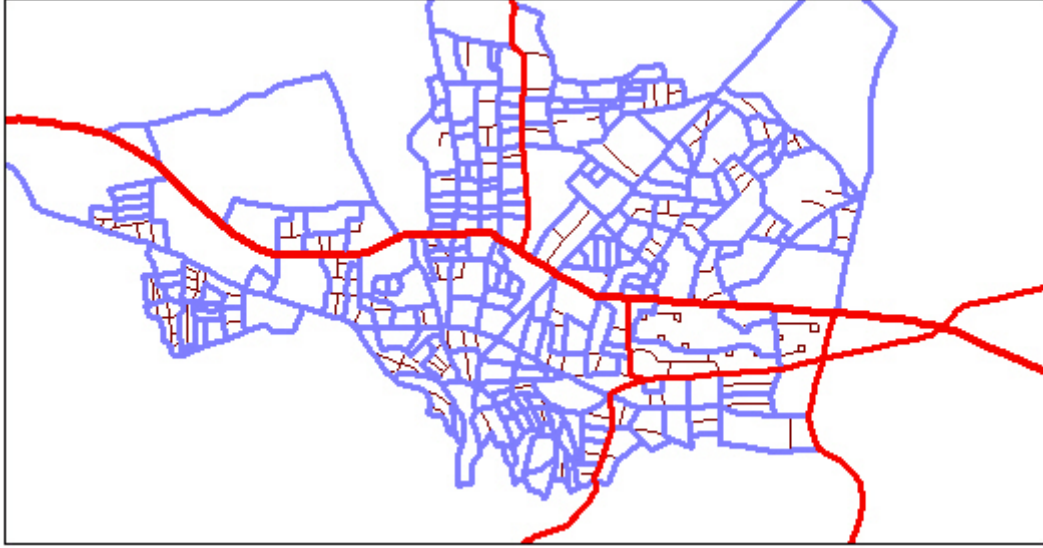


Şekil 5.22 1:50.000 ölçeği için sorunlu adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)

1:50.000 ölçeği için tespit edilen sorunlu adalar, bir önceki aşamada olduğu gibi ada yaşam döngüsü içinde değerlendirilmiş ve Şekil 5.23’de görünen yeni adalar elde edilmiştir. Adaların birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan yeni adaların içinde kalan yollar, elenecek yollar olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.24).



Şekil 5.23 1:50.000 ölçeği için yeni oluşan adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)

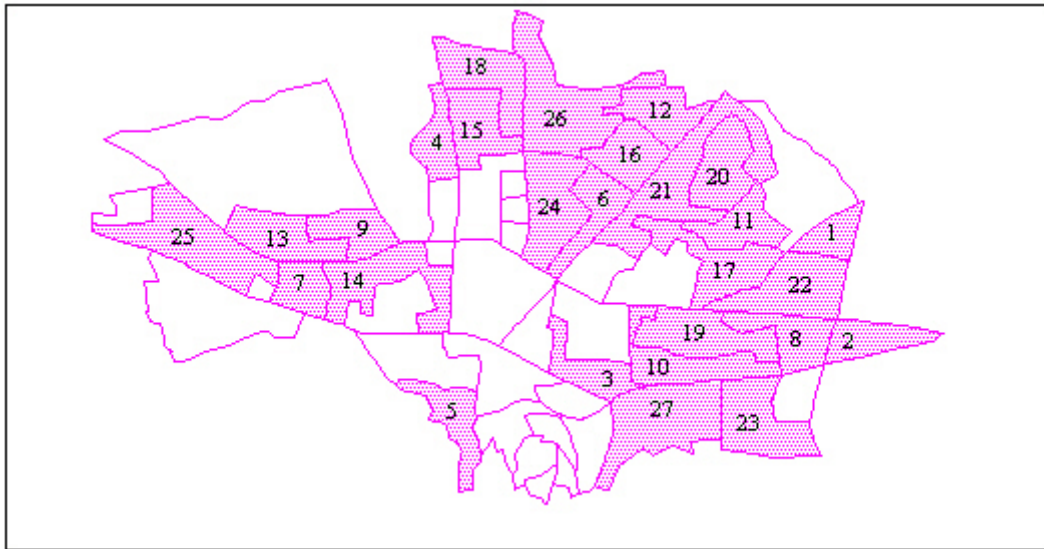


Şekil 5.24 1:50.000 ölçeği için seçilen (mavi ve kırmızı) ve elenen (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000)

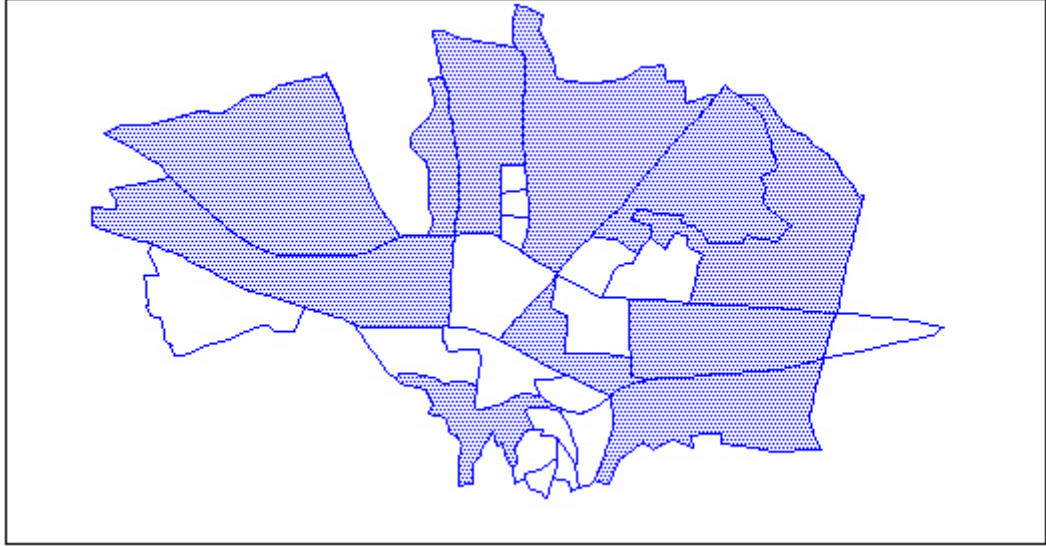
1:100.000 ölçeği için Çizelge 5.4’de görünen, ada alanı toplam bina alnından küçük adalar (sorunlu adalar) Şekil 5.25’de taralı olarak görünmektedir. 1:100.000 ölçeği için belirlenen sorunlu adaların ada yaşam döngüsü içinde değerlendirilmesi ile elde edilen yeni adalar ve elenecek yollar sırasıyla Şekil 5.26 ve 5.27’de görünmektedir.

Çizelge 5.4 1:100.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen sorunlu adalar

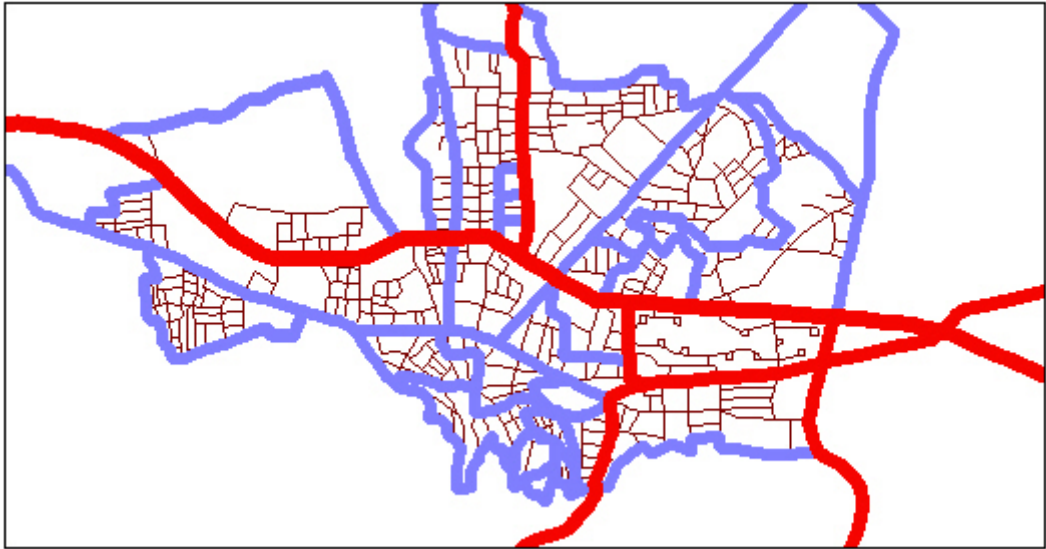
Ada no	Kaynak ölçekte bina sayısı	Hedef ölçekte		
		Bina sayısı	Toplam bina alanı [m ²]	Ada alanı [m ²]
1	14	7	34.300	14.393
2	15	8	39.200	15.342
3	9	4	19.600	16.424
4	18	9	44.100	17.240
5	11	6	29.400	17.480
6	29	14	68.600	18.046
7	12	6	29.400	21.030
8	27	14	68.600	21.532
9	24	12	58.800	21.982
10	38	19	93.100	23.876
11	26	13	63.700	24.387
12	16	8	39.200	28.719
13	37	18	88.200	32.119
14	41	20	98.000	33.767
15	27	14	68.600	33.805
16	50	25	122.500	34.113
17	29	14	68.600	35.226
18	26	13	63.700	39.573
19	37	18	88.200	42.105
20	32	16	78.400	43.211
21	22	11	53.900	45.124
22	39	20	98.000	54.972
23	30	15	73.500	55.313
24	45	22	107.800	56.480
25	56	28	137.200	70.960
26	55	28	137.200	77.560
27	68	34	166.600	79.235



Şekil 5.25 1:100.000 ölçeği için sorunlu adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)



Şekil 5.26 1:100.000 ölçeği için yeni oluşan adalar (taralı) (Şekil ölçeği: 1:35.000)



Şekil 5.27 1:100.000 ölçeği için seçilen (mavi ve kırmızı) ve elenen (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000)

5.6.3.6 Yolların elenmesi ve yeniden topoloji oluşturulması

Son iki aşamada tespit edilen elenecek yollar 1:50.000 ve 1:100.000 ölçekleri için oluşturulmuş veri setlerinin hedef modellerinden silinmiştir. Geri kalanlara seçilen yollar olmuştur (Şekil 5.28 ve 5.29). Son olarak, yeniden topoloji oluşturularak adalara dayalı seçme/eleme işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 5.28 1:50.000 ölçeği için seçilen yollar



Şekil 5.29 1:100.000 ölçeği için seçilen yollar

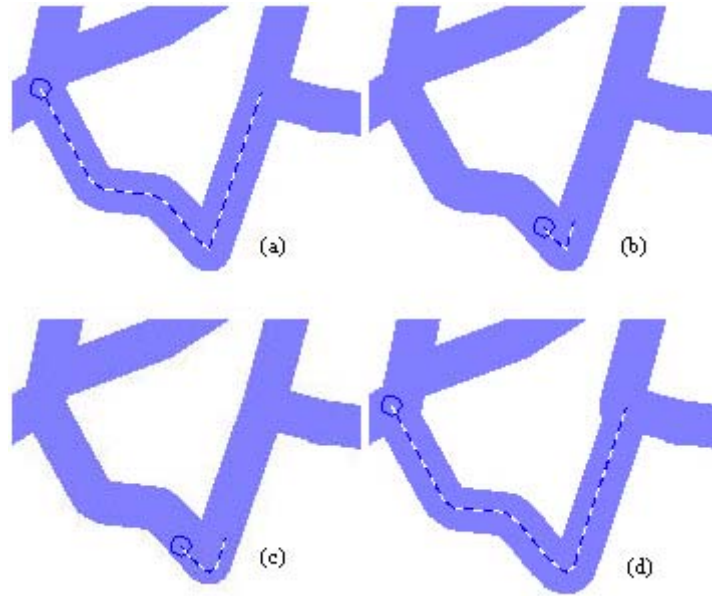
5.6.3.7 Karakterize etme

1:50.000 ve 1:100.000 ölçeklerinde seçme/eleme işlemi uygulandıktan sonra, yeniden topoloji oluşturulan yol parçalarından bazıları Bölüm 3.1.1’de açıklanan birleşme sorunlarını içermektedir. Bu tarz sorunlu yol parçalarından biri Şekil 5.30’da vurgulanarak gösterilmiştir. Yanda büyütülmüş olarak verilen kıvrımlı yolun dönüş yerinde birleşmeden dolayı işaret genişliği (siyah işaretli) normalden daha büyüktür.



Şekil 5.30 Topolojinin yeniden oluşturulması sonrası birleşme sorunu ortaya çıkan yol parçası

Uygulamada, ilgili yol parçalarına, *Radius Clarity* tarafından karakterize etme adına, *birleşen parçaları ayırt etme* algoritması ve *en büyük kıvrım* algoritması uygulanarak birleşme sorunları giderilmiştir. Şekil 5.30’da pencere içine alınan yol parçası için, bu iki algoritmanın uygulanmasındaki işlem adımları, Şekil 5.31’de gösterilmektedir.



Şekil 5.31 (a) Sorunlu yol parçası, (b) yol parçasının birleşen kısmı, (c) *en büyük kıvrım* algoritması sonucu ve (d) yol parçasının yeni (sorunsuz) hali

Karakterize etme işleminin 1:50.000 ve 1:100.000 ölçekleri için tüm yol ağındaki sonuçları Şekil 5.32 ve 5.33’de gösterilmektedir. Yol ağının binalar ile birlikte DTÖİY’ne göre

işaretleştirme yapılmış durumu Ek 5’de görünmektedir.



Şekil 5.32 1:50.000 ölçeği için karakterize etme işlemi sonuçları



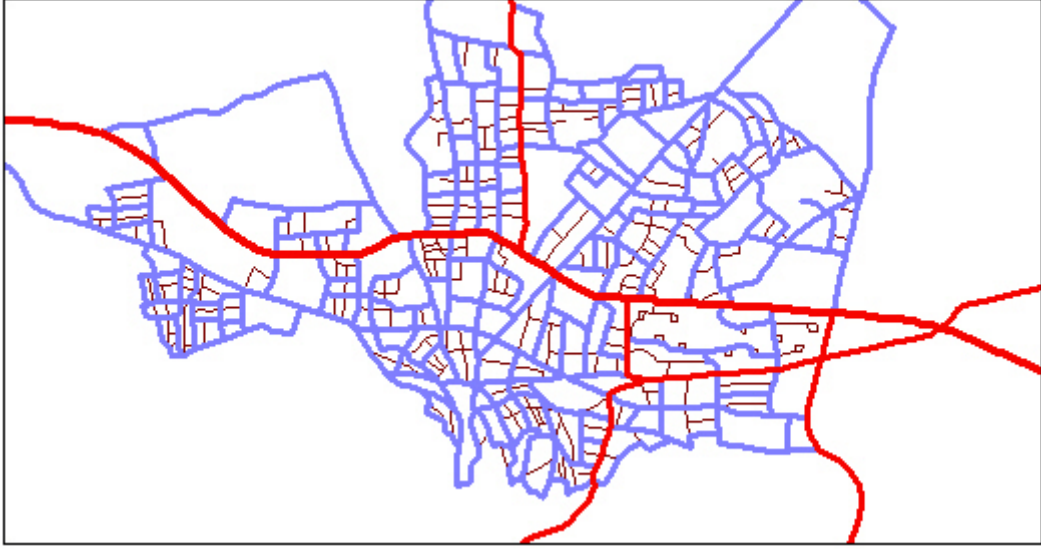
Şekil 5.33 1:100.000 ölçeği için karakterize etme işlemi sonuçları

5.7 Manuel Genelleştirme

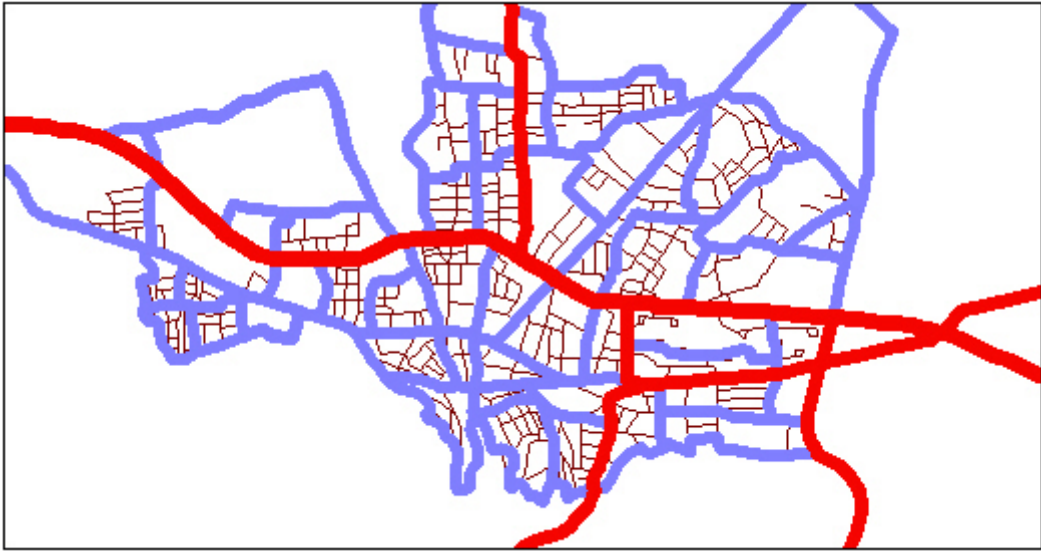
Yol ağları için geliştirilen seçme/eleme yaklaşımlarının birçoğu model genelleştirme yaklaşımlardır. Model genelleştirme veritabanında gerçekleştirildiğinden grafik çözünürlük dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle, tez çalışmasında elde edilen sonuçların, model genelleştirmeye dayalı otomatik genelleştirme yöntemleri ile karşılaştırılması yerine; grafik çözünürlükler dikkate alınarak gerçekleştirilen manuel genelleştirme sonuçlarıyla karşılaştırılması tercih edilmiştir.

Manuel genelleştirme kartografin yorumuna açık, öznel bir işlemdir. Genelleştirilen bölgenin durumuna göre iki ayrı kartografin genelleştirme sonuçlarının tamamen aynı olması beklenemez. Buna karşın, manuel işlemlerde genelleştirmeye bütüncül yaklaşılması önemli bir avantajdır.

Şekil 5.34 ve Şekil 5.35’de tecrübeli bir kartograf tarafından 1:50.000 ve 1:100.000 ölçekleri için seçme/eleme ile elde edilen yol ağları görünmektedir. Şekil 5.36 ve Şekil 5.37’de ise yalnız seçilen yol parçaları hedef ölçeklerde gösterilmiştir.



Şekil 5.34 1:50.000 ölçeği için manuel seçilen (mavi ve kırmızı) ve elenen (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000)



Şekil 5.35 1:100.000 ölçeği için manuel seçilen (mavi ve kırmızı) ve elenen (kahverengi) yollar (Şekil ölçeği: 1:35.000)



Şekil 5.36 1:50.000 ölçeği için manuel seçilen yollar



Şekil 5.37 1:100.000 ölçeği için manuel seçilen yollar

5.8 Uygulama Sonuçlarının Analizi

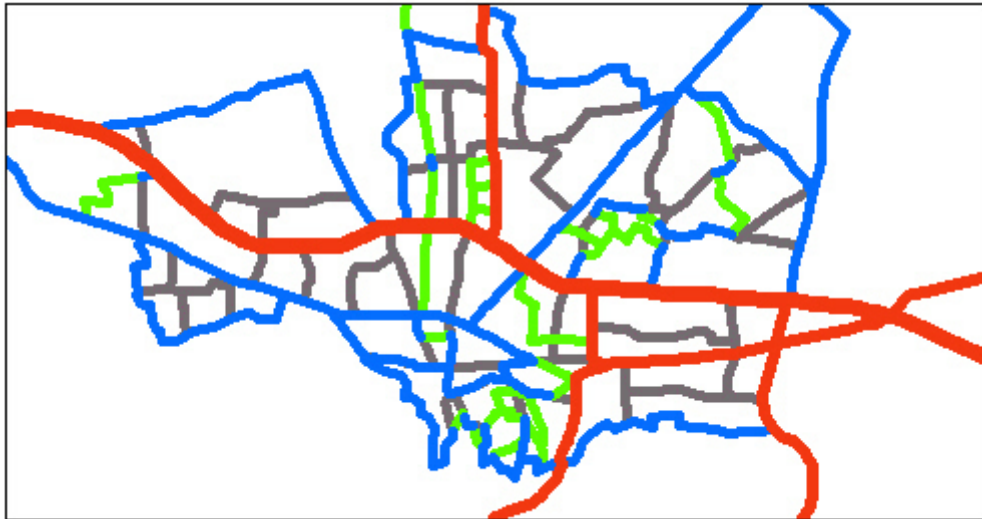
Uygulama sonuçları görsel ve niceliksel özellikler bakımından analiz edilmiştir.

5.8.1 Görsel analiz

KartoGenYol ile yapılan seçme/eleme sonuçlarının manuel seçme/eleme sonuçları ile şekilsel olarak karşılaştırılması için yol ağları 1:50.000 ve 1:100.000 ölçeğinde üst üste bindirilmiştir (Şekil 5.38 ve 5.39). KARAYOLU_S2 ve KARAYOLU_S3 sınıfındaki yollar (kırmızı) tamamen örtüşürken, KARAYOLU_YERLESIM_ICI ve KARAYOLU_YAY sınıfındaki yollar tamamen örtüşmemektedir. Ortaya çıkan farklılıklar aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir. Buna göre, maviler, her iki yöntemin ortak yolları; yeşiller, yalnız *KartoGenYol*'un seçtiği yolları; griler, yalnız manuel seçilen yolları göstermektedir.



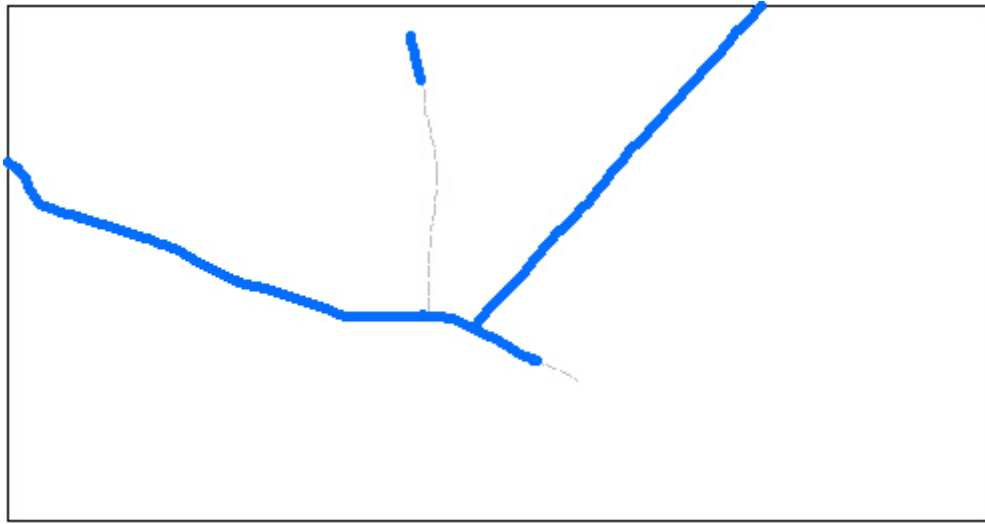
Şekil 5.38 1:50.000 ölçeği için *KartoGenYol* (kırmızı, mavi ve yeşil) ve manuel (kırmızı, mavi ve gri) seçme/eleme sonuçları



Şekil 5.39 1:100.000 ölçeği için *KartoGenYol* (kırmızı, mavi ve yeşil) ve manuel (kırmızı, mavi ve gri) seçme/eleme sonuçları

Şekilsel karşılaştırma; “önemli yolların korunması”, “binaların yerleştirilebileceği açıklığın sağlanması” ve “adalar bazında yerleşim bölgesini çevreleyen yolların korunması” bakımından yapılmıştır.

Önemli yolların korunması: 1:50.000 ölçeği için her iki yöntem ile yapılan uygulamada önemli yollar tamamen korunmuştur. Ancak, 1:100.000 ölçeği için *KartoGenYol* ile önemli yolların tamamı korunurken, manuel işlemde kısmen korunmuştur (Şekil 5.40).



Şekil 5.40 1:100.000 ölçeği için manuel işlemde korunmayan önemli yol parçaları (gri kesikli)

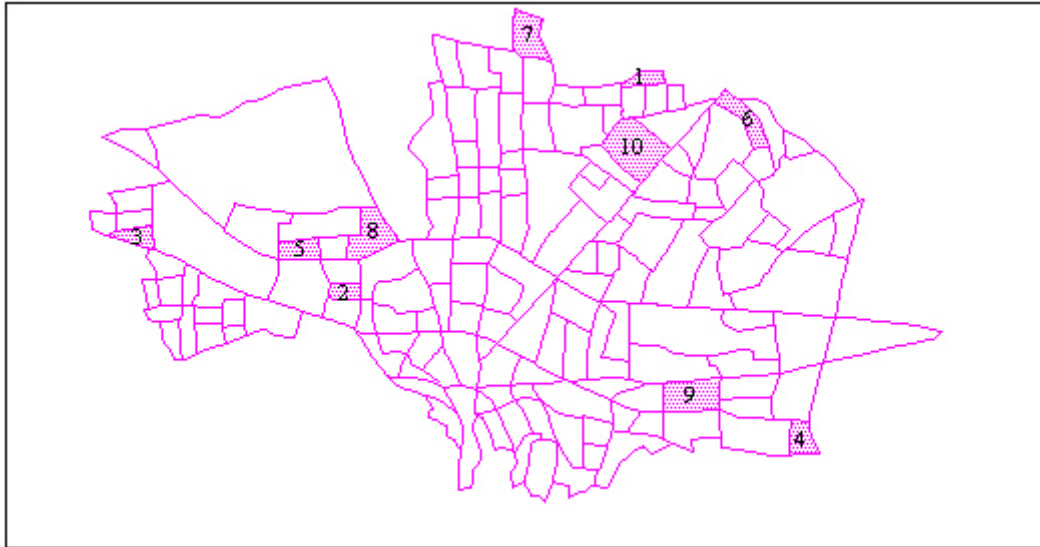
Binaların yerleştirilebileceği açıklığın sağlanması: Bu tez çalışmasındaki yaklaşıma göre, Çizelge 5.5 ve 5.6’da verilen ölçülerden anlaşılabilceği gibi manuel işlem sonucu ortaya çıkan adalara hedef ölçekler için hesaplanan sayıda bina işaretinin yerleştirilmesi mümkün değildir (Şekil 5.41 ve 5.42).

Çizelge 5.5 1:50.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen sorunlu adalar

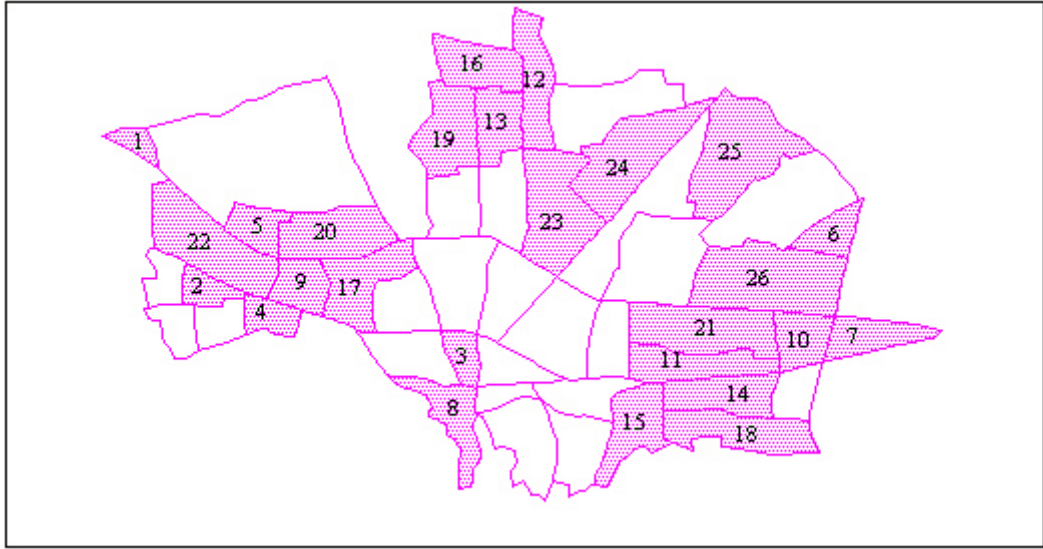
Ada no	Kaynak ölçekte bina sayısı	Hedef ölçekte		
		Bina sayısı	Toplam bina alanı [m ²]	Ada alanı [m ²]
1	7	5	6.125	2.434
2	7	5	6.125	3.534
3	5	4	4.900	3.686
4	8	6	7.350	6.495
5	9	6	7.350	7.252
6	10	7	8.575	7.910
7	19	13	15.925	13.102
8	20	14	17.150	17.014
9	26	18	22.050	20.593
10	49	35	42.875	34.026

Çizelge 5.6 1:100.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen sorunlu adalar

Ada no	Kaynak ölçekte bina sayısı	Hedef ölçekte		
		Bina sayısı	Toplam bina alanı [m ²]	Ada alanı [m ²]
1	5	2	9.800	1.097
2	8	4	19.600	8.743
3	8	4	19.600	8.969
4	12	6	29.400	10.286
5	18	9	44.100	13.626
6	14	7	34.300	14.393
7	15	8	39.200	15.342
8	11	6	29.400	17.480
9	12	6	29.400	21.030
10	22	11	53.900	21.298
11	35	18	88.200	23.876
12	41	20	98.000	24.773
13	20	10	49.000	26.782
14	42	21	102.900	31.896
15	26	13	63.700	32.237
16	26	13	63.700	34.761
17	40	20	98.000	38.841
18	30	15	73.500	39.827
19	29	14	68.600	47.235
20	43	22	107.800	50.585
21	45	22	107.800	62.810
22	48	24	117.600	74.326
23	56	28	137.200	75.424
24	72	36	176.400	77.377
25	45	22	107.800	102.208
26	63	32	156.800	111.709



Şekil 5.41 1:50.000 ölçeği için manuel işlem sonucuna göre hesaplanan sayıda bina işaretinin yerleştirilemeyeceği adalar (taralı)



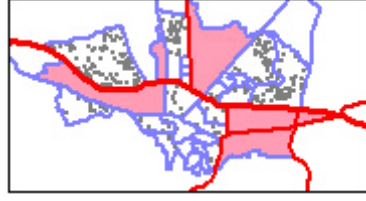
Şekil 5.42 1:100.000 ölçeği için manuel işlem sonucuna göre hesaplanan sayıda bina işaretinin yerleştirilemeyeceği adalar (taralı)

1:50.000 ölçeğinde *KartoGenYol* sonuçlarında, ada alanları toplam bina alanlarından büyüktür (Ek 3). 1:100.000 ölçeğindeyse *sadece* önemli yollar ile sınırlı olan bazı adaların gerekli büyüklüğe erişemediği tespit edilmiştir (Ek 4).

Şekil 5.43 ve 5.44'de *KartGenYol* ile seçilen yollardan sonra hedef ölçekte adalara yerleştirilen binalar görünmektedir. Bu binalar, *Seçme Kuralı* ile bulunan sayıda olup; bina genelleştirmesi bu çalışma kapsamı dışında tutulduğundan binaların yerleştirildiği yerler rastgele seçilmiştir.



Şekil 5.43 1:50.000 ölçeği için *KartoGenYol* ile seçilen yollar ve yolların sınırladığı adalar içine manuel olarak yerleştirilen binalar

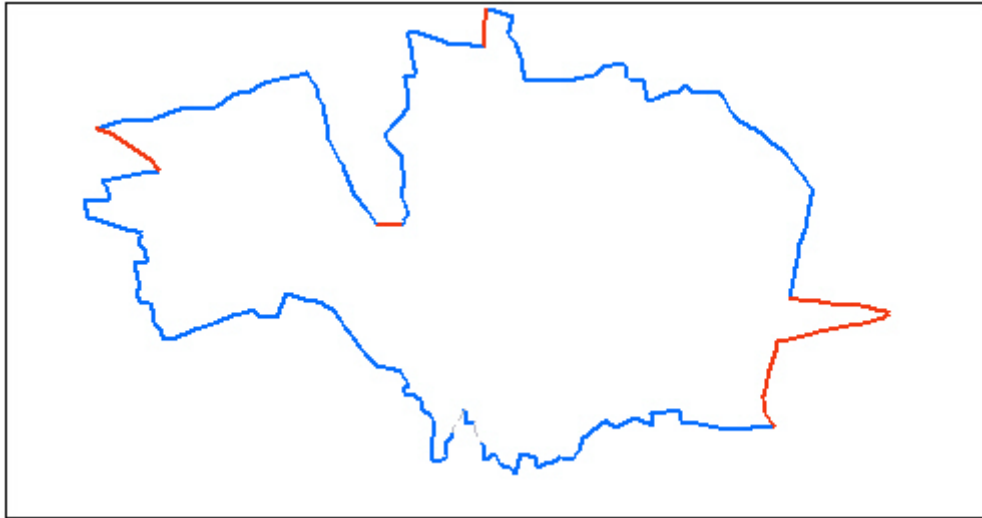


Şekil 5.44 1:100.000 ölçeği için *KartoGenYol* ile seçilen yollar, yolların sınırladığı adalar içine manuel olarak yerleştirilen binalar ve önemli yollar ile sınırlı sorunlu adalar (taralı)

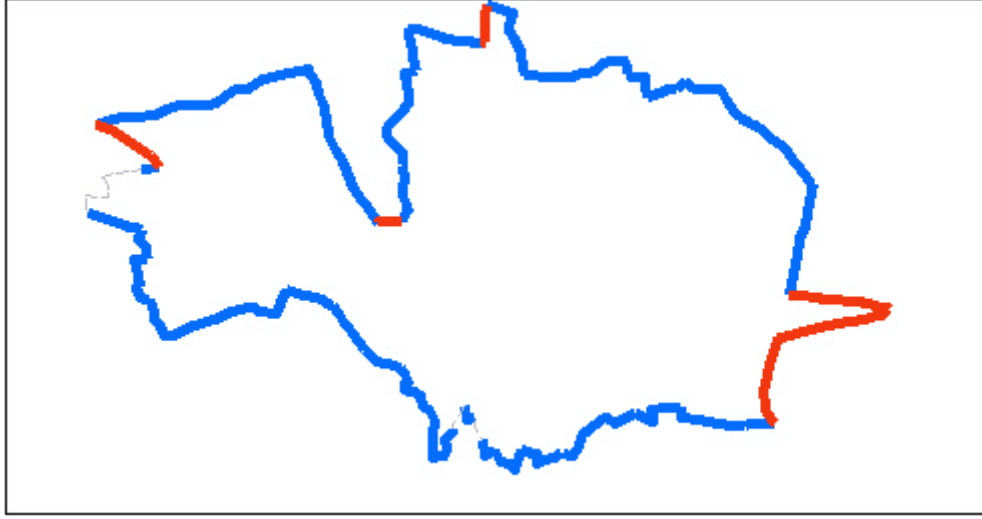
Şekil 5.44’de taralı olarak gösterilen alanlar *Seçme Kuralı* ile bulunan sayıda binanın yerleştirilemeyeceği adalardır. Buradaki bina ve taralı gösterimler bina genelleştirmesi yapacak kartografi bilgilendirme amaçlıdır. Yukarıda da bahsedildiği gibi, bina genelleştirmesi bu tez çalışmasının kapsamı dışında tutulmuştur.

KartoGenYol ile elde edilen sonuçlarda görünen diğer önemli husus; kaynak ölçekte binaların yoğun olduğu yerlerdeki yolların seçilmiş, az yoğun olduğu yerlerdeki yolların ise elenmiş olmasıdır. Bu durum, *KartoGenYol* ile yapılan seçme/eleme işlemlerinde binaların da göz önüne alınmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Adalar bazında yerleşim bölgesini çevreleyen yolların korunması: Manuel seçme/eleme işleminde, her iki hedef ölçek için de adalar bazında yerleşim bölgesini çevreleyen yolların tamamı korunamamıştır. Kartografin yorumuna dayalı olarak seçilmeyen yollar Şekil 5.45 ve 5.46’da gri kesikli çizgilerle gösterilmektedir.



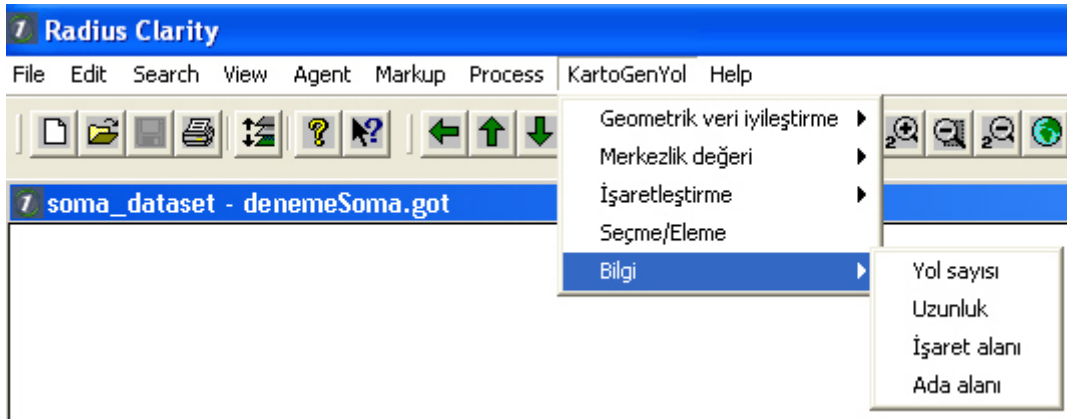
Şekil 5.45 1: 50.000 ölçeği için manuel işlem sonucuna göre adalar bazında yerleşim bölgesini çevreleyen yolların korunmayan kısımları (gri kesikli)



Şekil 5.46 1: 100.000 ölçeği için manuel işlem sonucuna göre adalar bazında yerleşim bölgesini çevreleyen yolların korunmayan kısımları (gri kesikli)

5.8.2 Niceliksel analiz

KartoGenYol ile ve manuel olarak yapılan seçme/eleme sonuçlarının niceliksel özellikler bakımından analizi için *KartoGenYol* menüsüne yerleştirilen “*Bilgi*” komutlarından yararlanılmıştır (Şekil 5.47).



Şekil 5.47 Bilgi komutları

Bilgi komutlarından “*Yol sayısı*”, seçilen yolların toplam sayısını; “*Uzunluk*”, seçilen yolların toplam uzunluk bilgisini; “*İşaret alanı*”, seçilen yol işaretlerinin kapladığı toplam alan bilgisini; “*Ada alanı*”, seçilen adaların toplam alan bilgisini vermektedir. Bu komutlar kullanılarak, adalar ve yollar için niceliksel özellikleri ortaya koyan iki ayrı çizelge oluşturulmuştur.

1:50.000 ve 1:100.000 ölçekleri için *KartoGenYol* ile seçilen yollara bağlı olarak ortaya çıkan adaların niceliksel özellikleri Çizelge 5.7’de görünmektedir. Ayrıca, karşılaştırma yapılabilmesi için kaynak haritada olan ve manuel seçme/eleme işlemi uygulanan yollara bağlı olarak ortaya çıkan adaların niceliksel özellikleri de aynı çizelgede verilmektedir.

Çizelge 5.7 Kaynak ve hedef modellerdeki adaların niceliksel özellikleri

Ada		Kaynak	Hedef			
			<i>KartoGenYol</i>		<i>Manuel</i>	
		1:25.000	1:50.000	1:100.000	1:50.000	1:100.000
Sayı	Adet	355	221	28	153	48
	%	100	62,3	7,9	43,1	13,5
Alan	Ha	415,4	415,4	415,4	414,3	409,4
	%	100	100	100	99,7	98,6

KartoGenYol ile yapılan seçme/eleme işlemine bağlı olarak adaların 1:50.000 ölçeği için %37,7’si ve 1:100.000 ölçeği içinse %92,1’i diğer adalarla birleştirilmiştir. Bu oranlar manuel işlemde %56,9 ve %86,5 olmuştur. Dolayısıyla, *KartoGenYol*, 1:50.000 hedef ölçeği için manuel seçme işlemine göre daha fazla yol parçasını korumuştur. 1:100.000 ölçeğinde ise daha fazla yol parçasını elimine etmiştir. Bunun nedeni, 1:100.000 ölçeğinde binaların yerleştirilebilmesi için daha fazla alana ihtiyaç olmasıdır.

KartoGenYol sonuçlarına göre adaların toplam alanları her iki hedef ölçek içinde değişmemiş, ancak manuel işlem sonuçlarına göre 1:50.000 ölçeğinde %0,3’lük; 1:100.000 ölçeğinde %1,4’lük bir azalma meydana gelmiştir. Bu azalmanın nedeni, ada bazında yerleşim bölgesini çevreleyen (adalar topluluğunun dış sınırını oluşturan) yolların kartograf tarafından manuel seçme/eleme işlemde tam olarak korunmamasıdır.

1:50.000 ve 1:100.000 ölçekleri için her iki yöntemle (*KartoGenYol* ve manuel) ortaya çıkan sonuçların (seçilen ve elenen yol parçalarının) niceliksel özellikleri (sayı, uzunluk, işaret alanı, siyah/beyaz oranı: yol işaretlerinin kapladığı toplam alanın bölge alanına oranı (Gülgen ve Gökgöz, 2008b)), kaynak modeldeki 1:25.000 ölçekli yol ağının niceliksel özellikleri ile birlikte Çizelge 5.8’de verilmiştir. Seçme/eleme işlemi yol parçası bazında yapıldığından, yeniden topoloji oluşturulmadan önceki yol parçalarının niceliksel özelliklerinin gösterilmesi tercih edilmiştir.

1:50.000 ölçeği için *KartoGenYol*, manuel işleme göre daha az sayıda yol parçasını elemiştir. Elenen yol parçalarının sınıfları incelendiğinde, hem manuel işlem ile hem de *KartoGenYol* ile sadece KARAYOLU_YERLESIM_ICI sınıfından bazı yol parçalarının elendiği görülmektedir. Uzunluk, işaret alanı ve siyah/beyaz oranı özellikleri de sayı özellikleri ile paralellik göstermektedir.

1:100.000 ölçeği için manuel işlem ile yalnızca KARAYOLU_YERLESIM_ICI sınıfından yol parçalarının, *KartoGenYol* ile hem KARAYOLU_YERLESIM_ICI hem de KARAYOLU_YAY sınıfından yol parçalarının elendiği görülmektedir. Uzunluk, alan ve siyah/beyaz oranı özellikleri de sayı özellikleri ile paralellik göstermektedir.

Karakterize etme işlemi Clarity'nin bir fonksiyonu olduğundan manuel işlem sonuçlarına uygulanmamış ve niceliksel özellikleri verilmemiştir. Karakterize etme işlemi, *KartoGenYol* ile seçilen yol parçaları ile yeniden topoloji oluşturulması sonucu ortaya çıkan yol parçalarına uygulanmıştır. Yeniden topoloji oluşturulduğunda 1: 50.000 ölçeği için toplam yol parçası sayısı 1.028'den 700'e, 1:100.000 ölçeği için 1.028'den 156'ya düşmüştür.

Karakterize etme işlemi, 1:50.000 ölçeği için *KartoGenYol* ile seçilen yollardan 135'inin geometrisinin değişmesine neden olmuştur. Karikatürleştirilen yol parçalarının toplam uzunlukları %0,1 ve işaret alanları %0,2 artmıştır. Karakterize etme işlemi, 1:100.000 ölçeği için *KartoGenYol* ile seçilen yollardan 35'inin geometrisinin değişmesine neden olmuştur. Karikatürleştirilen yol parçalarının toplam uzunlukları %0,2 ve işaret alanları %0,5 artmıştır.

Seçilecek yol parçası sayıları *Seçme Kuralı* eşitliğine göre hesaplandığında, 1:50.000 ölçeği için 727; 1:100.000 ölçeği için 514 sayıları elde edilmektedir. Bu değerlere göre, *Seçme Kuralı* tarafından seçilmesi önerilen yol parçası sayısı, 1:50.000 ölçeği için *KartoGenYol* ile seçilen toplam yol sayısından 126; manuel olarak seçilen yol sayısından 32 adet daha azdır. 1:100.000 ölçeği için *Seçme Kuralı*'na göre seçilmesi önerilen yol parçası sayısı ise *KartoGenYol* ve manuel olarak seçilen yol sayılarından sırasıyla 150 ve 50 adet daha fazladır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen yol ağı seçme/eleme yaklaşımı, 1:25.000 temel ölçeğinden 1:50.000 ve 1:100.000 hedef ölçeklerine geçişte, kartografik açıdan uygun bir gösterim için yol işaretlerinin abartılmasından kaynaklanan adalara ilişkin sorunların giderilmesine dayalı bir yaklaşımdır. Adalara ilişkin sorunların giderilmesi için birleştirme yoluyla ada alanları genişletilmektedir. Böylece birleşen adaların içinde kalan yollar elimine edilmiş ve daha okunaklı bir yol ağı elde edilmiş olmaktadır. Bu yaklaşımda yolların elenmesi, adaların birleştirilmesi işleminin doğal bir sonucudur.

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen adalara dayalı yeni seçme/eleme yaklaşımı model genelleştirmeyi temel alan seçme/eleme yaklaşımlarına ve adalara dayalı diğer seçme/eleme yaklaşımlarına göre önemli farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Önemli yolların belirlenmesinde bağlılık bakımından merkezlik ölçütü kullanılmıştır.
- Bağlılık bakımından merkezlik değerine göre eşik değerin belirlenmesi için bir eşitlik geliştirilmiştir.
- Bağlılık bakımından merkezlik değeri geliştirilen eşik değerin üstünde olan yollar doğrudan seçilmiş; altında olan yollar ise adalara dayalı olarak elenmiştir.
- Bu çalışma kapsamında ada birleştirme işlemleri için geliştirilen *düşük ağırlıklı sınır* algoritmasıyla, sorunlu adayı sınırlandıran *yolların* ya da *yol parçalarının ait oldukları yolların* uzunlukları dikkate alınmıştır.
- Bina bulunmayan adalar için hedef ölçekte en küçük alan obje büyüklüğü bir koşul olarak dikkate alınmıştır.
- Bina bulunan adalar için ilk aşamada hedef ölçekte en az bir bina işaretinin yerleştirilebileceği açıklıklar sağlanmıştır.
- Bina bulunan adalar için ikinci aşamada hedef ölçekte bina sayılarına göre işaretlerin tamamının yerleştirilebileceği *açıklıklarda alan* sağlanmıştır.

Yeni seçme/eleme yaklaşımı sayesinde, uzun ve önemli yollar ile ada bazında yerleşim alanını çevreleyen yollar korunmuş ve işaretleştirmeden kaynaklanan adalara ilişkin kartografik sorunlar (adaların tamamen yollar ile örtülmesi, ayırt edilemeyecek kadar küçük ve/veya Seçme Kuralına göre gösterilmesi gereken sayıda binanın gösterilemeyeceği kadar küçük adalar ortaya çıkması) giderilmiştir. Hedef haritanın amacına hizmet edecek ve kullanıcı beklentilerini karşılayacak ölçüde daha sade ve okunaklı bir yol ağı elde edilmiştir. Bu yeni seçme/eleme yaklaşımı, yollar ile beraber binalar da dikkate alındığından, daha bütüncül bir yaklaşım olarak nitelendirilebilir. Tez kapsamında yapılan uygulamalarda genellikle binaların yoğun olduğu yerlerdeki yolların seçilmiş olması bütüncül bir yaklaşım olduğunu doğrular niteliktedir.

Bununla birlikte yapılan uygulamalarda iki sorun görünmektedir. Birinci sorun, bir grup binanın yer aldığı bir bölgede seçilen iki yol arasında hedef ölçekte bina işaretlerinin yerleştirilebilmesi için gerekli açıklıktan daha az açıklık olmasıdır. Bu sorun; “*bu bölgedeki binalar gösterilmeyerek*”, “*binalar ötelenerek*” ya da “*yollar ötelenerek*” çözülebilir. İkinci sorun, “*bina bulunmayan birkaç adanın dar açılı köşelerinde birleşen yollarda örtüşmeler olması*”dır. Bu sorun karakterize etme işlemi ile giderilebilir. *Radius Clarity*’nin bu işlevi yerine getirecek geometrik dönüşüm algoritmaları mevcuttur. Ancak bu algoritmalar yol bazında çalıştığından, böyle bir karakteristik şekil iki farklı yol ile meydana geldiğinde algoritmalar başarılı olamayabilir. Bu sorunu gidermek için bu gibi karakteristik şekilleri meydana getiren yollar bütünleştirilerek tek bir yol haline getirildikten sonra *Radius Clarity*’de sorunlar çözülebilir.

Yapılan uygulamalarda ortaya çıkan sorunlar, kartografik seçme/eleme işleminin yol ağı genelleştirmesi için tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Seçme/eleme işlemiyle birlikte öteleme ve karakterize etme gibi işlemlere de gereksinim duyulmaktadır. Bu bağlamda, gelecek çalışmalarda seçilerek elde edilen yol ağındaki sorunların giderilebilmesi için, tezde önerilen kartografik seçme/eleme işleminin yanı sıra, daha kapsamlı öteleme ve karakterize etme yaklaşımları geliştirilmesi üzerinde çalışılmalıdır.

KAYNAKLAR

- 1Spatial, (2007a), "Concepts in Clarity", Issue 1.3 for Clarity V2-6, 1Spatial Group Limited, Cambridge, United Kingdom.
- 1Spatial, (2007b), "Clarity cookbook", Issue 1 for Clarity V1.0, 1Spatial Group Limited, Cambridge, United Kingdom.
- 1Spatial, (2007c), "Clarity reference guide", Issue 1 for Clarity V1.0, 1Spatial Group Limited, Cambridge, United Kingdom.
- Avcı, M., (2009), "1:25.000 – 1:100.000 ölçek aralığında yol objelerinin seçme-eleme işlemlerinin otomasyonu", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bank, E., (1998), "Büyük ölçekli haritalardan bilgisayar destekli genelleştirme ile küçük ölçekli harita üretimi", Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Barrault, M., Regnault, N., Duchene, C., Haire, K., Baeijs, C., Demazeau, Y., Hardy, P., Mackaness, W., Ruas, A., ve Weibel, R. (2001), "Integrating multi-agent, object-oriented, and algorithmic techniques for improved automated map generalisation", Proceedings of the 20th International Conference of Cartography, ICA, Beijing, China, vol.3, pp. 2110-2116.
- Başaraner, M., (2005), "Nesne yönelimli coğrafi bilgi sistemi ortamında orta ölçekli topografik haritalar için bina ve yerleşim alanlarının otomatik genelleştirilmesi", Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Başaraner, M., ve Selçuk, M., (2007), "Çok ajanlı sistemler ve kartografik genelleştirme", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan, Ankara.
- Bildirici, İ.Ö., (2000), "1:1 000 – 1:25 000 ölçek aralığında bina ve yol objelerinin sayısal kartografik genelleştirmesi", Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bildirici, İ.Ö. ve Uçar, D., (1996), "Coğrafi bilgi sistemleri ve genelleştirme", 6. Harita Kurultayı, Ankara, Mart 1996, pp.75-85.
- Bildirici, İ.Ö. ve Uçar, D., (2000), "Sayısal kartografyada genelleştirme yaklaşımları", YTÜ Dergisi, Sayı:3, 69-88.
- Bobzien, M., ve Morgenstern, D., (2003), "Abstracting model generalization: a comprehensive approach towards automated generalization", Proceedings of the 21th International Cartographic Conference (ICC), 10-16 August, Durban, South Africa.
- Brassel, K.E. ve Weibel, R., (1988), "A review and conceptual framework of Automated map generalization", International Journal of Geographical Information Systems, 2(3), 229-244.
- Chaudhry, O., ve Mackaness W.A., (2008), "Automated identification of urban settlement boundaries for multiple representation databases", Computers, Environment and Urban Systems, 32, pp.95-109.
- Doğru, A.Ö., (2009), "Çoklu gösterim veritabanları kullanılarak araç navigasyon haritası tasarımı için kartografik yaklaşımlar", Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Douglas, D.H., ve Peucker, T.K., (1973), "Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature", The Canadian Cartographer Journal, 10(2), pp.112-122.

- Duchene, C., Barrault, M., ve Haire, K., (2001), "Road network generalization: a multi-agent system approach", Proceedings of the 20th International Cartographic Conference of Cartography, ICA, Beijing, China, vol.3, pp.2166-2177.
- Duchene, C. (2004), "Generalisation cartographique par agents communicants: le modele CartACom", PhD thesis, University Pierre et Marie Curie Paris VI, COGIT Laboratory, <ftp://ftp.ign.fr/ign/COGIT/THESES/>
- Dutton, G., (1999), "Scale, sinuosity, and point selection in digital line generalization", Cartography and Geographic Information Science, 26(1), pp. 33-53.
- Edwards, A., ve Mackaness, W., (2002), "Intelligent generalisation of urban road networks", Proceedings of Geographical Information Systems Research UK 2000 Conference (GISRUK 2000), University of York, April 5-7, pp.81-85.
- Egenhofer, M., ve Frank, A., (1992), "Object-oriented modelling for GIS", Journal of the Urban and Regional Information Systems Association, 42, pp. 3-19.
- Gaffuri, J., (2006), "How to merge optimization and agent-based techniques in a single generalization model?", Workshop of ICA Commision on Map Generalisation and Multiple Representation, June 25th 2006, Vancouver, United States, <http://ica.ign.fr/Portland/paper/ICA2006-Gaffuri.pdf>.
- Gökgöz, T., (1999), "Yükseklik eğrilerinin basitleştirilmesinde yeni bir yaklaşım", Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Guilbert, E., ve Saux, E., (2008), "Cartographic generalization of lines based on a B-spline snake model", International Journal of Geographical Information Science, 22(8), 847-870.
- Gülgen, F., ve Gökgöz, T., (2007), "Çok-uyarlayıcıli sistemde yol verileri için kartografik genelleştirme uygulaması", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası - Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim -02 Kasım, KTÜ, Trabzon.
- Gülgen, F., ve Gökgöz, T., (2008a), "Cartographic generalization and agent technology for road data", 2nd International Conference on Cartography and GIS, 21-24 January, Borovets, Bulgaria.
- Gülgen, F., ve Gökgöz, T., (2008b), "Selection of roads for cartographic generalization", ISPRS Congress Beijing 2008, China, Volume XXXVII, Part B4, pp.615-620.
- Harrie, L., ve Weibel, R., (2007), "Modelling the overall process of generalisation", In: Mackaness, W.A., Ruas, A., and Sarjakoski, L.T., (ed.) Generalisation of geographic information: cartographic modelling and applications, International Cartographic Association (ICA), Elsevier, pp.67-87.
- Heinzle, F., Anders, K.-H., ve Sester, M., (2005), "Graph based approaches for recognition of patterns and implicit information in road networks", 22th ICA International Cartographic Conference, 9-16 July, A Coruna, Spain, 2005.
- Heinzle, F., ve Anders, K.-H., (2007), "Characterising space via pattern recognition techniques: identifying patterns in road networks", In: Mackaness, W.A., Ruas, A., and Sarjakoski, L.T., (eds.) Generalisation of geographic information: cartographic modelling and applications, International Cartographic Association (ICA), Elsevier, pp.233-253.
- Herring, J., (1992), "TIGRIS: a data model for an object-oriented geographic information system", Computers and Geosciences, 18(4), pp.443-452.

- Hillier B., ve Hanson, J., (1984), "The Social Logic of Space", Cambridge University Press, Cambridge.
- Jiang, B., (2004), "Spatial clustering for mining knowledge in support of generalization process in GIS" In: ICA Workshop on Generalisation and Multiple representation, 20-21 August 2004, Leicester, <http://ica.ign.fr/Leicester/paper/Bin-v2-ICAWorkshop.pdf>.
- Jiang, B., ve Claramunt, C., (2004a) "A structural approach to the model generalization of an urban street network", *GeoInformatica*, 8(2), pp. 157-172.
- Jiang, B., ve Claramunt, C., (2004b) "Topological analysis of urban street networks", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31, pp. 151-162.
- Jiang, B., ve Harrie, L., (2004), "Selection of streets from a network using self-organizing maps", *Transactions in GIS*, 8(3), pp.35-350.
- Karaş, İ.R., (2007), "Objelerin Topolojik İlişkilerinin 3B CBS ve Ağ Analizi Kapsamında Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kufoniya, O., (1995), "An introduction to object oriented data structures". *ITC Journal*, Vol.1, pp. 1-7.
- Lagrange, F., Landars, B., ve Mustiere, S., (2000), "Machine learning techniques for determining parameters of cartographic generalisation algorithms", *ISPRS*, Vol. XXXIII, Part B4, Amsterdam, 2000, pp.718-725.
- Lamy, S., Ruas, A., Demazeau, Y., Jackson, M., Mackaness, W.A., ve Weibel, R., (1999), "The application of agents in automated map generalisation", *Proceedings of the 19th International Cartographic Conference of Cartography*, Ottawa, Canada, vol.2, pp.1225-1234.
- Lecordix, F., Regnault, N., Meyer, M., ve Fechir, A., (2005), "MAGNET consortium", 8th ICA WORKSHOP on Generalisation and Multiple Representation, A Coruna, July 7-8th, 2005, http://ica.ign.fr/Acoruna/Papers/Lecordix_Regnault_et_al.pdf.
- Lecordix, F., Trevisan, J., Gallic, J.-M. L., ve Gondol, L., (2006), "Clarity experimentations for cartographic generalisation in production", *Workshop of ICA Commission on Map Generalisation and Multiple Representation*, June 25th 2006, <http://aci.ign.fr/Portland/paper/ICA2006-Lecordix.pdf>.
- Li, Z., ve Choi, Y.H., (2002), "Topographic map generalization: association of road elimination with thematic attributes", *The Cartographic Journal*, 39(2), pp.153-166.
- Li, Z., (2007a), "Digital map generalization at the age of enlightenment: a review of the first forty years", *The Cartographic Journal*, 44(1), pp.80-93.
- Li, Z., (2007b), "Algorithmic foundation of multi-scale spatial representation", CRC Press, Taylor&Francis Group, Boca Raton, 179p.
- Mackaness, W.A., (1995), "Analysis of urban road networks to support cartographic generalization", *Cartography and Geographic Information Systems*, 22(4), pp. 306-316.
- Mackaness, W.A., ve Beard, M.K., (1993), "Use of graph theory to support map generalization", *Cartography and Geographic Information Systems*, 20(4), pp. 210-221.
- Mackaness, W.A., ve Mackechnie, G.A., (1999), "Automating the detection and simplification of junctions in road networks", *GeoInformatica*, 3(2), pp.185-200.

- Mackaness, W.A., ve Edwards, G., (2002), "The importance of modelling pattern and structure in automated map generalisation", Joint ISPRS/ICA workshop on Multi-Scale Representations of Spatial Data, 7-8 July 2002, Ottawa, Canada, <http://www.ikg.uni-hannover.de/isprs/workshop/macedwards.pdf>
- Morisset, B., ve Ruas, A., (1997), "Simulation and agent modelling for road selection in generalization", Proceedings of the 18th ICA/ACI International Cartographic Conference, Stockholm, Sweden, June 23-27, 3, 1376-1380.
- McMaster, R., ve Shea, S., (1992), "Generalization in digital cartography", Washington D.C.: AAG.
- Muller, J.-C., (1991), "Generalization of spatial databases", In: Maguire, D.J., Googchild, M.F., ve Rhind, D.W., (eds), Geographical Information Systems: Principles and Applications. Essex, U.K.: Longman, pp. 457-475.
- Mustiere, S., (2005), "Cartographic generalization of roads in a local and adaptive approach: a knowledge acquisition problem", International Journal of Geographical Information Science, 9(8-9), pp. 937-955.
- Neuffer, D., Bell, M., ve Woodsford, P., (2004), "Cartographic generalisation on the basis of model generalisation", Symposium Praktische Kartographie Königslutter, 17th - 19th May 2004.
- Ormsby, D., ve Mackaness, W., (1999), "The development of phenomenological generalization within an object-oriented paradigm", Cartography and Geographic Information Science, 26(1), pp. 70-80.
- Peng, W., ve Müller, J.C., (1996), "A dynamic decision tree structure supporting urban road network automated generalization", The Cartographic Journal, 33(1), 5-10.
- Plazanet, C., Bigolin, N.M., ve Ruas, A., (1998), "Experiments with learning techniques for spatial model enrichment and line generalization", GeoInformatica 2(4), 315-333.
- Regnauld, N., ve McMaster, R.B., (2007), "A synoptic view of generalisation operators", In: Mackaness, W.A., Ruas, A., and Sarjakoski, L.T., (ed.) Generalisation of geographic information: cartographic modelling and applications, International Cartographic Association (ICA), Elsevier, pp.37-66.
- Richardson, D.E., ve Thomson, R.C., (1996), "Integrating thematic, geometric, and topologic information in the generalization of road networks", Cartographica, 33(1), 75-83.
- Richardson, D.E., ve Mackaness, W.A., (1999), "Computational processes for map generalization", Cartography and Geographic Information Science, 26(1), pp. 3-5.
- Robinson, A.H., Sale, R., ve Morrison, J.L., (1978) Elements of Cartography. NewYork: Willey&Sons.
- Robinson, A.H., Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., (1995) Elements of Cartography. 5th ed., NewYork: Willey&Sons, pp. 449-473.
- Ruas, A., (1998), "A method for building displacement in automated map generalisation", International Journal of Geographical Information Science, 12(8), pp. 789-803.
- Ruas, A., (1999), Modele de generalisation de donnees geographiques a base de contraintes et d'autonomie", PhD thesis, Marne la Vallee University.

Ruas, A., ve Duchene, C., (2007), "A prototype generalisation system based on the multi-agent system paradigm", In: Mackaness, W.A., Ruas, A., and Sarjakoski, L.T., (ed.) Generalisation of geographic information: cartographic modelling and applications, International Cartographic Association (ICA), Elsevier, pp.269-284.

Selkirk, K. E., (1982), "Pattern and place an introduction to the mathematics of geography", Cambridge University Press, Cambridge.

Theobald, D.M., (2001), "Topology revisited: representing spatial relations", International Journal of Geographical Information Science, 15(8), 689-705.

Thomson, R.C., ve Brooks, R., (2007), "Generalisation of geographical networks", In: Mackaness, W.A., Ruas, A., and Sarjakoski, L.T., (ed.) Generalisation of geographic information: cartographic modelling and applications, International Cartographic Association (ICA), Elsevier, pp.37-66.

Thomson, R.C., ve Richardson, D.E., (1995), "A graph theory approach to road network generalization", In: Proc. of the 17th International Cartographic Conference, vol.2, Barcelona, Spain, September 3-9, 1995, pp.1871-1880.

Thomson, R.C., ve Richardson, D.E., (1999), "The 'Good Continuation' principle of perceptual organization applied to the generalization of road networks", In: Keller, C.P. (eds.), Proceedings, 19th International Cartographic Conference, Ottawa, Canada, August 14-21, 2, pp.1215-1223.

Töpfer, F., ve Pillewizer, W., (1966), "The principles of selection", The Cartographic Journal, 3(1), pp.10-16.

Weibel, R., ve Dutton, G., (1999), "Generalizing spatial data and dealing with multiple representations", In: Longley, P., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W. (eds.). Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, Second Edition. Cambridge, GeoInformation International, pp.125-155.

Weibel, R., ve Jones, C. B., (1998), "Computational perspectives on map generalization", GeoInformatica, 2 (4), pp. 307–315.

Woodsford, P., (1995), "Object Orientation, cartographic generalization and multi-product databases", In: Proceedings of the 17th International Cartographic Association, Barcelona, Spain, 1, pp.1054-1058.

Worboys, M., (1994), "Object-oriented approaches to geo-referenced information", International Journal of Geographical Information Systems, 8(4), pp. 385-399.

Worboys, M., (1995), "GIS: a computing perspective", Taylor&Francis, 376p.

Zhang, Q., (2004), "Modelling structure and patterns in road network generalization", ICA Workshop on Generalisation and Multiple representation, 20-21 August 2004, Leicester, <http://ica.ign.fr/Leicester/paper/Zhang-v2-ICAWorkshop.pdf>.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87izge_Kuram%C4%B1

[2]

http://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6nigsberg%27in_yedi_k%C3%B6pr%C3%BCs%C3%BC#cite_note-0

- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/Pattern>
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Minimum_spanning_tree
- [5] <http://www.dgiwg.org/digest/>

EKLER

- Ek 1 BuildingSchema.java örnek program kodu
- Ek 2 Seçme/Elemeye ayarları
- Ek 3 50.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen adalar
- Ek 4 100.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen adalar (sorunlu adalar gri)
- Ek 5 1:50.000 ve 1:100.000 hedef ölçekleri için *KartoGenYol* ile seçilmiş ve *Radius Clarity* yardımıyla karikatürleştirilmiş yol nesnelerinin uygun işaret ve renklerle gösterimi (Bina genelleştirmesi yapılmamış, genel fikir vermesi açısından hesaplanan sayıda işaret el ile kabaca yerleştirilmiştir.)

Ek 1 BuildingSchema.java örnek program kodu

[illegible]

```

        subClassDict);

        // Store on the metaclass value
        metaClass.setValue("__agent_app",
            "__gen_schema_source_classes",
            subClassDict);

        return "";
    }
    catch (GothicException e)
    {
        e.printStackTrace();
        return "**** WARNING : Failed to setup
__gen_schema_target_classes";
    }
    finally
    {
        if (subClassSet != null)
            subClassSet.destroy();
        if (subClassDict != null)
            subClassDict.destroy();
    }
}

/**
 * Sets up the properties in the application model.
 */
private String setupClassProperties()
{
    Dict classPropertyDict = null;
    Set propertySet = null;

    try
    {
        classPropertyDict = new Dict(Dt.STRING, Dt.SAFE_DESCRIPTOR);

        // "" (top level)
        propertySet = new Set(Dt.STRING);

        propertySet.addElement("FCODE");
        propertySet.addElement("FNAME");
        propertySet.addElement("TRA_LW_");
        propertySet.addElement("YOL_ID");
        propertySet.addElement("TRA_LW_ID");
        propertySet.addElement("SYMBOL");
        propertySet.addElement("PNAME");
        propertySet.addElement("VALUE");

        classPropertyDict.addElement("", propertySet);
        propertySet.destroy();

        // Store on the metaclass value
        metaClass.setValue("__agent_app",
            "__gen_schema_class_properties",
            classPropertyDict);

        return "";
    }
    catch (GothicException e)
    {
        e.printStackTrace();
    }
}

```

```

        return "**** WARNING : Failed to setup
__gen_schema_class_properties";
    }
    finally
    {
        if (classPropertyDict != null) classPropertyDict.destroy();
        if (propertySet != null) propertySet.destroy();
    }
}

/**
 * Sets up the property types of properties in the application
 * model.
 */
private String setupPropertyTypes()
{
    Dict propertyTypes = null;

    try {
        // Non string property types only
        propertyTypes = new Dict(Dt.STRING, Dt.INTEGER);

        // top level
        propertyTypes.addElement("FCODE", new Integer(Dt.STRING));
        propertyTypes.addElement("FNAME", new Integer(Dt.STRING));
        propertyTypes.addElement("TRA_LW_", new Integer(Dt.REAL));
        propertyTypes.addElement("YOL_ID", new Integer(Dt.INTEGER));
        propertyTypes.addElement("TRA_LW_ID", new Integer(Dt.INTEGER));
        propertyTypes.addElement("SYMBOL", new Integer(Dt.INTEGER));
        propertyTypes.addElement("PNAME", new Integer(Dt.STRING));
        propertyTypes.addElement("VALUE", new Integer(Dt.STRING));

        // Store on the metaclass value
        metaClass.setValue("__agent_app",
                           "__gen_schema_property_types",
                           propertyTypes);

        return "";
    }
    catch (GothicException e)
    {
        e.printStackTrace();
        return "**** WARNING : Failed to setup
__gen_schema_property_types";
    }
    finally
    {
        if (propertyTypes != null)
            propertyTypes.destroy();
    }
}

/**
 * Process to setup the metaclass values to describe the application
 * model.
 * <p>
 * The following metaclass values are setup:
 * <ul>
 * <li> __gen_schema_source_prefix
 * <li> __gen_schema_target_prefix
 * <li> __gen_schema_source_classes
 * <li> __gen_schema_target_classes

```

```

* <li> __gen_schema_class_properties
* <li> __gen_schema_property_types
* <li> __gen_schema_target_inheritance
* <ul>
*
* <p>
* This is the method behaviour for the
* __genschema_process__null_setup_schema process method on the
* __agent_app class.
*
* @return empty string if successful, error message otherwise
*/
public String nullSetupSchema()
{
    String msg;

    // Get the metaclass for this version
    version = this.getVersion();
    metaClass = MetaClass.forVersion(version);

    msg = setupPrefixNames();
    if (!msg.equals(""))
        return msg;

    msg = setupAppClasses();
    if (!msg.equals(""))
        return msg;

    msg = setupClassProperties();
    if (!msg.equals(""))
        return msg;

    msg = setupPropertyTypes();
    if (!msg.equals(""))
        return msg;

    msg = setupTargetInheritance();
    if (!msg.equals(""))
        return msg;

    return "";
}

}

/**
* Sets up the inheritance of the target application model
* classes from the top-level target __agent baseclasses.
*/
private String setupTargetInheritance()
{
    Dict subClassDict = null;
    Set subClassSet = null;

    try {
        subClassDict = new Dict(Dt.STRING, Dt.SAFE_DESCRIPTOR);

        // __agent_road
        subClassSet = new Set(Dt.STRING);
        subClassSet.addElement("KY_DY");

        subClassDict.addElement("__agent_road", subClassSet);
        subClassSet.destroy();
    }
}

```

```

        // Store on the metaclass value
        metaClass.setValue("__agent_app",
                           "__gen_schema_target_inheritance",
                           subClassDict);

        return "";
    }
    catch (GothicException e)
    {
        e.printStackTrace();
        return "*** WARNING : Failed to setup
__gen_schema_target_inheritance";
    }
    finally
    {
        if (subClassDict != null) subClassDict.destroy();
    }
}

```

Ek 2 Seçme/Eleme ayarları

Seçme/Eleme ayarları	
Eleme sınıfları	'_Yerlesimici:TGT_KY_Yay
Ada sınıfı	TGT_Partition1
Yol adı özniteliği	streetName
Merkezlik özniteliği	atr2
Uzunluk özniteliği	streetLen
Merkezlik eşik değeri	22
Bina alanı [m2]	1225
r1 [m]	40.0
r2 [m]	17.5
Kaynak ölçek	25000
Hedef ölçek	50000

OK Cancel

Eleme sınıfları: Eleme işlemi yapılan yol sınıflarının isimi

Ada sınıfı: Adaların depolanacağı sınıf ismi

Yol adı özniteliği: Yol isimlerinin tutulduğu öznitelik

Merkezlik özniteliği: Bağlılık bakımından merkezlik bilgilerinin tutulduğu öznitelik

Uzunluk özniteliği: Yol uzunluğu bilgilerinin tutulduğu öznitelik

Merkezlik eşik değeri: Bağlılık bakımından merkezlik değeri için kullanılan eşik değeri

Bina alanı [m²]: Hedef ölçekte bir binanın gösterilebilmesi için gereken minimum alan

r₁ [m]: Minimum açıklık koşuluna göre bina bulunan adalar için kullanılan yarıçap değeri

r₂ [m]: Minimum açıklık koşuluna göre bina bulunmayan adalar için kullanılan yarıçap değeri

Kaynak ölçek: Genelleştirilecek kaynak haritanın ölçeği

Hedef ölçek: Genelleştirme sonunda elde edilecek hedef haritanın ölçeği

Ek 3 50.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen adalar

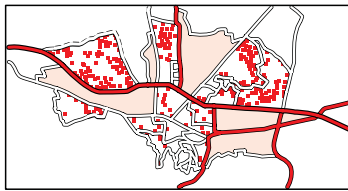
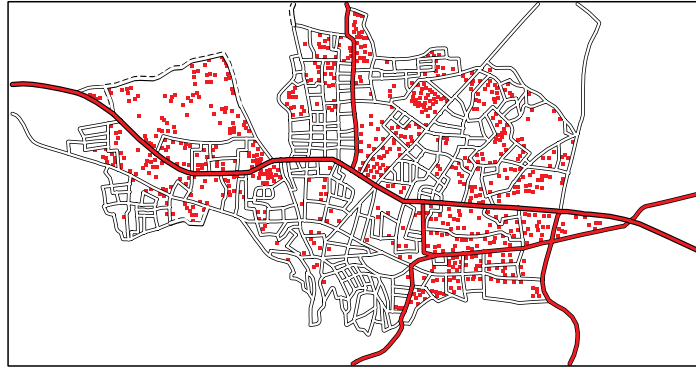
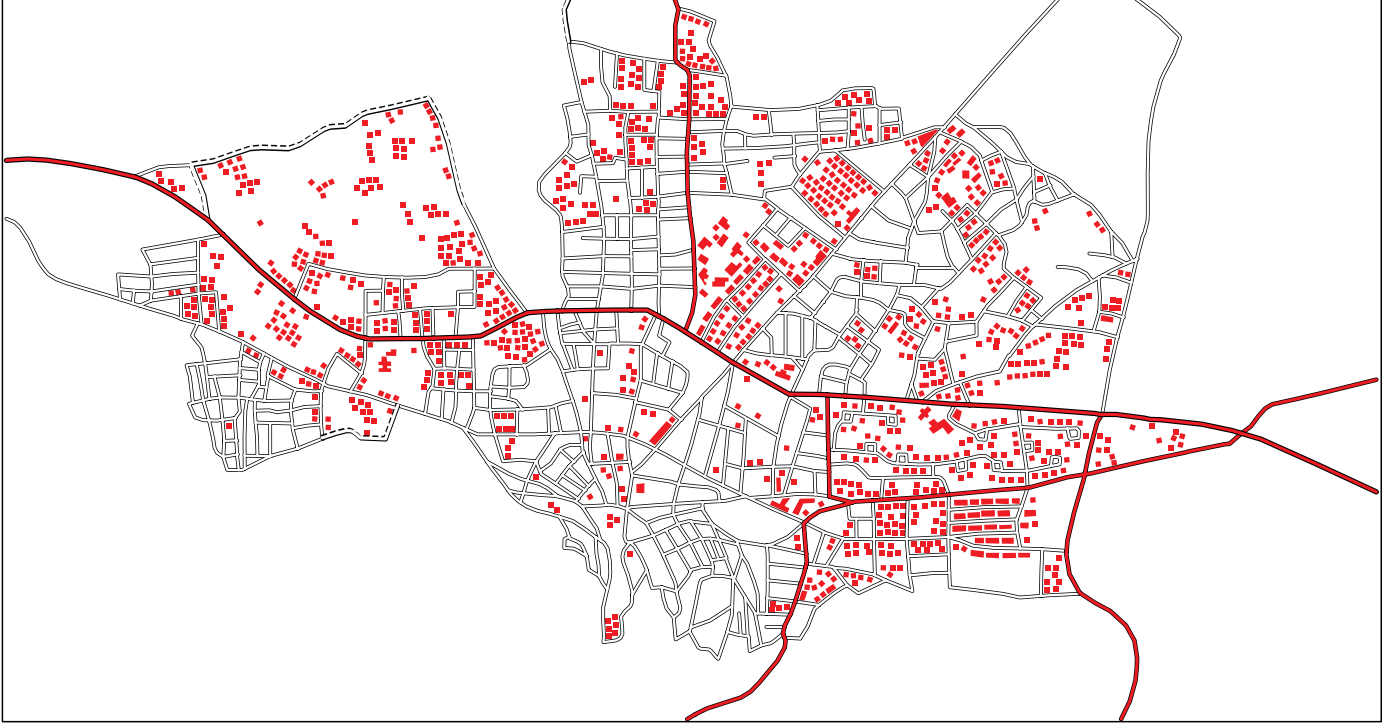
Ada no	Kaynak ölçekte bina sayısı	Hedef ölçekte		
		Bina sayısı	Toplam bina alanı [m]	Ada alanı [m]
1	105	74	90.650,0	343.000,0
2	6	7	4.900,0	17.271,2
3	38	27	33.075,0	51.671,5
4	43	30	36.750,0	87.680,3
5	2	1	1.225,0	10.330,4
6	1	1	1.225,0	9.915,6
7	13	9	11.025,0	16.605,9
8	9	6	7.350,0	14.537,3
9	18	13	15.925,0	25.552,8
10	1	1	1.225,0	13.821,4
11	12	8	9.800,0	33.268,8
12	4	3	3.675,0	13.604,3
13	12	8	9.800,0	12.573,4
14	3	2	2.450,0	8.152,3
15	1	1	1.225,0	8.556,8
16	20	14	17.150,0	19.841,0
17	9	6	7.350,0	14.023,9
18	11	8	9.800,0	11.428,1
19	11	8	9.800,0	11.532,2
20	17	12	14.700,0	15.482,6
21	4	3	3.675,0	22.465,5
22	4	3	3.675,0	13.906,5
23	3	2	2.450,0	6.209,2
24	34	24	29.400,0	33.000,4
25	37	26	31.850,0	65.827,2
26	5	4	4.900,0	7.265,3
27	14	10	12.250,0	42.385,9
28	22	16	19.600,0	34.992,4
29	15	11	13.475,0	33.979,4
30	35	25	30.625,0	77.400,9
31	6	4	4.900,0	10.672,5
32	5	4	4.900,0	7.384,9
33	22	16	19.600,0	58.379,8
34	16	11	13.475,0	16.454,6
35	4	3	3.675,0	22.094,1
36	18	13	15.925,0	17.809,2
37	50	35	42.875,0	49.046,1
38	30	21	25.725,0	37.154,0
39	7	5	6.125,0	8.298,9
40	13	9	11.025,0	15.494,7
41	6	4	4.900,0	10.437,8
42	4	3	3.675,0	16.096,6
43	23	16	19.600,0	29.402,0
44	34	24	29.400,0	30.760,4

45	10	7	8.575,0	74.118,2
46	12	8	9.800,0	20.560,2
47	12	8	9.800,0	10.772,8
48	3	2	2.450,0	5.906,9
49	1	1	1.225,0	7.861,8
50	6	4	4.900,0	5.102,5
51	7	5	6.125,0	8.919,4
52	25	18	22.050,0	22.948,8
53	1	1	1.225,0	9.293,9
54	1	1	1.225,0	6.260,8
55	2	1	1.225,0	5.106,1
56	2	1	1.225,0	4.671,9
57	9	6	7.350,0	9.190,2
58	7	5	6.125,0	7.977,6
59	11	8	9.800,0	10.151,6
60	7	5	6.125,0	8.859,3
61	9	6	7.350,0	12.414,9
62	3	2	2.450,0	10.040,5
63	2	1	1.225,0	9.443,4
64	5	4	4.900,0	9.119,4
65	2	1	1.225,0	6.889,2
66	8	6	7.350,0	16.453,5
67	2	1	1.225,0	5.049,5
68	6	4	4.900,0	8.287,2
69	5	4	4.900,0	6.914,6
70	11	8	9.800,0	24.916,4
71	2	1	1.225,0	8.714,3
72	4	3	3.675,0	10.783,5
73	16	11	13.475,0	16.141,9
74	12	8	9.800,0	24.695,0
75	5	4	4.900,0	6.792,1
76	5	4	4.900,0	6.741,3
77	5	4	4.900,0	25.860,8
78	18	6	7.350,0	10.348,9
79	2	13	15.925,0	25.407,8
80	2	1	1.225,0	10.557,3
81	2	1	1.225,0	6.119,5
82	10	7	8.575,0	11.393,8
83	14	10	12.250,0	16.356,0
84	10	7	8.575,0	9.893,5
85	2	1	1.225,0	5.312,7
86	6	4	4.900,0	7.618,7
87	4	3	3.675,0	8.904,6
88	1	1	1.225,0	3.864,1
89	2	1	1.225,0	5.068,7
90	4	3	3.675,0	4.089,0
91	4	3	3.675,0	5.415,2
92	1	1	1.225,0	4.944,8
93	5	4	4.900,0	5.815,4

Ek 4 100.000 ölçeğinde bina alan koşulu için ölçüler ve tespit edilen adalar (sorunlu adalar gri)

Ada no	Kaynak ölçekte bina sayısı	Hedef ölçekte		
		Bina sayısı	Toplam bina alanı [m]	Ada alanı [m]
1	103	52	254.800,0	184.101,2
2	102	51	249.900,0	163.057,4
3	115	58	284.200,0	282.122,9
4	171	86	421.400,0	422.261,9
5	93	46	225.400,0	238.027,8
6	195	98	480.200,0	337.987,5
7	24	12	58.800,0	105.702,7
8	10	5	24.500,0	42.296,0
9	12	6	29.400,0	32.369,2
10	4	2	9.800,0	33.765,7
11	17	8	39.200,0	92.420,2
12	10	5	24.500,0	44.739,9
13	18	9	44.100,0	32.576,8
14	57	28	137.200,0	153.593,7
15	80	40	196.000,0	200.329,4
16	6	3	14.700,0	16.748,8
17	9	4	19.600,0	39.063,3
18	6	3	14.700,0	19.861,6
19	16	8	39.200,0	40.126,2
20	15	8	39.200,0	15.342,1

Ek 5 1:50.000 ve 1:100.000 hedef ölçekleri için KartoGenYol ile seçilmiş ve Radius Clarity yardımıyla karikatürleştirilmiş yol nesnelerinin uygun işaret ve renklerle gösterimi (Bina genelleştirilmesi yapılmamış, genel fikir vermesi açısından hesaplanan sayıda işaret el ile kabaca yerleştirilmiştir.)



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 21.09.1976

Doğum yeri İstanbul

Lise 1990-1994

Şişli Teknik Lisesi
Bilgisayar Bölümü

Lisans 1995-1999

Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fak.
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2001-2003

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Anabilim Dalı

Doktora 2003-2009

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Anabilim Dalı,
Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Programı

Çalıştığı kurumlar

1999-2001

HİMTAŞ AŞ. Ankara

2001- Devam ediyor

YTÜ İnşaat Fakültesi Araştırma Görevlisi