T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

1:25 000 – 1:100 000 ÖLÇEK ARALIĞINDA YOL OBJELERİNİN SEÇME-ELEME İŞLEMLERİNİN OTOMASYONU

Murat AVCI

DOKTORA TEZİ

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

KONYA, 2009

ÖZET

DOKTORA TEZİ

1:25 000 – 1:100 000 ÖLÇEK ARALIĞINDA YOL OBJELERİNİN SEÇME-ELEME İŞLEMLERİNİN OTOMASYONU

Murat AVCI

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr.İ.Öztuğ BİLDİRİCİ

2009, 130 Sayfa

Jüri: Prof.Dr. Necla ULUĞTEKİN
Prof.Dr.Ferruh YILDIZ
Doç.Dr.İ.Öztuğ BİLDİRİCİ
Yrd.Doç.Dr. Aydın ÜSTÜN
Yrd.Doç.Dr. İbrahim YILMAZ

Genelleştirme kartografyanın en önemli konularından biridir. Temel harita ölçeğindeki veri tabanlarından, kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda daha küçük ölçekli haritaların genelleştirme ile elde edilmesi birçok araştırmaya konu olmuştur. Günümüzde farklı ölçeklerdeki standart topografik haritaların (STH) tek bir veri tabanından genelleştirme ile üretimi ve üretim aşamalarının otomasyonu ulusal haritacılık kuruluşlarının öncelikleri arasında üst sıralarda yer almaktadır.

Farklı yoğunluktaki obje tipleri arasında yol objelerinin seçimi ve elenmesi genelleştirme sürecinin en zor aşamalarından biridir. Ulaşım ağı genel dokusunun korunarak az önemli yol çizgilerinin elenmesi, önemli yolların seçilmesi ve hedef ölçek veri tabanına aktarılması esasına dayanır.

Bu çalışma, 1:25 000 ölçekli standart topografik harita veri setinden 1:100 000 ölçekli harita üretimi esnasında ulaşım ağının otomatik olarak seçimi ve elenmesi amacıyla yapılmıştır. Uygulamada yol tipleri arasında mevcut hiyerarşi korunarak az önemli yol tipleri belirlenmiş, en iyi devamlılık prensibi doğrultusunda yol hatları tespit edilmiştir. Kavşak noktalarının kritik nokta objelere yakınlığı örümcek diyagramları kullanılarak belirlenmiş ve yol hatları ağırlıklandırılarak seçme ve eleme gerçekleştirilmiştir. Modellenebilir bir seçim süreci önerilerek kartograf tarafından manuel yöntemle yapılan seçim çok daha süratli hale getirilmiş ve klasik seçim sonuçlarına yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ulaşım ağı, Genelleştirme, Seçme, Eleme, Ulaşım Ağı Hiyerarşisi, En İyi Devamlılık, Örümcek Diyagramı.

ABSTRACT

PhD Thesis

AUTOMATION IN SELECTION OF ROAD FEATURES FROM 1:25 000 SCALE TO 1:100 000 SCALE

Murat AVCI

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Geodesy and Photogrammetry Engineering Department

Advisor: Assoc.Prof.Dr. İ.Öztuğ BİLDİRİCİ

2009, 130 Pages

Jury: Prof.Dr. Necla ULUĞTEKİN
Prof.Dr. Ferruh YILDIZ
Assoc.Prof.Dr. İ.Öztuğ BİLDİRİCİ
Assoc.Prof.Dr. Aydın ÜSTÜN
Assoc.Prof.Dr. İbrahim YILMAZ

Generalization is one of the fundamental topics of the cartography. Producing maps of relatively smaller scales through generalization by employing the databases at the standard topographic scale has been an interest of numerous researchers. Today, map-production in different scales through the generalization of a single database and the automation of this process are considered a top priority among the national mapping agencies.

The selection and the elimination of the road features among other features of varying densities is one of the most difficult stages of the generalization process. The elimination of relatively trivial road features while preserving the overall texture of transportation network depends on selecting roads of higher priority and exporting the relevant ones into the target-scale database.

In this study, automatic selection/elimination of transportation network features was investigated to adapt and incorporate the 1:25 000 scaled standard topographic map datasets into the 1:100 000 scaled maps. In practice, road types of lower importance were determined in the first step while preserving the present hierarchy, and in the second step, the road strokes were defined through the principle of the good continuation. The distances of each road junction to the critical point features were determined through the spider diagrams and the selection and elimination procedure were implemented using a distance-weighted scheme. A new and easy-modeled selection method was proposed which produces successful results and accelerates the selection process considerably in comparison to the manual method by the cartographers.

Key Words: Transportation Network, Generalization, Selection, Elimination, Transportation Network Hierarchy, Good Continuation, Spider Diagram.

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında desteğini hep yanımda hissettiğim danışmanım Doç.Dr. İ.Öztuğ BİLDİRİCİ'ye, izleme komitemde önerileriyle katkıda bulunan Prof.Dr. Necla ULUĞTEKİN'e, Yrd.Doç.Dr. Aydın ÜSTÜN'e, jüri üyelerim Prof.Dr. Ferruh YILDIZ'a, Yrd.Doç.Dr. İbrahim YILMAZ'a, sabır, destek ve katkılarından dolayı eşim Çiğdem'e, babam Erhan AVCI ve annem Nebahat AVCI'ya, yardım ve desteklerinden dolayı meslektaşım Taner SELÇUK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2009 Murat AVCI

İÇİNDEKİLER

ÖZET ……		iii
ABSTRACT …….		iv
ÖNSÖZ ……		v
İÇİNDEKİLER ……		vi
ŞEKİL LİSTESİ ..……..		viii
TABLO LİSTESİ ……..……		xi
KISALTMALAR ..……		xii
1.	GİRİŞ.....	1
1.1.	Genelleştirme Teorisi ….....	2
1.2.	Genelleştirme Stratejileri	3
1.3.	Genelleştirmenin Temel İşlemleri	3
1.4.	Genelleştirmede Model Teorisi …….	7
1.5.	Genelleştirmenin Tarihsel Gelişimi ……...	8
1.6.	Genelleştirme Yaklaşımları ……...	10
1.6.1.	Çoklu Gösterim Coğrafi Veritabanları (ÇGCVT)	10
1.6.2.	Artırımlı (incremental) Genelleştirme.....	18
1.6.3.	Çok Uyarlayıcılı Genelleştirme …….	24
1.7.	Değerlendirme ……...	30
2.	ULAŞIM AĞI GENELLEŞTİRMESİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR ……..	31
2.1.	Giriş ……...	31
2.2.	Yol Objelerinin Genelleştirilmesi …...……...	31
2.3.	Değerlendirme ……...	53

3. MATERYAL VE METOT …… 54
3.1. Giriş ……..... 54
3.2. Türkiye'de Orta Ölçekli Harita Üretimi ve Genelleştirme …… 54
3.3. Ulaşım Ağı Veri Yapısı ……. 56
3.4. Uygulamada Kullanılan Yazılım, Veri ve Algoritmalar ……... 66
3.5. Yol Objelerinin Genelleştirmesinde Seçme/Eleme ……... 71
3.5.1. Kırsal Nitelikli Paftalarda Seçme …….. 75
3.5.1.1. Tekrarlı Veri Kullanımı ile Yol Hatlarının Belirlenmesi …….. 76
3.5.1.2. En İyi Devamlılık Prensibi ile Yol Hatlarının Belirlenmesi ……. 78
3.5.2. Kentsel Nitelikli Paftalarda Seçme …… 85
3.6. Değerlendirme ……... 86
4. UYGULAMA …… 87
4.1. Giriş …….. 87
4.2. Kırsal Nitelikli Alanlarda Uygulama …… 87
4.2.1. Tekrarlı Veri ile Seçim Uygulaması ……. 89
4.2.2. En İyi Devamlılık Prensibi ile Seçim Uygulaması ……... 93
4.3. Kentsel Nitelikli Alanlarda Uygulama ……. 102
4.4. Tartışma …… 114
5. SONUÇ VE ÖNERİLER …….. 117
6. KAYNAKLAR..... 121
7. EKLER …….. 126
EK-A AĞRI J-50 Paftası Seçim Öncesi Yolların Görünümü …….. 127
EK-B AĞRI J-50 Paftası Tekrarlı Veri Kullanımı ile Seçim Sonucu ……. 128
EK-C AĞRI J-50 Paftası En İyi Devamlılık Prensibi ile Seçim Sonucu …… 129
EK-D AĞRI J-50 Paftası Klasik Üretim/Manuel Yöntemle ile Seçim Sonucu 130

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Model Teorisi …….	8
Şekil 1.2	Çok Ölçekli Veritabanında İlişki ve Bağıntılar ……..	14
Şekil 1.3	Çok Ölçekli Bir Sistemde Veri Akışı …….	16
Şekil 1.4	Çoklu Gösterim Coğrafi Veritabanlarında Revizyonlar …….	17
Şekil 1.5	Yığın Genelleştirme Süreci (Kilpelainen, 1997) ……	20
Şekil 1.6	Artırımlı Genelleştirme Prensibi (Kilpelainen, 1997) ……	21
Şekil 1.7	Bir CVT'de Binaların Revizyonu ……..	23
Şekil 1.8	Bir CVT'de Bina ve Yolların Revizyonu ……..	23
Şekil 1.9	Laser-Scan Gothic Mimarisi ……..	25
Şekil 1.10	Meso-Uyarlayıcılar/Mikro-Uyarlayıcılar ……..	28
Şekil 1.11	Ajan Yaşam Döngüsü ……	29
Şekil 2.1	Sınıf Hiyerarşileri ……..	33
Şekil 2.2	Genelleştirilecek Yol Ağı ……..	35
Şekil 2.3	Sınıflandırma ve Seçim …….	36
Şekil 2.4	Küçük Ölçekte Beklenen Sonuç ……	36
Şekil 2.5	Yol ve Bina Genelleştirmesi İş Akışı ……	37
Şekil 2.6	Yol Genelleştirmesi İş Akışı (Kazemi ve Lim, 2007) ……...	40
Şekil 2.7	Voronoi Yapısı ……...	41
Şekil 2.8	Delaunay Üçgenlemesi ……..	42
Şekil 2.9	Münhani Basitleştirmesinde Voronoi Yapısının Kullanımı ..	42
Şekil 2.10	Poligon Genelleştirmesinde Voronoi Yapısının Kullanımı …	43
Şekil 2.11	Yolların Genelleştirilmesi (Chaudry ve Mackaness, 2005) …	44
Şekil 2.12	Yol Dokuları (Zhang 2004) ……	45

Şekil 2.13	Yoğunluk Farkları (Zhang 2004) ……	45
Şekil 2.14	Kavramsal Gruplandırma Örnekleri ……...	46
Şekil 2.15	Kavşak Tipleri Touya (2007) …….	48
Şekil 2.16	Genelleştirme İş Akışı Touya (2007) …….	48
Şekil 2.17	Çizge Düğüm ve Kenarları	51
Şekil 2.18	Çizge Kuramı ve Genelleştirme (Mackaness ve Beard, 1993)	52
Şekil 3.1	Ağrı J50 Paftasındaki Yol Tipleri Dağılımları ……	67
Şekil 3.2	Cizre M50 Paftasındaki Yol Tipleri Dağılımları …….	68
Şekil 3.3	İstanbul F21 Paftasındaki Yol Tipleri Dağılımları ……..	69
Şekil 3.4	İş Akış Şeması …….	72
Şekil 3.5	Patikalarda Hiyerarşik Yeniden Yapılandırma ……...	74
Şekil 3.6	En İyi Devamlılık Prensibi ve Yol Hatları ……..	74
Şekil 3.7	Kurala Dayalı Seçim Sonucu ……..	76
Şekil 3.8	Yol3 Veri Seti İçindeki Yol Tipleri ……	78
Şekil 3.9	Yol Ağının Basitleştirilmesi ……	79
Şekil 3.10	Yol Hatları ……...	82
Şekil 3.11	Programın Çalışma Prensibi ……	83
Şekil 3.12	Örümcek Diyagramı ……	84
Şekil 4.1	Ağrı J50 Paftasındaki 3ncü Grup Yol Tipleri …….	89
Şekil 4.2	Yapılandırılmış Yol3 Veri Seti ……...	90
Şekil 4.3	Patikalarda Seçim İşlemi …….	91
Şekil 4.4	Patika Seçim Sonucu ……...	91
Şekil 4.5	YAY Seçimi ……	92
Şekil 4.6	Tekrarlı Veri ile Seçim Sonucu ……..	92
Şekil 4.7	Yol3 Katmanı İçin Oluşturulan Kavşak Noktaları ……..	93
Şekil 4.8	Yol3 Katmanı İçinde Kavşaklar İçin Yol Hatları ……	94

Şekil 4.9	Ağırlıkların Frekans Dağılımı …….	96
Şekil 4.10	Seçim Öncesi Görünüm ……..	97
Şekil 4.11	Seçilen Daimi Araç Yolları …….	98
Şekil 4.12	Seçilen Yaz Araba Yolları ……..	99
Şekil 4.13	Seçilen Patikalar ……..	100
Şekil 4.14	Genel Seçim Sonucu ……...	101
Şekil 4.15	İstanbul F21 Pafta Alanı ……..	102
Şekil 4.16	Çalışma Bölgesi ……...	103
Şekil 4.17	Çalışma Bölgesindeki Yolların Dağılımı ……	104
Şekil 4.18	Çalışma Bölgesindeki Üçüncü Grup Yollar ……	106
Şekil 4.19	Üçüncü Grup Yolların dağılımı ……..	107
Şekil 4.20	Çalışma Bölgesindeki Yerleşim İçi Yollar ……..	107
Şekil 4.21	Kavşak Noktalarında Oluşturulan Nokta Katman ……...	108
Şekil 4.22	Yol Hatları ……...	109
Şekil 4.23	300 m.'den Uzun Yol Hatları ……..	110
Şekil 4.24	500 m.'den Uzun Yol Hatları ……..	111
Şekil 4.25	5'den Fazla Kavşak Noktası Barındıran Yol Hatları ……..	111
Şekil 4.26	Erciş Şehir Merkezindeki Yerleşim İçi Yollar ……	112
Şekil 4.27	Erciş Yol Hatları …….	113
Şekil 4.28	400 m. Hat Uzunluğu Kriterine Göre Erciş Yerleşim İçi Yollar İçin Seçim Sonucu ……...	113

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1	Shea ve Mcmaster'a Göre Temel Genelleştrime İşlemleri ….	6
Tablo 2.1	Geleneksel ve Nesneye Dayalı Yaklaşımlar ……...	34
Tablo 2.2	Ölçeklere Göre Çizge Tamlık Oranları (Mackaness ve Beard, 1993) ……...	52
Tablo 3.1	1:25.000 Ölçekli Kartografik Vektör Haritadaki Sınıflar …...	57
Tablo 3.2	Her Katman ve Obje Türü İçin Oluşturulan Öznitelikler ……	58
Tablo 3.3	1:25.000 Ölçekli Kartografik Vektör Haritada tra_l Katmanındaki Objeler …….	60
Tablo 3.4	Ağrı J50 Paftasındaki Yol Tipleri ……...	67
Tablo 3.5	Cizre M50 Paftasındaki Yol Tipleri ……	68
Tablo 3.6	İstanbul F21 Paftasındaki Yol Tipleri …….	70
Tablo 3.7	Grup3 Veritabanında Zenginleştirmeler …….	81
Tablo 4.1	Ağrı J50 paftasındaki 2nci Grup Yol Tipleri ……..	88
Tablo 4.2	Ağrı J50 paftasındaki 3ncü Grup Yol Tipleri …….	88
Tablo 4.3	Örümcek Diyagramı Verisi …….	95
Tablo 4.4	Çalışma Bölgesindeki Birinci Grup Yol Tipleri …….	105
Tablo 4.5	Çalışma Bölgesindeki İkinci Grup Yol Tipleri ……...	105
Tablo 4.6	Özet Tablosu Kesiti …….	109
Tablo 4.7	Hesaplanmış Hat Uzunlukları Veri Tabanı Kesiti ……...	110
Tablo 4.8	En İyi Devamlılık Prensibi İle Kırsal Alanda Seçim Sonuçları ……..	115
Tablo 4.9	Yerleşim İçi Yol Objeleri İçin Seçim Sonuçları …….	115

KISALTMALAR

AGENT	:	Automated Generalisation New Technology – Yeni Otomatik Genelleştirme Teknolojisi
CBS	:	Coğrafi Bilgi Sistemi
CVT	:	Coğrafi Veri Tabanı
ÇGVT	:	Çoklu Gösterim Coğrafi Veri Tabanı
DAY	:	Daimi Araç Yolu
DGIWG	:	Digital Geographic Information Working Group - Sayısal Coğrafi Veri Çalışma Grubu
DIGEST	:	Digital Geographic Exchange Standard – Sayısal Coğrafi Veri Değişim Standardı
FACC	:	Feature Attribute Coding Catalogue – Obje Öznitelik Kodlama Katalogu
HGK	:	Harita Genel Komutanlığı
ICA	:	International Cartographic Association – Uluslar arası Kartografya Birliği
KMS	:	National Survey and Cadastre of Denmark – Danimarka Haritacılık Kuruluşu
KVK	:	Kartografik Veri Kütüphanesi
NATO	:	North Atlantic Treaty Organization
NCGIA	:	National Center for Geographic Information and Analysis – Ulusal Coğrafi Veri ve Analiz Merkezi
SKM	:	Sayısal Kartografik Model
SMM	:	Sayısal Mekansal Model
STANAG	:	Standardization Agreement – Standardizasyon Anlaşması
STH	:	Standart Topografik Harita
TIN	:	Triangulated Irregular Network – Düzensiz Üçgen Ağı

VB : Visual Basic

VMAP : Vector Map – Vektör Harita

YAY : Yaz Araba Yolu

1. GİRİŞ

Her harita, gerçek yeryüzünün basitleştirilmiş bir gösterimi olması ve çoğunlukla daha büyük ölçekli bir haritadan elde edilmesi nedeniyle, genelleştirme bir kartografın en önemli ve zor görevlerinden birisidir. Harita ölçeği, amaç, grafik limitler ve veri kalitesi genelleştirmeyi yönlendirir. Arazinin karakteristiklerini ortaya çıkarmak, manuel/klasik genelleştirmeyi hem zor hem de sübjektif bir işlem haline getirir, bu sebeple sonuçlar genellikle tutarsızdır.

Genelleştirme karmaşık bir süreçtir ve neyin nasıl genelleştirileceği, çakışmaların nasıl çözüleceğine ilişkin kararlar vermek üzere yoğun konumsal analizler içerir. Teknolojik gelişmeler paralelinde genelleştirmenin de otomasyonu amacıyla son yıllarda yapılan çalışmalar büyük hız kazanmıştır. Bu doğrultuda, farklı genelleştirme sorunlarına çözümler sunan birçok algoritma geliştirilmiş ve ticari anlamda da kartografik genelleştirme ile ilgili kurumların kullanımına sunulmuştur.

Çizgisel objeler de haritada, otomatik genelleştirme çalışmaları kapsamında en fazla araştırmanın odağında olan obje grubu olmuştur. Ulaşım ağı bunların en önemlilerinden biridir.

Büyük ölçekli bir harita veritabanındaki ulaşım verisinden daha küçük ölçekli haritalar için yol ağının elde edilmesi sırasında karşılaşılan sorunların çözümüne yönelik başarılı çalışmalar yapılmıştır. Genelleştirme sırasında ciddi zaman ayrılması gereken yolların seçimi ve elenmesi uygulamaları için ise önerilen yöntemler soruna tam çözüm bulamamışlardır.

Bu tez çalışmasının hedefi, ulaşım ağı obje sınıfı içerisinde yolların seçimi işlemlerinde otomasyon oranını artırıp kartograf etkileşimi ve editlemeyi en aza indirecek algoritmayı kurmak, yazılımı geliştirmek ve oluşturulacak uzantı ve ara

yüzler ile birlikte uygulanabilirliğini test ederek bu konudaki çalışmalara örnek teşkil etmektir.

Çalışmanın bu bölümünde kartografik genelleştirme kavramı ve genelleştirmenin tarihsel gelişimi ile bu konuda yapılan güncel uygulamalar ve yenilikler üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde ulaşım ağını oluşturan çizgisel yol objelerinin genelleştirme süreci, özellikle seçme ve eleme konularında yapılan araştırmalar ve önerilen çözümler sunulmuştur. Üçüncü bölümde uygulanacak algoritma, çalışma bölgeleri, kullanılan veri ve parametrelerin seçimi ile ilgili bilgiler verilmiş, uygulamaya ilişkin ayrıntılar ile seçim ve eleme sonuçları Dördüncü bölümde açıklanmıştır. Çalışmanın ve sonuçların genel değerlendirilmesi ile gelecekte yapılan çalışmalar için öneriler beşinci bölümde sunulmuştur.

1.1. Genelleştirme Teorisi

Uluslararası Kartografya Birliğinin (ICA) 1973'teki tanımına göre genelleştirme; "objenin seçilen harita ölçeği ve/veya amacına uygun olarak seçimi ve basitleştirilmiş olarak gösterilmesidir" (Kilpelainen 1997).

Temel harita üretimi büyük ölçüde fotogrametrik ve yersel yöntemlerle veri toplama esasına dayanır. Ülkemizde de 1:25 000 olan temel harita ölçeğinde ülke/bölge verisi toplandıktan ve bu ölçekte haritaların üretimi tamamlandıktan sonra daha küçük ölçekli haritaların elde edilmesi sürecinde genelleştirme sorunlarıyla karşılaşmak kaçınılmazdır. Önceleri klasik yöntemlerle yapılan çalışmalar sadece belli bir eğitim ve tecrübe düzeyine erişmiş kartograflar tarafından yürütülmüş ve sübjektif sonuçlar vermiştir. Tecrübeye dayalı bu tip üretim estetik açıdan kaliteli sonuçlar verse de kişiye göre değişmekte ve programlanması, algoritmalarla ifade edilmesi oldukça zorlaşmaktadır.

Bilgisayar destekli üretimler ve ilişkisel veritabanlarının üretimdeki yerlerini almalarıyla sayısal otomasyon çalışmaları başlamış olsa da genelleştirme halen kartografyanın en önemli konularından biri olmaya devam etmektedir.

1.2. Genelleştirme Stratejileri

Kartografik genelleştirme sürecinde üç tip yaklaşımdan bahsedilebilir (Cecconi 2003):

- *Sürece dayalı görüş:* Genelleştirmeyi detaylı bir veri tabanından gerçekleştirmektedir. Bu görüşe göre genelleştirme veriyi, ölçeğe, amaca ve konuya uygun olarak tek bir detaylı veritabanından çekip harita üretmektir. Genelleştirme işleminin karmaşıklığından dolayı süreci otomatikleştirecek çözümler henüz mevcut değildir.

- *Gösterime dayalı görüş:* Bu yaklaşım, farklı ölçeklerde sabit haritalar içeren çok ölçekli veya çoklu gösterim veritabanlarının geliştirilmesidir. Buna, gösterime dayalı yaklaşım denmesinin sebebi, bir tek veri tabanında farklı ölçeklerde farklı gösterimlerin yüklü olmasıdır. Bu yaklaşım genelleştirme problemlerinin üstesinden ciddi anlamda geliyor gibi görünse de seviyeler arasında tutarlılıklar ve güncelleme stratejileri üzerinde hala çalışılması gerekmektedir.

- *Türetmeye dayalı görüş:* Bu strateji, yukarıdaki iki görüşün birleşimidir. Gösterime dayalı stratejide olduğu gibi değişik çözünürlük seviyelerinden oluşmaktadır, ancak veri tek bir veritabanından bir genelleştirme süreciyle çekilmektedir. Böylece veri seti tutarlı olacak, farklı seviyelerdeki eş objeler arasında bağıntılar korunmuş olacaktır.

1.3. Genelleştirmenin Temel İşlemleri

Genelleştirme süreci büyük ölçüde insanoğlunun coğrafi veriyi yorumlamasına, neyi nasıl genelleştireceği kararına ve potansiyel genelleştirme çelişkilerini nasıl çözüleceği kararına dayanır. Dolayısıyla manuel genelleştirme süreci tutarsızlıklar gösterir. Bunun alternatifiyse bütün genelleştirme sürecini mümkün olduğu kadar otomatize etmektir. Genelleştirmede kuralları ve kısıtlamaları belirlemek için bir kartografın bir haritayı genelleştirirken neyi nasıl yaptığını tespit edip sayısal yöntem için işlem adımları tanımlanmalıdır. Dolayısıyla genelleştirme süreci, her biri farklı genelleştirme problemine çözüm sunan bir grup genelleştirme işlemine bölünmelidir.

Bu şekilde temel işlemlerin kullanımı, bütün genelleştirme sürecini alt süreçlere bölmeye, dolayısıyla tüm süreç yerine daha az karışık problemlerle ilgilenmeye yarar. Bu işlemlerin birleşimi, bütün bir genelleştirme iş akışı oluşturur. Belli bir durumda hangi işlemlerin kullanılacağını değişik faktörler belirler. Bunlar (Cecconi 2003):

- Önceki durum analizi
- Obje sınıfı (yol, nehir gibi)
- Harita ölçeği

Robinson ve ark. (1995) genelleştirmenin elemanlarını şöyle sıralamışlardır:

- *Basitleştirme:* verinin önemli karakteristik özelliklerinin belirlenmesi, abartılması ve istenmeyen objelerin atılması.
- *Sınıflandırma:* veriyi sıralama ve gruplandırma.
- *İşaretleştirme:* ölçeklendirilmiş ve/veya gruplandırılmış karakteristiklerin grafik olarak kodlanması.
- *Tümevarım:* kartografyada sonuç çıkarma mantıksal süreci.

Kartografik genelleştirmeyi kısıtlayan faktörler ise:

- *Amaç:* haritanın amacı.
- *Ölçek:* haritanın ölçeği.
- *Grafik limitler:* kartograf ile harita kullanıcısı arasında iletişimi kurmak üzere seçilen ortam/sistemlerin gösterim kabiliyetleri veya sınırlamaları ile kullanıcının kavramsal yeteneği.
- *Veri kalitesi:* harita üretiminde kullanılan çeşitli verinin doğruluk ve güvenilirliği. Konumsal doğruluk, öznitelik doğruluğu, tutarlılık ve bütünlük olmak üzere dört ana bileşenden oluşur.

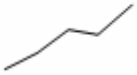
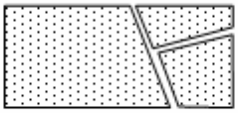
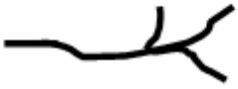
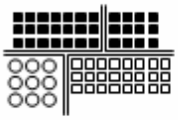
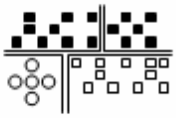
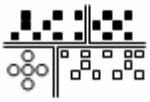
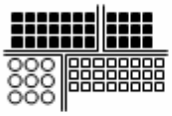
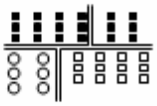
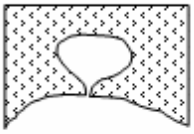
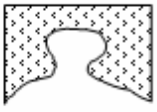
Dikkat edildiğinde, verinin seçimi/elenmesinin Robinson tarafından genelleştirmenin temel işlemleri arasına dâhil edilmediği görülür. Bunun sebebi, seçimin harita formatına veya ölçeğine bağlı kalınmaksızın gerçekleşebiliyor

olmasıdır. Robinson'a göre seçim bir anlamda genelleştirmedir ama kartografik genelleştirmenin bir parçası değildir.

Shea ve McMaster (1989) da genelleştirme işlemi 12 temel işlemle açıklanmıştır (Tablo 1.1):

- Basitleştirme (simplification)
- Yumuşatma (smoothing)
- Geometrik birleştirme, nokta objelerden alan oluşturma (aggregation)
- Alan birleştirme (amalgamation)
- Çizgi birleştirme (merging)
- Geometri dönüşümü (collapse)
- Seçme/eleme (refinement)
- Abartma (exaggeration)
- İyileştirme (enhancement)
- Öteleme (displacement)
- Sınıflandırma (classification)
- İşaretleştirme (symbolization)

Tablo 1.1 Shea Ve Mcmaster'a Göre Temel Genelleştrime İşlemleri

GENELLEŞTİRME İŞLEMLERİ	Kaynak haritadaki gösterim	Türetme haritadaki gösterim	
	Kaynak harita ölçeğinde gösterim		%50 Ölçekte gösterim
Basitleştirme			
Yumuşatma			
Nokta objelerden alan oluşturma			
Alan birleştirme			
Çizgi Birleştirme			
Geometri Dönüşümü			
Seçme Eleme			
Tiplerine ayırma			
Abartma			
İyileştirme			
Öteleme			

Bu genelleştirme işlemleri ve uygulama alanları Çobankaya (2008)'de detaylı olarak incelenmiştir. Bunlara ilave olarak, genelleştirme işlemleri eşit şekilde çalışmazlar. İki tür işleyişten bahsedilebilir.

- *Bağımsız işleyiş:* Bu tip işlemler konumsal ilişkilere (içerik-konteks) bakmaksızın münferit objelere veya obje gruplarına uygulanırlar. Yakındaki objeler veya dönüşüm sonrası diğer objeler üzerindeki etkileri gibi konularda konumsal analiz gerekmez. Basitleştirme ve yumuşatma bu tipe en uygun örneklerdir.
- *İçeriğe bağlı işleyiş:* Seçim, geometrik birleştirme, tipini değiştirme gibi içeriğe bağlı işlemler, çevrelerinin analizlerini müteakip uygulanırlar. Özellikle, birbirlerine çok yakın objeler arasındaki çakışmayı önlemek veya önemli bir komşuluk ilişkisini korumak için kullanılan öteleme işlemi için çevre objelerin iyi incelenmesi gerekir.

1.4. Genelleştirmede Model Teorisi

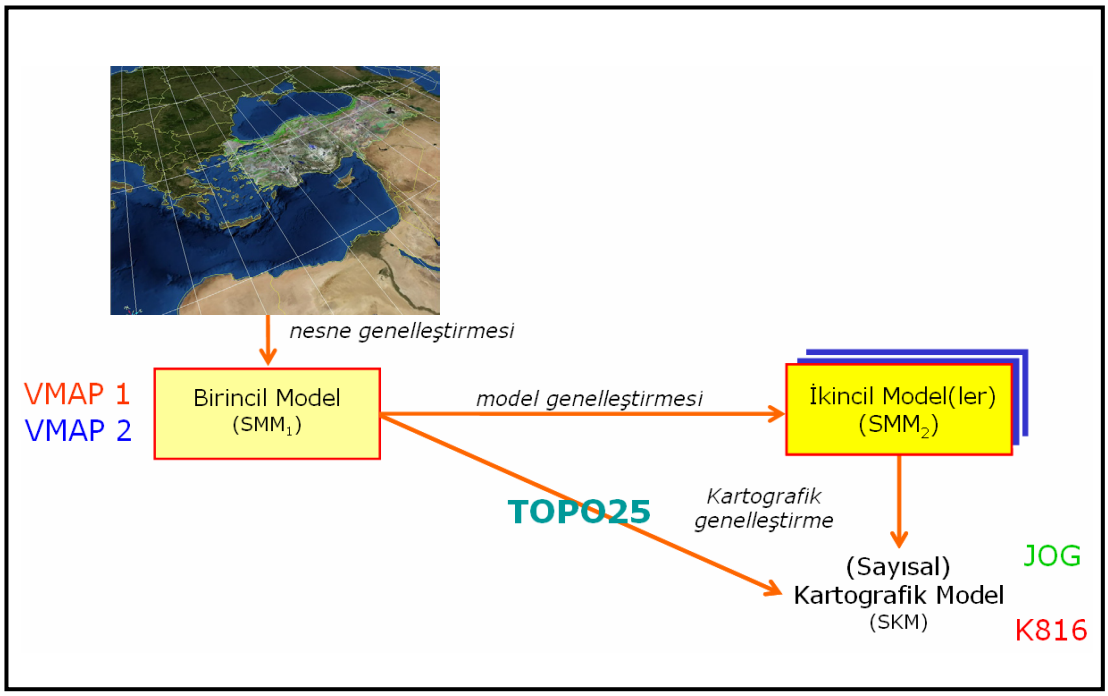
Sayısal kartografyada üç aşamalı bir model teorisi kullanılmaktadır (Bildirici 2000, s.8; Bildirici ve Uçar 2001; Uçar ve ark. 2003). Haritası yapılacak olan yeryüzü parçası, *orijinal* olarak tanımlanmaktadır. Birincil model aslında gerçek yeryüzünün bir modelidir ve *Sayısal Mekansal Model (SMM)* olarak da adlandırılabilir. Burada *nesne genelleştirmesi* ortaya çıkar. Nesne genelleştirmesi, konumsal veri toplama işlemi esnasında yapılan genelleştirme işlemidir ve çıktısı birincil modeldir. Birincil modelden daha düşük konumsal (geometrik ve semantik) çözünürlüğe sahip ikincil modeller elde edilirken yapılan genelleştirme işleminde ise *model genelleştirmesi* denir. Birincil modellerden istenildiği kadar ikincil model türetilebilir (Şekil 1.1).

Kartografyada ikincil modeller, eğer kartografik tasarım ilkelerine uyularak oluşturulmuşlarsa, *Sayısal Kartografik Model (SKM)* olarak adlandırılırlar.

Model genelleştirmesinde coğrafi bilgi ile temsil edilen soyut sayısal model indirgenmektedir. Kartografik genelleştirmede bu indirgenmiş model kullanıcıya

genelleşmiş bir ürün sunmak üzere görselleştirilmiştir. Dolayısıyla model genelleştirmesi, kartografik genelleştirme yapmak üzere coğrafi veri tabanına uygulanan bir ön işlemdir.

Kartografik modellerin, ihtiyaç sahibi son kullanıcı tarafından yorumlanması ile kullanıcının belleğinde oluşan modellere ise *Üçüncül model* denir.



Şekil 1.1 Model Teorisi
(VMAP: Vector Map, JOG: Joint Operation Graphic, K816: 1:50000 Ölçekli harita seri numarası)

1.5. Genelleştirmenin Tarihsel Gelişimi

Genelleştirmenin sayısal yöntemlerle yapılmasına 1960'lı yıllarda başlanmıştır. O dönemin önemli gelişmelerinden birisi Töpfer ve Pillewizer (1966) tarafından ortaya atılan basit matematiksel formüldür ve farklı ölçeklerde gösterilebilecek obje miktarını vermektedir.

1960-1975 yıllarını kapsayan dönem sayısal genelleştirmenin ilk periyodu olarak tanımlanabilir ve çoğunlukla çizgisel basitleştirme algoritmaları üzerinde

yoğunlaşılmıştır. Bunların en önemlilerinden birisi Douglas ve Peucker (1973) tarafından ortaya atılan algoritmadır ve hala kendisine kullanım alanları bulmaktadır. Sayısal genelleştirmenin ikinci döneminde (1980'lerin başlarına kadar olan süre) algoritma etkinliği vurgulanmıştır. Sadece çizgisel genelleştirme, seçim gibi konunun dar kapsamlı olarak ele alındığı birinci dönemin aksine bu dönemde nokta ve çizgisel objelerin ölçeğe bağlı otomatik ötelenmesi (Lichtner 1978) gibi konularda araştırmalar yapılmıştır.

Takip eden yıllarda ilgi daha çok genelleştirmenin kavramsal yönüne kaymıştır. Bertin (1983) genelleştirme yöntemlerini kavramsal ve yapısal olmak üzere ikiye ayırmıştır. Kavramsal genelleştirmede objenin sınıfı ve kavramsal seviyesi değişmektedir. Noktasal objeler alana dönüşmekte, örneğin münferit binalar yerleşim alanı halini almaktadır. Yapısal genelleştirmede ise işin içine basitleştirme girmektedir. Böylece örneğin münferit bina objeleri alansal objeye dönüşmek yerine yine nokta obje olarak kalmaya devam edip, sadece bina işaretlerinin sayısı azalmaktadır.

McMaster ve Shea'nin (1988) sayısal genelleştirme için ortaya attıkları kavramsal genelleştirme modelinde süreç üçe ayrılmaktadır:

a. "Neden" genelleştirme yapıldığı,
b. "Ne zaman" genelleştirme yapıldığı,
    - *Şartlar,*
    - *Ölçütler,*
    - *Kontroller,*
c. "Nasıl" genelleştirme yapıldığı.
    - *Yöntem,*
    - *Temel genelleştirme işlemleri.*

McMaster ve Shea (1988), "nasıl" sorusunu, 12 adet temel genelleştirme işlemi kullanarak çözüme ulaştırmışlardır. Bu işlemlerin onu konumsal, ikisi öznitelik dönüşümü içermektedir.

1980'lerin sonları ile 1990'ların başlarında *genelleştirme modelleri* araştırmacıların odaklandığı konuların başında gelmiştir. Sonuçta veritabanı genelleştirmesi kavramı *model genelleştirmesi* ve *kartografik genelleştirme* olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

Üçüncü dönem olarak adlandırılabilecek olan, 1980'lerin sonlarından günümüze kadar olan süreçte bilgiye dayalı (knowledge-based) yöntemler, sinir ağları ve nesneye dayalı (object-oriented) teknikler genelleştirmede temel araştırma konuları halini almıştır. 1990'ların ilgi odağı olan bir diğer başlık da kural bazlı (rule-based) modellerin kullanılmasıdır.

Bu süreçte genelleştirme için bilgiye dayalı yaklaşımlar birçok araştırmacı tarafından tartışılmıştır. Kural bazlı bir sistemde genelleştirme işlemini gerçekleştirmek üzere "*kurallar* ve *parametre tabloları"* kullanılmıştır.

Nesne tabanlı yaklaşımlar da 1990'ların başlarından sonra genelleştirmenin umut vaat eden uygulamalarından biri olmuştur. Laurini ve Thomson (1992) nesne tabanlı yaklaşımların, gerçek dünyanın modellenmesinde olumlu katkı yaptığını vurgulamışlardır.

Genelleştirme araştırmaları bir geçiş süreci yaşamaktadır. Bilgiye dayalı sistemler ve nesneye dayalı yöntemler hala tartışılmaktadır. Ancak bu konularda yapılan çalışmalar henüz ticari yazılımlarda yer bulacak kadar gelişme kaydedememiştir (Kilpelainen 1997).

1.6. Genelleştirme Yaklaşımları

1.6.1. Çoklu gösterim coğrafi veritabanları (ÇGCVT)

Son yıllarda ülkelerin harita üretimden sorumlu ulusal kuruluşlarının öncelikli hedefi ülkelerinin/bölgelerinin temel sayısal coğrafi veritabanlarını kurmak, yaşatmak ve güncel tutmak olmuştur. Bu temel veritabanından, ihtiyaçlar ve talepler doğrultusunda farklı ölçek ve niteliklerde ürünler elde etmek söz konusu olduğunda karşımıza "Çoklu Gösterim Coğrafi Veritabanı - ÇGCVT" (Multiple Representation

GeoDatabase[1]) kavramı çıkmaktadır. Bu yapının birçok avantajı vardır (Kilpelainen 1997):

- Çoklu Gösterim Coğrafi Veritabanı, coğrafi verinin çok amaçlı kullanımı ihtiyacını esnek bir şekilde karşılar. Ana amaç farklı ölçeklerde harita üretimi olmayacaktır, farklı uygulamalar için coğrafi veritabanından sadece ihtiyaç duyulan veri çekilebilecektir.
- Revizyon (güncelleme) problemleri esnek bir şekilde çözülebilecektir. Çoklu Gösterim Coğrafi Veritabanı, farklı ölçek seviyelerinde güncellemeleri destekleyeceğinden, temel coğrafi veritabanında yapılan güncellemeler diğer seviyelerde otomatik olarak etkili olacaktır.

Sayısal coğrafi veritabanlarının güncellenmesindeki sorunlar, coğrafi verinin üretim ortamlarında etkin olarak kullanılmasındaki en büyük engel olduğundan *Çoklu Gösterim Coğrafi Veri Tabanları* günümüzün temel araştırma konularından birisi halini almıştır. Birçok çalışmada bu kavram *çok çözünürlüklü veritabanları* veya *çok ölçekli coğrafi veritabanları* olarak da isimlendirilmiştir. *Çoklu Gösterim Coğrafi Veritaba*nlarının gelişmesine yol açan en önemli gereksinimlerden biri gösterim/ölçek seviyelerinin, aynı objeye ait birçok gösterim şeklini ihtiva etmesi yani geometrik gösterimlerin bir seviyeden diğerine değişiklik göstermesidir. Diğer bir gereksinim ise değişik seviyelerdeki gösterimlerin birbirleriyle bağıntılı olmasıdır ki bu da güncellemelerin tüm seviyelere otomatik olarak uygulanmasını sağlamaktadır.

Çoklu gösterim araştırmaları Amerikan NCGIA Kurumu (National Center for Geographic Information and Analysis-USA) tarafından 1988'de başlatılmıştır. Aynı konu farklı araştırmalarda *çok ölçekli veritabanları* olarak da adlandırılmıştır. 1980'lerin sonu ve 1990'ların başlarında genelleştirme araştırmaları bilgiye dayalı teknikler üzerinde odaklanmıştır. Sonraları model genelleştirmesinin rolü ön plana çıkmıştır. Coğrafi bilgi ile temsil edilen sayısal mekânsal modelin basitleştirilmesi model genelleştirmesi olarak adlandırılabilir ve çoklu gösterim veritabanlarının kurulmasını da içeren kartografik genelleştirme aşaması öncesinde uygulanır.

[1] Kilpelainen'in tez başlığında ve metninde Multiple Representation Geo-Database terimi kullanılmakla birlikte, hem bu tez içinde hem de başka yayınlarda Multiple Representation Database kavramı da kullanılmaktadır.

Çoklu gösterim veritabanlarında temel sorunlar, farklı ölçek/çözünürlük seviyelerinde bağımlılıkların yapılandırılması ve çok ölçekli veri yapılarının geliştirilmesidir (Kilpelainen 1995).

Çoklu Gösterim Coğrafi Veritabanlarının geliştirilmesi birçok araştırma çalışmasına konu olmuştur (Frank ve Goodchild 1990; Kilpelainen 1997; Hampe ve ark. 2004; Dunkars 2004; Doğru ve Uluğtekin 2005; Doğru ve Uluğtekin 2006; Doğru ve ark. 2007; Doğru ve Uluğtekin 2007). Aynı seviyeler, değişik konumsal çözünürlük ve detay derecesi sağlayan farklı seviyelerde tutulmuş, seviyeler arasındaki bağıntı, hiyerarşik ilişkilerle sağlanmıştır.

Jones'a (1991) göre veritabanında aynı objenin farklı gösterimlerini saklamak için birçok sebep vardır ve otomatik genelleştirmenin kısıtlı yeteneklere sahip olması bunların başında gelir. Ona göre çok çözünürlüklü veri yapıları, verinin genelleştirilmiş versiyonlarına çok hızlı erişim sağlamalı ve dolayısıyla veri tekrarının önüne geçmelidir. Kidner ve Jones (1994) çalışmalarında, çok ölçekli CBS'de değişik gösterim seviyelerini yönetmek için nesneye dayalı bir yapı kurmuşlardır.

Laurini ve Thomson (1992) çoklu gösterimi, çeşitli konumsal nesnelerin farklı formlarının modellenmesi olarak ele almışlardır. Kilpelainen'in (1995) ise çalışmalarında ise "tam otomatikleştirilmiş bir ortamda çok ölçek seviyeli veritabanı" fikri iki kavrama dayanmaktadır:

a. Model genelleştirmesi,

b. Kartografik veritabanı.

Model genelleştirmesi, kartografik genelleştirme öncesi veritabanında uygulanan bir ön işlemdir. 1993'te Kilpelainen ve Sarjakowski, *Çoklu Gösterim Coğrafi Veri Tabanlarında Artırımlı Genelleştirme* fikrini ortaya atmışlardır. Kilpelainen'e (Kilpelainen 1997, s.114) göre;

- Topoğrafik harita coğrafi veritabanlarının esnek ve etkin olarak yönetilmesi ile otomatik güncellenmesi, coğrafi nesnelerin veritabanında birçok farklı gösterim seviyesinde tutulmasını gerekli kılar. Bir Çoklu Gösterim Coğrafi Veri Tabanı aynı zamanda genelleştirme görevini de yerine getirir.

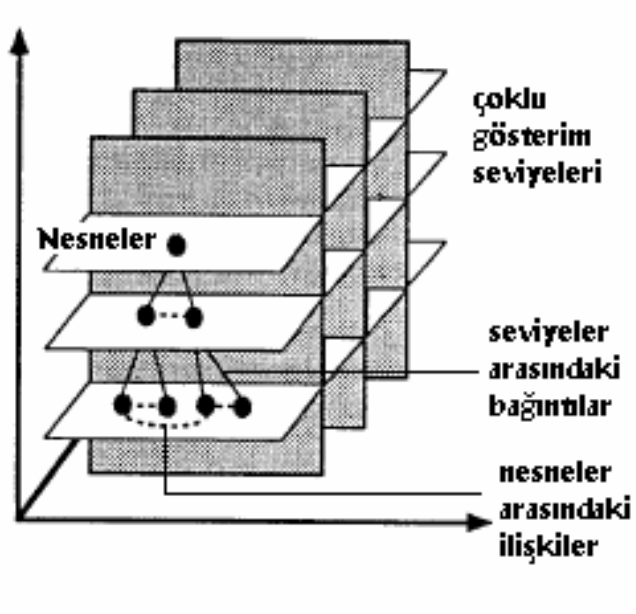
- Kartografik genelleştirme öncesi gerçekleştirilen model genelleştirmesi, kartografik genelleştirme ile ilgili sorunları azaltırken, problemlere de daha sistematik çözümler sunar.
- Bir Çoklu Gösterim Coğrafi Veri Tabanından çoklu gösterim seviyelerini ve genelleştirilmiş ürünleri elde etmek, geometrik kurallara ilave olarak genelleştirme için diğer farklı tiplerde kuralları da gerekli kılar.

Genel olarak veri yapılandırma ve veri yönetim problemleri olmak üzere iki ana ihtiyaçtan bahsedilebileceği gibi çoklu gösterim coğrafi veritabanlarının gereksinimleri şöyle sıralanabilir (Kilpelainen 1995):

- Veri modeli ve yapıları: aynı obje, bir çoklu gösterim veritabanında farklı seviyelerde farklı çözünürlük derecelerinde sunulur. Temel seviyede konumsal nesneler maksimum çözünürlük ve doğrulukta tutulur. Çoklu gösterim veritabanlarında çakışan objeler de tanımlanmalı, kullanılacak temel genelleştirme işlemleri belirlenmelidir. Bu sayede genelleştirilmiş versiyonlara hızlı erişim sağlamalıdır.
- Obje rehberi: veritabanı içeriği (yüklü objeler, sınıflar, boyut, konumsal doğruluk ve konumsal veri modeli gibi özellikler) tanımlanmalıdır.
- Bağlantılı seviyeler: seviyeler hiyerarşik ilişkilerle birbirleriyle bağlantılıdır. Farklı gösterimler/seviyeler arasındaki topolojik ilişkiler veri yapısında kesin olarak modellenmelidir. Bu, veritabanı bütünlüğü için bir kontrol mekanizmasıdır.
- Gösterim seviyeleri: seviyeler ve bunların karmaşıklığı, uygulamaya bağlı seviyelerin çözünürlüğü gibi konular belirlenmelidir.
- İndeks mekanizmaları: çoklu gösterim veritabanları çok geniş olacağından uygun indeks mekanizmaları geliştirilmelidir. Tek bir konumsal indeks ve tek bir liste veya bir obje indeksi tek parça ve yetersiz olacağından en uygun seviyeye doğrudan erişim sağlayacak bir indeksleme mekanizması oluşturulmalıdır.
- Karar süreci: güncellemeler konusunda yazılımın karar kabiliyeti gerekir ve veritabanı içeriği değişiminde kontrol mekanizması olarak görev yapar.

Kullanıcı ara yüzü: çoklu gösterim veritabanlarında kullanıcı sorguları geliştirilmelidir.

Gerçek yeryüzü Şekil 1.2'de gösterildiği gibi bir nesne modeline göre temsil edilebilir. Nesne modeli konumsal olduğu kadar konumsal olmayan öznitelik bilgilerini de içerebilir. Şekil 1.2'de çoklu gösterim kavramı görüntülenmektedir. Temel seviyeden türetilen farklı genelleştirilmiş seviye versiyonlarının idamesi çok ölçekli veritabanlarının en önemli konusudur. Şekilde gösterim seviyelerinin farklı çözünürlük ve ölçek derecelerinde coğrafi nesneler barındırdığı görünmektedir. Seviyeler asasındaki bağıntılar hiyerarşik olarak yönetilebilir.



Şekil 1.2 Çok Ölçekli Veritabanında İlişki ve Bağıntılar (Kilpelainen, 1997, s.59)

Temel seviye en doğru ve en fazla miktarda verinin tutulduğu seviyedir yani bu seviyedeki tüm verinin aynı anda görüntülenmesi pratik olarak mümkün değildir, seçim süreci gerekir. Aynı seviyedeki objeler arasında ilişkiler bulunur. Aynı ilişkiler diğer seviyelerde de mevcuttur ki bu da verinin tutarlılığını garanti altına alır. Bu ilişkilere en güzel örnek topolojik ilişkiler olabilir.

Bu noktada ilişki ile bağıntı ayrımını yapma zorunluluğu vardır. Aynı seviyede farklı objeler arasındaki ilişkiler *ilişki,* farklı seviyelerde aynı objenin farklı gösterimleri arasındaki ilişki ise *bağıntıdır*. İlişki ile bağıntı arasındaki diğer fark da

bağıntıların, yüksek seviyeli gösterimlerin düşük seviyeli gösterimlerden türetilmesini sağlamasıdır.

Şekil 1.3 çoklu gösterimli bir sistemde veri akışını göstermektedir. Seviyeler arasındaki bağıntılar kesin olarak tanımlanmıştır ve böylece güncellemelerin seviyeler arasında otomatik geçişi sağlanmıştır. Tüm seviyeler arasında bağıntılar tanımlandıkça seviyeler arasında tutarlılık da sağlanmış olur.

Burada, çoklu gösterim veritabanı sisteminde, farklı gösterim seviyelerinden farklı genelleştirilmiş sonuç ürünler de otomatik olarak elde edilmektedir. Bu otomatik genelleştirme işlemi, grafik gösterim bilgisinin, çoklu gösterim veritabanında obje öznitelikleri içerisinde kesin ve doğru olarak tanımlanmasını gerektirir. Güncellemelerin diğer seviyelere etki etmesi üç şekilde gerçekleşir:

1. Temel seviyeden 1 nci seviyeye,

   1 nci seviyeden 2 nci seviyeye,

   2 nci seviyeden 3 ncü seviyeye

   ....

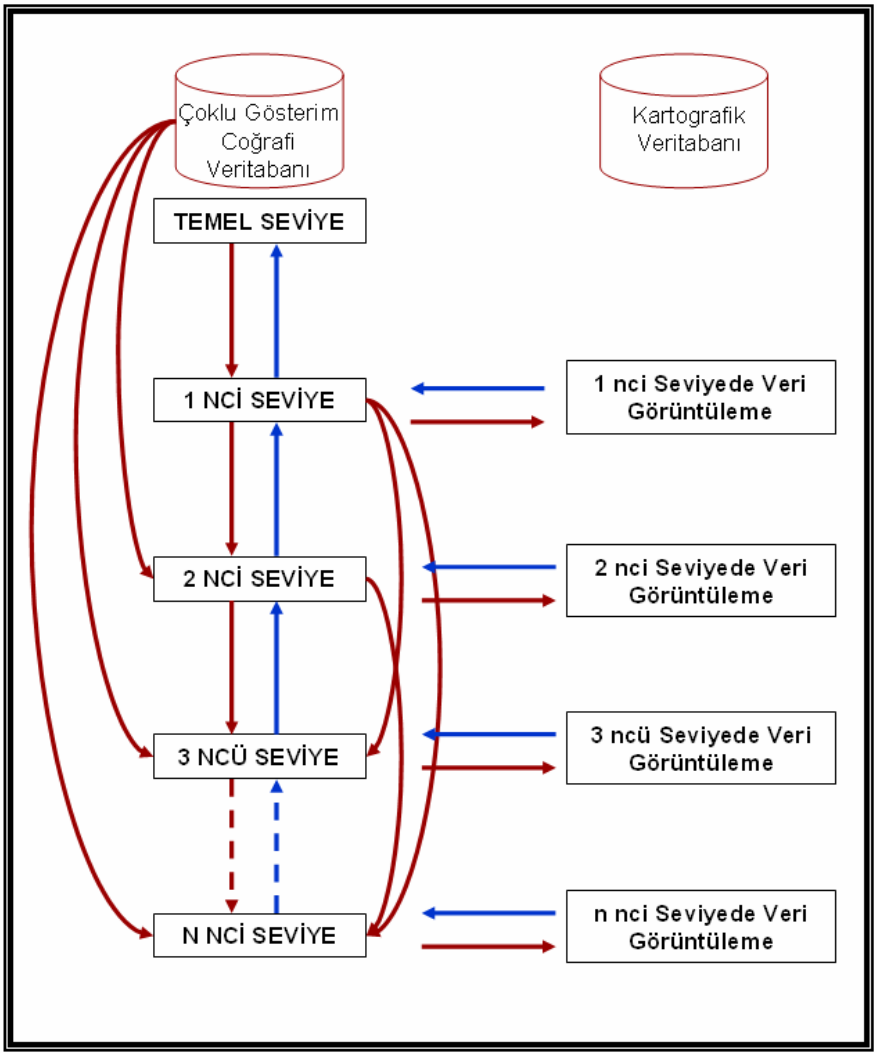
2. Temel seviyeden 1 nci seviyeye,

   Temel seviyeden 2 nci seviyeye,

   Temel seviyeden 3 ncü seviyeye,

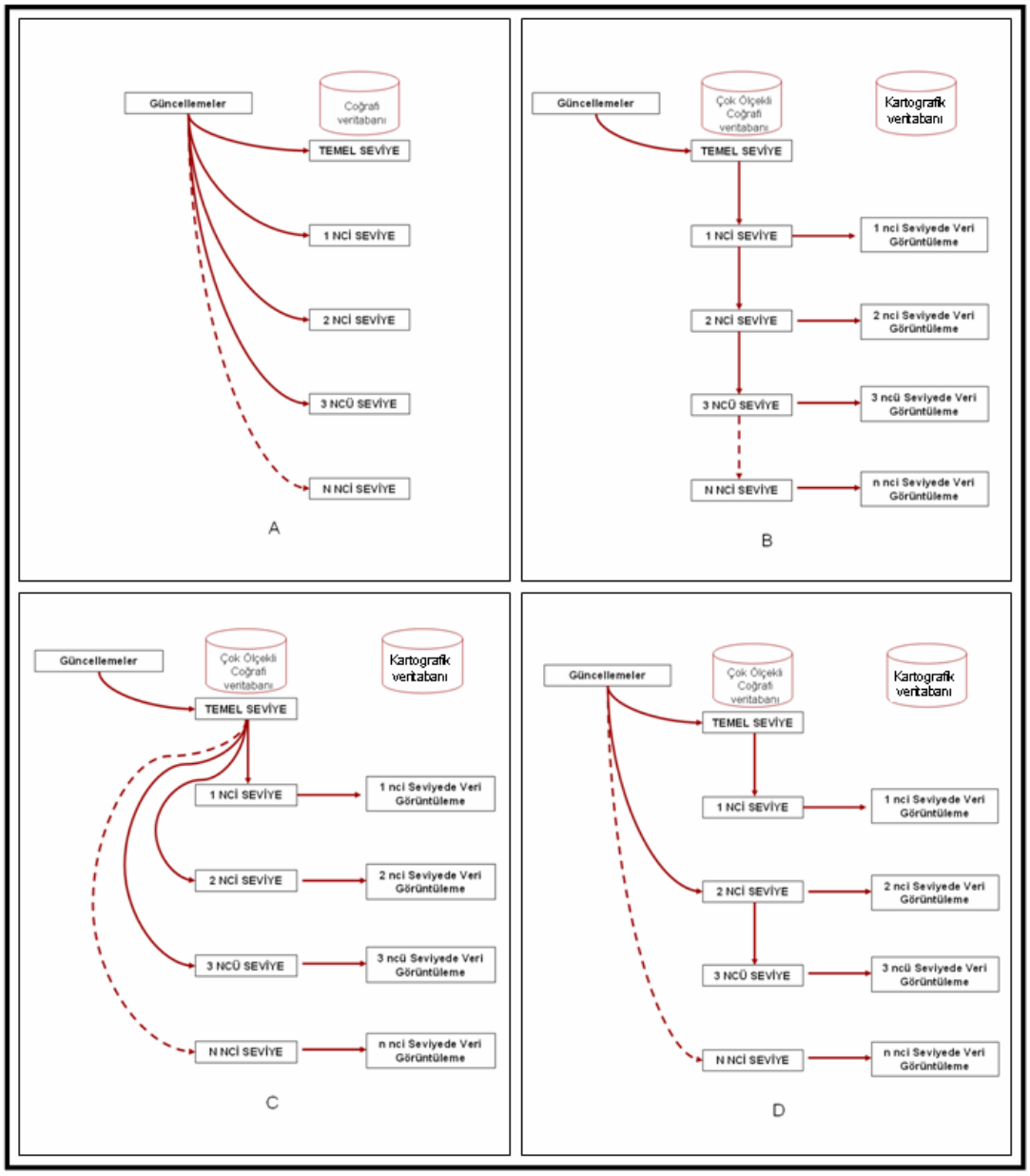
   ...

3. 1 ve ikinci yaklaşımların bir birleşimi ile.



Şekil 1.3 Çok Ölçekli Bir Sistemde Veri Akışı

Şekil 1.4'de A durumunda, bağıntıları tanımlanmamış bir veritabanı mevcuttur ve revizyonlar temel seviye ile diğer tüm seviyelere ayrı ayrı uygulanmaktadır. B durumunda çoklu gösterim bir veritabanı vardır ve seviyeler arasındaki bağıntılar tanımlanmıştır. Veritabanı iki parçadan oluşmaktadır: *model genelleştirmesi veritabanı* ve *kartografik veritabanı.* Revizyon temel seviyede uygulanmış ve seviye seviye otomatik olarak ilerlemiştir. C durumunda temel seviyeye uygulanmış ve diğer seviyeler bu ana seviyeden türetilmiştir. D de ise revizyon yine temel seviyeye uygulanmış ve kısmen seviyeden seviyeye, kısmen de ana seviyeden ilgili seviyeye geçmiştir.



Şekil 1.4 Çoklu Gösterim Coğrafi Veritabanlarında Revizyonlar

Bütün bu durumlarda kartografik veritabanı, çoklu gösterim veritabanından, obje öznitelikleri arasında saklanan grafik gösterim bilgisi yardımıyla türetilebilir. Şekil 1.4'de A durumu ile B, C ve D arasındaki temel fark, tutarlılık kontrolünde yatar. Seviyeler arasındaki bağıntılar kesin olarak tanımlandığından B, C ve D durumları çoklu gösterim coğrafi veritabanı ortamında veri tutarlılığı için otomatik bir kontrol mekanizması sağlar.

Kartografik genelleştirme bilginin, ölçek/amaç gibi faktörlere bağlı olarak azaltılması zorunluluğundan dolayı çeşitli değişikliklere uğraması olduğundan, çoklu gösterim, veritabanı ortamında genelleştirme sorunlarıyla doğrudan ilgilidir. Bu gün tartışılan konu çoklu gösterim veritabanlarının gerekliliği değil, bunun nasıl gerçekleştirileceğidir. ArcGIS 9.3 gibi ticari yazılımlarda belli seviyeye kadar kendine yer bulmaya başlamıştır (ESRI 2009).

1.6.2. Artırımlı (incremental) genelleştirme

Artırımlı genelleştirme prensibi kısmen yazılım mühendisliği ve program geliştirme yöntemlerine dayanır. Yazılım mühendisliğinin amaçlarından birisi, program geliştirme sürecini alt süreçlere bölmektir, buna da *modüler yaklaşım* denir.

Program geliştirme safhalarından birisi Fortran yaklaşımıdır ve bu ortamda geliştirilen programlar alt programcıklardan oluşur. Bunlar münferit olarak geliştirilip derlenebilir ve sonuç programı oluşturacak şekilde birleştirilebilir.

Fortrandaki sorunlar Pascal dilinin geliştirilmesiyle çözüme kavuşmuştur. Bu yaklaşımda program bir bütün olarak ele alınmaktadır, bir satır dahi değişse tüm program yeniden derlenmek zorundadır.

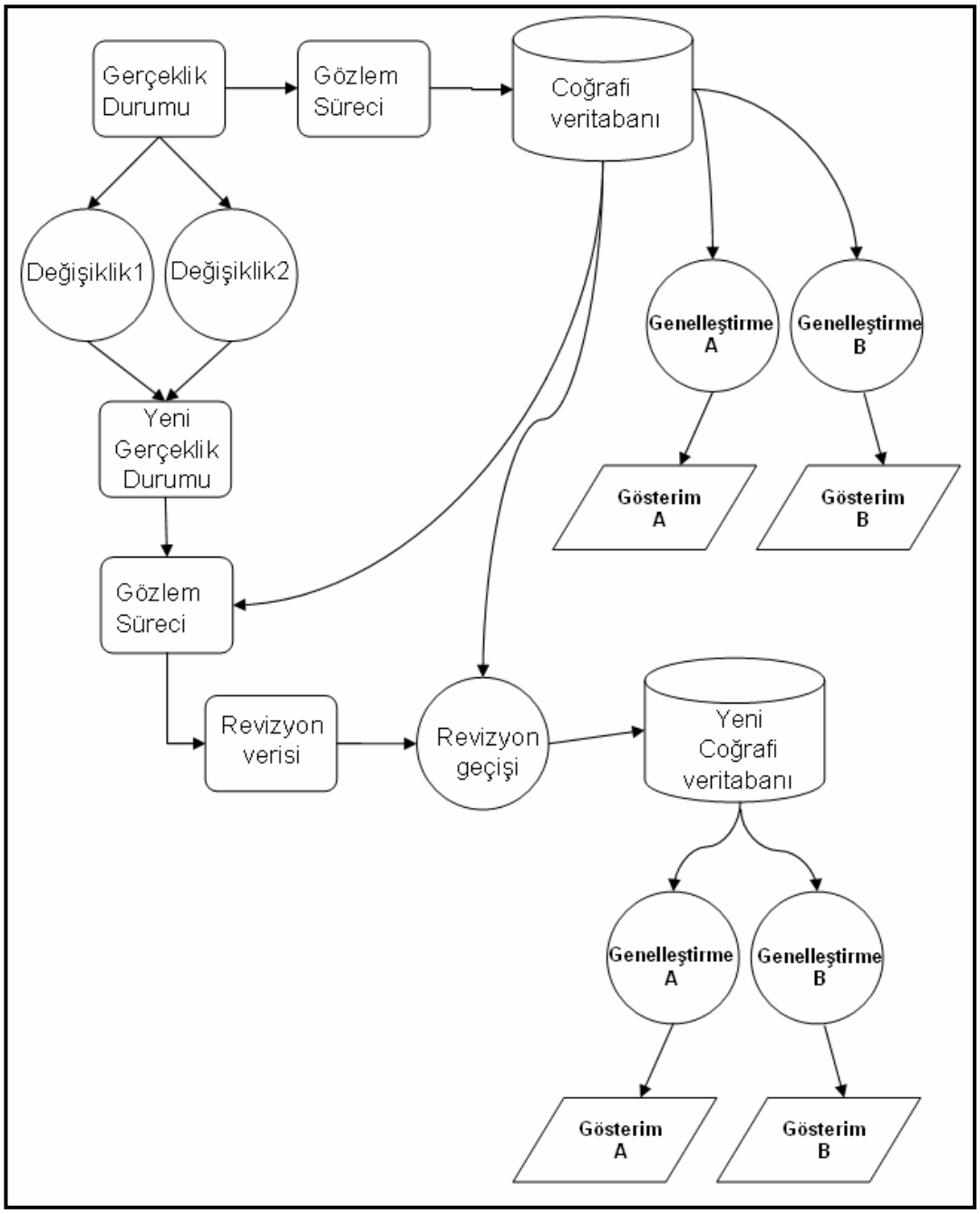
Bu iki yaklaşımın avantajları birleştirilerek yeni programlama dilleri geliştirilmiştir. Bunların ana prensibi her modülün iki parçaya ayrılmasıdır: modül ara yüzü ve modül bünyesi. Bu, derleme işleminin artırımlı yapılmasını sağlar ki bu da sadece değişen modülün veya değişen modülle bağlantılı modüllerin tekrar derlenmesi sonucunu doğurur. Bağıntı bilgisi program geliştirme ortamında otomatik olarak tutulur. Sonuç olarak program modül modül artırımlı olarak derlenebilir ve tutarlılığı da garanti altına alınmış olur.

Artırımlı derleme prensibi bir genelleştirme işlemine de uygulanabilir. Coğrafi veritabanında yüklü coğrafi varlıklardaki değişikliklerden (yeni bina, yol gibi) dolayı veritabanında güncelleme (revizyon) işlemi gerekir. Coğrafi gerçeklikteki değişiklikler yeni bir gerçeklik durumu ortaya çıkarır. Bu yeni gerçeklik durumu arazi gözlemleri veya fotogrametrik yöntemlerle haritalanır ve bu şekilde revizyon verisi elde edilir. Bu güncellemeler veritabanında geçişler (transactions) gerektirir.

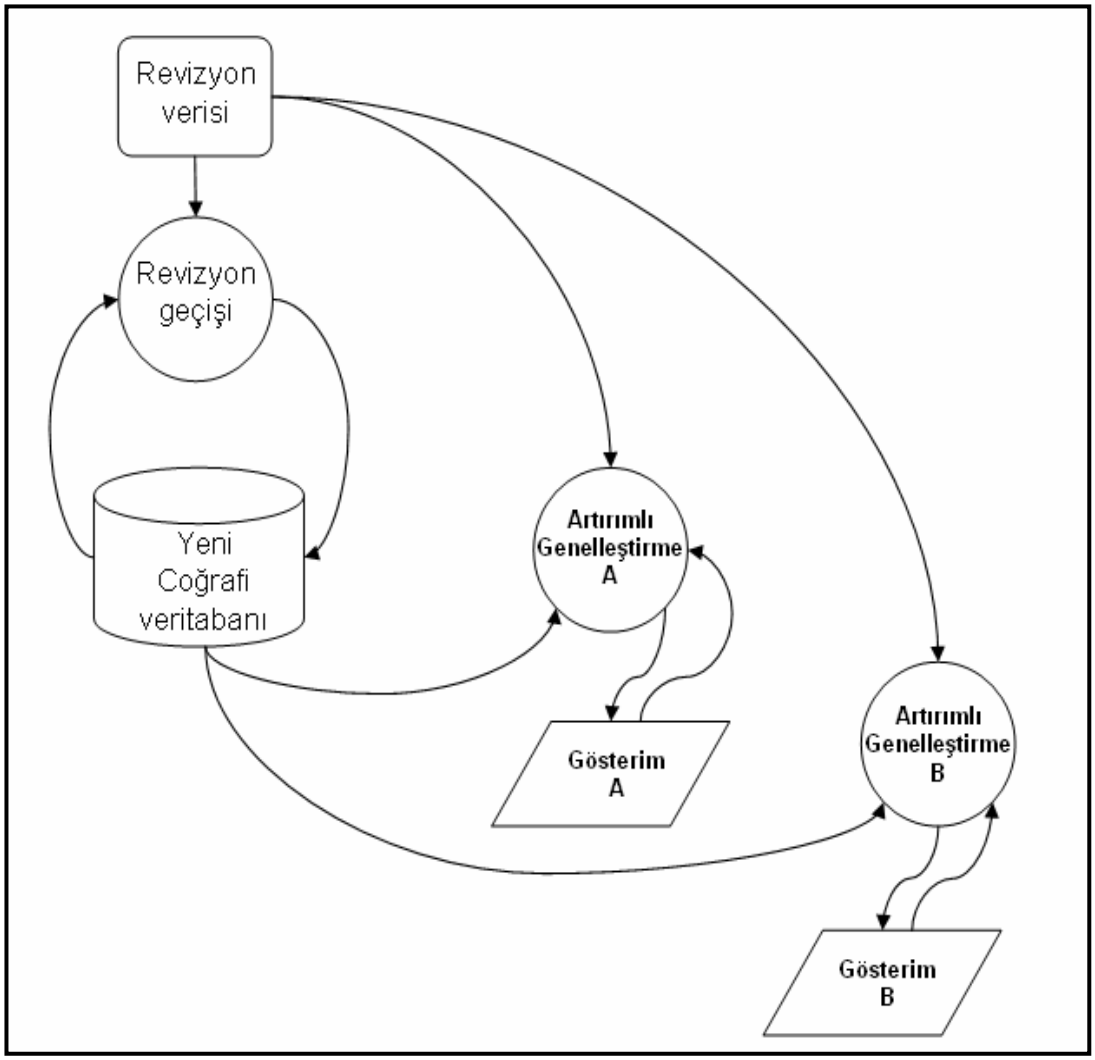
Revizyon geçişi işlemi yeni bir coğrafi veritabanı ile sonuçlanır. Dolayısıyla batch (yığın) genelleştirme işleminde farklı genelleştirilmiş gösterimler elde etmek için güncellenmiş veritabanından tüm coğrafi verinin yeniden tamamen işlem görmesi gerekir. Burada temel sorun, genelleştirilmiş gösterimlerin farklı versiyonları, yani orijinal veritabanından elde edilen harita versiyonu ile orijinal veritabanının farklı zamanlarda güncellenmiş veri tabanlarından elde edilen versiyonlar arasındaki farktır.

Pratik olarak çoklu gösterimli coğrafi veritabanlarında revizyonu temel seviyede yapmak gerekir. Müteakiben güncellemeler diğer seviyelere uygulanır. Coğrafi veritabanının çoklu gösterimlerinden her birine revizyonun uygulanmasına *artırımlı genelleştirme* denir ve yazılım mühendisliğindeki *artırımlı derleme* (incremental compilation) prensibine dayanır (Kilpelainen ve Sarjakowski 1995).

Çoklu gösterim ortamında otomatik artırımlı genelleştirme, tüm genelleştirme işlemini otomatik hale getirir. Şekil 1.5'de yığın genelleştirme işlemi, Şekil 1.6'da artırımlı genelleştirme süreci görünmektedir.



Şekil 1.5 Yığın Genelleştirme Süreci (Kilpelainen 1997)



Şekil 1.6 Artırımlı Genelleştirme Prensibi (Kilpelainen 1997)

Artırımlı genelleştirme sürecinde genelleştirme işlemi tüm coğrafi veritabanı için sadece bir kez uygulanır. Güncelleme geçişlerinin coğrafi veritabanına uygulanmasını müteakip önceki genelleşmiş çıktı da artırımlı olarak güncellenir, yani genelleştirme işlemi sadece güncellemelerden etkilenmiş olan modüllere uygulanmış olur. Bu sayede artırımlı genelleştirme ile problem modüllere bölünmektedir. Aşağıda bunun nasıl yapıldığı açıklanmaktadır.

Genelleştirmenin modüllere bölünmesiyle hangi coğrafi nesne sınıflarından hangilerinin etkilendiği tam olarak tanımlanmalıdır. Genelleştirme işleminde objelerin ve bunların arasındaki ilişkilerin nasıl etkilendiğine dair literatürde çok

miktarda çalışma bulunabilir. McMaster ve Shea (1992) konumsal ve öznitelik dönüşüm özelliklerini araştırmışlar ve daha önce de belirtildiği gibi genelleştirme işlemini 12 temel elemanla açıklamışlardır.

Yine literatürde genelleştirme sırası ile ilgili öneriler de bulunabilir. (örneğin suyla ilgili objeler ilk olarak genelleştirilmeli, ardından yollar, son olarak da binalar genelleştirilmeli).

Artırımlı genelleştirmede güncelleme geçişlerinden etkilenmeyen objeler çoklu gösterim veritabanında belirlenmelidir. Bunun için ilk adım genelleştirme sırasının kesin olarak belirlenmesidir. Bu sıra farklı uygulamalar için farklılık gösterebilir. Genelleştirme işlemleri de birbirlerini etkileyebilir.

Artırımlı genelleştirme işlemini uygulanabilir yapmak için genelleştirme süreci modüllere bölünmelidir. Eğer değişiklikleri otomatik olarak coğrafi veritabanına uygulamak mümkün ise tüm genelleştirme işlemini tam otomatik yapmak gerekli değildir. Obje hiyerarşisi ve coğrafi veritabanında güncelleme işlemi Şekil 1.7 ve Şekil 1.8'de sunulmuştur.

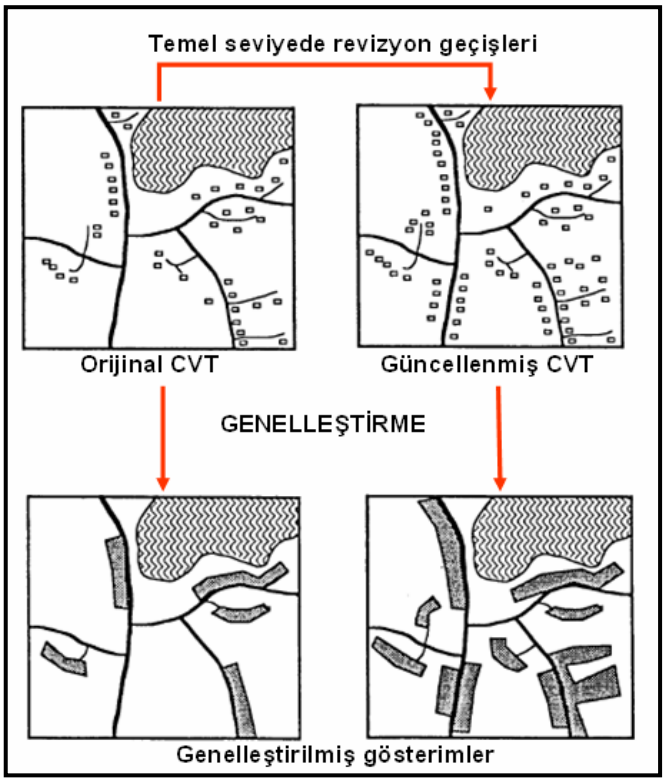
Basit örnekte genelleştirme sırası aşağıdaki gibidir:

1. su alanları,
2. yol ağı,
3. binalar

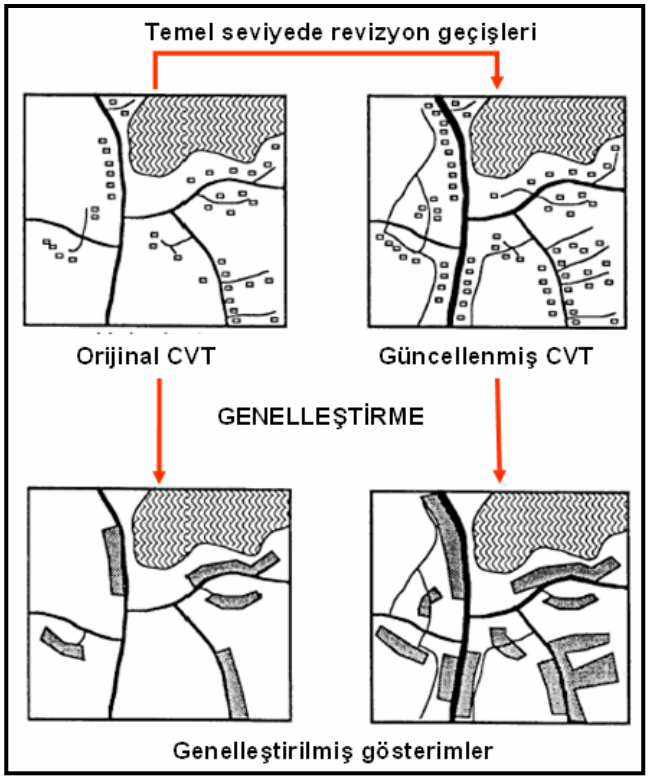
Şekil 1.7'de binalar coğrafi veritabanında güncellenmiştir. Diğer objeler hiyerarşik olarak binaların üstünde olduğundan bunlar etkilenmemiş ve sadece binalar artırımlı olarak genelleştirilmiştir.

Şekil 1.8'de coğrafi veritabanında yollar ve binalar güncellenmiştir. Genelleştirme hiyerarşisinde yollar binaların üzerindedir ancak su alanları da bunların altındadır. Böylece genelleştirme iki modülde (yollar ve binalar) gerçekleşmiştir. Bu örnekte *birleştirme* ve *seçme* işlemleri kullanılmıştır.

Buradaki asıl sorun, çakışan objelerin nasıl belirleneceğidir. Objeler arasındaki bağımlılıkların yukarıdaki örnekte verildiği gibi basit hiyerarşiyle çözülemeyeceği aşikârdır.



Şekil 1.7 Bir CVT'de Binaların Revizyonu



Şekil 1.8 Bir CVT'de Bina ve Yolların Revizyonu

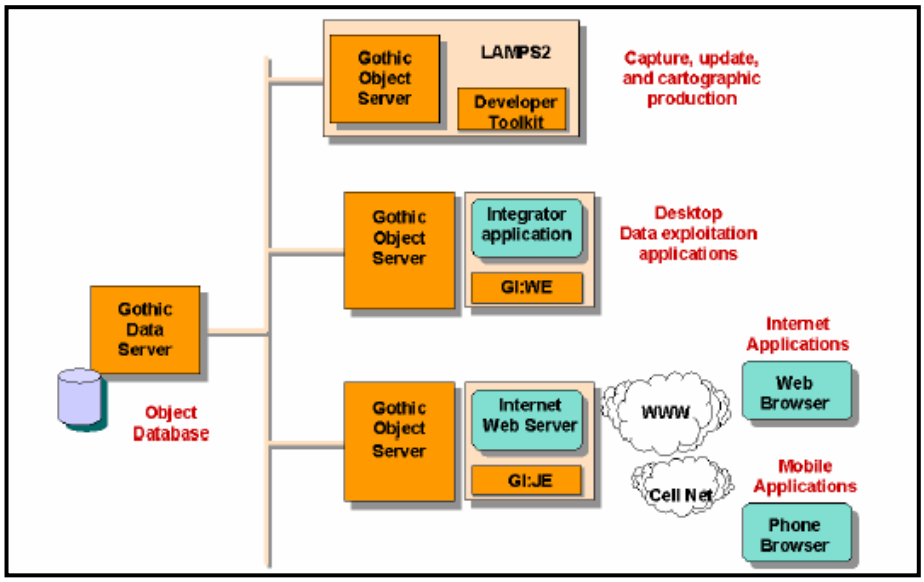
1.6.3. Çok Uyarlayıcılı genelleştirme

Konumsal veriyi temsil etmenin mantıklı bir yolu, yazılım nesnelerinin kullanılmasıdır. Nesneye dayalı (*Object-Oriented*) bir ortamda veritabanındaki her obje münferit nesneler olarak tutulur. Her objenin *yöntem* olarak adlandırılan bir grup fonksiyona erişimi vardır. Aynı tip objeler aynı yöntemlere sahiptir ve *sınıf* olarak adlandırılırlar.

Nesneye dayalı bir sistemin aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir:

- Veri bir yerden gelecek bir mesaja cevaben tetiklenecek yöntemlerle birlikte obje içinde gömülmüştür.
- Her obje belli bir sınıfın üyesidir. Aynı sınıfın altındaki tüm objeler aynı yöntemlere erişirler, aynı öznitelikleri taşırlar, ancak öznitelik değerleri farklılık gösterebilir.
- Sınıflar, miras hiyerarşisiyle oluşabilirler. Bir sınıf, üzerindeki bir veya daha fazla süper sınıfın özelliklerini miras alabilir. Örneğin evler binaların bir türüdür. Ev sınıfı bina sınıfının tüm binalar için ortak olan özelliklerini taşır. Hem yöntemler hem de öznitelikler bu yolla geçebilir.
- Belli objeler arasında ilişki (referans) kurulabilir.
- Poliformizm, yani aynı mesaj farklı sınıfların farklı üyeleri tarafından farklı yorumlanabilir. Bina ebadı ile yol ebadı talepleri farklı sonuçlar döndürür.

Laser-Scan Gothic nesneye dayalı veritabanı bu şartları sağlayan bir veritabanıdır (Şekil 1.9).



Şekil 1.9 Laser-Scan Gothic Mimarisi (Haire, 2001)

Harita genelleştirme görevlerinden en fazla öneme sahip olanları veritabanlarında münferit objelerde mevcut yöntemlerdir. Bunlar, objelerin sistem tarafından gönderilen mesajlara cevap olarak bir takım fonksiyonları yerine getirmesini sağlar.

Görüntüleme yöntemleri de böyle çalışır. Aynı veri, bu sayede, çok farklı ölçeklerde gösterime uygun hale getirilebilir. Örneğin:

- Bir yol işaretinin genişliği ölçekten hesaplanabilir.
- Objeler, haritanın ölçeğine veya konusuna bağlı olarak görüntülenebilir veya kapatılır.
- Bir objenin dış çizgisi ölçek küçüldükçe bir işaret tarafından temsil edilebilir.
- Her obje, farklı ölçek aralıkları ile ilişkili farklı dış çizgilere sahip olabilir.
- Yazı etiketlerinin konumu ölçeğe uyacak şekilde değiştirilebilir.

Görüntüleme yöntemleri, kendinden önce gerçekleşmiş olan genelleştirmenin sonuçlarını gösterir, bazen de çok temel genelleştirme işlemi gerçekleştirirler. Daha karmaşık genelleştirme işlemleri için objelerle ilişkili başka yöntemler tetiklenmeli ve sonuçları da veritabanına kaydedilmelidir.

Birçok genelleştirme işlemi veritabanında yığın işlem (*batch processing*) ile gerçekleştirilebilir. Gothic'te bunu gerçekleştiren mekanizma *süreç yöntemleri* denen yöntemleri kullanır. Süreç yöntemlerinin iki bileşeni vardır:

- Temel sınıflarda mevcut olan ve onları kullanacak gerçek dünya sınıflarına da geçecek olan yöntemlerin kendileri,
- Her objeye bir mesaj yollayan bir süreç sıralayıcı.

Süreç yöntemleri, bütün genelleştirme işlemi süresince birçok şekilde kullanılabilir. Örneğin:

- Boyutlarıyla ilgili olarak belli bir ölçekte gereksiz objeleri veritabanından atabilir.
- Müteakip süreç adımına hazırlık olarak objeleri tekrar sınıflandırabilir.
- Müteakip süreç adımına hazırlık olarak destekleyici veri yapıları kurabilir.
- Şehirlerin dış konturları gibi veri içinde belli objeleri belirleyip etiketleyebilir.
- Obje bazında genelleştirme işlemleri gerçekleştirebilir.

LAMPS2, Laser-Scan'in (1Spatial) Gothic'e dayanan temel masaüstü uygulamasıdır ve bir genelleştirme modülü içerir. Aşağıdaki temel işlemleri kullanır:

- Kümeleme (clustering): belli bir mesafeden daha yakın olan obje grupları etrafına dış kontur yaratmak
- Basitleştirme (simplification): bir objeyi temsil eden koordinat miktarını azaltmak.
- Tiplerine ayırma (typification): bir gruptan objeleri seçerek çıkarmak
- Birleştirme (aggregation): birbirleriyle belirli bir mesafe içinde olan objeleri birleştirmek.
- Vurgulama (collapsing): temel tiplerini değiştirerek objelerin veya obje gruplarının görünümünü basitleştirmek. Örneğin alan objelerin çizgi veya noktaya dönüşmesi gibi.

- Abartma (exaggeration): bir objenin görünümü ile ilgili belli özellikleri abartmak.
- Seçme (refinement): objelerin görünüşünü geliştirmek, seçmek.
- Öteleme (displacement): birbirlerine çok yakın objeler arasındaki çakışmaları önlemek.

Her ne kadar süreç yöntemleri, veritabanındaki objeler üzerinde çok güçlü algoritmalar sağlasalar da bunların veya diğer yığın süreç yöntemlerinin tüm veri setini otomatik olarak genelleştirmesinde açık kısıtlamalar mevcuttur. En önemli kısıt, bir yığın süreç tüm benzer objelere doğrudan aynı algoritmaları uygulamasıdır.

Birçok durumda, tek tek objelere uygulanan genelleştirme işlemleri, objeler arasında çakışmalarla sonuçlanır. Örneğin, bir bina türetme harita ölçeğinde anlamlı olması açısından genişletilebilir, ancak sonra da yol ile çakışabilir. Bu örnekte ya yol ya da bina bir miktar ötelenmelidir. Eğer yakınlarda başka objeler varsa ve konum doğruluğu çok önemliyse, çakışmayı önlemek için başka stratejiler seçilmelidir. Bu tip muhtemel çakışmalar sayısız olarak tekrarlanabilir ve her biri farklı bir çözüm yöntemi gerektirebilir.

Eğer bir otomatik genelleştirme sistemi bir kartografın yerine geçecekse, belli bir zekâ seviyesine sahip olmalı, genelleştirilen obje ve obje gruplarına en uygun yaklaşım konusunda karar verilmeli, muhtemel çakışmaları tespit edip üstesinden gelebilmelidir.

Yeni Otomatik Genelleştirme Teknolojisi (AGENT) projesi işte bu iddialı amaçla geliştirilmiştir (Haire 2001). AGENT projesi, IGN Fransa, Zürih Üniversitesi, Edingurg Üniversitesi, INPG Gronable ve Laser-Scan Ltd. (1Spatial) işbirliğinde yürütülen ve sponsorluğunu Avrupa Komisyonunun yaptığı bir çalışmadır.

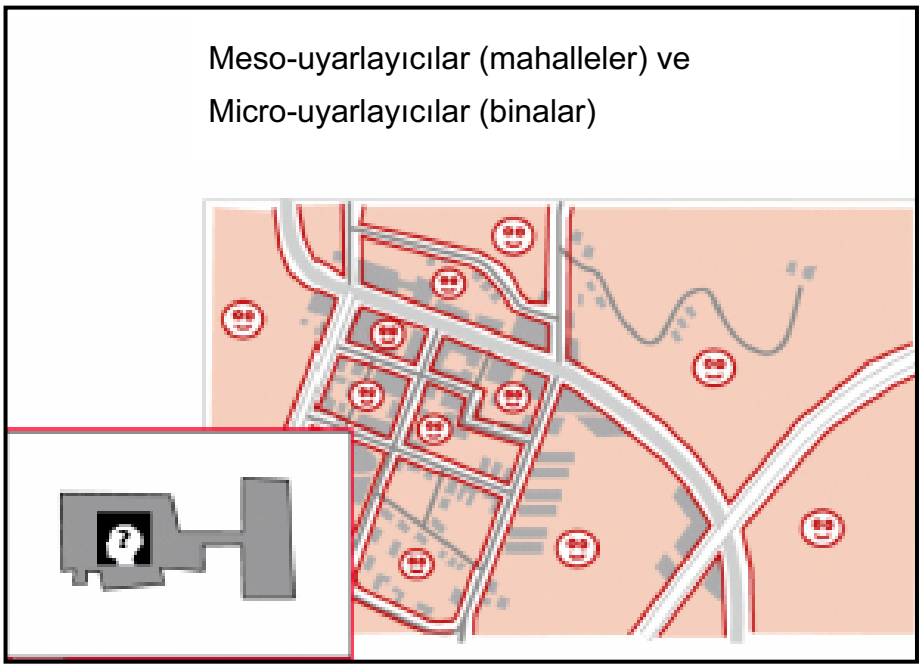
AGENT sistemi, her çakışmayı önlemek için ne yapılacağını detaylı tarif ederek çözmek yerine objenin nihai karakteristiklerini tarif eder. Bu strateji ajanlar kullanarak çalışır. Burada ajan, karar alabilen ve diğer ajanlarla iletişim kurabilen, aktif bir veritabanı objesidir. Bir anlamda ajanlar, özellik ve yöntemleri olan, bilinen veritabanı objelerinin uzantılarıdır. Bir harita üzerindeki bir bina, orman ya da yol gibi objeler potansiyel olarak birer uyarlayıcıdır. Dolayısıyla mevcut duruma göre

kendi kendini genelleştirebilirler. Birçok genelleştirme problemi, münferit objelere uyarlayıcı olarak güç kazandırıp kendi çakışmalarını çözümlemelerine izin vererek çözülebilir. Ancak uyarlayıcılar, ölçek küçüldükçe münferit binaların önce poligon obje olarak temsil edilmesi, daha küçük ölçeklerde yerleşim alanının noktaya dönüşmesi gibi üst düzey sorunlarla baş edemezler. Buradan da uyarlayıcıların hiyerarşisi kavramı ortaya çıkar.

Bu hiyerarşi şöyle özetlenebilir:

- Mikro-uyarlayıcılar, münferit atomik objeleri kontrol ederler.
- Meso-uyarlayıcılar, daha alt seviye uyarlayıcı gruplarını kontrol ederler.

Örnek vermek gerekirse, mikro-uyarlayıcılar yolları, binaları kontrol ederler. Binalar bir araya gelerek blokları oluşturur ve meso-uyarlayıcılar tarafından kontrol edilirler. Bina blokları birleşerek mahalleleri oluşturur ve yine bir meso-uyarlayıcı tarafından kontrol edilirler. Mahalleler bir araya gelince şehir oluşur ve kendi meso-uyarlayıcısı vardır. Bir blok meso-uyarlayıcı binaları silebilir, öteleyebilir ve birleştirebilir (Şekil 1.10).



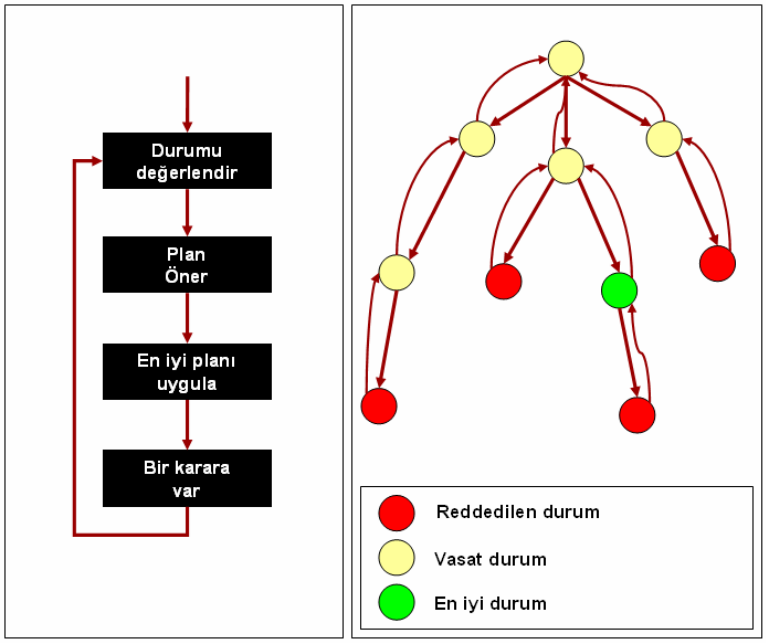
Şekil 1.10 Meso-Uyarlayıcılar/Mikro-Uyarlayıcılar (Haire 2001)

Uyarlayıcıların yanı sıra AGENT sistemi bir takım bileşenden oluşur. Bunlar:

- Kısıtlar: genelleştirme işlemine rehberlik eden mekanizmadır. Her ajanın bir takım kısıtlamaları vardır ve bunlar genelleştirme süresince uyarlayıcılara rehberlik ederler.
- Ölçütler: kısıtlar tarafından kullanılan fonksiyonlardır. Örneğin bir bina uyarlayıcısının boyutlarını hesaplamaya yarayan bir ölçütü olmalıdır.
- Planlar: kısıtlama ihlallerinin üstesinden gelmek üzere önerilen algoritmalar ve bunlarla ilişkili parametrelerdir.

Her uyarlayıcının zekice kısıtlar tarafından kendisine verilen bilgiyi işleyen, önerilen planı uygulayan, *yaşam döngüsü* adı verilen özel bir metodu vardır (Şekil 1.11). Bir uyarlayıcı, listesindeki en iyi planı uygular ve durumunu değerlendirir. Bu döngü her durum için tüm planlar uygulanıncaya kadar sürer. Sonunda süreç boyunca görülen en iyi duruma geri dönülür.

Laser-Scan (1Spatial) ile KMS'nin (Danimarka ulusal harita kuruluşu), ortak yürüttükleri çalışmada 1:10 000 ölçekli veriden 1:50 000 ölçeğinde topografik harita üretiminde AGENT sistemi kullanılmaktadır.



Şekil 1.11 Ajan Yaşam Döngüsü

1.7. Değerlendirme

Kartografyada genelleştirmenin sayısal yöntemlerle yapılmasına ve otomasyon çalışmalarına 1960'lı yıllarda başlanmıştır. Bu tarihten günümüze kadar süreç, genelleştirmenin gelişimi açısından üç dönemde açıklanabilir ki 1975 yılına kadar olan ilk dönemde basit çizgisel basitleştirme algoritmaları çalışmaların odağı olmuştur. Çizgisel objelerin, harita üzerinde en büyük oranda yer alan obje grubu olması nedeniyle araştırmacılar genelleştirme esnasında ortaya çıkan basitleştirme ihtiyacına çözüm aramışlarıdır. Bunlardan en önemlilerinden biri, Douglas ve Peucker (1973) tarafından geliştirilen ve bugün hala kendine kullanım alanları bulan çizgisel basitleştirme algoritmasıdır.

Takip eden dönem 1980'li yıllara kadar sürmüş olup genelleştirmede objelerin uğradığı kavramsal değişim incelenmiştir. Üçüncü dönem ise günümüze kadar devam eden süre olup, ilişkisel veritabanları, nesneye dayalı teknikler, sinir ağları temel araştırma konuları halini almıştır.

Bu bölümde özellikle üçüncü dönemde yoğunlukla araştırılan genelleştirme konularından olan Çok Uyarlayıcılı Genelleştirme yaklaşımı, çoklu gösterim veri tabanları ve artırımlı genelleştirme kavramları açıklanmıştır.

2. ULAŞIM AĞI GENELLEŞTİRMESİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

2.1. Giriş

Standart topografik haritalarda yer alan objelerin büyük bölümünü çizgisel objeler oluşturur. Dolayısıyla çizgisel objeler ve özellikle ulaşım ağını teşkil eden yol tiplerinin seçimi/elemesi ile genelleştirilerek hedef ölçekte uygun gösteriminin sağlanması genelleştirme konularında yapılan çalışmalarda en çok araştırılan konulardan biri olmuştur.

Genelleştirmenin son döneminde yol objelerinin genelleştirmesi konusunda, çizge kuramından (graph theory), çoklu gösterimlere kadar birçok farklı algoritma geliştirilmiş olup tezin bu bölümünde bu konuda yapılan çalışmalar ve geliştirilen yöntemler incelenmiştir.

2.2. Yol Objelerinin Genelleştirilmesi

Harita üretimi önceleri bağımsız bir çalışma iken gelişen bilişim teknolojileri ve artan ihtiyaçlar doğrultusunda; veri tabanları, veri modelleme, görüntü analizi ve otomatik kartografya gibi konularla daha karmaşık bir hal almıştır. Dolayısıyla konvansiyonel üretimde tüm çaba belirli bir haritanın üretilip sunumuna odaklanmaktayken coğrafi bilgi sistemi teknolojisinin harita üretiminde kullanılmaya başlamasıyla temel ölçekten elde edilen ürün çeşitliliği beklentileri de artmıştır. Nesneye dayalı veritabanlarının ortaya çıkışıyla üründen bağımsız coğrafi veri depoları ve aktif objeler çağı başlamıştır.

Nesneye dayalı bir veritabanında, gerçek dünya varlıkları objeler olarak tutulurlar. Her obje bir obje sınıfının bir üyesidir. Bir sınıfta birden çok obje olabilirken her bir obje sadece bir sınıfa aittir. Sınıflar objelerin alabileceği değerleri

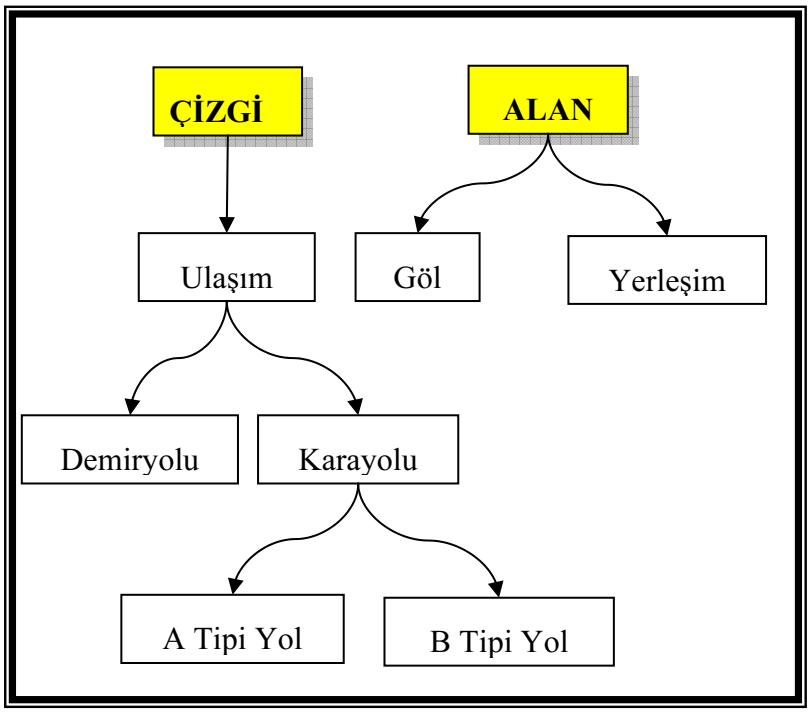
belirler. Bu değerler basit veri formatında (tamsayı, yazı, tarih) olabileceği gibi daha karmaşık formatlarda da (geometri, konum, tablo) olabilir.

Nesneye dayalı veritabanlarında en önemli kavramlardan birisi objeler üzerinde tanımlı olan yöntemlerdir. Bu yöntemler obje davranışlarını belirler. Aidiyet kavramı da mevcut sınıflarda yeni obje sınıfları yaratılmasında kullanılır. Her bir yeni sınıf, ebeveyni olan sınıf veya sınıfların tüm özelliklerini taşır. Bu özellik sayesinde sistematik olarak sınıf hiyerarşileri oluşturulabilir (Şekil 2.1).

Nesneye dayalı sistemler yazılım ve bilgisayar mühendisliğinde olduğu kadar Coğrafi Bilgi Sistemlerinde de son zamanlarda yaygınlığı artmış, kartografya ve coğrafi veri üretiminde daha sık kullanılmaya başlamıştır.

Yöntemler nesneye dayalı veritabanlarının kilit konusudur. Her obje, ait olduğu sınıftan kaynaklanan yöntemlerin yanında kendisi için özel yöntem ve davranışlara da sahiptir. Birçok yöntem bulunmakla birlikte bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- Değer yöntemler, bir mesaja bir cevap döndüren yöntemlerdir.
- Refleks yöntemler obje var oldukça otomatik olarak oluşurlar (yaratılma, dönüşüm, değişim veya silinme gibi).
- Doğrulama yöntemleri objeleri tutarlılığa zorlar ve her obje için kendine has kurallar oluşturmaya yardımcı olur.
- Görüntüleme yöntemleri objenin gösterimiyle ilgilidir.
- Süreç yöntemleri operatör etkileşimi ile çalışırlar. Belli objeler üzerinde topoloji ve genelleştirme işlemleri uygularken kullanılırlar.



Şekil 2.1 Sınıf Hiyerarşileri

Nesneye dayalı bir sistemde, bir objenin ekrandaki veya baskıdaki görünümü, çizim esnasında, veritabanında yüklü olan ve obje sınıfı için tanımlı olan bir *görüntüleme metodu* tarafında oluşturulur. Hardy'ye (1998) göre buna *aktif gösterim* denir ve geleneksel yaklaşımdan Tablo 2.1deki gibi ayrılır.

Tablo 2.1 Geleneksel ve Nesneye Dayalı Yaklaşımlar

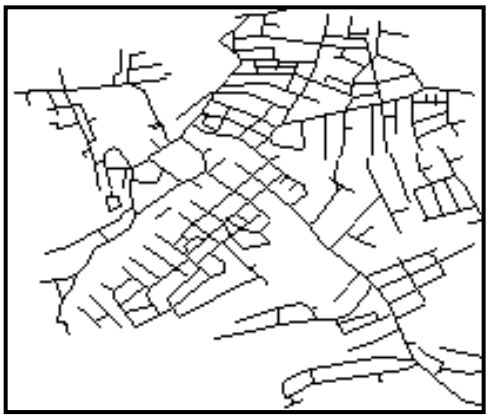
Nesneye dayalı aktif gösterim	Obje gösterimi
Dinamiktir, her seferinde objeler farklı görüntülenebilir.	Statiktir, obje sınıfı tarafından belirlenir.
Veritabanında tanımlıdır.	Uygulamada tanımlanır.
Kullanıcı tarafından tanımlanıp geliştirilebilir.	Sadece yazılımcılar tarafından geliştirilebilir.
Özniteliklerin kombinasyonu ile değiştirilebilir.	Sadece tek bir obje kodu özniteliği ile indekslenir.
Diğer referans objelere ait özniteliklerle değiştirilebilir.	Her obje münferit olarak gösterilir.
Dış etkilere adapte olabilir (ölçek değişimi gibi).	Değişime adapte olamaz.

Nesneye dayalı veritabanlarından harita üretiminin faydalarını Hardy (1998) şöyle sıralamıştır:

- Nesneye dayalı veri modeli, üretime obje davranışlarını da dâhil ederek, gerçek dünyanın doğru bir modellemesini sunar.
- Doğrulama yöntemleri hatalı veri toplamayı önler, operatör hatalarını anında düzeltir.
- Aktif gösterim, temel ölçek veritabanından çok çeşitli kartografik ürünlerin etkin olarak elde edilmesini sağlar.
- Nesneye dayalı genelleştirme yöntemleri önceleri tecrübe ve yoğun kartograf etkileşimi gerektiren genelleştirme görevlerine otomatik çözümler sunar.

Genelleştirme salt geometriye dayalı bir işlem değildir. Bir obje grubu farklı konumsal yapılarda görünebilir. Örneğin bir hidrografya ağı topografik yapıyı takip eder, dolayısıyla nehir-eş yükseklik eğrisi uyumu dikkat edilmesi gereken bir husustur. Dereler mantıksal bir hiyerarşi oluşturur. Bir şehirdeki binalar, ada ve parseller caddeler tarafından birbirlerinden ayrılır. Genelleştirmenin temel hedefi; gösterimdeki detay seviyesini azaltırken coğrafi verinin bütünlüğü ve genel karakteristiğini korumaktır. Bununla birlikte objelerin salt geometrileriyle otomatik analizi ve uygun olarak genelleştirilmesi çok zordur.

Genelleştirmenin sık kullanılan işlemlerinden birisi sınıflandırmadır ve küçük ölçekte obje grubunun genel görünümünü ve karakteristiğini bozmadan obje yoğunluğunu azaltır ve yapısal dokusu basitleştirir (ESRI 2000). Bunun otomatik olarak yapılabilmesi için objelerle ilgili coğrafi bilgiler özniteliklerle güçlendirilmelidir. Örneğin aşağıdaki şekilde aralarında hiyerarşik bir sınıflandırma olmaksızın bir cadde ağı görünmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Genelleştirilecek Yol Ağı

Kartografın görevi, bu şehrin ana cadde görünümünü en iyi temsil edecek bir alt kümesini ortaya koymaktır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Sınıflandırma ve Seçim

Bu hiyerarşik düzenlemeden sonra küçük ölçekte sonuç Şekil 2.4 deki gibi görünür.



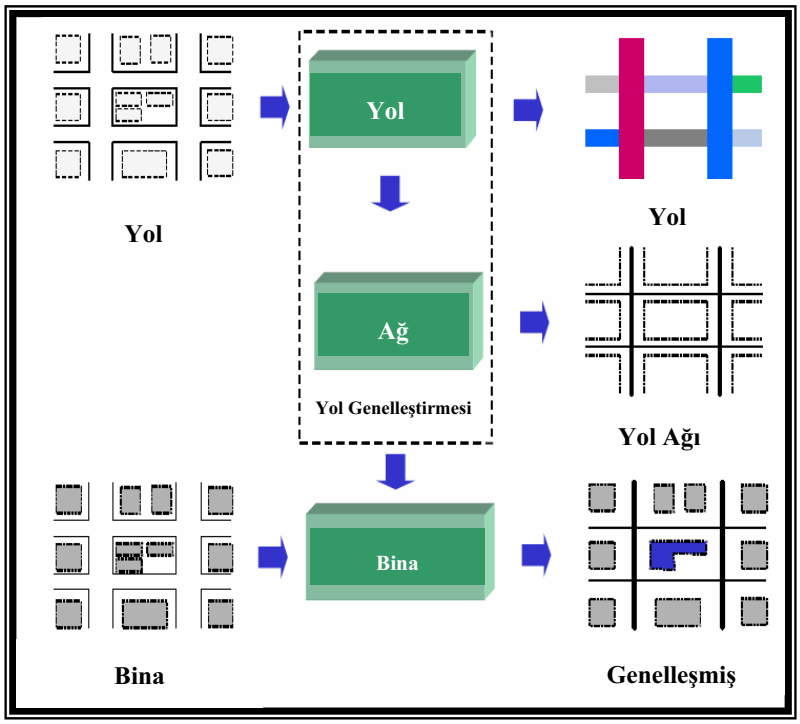
Şekil 2.4 Küçük Ölçekte Beklenen Sonuç

Bu işlemde ana caddeleri otomatik olarak belirlemek ve sınıflandırmak çok zor olabilir. Her ne kadar cadde boyu, genişliği, bağlantılar, kavşaklar ana dokuyu belirlemede kriter olarak kullanılabilecek olsa da sonuç coğrafi gerçeklikle uyuşmayabilir. Sayısallaştırma sırasında çizgileri hiyerarşik olarak kodlamak işe yarayabilir.

Veri tabanlarını sonraki genelleştirme işlemleri için zenginleştirme, uzun vadeli tasarım ve planlamayı gerektirir. Örneğin; yollarla birlikte yol genişlikleri ve şerit sayıları da tutulabilir, hiyerarşik sınıflandırma kodlanabilir. Bir başka deyişle, bir takım kurallar, konumsal ilişkiler ve nihai ürünü tanımlayan kriterler belli öznitelikler halinde veri tabanına girilip ilgili objeyle ilişkilendirilebilir. Anlamlı ve zenginleştirilmiş veriye sahip olmak otomasyonda kritik öneme sahiptir. (ESRI, 2000).

Bu, üretim stratejileri ile doğrudan ilişkilidir ve özellikle ulusal coğrafi veri tabanlarının yaratılması ve yaşatılması sorumluluğu bulunan kurumlar için büyük önem arz eder. Seçilen temel harita ölçeğinde veri toplama, depolama ve o ölçekteki harita üretimiyle kurumun görevi sona ermez. Diğer daha küçük ölçeklerdeki üretimin nasıl en etkili, en verimli, en doğru ve en hızlı yapılacağının planlanması gerekir. Günümüz teknolojisiyle bunun en rasyonel yolu temel ölçek veri tabanından, seçilen bir otomasyon teknolojisi ile genelleştirmedir. Bu noktada, temel ölçek veri tabanlarının, gelecekteki üretim ihtiyaçlarını da göz önüne alarak en uygun tasarımı, kurumların yüzleştiği en kritik görevlerden biridir.

Yol genelleştirmesi, büyük ölçekli bir haritaya ait yol verisinden yararlanarak daha küçük ölçeklerde haritalar için uygun ulaşım ağının yaratılması işlemidir. Wang ve Doihara (2004), yolların ölçeğe sığdığı haritalarda yol ve bina genelleştirmesine yoğunlaşmışlardır. Oluşturdukları algoritmadaki yol genelleştirmesi modülü vasıtasıyla yol kenarları kullanılarak önce yol poligonları, bundan da yol ağı elde edilmiştir. Son aşamada da bina genelleştirmesi, yol ağı verisi ile etkileşimli olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Yol ve Bina Genelleştirmesi İş Akışı

Harita üzerindeki diğer çizgisel objelerden farklı olarak yol ağının genelleştirmesinde üç temel kavram ön plana çıkmaktadır. Bunlar:

- Topolojik ilişkiler (kavşaklar gibi)
- Geometrik özellikler (şekil, uzunluk gibi)
- Hiyerarşik özellikler (ana yollar, tali yollar gibi)

Bjorke'e (2003) göre genelleştirme aşağıdaki prensiplere dayanarak yapılabilir:

- En kısa yol algoritması,
- En az dallanan ağaç prensibi,
- Verteks sayısının azaltılması,
- Çizgi eleme/seçmedir.

Tüm bunlar için daha önce bahsedilen temel genelleştirme işlemleri kullanılır. Hangi işlemlerin ne şekilde, hangi sırayla uygulanacakları kararı genelleştirmeyi zorlaştıran etkenlerdendir.

Bjorke (2003), çalışmasında çakışan yolların ağdan elimine edilmesi ve topoloji ile yol hiyerarşisini korumaya yönelik sabitler önerme konularına odaklanmıştır. Elimine edilecek her çizgi için onun yol ağına katkısı değerlendirilmiştir. Genellikle yollar en kısa seyahat amaçlı olarak kullanıldığından yüksek önem derecesindeki yollar için ağırlıklandırma yapılmış ve elimine edilmemeleri sağlanmıştır.

Çizgisel objelerin genelleştirmesini önemli kılan özelliklerden biri de harita üzerindeki objelerin çok büyük bölümünü bu tip objelerin oluşturmasıdır. Bu konuda çalışmalarını sürdüren ticari yazılımlara en iyi örnekler

- ArcGIS Generalize (ESRI)
- Dynagen (Intergraph)
- Clarity (Laser-Scan)

- CHANGE (Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsü) olarak sıralanabilir.

Kazemi ve Lim (2007) ArcGIS kullanarak 1:250 000 ölçekli yol verisinden 1:500 000 ve 1:1 000 000 ölçekleri için gerekli ulaşım ağı genelleştirmesi konusunda çalışmışlar ve ArcToolbox Generalize modülünü kullanmışlardır. Bu modülün *Pointremove* adlı bir çizgi basitleştirme algoritmaları aracı mevcuttur ve çizginin temel şeklini oluşturan kritik noktaları koruyup diğer noktaları atan Douglas-Peucker (DP) algoritmasını kullanır. Bu algoritmada çizginin uç noktaları bir *trend hattı* ile birleştirilip her verteksten buna dik olan hatların uzunlukları ölçülür. Belli bir tolerans değerinden küçük verteksler atılır. Sonra çizgi, trend hattına en fazla uzaklığa sahip verteks noktasında ikiye bölünür ve iki yeni trend hattı oluşturulur. Kalan vertekslerin bu iki hatta olan dik mesafeleri ölçülür. Bu işlem, tüm verteksler belirlenen mesafe toleransında kalıncaya kadar sürer. DP algoritması, en popüler ve en doğru çizgi genelleştirmesi algoritmalarından biridir ve birçok kartografik uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır.

Genel yol dokusu ve okunaklılığı korumak için genelleştirmede kullanılan bir çok parametre vardır. Kazemi ve Lim (2007) bunlardan

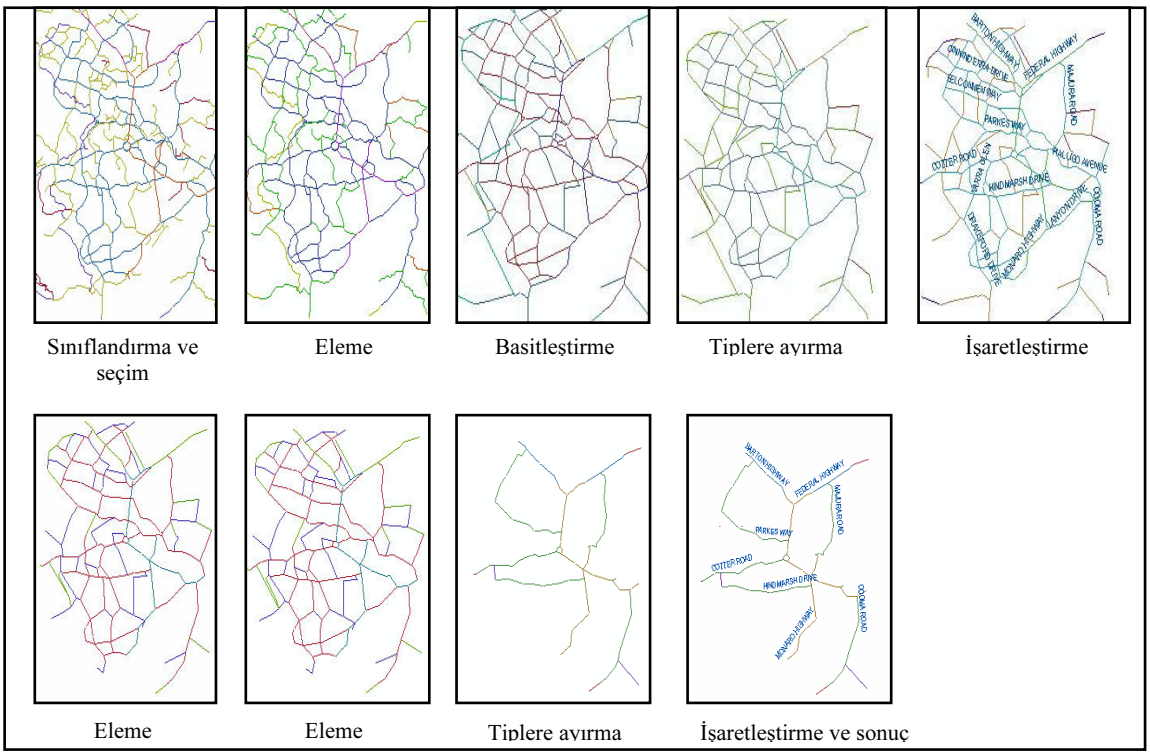
- Sıkışıklık/okunabilirlik,
- Bütünlük,
- Fark edilmezlik,
- Uzunluk/mesafe parametrelerini kullanmıştır.

Bir yol ağının genelleştirmesinde en az altı temel genelleştirme işlemine ihtiyaç vardır. Kazemi ve Lim'in (2007) çalışmasında kullanılanlar:

- Sınıflandırma: iyi bir yol sınıflandırması, seçimi daha kolay ve daha doğru yapar. Benzer özellikleri taşıyan objeleri gruplar halinde birleştirmeye dayanır. Karmaşıklığı azalttığı gibi harita organizasyonunu geliştirir.
- Seçim: Hedef ölçekte görünecek belli yol sınıfları seçilmiştir.

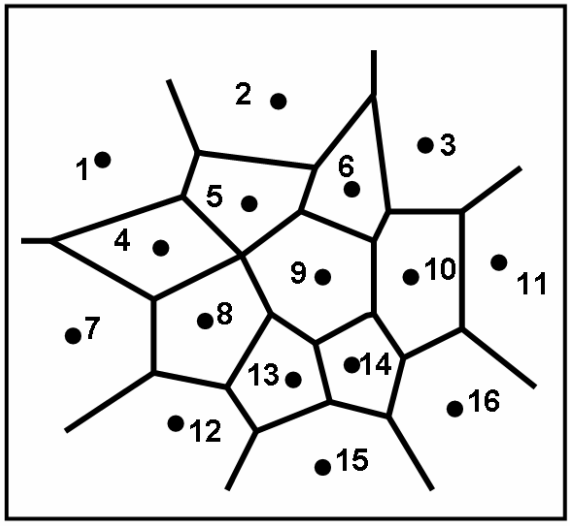
- Eleme: Haritanın geneli için büyük önem taşımayan, belli uzunluktan daha kısa olan ve sonuç üründe çakışma ve sıkışıklıklara yol açabilecek kısa yollar silinerek atılmıştır.
- Basitleştirme: Seçilen yollar detay seviyesi azaltılarak basitleştirilmiştir. Bu aşamada verteks sayısını azaltmak için Pointremove aracı kullanılmıştır.
- Tiplere ayırma: Bu doğrudan, kullanılan yazılımda mevcut olan bir özellik olmayıp, manuel kartograf etkileşimi ile yapılmıştır. Temelde objelerin yoğunluğunu azaltıp ağ dokusunu ve dağılımını basitleştirmeye dayanır. Sonuç, benzer dokuyu daha küçük ölçeklerde temsil eden ve kalabalık olmayan bir ağdır.
- İşaretleştirme: Haritalanacak objeleri temsil edecek işaretler sistematik olarak seçilip uygulanmıştır.

Kazami ve Lim (2007) yukarıdaki işlemleri kullanarak 1:250 000 ölçekli yol verisini genelleştirmişler, 1:500 000 ve 1:1 000 000 ölçeklerine uygun yol ağı oluşturmuşlardır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Yol Genelleştirmesi İş Akışı (Kazemi ve Lim 2007)

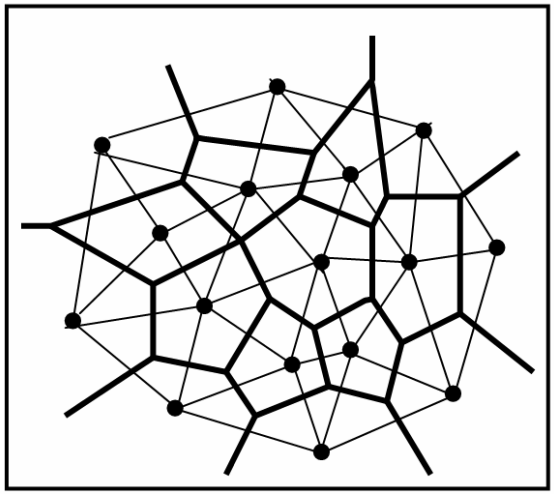
Her ne kadar büyük ilgi görmüş de olsa DP gibi algoritmalar beraberinde sorunlar da getirmiştir. Örneğin; genelleştirilen objeler yakın olduklarında çakışabilmekte veya istenmeyen kesişmeler olabilmektedir. Gold ve Thibault (2001) çizgi genelleştirmesinde harita objelerinin iskeletlerine dayalı bir yaklaşım kullanmışlardır. Çalışmalarında, topolojik yapılar vasıtasıyla obje çakışmalarını önleyerek detay azaltmayı amaçlamışlardır. Genelleştirme sürecinde uyguladıkları temel fikir iskelet yaklaşımıdır. Buna göre basit objelerin iskeletleri de basit olur ve bu objeler arasındaki mesafe için de geçerlidir. Yaklaşım, temelini Delanuay/Voronoi yapılarına dayandırmaktadır. Pek çok yerde uygulama alanı bulmuş olan Voronoi yapısı genel olarak tüm noktaların kendilerine yakınlık alanlarının bulunmasıyla ilgilidir. Bu nedenle Voronoi yapısı nesneler arası yakınlık ile ilgili tüm bilgiyi içermektedir. Şekilde örnek bir Voronoi yapısı verilmiştir. Buradan da görülebileceği gibi, örneğin birinci noktaya ayrılmış bölgedeki bütün noktaların, Öklid uzaklığına göre, nokta kümesi içinden en yakın komşuları birinci noktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Voronoi Yapısı

Eğer bu noktalar baz istasyonları olarak kabul edilirse, baz istasyonlarının etki alanlarını gösteren harita elde edilir. Bu noktada ikinci bir kavram daha ortaya çıkmaktadır. Burada amaç verilen noktaları köşeleri olarak kabul eden ve tüm nokta kümesini kapsayan üçgenler bulmaktır. Yükseklik veri kümesinden üçgenlemeyle elde edilen yüzey (TIN) buna örnek olarak verilebilir. Üçgenlere ayırma söz konusu olunca ilk akla gelen Delaunay üçgenleme yöntemidir. Bu yöntem tüm üçgenler

içindeki en küçük açının en büyük olduğu üçgenlemeyi bulur, bir başka deyişle oluşan üçgenler eşkenara yakın üçgenlerdir ve Voronoi yapısının eşleniğidir. Bir Voronoi yapısından Delaunay üçgenlemesi doğrudan elde edilebileceği gibi tersi de mümkündür (Şekil 2.8).



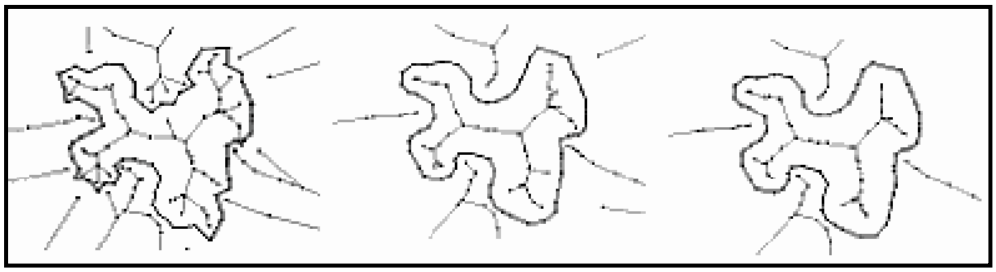
Şekil 2.8 Delaunay Üçgenlemesi (ince çizgiler) ve Voronoi yapısı (kalın çizgiler)

Gold ve Thibaut (2001) da iskelet yapısının ortaya çıkarılması ve de bunu basitleştirilmesi amacıyla Voronoi diyagramı ve Delaunay üçgenlemesini kullanmışlardır. Çalışmalarında eşyükseklik eğrisi basitleştirmesi uygun sonuçlar vermiş, yumuşak bir arazi modeli elde edilmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Münhani Basitleştirmesinde Voronoi Yapısının Kullanımı

Yöntem poligon genelleştirmesinde de kendini ispat etmiştir. Sonuçta, iskeletin basitleştirilmesiyle şeklin orijinaline çok benzer genelleştirmeler ortaya çıktığı, poligon yapısının korunduğu görülmüştür (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Poligon Genelleştirmesinde Voronoi Yapısının Kullanımı

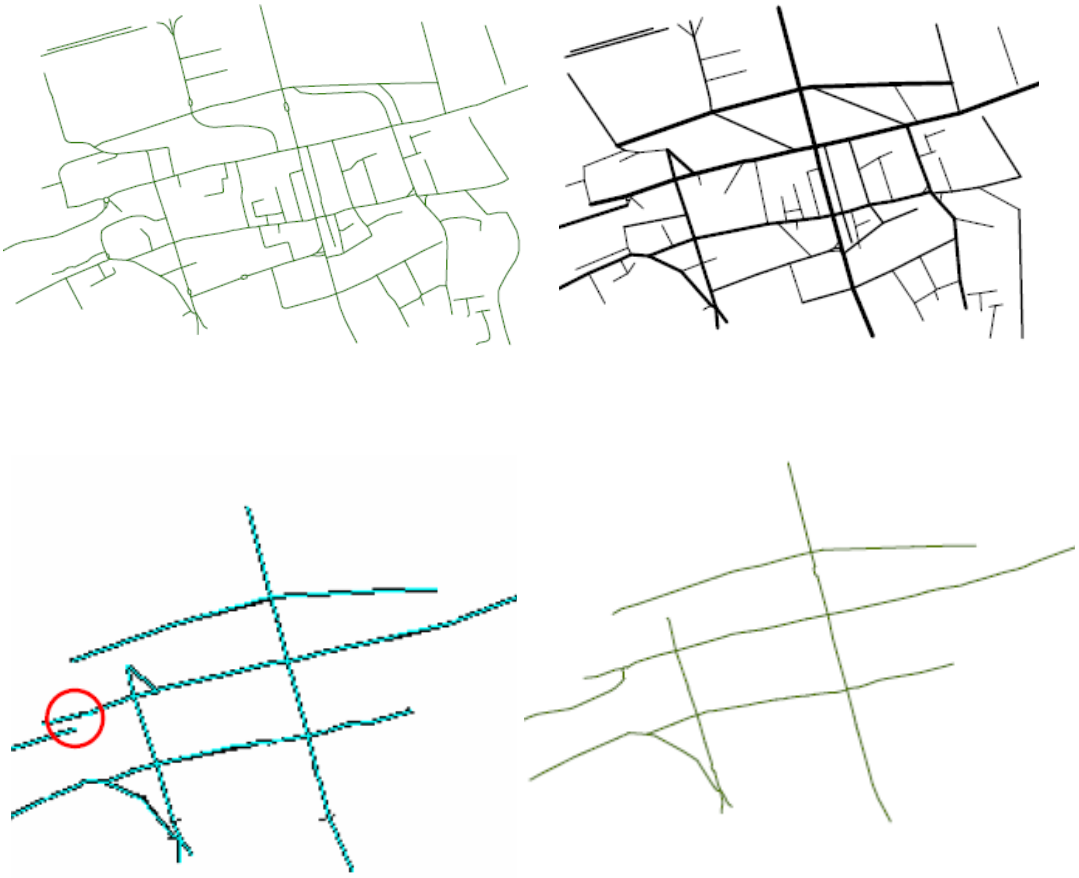
Bu algoritma nokta sayısını azaltmamakta, sadece eğrileri yumuşatmaktadır. Bununla beraber genelleşmiş/basitleşmiş eğriler üzerinde nokta azaltma daha kolay hale gelmektedir. (Gold ve Thibault 2001).

Delaunay üçgenlemesi Bildirici ve Selvi (2005) tarafından da alan objelerin genelleşme sonrası çizgi objelere dönüştürmede kullanılmıştır.

Ulaşım ağını zorlaştıran etkenlerden biri de yolların birbirine bağlı, tutarlı bir yapı olmasıdır. Tüm ağ göz önüne alınmaksızın yolların silinmesi hatalara yol açabilir. Chaudry ve Mackaness (2005) 1:2500 gibi büyük ölçeklerden 1:250 000 ölçeğine uygun yol genelleştirmesini görsel kavramaya dayandırmışlardır. Sistemin dayandığı temel fikir devamlılık arz eden yol parçalarının birleşiminden hatların elde edilmesidir. Genelleştirme sürecini 5 safhada ele almışlardır:

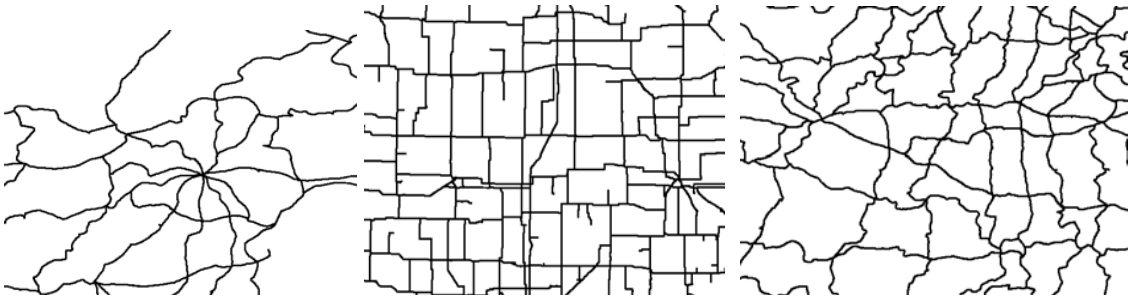
- Veri analizi safhasında Ordnance Survey'e ait temel ölçekli girdi verisi analiz edilmiştir.
- Grafik geliştirme ve veri arıtma aşamasında yol ağının yapısal temsilini geliştirmek amacıyla grafik teorisi kullanılmış, her bir verteks ve iki verteks arasındaki her çizgi parçası için öznitelik girilmiştir.
- Hatları elde etmek için en uygun çizgi parçaları, minimum sapma açısını verecek şekilde birleştirilmiştir.
- Seçim prensipleri ile önemli ve önemsiz hatlar ağırlıklandırılmıştır.

- Bağlantılar son aşamada ele alınmış olup belli bir eşik ağırlık derecesinden küçük ağırlığa sahip çizgiler atıldıktan sonra bağlantılar sağlanmıştır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Yolların Genelleştirilmesi (Chaudry ve Mackaness, 2005)

Özellikle yerleşim alanlarında yol ağının oluşturduğu doku da birçok araştırmaya konu olmuştur. Bunlardan Zhang (2004)'e göre en sık rastlanan yol dokuları yıldız, grid ve düzensiz olmak üzere üç ana türde temsil edilebilir. Yıldız benzeri dokuda yollar bir veya birkaç yoğun noktada kesişir. Grid tipinde iki paralel yol setinden oluşan grup çoğunlukla birbirini dik keser. Düzensiz dokuda belirgin bir şekil görülmez (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Yol Dokuları (Zhang 2004)

Yol ağı yoğunluğu da üzerinde durulan diğer bir noktadır. Genellikle yerleşim merkezi ve banliyöler arasında belirgin bir yoğunluk farkı bulunur (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Yoğunluk Farkları (Zhang 2004)

Zhang (2004) bu yol dokularını özelliklerinden yola çıkarak modellemiş, yol yoğunluğu farklarını da parametre olarak kullanarak seçim ve genelleştirmeyi gerçekleştirmiştir.

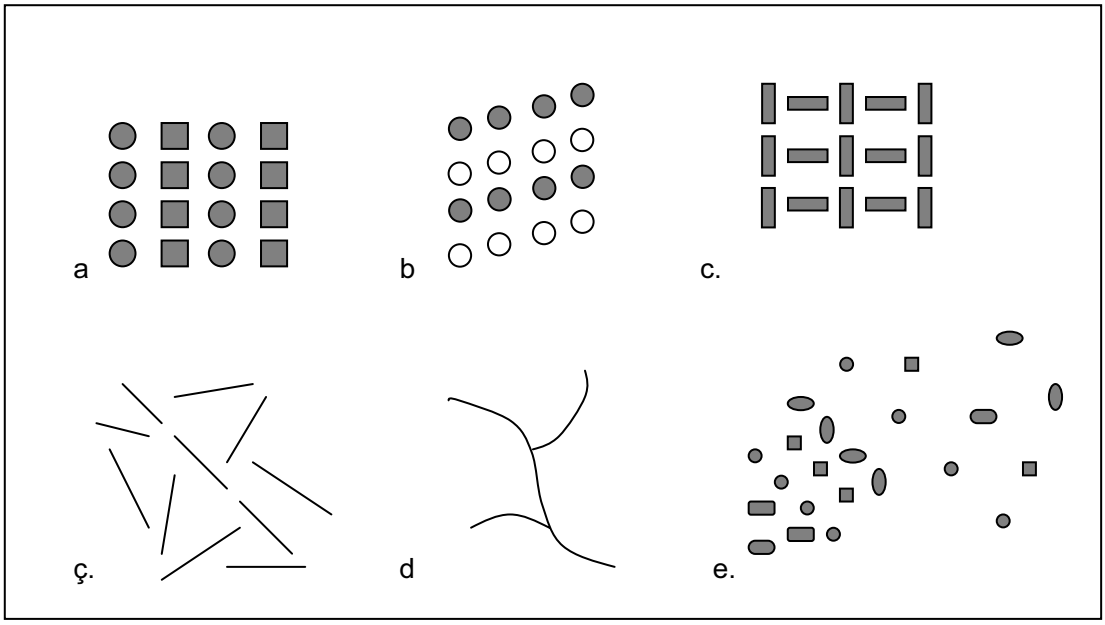
Bildirici ve Uçar'a (2001) göre yol objelerinin basitleştirilmesinde üç yöntem uygulanabilir:

- Önce yol sınır çizgilerinden yol eksenleri elde edilip bu eksen hattının basitleştirilmesi,
- Önce yıl sınır çizgilerinin genelleştirilip bunlardan yol ekseninin elde edilmesi, yani dolaylı genelleştirme ve
- Eksenlerden abartılarak çizgisel yol işaretlerinin üretilip bunların genelleştirilmesi.

Bu şekilde, özellikle yolların ölçeğe sığdığı büyük ölçeklerden küçük ölçeklere geçişte uygulanacak genelleştirme ve basitleştirmenin gerçekleşmesi sağlanabilir.

Genelleştirme; harita ölçeğinin küçülmesi esnasında, belirlenen ölçek değişimi için obje dokusunun korunarak veri karmaşasının önlenmesi amacıyla ne kadar harita elemanının seçileceği kararıyla yakından ilgilidir. Seçimin otomasyonla yapılması çalışmalarında üzerinde durulan önemli konulardan biri objelerin kavramsal gruplandırması olmuştur.

Kavramsal gruplandırma insan gözünün elemanları organize etme yeteneğiyle açıklanabilir. Yakınlık (proximity), benzerlik, simetri, paralellik, doğrudaşlık (collinearity) ve devamlılık gibi farklı kavramsal organizasyon tipleri Gestaltçı psikologlar tarafından araştırılmış olup bunların bazıları Şekil 2.14'de görünmektedir.



Şekil 2.14 Kavramsal Gruplandırma Örnekleri

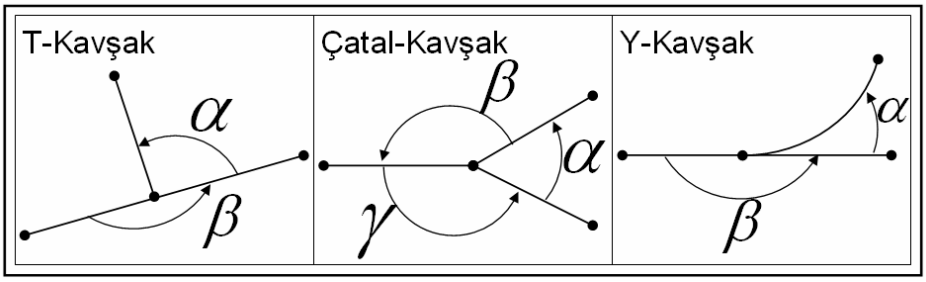
Şekil 2.14 a, b ve c'de gruplandırma benzerliğine göre (şekil, renk ve yön benzerlikleri), 2.14 ç'de doğrudaşlığa göre, d'de en iyi devamlılığa ve e'de yoğunluğa göre gerçekleşmektedir. Kavramsal gruplandırmanın, ağların genelleştirmesinde kullanımı da aynı yöndeki dümdüz bir hat yada basit eğrilik şeklindeki çizgisel elemanların organizasyonu şeklinde görülmektedir.

Thomson ve Brooks (2000) yol ve nehir ağları gibi genelleştirilmeleri zor düzensiz ağların seçimi üzerinde yoğunlaşmışlardır. "En iyi devamlılık" adını verdikleri kavramsal gruplandırma prensibi sayesinde çizgisel elemanlardan "Stroke" (Hat) denen ve dallanmayan çizgi setleri elde etmişlerdir. Uzunluk veya bağlı bulundukları sınıf gibi öznitelikler kullanılarak hatları önem derecesine göre bağıl olarak sıralayıp ağda seçme/eleme işlemini gerçekleştirmişlerdir.

Sıralama aşağıdaki gibi yapılmıştır:

- Tüm diğer hususlar eşit olmak koşuluyla, uzun bir yol hattı kısa olandan daha önemlidir.
- Tüm diğer hususlar eşit olmak koşuluyla, üst hiyerarşik seviyedeki yola ait hat, düşük seviyedeki yol hattından daha önemlidir.
- Son olarak, orijinal yol ağının bağlantılı iki parçası genelleştirme sonucu asla bağlantısız hale gelmemelidir.

Touya (2007) mekansal analizlerle veri zenginleştirmelerine dayalı yol ağı seçimine odaklanmıştır. İlk olarak en iyi devamlılık prensibiyle kavramsal gruplandırma yaparak yol dokularını incelemiştir. Yol kavşakları bağlantılı yolların geometrik ve topolojik ilişkilerine göre sıklıkla "T-Kavşak" , " Çatal Kavşak" ve " Y-Kavşak" şeklinde görünürler (Şekil 2.15).

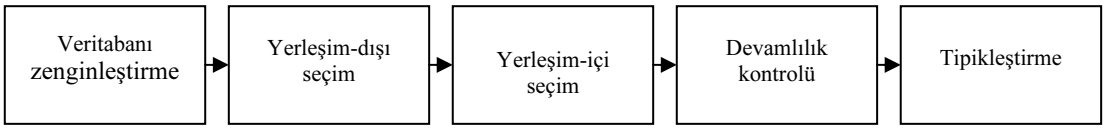


Şekil 2.15 Kavşak Tipleri Touya (2007)

Ağ grafiğini bu şekilde sınıflandırdıktan sonra yol blokları dışbükeylik (convexity), elongasyon ve yoğunluk (compactness) olarak üç ölçüte göre yeniden ele alınarak veri zenginleştirilmiştir.

Yol ağları heterojen ve karmaşık bir yapı gösterir. Yerleşim içi ve dışı alanlar yol dokuları açısından bütünüyle farklılıklar arzeder. Dolayısıyla her yerde başarılı olacak tek bir seçim süreci tasarımı yapılamaz, yerleşim içi ve dışı alanlar için iki ayrı yöntem geliştirilmesi kaçınılmazdır.

Touya(2007)'nın yollar için önerdiği algoritmada seçim ve eleme işlemi Şekil 2.16'daki gibi gerçekleşmektedir.



Şekil 2.16 Genelleştirme İş Akışı Touya (2007)

Yerleşim dışı alanlarda seçim, kasabaları birleştiren yollar arasında en kısa güzergah tespitine dayandırılmış ancak salt mesafe yerine seyahat süresi tahmini ile yol hatları ağırlıklandırılmıştır. Daha zor olan yerleşim içi yollarda, şehir içinden geçen yol hatlarının uzunluğu, yol öznitelikleri ve trafik akışı tahmini ile şehir eksenleri olarak sınıflandırılmış hatlar belirlenerek elemeden muaf tutulmuşlardır. Yerleşim içi ve dışı alanlarda seçim/elemenin bağımsız olarak yapılması tutarsız sonuçlar verebilir. Bunun önüne geçmek için sıradaki işlem devamlılık kontrolüdür (Touya2007).

Çobankaya (2008), en uygun devamlılık prensibiyle yolların seçimi ve elemesi uygulaması üzerinde çalışmış, incelediği kavşak noktalarının cami, trafo gibi

noktasal yerleşim objelerine yakınlığına göre ağırlıklandırarak seçimi gerçekleştirmiş, önerdiği algoritma üretimde ciddi oranda zaman tasarrufu sağlamıştır.

Gülgen ve Gökgöz (2008) 1Spatial (eski adıyla Laser-Scan) firması tarafından geliştirilen çok uyarlayıcılı Clarity programını kullanarak yol ağı genelleştirmesi üzerinde çalışmışlar, ölçek değişimine bağlı olarak yol işaretlerinden kaynaklanan karmaşayı çözerek okunurluğu yüksek yol verisi elde etmişlerdir.

Gülgen ve Gökgöz (2008) yolların seçme/eleme işlemini model genelleştirmesi esnasında değil kartografik genelleştirme esnasında gerçekleştirmişlerdir. Genelleştirme esnasında yol işaretlerinin kapladığı alanlardaki değişim gözlenmiştir, yol işareti ve boş alanları oranları kaynak veri ve hedef ölçekte karşılaştırılarak "maksimum eleme sınırı" tespit edilmiş dolayısıyla genelleştirme esnasında atılacak yol parçalarının seçimine yönelik ipuçları elde edilmiştir.

Wang ve Doihara (2004) büyük ölçekli harita verisinde yol ve bina genelleştirmesini sırayla uygulamış, yol hatlarının belirlenmesi için "yol modelleyici" kullanarak sınır çizgilerinden yol poligonları elde etmiş ve devamında "ağ oluşturucu" modülü ile de poligon orta noktalarını bularak yol ekseni ve dolayısıyla yol ağını elde etmişlerdir.

Büyük ölçeklerde yol objeleri üzerinde benzer çalışma Bildirici ve Uçar (2001) tarafından da gerçekleştirilmiş, yol sınır çizgilerinin belirlenmesinin ardından otomatik olarak yol eksenleri oluşturularak ağ topolojisi kurulmuştur.

Edwards ve Mackaness (2000), yerleşim alanlarındaki yollar için önerilen "en iyi devamlılık prensibi" (Thomson, 2003) ile yol hatlarının ağırlıklandırılması yaklaşımını geliştirerek genelleştirme sonunda ağdaki kopuklukları gidermiş, yerleşim alanı çerçevesinin korunmasını sağlamıştır.

Kreveld ve Peschier (1998), ulaşım ağı genelleştirmesine başlamadan önce kaynak veri ve genelleşmiş yol verisinin taşıması gereken geometrik, topolojik ve semantik özellikleri sıralamıştır. Buna göre her yol aynı önem derecesinde değildir, örneğin otoyollar patikalardan üst seviyededir. Yol genelleştirmesini üç aşamada gerçekleştirmişlerdir. Birinci aşamada tüm yollar önem derecesi ve kavşak sayısına göre sıralanmıştır. İkinci aşamada çakışmalar tespit edilerek düşük önem derecesine

sahip yollar silinmiş, son olarak da birbirine belli mesafeden yakın yolların elenmesi gerçekleştirilmiştir.

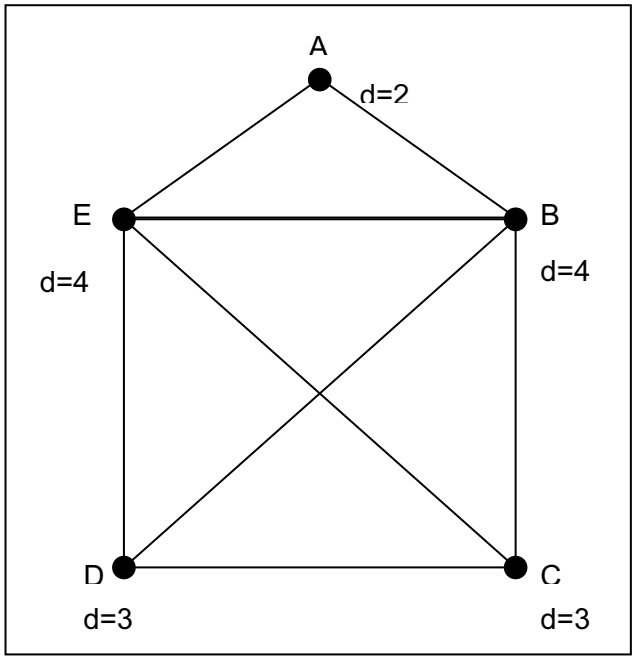
Genelleştirmenin en önemli kısıtlamaları ölçek ve haritanın amacıdır. Topolojik yapılandırma da sürecin ön koşullarından biridir. Topoloji, "koordinat sistemi değiştiğinde değişmeyen geometrik özellikler" şeklinde tanımlanabilen, mekansal yapının matematiksel ifadesidir (Hardy ve ark. 2003). Yol ağları için topoloji büyük önem taşır. Farklı ölçekler için gösterimler, ancak topolojik yapılandırması uygun veriden elde edilebilir.

Her ne kadar tek bir gerçek yeryüzü olsa da, veri tabanında farklı amaç ve ölçekler için farklı gösterimleri değişiklikler arz eder, dolayısıyla farklı gösterim seviyeleri gerekir. Bu ihtiyacın çözümü ancak Çoklu Gösterim Veri Tabanları ile mümkündür. Çoklu gösterimler, aynı mekânsal verinin farklı gösterimlerini sunar. Uluğtekin ve ark. (2004), yol ağlarının önemli unsurlarından olan kavşak noktalarında farklı gösterim seviyelerinin test edilmesi üzerinde çalışmışlardır. İstanbul bölgesinde TEM üzerinde test edilecek kavşaklar seçildikten sonra dört gösterim seviyesi topolojik olarak yapılandırılmış, en kısa yol, en uygun güzergah gibi temel navigasyon sorguları açısından incelenmiştir (Doğru ve Uluğtekin 2005).

Doğru ve Uluğtekin (2007) de araç navigasyon sistemleri için yol ağlarının modellenmesi üzerinde çalışmışlar, küçük boyutlara sahip navigasyon donanımları için gösterim seviyeleri ve tasarımları üzerine çalışmışlardır.

Genelleştirme tekniklerinin tüm obje tiplerine doğrudan uygulanması mümkün değildir, örneğin her iki tip de çizgisel olsa bile yolların seçimi ve genelleştirmesi için uygulanan yöntem hidrografya ağına uygulanamaz. Çizgisel objelerin seçimi/elemesi için uygulanan yöntemlerden biri de Çizge Kuramıdır ve objelerin birbirleriyle ilişkilerine göre çizgenin ağırlıklandırılması yoluyla genelleştirmede (Mackaness ve Beard, 1993) ve coğrafi veri tabanlarında ağ analizlerinde (Karaş 2007) kullanılabilir.

Bir çizge, düğümler ve kenarlardan oluşur. Şekil 2.17'de A, B, C, D, E noktaları düğümler ve $\overline{AE}, \overline{AB}, \overline{BE}, \overline{BC}, \overline{BD}, \overline{CD}, \overline{CE}, \overline{DE}$ doğruları da kenarlardır. Bir düğümün derecesi (d) o düğümü paylaşan kenarların sayısıdır. Şekilde her bir düğümün derecesi de görülmektedir.



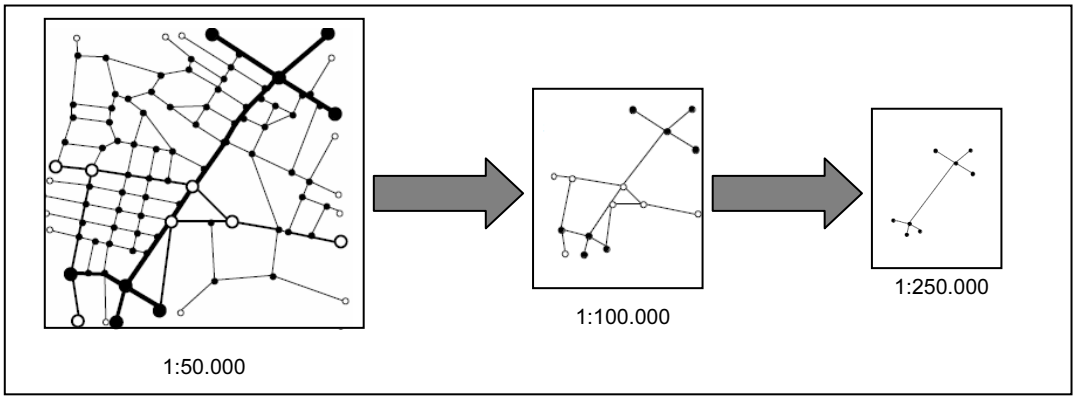
Şekil 2.17 Çizge Düğüm ve Kenarları

Her bir düğüm diğer tümlerle bağlantılıysa elde edilen şekil Tam Çizge olarak adlandırılır. Tam bir çizgenin kenar sayısı, düğüm sayısı (n) olmak üzere aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$\text{Kenar Sayısı} = \frac{1}{2}n(n-1)$$

Bu formül sayesinde çizgelerin bağlantı seviyeleri analiz edilebilir. Şekil 2.17'deki beş düğümlü çizgenin tam bir çizge olması için 10 kenarı olması gerekirken 8 kenarı olduğu için tamlık oranı %80'dir.

Şekil 2.18'de düğüm ve kenarları ağırlıklandırılmış bir yerleşim alanı yol ağı ve aynı bölgenin farklı ölçeklerde genelleşmiş hali görülmektedir.



Şekil 2.18 Çizge Kuramı ve Genelleştirme (Mackaness ve Beard, 1993)

Tablo 2.2, Şekil 2.18'e ait gösterimlerin çizge tamlık dereceleri verilmiş olup genelleştirilmiş versiyonda (ölçek küçüldükçe) tamlık oranındaki artış açıkça gözlenmektedir.

Tablo 2.2 Ölçeklere Göre Çizge Tamlık Oranları (Mackaness ve Beard 1993)

Ölçek	Düğüm Sayısı	Kenar Sayısı	n(n-1)/2	% Tamlık
1:50 000	100	139	4950	%3
1:100 000	15	16	105	%16
1:250 000	8	7	28	%25

Mackaness ve Beard (1993)'e göre çizge kuramı, seçilecek/elenecek objelerin tespitinde kullanılabileceği gibi yol ağlarındaki kopuklukların da önüne geçebilir.

Her ne kadar yerleşim içi yolların (cadde ve sokaklar) genelleştirmesi kartografik bir çalışma gibi görülse de, şehrin genel yapısı ve organizasyonunun anlaşılmasını hedefleyen bir işlem olarak da düşünülebilir. Jiang ve Claramunt (2004) çizge modelleme teorisinden yararlanarak şehrin cadde/sokak ağının karakteristik elemanlarını koruyacak bir model genelleştirmesi yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bağlantı derecesi, yakınlık oranı ve arasındalık adını verdikleri üç ölçüt kullanarak hiyerarşik filtreleme ile şehrin önemli yollarının seçimi gerçekleştirilmiştir.

2.3. Değerlendirme

Genelleştirmede otomasyon çalışmaları kapsamında çizgisel objeler ve özellikle ulaşım ağının seçimi, elenmesi ve basitleştirilmesi üzerinde çok kapsamlı araştırmalar yapılmıştır. Ölçek küçüldükçe yol ağı elemanlarının gösterdiği karmaşanın ortadan kaldırılması, daha az öneme sahip yol tiplerinin otomatik olarak veriden çekilerek elenmesi ve genel ulaşım ağı karakterini koruyarak basitleştirilmiş bir görüntü elde etmek birçok çalışmanın odağı olmuştur. Önerilen algoritmalarda en iyi devamlılık prensibi, çizge kuramı, çok uyarıcılı genelleştirme yaklaşımı gibi yaklaşımlar kullanılmıştır.

Bu bölümde çizgisel objeler, özellikle ulaşım ağının seçimi ve elenmesi konusunda yapılan güncel çalışmalar ve önerilen algoritmalar ile sonuçları üzerinde durulmuş, belli yaklaşımlar örneklerle açıklanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Giriş

Genelleştirme ülkemizde de harita üretiminde önemli kartografik aşamalardan biri olmuştur. Temel haritanın üretim yöntemine bağlı olarak farklı genelleştirme teknikleriyle türetme haritalar üretilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Bilgisayar destekli üretimle birlikte veri tipleri ve üretim yöntemlerinde artan çeşitliliğe paralel olarak oluşan standardizasyon ihtiyacı uluslararası anlaşmalarla çözülerek üretim ve ülkeler arası veri değişimi sorunları giderilmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde standart topografik harita (STH) üretiminde temel ölçek olan 1:25 000 ölçeğinden 1:50 000 ve 1:100 000 ölçekli haritaların üretimi çalışmaları tarihsel süreçte açıklanmıştır. Ayrıca STANAG 7074 kapsamında NATO standardında üretilen 1:25 000 ölçekli kartografik veri setinin yapısı incelenmiş, bu kapsamda uygulamaya yönelik farklı bölgelerdeki ulaşım ağı verisi ve yol tipleri analiz edilerek önerilen algoritma ve yöntemler sıralanmıştır.

3.2. Türkiye'de Orta Ölçekli Harita Üretimi ve Genelleştirme

Ülkemizde silahlı kuvvetlerin ve kamu kuruluşların ihtiyacına sunulmak üzere seçilen temel harita ölçeği 1:25 000'dir ve dengelemesi yapılmış ülke nirengi ağlarından yararlanarak, fotogrametrik yöntemler ve arazi-büro revizyonu çalışmalarıyla üretilmekte ve/veya güncellenmektedir. Bundan küçük ölçekli standart topografik haritalar temel harita ölçeğinden türetilmektedir.

Bu kapsamda 1:50 000 ölçekli standart topoğrafik harita üretimi 1990'lı yılların sonlarına kadar *TAHVİL TALİMATI (1964)* ve *HGKT/125-19 1:50 000 ÖLÇEKLİ HARİTALARIN TAHVİLİNE AİT TEKNİK TALİMAT (1999)* esaslarına

uygun olarak 1:25 000 ölçekli haritalardan tahvil yoluyla yürütülmüştür. Bu talimata göre:

Tahvil (Genelleştirme): Ana şekli (temayı) bozmadan, büyük ölçekli haritalardan yeni ve küçük ölçekli bir harita elde etmek için önemsiz objelerin ölçeğe göre ayıklanması işlemidir.

Tersim: Harita üzerinde temsil edilen bilgilerin kartografik bir altlık (mylar, astrolon) üzerinde pozitif veya negatif olarak çizim çalışmasıdır.

Tahvilde ilk aşamayı oluşturan mozaiklemeden önceki işlem; dört adet 1:25000 ölçekli basılı güncel harita üzerinde uygun bir çizim aleti (rapido veya kurşun kalem) ile bazı objeler genelleştirilerek ve seçilerek isirlenmesidir. Bu işlem personelin yetişmiş olmasına bağlı olarak hem zaman almakta hem de kişiye göre değişen farklılıklar arz etmektedir.

İsirleme işleminden sonraki aşama mozaiklemedir. Bu işlem için bir birleştirme (tevhit) kalıbı kullanılmaktadır ve büyüklüğü dört adet 1:25 000 ölçekli haritanın birleşik büyüklüğü kadardır. Birleştirmeyi müteakip tersim kalıpları hazırlanmaktadır. Hazırlanan mozaik 1:50 000 ölçeğine küçültülerek negatif filmi çekilmekte, bundan da 3 adet mylara pozlama yapılmaktadır. Bunlardan münhani, nehir ve karakalem tersim kalıplar üretilmektedir. Genelleştirme tersim esnasında uygulanmakta, ilave kalıp ve dolguların hazırlanmasından sonra kitabe çizilerek kontrolleri yapılmakta ve pafta baskıya hazırlanmaktadır. Bilgisayar destekli üretimle birlikte açıklanan yöntemle üretim terk edilmiştir.

Bilgisayar destekli genelleştirme sistemi ile ülke çapında STH üretimi çalışmaları, 2002 yılında Harita Genel Komutanlığı'nda (HGK) Kartografya Dairesinin bünyesinde KartoGEN projesi ile başlatılmıştır.

Proje hedefi; Türk Silahlı Kuvvetlerin ihtiyacı olan

- 1453 adet 1:50 000 ölçekli K716 ve
- 391 adet 1:100 000 ölçekli K613

serisi haritaları temel ölçek olan 5547 adet 1:25 000 ölçekli K816 serisi harita kartografik veri tabanından bilgisayar destekli genelleştirme yöntemleri kullanılarak

optimum zamanda, yüksek standardizasyon ve otomasyon oranlarında, mevcut teknolojik imkanlar ve kaynaklar ile üretmek için bir üretim sistemi kurmaktır.

KartoGen projesi kapsamında, coğrafi ve kartografik verilerin standartlaştırılması ve süreklileştirilmesi çalışmalarına hız verilmiştir. 1:25 000 ölçek içerikli TOPO25 verileri (SMM-Digital Landscape Model) KVK25 (Kartografik Veri Kütüphanesi) veri kütüphanesinde sürekli bir yapıda depolanmaktadır. Üretilecek olan 1:100 000 ölçekli pafta verisi (çevresindeki 1.5 km'lik taşma ile birlikte toplam 36 adet 1:25 000 ölçekli paftanın bölgesini kapsayan veri) otomatik olarak veri kütüphanesinden çıkarılmaktadır. KartoGEN-100 üretim sistemi içerisinde kartografik genelleştirme işlemleri yürütülmekte ve 1:100 000 ölçek içerikli kartografik model (SKM-Digital Cartographic Model) oluşturulmaktadır (Aslan ve ark., 2004).

KartoGEN genelleştirmesi ile ilgili oluşturulan iş akışları ve yazılan programlar yeni nesil CBS yazılımı olan ArcGIS 9.0 üzeride bir uzantı (extension) olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışmalar esnasında, 2 adet .exe uzantılı program, 24 adet dll yaratılmış, 67 adet form, 92 adet modül, 1722 adet fonksiyon/alt program oluşturulmuş olup toplam yazılan kod 110528 satırdır.

3.3. Ulaşım Ağı Veri Yapısı

Uygulamada kaynak veri seti olarak kullanılacak olan 1:25 000 ölçekli kartografik vektör haritalarda vektör veriler, katman adı verilen yapılar içerisinde saklanmaktadır. Katmanlar, objelere ait hem geometrik verileri (koordinatları), hem de semantik verileri (öznitelikleri) içerir. Uygulanan sistemde genel yaklaşım, katman içinde yer alan objelerin aynı türde (nokta, çizgi veya alan) olmasıdır. Bir başka ifadeyle ulaşımla ilgili tüm obje tipleri yani nokta, çizgi ve alanlar aynı katmanda bulunmamaktadır.

Kartografik vektör haritalarda objeler dokuz ana sınıfta gruplandırılmışlardır (Tablo 3.1). 1:25 000 ölçekli kartografik vektör haritada objeleri en üst grup olarak sınıflar temsil eder. Bu sınıflar sadece kavramsal bir anlam taşımaktadır. Veriler üzerinde yapılan işlemler, objelerin çeşitli sınıflara ayrılması ve bu sınıflar içinde işlem görmesi esasına dayanır. Her sınıf içinde nokta, çizgi ve alan olmak üzere üç

katman yer almaktadır. Örneğin çizgisel karakterdeki ulaşım objeleri *tra_l* ismini alır. Ayrıca tüm yazılar da ayrı bir katman olarak saklandığı düşünülürse bir pafta için toplam 28 adet katman oluşturulmakta ve saklanmaktadır. Katmanlar vektör verileri tutmak için kullanılan temel yapıdır. Objelerin sınıflara ayrılmasında; obje benzerlikleri, öznitelikleri ve kartografik özellikleri dikkate alınmıştır (HGK 2006).

Tablo 3.1 1:25 000 Ölçekli Kartografik Vektör Haritadaki Sınıflar

Sınıf Adı (Türkçe)	**Sınıf Adı (İngilizce)**	**Kısaltma**
Sınırlar	Boundry	bnd
Yükseklik	Elevation	ele
Hidrografya	Hyrography	hyd
Endüstri	Industry	ind
Fizyografya	Physography	phy
Yerleşim	Population	pop
Ulaşım	Transportation	tra
Tesisler	Utilities	uti
Bitki örtüsü	vegetation	veg

Kartografik vektör haritalarda toplanan verilerin anlamlı ve yararlı olabilmesi için onlara bazı öznitelikler atanmıştır. Bu özniteliklerin tespitinde, 1:25 000 ölçekli topografik haritadaki bilgiler esas alınmıştır. Genelde basit öznitelikler olup tüm obje ve katmanlar için aynıdır. Bunların belirlenmesinde; yazılımın obje türleri için otomatik öznitelik açma özelliği, bir topografik haritada bulunan bilgiler, objeye anlam kazandıracak bilgiler, kartografik üretim ve gösterimi sağlayacak öznitelikler

ile veri toplamayı ve operatörün işini kolaylaştırıcı öznitelikler dikkate alınmıştır. Her katman ve obje için oluşturulan öznitelikler Tablo 3.2'de görünmektedir.

Tablo 3.2 Her Katman ve Obje Türü İçin Oluşturulan Öznitelikler

S.No	Öznitelik	Açıklama
1	*Obje kodu (f_code)*	NATO Standardizasyon Anlaşması STANAG-7074 (DIGEST) içerisinde yer alan Obje ve Öznitelik Kodlama Kataloğu (FACC)'na uygun olarak her bir kartografik obje için tek anlamlı olacak şekilde türetilmiş, iki harf ve beş rakamdan oluşan obje kodudur.
2	*Obje adı (f_name)*	Objenin adıdır.
3	*Obje sembol numarası (symbol)*	Kartografik objenin kartografik sayısal harita üzerindeki gösteriminde kullanılan sembol numarasıdır.
4	*Özel isim (P_name)*	Objelere ait özel isimleri tutmak için kullanılan özniteliktir.
5	*Değer (Value)*	Objelere ait sayısal değerleri ve objelerin içerik bilgilerini (ormanların ağaç yüksekliği gibi) tutmak için kullanılan özniteliktir.
6	*Alan (Area)*	Yazılım tarafından otomatik açılan özniteliktir.
7	*Çevre (Perimeter)*	Yazılım tarafından otomatik açılan özniteliktir.
8	*Uzunluk (Length)*	Yazılım tarafından otomatik açılan özniteliktir.
9	*Açı ($angle)*	Yazılım tarafından otomatik açılan özniteliktir.
10	*Ölçek ($scale)*	Yazılım tarafından otomatik açılan özniteliktir.

STANAG (*Standardization Agreement*), NATO üyesi ülkelerin askeri alandaki standartlarını belirleyen bir bildirimdir. NATO üyesi ülkeler ürettiği bütün askeri malzemeler de bu standartlara uymak zorundadır. DIGEST (Digital Geographic Exchange Standard) olarak da bilinen STANAG 7074, DGIWG (Digital Geographic Information Working Group) çalışma grubunun bir ürünüdür. Amacı, ulusal düzeyde oluşturulan tüm Coğrafi Bilgi Sistemlerinde yer alan objelerin, özniteliklerin ve öznitelik değerlerinin tek tip (uniform) tanımlanması ve kodlanmasıdır (DGIWG 2001).

STANAG 7074 kapsamında yer alan Obje Öznitelik Kodlama Kataloğu (FACC – Feature Attribute Coding Catalogue), 1:25 000 ve daha küçük ölçekli ulusal düzeydeki Coğrafi Bilgi Sistemlerinde objelerin, özniteliklerin ve öznitelik değerlerinin tanımlanması ve kodlanmasına esas teşkil eder. Objeler beş haneli alfanümerik değerlerle kodlanır. İlk hanedeki harf, obje sınıfını; ikinci hanedeki harf, birinci hane ile birlikte obje alt sınıfını, son üç hanedeki rakamlar da ilk iki hane ile birlikte obje kodunu ifade eder. Öznitelikler ise üç haneli harf ile kodlanır. Öznitelik değerleri, üç haneli öznitelik koduna ek olarak üç haneli rakamdan oluşan toplam altı haneli olarak kodlanır.

Obje ve Öznitelik Kodlama Kataloğu, standardın temel dokümanı olup sekiz bölümden oluşur. Bunlar:

- 1. Bölüm : Obje Sınıfları ve obje alt sınıfları,
- 2. Bölüm : Objeler ve obje kodları,
- 3. Bölüm : Obje tanımları
- 4. Bölüm : Öznitelikler ve öznitelik kodları,
- 5. Bölüm : Öznitelik değerleri ve öznitelik kodları,
- 6. Bölüm : Öznitelik tanımları,
- 7. Bölüm : Obje ve ilgili öznitelikleri,
- 8. Bölüm : Öznitelikler ve ilgili objeleridir.

Buna göre ulaşımla ilgili objeler (A) kültür sınıfı içinde (AP) karayolu ulaşımı alt sınıfı içinde yer alırlar. Karayolu obje tipi, kataloğun ikinci bölümünde AP030 olarak kodlanmış olup, üçüncü bölümde “araç trafiği için kullanılan yol” olarak tanımlanmıştır. Alabileceği öznitelikler ise yedinci bölümde sıralanmıştır.

Kaynak veri setini oluşturan 1:25 000 ölçekli kartografik vektör haritanın ulaşım sınıfına ait ***tra_l*** katmanında toplam 57 adet farklı obje bulunmakta olup bunlardan en sık rastlananları, önem sırasına göre obje kodları ile birlikte Tablo 3.3 de sunulmuştur (HGK 2006).

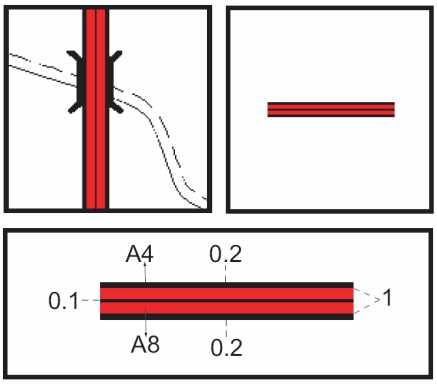
Tablo 3.3 1:25 000 Ölçekli Kartografik Vektör Haritada tra_l Katmanındaki Objeler

S.No	Obje Adı	Obje Kodu (f_code)
1	DEMIRYOLU_(CIFT_HAT)	AN01002
2	DEMIRYOLU_(TEK_HAT)	AN01001
3	DEMIRYOLU_(DAR_CIFT_HAT)	AN01008
4	DEMIRYOLU_(DAR_TEK_HAT)	AN01007
5	DEMIRYOLU_(YAPILMAKTA)	AN01004
6	DEMIRYOLU_MAKAS_HATTI	AN01024
7	TRAMVAY_HATTI	AN01012
8	TRAMVAY_HATTI_(YAPILMAKTA)	AN01014
9	METRO_HATTI_YER_USTU	AQ09003
10	METRO_HATTI_YER_ALTI	AQ09004
11	METRO_HATTI_YAPILMAKTA	AQ09005
12	KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS	AP03001
13	KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS_(YAPILMAKTA)	AP03002
14	KOPRU_ BOLUNMUS/AYRILMIS_YOL_UZERINDE	AQ04044
15	KARAYOLU_OTOYOL	AP03014
16	KARAYOLU_OTOYOL_(YAPILMAKTA)	AP03002
17	KARAYOLU_(YAPILMAKTA)	AP03010
18	KOPRU_OTOYOL_UZERINDE	AQ04046
19	KARAYOLU_S1	AP03003
20	KARAYOLU_S2	AP03004
21	KARAYOLU_S3	AP03005
22	KARAYOLU_G1	AP03006
23	KARAYOLU_G2	AP03007
24	KARAYOLU_G3	AP03008
25	KARAYOLU_YERLESIM_ICI	AP03012
26	KARAYOLU_DAY	AP01001
27	KARAYOLU_YAY	AP01002
28	KARAYOLU_PATIKA	AP05001

Anlaşılacağı üzere yollar doğal bir hiyerarşi oluşturur. Farklı hiyerarşik seviyelerde, bir sıra dâhilinde birbirlerine bağlanır ve coğrafi nesneleri birbirlerine bağlarlar. 1:25 000 ölçekli standart topografik haritalarda bu hiyerarşik seviyeler sırasıyla şöyle tanımlanabilir:

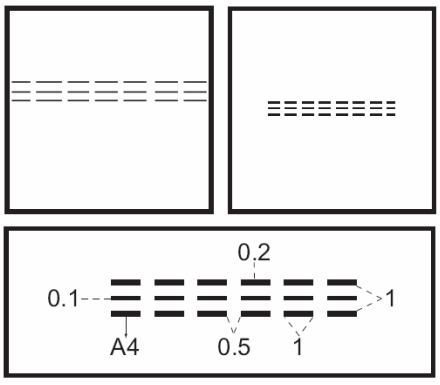
KARAYOLU_OTOYOL

Gidiş gelişi röfüjle ayrılmış, yaklaşımları tam kontrollü ve transit trafiğe hizmet eden yollardır.



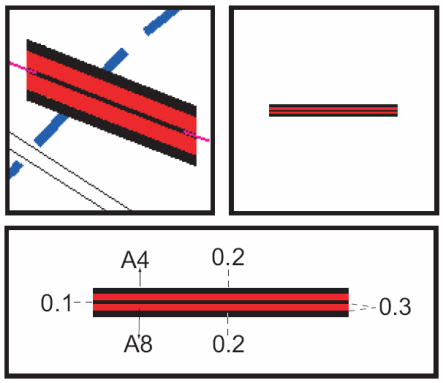
KARAYOLU_OTOYOL_(YAPILMAKTA)

İnşa halindeki otoyollardır.



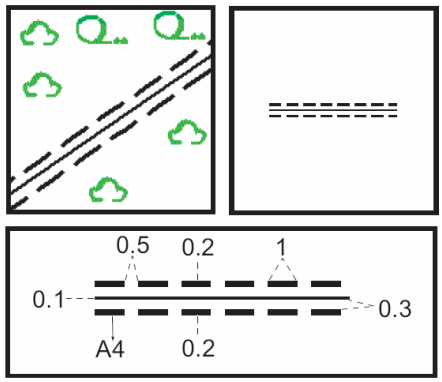
KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS

Üç veya daha fazla şeritli, gidişi ve dönüşü ayrı olan kenarları genellikle engelli, sert yüzeyli (asfalt, beton asfalt, beton, parke vb.) yollardır.



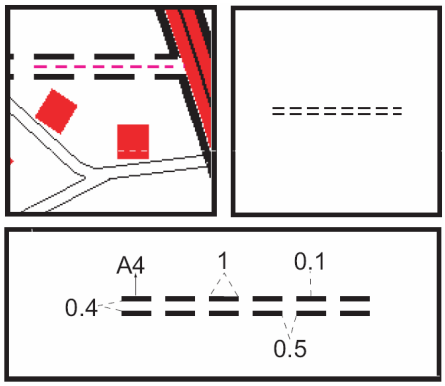
KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS_(YAPILMAKTA)

Üç veya daha fazla şeritli, gidişi ve dönüşü ayrı olan kenarları genellikle engelli, sert yüzeyli (asfalt, beton asfalt, beton, parke vb.) inşa halindeki yollardır.



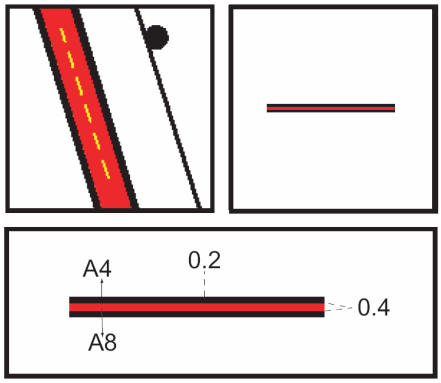
KARAYOLU_(YAPILMAKTA)

İlgili kuruluşlarca programa alınmış olup toprak tesviyesi, köprü, menfez ve diğer tesislerin yapım çalışmalarının devam ettiği yollardır.



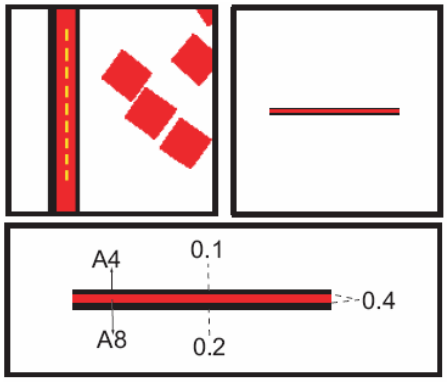
KARAYOLU_S1

Platformu 9 m. veya daha fazla, kaplama yüzeyi 6 m. veya daha fazla genişliğinde olan, her mevsimde geçişe müsait, sert yüzeyli (asfalt, beton asfalt, beton, parke vb.) yollardır.



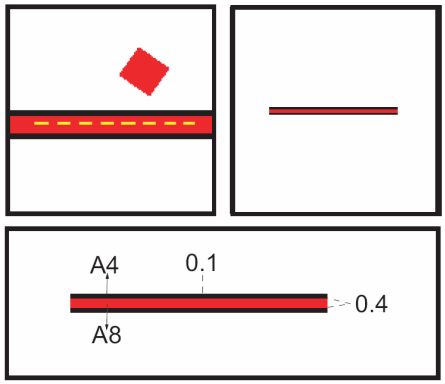
KARAYOLU_S2

Platformu 7-9 m.ye kadar, kaplama yüzeyi en az 5 m. genişliğinde olan, her mevsimde geçişe müsait, sert yüzeyli (asfalt, beton asfalt, beton, parke vb.) yollardır.



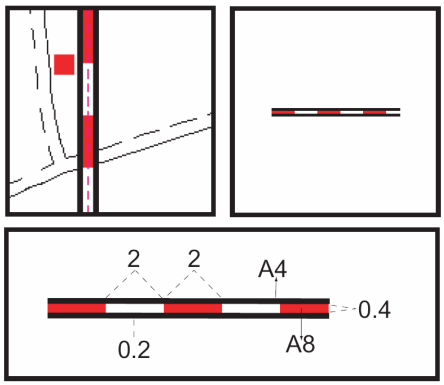
KARAYOLU_S3

Platformunun genişliği 7 m.den dar, kaplama yüzeyinin genişliği 5 m.den dar olan, her mevsimde geçişe müsait, sert yüzeyli (asfalt, beton asfalt, beton, parke vb.) yollardır.



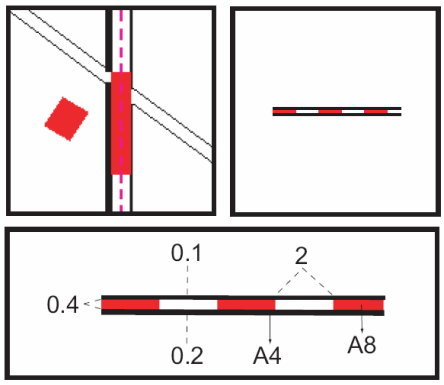
KARAYOLU_G1

Platformu 9 m. veya daha fazla genişliğinde, her mevsimde geçişe müsait, gevşek yüzeyli (stabilize, makadam vb.) yollardır.



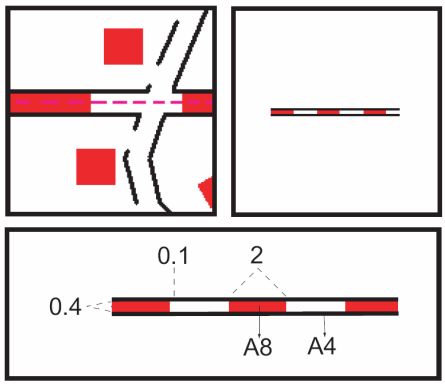
KARAYOLU_G2

Platformu 7-9 m. genişliğinde, her mevsimde geçişe müsait, gevşek yüzeyli (stabilize, makadam vb.) yollardır.



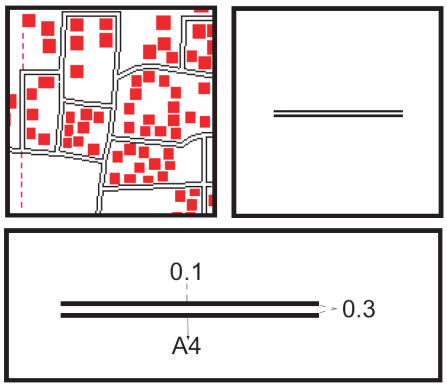
KARAYOLU_G3

Platformunun genişliği 7 m.den dar, her mevsimde geçişe müsait, gevşek yüzeyli (stabilize, makadam vb.) yollardır.



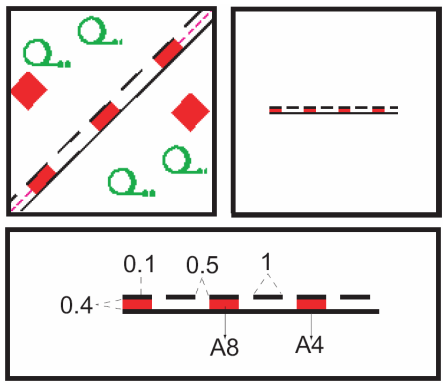
KARAYOLU_YERLESİM_ICI

Büyük yerleşme yerlerinde ana güzergah teşkil eden yollarla blok veya münferit yerlerdeki yollar ve küçük yerleşme yerlerinde güzergah teşkil eden yollar.



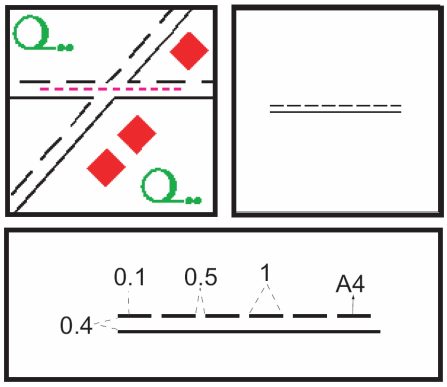
KARAYOLU_DAY

Belirli yerleşme, işletme yerine veya ana yola ulaşan, her mevsimde yüklü bir kamyonun gidebileceği yollardır.



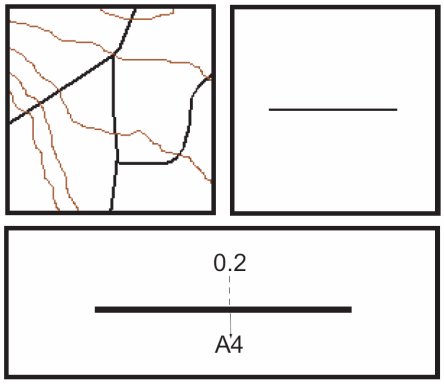
KARAYOLU_YAY

Belirli yerleşme, işletme yerine veya ana yola ulaşan, yağışsız havalarda yüklü bir kamyonun gidebileceği yollardır.



KARAYOLU_PATİKA

Özellikle arızalı arazide bir yayanın ve katırın gidebildiği yollardır.



Uygulamada, standart topografik haritalarda çok önemli yer tutan çizgisel karayolu objelerinin seçimi ve elenmesi ile hedef ölçeğe en uygun şekilde intikali üzerinde durulmuştur.

3.4. Uygulamada Kullanılan Yazılım, Veri ve Algoritmalar

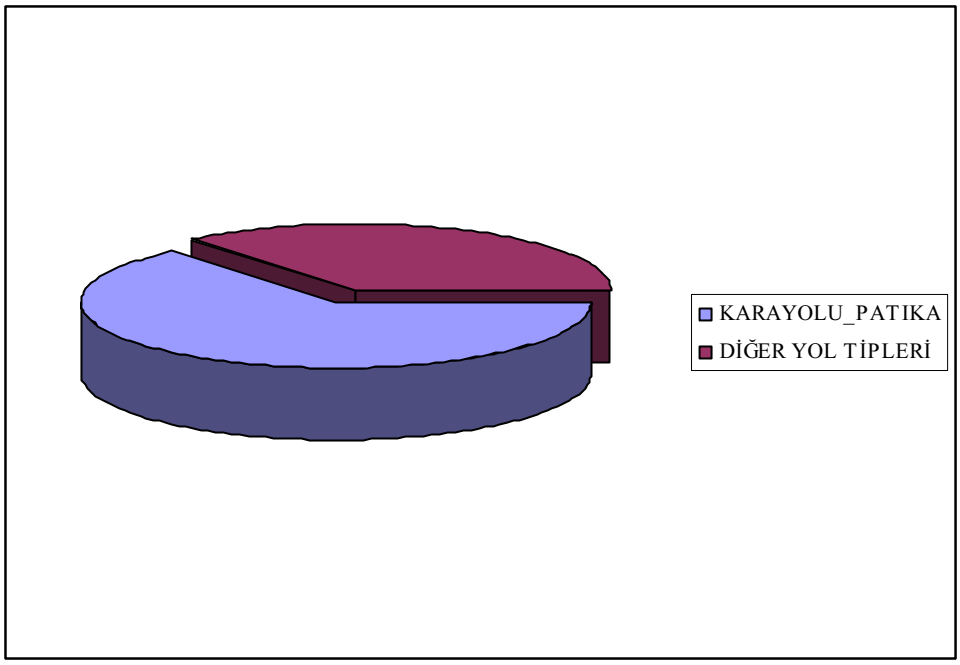
Uygulamada yeni nesil CBS yazılımı olan ArcGIS 9.0 paket programı kullanılmış olup oluşturulan iş akışları ve VisualBasic programlama dilinde geliştirilen kodlar bu yazılım üzeride bir uzantı (extension) olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

Uygulamaya başlamadan önce ülkenin farklı bölgelerine ait 1:25 000 ölçekli veriler ve özellikle ulaşım ağını oluşturan yol tiplerinin incelenmesinin faydalı olacağı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda farklı topografik, sosyal, kültürel ve coğrafi özellikler taşıyan üç bölge (Ağrı, Cizre ve İstanbul) ele alınarak yol tipleri ve dağılımlarına ilişkin bilgiler aşağıda sunulmuştur.

1:100 000 ölçekli Ağrı J50 paftası sınırlarına giren bölgedeki 1:25 000 ölçekli yol veri setindeki toplam 5140 km. yol ağı içerisindeki yol tiplerinin %63'ü patika iken sadece %0.25'i bölünmüş yol olduğu görünmektedir (Tablo 3.4, Şekil 3.1).

Tablo 3.4 Ağrı J50 Paftasındaki Yol Tipleri

S.No	Obje Adı	Obje Sayısı	Obje Toplam Uzunlukları (m.)	Oran
1	GECIT_YERI	6	117	%0.00
2	KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS	70	12860	%0.25
3	KARAYOLU_DAY	1401	589303	%11.47
4	KARAYOLU_G2	63	30489	%0.59
5	KARAYOLU_G3	64	23029	%0.45
6	KARAYOLU_PATIKA	5270	3282048	%63.85
7	KARAYOLU_S1	187	53408	%1.04
8	KARAYOLU_S2	243	57956	%1.13
9	KARAYOLU_S3	37	9473	%0.18
10	KARAYOLU_YAY	2145	884334	%17.20
11	KARAYOLU_YERLESIM_ICI	1063	193985	%3.77
12	KOPRU_BOLUNMUS/AYRILMIS	1	44	%0.00
13	KOPRU_TAS/BETON	86	3117	%0.06
14	KOPRU_YAYA_GECER	33	679	%0.01

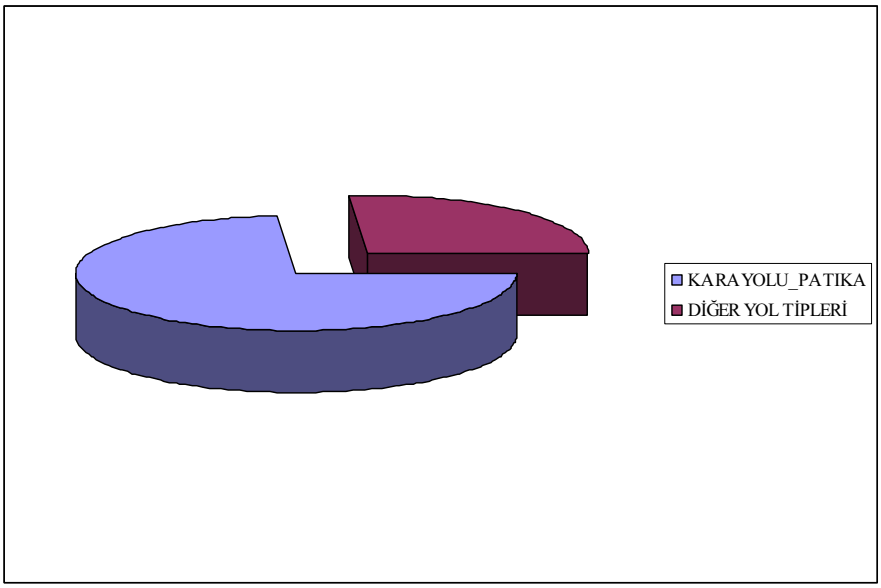


Şekil 3.1 Ağrı J50 Paftasındaki Yol Tipleri Dağılımları

1:100 000 ölçekli Cizre M50 paftası sınırlarına giren bölgedeki 1:25 000 ölçekli yol verisi 2376km. olup 3030 adet yol parçacığından oluşmaktadır. Yol tiplerinin %73.7'si patika iken sadece %16'sı yaz araba yolu olduğu görünmektedir (Tablo 3.5, Şekil 3.2).

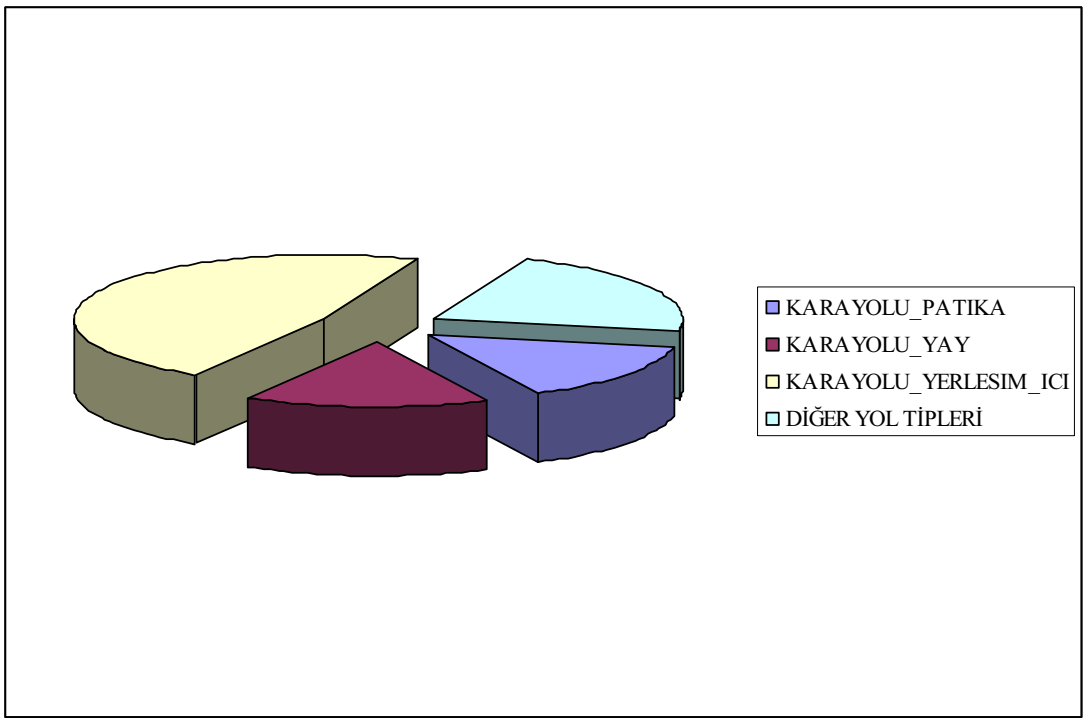
Tablo 3.5 Cizre M50 Paftasındaki Yol Tipleri

S.No	Obje Adı	Obje Sayısı	Obje Toplam Uzunlukları (m.)	Oran
1	KARAYOLU_DAY	158	122494	%5.27
2	KARAYOLU_G1	16	5888	%0.25
3	KARAYOLU_G2	52	50840	%2.19
4	KARAYOLU_G3	61	24540	%1.05
5	KARAYOLU_PATIKA	2073	1714420	%73.70
6	KARAYOLU_S2	16	13874	%0.60
7	KARAYOLU_YAY	534	384828	%16.54
8	KARAYOLU_YERLESIM_ICI	95	8429	%0.36
9	KOPRU_AHSAP	1	47	%0.00
10	KOPRU_TAS/BETON	20	670	%0.03
11	KOPRU_YAYA_GECER	4	140	%0.01



Şekil 3.2 Cizre M50 Paftasındaki Yol Tipleri Dağılımları

İstanbul F21 paftası sınırlarına giren bölgede ise toplam 13,000 km. yol bulunmakla hemen her tür yol tipini barındırması açısından önem arz etmektedir. Toplam 107765 adet yol parçası tarafından oluşturulan bölge ulaşım ağının %47'si yerleşim içi yol kategorisindeyken sadece %15'i patika olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 3.3, Tablo 3.6).



Şekil 3.3 İstanbul F21 Paftasındaki Yol Tipleri Dağılımları

Sonuçlar incelendiğinde önerilecek tek bir algoritmanın gerek ülkenin farklı bölgelerinde ve gerekse yerleşim içi ve dışı alanlarda doğrudan uygulanabilirliğinin zor olduğu açıkça görünmektedir. Farklı sosyo-kültürel, endüstriyel, ekonomik ve coğrafi özelliklere sahip bölgelerde ulaşım ağını oluşturan yol tipleri karakteristikleri ve dağılımı da farklılıklar arz etmektedir. Yerleşim dışı alanlarda patikalar ulaşım verisinin çok önemli bir bölümünü oluştururken meskûn mahallerde yerleşim içi yolların verideki oranı çok yüksek olmaktadır. Dolayısıyla genelleştirmede iki farklı alan için ayrı yöntemler geliştirilerek seçme/elemenin yapılması, yol ağı genel karakteristiğinin korunarak estetik kalite ve okunurluğu sağlayacak yollar hedef ölçeğe alınarak diğerlerinin atılması gerekmektedir (Bkz. Bölüm 3.5.).

Tablo 3.6 İstanbul F21 Paftasındaki Yol Tipleri

S.No	Obje Adı	Obje Sayısı	Obje Toplam Uzunlukları (m.)	Oran
1	DEMIRYOLU_(CIFT_HAT)	39	10335	%0.08
2	DEMIRYOLU_(TEK_HAT)	122	56482	%0.43
3	DUVAR_KIYIDA/RIHTIM_TAS/BETON	116	21360	%0.16
4	ISKELE_AHSAP	12	366	%0.00
5	ISKELE_BETON	61	6759	%0.05
6	KARAYOLU_(YAPILMAKTA)	648	112339	%0.86
7	KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS	932	128512	%0.98
8	KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS_(YAPILMAKTA)	8	2890	%0.02
9	KARAYOLU_DAY	3404	835176	%6.39
10	KARAYOLU_G1	23	6852	%0.05
11	KARAYOLU_G2	54	12862	%0.10
12	KARAYOLU_G3	273	79907	%0.61
13	KARAYOLU_OTOYOL	331	97412	%0.75
14	KARAYOLU_PATIKA	5220	1956044	%14.97
15	KARAYOLU_S1	7455	683126	%5.23
16	KARAYOLU_S2	1379	157162	%1.20
17	KARAYOLU_S3	2364	392188	%3.00
18	KARAYOLU_YAY	7903	2066342	%15.81
19	KARAYOLU_YERLESIM_ICI	74525	6230946	%47.68
20	KOPRU_BOLUNMUS/AYRILMIS_YOL_UZERINDE	53	1755	%0.01
21	KOPRU_DEMIR	21	660	%0.01
22	KOPRU_DEMIR_DUBA_AYAKLI	5	1753	%0.01
23	KOPRU_HARAP	1	639	%0.00
24	KOPRU_OTOYOL_UZERINDE	51	1673	%0.01
25	KOPRU_TAS/BETON	286	9346	%0.07
26	KOPRU_YAYA_GECER	174	4117	%0.03
27	METRO_HATTI_(YAPILMAKTA)	4	405	%0.00
28	METRO_HATTI_YER_ALTI	144	21902	%0.17
29	METRO_HATTI_YER_USTU	4	1509	%0.01
30	PARK_ICI_YOL	1753	110218	%0.84
31	TELEFERIK/TELESIYEJ_HATTI	5	292	%0.00
32	TRAMVAY_HATTI	58	10522	%0.08
33	TUNEL	87	5620	%0.04
34	UCAK_PISTI	22	12567	%0.10
35	UST_GECIT/KOPRU	27	606	%0.00
36	VIYADUK	201	28892	%0.22

3.5. Yol Objelerinin Genelleştirmesinde Seçme/Eleme

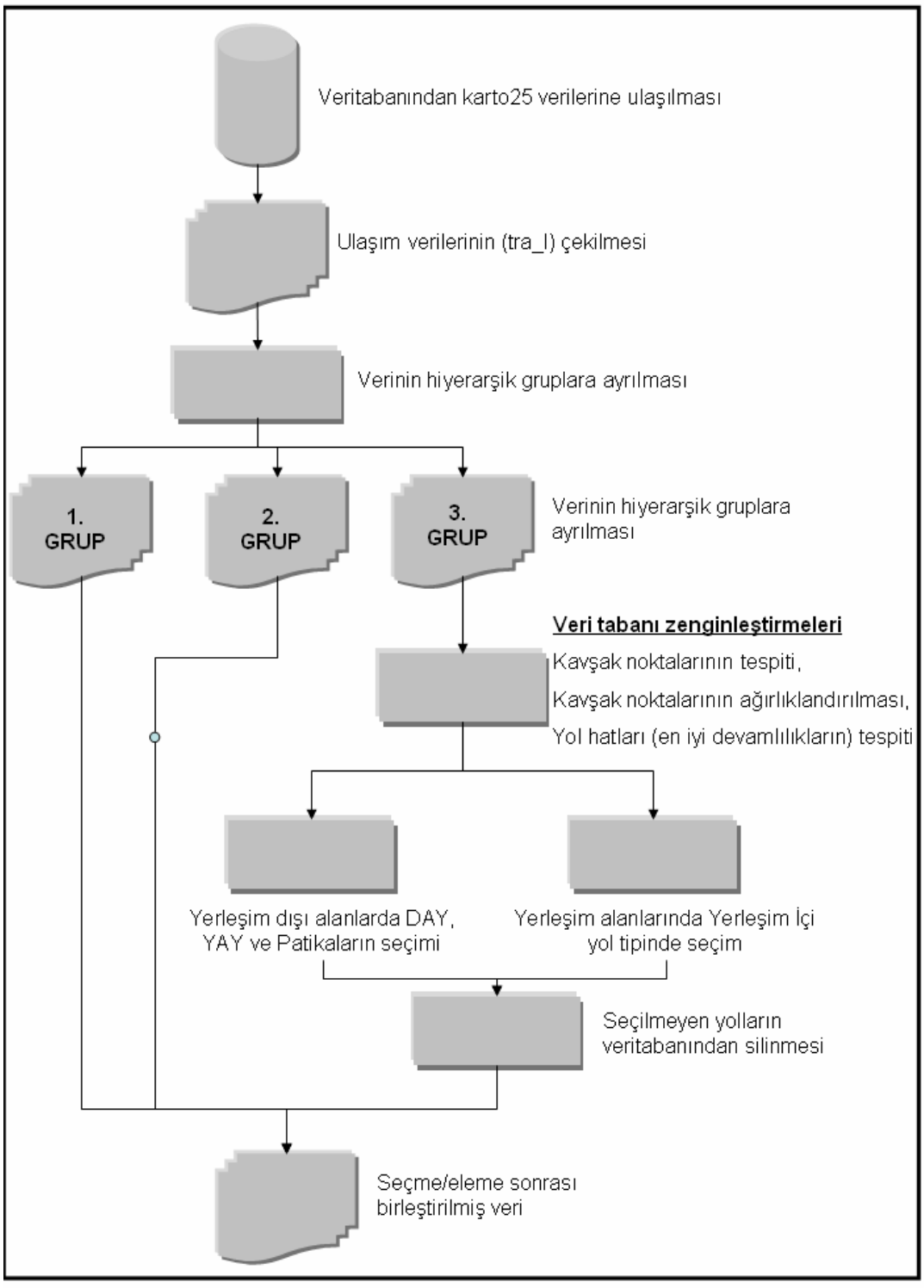
1:25 000 ölçekli kartografik vektör haritanın yol verisinin büyük bölümü ulasim_cizgi_25 veri seti içerisinde bulunmaktadır. Seçim için genel prensip olarak *önemli yol tiplerinin* seçme/eleme yapılmadan hedef ölçeğe aktarılması benimsenmiştir. Buna göre yolların hiyerarşik önem derecesine göre 3 gruba ayrılması, her bir grup için öngörülen temel genelleştirme işlemleri uygulanmasını müteakip birleştirilerek tek bir genelleştirilmiş yol veri seti elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu gruplar aşağıdaki gibidir:

- 1 nci Grup: Demir yolları (çift hat/tek hat) tramvay hattı, metro hattı.
- 2 nci Grup: Otoyollar, bölünmüş yollar, S1, S2, S3 tipi yollar ile paftadaki yoğunluklarına göre G1, G2, G3 tipi yollar.
- 3 ncü Grup: DAY, YAY, Patika, yerleşim içi yollar.

Yolların seçimi her zaman genelleştirmenin zor dallarından biri olmuştur. Yapılan çalışmalar çoğunlukla sübjektif ve sadece çalışılan bölgede uygun sonuçlar veren yöntemler olmuştur. Bu yöntemlerden en temel olanlardan birisi kural bazlı yaklaşımdır. Bu yaklaşımda yollar üzerinde topolojik ilişkiler ve diğer obje tipleri ile etkileşimleri üzerinden geliştirilen kurallar vasıtasıyla seçim ve dolayısıyla genelleştirmenin gerçekleşmesi sağlanır. Teorik olarak geçerli ve başarılı olması beklenen bir yaklaşım olmakla birlikte, veri buna hazır değilse sonuç kartografı hayal kırıklığına uğratabilir.

Salt kural bazlı yaklaşımın seçme/elemede yetersiz olacağı aşikârdır. Genelleştirmenin başarısını seçimden önce veritabanında yapılacak zenginleştirmeler doğrudan etkiler. Zenginleştirme, üretim esnasında girilen/oluşturulan ve yukarıda açıklanan öznitelik bilgilerine ilave olarak yeni öznitelikler oluşturulması ve uygun değerler hesaplanması ile mümkün olur. Veritabanı zenginleştirmeleri ile genelleştirme çalışmalarının önemli örnekleri çizge kuramı ve en iyi devamlılık yaklaşımı olup önceki bölümde detaylı olarak incelenmiştir. Bu tür yaklaşımlar yol verisine ilave anlam kazandırıp zenginleştirdiği gibi yollar arasında müteakip aşama olan seçme/eleme öncesinde bir önem sırası da kazandırır.

Yolların seçimi için oluşturulan kodun genel işleyişi genel hatlarıyla Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 İş Akış Şeması

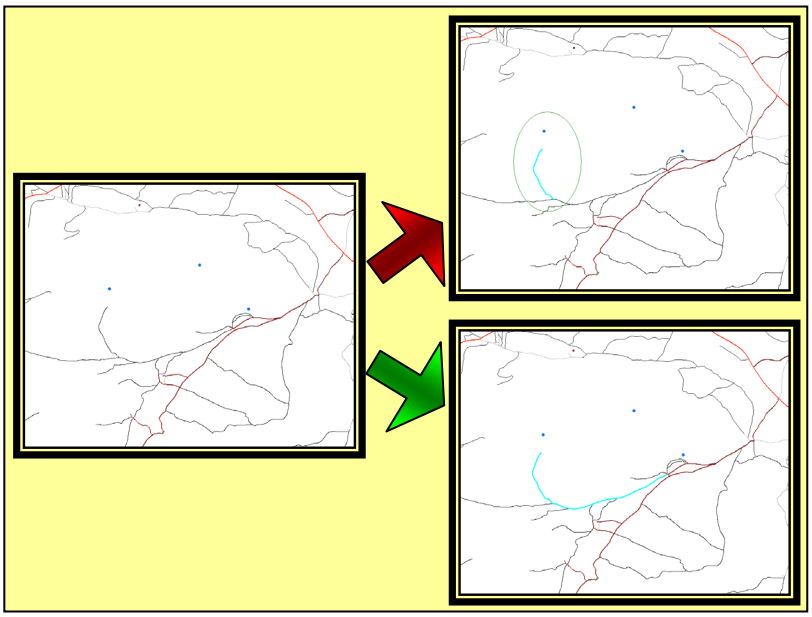
Bir hedefi olmayan yol olmaz. Kartograflara ilk öğretilen kurallardan biri küçük ölçekler için her zaman "*yerleşim yeri varsa yol gider, yol gidiyorsa yerleşim yeri vardır*" olmuştur. Bu kapsamda tüm yol tipleri için teşkil ettikleri hiyerarşiden kaynaklanan kuralların bazıları şöyle sıralanabilir:

- Her yol tipi bir coğrafi nesneyi hedefler veya sonuçta buna ulaşacak bir yol ağına bağlanır.
- Hiçbir yere varmayıp kendine kapanan yol olmaz, bu her hiyerarşik grup içindeki yol tipi için geçerlidir.
- Her bir yol tipinden, ya kendi seviyesinde ya da kendinden daha üst seviyede bir yola bağlanması beklenir.
- …

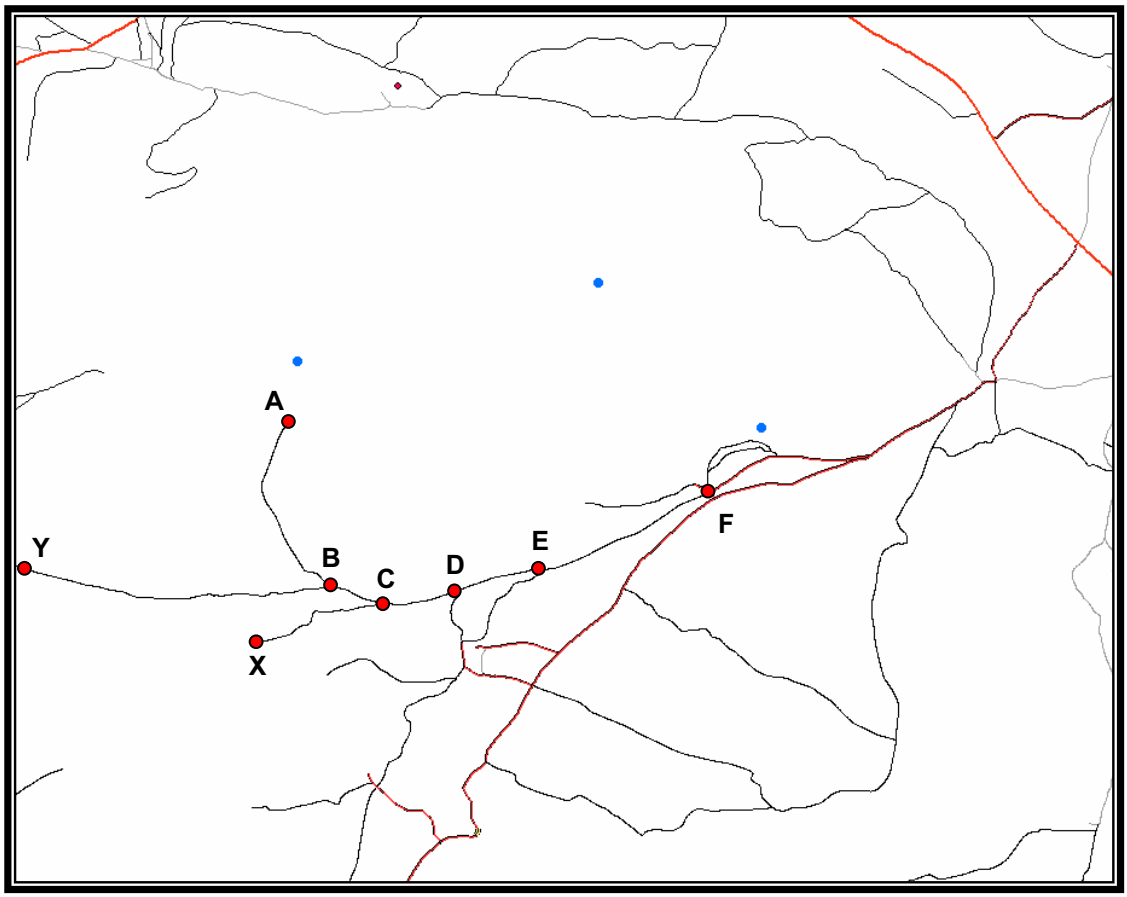
Bu kurallar arttırılabilir. Bunların genelleştirme ve seçim esnasında uygulanabilir olması için hiyerarşik yapının veriye tanımlanması gerekmektedir. Bu da ancak yollarda her kavşak noktası arasında değil; yolun bir hedefe ulaştığı uç noktasından daha üst seviyede bir yol tipine bağlandığı noktaya kadar bir bütün olarak alınması ve bu şekilde davranış kazandırılması ile mümkün olabilir.

Aşağıdaki şekilde bir pınara yönelmiş patika yol görülmektedir. Eğer klasik kural bazlı yaklaşım uygulanırsa yolun sadece ilk kavşağa kadar olan kısmı için seçim gerçekleşmekte ancak üst seviye yollardan veya şehir merkezinden itibaren pınara ulaşım kullanıcıya verilememektedir. Oysa patika yollar için hiyerarşik seviyesine uygun kişilik kazandırılırsa pınara en yakın uçtan en yakın üst bir seviye yola kadar seçim gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede kopuk ve tutarsız genelleştirme sonuçlarının önüne geçilebilecektir (Şekil 3.5).

Şekil 3.6'da ABCDEF yol hattından bağımsız olarak diğer iki alternatif olan YBCDEF yol hattı ve XCDEF yol hattı tanımlanmak suretiyle genelleştirme de seçim daha kolay hale gelebilecek, seçilen yol güzergahı her koşulda bir üst seviye yola bağlanmış olacaktır. Bu ancak "en iyi devamlılık" prensibi doğrultusunda veritabanının zenginleştirilmesi ve yol hatlarının veriye öğretilmesiyle mümkündür.



Şekil 3.5 Patikalarda Hiyerarşik Yeniden Yapılandırma



Şekil 3.6 En İyi Devamlılık Prensibi ve Yol Hatları

Tez uygulamasında yollar arasındaki hiyerarşik yapılanmanın iki aşamada sağlanması amaçlanmıştır. Birinci aşamada tüm ulaşım ağı, üzerlerinde uygulanacak genelleştirme işlemlerine göre yukarıda açıklandığı şekilde üç ana gruba bölünmüştür. Burada belirtilmesi gereken en önemli nokta, demiryolu ağının seçim ve elemeye tabi tutulmayacak olmasıdır. İkinci grupta toplanan yollar hedef ölçeğe intikal ettirilecek ve yumuşatma gibi işlemlerin uygulanacağı bölünmüş yol, otoyollar, S ve G tipi yolları içermektedir. Hiyerarşik yapının en fazla fayda sağlayacağı grup, ulaşım ağının büyük bölümünü oluşturan ve üzerinde yoğun seçme/eleme işlemleri uygulanacak olan üçüncü gruptur. Çalışmada bu grupta bulunan DAY, YAY, Patika ve Yerleşim İçi Yolların seçimi üzerinde durulmuştur.

3.5.1. Kırsal nitelikli paftalarda seçme

Ülke temel ölçeğinde üretilen standart topografik harita sayısı 5547'dir. Büyük il ve ilçeler gibi "yerleşim içi yol" kategorisinin yoğun olduğu paftalar haricindeki büyük oran kırsal nitelikli paftalardan oluşmaktadır. Bu tür paftalarda ulaşım ağının büyük bölümünü daimi araç yolu (DAY), yaz araba yolu (YAY) ve patika gibi yol tipleri teşkil etmektedir.

Kırsal nitelikli alanlarda ulaşım ağının genel karakteri yolların insan yapısı (ağıl, çeşme, mezarlık gibi) ve doğal (pınar, mera gibi) obje tiplerine göre konumları ile açıklanabilir. Bu kapsamda yolların seçimi ve elemesi ancak yol tiplerinin diğer obje tipleri ile mekânsal ve topolojik ilişkileri göz önüne alınarak başarılı sonuçlar verebilir.

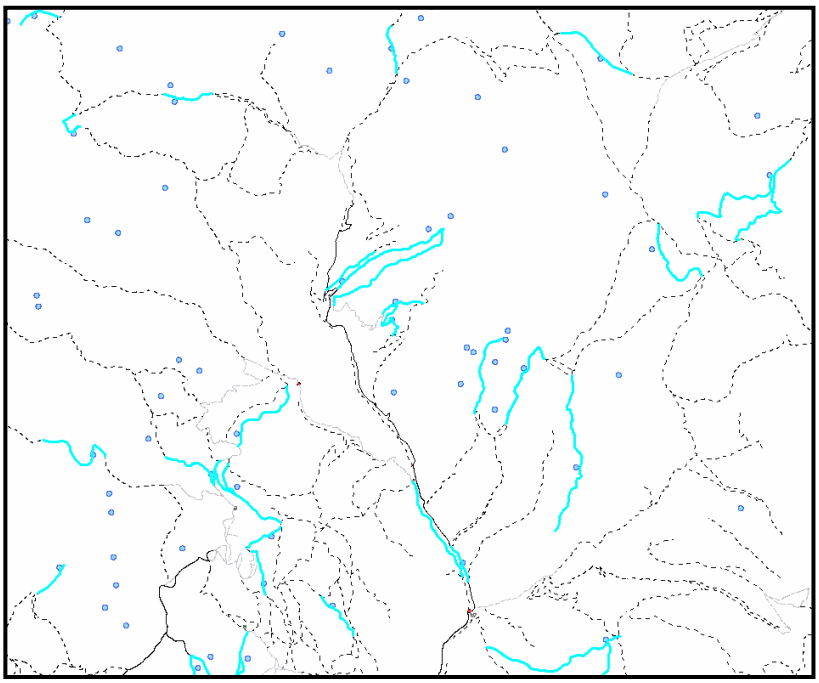
Tez çalışmasında, kırsal nitelikteki alanlardaki yolların seçim ve elenmesinde *en iyi devamlılık* ve *çizge kuramı*'ndan yararlanılmıştır. Buna göre öncelikle ulaşım ağı içerisinden, *OBJE ADI* özniteliğine göre daha önce açıklanan hiyerarşik yol gruplarına ilişkin katmanlar oluşturulmuştur. Uygulamanın odak noktası olan üçüncü hiyerarşik yol grubunda seçilen tüm yollar geçici olarak *yol3* veri seti içerisinde toplanmıştır.

İkinci aşamada veritabanı zenginleştirmeleri başlamıştır. Bunda amaç, DAY, YAY ve patika gibi her bir yol tipi için, açık uç noktasından bir üst hiyerarşik seviyedeki yola bağlantı noktasına kadar güzergâh alternatiflerini belirlemek üzere

en uygun hatların belirlenmesidir. Adı geçen yol tiplerine bütünlük kazandırmak ve seçim ve elemeye hazırlamak üzere veri tabanını zenginleştirmek için uygulamada iki temel yaklaşım denenmiştir:

3.5.1.1. Tekrarlı veri kullanımı ile yol hatlarının belirlenmesi

Daimi araç yolu, yaz araba yolu ve özellikle patika türü yollar ya daha üst hiyerarşik seviyelerdeki yolları birbirine bağlar, ya da arazide belli nokta objelere ulaşımı sağlarlar. Şekil 4.5 ve 4.6'da görünen patikalalar buna örnektir. Pınarlar patikaların yöneldiği obje tiplerinin en önemlilerinden biridir. Eğer pınar/çeşme ile patika arasında analiz yapılırsa pınara belli mesafeye kadar yaklaşan yollar seçilmekle birlikte, verinin topolojik yapısından dolayı seçim sadece ilk kavşak noktasına kadar geçerli olacaktır. Kurallar; alansal yerleşim objeleri (mezarlık gibi) ve noktasal diğer obje tipleri için arttırılabilir ancak bu sadece seçilen yol parçacıklarının sayısını arttırmaktan başka bir işe yaramayacak, bir anlamsal bütünlük taşımayacak, belli bir sıra dâhilinde bir üst seviye yoldan itibaren bir obje tipine giden ve seçim/elemeden sonra atılmaması gereken yolu vermeyecektir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Kurala Dayalı Seçim Sonucu

Yolların seçimi ancak, seçilen yol yine seçilen aynı seviyede veya daha üst seviyede bir yola bağlıysa ve seçim kesintiye uğramadan daha üst seviye yollara ve dolayısıyla yerleşim merkezlerine kadar devam ediyorsa anlamlı olur. Bu sayede yol ağı sadeleştirilirken ulaşım ağının genel iskeleti de korunmuş olur ve seçimden sonra hedef ölçekte yerleşim yerleri ve ana yollar belli objelere bağlanmış olur.

Bunun başarılması yollar arasında doğal olarak mevcut olan hiyerarşinin veritabanında sağlanması ile olur.

Bir pınar veya ağıl objesini hedefleyen patikalar salt mekânsal seçim işlemiyle seçildiklerinde sadece ilk kavşak noktasına kadar seçim gerçekleşir, sonuç bir bütünlük sunmaz ve daha üst seviye yollara ulaşımı vermez. Daimi bir araç yolundan ağıla en uygun ulaşım hattının belirlenmesi, daha önce de belirtildiği gibi, yola; açık uç noktasından üst seviye yollara kadar bütünlük kazandırılması, veri tabanında devamlılığın öğretilmesi ile mümkün olur. Bunu sağlamanın yollarından biri geçici tekrarlı veri kullanımıdır. Uygulamada her bir patika ağı, açık uçlarından üst seviye bir yola bağlandığı noktaya kadar, her bir uç için ayrı birer yol verisi gibi depolanarak, ağın belli bölümlerinde tekrarlı veri kullanma pahasına yeniden yapılandırılmıştır. Bu durum Şekil 4.6'da, her üç patika hattı tanımlanırken, BCDEF yol parçasının tekrarlı olarak veri tabanında tutulması olarak karşımıza çıkar.

Uygulamada yol3 veri seti içerisindeki her tip yol için (DAY, YAY, Patika, Yerleşim içi yollar) açık uç noktasından bir üst seviye yola bağlandığı kavşak noktasına kadar tüm güzergâh alternatifleri seçilerek açılan geçici katmanlara tek parça olarak birleştirilmek suretiyle atılmıştır. Dolayısıyla dört tip yol için birleştirilmiş yol alternatifleri içeren *yol3day*, *yol3yay*, *yol3ptk* ve *yol3yer* isminde katmanlar elde edilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Yol3 Veri Seti İçindeki Yol Tipleri

Bu işlem sayesinde bir yolun her bir ucundan bağlı olduğu bir üst seviye yola kadar tüm alternatifler ilgili yol katmanında toplanmak suretiyle veride hiyerarşik yaklaşım elde edilmiş olmakta, yapılacak sorgu ve analizlere veri hazır hale getirilmektedir.

Seçim analizi ilk olarak patika yollar üzerinde uygulanmıştır. Seçim sorgusunda her bir patika için,

- 2nci tip yol grubuyla bağlantısı olup olmadığı,
- Pınarlara yakınlığı (yapılan çalışmada en fazla 100m.)
- Alan tipi yerleşim objelerine yakınlığı (yapılan çalışmada en fazla 50m.)

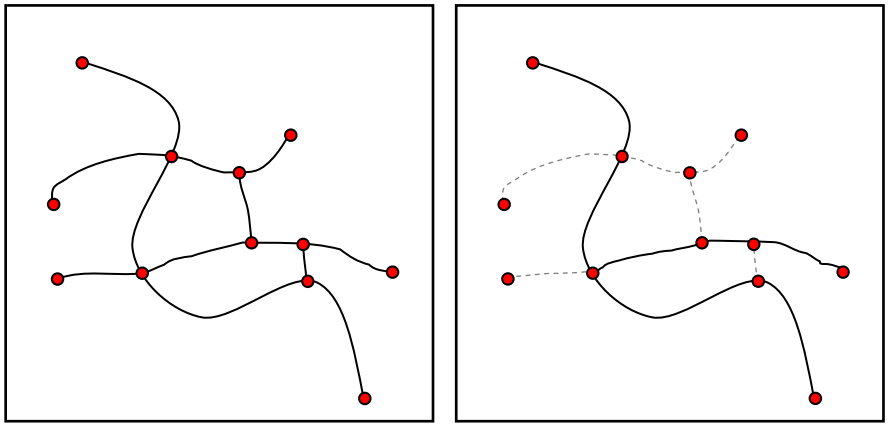
…

gibi konuma ve özniteliğe bağlı analiz yapılmış olup sonuçlar bir 4.Bölümde sunulmuştur.

3.5.1.2. En iyi devamlılık prensibi ile yol hatlarının belirlenmesi

Kırsal alanlarda seçme ve eleme öncesi veri tabanının zenginleştirilmesine en önemli örneklerden biri de kavşak noktalarındaki açı değişimine bakılarak en uygun yol hatlarının tespitidir. Bir yol ağı doğrusal bir düzlemde incelendiğinde, topoloji kurallarına göre, ağı oluşturan elemanların düğümler (kavşak) ve yol parçacıkları (kenar) olduğu görülür. Şekil 3.9'de görünen ağda toplam 12 düğüm ve 13 yol parçacığından oluştuğu görülür. Ancak bu ağ basitleştirilmek istendiğinde, ağı teşkil

eden parçalardan iskeletin nasıl elde edileceği konusu birçok araştırmaya konu olmuştur. Thomson'a (2003) göre en uygun devamlılığı sağlayan yol elemanlarının seçimi "aynı yönde devam ettiği gözlemlenen elemanların seçimi ve gruplandırılması" ile oluşan kavramsal veri organizasyonu ile sorun çözülebilir.



Şekil 3.9 Yol Ağının Basitleştirilmesi

Uygulamanın bu aşamasında seçim/eleme esnasında ihtiyaç duyulacak ilave öznitelik bilgilerinin yol3 (DAY, YAY, Yerleşim içi yollar ve patikalar) katmanına eklenmesi, veritabanının ileriki analizler için zenginleştirilmesi işlemleri başlamıştır. Burada ilk olarak her bir kavşak noktası için ayrı bir nokta katman oluşturulmuştur.

Yol3 katmanındaki *FNODE* ve *TNODE* alanları ile kavşakları temsil eden nokta katmandaki *NODE_ID* alanları ilişkilendirilmek suretiyle grup3 veritabanına her bir yol parçacığı için

- fnodex: yol parçasının başlangıç noktasının X koordinatı,
- fnodey: yol parçasının başlangıç noktasının Y koordinatı,
- tnodex: yol parçasının bitiş noktasının X koordinatı,
- tnodey: yol parçasının bitiş noktasının Y koordinatı

girilmiştir.

Tabloda ACI adlı yeni bir alan oluşturularak her bir yol parçası için, başlangıç ve bitiş nokta koordinatları kullanılmak suretiyle her sokağın açısı hesaplanmıştır.

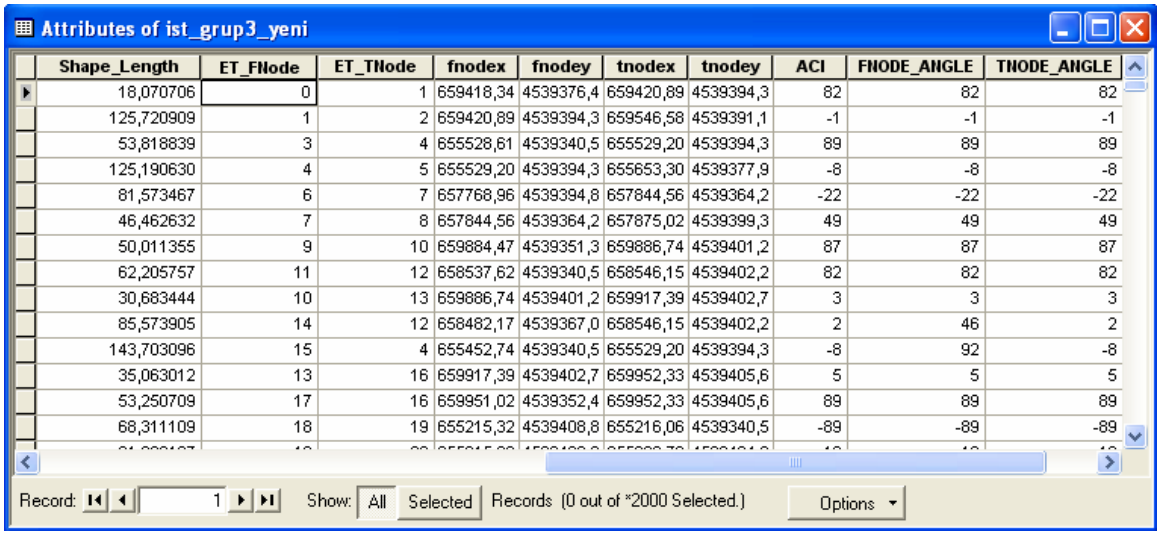
$$ACI = ATN\left(\frac{(tnodey - fnodey)}{(tnodex - fnodex)}\right)\frac{180}{\pi}$$

Veri incelendiğinde; düz ve kısa yol parçaları için elde edilen ACI değerleri yolların yönünü temsil etmekle birlikte düz olmayan yollar için kullanılması hatalı sonuçlar verebilir. Dolayısıyla her bir yol parçası için kavşak noktalarının açısı hesaplanarak *FNODE_ANGLE* ve *TNODE_ANGLE* alanlarına girilmiştir (Tablo 3.7). Hesaplamada ilgili alanlar için aşağıdaki kod kullanılmış olup, dDistance değerine 0 girildiğinde FNODE'daki, 1 girildiğinde ise TNODE'daki açıyı vermiştir.

```
'=========================
On Error Resume Next
Dim pCurve As ICurve
Dim pLine As ILine
Dim dLength As Double
Dim dAngle As Double
Dim dDistance As Double
Dim bAsRatio As Boolean
Dim Pi As Double
'=========================
dDistance = 0.5
bAsRatio = True
'=========================
Pi = 4 * Atn(1)
If (Not IsNull([Shape])) Then
  Set pCurve = [Shape]
  If (Not pCurve.IsEmpty) Then
    Set pLine = New esriGeometry.Line
    dLength = pCurve.Length
    pCurve.QueryTangent 0, dDistance, bAsRatio, dLength, pLine
```

```
    dAngle = pLine.Angle * 360 / (2 * Pi)
  End If
End If
'=========================
```

Tablo 3.7 Grup3 Veritabanında Zenginleştirmeler.

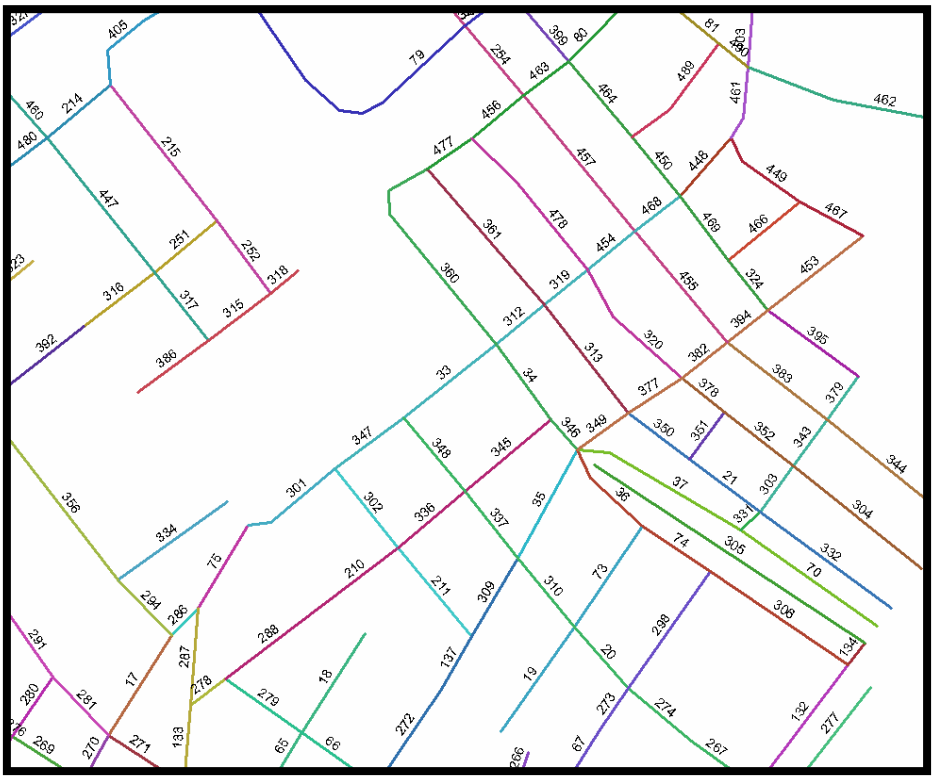


Attributes of ist_grup3_yeni

Shape_Length	ET_FNode	ET_TNode	fnodex	fnodey	tnodex	tnodey	ACI	FNODE_ANGLE	TNODE_ANGLE
18,070706	0	1	659418,34	4539376,4	659420,89	4539394,3	82	82	82
125,720909	1	2	659420,89	4539394,3	659546,58	4539391,1	-1	-1	-1
53,818839	3	4	655528,61	4539340,5	655529,20	4539394,3	89	89	89
125,190630	4	5	655529,20	4539394,3	655653,30	4539377,9	-8	-8	-8
81,573467	6	7	657768,96	4539394,8	657844,56	4539364,2	-22	-22	-22
46,462632	7	8	657844,56	4539364,2	657875,02	4539399,3	49	49	49
50,011355	9	10	659884,47	4539351,3	659886,74	4539401,2	87	87	87
62,205757	11	12	658537,62	4539340,5	658546,15	4539402,2	82	82	82
30,683444	10	13	659886,74	4539401,2	659917,39	4539402,7	3	3	3
85,573905	14	12	658482,17	4539367,0	658546,15	4539402,2	2	46	2
143,703096	15	4	655452,74	4539340,5	655529,20	4539394,3	-8	92	-8
35,063012	13	16	659917,39	4539402,7	659952,33	4539405,6	5	5	5
53,250709	17	16	659951,02	4539352,4	659952,33	4539405,6	89	89	89
68,311109	18	19	655215,32	4539408,8	655216,06	4539340,5	-89	-89	-89

Record: 1 Show: All Selected Records (0 out of *2000 Selected.) Options

Bu aşamadan sonra kavşak noktalarında açı değişimi minimum olan yol hatlarının tespiti çalışması başlamıştır. Bunun için zenginleştirilmiş veritabanındaki ET_Fnode ve ET_Tnode alanları içeriği her bir yol parçası için karşılaştırılarak komşuluklar tespit edilmiş, FNODE_ANGLE ve TNODE_ANGLE değerleri içeriği belli bir değerin altındaysa yeni oluşturulan KOMSU alanına bir hat numarası atanmıştır (Şekil 3.10). Tüm bu işlemler ArcGIS ara yüzü özelleştirilmek suretiyle eklenen düğmeye bağlı çalışan VB kodu ile otomatik olarak yaptırılmıştır.



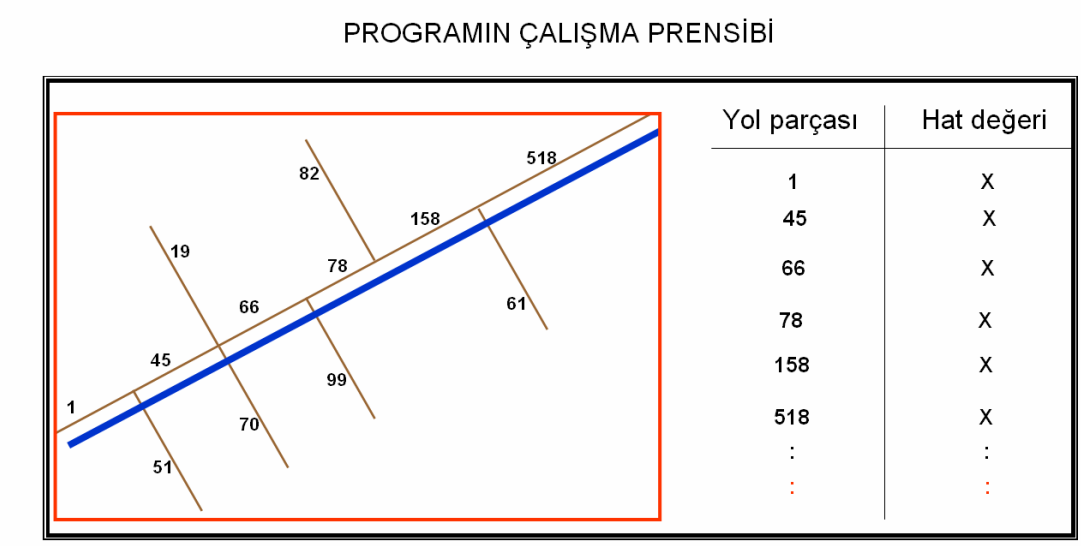
Şekil 3.10 Yol Hatları

Program şöyle çalışmaktadır:

- Yol ID değeri 1 olan, veritabanının ilk satırını seçer.
- KOMSU alanına bakar, boşsa 1den başlayarak bir değer atar.
    - Bu satırda ET_FNode ve ET_TNode alanları içeriğini okuyarak tabloda bu kavşak (node) numaralarını paylaşan başka satır olup olmadığını kontrol eder. Bu aslında yolun ilgili kavşaktaki komşu yol parçalarının tespitidir.
    - Bulunduğu satırdaki FNODE_ANGLE ve TNODE_ANGLE değerlerini her bir komşu yol parçacığının ilgili kavşak (node) açılarıyla karşılaştırarak açı farkı mutlak değerinin belirlenmiş olan tolerans dâhilinde olup olmadığını araştırır. Bu da aslında düz giden hatların tespitinden başka bir şey değildir.

- Açı farkı kabul edilebilir aralıkta olan komşu yol parçacığının KOMSU alanına kendi KOMSU alanındaki değerini atar, dolayısıyla aynı hattın parçası oldukları veriye öğretilmiş olur.
- Hafızadaki KOMSU değeri bir artar.

- Eğer komşulardan birinin KOMSU alanı içeriği doluysa bu sefer kendi KOMSU değerini atamadan önce hangisinin küçük olduğuna bakar, küçük değere sahip komşunun KOMSU değerini kendine alır ve de diğer komşuya ihraç eder.
- KOMSU alanı doluysa, bir komşusundan değer almış demektir, bu durumda yukarıda anlatıldığı gibi diğer bir komşusu olup olmadığına bakar ve varsa aynı değeri ihraç eder.
- Tüm veritabanı içinde KOMSU alanı içeriği boş olan satır kalmayıncaya kadar program çalışır (Şekil 3.11).

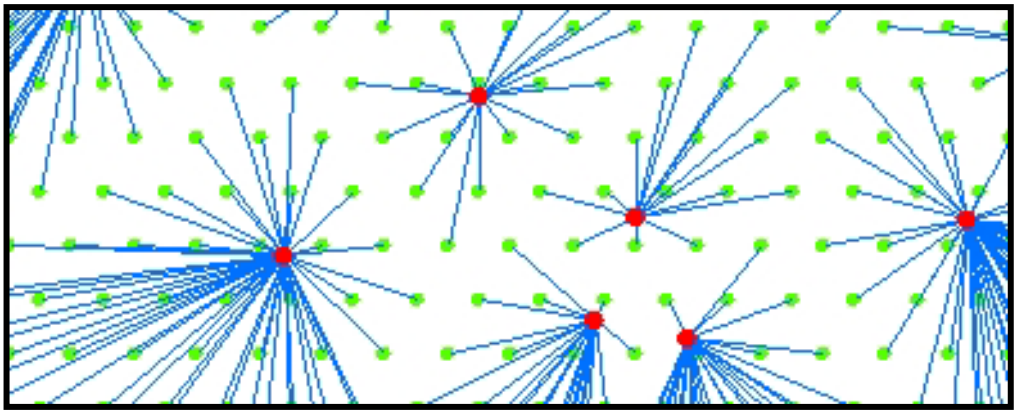


Şekil 3.11 Programın Çalışma Prensibi

Hatları belirlenmiş yol ağı veritabanı özetlendiğinde her bir yol hattı için yol parçacığı sayısı ve toplam uzunluk elde edilmiştir. Her iki tabloda ortak alan olan KOMSU alanı baz alınarak tablolar birleştirilmek suretiyle hatların uzunlukları, yeni oluşturulan HAT_UZUN alanına yüklenmiştir. Bu işlemler ile en iyi devamlılık

prensibi uygulanarak her bir yol parçasına hangi hattın elemanı olduğu ve o hattın toplam uzunluğu öğretilmiş, veri tabanı zenginleştirilmiştir.

Sonraki aşamada seçim için gerekli analizlerin yapılarak veritabanına girilmesi için gerekli diğer obje katmanları incelenmiştir. Kırsal niteliklerde çalışma yapıldığına göre ülkemizde özellikle patika objesinin hedeflediği pınar, ağıl, mezarlık gibi obje türlerini içeren noktasal obje katmanları kullanılmıştır. Bu tür nokta objelerle yol tipleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi için örümcek diyagramları (spider diagram) kullanılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Örümcek Diyagramı

Yolların seçiminde önem taşıyan önemli objeler

- Ağıllar
- Mezarlıklar
- Çeşmeler
- Pınarlar
- İbadet tesisleri
- Enerji tesisleri (trafolar)
- …

olarak sıralanabilir.

Bu objeler ile yollar arasındaki ilişki; her bir yol kavşağı (düğüm) ile etrafındaki en yakın belli sayıdaki kritik nokta obje arasındaki var olduğu düşünülen örümcek diyagramının analizi ile incelenebilir. Örümcek diyagramları, merkez kabul edilen nokta veri seti içindeki her bir eleman ile hedefler (nokta, çizgi veya alan veri seti) arasındaki en kısa mesafeleri verir. Uygulamada örümcek diyagramı, seçilmiş belli kritik nokta objeler ile yok kavşakları (düğümler) arasında hesaplanmış olup elde edilen ve doğrusal mesafeleri içeren matris dosyası üçüncü grup yol veri tabanına ihraç edilmiştir. Noktasal objelerin seçimi ve elenmesi bu tez çalışmasının kapsamında olmadığından ancak yolların seçimi için gerekli olan daha önce seçimi yapılmış pınar, ağıl, mezar gibi nokta objeler örümcek diyagramında kullanılmıştır. Hesaplama kolaylığı ve uzak noktasal objelerle veri tabanını şişirilmesini engellemek amacıyla her bir kavşak noktasına en yakın 10 adet kritik nokta obje diyagramın oluşturulmasında kullanılmıştır. Elde edilen matris verisi kavşak noktaları katmanına ihraç edilmek suretiyle her bir kavşak noktasına en yakın nokta obje ID sayıları ve doğrusal mesafeler ile veri tabanı zenginleştirilmiştir.

Yol hatlarının belirlenmesi ve örümcek diyagramından gelen uzunluk verilerinin hatlara ait kavşak noktaları katmanına girilmesini müteakip seçimi belirleyecek ağırlıklandırma işlemleri başlamıştır. Ağırlıklandırma ve seçim sonuçları 4. Bölümde sunulmuştur.

3.5.2. Kentsel nitelikli paftalarda seçme

Kentsel nitelikli alanlarda ise yolların seçimi ve elenmesi yukarıda anlatılanlardan farklılık arz etmektedir. Burada önemli olan yolun; pınar, ağıl gibi objelere yönelmesi değil, yerleşimdeki genel yol ağının ana iskeletinin genelleştirme sonrasında korunması olmalıdır. Dolayısıyla seçimde, yolun kavramsal niteliklerinden ziyade geometrik/mekansal nitelikleri ön plana çıkmalıdır. Sonuçta ağı oluşturan lineer elemanlar, Thomson ve Brooks (2000) tarafından da açıklandığı gibi, “iyi bir devamlılık” sağlayacak şekilde gruplandırılmalıdır.

Yerleşim içinde seçim ve elemenin başarısı, genel ağ karakteristiğini belirleyen uzun yol (sokak) hatlarının doğru belirlenmesine bağlıdır. Sokak hatları Madde 3.5.1’de açıklandığı şekilde elde edilmiştir. Yerleşim içi yol kategorisinde yollar için

en iyi devamlılıklar tespit edildikten sonra seçim ve eleme, uzun yol hatlarına ve üst seviye yollara bağlantı durumuna göre mekânsal analizlerle gerçekleştirilmiş olup farklı kentlerde yapılan uygulama sonuçları 4. Bölümde sunulmuştur.

3.6. Değerlendirme

Temel ölçek veri tabanları belli standartlarda oluşturularak saklanırlar. Bunlardan en önemlilerinden biri NATO ülkeleri arasında veri iletişimini sağlıklı ve tutarlı bir hale getirmek üzere DGIWG (Digital Geographic Information Working Group) tarafından oluşturulan STANAG 7074'dür. Bu kapsamda üretilen 1:25 000 ölçekli veri tabanında objeler; sınıflar ve her bir sınıf içinde nokta, çizgi ve alan olmak üzere üçer katmanda yer alacak şekilde organize edilmiş ve kodlanmıştır.

Tez dokümanının bu bölümünde ülkemizde temel ölçekli harita üretimi ve genelleştirme çalışmaları konusunda bilgiler verilmiş, bilgisayar destekli genelleştirme çalışmalarında kullanılan verinin yapısı ve bununla ilgili olarak DIGEST standardı açıklanmıştır. Çalışmanın odağı olan ulaşım ağı veri yapısı detaylı olarak ele alındıktan sonra uygulamada kullanılan yol verisi ile ilgili istatistikî bilgiler verilmiştir. Gerek kentsel ve gerekse kırsal alanlar için uygulamanın dayandığı algoritma ve kurallar açıklanmıştır.

4. UYGULAMA

4.1. Giriş

Yollar ulaşım ağını oluşturan en önemli obje türleridir. Genelleştirme esnasında ulaşım ağının genel karakteristiği ve yapısını koruyarak karmaşıklı gidermek veride seçme/eleme yapmak büyük önem taşır. Tezin bu bölümünde ulaşım ağını oluşturan çizgisel yol objelerin kırsal ve kentsel nitelikli alanlarda seçimi ve elenmesi uygulamaları ve sonuçları sunulmuştur.

4.2. Kırsal Nitelikli Alanlarda Uygulama

Çalışmada ilk olarak Ağrı J50 bölgesinde yol ağı seçimi uygulanmıştır. Bölgede demiryolu bulunmadığından 1nci hiyerarşik yol grubu içeriğine yol ataması yapılmamıştır. G1, G2, G3, S1, S2, S3, köprüler ve geçit yerlerinden oluşan ve bölgedeki ulaşım ağının %3,7'sini teşkil eden toplam 191 km. yol 2nci gruba atanmıştır (Tablo 4.1). 3ncü gruba ise bu uygulamanın odağı olan yerleşim içi yollar, DAY, YAY ve patikalardan oluşan ve toplam verinin %96,3'ünü oluşturan 4.950 km. yol atanmıştır (Tablo 4.2, Şekil 4.1).

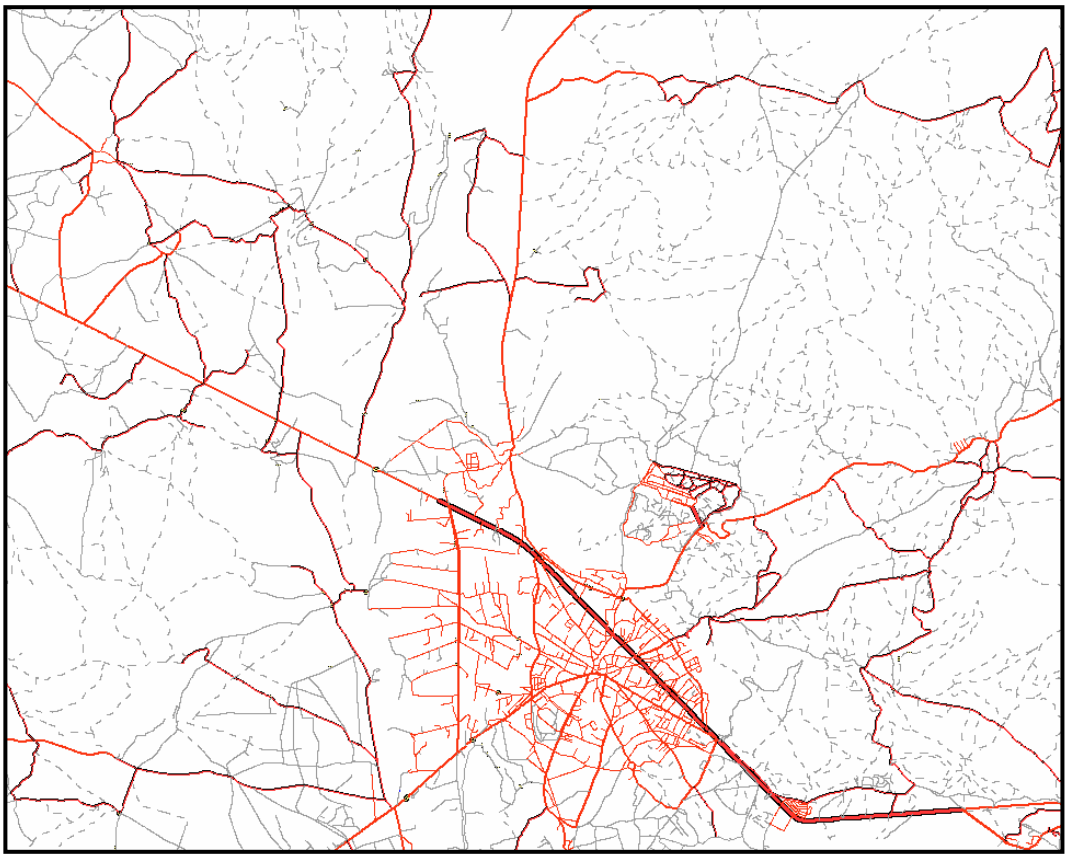
3ncü yol grubunda seçme/eleme işlemi 3. Bölümde açıklandığı gibi iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.1 Ağrı J50 paftasındaki 2nci Grup Yol Tipleri

S.No	Obje Adı	Obje Sayısı	Obje Toplam Uzunlukları (m.)
1	GECIT_YERI	6	117
2	KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS	70	12860
3	KARAYOLU_G2	63	30489
4	KARAYOLU_G3	64	23029
5	KARAYOLU_S1	187	53408
6	KARAYOLU_S2	243	57956
7	KARAYOLU_S3	37	9473
8	KOPRU_BOLUNMUS/AYRILMIS	1	44
9	KOPRU_TAS/BETON	86	3117
10	KOPRU_YAYA_GECER	33	679

Tablo 4.2 Ağrı J50 paftasındaki 3ncü Grup Yol Tipleri

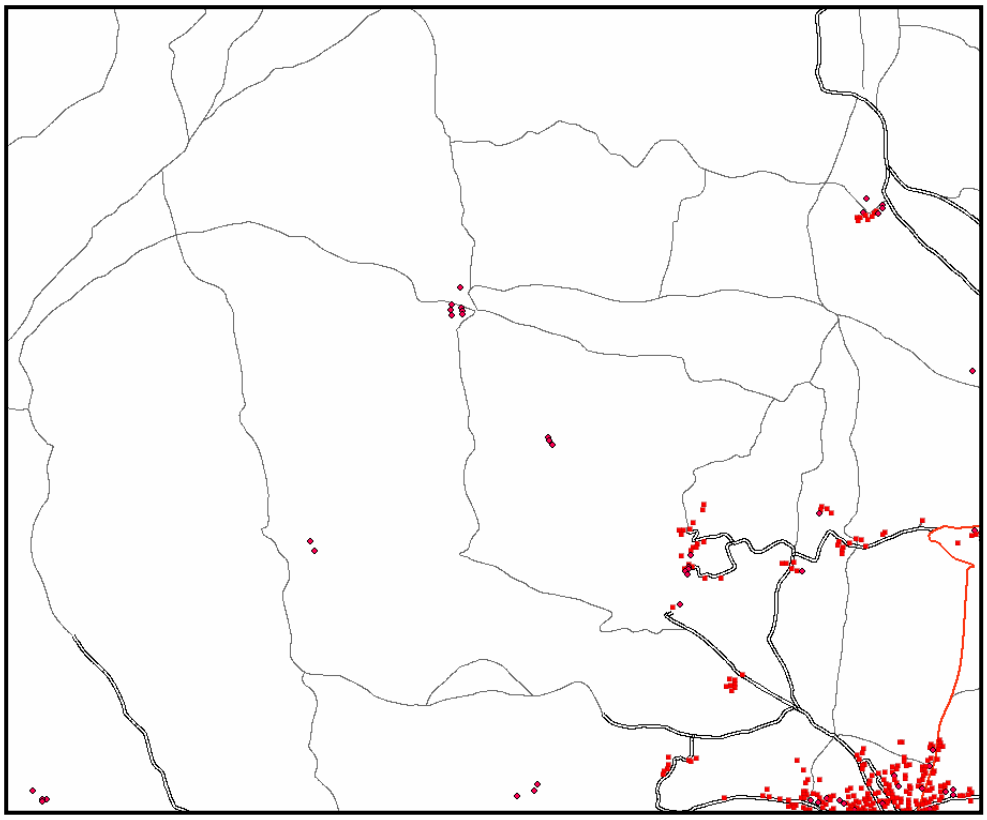
S.No	Obje Adı	Obje Sayısı	Obje Toplam Uzunlukları (m.)
1	KARAYOLU_DAY	1401	589303
2	KARAYOLU_PATIKA	5270	3282048
3	KARAYOLU_YAY	2145	884334
4	KARAYOLU_YERLESIM_ICI	1063	193985



Şekil 4.1 Ağrı J50 Paftasındaki 3ncü Grup Yol Tipleri

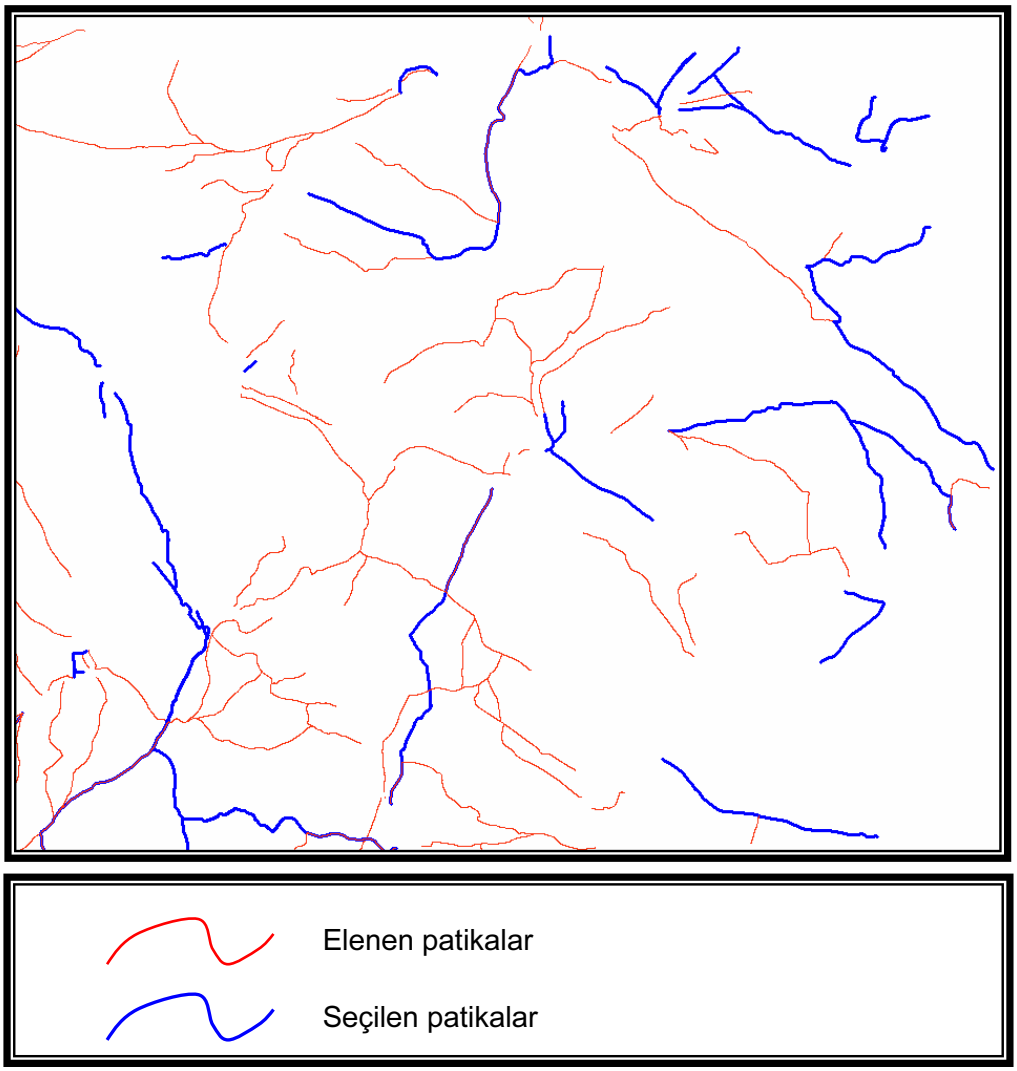
4.2.1. Tekrarlı veri ile seçim uygulaması

Tekrarlı veri kullanımı prensibi, kavşakları göz ardı ederek her bir yol tipi için açık uç noktasından bir üst hiyerarşik seviyedeki yola kadar olan tüm yol güzergâhlarının birleştirilerek veri tabanında geçici olarak tutulması esasına dayanmaktadır. Ağrı J50 isimli 1:100 000 ölçekli pafta bölgesine giren alanda yapılan uygulamada üçüncü yol kategorisine giren daimi araç yolu, yaz araba yolu ve patikalar geçici olarak *yol3day, yol3yay* ve *yol3ptk* katmanları içine, daha önce açıklandığı şekilde birleştirilerek atılmıştır. Sonuç olarak topolojisi bozulmuş ancak uç noktasından bir üst seviyedeki yola bağlandığı kavşak noktasına kadar bütünlük kazanmış tekrarlı bir veri seti elde edilmiştir (Şekil 4.2).

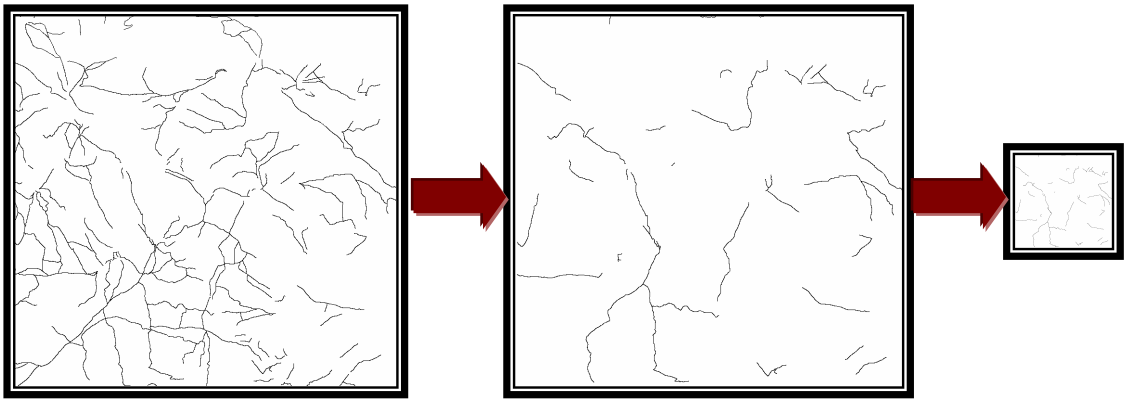


Şekil 4.2 Yapılandırılmış Yol3 Veri Seti

Bu işlem sayesinde bir yolun her bir ucundan bağlı olduğu bir üst seviye yola kadar tüm alternatifler ilgili yol katmanında toplanmak suretiyle veride hiyerarşik yaklaşım elde edilmiş olmakta, yapılacak sorgu ve analizlere veri hazır hale getirilmiştir. Bu şekilde geçici katmanlarda tekrarlı olarak depolanmış yol verileri, konuma bağlı sorgulara hazır hale gelmiştir. İlk olarak en düşük hiyerarşik seviyedeki patikalar ele alınmıştır. Seçim sorgusunda her bir patika için 3.5.1.1'de açıklandığı şekilde konuma ve özniteliğe bağlı analiz yapılmış olup sonuç Şekil 4.3 ve 4.4'deki gibi olmuştur.



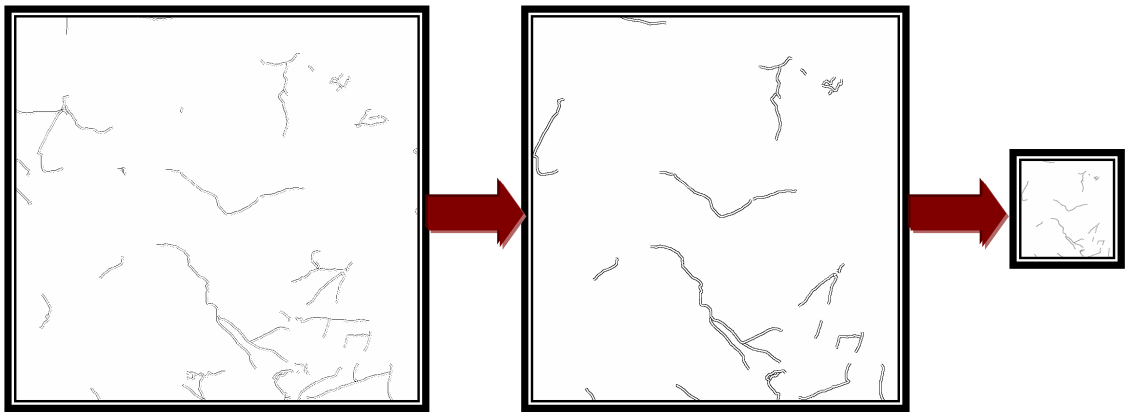
Şekil 4.3 Patikalarda Seçim İşlemi



Şekil 4.4 Patika Seçim Sonucu

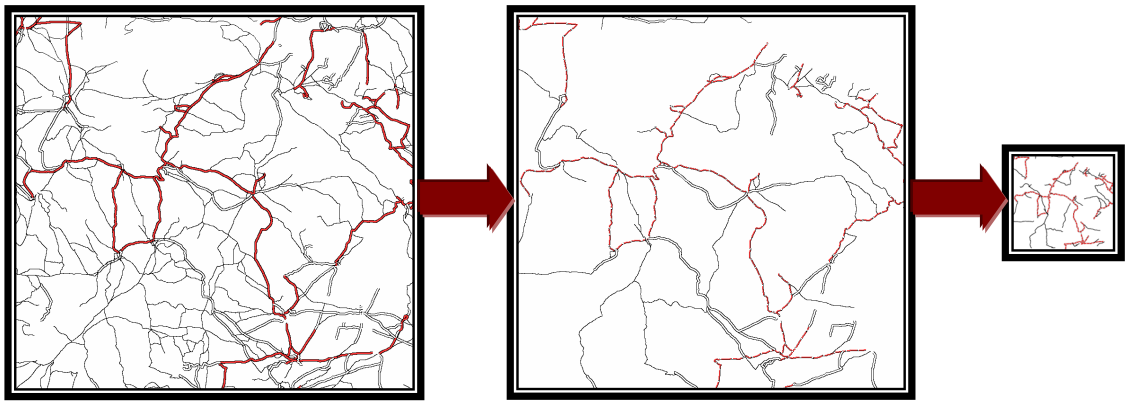
Yapılan seçim sonucu çalışılan bölgeye ait 221 adet alternatif patika güzergâhından 54 adedi seçilmiş ve diğerleri elenmiştir.

Benzer analiz alandaki 99 adet Yaz Araba Yolu güzergâhı için de yapılmış olup seçim kriteri olarak bir önceki aşamada seçilmiş olan patikalarla ve 2nci tip yollarla bağlantısı olan 39 farklı hat seçilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 YAY Seçimi

Seçimde kullanılan sorgulara yerleşim noktalarının yoğunluğu, yol uzunluğu kriteri, endüstri_nokta katmanındaki objelerin sıklığı gibi sorgular da eklenip seçim yapılabilir. Yukarıda anlatıldığı şeklide yapılan seçim/genelleştirme sonucunda çalışılan bölgede elde edilen görünüm şekilde olduğu gibidir (Şekil 4.6).



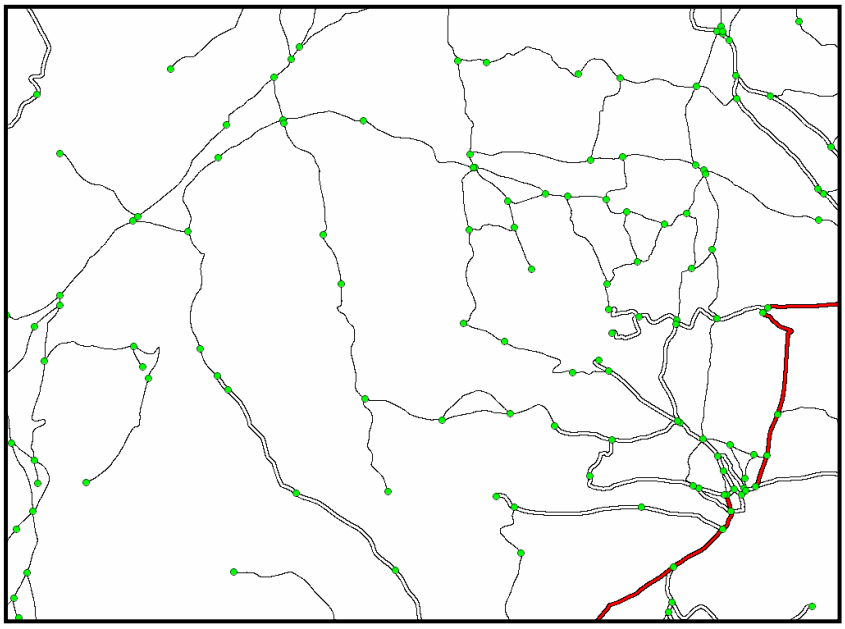
Şekil 4.6 Tekrarlı Veri ile Seçim Sonucu

Bu işlemlerden sonra yapılması gereken son iş de farklı katmanlara bölünen yol tiplerinin tek bir katmanda toplanarak yumuşatma, öteleme gibi diğer genelleştirme elemanlarının uygulanmasıdır. Özellikle pınar, ağıl gibi noktasal objelere ulaşım açısından önem taşıyan patika gibi yol tiplerinde tekrarlı veri kullanımı prensibi klasik genelleştirme ile benzer uygun sonuçlar vermiştir.

4.2.2. En iyi devamlılık prensibi ile seçim uygulaması

Kırsal alanlarda ulaşım ağı objelerine bütünlük kazandırmak ve yol hatlarının belirlenmesine diğer bir örnek de en iyi devamlılık prensibidir. Bunu başarmanın yolu da kavşak noktalarında açı değişimlerinin analizi, uzun yol hatlarının belirlenerek veri tabanının zenginleştirilmesidir. Aynı bölgede yapılan uygulamada yine *yol3* katmanında depolanan yol tipleri incelenmiştir.

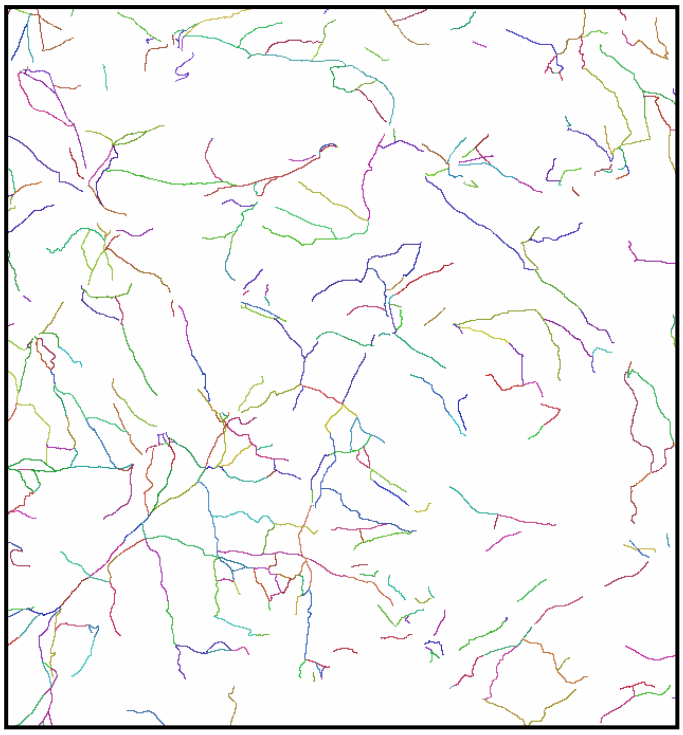
Yol3 katmanındaki yolların sonraki analizlere hazır hale getirilmesi için veri tabanının zenginleştirilmesi gerekmektedir. En iyi devamlılığı sağlamanın yollarından biri kavşak noktalarında açı değişiminin minimum olduğu yol hatlarının tespit edilmesidir. Bunun için ilk olarak kavşak noktalarında nokta katman oluşturulmuş ve yol3 katmanındaki verilerle ilişkilendirilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Yol3 Katmanı İçin Oluşturulan Kavşak Noktaları

Yol3 katmanında her bir yol parçası için başlangıç ve bitiş noktalarına ait koordinatlar olan *fnodex, fnodey, tnodex, tnodey* alanları oluşturularak ilgili nokta katmandan koordinatlar girilmiştir. Önceki bölümde anlatıldığı şekilde veri tabanında FNODE_ANGLE ve TNODE_ANGLE alanları açılarak her bir yol parçası için hesaplanmış ve girilmiştir. Bu aşamada yol hatlarının belirlenmesi için kavşak noktalarında her bir yol parçasının başlangıç ve bitiş kavşak noktalarında açı değişimi karşılaştırılmış ve bunun için yazılan kod çalıştırılmıştır. Kodun işleyişi bir 3. Bölümde açıklandığı gibidir.

Bu noktada komşu yol parçalarının, aynı hattın (devamlılığın) parçası olduklarını belirlemek amacıyla kullanılacak açı değerinin tespiti önem kazanmaktadır. Kırsal nitelikli alanlarda üçüncü yol kategorisindeki yolların yapısı düşünüldüğünde, genel olarak düzensiz ve kıvrımlı oldukları, küçük açı gruplarının hatları belirlemede başarısız olacağı düşünüldüğünden 30^{o} lik açı kriter olarak seçilmiştir. Bu şekilde oluşturulan KOMŞU alanı içine girilen hat numaraları ile oluşan yol durumu Şekil 4.8'de görünmektedir.



Şekil 4.8 Yol3 Katmanı İçinde Kavşaklar İçin Yol Hatları

Sonraki aşama örümcek diyagramları oluşturarak en yakın kritik nokta objelerle mesafelerin hesaplanarak yol3 veritabanının zenginleştirilmesidir. Bu kapsamda kırsal alanlarda önem taşıyan ağıl, mezar, çeşme, pınar gibi nokta objeler kritik noktalar belirlenmiş olup yol3 içindeki her bir kavşak için bu noktalara örümcek diyagramları oluşturulmuştur. Hesaplamada her bir kavşak için en yakın 10 adet kritik nokta alınarak diyagram sınırlandırılmıştır. Bunun sebebi yol ile ilişkilendirilemeyecek uzaklıktaki noktaların hesaba dâhil edilmemesi ve veritabanını gereksiz fazla alanlardan kurtarmaktır.

Örümcek diyagramı sonucu her bir kavşak noktası için onar adet nokta ID numarası ve onar adet doğrusal mesafeden oluşan matris elde edilmiştir. Tablo 4.3'de kesiti görülen matriste DIST alanı en yakın noktadan başlamak üzere kritik noktaya metre cinsinden mesafeyi, TUID alanı ise en yakın noktadan başlamak üzere her bir noktanın obje ID numarasını tutmaktadır.

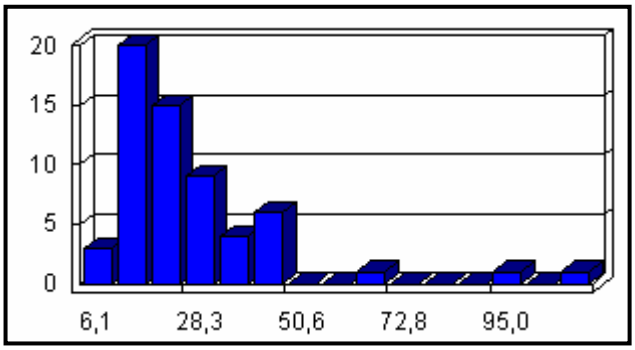
Tablo 4.3 Örümcek Diyagramı Verisi

DIST1	TUID1	DIST2	TUID2	DIST3	TUID3	DIST4	TUID4	DIST5	TUID5	DIST6	TUID6
2467,209076	352	2618,558527	338	2788,571644	365	3126,756922	715	3289,648363	339	3292,744102	371
554,595480	211	1101,87407	339	1208,648574	353	1290,251156	355	1350,366478	212	1393,076197	364
743,922578	357	841,172614	161	854,182310	358	1031,305854	207	1081,624789	160	1116,101416	386
129,787150	369	257,810594	214	411,970688	362	615,780386	156	882,812567	360	985,588292	359
1190,816462	169	1414,851757	155	1430,820096	423	1439,728157	431	1457,132783	432	1540,826613	427
386,426295	401	452,581689	295	1272,491346	399	1468,119261	60	1497,079804	296	1504,372536	294
162,074718	429	212,670901	413	335,218954	430	407,240125	438	438,170057	414	533,114361	428
141,284730	429	181,468862	413	378,816813	430	411,215501	438	463,782777	428	492,984751	414
135,453931	465	443,299064	303	445,808180	292	726,828289	468	746,016061	457	793,345254	293
502,004795	273	795,401631	272	854,114259	483	859,680624	469	1134,829901	454	1141,572331	468
256,962663	484	305,760262	485	781,296406	483	1088,946209	486	1414,46587	540	1801,066832	539
334,298300	216	750,308512	215	1044,736374	533	1199,072594	275	1318,936541	219	1329,446104	482
409,295704	217	566,044033	218	817,995839	322	844,677617	512	931,360383	521	1033,286293	249
220,515362	512	420,987231	247	856,082502	249	864,896507	521	990,139804	217	1169,150307	218
351,163087	520	835,992664	521	869,458631	244	958,738503	249	1127,615845	322	1180,534821	217
338,286338	539	667,165143	540	947,481395	228	993,081792	554	1060,972309	556	1124,724961	248
377,000129	244	640,906312	561	993,195177	520	1003,063204	560	1061,866853	542	1120,589705	245
353,970278	561	708,590343	560	764,209663	244	1016,745391	584	1279,136086	564	1333,884598	263
201,106754	584	495,684001	561	858,143084	21	899,233810	222	1024,246995	585	1188,443399	592
113,096249	262	477,741926	263	625,986379	595	632,154458	564	1072,326473	559	1093,936515	560
214,982379	592	358,143999	585	752,682771	21	1151,568103	626	1227,512379	584	1475,44098	627
1178,339748	262	1435,405486	595	1526,046243	20	1567,723833	263	1625,623813	192	1658,920341	564
270,732101	608	296,047663	617	728,443194	307	729,049683	192	1274,526226	308	1298,439534	20
658,223550	82	697,035039	189	718,337912	190	952,301004	195	967,979185	193	1481,837999	81
155,417645	415	210,720345	416	458,413184	423	537,255513	427	579,684926	432	1126,672509	406
601,034849	480	710,933580	279	960,860826	280	1005,153871	281	1057,897363	491	1061,668734	506
630,765883	480	714,404743	279	989,349449	280	1028,339206	491	1037,52358	281	1048,268419	506
233,903919	488	520,84861	320	664,824967	494	775,542899	519	877,875974	511	897,183715	500
446,814482	538	665,474733	508	725,737319	493	745,203951	492	775,129228	503	792,155435	507
427,003595	533	534,413462	215	709,328679	216	890,207936	530	971,936145	535	1060,20998	245
141,313480	506	732,064681	529	848,330722	526	943,463950	527	969,300341	514	1021,348983	251
561,425093	525	561,995873	524	665,593532	495	676,452299	548	858,726450	226	890,791481	528
165,940760	529	167,655307	526	265,427464	527	433,563860	514	660,719586	501	671,573570	513
439,733720	517	503,231390	516	521,729360	509	559,161112	510	694,047715	498	842,161041	490
352,271513	529	563,674251	251	573,666793	526	622,059019	553	661,414298	527	684,633505	506

Matris, kavşak noktaları katmanı veritabanına ihraç edilmesiyle yol3 verisi zenginleştirilmiş, hem en iyi devamlılık bilgisini hem de en yakın kritik nokta objelere mesafeleri barındırdığından analizlere hazır hale gelmiştir. Seçim ve eleme öncesi ağırlıklandırma hesabının yapılabilmesi için tabloda AGIRLIK adlı yeni bir alan oluşturulmuştur. Yakın mesafeli noktaların ağırlıklarının fazla olması istendiğinden ve ondalıkları azaltmak amacıyla mesafelerin tersi alınarak bir katsayı ile çarpılmıştır. Ağırlıklandırma işlemi kavşaklarla noktalar arasındaki mesafelerin ağırlıklı ortalamasını almak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Bunda amaç yakın çevresinde birden fazla kritik nokta obje olan kavşakların yüksek ağırlıklı olmasının sağlanmasıdır. Sonuç olarak AGIRLIK alanı içeriği aşağıdaki formül ile hesaplanarak girilmiştir:

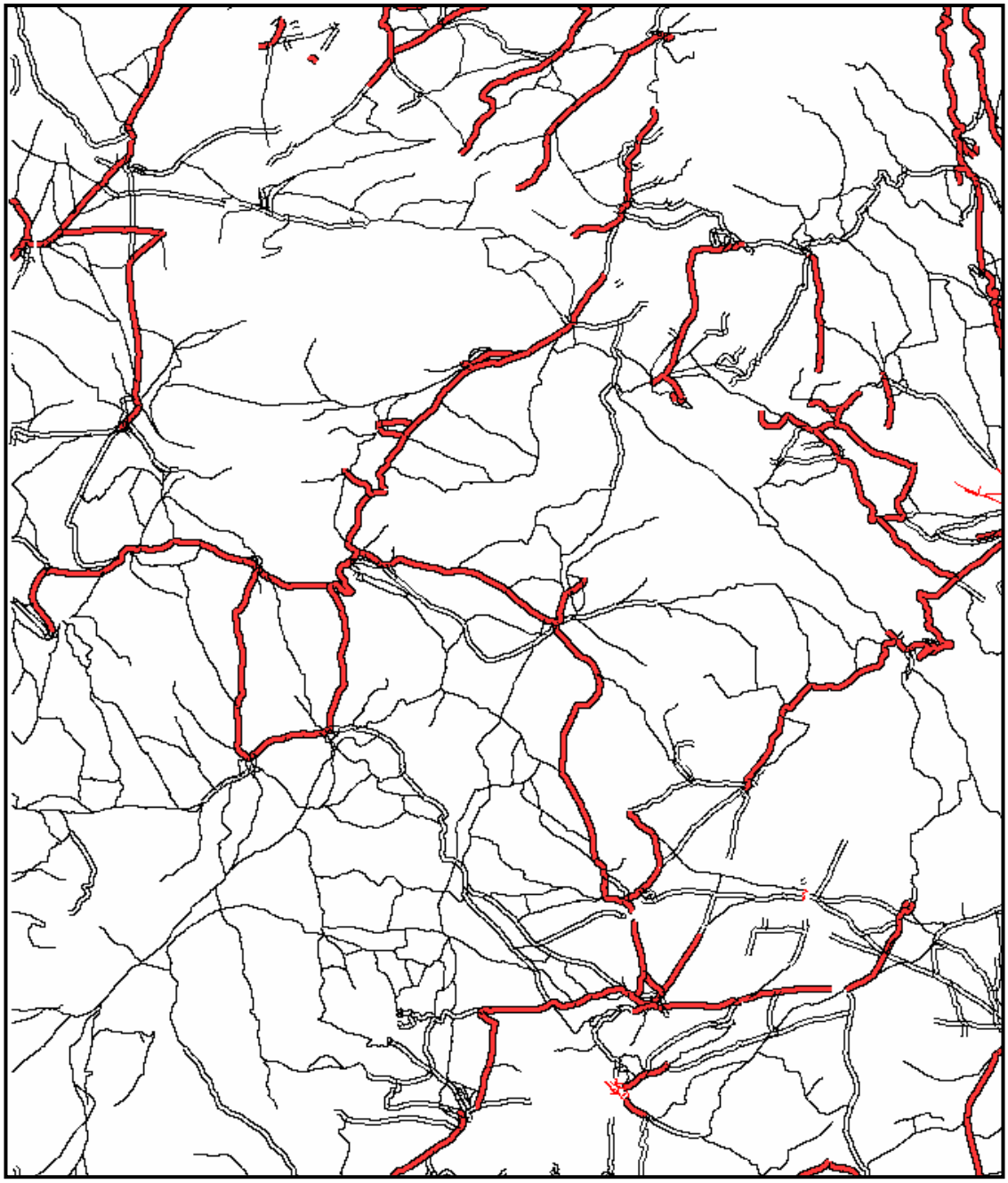
$$\boldsymbol{AGIRLIK} = 1.000.000 \times \frac{1}{DIST1 \times 10 + DIST2 \times 9 + ...DIST9 \times 2 + DIST10 \times 1}$$

Bu şekilde, en yakın noktaya olan mesafenin ağırlığı daha fazla, en uzak noktaya olan mesafenin ağırlığı ve seçime etkisi en aza indirilmiştir. Ağırlığı belli bir eşik değerinden büyük olan yolu barındıran hatların seçimi ile yol3 veri seti içinde seçme ve eleme gerçekleştirilmiştir. Tabloda ağırlık değerlerinin 6.12 ile 114.25 arasında değiştiği gözlenmiştir. Anlaşılacağı üzere büyük ağırlığa sahip noktaya ait tablo satırı incelendiğinde 6 adet kritik noktaya 200 m.den daha yakın olduğu görülmektedir. Ağırlıkların ortalaması 29.6 ve standart sapması 18.25 olup frekans dağılımı Şekil 4.9'da sunulmuştur.



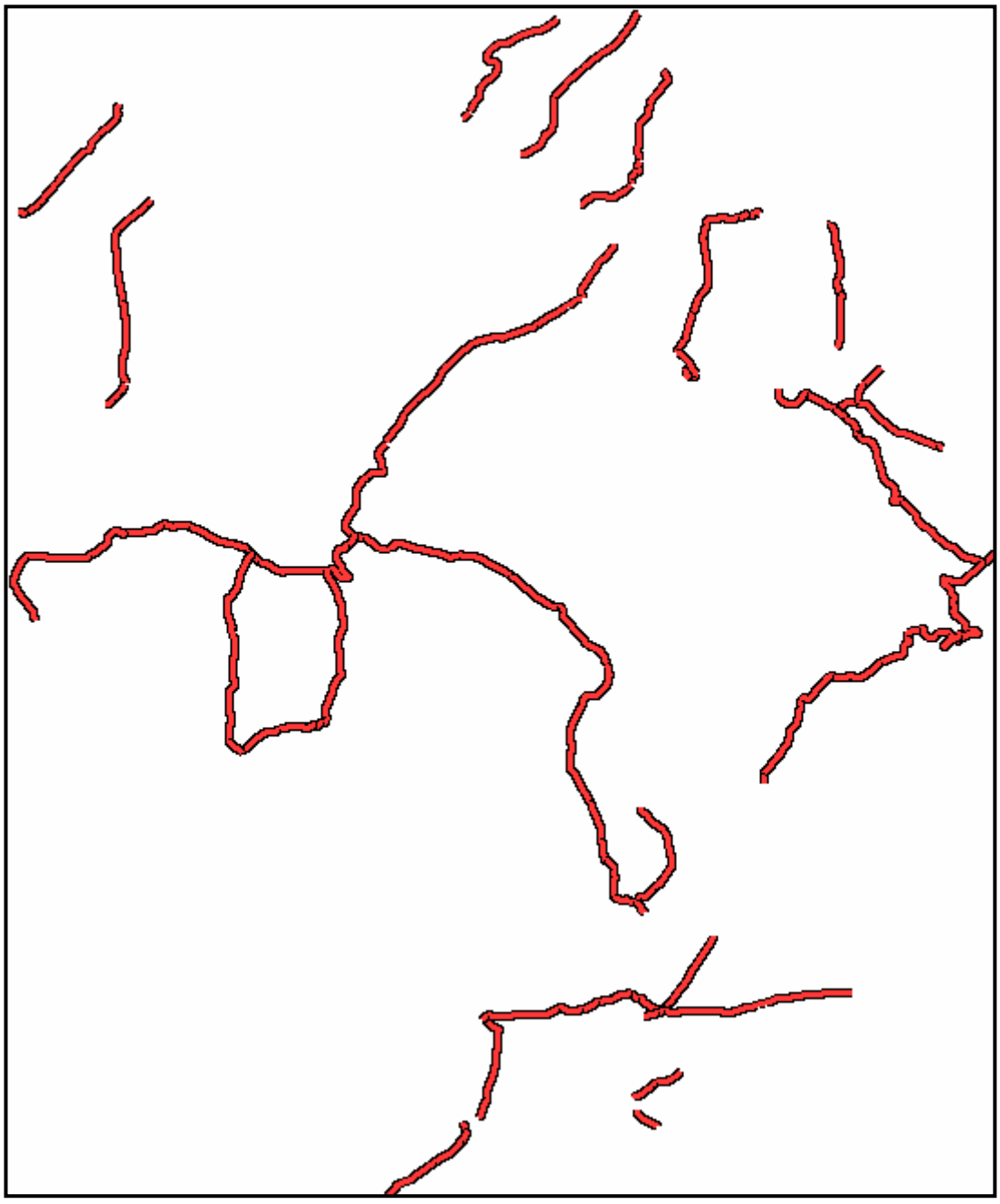
Şekil 4.9 Ağırlıkların Frekans Dağılımı

En iyi devamlılık ile yol hatları belirlenmiş ve ağırlıklandırılmış yol verisi seçim ve eleme işlemi için hazır hale gelmiştir. Seçim öncesi yollar 1:100 000 ölçeğinde Şekil 4.10'da görülmektedir.



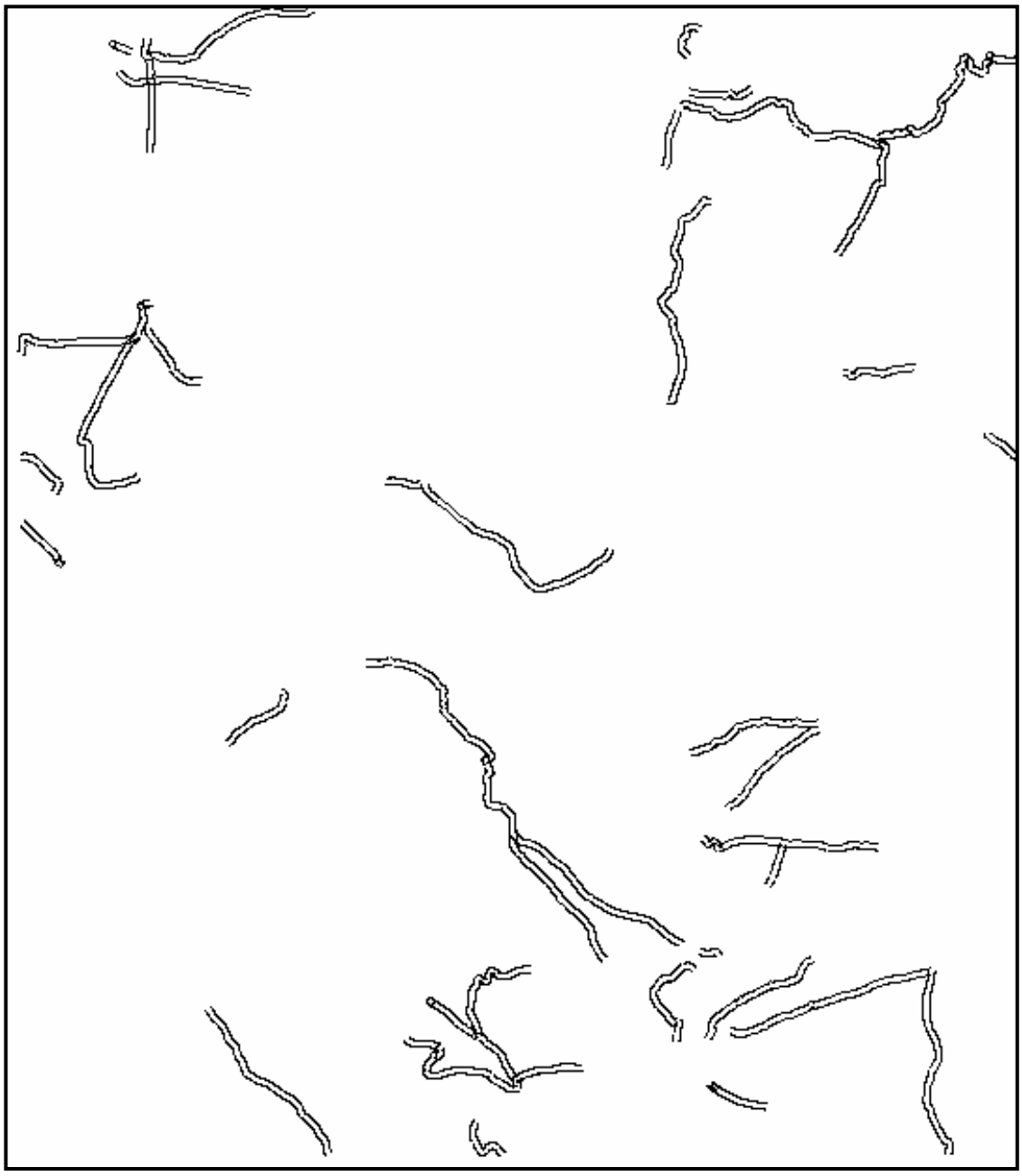
Şekil 4.10 Seçim Öncesi Görünüm

Seçim işlemi daimi araç yolları ile başlamış olup yerleşim içi yollara bağlantısı olan, en iyi devamlılığa sahip (aynı uzun hatta olan) ve ağırlığı 20 değerinden fazla olan yollar seçilmiştir. Daimi araç yolları kırsal alanlarda kentleri birbirine bağlayan önemli yollardan olduğundan sadece kısa ve az ağırlıklı olanlar elenmiştir (Şekil 4.11).



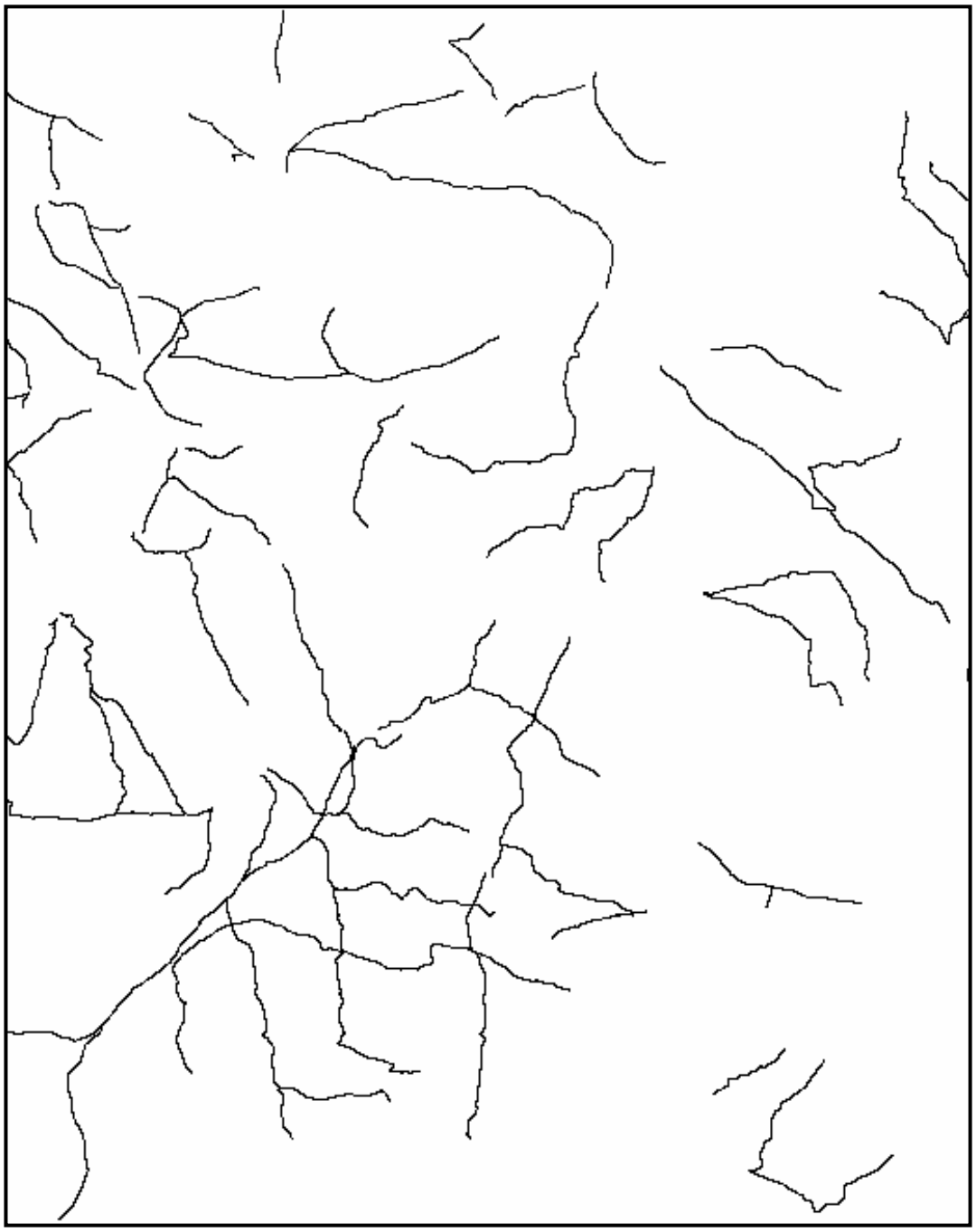
Şekil 4.11 Seçilen Daimi Araç Yolları

Yol3 veri setinde sıradaki hiyerarşik seviyede olan yaz araba yolları için seçimde yerleşim yeri veya seçilmiş daimi araç yollarına bağlantısı olması, aynı hat üzerinde olması ve ağırlığı 30'dan fazla olması kuralları gözetilmiş olup sonuç Şekil 4.12'de sunulduğu gibi olmuştur.

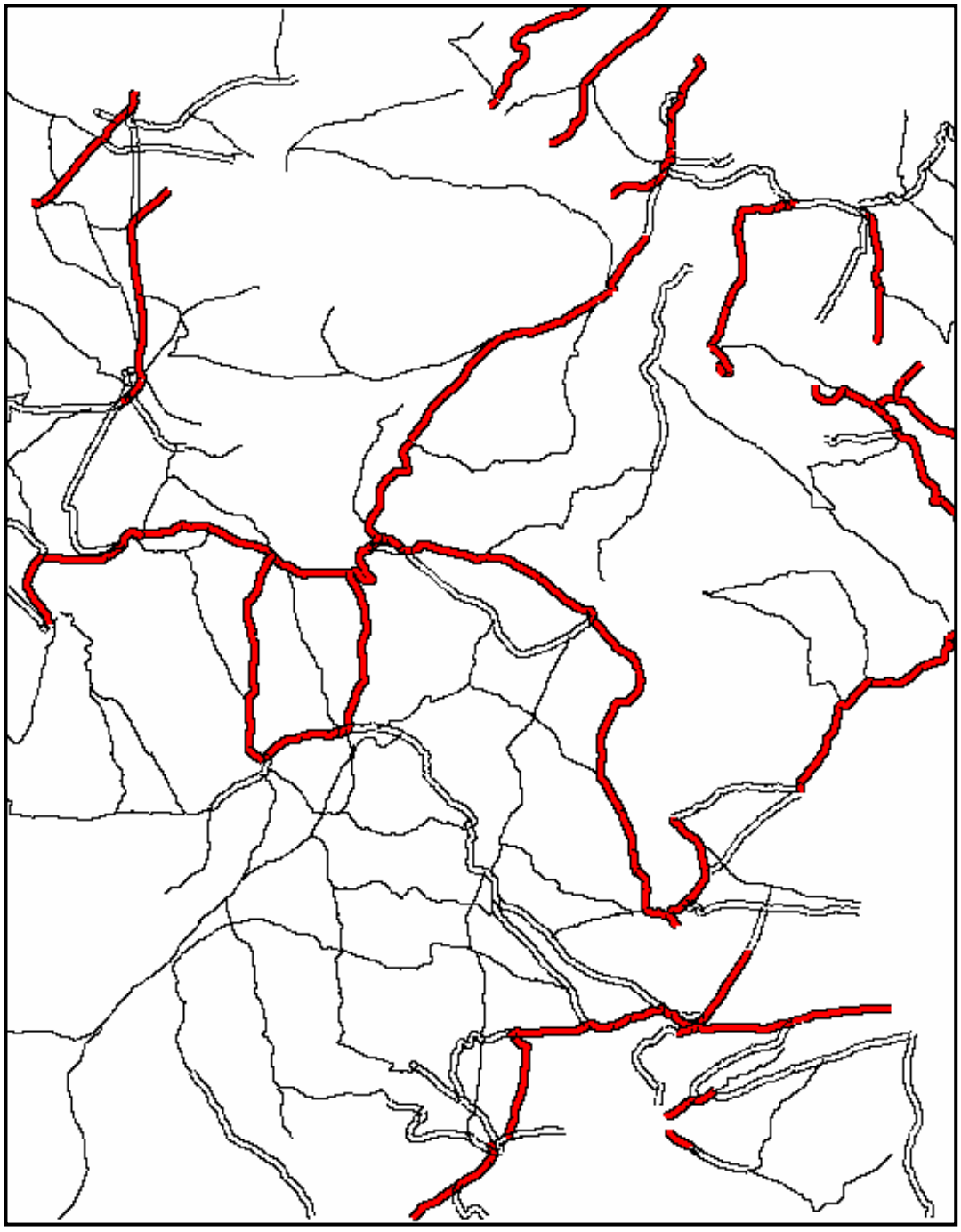


Şekil 4.12 Seçilen Yaz Araba Yolları

Patikalar için de seçimde daimi ve yaz araba yollarına bağlantı, en iyi devamlılık prensibi ve ağırlığı 80'den büyük olma gibi kriterler göz önünde bulundurularak yapılan seçim Şekil 4.13'de, genel seçim sonucu ise Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



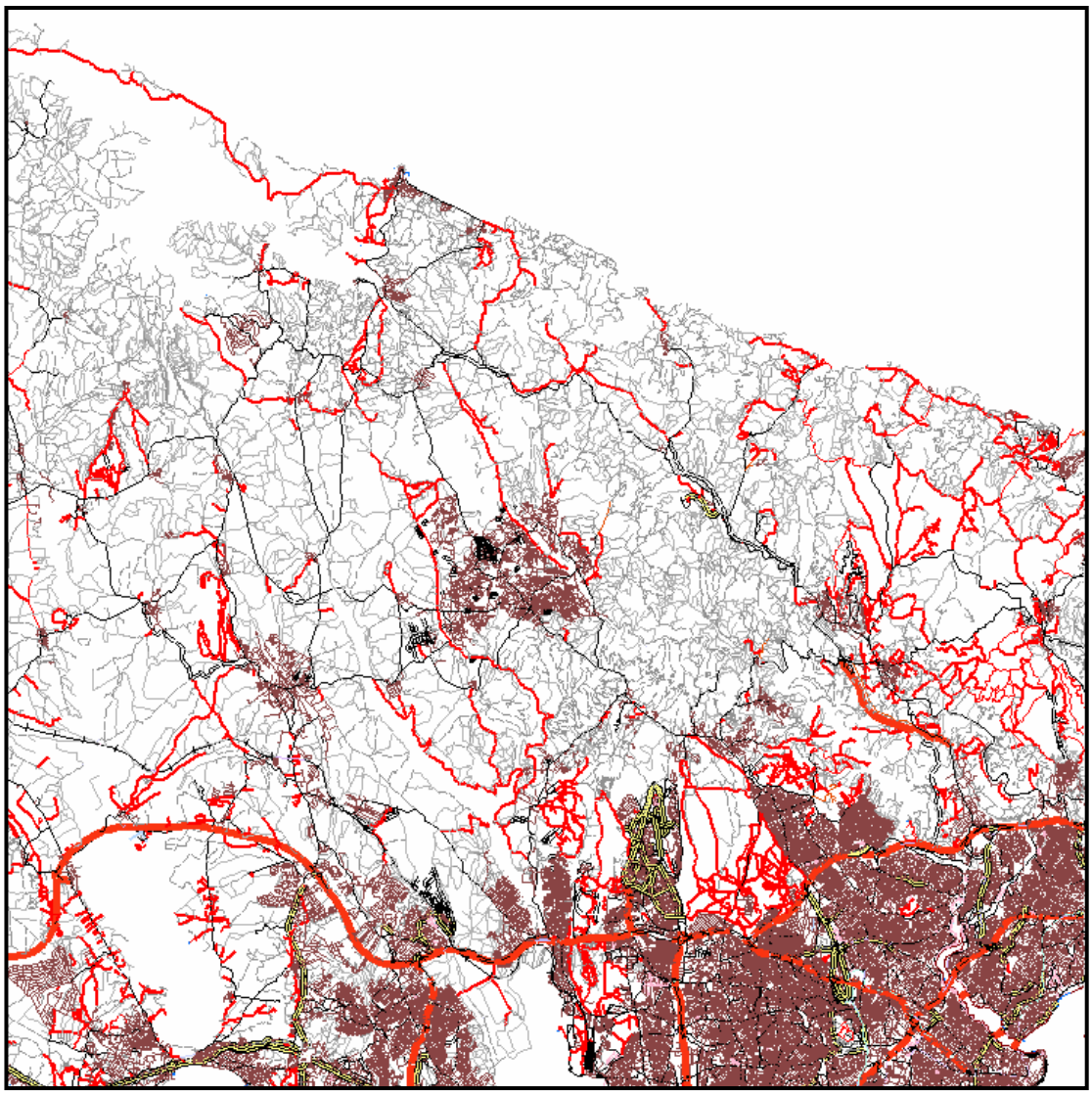
Şekil 4.13 Seçilen Patikalar



Şekil 4.14 Genel Seçim Sonucu

4.3. Kentsel Nitelikli Alanlarda Uygulama

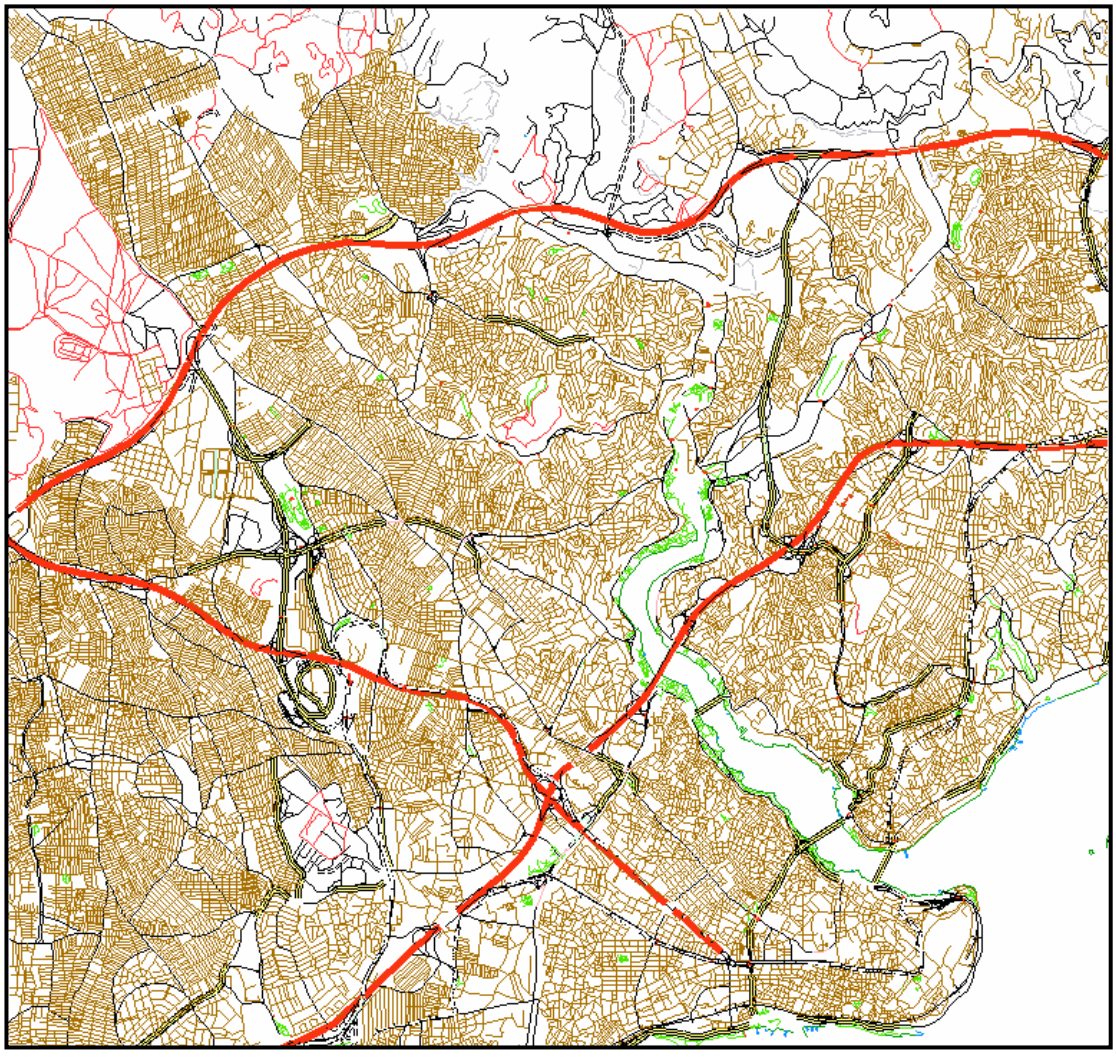
Yerleşim alanlarında ise yolların seçimi ve elenmesi yukarıda anlatılanlardan farklılık arz ettiği daha önce belirtilmişti. Kentsel nitelikli alanlarda seçim ve elemenin başarısı, genel ağ karakteristiğini belirleyen uzun yol (sokak) hatlarının doğru belirlenmesine bağlıdır. Uygulamanın bu aşamasında yerleşim içi yolların genelleştirmesi için 1:100 000 ölçekli İstanbul F21 paftasını oluşturan 1:25 000 ölçekli veri seti seçilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 İstanbul F21 Pafta Alanı

Seçilen bölgede toplam 13.069.537 m. yol bulunmakta olup bunların %47,7'si (6.231 km.) yerleşim içi yol tipindedir (Tablo 6.6).

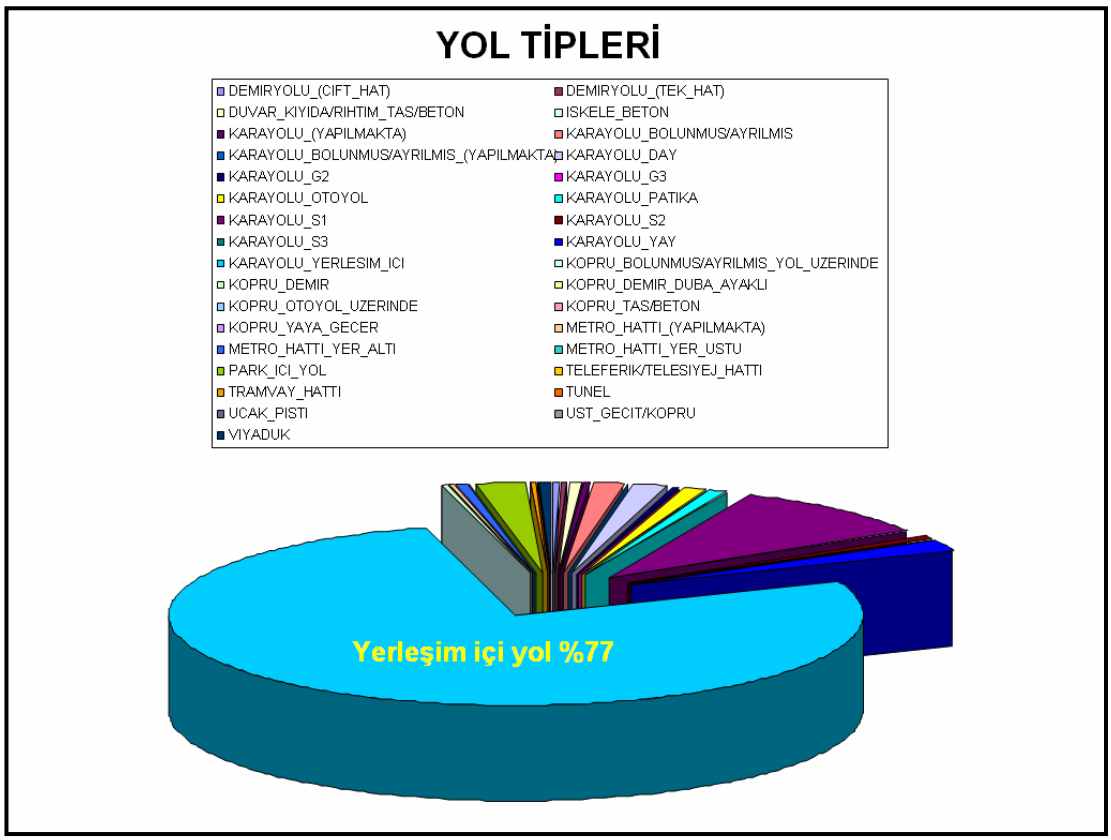
Bölgenin hemen her tip yolu barındırma özelliği tablodan da açıkça görülmektedir. Ancak yerleşim dışı alanlarda yolların seçimi önceki bölümlerde açıklandığı için burada sadece yerleşimin iskeletini oluşturan sokak ve cadde ağı üzerinde durulacaktır. Bu amaçla F21 paftasının güneydoğusuna denk gelen ve yoğun yerleşim alanlarını içeren 202 km^2 lik bir bölge veriden çekilmiştir (Şekil 4.16). Çalışma bölgesi; güneyde tarihi yarımadadan kuzeyde Çevreyoluna, doğuda Tophane'den batıda Güngören'e kadar olan bir alanı içine almaktadır.



Şekil 4.16 Çalışma Bölgesi

Çalışma bölgesinde ulaşım ağı, toplam 46.234 adet yol segmentinin oluşturduğu 3746 km.den meydana gelmektedir. Ağın %77'sini (2891 km.) uygulamanın bu aşamasının odağında olan yerleşim içi yollar meydana getirmektedir (Şekil 6.20). Bunu %10 ile S1 tipi yollar, %2 ile park içi yollar, %1,8 ile Yaz Araba Yolları, %1,7 ile Daimi Araç Yolları, %1,4 ile Bölünmüş Yolar ve %1 ile Otoyollar takip etmektedir. Demiryollarının toplam oranı ise %0,5'i geçmemektedir (Şekil 4.17).

Yukarıdaki oranlar dikkate alındığında, bölge; yerleşim içi yol tipinin seçim ve eleme algoritmalarının uygulanması uygun olduğu açıkça görülebilmektedir. Burada amaç 1:25 000 ölçeğinden 1:50 000 ve 1:100 000 ölçeklerinde genelleştirme ile harita üretiminde şehir içi yol ağının genel yapısını kullanıcıya en iyi bir şekilde sunmak, sonuç üründe karmaşıklığa yol açmadan ve estetiği koruyarak yerleşim içi yol tipinin seçimini gerçekleştirmektir.



Şekil 4.17 Çalışma Bölgesindeki Yolların Dağılımı

Daha önce açıklanmış olan ulaşım ağı hiyerarşisi ve buna bağlı öncelikli kavramsal gruplandırma bu aşamada da uygulanmıştır. Öncelikle seçme/elemeye tabi tutulmayacak olan demiryolları, tramvay hatları ve metro hatları Birinci Grubu oluşturmuş, bu kapsama giren tüm veri çekilerek ilgili katman oluşturulmuştur. Bu kategoriyi oluşturan yol tipleri çalışma bölgesinde toplam 52 km. uzunluğunda olup tipleri Tablo 4.4'de görünmektedir.

Tablo 4.4 Çalışma Bölgesindeki Birinci Grup Yol Tipleri

OBJE ADI	OBJE SAYISI	OBJE UZUNLUĞU
DEMIRYOLU_(CIFT_HAT)	36	8,179.65 m.
DEMIRYOLU_(TEK_HAT)	50	9,519.71 m.
METRO_HATTI_(YAPILMAKTA)	4	405.12 m.
METRO_HATTI_YER_ALTI	144	21,902.47 m.
METRO_HATTI_YER_USTU	3	1,441.31 m.
TRAMVAY_HATTI	58	10,522.40 m.
TOPLAM	**295**	**51,970.66 m.**

İkinci Grubun teşkilinde de önerilen hiyerarşik sıralama aynen uygulanmış olup bölgede toplam uzunlukları 534 km.'yi bulan 16 tip yol ana veriden çekilerek ayrı katman olarak projeye eklenmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 Çalışma Bölgesindeki İkinci Grup Yol Tipleri

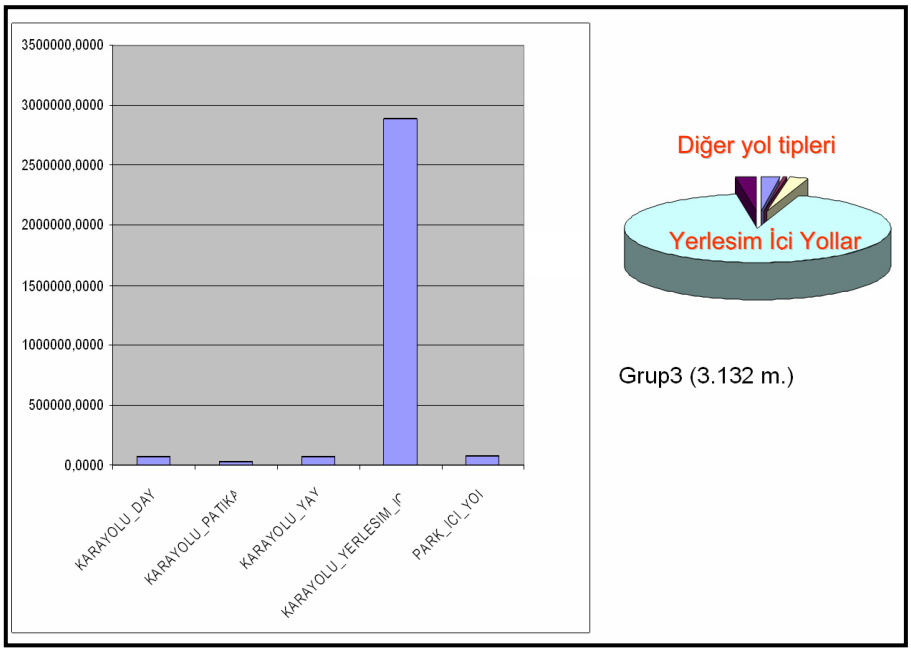
OBJE ADI	OBJE SAYISI	OBJE UZUNLUĞU
KARAYOLU_(YAPILMAKTA)	63	10,965.10 m.
KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS	480	52,190.74 m.
KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS_(YAPILMAKTA)	3	887.69 m.
KARAYOLU_G2	8	2,821.79 m.
KARAYOLU_G3	41	7,037.73 m.
KARAYOLU_OTOYOL	194	40,564.70 m.
KARAYOLU_S1	4501	370,397.38 m.
KARAYOLU_S2	117	13,065.85 m.
KARAYOLU_S3	18	2,767.85 m.
KOPRU_BOLUNMUS/AYRILMIS_YOL_UZERINDE	29	886.30 m.
KOPRU_DEMIR	17	464.54 m.
KOPRU_DEMIR_DUBA_AYAKLI	5	1,753.40 m.
KOPRU_OTOYOL_UZERINDE	30	920.38 m.
KOPRU_TAS/BETON	148	4,369.33 m.
KOPRU_YAYA_GECER	134	3,219.38 m.
UCAK_PISTI	7	1,219.09 m.
VIYADUK	163	20,550.99 m.
TOPLAM	**5958**	534,082.23 m.

Birinci ve ikinci grup yolların ana veriden çekilmesini müteakip, kalan Daimi Araç Yolu, Yaz Araba yolu, Patika, Yerleşim İçi Yolar ve Park İçi Yolardan oluşan toplam 3132 km.lik çizgisel veri üçüncü grup yol kategorisini oluşturmuştur (Şekil 4.18).

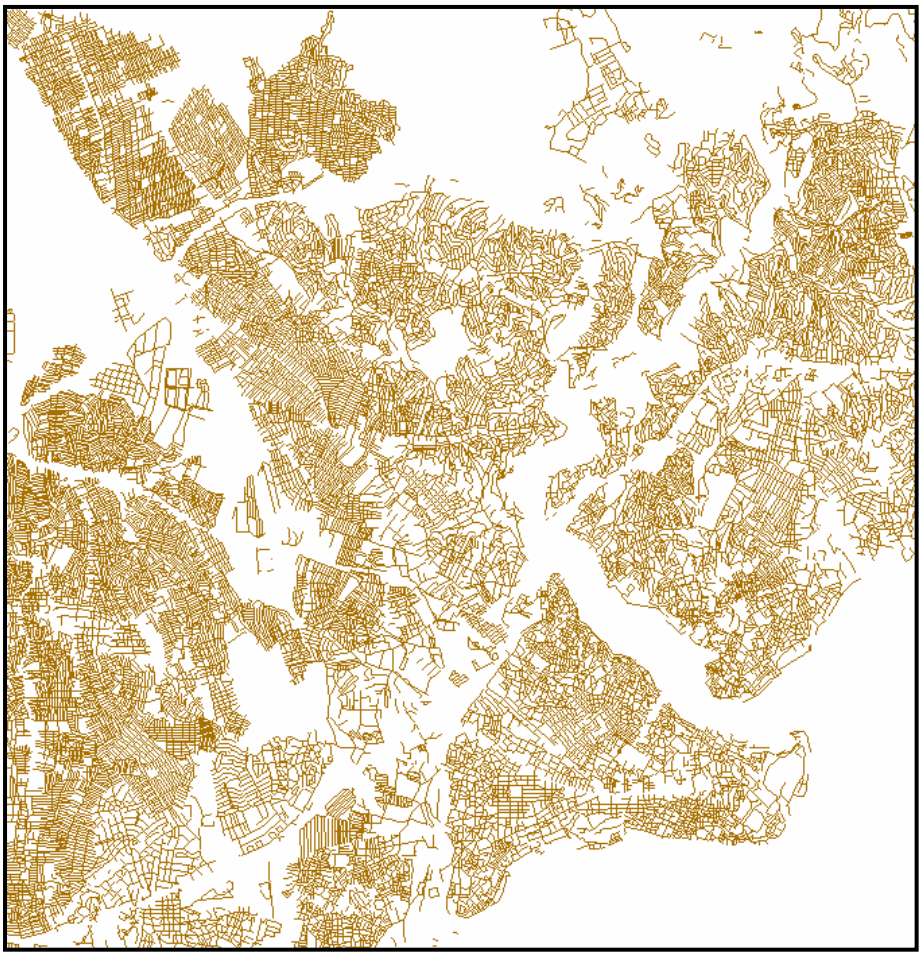


Şekil 4.18 Çalışma Bölgesindeki Üçüncü Grup Yollar

Veri incelendiğinde; üçüncü grup yolların çok büyük bölümünün yerleşim içi yol tipinde olduğu açıkça görülmektedir (Şekil 4.19). Gerek uygulamanın amacının yerleşim içi yollar olması ve gerekse seçim/eleme esnasında doğrudan elenmelerinden dolayı, çalışma bölgesindeki DAY, YAY, Patika ve Park içi yollar elenerek veriye nihai şekli verilmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.19 Üçüncü Grup Yolların dağılımı



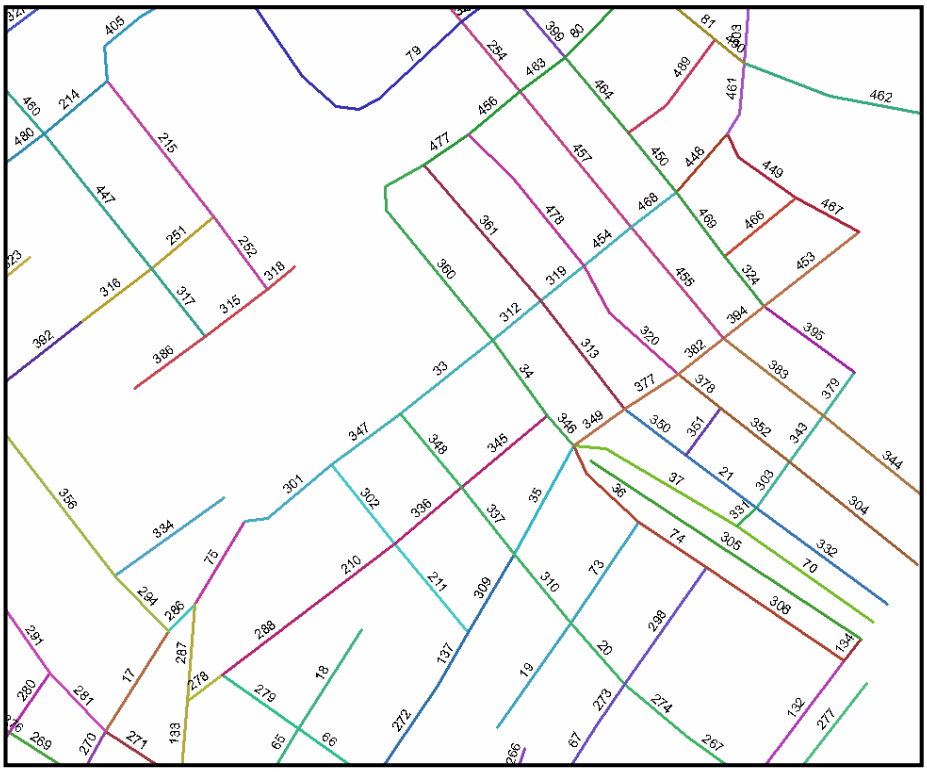
Şekil 4.20 Çalışma Bölgesindeki Yerleşim İçi Yollar

Veri sonraki işlemler için hazır hale getirildikten ve yerleşim içi yol kategorisi ayrı bir katmanda toplandıktan sonra veri tabanı zenginleştirme işlemleri başlamıştır. İlk olarak daha önce anlatıldığı gibi her bir kavşakta nokta katman oluşturulmuştur. Toplam 26498 adet noktaya ait katmanda her bir kavşak noktası için X ve Y koordinatları bulunup veritabanına girilmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Kavşak Noktalarında Oluşturulan Nokta Katman

Yine daha önceden açıklandığı üzere, en iyi devamlılığın araştırılması ve yol hatlarının belirlenmesi için koordinatları bilinen her bir kavşak noktasında her bir yol parçası için FNODE_ANGLE ve TNODE_ANGLE değerleri hesaplanarak veri tabanına girilmiştir. Kavşak noktalarında açı değişiminin (her bir kavşak için komşu iki yol parçasına ait FNODE_ANGLE ve TNODE_ANGLE farkı) minimum olduğu durumlar belirlenerek devamlılık arz eden hatlar belirlenmiştir. Burada kentsel alan da çalışma yapıldığından ve sokakların yerleşim dışındaki yollara oranla daha düzgün ve doğrusal olduklarından 15° gibi bir fark değerinin en uygun devamlılığı verdiği belirlenmiş, açı farkı kriteri olarak bu rakam seçilmiştir. Bu şekilde veri tabanında yeni oluşturulan KOMSU alanına bir hat numarası atanmıştır (Şekil 4.22). Tüm bu işlemler ArcGIS ara yüzü özelleştirilmek suretiyle eklenen düğmeye bağlı çalışan VB kodu ile otomatik olarak yaptırılmıştır.



Şekil 4.22 Yol Hatları

Hatları belirlenmiş yol ağı veritabanı özetlendiğinde her bir yol hattı için yol parçacığı sayısı ve toplam uzunluk elde edilmiştir (Tablo 4.6). Her iki tabloda ortak alan olan KOMSU alanı baz alınarak tablolar birleştirilmek suretiyle hatların uzunlukları, yeni oluşturulan HAT_UZUN alanına ihraç edilmiştir (Tablo 4.7).

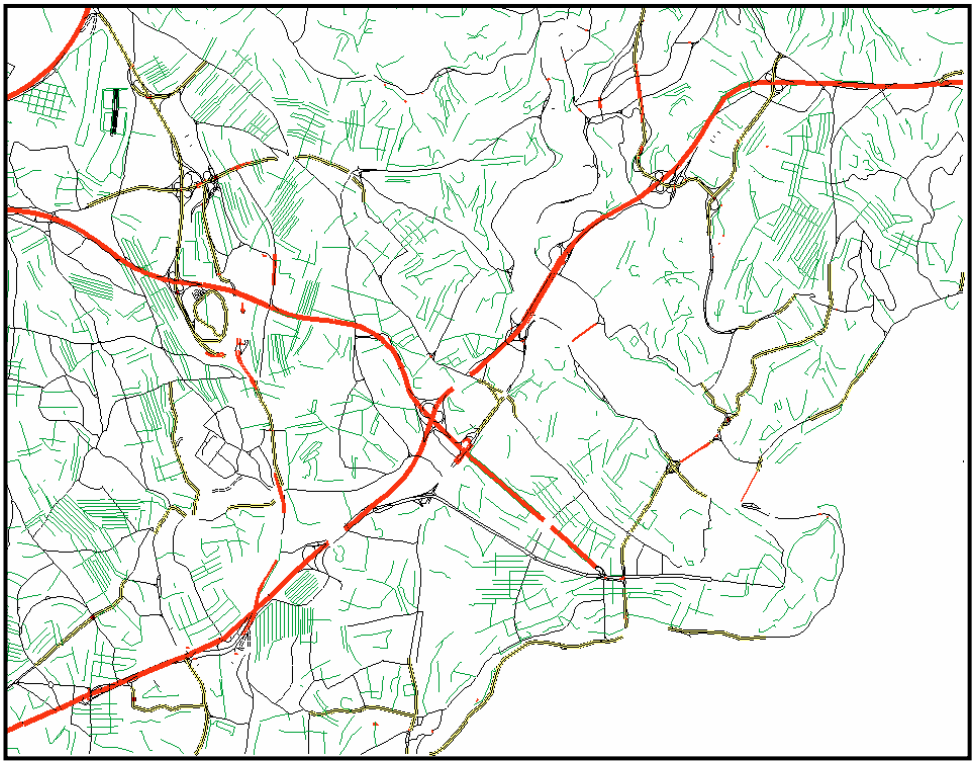
Tablo 4.6 Özet Tablosu Kesiti

	OID	KOMSU	Count_KOMSU	Sum_Shape_Length
	0	0	54	3358,3456
	1	1	3	256,851
	2	2	4	155,815
	3	3	1	247,851
	4	4	3	174,2135
	5	5	6	395,5694
	6	6	3	173,4116
	7	7	2	49,8695
	8	8	4	230,137
	9	9	3	192,8503

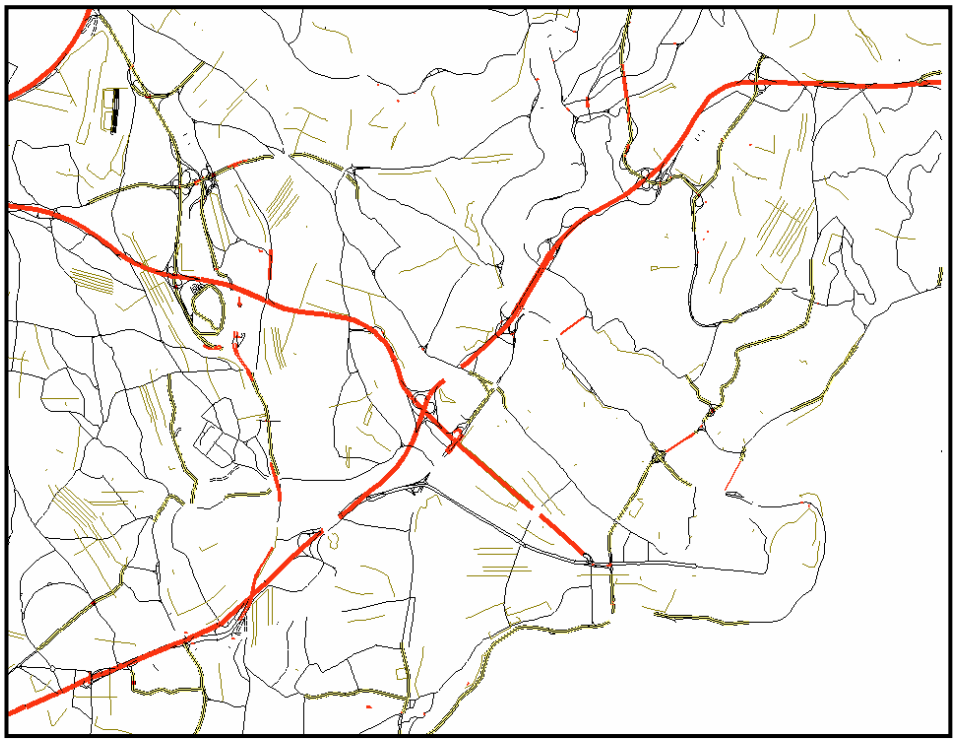
Tablo 4.7 Hesaplanmış Hat Uzunlukları Veri Tabanı Kesiti

	ET_FNode	ET_TNode	ACI	FNODE_ANGLE	TNODE_ANGLE	KOMSU	HAT_UZUN
▶	0	1	-28,9814	-28,981417	-28,981417	1	256,851
	2	3	55,9282	55,928155	55,928155	2	155,815
	3	4	-41,3284	-41,328367	-41,328367	3	247,851
	5	6	-40,2852	-40,285213	-40,285213	4	174,2135
	7	8	58,2958	69,487690	57,024793	5	395,5694
	8	9	-30,6269	-30,626898	-30,626898	6	173,4116
	10	5	-8,98351	-8,983501	-8,983501	7	49,8695
	11	12	62,166	70,243649	57,121378	8	230,137
	12	13	-30,8065	-36,586223	-16,413186	9	192,8503
	14	15	24,3669	-155,633062	-155,633062	10	27,6093
	16	17	-35,5385	-35,538471	-35,538471	11	179,1276
	18	14	-39,6521	99,875016	178,973864	12	92,105
	19	20	61,7972	61,797180	61,797180	13	257,4123
	1	21	73,7339	73,733892	73,733892	14	306,1014

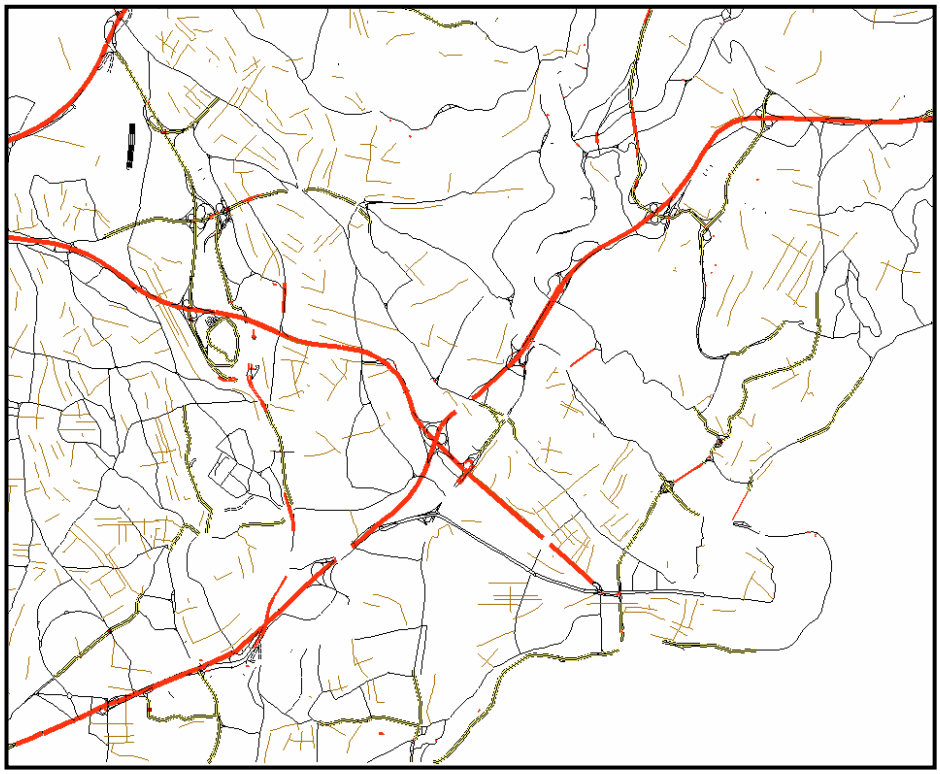
Mevcut parametrelerle (15° lik açı farkı ile) toplam 20.134 adet hat elde edilmiş olup bunlar arasından belli bir hat uzunluğu kriterlerine göre seçim/eleme yapılmıştır. Uzunluğu 300 m.den büyük cadde/sokak hatları Şekil 4.23'de, 500 m.den uzun hatlar Şekil 4.24'de ve 5'ten fazla kavşak noktasından oluşan hatlar da Şekil 4.25'de görünmektedir.



Şekil 4.23 300 m.'den Uzun Yol Hatları



Şekil 4.24 500 m.'den Uzun Yol Hatları



Şekil 4.25 5'den Fazla Kavşak Noktası Barındıran Yol Hatları

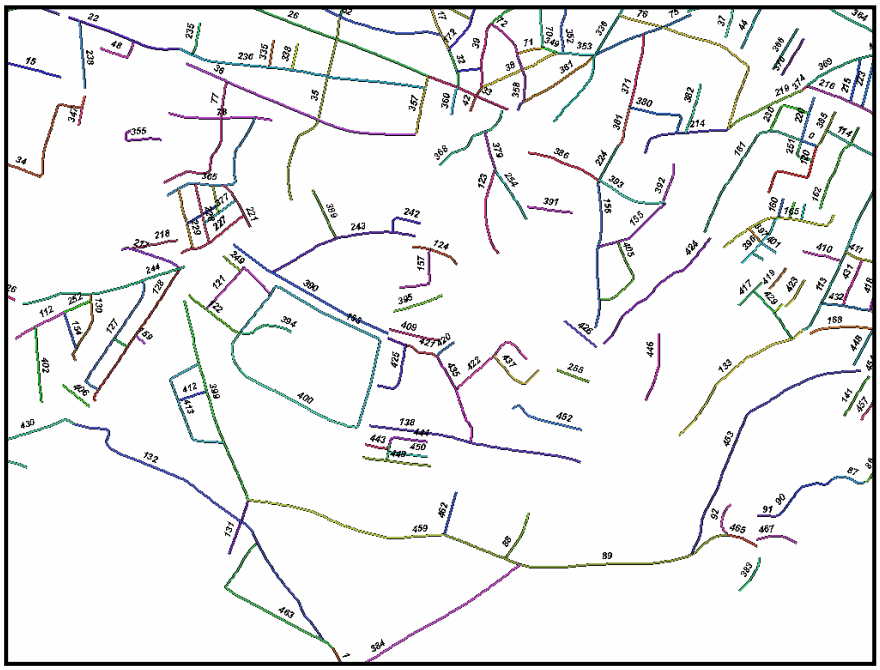
Benzer çalışma bu sefer Yerleşim içi yol grubunun daha az yoğun olduğu J50 paftası bölgesindeki Erciş şehir merkezi için uygulanmıştır. Seçilen bölgede bu kategoride 161.4 km.yi bulan 838 adet yol parçacığı mevcuttur (Şekil 4.26).



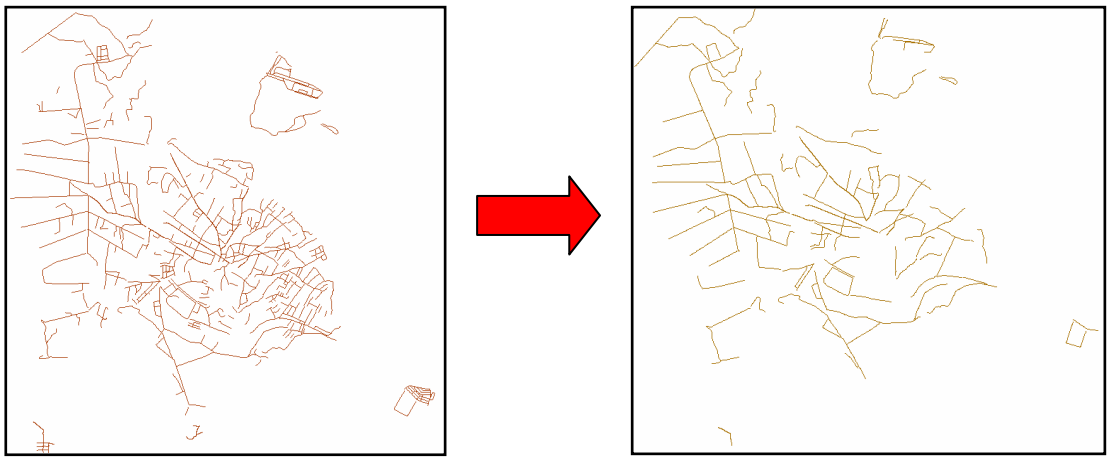
Şekil 4.26 Erciş Şehir Merkezindeki Yerleşim İçi Yollar

Bu veri setinden yararla her bir kavşak noktası için yeni bir nokta katman oluşturulmuş ve veritabanına X ve Y koordinatları girilmiştir. Bu nokta katman, yol verisi ile ilişkilendirilerek, daha önce de yapıldığı gibi, her bir yol parçacığı için fnodex, fnodey, tnodex, tnodey koordinat çiftleri hesaplanmış, bundan yararla her bir yol segmenti için başlangıç be bitiş node'larındaki açı değerleri elde edilmiştir. Yazılan kod çalıştırılarak KOMŞU alanına aynı doğrultudaki yollara ait ortak bir sayı girişi sağlanmış olup yolun kavramsal gruplandırılması elde edilmiştir. Erciş'e ait yerleşim içi yollarda kavşak noktalarında 15° daha düşük açı farkı olan yol segmentlerini birleştiren hatlar Şekil 4.27'de görünmektedir.

Bu aşamadan sonra uzunluk kriterine göre yapılan seçim ile şehre ait ulaşım ağının ana iskeleti ortaya çıkarılmış olmaktadır. 400 m. Eşik değeri ile yapılan seçim sonucu toplam 161.4 km olan yerleşim içi yollardan elde edilen yeni veri seti 366 adet yol parçası ve toplam 96 km ile temsil edilebilmiştir (Şekil 4.28).



Şekil 4.27 Erciş Yol Hatları



Şekil 4.28 400 m. Hat Uzunluğu Kriterine Göre Erciş Yerleşim İçi Yollar İçin Seçim Sonucu

4.4. Tartışma

Ülke temel ölçeği olarak seçilen 1:25 000 ölçeğinde fotogrametrik yöntemler ve arazi revizyonu çalışmalarıyla elde edilen birincil modelden 5547 adet standart topografik harita üretilmekte ve sonuçlar Kartografik Veri Kütüphanesinde (KVK) sürekli bir yapıda depolanmaktadır. Bu kapsamda; hem ülkenin büyüklüğü hem de topografik, sosyo-kültürel ve ekonomik farklılıklar göz önüne alındığında, coğrafi varlıklara ait harita objelerinin toplanması, modellenmesi, yapılandırılması, saklanması ile bu veriden farklı ölçeklerde haritaların kartografik olarak üretilip sunulmasının zorluğu ortadadır.

Bu tez çalışması, temel ölçekten türetme haritalar elde edilirken, ulaşım ağının, genel iskeleti ve karakteristiğini kaybetmeden diğer ürünlerin elde edilmesi amacıyla, uygulanabilir bir algoritmanın geliştirilmesi olup önerilen yöntem hem İstanbul hem de Ağrı gibi aralarında ciddi gelişmişlik farkları barındıran alanda test edilmiştir.

Gerek yerleşim içi yollar için ve gerekse kırsal nitelikli alanlarda daimi araç yolu, yaz araba yolu ve patikalar için önerilen en iyi devamlılık prensibi ve veri tabanı zenginleştirmeleri ile seçim ve elemenin başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Yerleşim dışı alanlarda çalışma bölgesinde tekrarlı veri prensibi ile yapılan uygulama sonucunda 221 adet patika güzergâhından 54 adedi, 99 adet yaz araba yolu güzergâhından da 39 adedi seçilmiştir. En iyi devamlılık ve örümcek diyagramları ile seçimin uygulandığı alanda yol3 katmanını teşkil eden toplam 1326 adet yol parçasından 665 adedi seçilmiş, diğerleri elenmiştir (Tablo 4.8). Farklı yol objeleri için seçim oranının farklı olması, yolun önem derecesinin ve dolayısıyla ağırlığının farklı olmasının doğal bir sonucudur. Seçim sonuçları, manuel yöntemlerle yol objelerinde seçim ve elemenin yapıldığı 1:100 000 ölçekli Ağrı J50 paftasıyla karşılaştırıldığında benzer sonuçlar verdiği görünmektedir. Seçim sonuçları EK'lerde sunulmuştur.

Tablo 4.8 En İyi Devamlılık Prensibi İle Kırsal Alanda Seçim Sonuçları

Obje Tipi	Seçim Öncesi	Seçim Sonrası	ORAN
Patika	676	291	% 43
YAY	367	173	% 47
DAY	283	201	% 71
TOPLAM	**1326**	**665**	% 50

İstanbul F21 paftasında seçilen bölgede ve Erciş kentinde ise yerleşim içi yol kategorisi için seçim ve eleme uygulanmış olup sonuçlar Tablo 4.9'da sunulmuştur. Rakamlar, ülke içinde her bölge için kesin ve net algoritmaların uygulama zorluklarını ortaya koymaktadır. Özellikle büyük şehirlerde seçimin otomasyonla yapılması zorlaşmakta, kartograf etkileşimi ile seçimin iyileştirilmesi kaçınılmaz hale gelmektedir.

Tablo 4.9 Yerleşim İçi Yol Objeleri İçin Seçim Sonuçları

Bölge	Seçim Öncesi	Seçim Sonrası	ORAN
İstanbul	37788	4275	% 11
Erciş	838	366	% 44

Uygulamada ArcGIS 9.0 paket programı kullanılmış olup önerilen algoritma Visual Basic programlama dilinde geliştirilen kodlar arayüz üzerinde bir uzantı olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Uygulamada otomasyonun başarısı, 1:25 000 ölçekli KVK'da depolanan verinin hatalardan arındırılmış ve topolojisinin uygun olarak kurulmuş olmasına bağlıdır. En iyi devamlılıkların (yol hatlarının) tespitinde kullanılan kodun doğru sonuçları vermesi, verilerin düzgün ve sıralı olarak toplanmış

olması ile doğrudan ilişkilidir. Farklı paftaları farklı kartografların sayısallaştırdıkları ihtimali göz önüne alınarak bu kodu çalıştırmadan önce verinin Kuzeybatı gibi bir köşeden tekrar numaralandırılarak obje ID'lerinin yeniden verilmesi, KOMŞULUK kodunun çok daha doğru ve kesin sonuçlar vermesini sağlamıştır.

Veritabanı zenginleştirmeleri, verinin sonraki aşamalarda kullanılacağı analizlerde esneklik kazandıracağı aşikardır. Özellikle en iyi devamlılık, örümcek diyagramları ve verinin ağırlıklandırılmasının; yol verisine ÇGCVT'lerde de kullanım olanağı sunacağı değerlendirilmektedir.

Seçim ve eleme sonrasında farklı katmanlara ayrılan yol veri seti tekrar tek bir katmanda birleştirilmek suretiyle öteleme, basitleştirme gibi sonraki genelleştirme işlemlerine hazır hale getirilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Genelleştirme daima kartografyanın en zorlu alt dallarından biri olmuş, büyük ölçekli veri seti kullanılarak daha küçük ölçeklerde harita üretiminin otomasyonu amacıyla birçok araştırma yapılmıştır. Farklı obje türleri için Douglas ve Peucker(1973)' den bu yana çok değişik seçim/eleme ve genelleştirme yöntemleri önerilmiş olup bunlardan herhangi birinin tam olarak farklı ölçeklerdeki ülke veritabanları gibi büyük çaplı standart üretimlerde doğrudan kullanımı ve tam otomasyonu mümkün olamamış, önerilen yöntemler çoğunlukla spesifik bölgelerde belli şekilde yapılandırılmış kısıtlı verilerle uygun çözümler sunmuştur.

Ülkemizde de genelleştirme çalışmaları, dünyadakilere paralel olarak artmakla birlikte birçok obje türü için operatör etkileşimi minimuma indirilerek üretim hızı ve kalitesini arttırmaya yönelik metotlar geliştirilmektedir.

Bu tez çalışmasında amaç, standart topografik haritalarda önemli ölçüde yer tutan ulaşım ağını oluşturan yolların hiyerarşik yapısının belirlenerek seçimi/elemesi için kartograf etkileşimini en aza indiren bir yöntem önermektir. Yapılan çalışmada, 1:25 000 ölçekli ülke veri tabanında ulaşım ağı katmanı incelenerek en uygun yaklaşımın; yolları, doğal hiyerarşileri göz önüne alınarak 3 ana gruba ayırmak ve seçim/elemeyi, çalışılan bölgede en yoğun olan grup içerisinde yapmak olduğu görülmüştür. 1:25 000 ölçekli kartografik veritabanından İstanbul F21 ve Ağrı J50 bölgesine giren ulaşım ağı katmanı çekilerek hiyerarşik gruplar elde edilmiş, özellikle Daimi Araç Yolu, Yaz Araba Yolu, Patika ve Yerleşim İçi Yol tipleri için kavramsal birleştirme ile en uygun yol devamlılığının elde edilmesi esasına dayalı olarak yol hatları belirlenmiştir. Bunun tespitinde kavşak noktalarındaki açı değerleri karşılaştırılmış olup, açı değişiminin belli bir değerden düşük olduğu komşu yol parçasının belirlenmesi amacıyla veritabanı zenginleştirilmiştir. Örümcek

diyagramları kullanılarak kritik nokta objelere olan doğrusal mesafeler veritabanına aktarılarak verinin ağırlıklandırılması sağlanmıştır.

Veritabanı zenginleştirmeleri kapsamında seçilen parametrelerin tespiti ve seçime etkisi büyük önem taşımaktadır. En iyi devamlılık prensibi doğrultusunda yol hatlarının belirlenmesi esnasında kırsal ve kentsel alanlarda açı farkı eşiği olarak sırasıyla 30° ve 15° olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi, kentsel alanlarda cadde/sokak hatlarının nispeten daha doğrusal nitelikte olması, kavşaklarda çoğunlukla dik açının gözlenmesi, bunun yanında kırsal alanlarda ise kavşakların topografyanın da etkisiyle daha düzensiz olmasıdır. Küçük açı farklarının kırsal alanlarda en iyi devamlılığı temsil edecek güzergâhların tespitinde yetersiz olduğu gözlenmiştir. Yerleşim alanlarında ise açı farkı değerinin arttırılması hatların doğru tespitinde kayda değer katkı sağlamamıştır.

Seçim öncesi veritabanı zenginleştirmeleri kapsamında, ağırlıklandırmaya temel teşkil etmek üzere hesaplanan örümcek diyagramları matrisi vasıtasıyla nokta objeler ile kavşak noktaları arasında doğrusal mesafeler veritabanına girilmiştir. Madde 4.2.2.'de açıklanan ağırlık formülü ile yol hatları, çevrelerindeki kritik nokta objelerin mesafelerine göre ağırlıklandırılmıştır. Hesaplamada en yakın objenin ağırlığa etkisinin en fazla, en uzak noktanın da en az olması prensibi benimsenmiştir. Zenginleşmiş veritabanında hesaplanan ağırlıkların dağılımı Şekil 4.9'da sunulmuştur. Grafik incelendiğinde:

- Hesaplanan ağırlık değerlerinin 6.12 ile 114.25 değerleri arasında değiştiği,
- Ağırlıkların ortalamasının 29.6 ve standart sapmasının 18.25 olarak oluştuğu,
- Yüksek ağırlığa sahip hatların gerçekte 5'den fazla kritik nokta 200 m.'den yakın mesafede olduğu, dolayısıyla bu tür hatların kritik nokta objeler tarafından yoğun olarak çevrelendiği,
- Orta ağırlık değerlerine sahip hatlar için nokta objelerin daha seyrek ve homojen bir dağılım gösterdiği
- Ağırlık değeri küçük yol hatlarının kritik nokta objelere doğrusal mesafesinin fazla olduğu

- Belli ağırlık değerlerinin eşik değeri olarak alınarak önemli yol hatlarının seçiminde kullanılabileceği gözlenmiştir.

Sonuçta 1:25 000 ölçekli veriden 1:100 000 ölçekli yol verisi elde etmek için ulaşım ağının ana iskeletini en iyi temsil edecek olan hatlar elde edilerek ağırlık ve hat uzunluğu kriterlerine göre seçme/eleme yapılmıştır. Seçim esnasında daimi araç yolları, yaz araba yolları ve patikalar için farklı ağırlık eşik değeri kullanılmış olup bunun sebebi, yollar arasında mevcut hiyerarşiden dolayı üst önem derecesine sahip yollarda daha az, patika gibi nispeten daha az önemli yol tiplerinde de daha fazla eleme yapılmasıdır. Önerilen yöntemin başarısı;

- Yol hiyerarşisinin uygun olarak belirlenmesine,
- Kaynak verinin uygun olarak yapılandırılmış olmasına ve hatalarından temizlenmiş olmasına,
- Seçim parametrelerinin uygun belirlenmesine, gerekiyorsa ulaşım ağı ile ilişkili diğer obje tiplerinin de yakınlıklarına göre analize dâhil edilmesine bağlıdır.

Yapılan çalışma büyük ölçekli veriden küçük ölçekli harita üretimi esnasında yollarla ilgili olarak ortaya çıkabilecek karmaşıklığı ortadan kaldırmayı, estetik ve okunabilirlik sağlanacak şekilde veriden en uygun seçme/elemeyi yapmayı amaçlamakta olup seçim sonrası öteleme, yumuşatma gibi genelleştirme elemanlarının kullanımını içermemektedir. Seçim sonuçları, klasik üretimle elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında benzer sonuçlar vermiştir.

Uygulanan algoritma ile yol objelerinde seçim işlemini, pafta yoğunluğuna göre 3-4 saat gibi zamanda gerçekleştirilmesi sağlanmış, kartograf etkileşimi, İstanbul gibi çok karmaşık paftalar dışında en aza indirilmiştir.

Bu tez çalışmasında önerilen yöntemin kırsal nitelikli alanlarda ve nispeten küçük yerleşim yerleri içindeki yollar için uygun sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bu aşamada tekrar vurgulanmasında yarar görülen konular ile gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutabilecek öneriler aşağıda sıralanmıştır:

- İstanbul gibi çok yoğun yerleşim alanları için seçim kriterleri geliştirilmeye ihtiyaç duymaktadır.

- Ağırlıklandırmanın, farklı obje tipleri de hesaba katılarak daha kapsamlı olarak ele alınması ve pafta yoğunluğu ile ağırlık kriterinin ilişkilendirilmesi seçimi daha tutarlı hale getirecektir.
- En iyi devamlılık, örümcek diyagramları ve seçim öncesi ağırlıklandırma tekniklerinin ÇGCVT'lerde kendine kullanım alanı bulabileceği değerlendirilmektedir.

6. KAYNAKLAR

Aslan, S., Çetinkaya, B., Ilgın, D.E., Yıldırım, A., 2004, "Some Intermediate Results of KartoGen Generalization Project in HGK", ICA/EuroSDR Workshop on Generalisation and Multiple Representation, Leicester.

Bertin, J., 1983, "Semiology of Graphics", Madison, University of Wisconsin Pres.

Bildirici, İ.Ö., 2000, "1:1000-1:25000 Ölçek Aralığında Bina ve Yol Objelerinin Sayısal Ortamda Kartografik Genelleştirmesi", Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bildirici, İ.Ö., Selvi, H.Z., 2005, "Model Genelleştirmesinde Geometri Değişimlerinden Alan-Çizgi Dönüşüm Yöntemleri", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Bildirici, İ.Ö., Uçar, D., 2001, "Sayısal Kartografik Modellerde yol Objeleri", Harita Dergisi, Sayı 125: 1-15, Ankara.

Bjorke, J.T., 2003, "Generalization of Road Network for Mobile Map Services: An Information Theoretic Approach", Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC), Durban, Güney Afrika.

Cecconi A., 2003, "Integration of Cartographic Generalization nad Multi-Scale Databeses for Enhanced Web Mapping", Doktora Tezi, Zürih Üniversitesi, Zürih.

Chaudry, O., Mackaness, W., 2005, "Rural and Urban Road Network Generalization: Deriving 1:250 000 from OS Mastermap", XXII International Cartographic Conference, s.93-99, A Coruna, July 9-16.

Çobankaya.O.N., 2008, "Ulaşım Genelleştirmesinde Yolların Ağ Yapısı Yardımıyla Otomatik Seçilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.

DGIWG, 2001, "DIGEST Overview", https://www.dgiwg.org/digest/.

Doğru, A.Ö., Uluğtekin, N., 2005, "Navigasyon Haritalarının Tasarımında Çoklu Gösterim Veritabanları", 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, V.1, s: 431-441, Ankara.

Doğru, A.Ö., Uluğtekin, N., 2006, "Car Navigation Map Design in terms of Multiple Representations", First International Conference on Cartography and GIS, Borovets, Bulgaria, January 25-28 (CD).

Doğru, A.Ö., Uluğtekin, N., 2007, "Yol Ağlarının Çoklu Gösterim Yaklaşımı Temelinde Modellenmesi", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara (CD).

Doğru, A.Ö., Van de Wegh, N., Uluğtekin, N., DeMeayer, P., 2007, "Classification of the Road Junctions Based on Multiple Representations: Adding Value by Introducing Algorithmic and Cartographic Approaches", 23rd International Cartographic Conference ICC2007, Moscow, Russia (CD).

Douglas, D., Peucker, T., 1973, "Algortihms for the Reduction of the Number Points Required to Represent a Digitised Line or its Caricature", The Canadian Cartographer, V.10, s.112-122.

Dunkars, M. 2004, "Multiple Representation Databases for Topographic Information", PhD Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Sweden.

Edwardes, A.J., Mackaness, W.A. 2000, "Intelligent Generalisation of Urban Road Networks", Proceedings of GIS Research UK 2000, s.81-85. Conference University of York.

ESRI, 2000, "Map Generalization in GIS: Practical Solutions with Workstation ArcInfo Software", ESRI Technical Paper, July 2000, http://www.esri.com.

ESRI, 2009, "ArcGIS 9.3 Functionality Matrix", http://www.esri.com/library/ brochures/ pdfs/arcgis93-functionality-matrix-list.pdf.

Frank, A., Goodchild, M., 1990, "Two Perspectives on Geographic Data Modeling", National Center for Geographic Information and Analysis, NCGIA, Technical Report s.90-11.

Gold, C.M., Thibault D., 2001, "Map Generalization by Skeleton Retraction", Proc. 20th Int. Cartographic Conf. (ICC 2001), Int. Cartographic Assoc., s. 2072–2081.

Gülgen, F., Gökgöz, T., 2008, "Selection of Roads for Cartographic Generalization", International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. V. XXXVII, s.615-620, Beijing.

Hampe, M., Sester, M., Harrie, L., 2004, "Multiple Representation Databases to Support Visualisation on Mobile Devices", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, s. 135-140, İstanbul, Turkey.

Hardy, P.G., 1998, "Map production from an active object database, using dynamic representation and automated generalisation", Cartographic Journal, V.35, s.181-189.

Hardy, P.G., Hayles, M., Revell, P., 2003, "Clarity - A New Environment for Generalisation Using Agents, Java, XML and Topology", ICA Workshop on Generalisation, Paris.

Haire, K., 2001, “Active Object and Agent Based Approaches to Automated Generalisation”, ICA Workshop on Map Generalization, Beijing..

HGK, 1999, 1:50 000 Ölçekli Haritaların Tahviline Ait Teknik Talimat HGKT/125-19, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.

HGK, 2006 1:25 000 Ölçekli Kartografik Vektör ve Sayısal Harita Üretim Yönergesi, HGKY/125-21, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.

HGM, 1964, Tahvil Talimatı, Harita Genel Müdürlüğü, Ankara.

Jones, C. B., 1991, “Database Architecture for Multi-Scale GIS”, Proceedings Auto-Carto 10, ACSM/ASPRS, s.1-14, Baltimore.

Jiang, B., Claramunt, C., 2004, “A Structural Approach to the Model Generalization of an Urban Street Network”, Geoinformatica V.8, s.151-171.

Karaş, İ.R., 2007, “3B CBS’de Ağ Analizlerine Yönelik Coğrafi Veritabanının Otomatik Olarak Üretilmesi”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, (Poster), Trabzon.

Kazemi, S., Lim, S., 2007, “Deriving Multi-Scale GEODATA from TOPO-250K Road Network Data”, Journal of Spatial Science, V. 52, No. 1.

Kidner D.B., Jones C.B., 1994, “A deductive object-oriented GIS for handling multiple representations”, Advances in GIS Research I, Proceedings 6th International Symposium on Spatial Data Handling, Edinburgh,Taylor and Francis, s.882-900.

Kilpelainen, T., 1995, “Requirements of a Multiple Representation Database for Topographical Data with Emphasis on Incremental Generalization”, Proceedings of the 17th International Cartographic Conference, Barcelona, V.2, s. 1815-1825.

Kilpelainen, T., 1997, “Multiple Representation and Generalization of Geo-Databases for Topographic Maps”, Doktora Tezi, Finlandiya Jeodezi Enstitüsü, Helsinki.

Kilpelainen, T., Sarjakoski, T., 1993, “Konowledge-Based Methodsand Multiple Representation as Means of On-Line Generalization”, Proceedings of the 16th International Cartographic Conference, Cologne, May 3-9, s. 211-220.

Kilpelainen, T., Sarjakoski, T., 1995, “Incremental Generalization for Multiple Representations of Geographical Objects”, GIS and Generalization, Methodology and Practice, Taylor & Francis, s.209-218.

Kreveld, M.V., Peschier, J., 1998, “On the Automated Generalization of Road Network Maps”, GeoComputation'98, http://divcom.otago.ac.nz/SIRC/ webpages/ Conferences/GeoComp/ GeoComp98/geocomp98.htm.

Laurini, R., Thomson, D., 1992, "Fundamentals of Spatial Information Systems", 1st edition, Academic Press Limited.

Lichtner, W., 1978, "Locational Characteristics the Sequence of Computer Assisted Process of Cartographic Generalization", Informations Relative to Cartography and Geodesy, Translations, No. 35, s. 65-75.

Mackaness, W.A., Beard, M.K., 1993, "Use of Graph Theory to Support Generalization", Cartography and Geographic Information Systems, V.20, s.210-221

McMaster, R.B., Shea, K.S., 1988, "Cartographic Generalization in a Digital Environment: A Framework for Implementation in a Geographic Information System", Proceedings of GIS/LIS'88, s.240-249, San Antonio Texas.

McMaster, R.B., Shea, K.S., 1992, "Generalisation in Digital Cartography", The Association of American Geographers, s. 71-91, Washington D.C.

Robinson, A.H., Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., Kimerling A.J., Guptill, S.C., 1995, "Elements of Cartography", Sixth Ed., New York.

Shea, K.S., McMaster, R.B., 1989, "Cartographic Generalization in a Digital Environment: When and How to Generalize", AutoCarto V.9, s.56-67, Baltimore.

Thomson, C. R., 2003, "Bending the Axial Line: Smoothly Continuous Road Centre-Line Segments as a Basis for Road Network analysis", Proceedings – 4th International Space Syntax Symposium, V.50, s.1-10, London.

Thomson, C. R., Brooks, R., 2000, "Efficient Generalisation and abstraction of Network Data Using Perceptual Grouping", GeoComputation, http://www. geocomputation.org/2000/GC029/Gc029.htm.

Touya G., 2007, "A Road Network Selection Process Based on Data Enrichment and Structure Detection",Proceedings of 10th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, (CD), Moscow, Russia.

Töpfer, F., Pillewizer, W., 1966, "The Principles of Selection", The Cartographic Journal, V.3, s.10-16.

Uluğtekin, N.N., Doğru, A.O., Thomson, C.R., 2004, "Modelling Urban Road Networks Integrating Multiple Representations of Complex Road and Junction Structures", Proceedings of the 12th International Conference on Geoinformatics, Geospatial Information Research: Bridging the Pasific and Atlantic. s. 757-764, University of Gavle, Sweden.

Uçar, D., Bildirici, İ.Ö., Uluğtekin, N. 2003, "Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Model Genelleştirmesi Kavramı ve Geometri ile İlişkisi", Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı: CBS ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, s.94-103, Konya.

Wang, P., Doihara, T., 2004, “Automatic Generalization of Roads and Buildings”, International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, V.35, s.249-254.

Zhang, Q., 2004, “Modelling Structure and Patterns in Road Network Generalization”, ICA/EuroSDR Workshop on Generalisation and Multiple Representation, Leicester.

7. EKLER

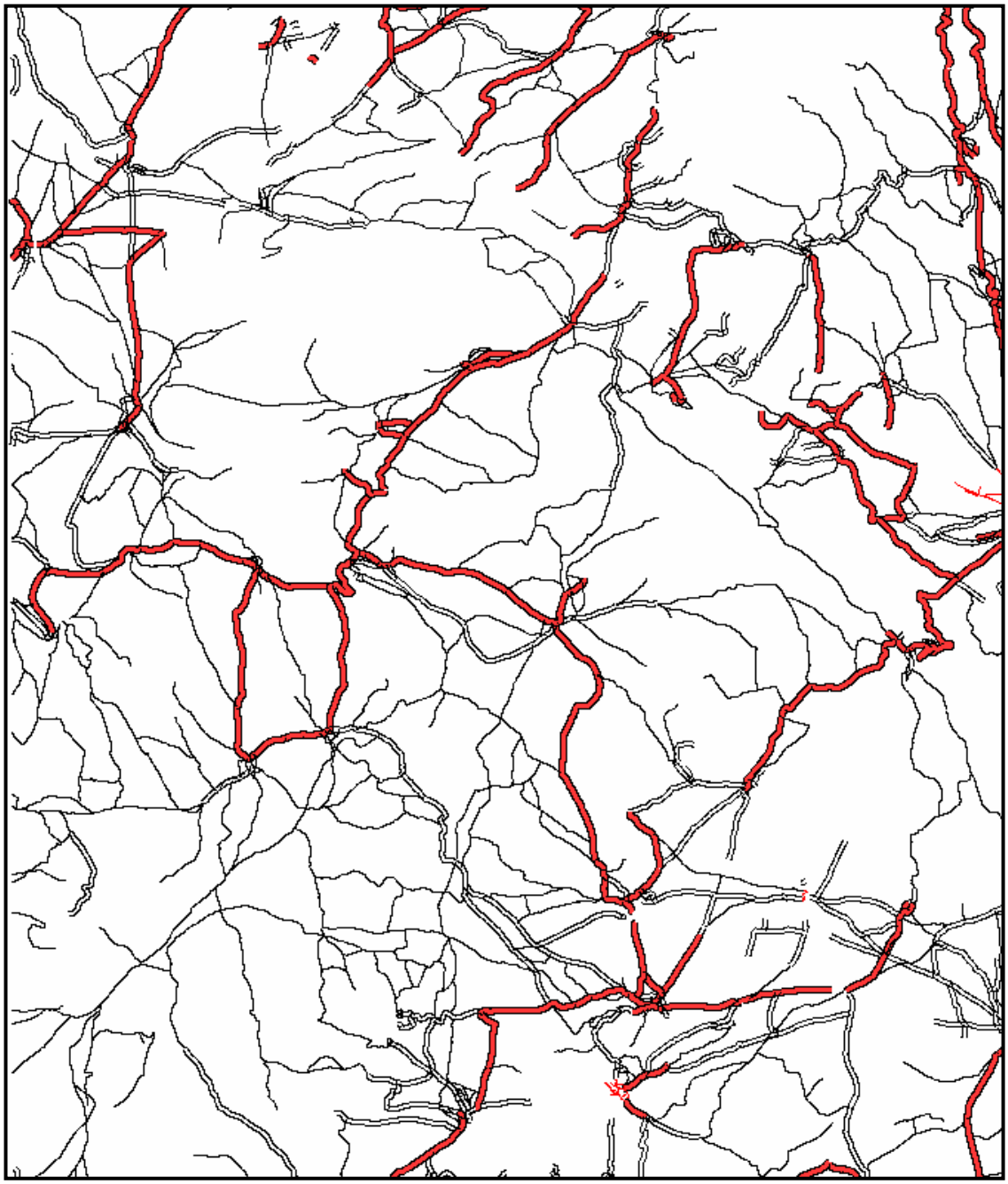
EK-A AĞRI J-50 Paftası Seçim Öncesi Yolların Görünümü

EK-B AĞRI J-50 Paftası Tekrarlı Veri Kullanımı ile Seçim Sonucu

EK-C AĞRI J-50 Paftası En İyi Devamlılık Prensibi ile Seçim Sonucu

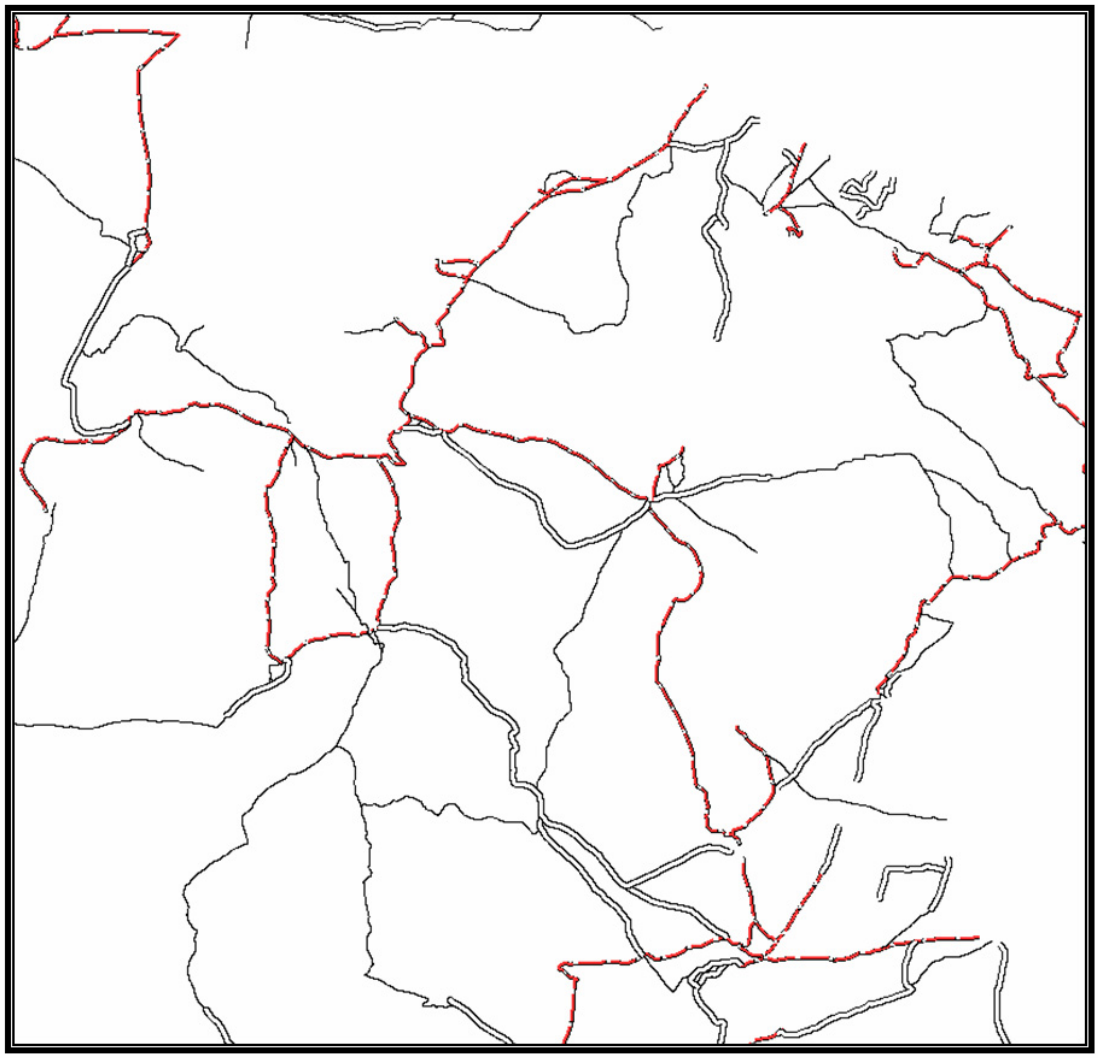
EK-D AĞRI J-50 Paftası Klasik Üretim/Manuel Yöntemle ile Seçim Sonucu

EK-A



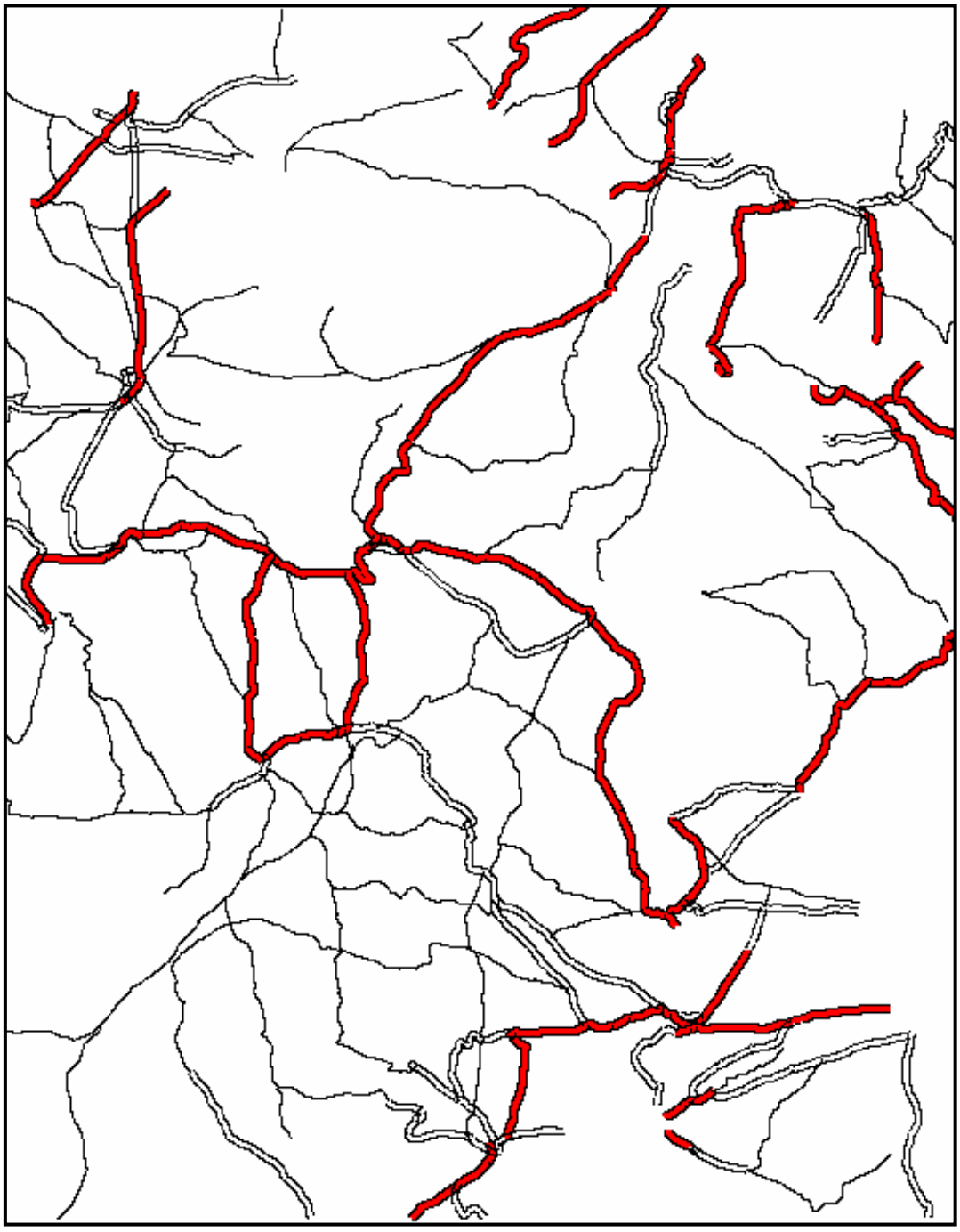
AĞRI J-50 Paftası Seçim Öncesi Yolların Görünümü

EK-B



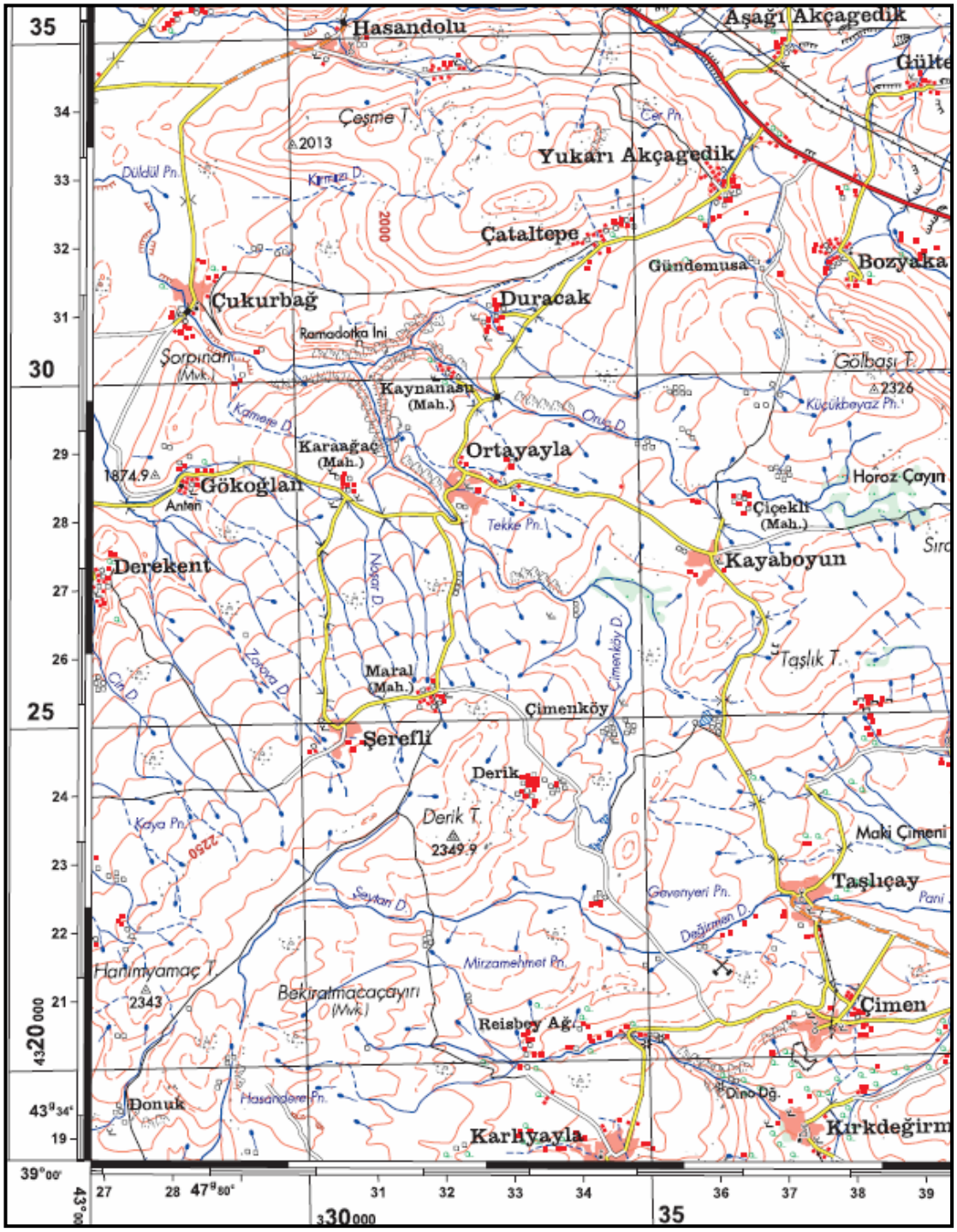
AĞRI J-50 Paftası Tekrarlı Veri Kullanımı ile Seçim Sonucu

EK-C



AĞRI J-50 Paftası En İyi Devamlılık Prensibi ile Seçim Sonucu

EK-D



AĞRI J-50 Paftası Klasik Üretim/Manuel Yöntemle ile Seçim Sonucu