İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOKLU GÖSTERİM VERİTABANLARI KULLANILARAK ARAÇ NAVİGASYON HARİTASI TASARIMI İÇİN KARTOGRAFİK YAKLAŞIMLAR

DOKTORA TEZİ

Ahmet Özgür DOĞRU

Anabilim Dalı : Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

Programı : Geomatik Mühendisliği

ŞUBAT 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOKLU GÖSTERİM VERİTABANLARI KULLANILARAK ARAÇ NAVİGASYON HARİTASI TASARIMI İÇİN KARTOGRAFİK YAKLAŞIMLAR

DOKTORA TEZİ
Ahmet Özgür DOĞRU
(501042601)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Şubat 2009
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Şubat 2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. N. Necla ULUĞTEKİN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK (İTÜ)
Doç. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ (SÜ)
Prof. Dr. Doğan UÇAR (İTÜ)
Dr. Cecile DUCHENE (IGN Fransa)

ŞUBAT 2009

ÖNSÖZ

Öğrenim hayatımın en verimli yılları olarak kabul ettiğim, acı ve tatlı olayları ile kimi zaman mutlu, kimi zaman da hüzünlü ama her zaman umutlu geçirdiğim bir dönemin sonuna geldim. Bu uzun süreli çalışma dönemi ve hemen ardından da bu sürede elde edilen birikimin en iyi şekilde sunulması için gösterilen azim ve yaşanan heyecan, hayatı anlamlı kılan faktörler oldu benim için. Fakat tüm bunların yanında hayatı yaşanılası yapan ise pek tabii ki bu zorlu süreci paylaştığım insanlar yani beni seven ve destekleyen dostlarım, arkadaşlarım, meslektaşlarım ve ailem oldu her zaman.

Bir tezin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden birisi hiç şüphesiz ki öğrenci ve danışmanı arasındaki iletişimdir. Danışmanın bilgi ve deneyimleri öğrencinin becerileri ile birleşince her iki tarafında emeğini gerektiren sürecin sonucunu olumsuz etkileyecek hiç bir etken kalmaz ve böylece süreç, her iki tarafı da sosyal ve akademik anlamda eğiterek geliştiren bir resitale dönüşür. Benim resitalim süresince göstermiş olduğu her türlü destek ile en zor günlerimde dahi dik durmamı sağlayan, mesleğe olan aşkından ve hayata bakışından çok şey öğrendiğim değerli danışmanım Prof. Dr. Necla ULUĞTEKİN'e, en iyi şekilde yaptığı yönlendirmeler ile yolumu kaybetmeme asla izin vermediği ve bana, başarmak için önce hayattan zevk almak gerektiğini öğrettiği için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezi olması gerektiği gibi bitirerek, her zaman perde arkasında olan fakat her adımımda beni doğrudan ya da dolaylı yollar ile destekleyen ve bu desteğini dile getirmekten çekinmeyen ağabeyime, doğum gününde O'nu eşinin varlığından sonra en çok mutlu edecek hediyelerden birini verdiğimi düşünüyorum. Hep yanımızda olduğu ve olmaya devam edeceği için Op. Dr. H. Selim ULUĞTEKİN'e gönülden teşekkür ederim.

Gerek tez hazırlama sürecinde gerekse bu sürecin öncesi ve sonrasındaki destek ve paylaşımları ile kişisel, mesleki ve akademik anlamda gelişimime önemli katkılar sağlayan değerli öğretmenlerim Doç. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK ve Doç. Dr. İ. Öztuğ BİLDİRİCİ'ye bana duydukları güvenle özgüvenimi arttırdıkları ve motivasyonumu hep en üst seviyede tutmama yardımcı oldukları için teşekkür ederim.

Bu süreçte beni hiç yalnız bırakmayan başta Prof. Dr. Doğan UÇAR olmak üzere Kartografya Anabilim Dalı'ndaki hocalarım ve mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Belçika'da gerçekleştirdiğim çalışmalarımda verdikleri destek ile zorlukları aşmamı sağlayan değerli öğretmenlerim; Prof. Dr. Philippe De MAEYER, Prof. Dr. Nico VAN DE WEGHE'e, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaştıkları için minnettarım.

Fransa'da geçirdiğim bir yıllık süre boyunca beni aralarına kabul eden ve tüm birikimlerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen başta Dr. Cécile DUCHENE, Dr. Sébastien MUSTIERE ve Dr. Anne RUAS olmak üzere tüm COGIT Ailesine gösterdikleri ilgi ve özen ile beni de bu ailenin bir parçası yaptıkları için gönülden teşekkür ederim.

Evlatları olmaktan gurur duyduğum aileme, hayattaki seçimlerimden hiç bir zaman şüphe etmedikleri ve bana karşı hiç tükenmeyen sabır ve destekleri ile kendimi hep şanslı hissettirdikleri için, teşekkür ederim.

Yurtdışında farklı zaman aralıklarında geçirdiğim bir buçuk yıl boyunca hep yanımda olarak tüm zorlukları aşmamda bana destek olan değerli dostum Ersin ERDOĞAN'a içten teşekkür ederim.

2002 yılında birlikte başladığımız meslek hayatımızı daha ilk günlerde, etik kurallara bağlı kalarak çalışma konusunda, birbirimize verdiğimiz sözleri unutmadan dayanışma içinde sürdürdüğümüz değerli arkadaşım Araş. Gör. Filiz BEKTAŞ BALÇIK'a önce bana yedi yıl boyunca birlikte öğrenme şansını verdiği sonrasında da her zaman en çok bir telefon uzaklıkta olduğu için minnettarım.

Lisans eğitimine başladığım yıllardan bu güne kadar maddi ve manevi anlamda her zaman desteğini hissettiğim değerli öğretmenim Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER'e bana verdiği her tür desteğin yanı sıra hayata farklı yönlerden bakmayı öğrettiği için teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora çalışmasına başladığım ilk günden bu yana bana verdikleri destek ve duydukları güvenle motivasyonumda önemli rol alan başta Melis Mine ŞENER ve Semih DALĞIN olmak üzere tüm dostlarıma her zaman yanımda oldukları için teşekkür ederim.

Tez konuma gösterdikleri ilgiyle beni yüreklendiren ve uygulamalar için sağladığı veri desteği ile de çalışmalarımın ivmelenmesinde büyük pay sahibi olan Başar Bilgisayar Sistemleri Ltd. Şti. Genel Müdürü Alim KÜÇÜKPEHLİVAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak bu tez çalışmasını Projem İstanbul kapsamında destekleyen İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne, çalışmanın veri sağlayıcılarından olan Beşiktaş Belediyesi'ne ve tez kapsamında yaptığım yurtdışı çalışmalarının önemli bir kısmını Yurtdışı Araştırma Bursu Programı kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a şahsım aracılığı ile bilim ve araştırmaya verdiği katkılar için teşekkür ederim.

Şubat 2009 **Ahmet Özgür Doğru**

Jeodezi ve Fotogrametri Yük. Müh.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR ..... **vii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **ix**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xiii**
SUMMARY ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
2. ÇOKLU GÖSTERİM VERİTABANLARI **5**
2.1 ÇGVT'nin Temel Yapısı 8
2.1.1 Gösterim seviyeleri 9
2.1.2 Bağlantılar ve ilişkiler 11
2.1.3 Yorumlama işlemi (reasoning process) 11
2.2 Genel Değerlendirme 12
3. HARİTA TASARIMI **13**
3.1 Kartografik İşaretleştirme 14
3.2 Genelleştirme 16
3.2.1 Genelleştirmenin Temel İşlemleri 18
3.2.1.1 Seçme (Eleme, Arıtma) 19
3.2.1.2 Sınıflandırma 21
3.3 Genel Değerlendirme 21
4. ARAÇ NAVİGASYONU **23**
4.1 ÇGVT Uygulaması Olarak Araç Navigasyonu 25
4.2 Navigasyon Amaçlı Harita Tasarımı 26
4.3 Araç Navigasyon Sistemlerinin Genel Değerlendirmesi 27
5. UYGULAMA **31**
5.1 Uygulamaya İlişkin Genel Bilgiler 31
5.1.1 Uygulamada kullanılan teknolojiler 32
5.1.2 Çalışma bölgesi ve veriler 34
5.2 Uygulama Adımları 37
5.2.1 Verilerin düzenlenmesi 37
5.2.2 Gösterim seviyelerinin belirlenmesi 41
5.2.3 ÇGVT yapısına uygun veri modelinin tasarımı 45
5.2.3.1 İlişkiler 47
5.2.3.2 Bağlantılar 48
5.2.4 Büyük ölçekli gösterimlerin iyileştirilmesine yönelik yaklaşımlar 48
5.2.4.1 Yol ağı genelleştirmesi çalışmaları 49
5.2.4.2 Alansal genelleştirme çalışmaları 51
5.2.4.3 Önerilen yaklaşımların uygulanması 53
5.2.4.4 Büyük ölçek gösterimlere yönelik uygulama sonuçları 58
5.2.5 Küçük ölçekli gösterimlerin iyileştirilmesine yönelik yaklaşımlar 61
5.2.5.1 Katlı kavşakların tanımlanması 61

Kavşakların matris olarak tanımlanması 63
Kavşakların ağaç yapısı olarak tanımlanması 64
5.2.5.2 Önerilen yöntemlerin uygulanması 65
5.2.5.3 Kavşakların sınıflandırılması 67
5.2.5.4 Kavşakların genelleştirilmesi 72
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 77
KAYNAKLAR..... 81
EKLER..... 87
ÖZGEÇMİŞ..... 101

KISALTMALAR

API	**:** Application Programming Interface
ATKIS	**:** Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
CBS	**:** Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇGVT	**:** Çoklu Gösterim Veritabanı
COGIT	**:** Conception Objet et Généralisation de l'Information Topographique – Obje Tasarımı ve Topografik Bilginin Genelleştirmesi
ED50	**:** Avrupa Datumu 1950 - European Datum 1950
GDF	**:** Geographic Data Files
GiMoDig	**:** Geospatial Info-Mobility Service by Real-time Data-Integration and Generalisation
GPS	**:** Global Positioning System – Global Konum Belirleme Sistemi
IDE	**:** Integrated Development Environments
ISO	**:** International Standards Organization
OGC	**:** Open Geospatial Consortium
POI	**:** İlgi Noktaları, Point of Interest
SMM	**:** Sayısal Mekan Modeli
SKM	**:** Sayısal Kartografik Model
SOAP	**:** Simple Object Access Protocol
SQL	**:** Structured Query Language
UML	**:** Unified Modelling Language
WGS84	**:** World Geodetic System 1984
WIPKA	**:** Wissensbasierter Photogrammetrisch-Kartographischer Arbeitsplatz
WSDL	**:** Web Services Description Language

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : ÇGVT'de gösterim seviyeleri, Doğru (2004) dan alınmıştır. 10
Çizelge 5.1 : Navigasyonda gösterim seviyeleri..... 44
Çizelge 5.2 : Kavşakların türlerine göre dağılımı..... 68
Çizelge 5.3 : Üç yol kesişimi kavşakların türlerine göre dağılımı. 68
Çizelge 5.4 : Kesişen yol sayısına göre sınıflandırmanın hata matrisi. 70
Çizelge 5.5 : Kesişen yol sayısına göre sınıflandırmanın kullanıcı ve üretici doğrulukları. 70
Çizelge 5.6 : Kavşak türüne göre sınıflandırmanın hata matrisi. 72
Çizelge 5.7 : Kavşak türüne göre sınıflandırmanın kullanıcı ve üretici doğrulukları. 72
Çizelge 5.8 : Kavşakların noktasal gösterimleri. 74
Çizelge A.2: Tezde kullanılan UML faaliyet diyagramı notasyonu. 93

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : ÇGVT Yapısı, Kilpelainen (1997) den uyarlanmıştır. 9
Şekil 3.1 : Harita tasarımı süreci, Buttenfield ve Mark (1990, s:135) dan uyarlanmıştır. 14
Şekil 3.2 : Kartografya'da model kavramı, Bildirici (2000) den alınmıştır. 18
Şekil 3.3 : Seçme işlemi, Lee (1996) den alınmıştır. 20
Şekil 3.4 : Sınıflandırma işlemi Lee (1996) den alınmıştır. 21
Şekil 4.1 : Araç navigasyon sistemi örneği. 24
Şekil 4.2 : Farklı gösterim seviyeleri, IGO 2006 yazılımından örneklenmiştir..... 28
Şekil 4.3 : Detaylı gösterim, IGO 2006 yazılımından örneklenmiştir. 29
Şekil 5.1 : GeOxygene platform mimarisi. 33
Şekil 5.2 : Başlangıç veri yapısı UML gösterimi. 35
Şekil 5.3 : Beşiktaş Belediyesi tarafından sağlanan veriler. 36
Şekil 5.4 : Yol verisi UML gösterimi. 36
Şekil 5.5 : Yol ağının geometrik yapısı. 37
Şekil 5.6 : Yol ağı geometrik verisi genel görünümü. 38
Şekil 5.7 : Geometrik verideki uyuşumsuzluklar. 39
Şekil 5.8 : Ara veri yapısı UML gösterimi. 39
Şekil 5.9 : Uygulamada kullanılan veri grupları ve ilişkileri UML gösterimi..... 40
Şekil 5.10 : IGO8 yazılımında detaylı gösterim örneği. 43
Şekil 5.11 : Veritabanının kavramsal tasarımı. 46
Şekil 5.12 : Geometriye bağlı yol ağı sınıflandırması. 50
Şekil 5.13 : Sapma açısı kontrolü. 51
Şekil 5.14 : Alansal gösterimlerin genelleştirilmesi. 52
Şekil 5.15 : Seviye 2 gösterimlerinin elde edilmesi. 53
Şekil 5.16 : Kullanıcı merkezli harita üretim süreci UML gösterimi. 53
Şekil 5.17 : Veri zenginleştirme süreci UML faaliyet diyagramı. 54
Şekil 5.18 : Güzergaha bağımlı süreç UML faaliyet diyagramı. 56
Şekil 5.19 : En uzak bina mesafelerinden ortalama tampon bölge hesabı..... 57
Şekil 5.20 : En yakın bina mesafelerinden ortalama tampon bölge hesabı. 57
Şekil 5.21 : Değişken mesafeli tampon bölge hesabı. 58
Şekil 5.22 : Alan genelleştirmesi örneği 1: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile sınıflandırılmış gösterim. c) Önerilen yöntem ile sınıflandırılmış gösterim. 58
Şekil 5.23 : Şekil 5.22b (a) ve Şekil 5.22c'nin (b) perspektif gösterimi. 59
Şekil 5.24 : Alan genelleştirmesi örneği 2: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile sınıflandırılmış gösterim. c) Önerilen yöntem ile sınıflandırılmış gösterim. 59
Şekil 5.25 : Yol ağı genelleştirmesi 1: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile genelleştirilmiş yol ağı. c) Önerilen yöntem ile genelleştirilmiş yol ağı. 60

Şekil 5.26 : Yol ağı genelleştirmesi 2: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile genelleştirilmiş yol ağı. c) Önerilen yöntem ile genelleştirilmiş yol ağı. 60
Şekil 5.27 : Yol ağı genelleştirmesi 3: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile genelleştirilmiş yol ağı. c) Önerilen yöntem ile genelleştirilmiş yol ağı. 61
Şekil 5.28 : Önerilen yöntem ile genelleştirilmiş yol ağı. 61
Şekil 5.29 : Katlı kavşaklara örnekler. 62
Şekil 5.30 : Matris gösterim. 64
Şekil 5.31 : Bir kavşağın farklı yönlerden ağaç gösterimleri, 1: sol, 2: sağ. 65
Şekil 5.32 : Bir kavşağın ağaç gösterimi. 65
Şekil 5.33 : Kavşak çözümlerinin UML faaliyet diyagramı. 66
Şekil 5.34 : Uygulamada bir kavşağın ağaç gösterimi. 67
Şekil 5.35 : Hata matrisi, Foody (2002) ve Bektaş (2003) ten uyarlanmıştır. 69
Şekil 5.36 : Kesişen yol sayısına göre yapılan sınıflandırma sonuçları 71
Şekil 5.37 : Kavşak türüne göre yapılan sınıflandırma sonuçlar. 73
Şekil 5.38 : Sınıfa özel genelleştirme çözümü örneği. 75
Şekil A.3 : Veritabanının kavramsal tasarımı 95
Şekil A.4 : Kesişen yol sayısına göre yapılan sınıflandırma sonuçları 97
Şekil A.5 : Kavşak türüne göre yapılan sınıflandırma sonuçları 99

ÇOKLU GÖSTERİM VERİTABANLARI KULLANILARAK ARAÇ NAVİGASYON HARİTASI TASARIMI İÇİN KARTOGRAFİK YAKLAŞIMLAR

ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarında, farklı disiplinlerden, farklı amaç ve beklentideki kullanıcılar görev almaktadır. Bu durum söz konusu uygulamalarda kullanılan verinin organizasyonunu güçleştirmekte ve veri yoğunluğu, çözülmesi gereken bir sorun olarak gündeme gelmektedir. Veri yoğunluğunun bir sonucu da tek bir yeryüzü gerçekliğinin farklı amaç ve ölçeklerdeki haritalarının oluşturulması aşamasında çıkan sorunlardır. Bu sorunların en önemlileri sonuç haritaların tasarımı sırasında görülen sunulacak olan verinin içerik optimizasyonu ve amaca uygun olarak görselleştirilmesidir. Fiziksel yeryüzünün farklı amaç ve ölçeklerde modellenmesi konusu CBS uygulamalarında ölçek seviyelerinin tanımlanması yöntemiyle çözülmektedir. Bu kapsamda her bir ölçek seviyesi için farklı içerikte haritalar oluşturulmaktadır. Çoklu gösterimler olarak da adlandırılan bu haritalar günümüzde tek bir olgunun ya da varlığın tek bir sistem içerisinde farklı boyutlarda (çözünürlük, ölçek, doğruluk, zaman vb.) birçok defa modellenmesi, gösterilmesi ve kullanılmasını amaçlayan Çoklu Gösterim Veritabanları (ÇGVT) yaklaşımı ile modellenmektedir. ÇGVT yaklaşımının geliştirilmesiyle birlikte harita üretimi ve güncellenmesi sürecinin otomasyonu açısından da önemli sonuçlar elde edilmiştir.

Navigasyon işlemi uygulama alanlarına göre uçak, gemi, araç navigasyonu ya da kişisel navigasyon gibi çeşitli isimler almaktadır. Araç navigasyonunun temel amacı, araç kullanıcısının özellikle yabancı bir ortamda yapacağı hareketlerin, bir sistem dahilinde desteklenmesi ve yönlendirilmesidir. Sistemin verimli ve doğru bir şekilde çalışabilmesi, kullanılan verilerin doğruluğu kadar bu verilerden ağ analiz yöntemleri ile elde edilen bilgilerin doğru ve etkin bir şekilde kullanıcı ile paylaşımı ile mümkündür. Sistem dahilinde bilgi iletimi farklı ölçeklerdeki haritalar ve bu haritaları destekleyen sesli ve görsel yönlendirmeler ile yapılmaktadır. Bu kapsamda bilgi iletiminin temel aracı haritalar olduğu için bu haritaların amaca uygun olarak tasarlanması, sistemin verimini arttıran bir faktördür. Navigasyon haritalarının tasarımı, sunum ortamlarının (araç içi bilgisayar, cep bilgisayarı, akıllı telefonlar vb.) boyutlarının kısıtlı olması nedeniyle farklı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Küçük bir ekranda sistem kullanıcısı için optimum bilgiyi içerecek bir haritanın tasarımı yoğun genelleştirme işlemlerinin uygulandığı özel uzmanlık gerektiren bir süreçtir. Ayrıca harita üretimi için tasarlanan veritabanlarının zaman içerisinde yol geometrisi ve yola ilişkin öznitelik verilerinin değişimi nedeniyle güncellenmeleri gerekmektedir. Bu süreçte başarılması gereken adımlar ve ortaya çıkan problemler ÇGVT'nin kapsamı ile örtüşmektedir. Günümüzde ticari olarak kullanılan

sistemlerde farklı ölçeklerdeki navigasyon haritalarının tasarımı için gerekli olan genelleştirme işlemi, CBS uygulamalarına benzer bir şekilde, ölçek seviyelerinin ve her bir seviyenin içeriğinin önceden belirlenerek sisteme tanıtılması yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu yolla elde edilen haritalar bir çok ihtiyacı karşılamakla birlikte içerik, üretim ve sunum yöntemleri açısından geliştirilmelidir. Çünkü günümüzde navigasyon sistemlerinin tasarımında 3 boyutlu ve hatta gerçek zamanlı uygulamalara önem verilmektedir. Bu süreçte sistemlerin yalnız donanım ya da yazılım olarak değil kullanılan haritalar açısından da statik yapıdan dinamik bir sisteme doğru geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışma ile navigasyon haritalarında gösterime konu olacak temel verilerin yol ağı ve bina verisinden ÇGVT yaklaşımına uygun olarak türetilmesi için otomatik bir sistem tasarlanmış ve uygulanmıştır. Sistem tasarımı çalışmasına paralel olarak yürütülen başka bir çalışma ile günümüzde kullanılan araç navigasyon haritalarının tasarımında kullanılan yöntemler ve sonuçları tartışılmıştır. Bu kapsamda mevcut yöntemler ile üretilen haritaların statik yapısının yeni teknolojiler açısından yetersiz olacağı öngörülmüştür. Ayrıca önceden belirlenmiş ölçek seviyelerinin kullanımıyla genelleştirilen haritalarda amaç ile örtüşmeyen ve özellikle yol ağlarında görülen bir içerik yoğunluğu probleminin varlığı örneklendirilmiştir. Tez çalışmasında haritada gösterime konu olan çizgisel (yollar) ve alansal (adalar) objelerin optimizasyonu amaçlanmıştır. Bu kapsamda büyük ölçek gösterimlerde alansal objelerin sınıflandırılarak, çizgisel objelerin ise öznitelikten bağımsız gerçekleştirilen bir seçme yöntemi kullanılarak genelleştirilmesi, küçük ölçekli gösterimler de ise katlı kavşakların sınıflandırılarak genelleştirilmesi konularında çalışmalar yapılmıştır. Geliştirilen sistem ve uygulanan yöntemler ile günümüzde statik anlayış ile tasarlanan navigasyon haritalarının, hesaplanan güzergaha bağlı gerçek zamanlı üretimi konusunda önerilerde bulunularak bu amaca uygun çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Böylece gerçek zamanlı navigasyon ve 3 boyutlu navigasyon uygulamalarına yönelik yapılan çalışmalar kapsamında, donanım ve yazılım teknolojilerinde yaşanacak gelişmelerin de etkisiyle, yakın gelecekte ihtiyaç duyulması öngörülen gerçek zamanlı dinamik bir harita üretim sisteminin temelleri bu tez çalışmasıyla şekillendirilmiştir.

Çalışmanın bir başka önemli sonucu küçük ölçeklerdeki katlı kavşak gösterimlerinin genelleştirilmesinde etkin olarak kullanılabilecek otomatik kavşak tanıma ve sınıflandırma metodolojisinin geliştirilmesidir. Bu uygulama ile yol ağındaki katlı kavşakların temel bileşenleri yarı otomatik olarak belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen yapıların matris ve ağaç gösterimler olarak tanımlanmaları yine otomatik olarak yapılmıştır. Bir kavşağın dönüş haklarına göre türü ve kavşakta birleşen yol sayısı gibi temel özelliklerinin belirlenebildiği tanımlamalar kullanılarak kavşaklar otomatik olarak sınıflandırılmıştır. Gerçekleştirilen sınıflandırma ÇGVT yapısında küçük ölçekte kavşak gösterimleri yerine kullanılmak üzere daha önceden belirlenen noktasal işaretlerin ait oldukları kavşaklar ile otomatik eşleştirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu da günümüzde büyük ölçekteki kavşak bilgilerine başvurularak etkileşimli bir şekilde gerçekleştirilen işaretleştirme sürecinin otomatikleştirilmesi yolunda önemli bir adımdır.

CARTOGRAPHIC APPROACHES FOR DESIGNING CAR NAVIGATION MAPS BY USING MULTIPLE REPRESENTATIONAL DATABASES

SUMMARY

Geographical Information System (GIS) is a multi disciplinary work so various users with various requirements use these systems. This situation complicates the organization of the data and increasing density of the data appears as a problem that is needed to be solved. Optimization of the map data and its visualization depending on the aim of the application are the other important issues related with data organization. Modeling the physical reality as multiple representations is provided by the use of zoom levels in GIS applications. Maps with different levels of detail are created for each zoom level. These maps are entitled as multiple representations and currently modeled based on Multiple Representational Databases (MRDB) approach, which is used to store the same real world phenomena at different levels of accuracy and resolution. The use of MRDB also provides the automation of the generalization and updating processes of the maps.

Navigation, which aims at wayfinding especially in the foreign environment, is a fundamental human activity and an integral part of everyday life. Advanced navigation systems integrate positioning and communication techniques, digital mapping, computer and handheld device technologies to cover the aim of navigation application. In addition to the accuracy of the data used in these systems, efficient communication of the system based information with the user is also important for the success of the system. Maps are used for the communication of the information together with the use of multi media technologies supported by the system. Since navigation maps are the basic visual tools for information communication in car navigation systems, they should be designed depending on the aim of the application for increasing the efficiency of the implemented system.

Map design for navigation purposes should be considered in terms of small display cartography, since navigation systems use small display devices as hardware. Small display map design requires additional constraints in comparison with traditional map design. The common aim of these maps is to communicate the optimal data on a small display media. This task requires a special map design process including the intensive use of the generalization methods. Additionally databases used to design navigation maps need systematic updates in the case of changes in road geometries or attributes. All requirements of navigation map design process coincide with the context of the MRDB.

Generalization is certainly one of the most important issues of the cartography which is the science and art of visualization of world reality on paper, screen or similar media. Particularly researches on automated generalization, data base design for multiple representations with very huge amount of data currently became a research base of Cartography. Similar to GIS applications, current car navigation systems use predefined zoom level and selection strategy to generalize the map content for the use of different levels of representations. Although this method covers several needs of car navigation, its static structure on data derivation and visualization issues should be improved for the use of 3 dimensional and real-time navigation applications. These applications are the new trends of current navigation technology.

In this study, an automated system were designed and implemented for deriving the data, which will be used for car navigation map design, from the base data by considering MRDB. The base data only includes navigable road network data and buildings with their geometries and attributes. Concurrently with the system design works, current commercial car navigation products were examined depending on the technologies that they used for map design. In this context, deficiencies on the optimization of the map content were determined as a problem that can be covered by using user centered generalization approaches. Optimization of the road network data and the land use information of areal data were considered as the problems to be solved in this thesis and a user centered approach for navigation oriented generalization was proposed to add value of current navigation systems in use. This approach covers generalization processes applied on both areal and linear objects for optimizing the data presented at detailed level. The constraint that makes it user centric is to consider the calculated navigation route as the main component of the data while generalizing it. Both areal and linear generalizations are realized by using calculated route geometry. Therefore this process is applied whenever a route calculated and it gives different results for each application.

As the second part of the study a classification approach processing on road interchanges was proposed for reducing the visual complexity of the small scaled road maps. The aim of this proposal is to determine and classify road interchanges for the use of generalization. In this context, interchanges were first derived from the road network data by using semiautomatic way then they were identified as matrices and tree structures. These identifications enabled the user to classify interchanges depending on their common characteristics. Classification results were proposed to be used for automated symbolization of interchanges on small scaled road maps.

1. GİRİŞ

Coğrafi objelere ait mekansal verilerin; toplanması, depolanması, yeniden kullanılması ve bu verilerin yapılan sorgulamalar ve mekansal analizler ile bilgiye dönüştürülüp sunulmasını kapsayan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) disiplinler arası bir çalışmadır (Clarke, 2002). Dolayısıyla CBS uygulamalarında, farklı disiplinlerden, farklı amaç ve beklentideki kullanıcılar yer almaktadır. Bu da söz konusu uygulamalarda kullanılan verinin organizasyonunu güçleştirmekte; veri yoğunluğu ve mevcut verinin amaca uygun olarak kullanılabilir hale getirilmesi, uygulamaların birçoğunda çözülmesi gereken bir sorun olarak gündeme gelmektedir (Pavia, 1998; Dunkars, 2004; Doğru, 2004; Başaraner, 2005; Doğru ve Uluğtekin, 2007). CBS uygulamalarında kullanıcı gruplarının beklenti farklılıkları; uygulamayı ve özellikle verilerden bilgi elde edilmesine olanak sağlayacak sonuç ürünlerin yani haritaların oluşturulması aşamasını etkilemektedir. Çünkü farklı beklentileri karşılaması planlanan haritaların, bu beklentilere uygun olarak tasarımlanmaları gerekmektedir. Bu aşamada beklentiler, harita tasarımının temel kriterlerini belirleyen amaç ve ölçeği etkilemektedir. Gelişen bilgisayar teknolojilerinin etkisiyle kullanımı yoğunlaşan CBS'nin bir problemi olarak ön plana çıkan bu durum, temelde fiziksel yeryüzünün farklı amaç, ölçek ve çözünürlükteki gösterimlerinin elde edilmesi gereksiniminden kaynaklanmaktadır.

Fiziksel yeryüzünün amaca ve ölçeğe bağlı olarak farklı gösterimlerinin (çoklu gösterimler) bir sistem dahilinde elde edilerek bunlar arasındaki ilişkilerin belirlenmesine yönelik çalışmalar ilk kez Amerika'da gerçekleştirilmiştir (Buttenfield ve Delotto, 1989). Zaman içerisinde bu çalışmalar günümüzde gerçekleştirilen yoğun veri hacimli mekansal uygulamalarda veri yönetimini kolaylaştıracak Çoklu Gösterim Veritabanı (ÇGVT - Multiple Representational Data Base) yaklaşımının geliştirilmesini sağlamıştır. ÇGVT yaklaşımında, uygulamaya yönelik farklı amaç ve ölçekteki ürünlerin tasarımında kullanılacak veritabanlarının, ortak ve temel bir veritabanından otomatik genelleştirme ile türetilmesi amaçlanmaktadır (Kilpelainen, 1997; Ruas, 2002; Dunkars, 2004; Sarjakoski, 2007).

Günümüzde bir çok ülkede ÇGVT konusunda araştırmalar yapılmakta ayrıca mevcut mekansal veritabanlarının bu yaklaşıma göre yeniden tasarlanması çalışmaları da sürdürülmektedir (Dunkars, 2004; Trevisan, 2004; Hampe ve diğ., 2003). Genelde topografik veri türetimine yönelik gerçekleştirilen çalışmaların yanı sıra farklı ölçek ve çözünürlükteki haritalara gereksinim duyan mekansal uygulamaları da ÇGVT kapsamında ele alan araştırmalar yapılmaktadır (Timpf ve diğ., 1992; Weibel ve Dutton, 1999; Hampe ve diğ., 2004; Doğru, 2004; Dogru ve Ulugtekin, 2006). Navigasyon uygulaması bu araştırma konularının başında gelmektedir.

Navigasyon, insanların hayatı boyunca sık sık gerçekleştirdiği işlerin başında gelmektedir. Başlangıçta ilkel yöntemler ile gerçekleştirilen navigasyon işlemi zamanla harita ve pusula kullanımıyla desteklenmiştir. Günümüzde ise navigasyon, gelişmekte olan konum belirleme, iletişim, bilgisayar teknolojilerini ve sayısal haritaları kullanan özel olarak tasarımlanmış sistemler üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu sistemler navigasyonu, daha ilgi çekici ve kolay uygulanabilir bir hale getirmiştir. Aynı zamanda bu gelişmeler ile navigasyon, günlük hayatın parçası olan sıradan bir aktivite olmaktan çıkıp bir çok teknolojiyi kapsayan bir pazar haline gelmiştir (Timpf ve Devogele 1997, Pekinken ve Rainio, 2002; Ulugtekin ve Dogru, 2005).

Günümüzde navigasyon amaçlı olarak kullanılan yazılımlar özel olarak tasarlanmış ve geliştirilmiş CBS çözümleri olarak ele alınmaktadır. Navigasyon sistemlerinde kullanıcıya kendisinin seçtiği bir yöntemle (en hızlı, en kısa, en uygun, vb. gibi) bir noktadan bir diğer noktaya nasıl ulaşılacağına ilişkin güzergah bilgisi verilmekte ve sonrasında da bu güzergaha bağlı kalınarak güvenli bir seyahat için çoklu ortam (sesli ya da görsel iletişim) araçları kullanılarak gerçek zamanlı yönlendirmeler yapılmaktadır. Bu kapsamda görsel iletişim aracı olarak yön gösteren işaretler ve haritalar kullanılmaktadır. Söz konusu haritalar uygulamanın amacına göre genel güzergah bilgisinin aktarıldığı küçük ölçekli gösterimlerden, detaylı bilginin paylaşıldığı sokak bazlı büyük ölçekli haritalara kadar farklılıklar göstermektedir. Bu da navigasyon sistemlerinin harita ihtiyacının ÇGVT yaklaşımı ile karşılanabileceği sonucunu ortaya koymaktadır (Doğru, 2004; Sester ve diğ., 2004; Doğru ve Uluğtekin, 2007).

Bu çalışmada araç navigasyon sistemlerinde kullanılan yol haritalarının, çoklu gösterim veritabanları perspektifinde incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın konusu; günümüzde araç navigasyon sistemlerinde bilgi iletim aracı olarak kullanılan farklı ölçek ve içerikteki haritaların üretim yaklaşımlarını inceleyerek mevcut sorunları belirlemek ve bu sorunlara çözüm olabilecek yöntemleri geliştirerek bu yöntemlerin uygulanabilirliğini göstermektir. Çalışma kapsamında ikinci bölümde ÇGVT konusunda yapılan çalışmalar özetlenerek ÇGVT'nin temel yapısı ve bileşenleri hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde harita tasarımı süreci anlatılarak tez kapsamında kullanılacak olan kartografik işaretleştirme ve genelleştirme konuları genel hatlarıyla ele alınmıştır. Tezin dördüncü kısmı hem çalışmanın uygulama konusu olan araç navigasyonunun ÇGVT ile olan ilişkisinin açıklandığı hem de araç navigasyon haritalarının tasarımında ÇGVT'nin gerekliliğinin anlatıldığı bölümdür. Bu bölümde ayrıca araç navigasyon sistemlerinin genel değerlendirmesi yapılarak mevcut sistemlerdeki genel problemler belirlenmiş ve tez çalışması kapsamında ele alınacak konular ÇGVT kapsamında alansal çizgisel objelerin büyük ve küçük ölçek sunumlarında karşılaşılan problemler olarak ortaya koyulmuştur. Çalışmanın beşinci bölümünde, belirlenen problemlerin çözümüne yönelik yöntemler önerilmiştir. Hem bu yöntemlerin uygulanabilirliğini göstermek hem de ÇGVT yaklaşımına dayalı olarak temel veritabanından çalışma kapsamında belirlenen gösterim seviyelerini otomatik olarak türetmek amacıyla geliştirilen prototip yazılımın tasarım ve uygulaması da yine bu bölümde anlatılmıştır. Ayrıca beşinci bölümde geliştirilen yazılım ile elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Son olarak bu çalışma ile elde edilen katkılar ve gelecek çalışmalar altıncı bölümde ele alınmıştır.

2. ÇOKLU GÖSTERİM VERİTABANLARI

Fiziksel yeryüzünün özetlenmiş gösterimleri olan haritaların içerikleri ve tasarımları amaç ve ölçek değişkenlerine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle de aynı yeryüzü olgusunun değişik amaçlara yönelik gösterimleri birbirinden farklı olabilmektedir. İsviçre'de yapılan MurMur "Multi-representations and multiple resolutions in geographic databases" Projesi çerçevesinde bu farklılıkların; gösterime konu olan verilerin belirlenmesi, toplanması, tanımlanması, düzenlenmesi, saklanması ve sunulması aşamalarında uygulanacak kurallar ve gerçekleştirilecek işlemlere bağlı olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir (The MurMur Consortium, 2000). Günümüzde bu durum özellikle CBS teknolojilerinin faydalarının daha iyi anlaşılması ve buna bağlı olarak da kullanımının yaygınlaşmasıyla aşılması gereken bir sorun haline gelmiştir (Pavia, 1998; Doğru, 2004). Çünkü CBS uygulamalarında, aynı veritabanına ait veriler farklı disiplinlerdeki kullanıcılar tarafından farklı amaç ve ölçekte görüntülenmek üzere kullanılmak istenmektedir. Bu da tek bir veritabanından bir çok gösterimin elde edilmesini gerektirmektedir. Tüm bunlara ek olarak, her geçen gün farklı format ve çözünürlükte elde edilen mekansal verinin miktarı fark edilir bir şekilde arttığı için depolanması gereken verinin yoğunluğunda da aynı oranda artış olmuştur. Buna bağlı olarak da temel veritabanlarının yönetimi, bu veritabanlarından uygulamaya yönelik daha düşük çözünürlükteki veritabanlarının türetilmesi ve türetilen uygulama veritabanlarının aralarındaki ilişkilerin belirlenmesi ve tanımlanması bir problem olarak ortaya çıkmıştır (Pavia, 1998).

Bu gibi problemlerin çözümü için geliştirilen Çoklu Gösterim Veritabanları (ÇGVT) yaklaşımı, tek bir mekansal veritabanının farklı ölçek, amaç ve çözünürlükteki gösterimlerini konu almaktadır. Yaklaşımın temel amacı fiziksel yeryüzünün farklı boyutlardaki gösterimlerinin bir sistem dahilinde tek bir veritabanından otomatik türetilmesi sağlamaktır. Söz konusu boyutlar; zaman, doğruluk, çözünürlük, presizyon, ölçek, mekansal veri modeli, uygulama vb. olabilir (Timpf ve Devogele, 1997).

Çoklu gösterimleri konu alan çalışmalar seksenli yılların sonlarında Amerika Ulusal Coğrafi Bilgi ve Analiz Merkezi'nde başlatılmıştır (Buttenfield ve Delotto, 1989). Araştırma, farklı detay seviyelerindeki obje tanımlarının ve bu seviyelerden birinin üzerinde yapılan değişikliklerin diğer seviyelerde de otomatik olarak tanınabilmesi için seviyeler arasındaki bağlantıların tanımlanması ihtiyacından yola çıkılarak gerçekleştirilmiştir (Pavia, 1998). Bu tanımda geçen "seviye" kavramı; farklı ölçek, amaç ve içerikteki gösterimlerin her birini ifade etmektedir (Bkz. Çizelge 2.1). Konu ile ilgili terminoloji zamanla gelişmiş ve çok – amaçlı, çok – ölçekli ya da çok – çözünürlüklü gösterimler gibi farklı seviyedeki gösterimleri ifade eden terimler literatüre girmiştir. Timpf ve Devogele (1997) çok – ölçekli gösterimler konusunu çoklu gösterimlerin bir bölümü olarak ele almış ve değişik seviyedeki detayların basitleştirilmiş gösterimleri olarak tanımlamıştır. Kilpelainen (1997) oluşturduğu modelde bu kavramların aynı amaca hizmet ettiğini belirtmiş ve hepsi için yalnızca çoklu gösterim adlandırmasını yapmıştır (Doğru, 2004). Bu adlandırmalar günümüzde de geçerliliğini korumakta ve ortak bilimsel terminolojide kullanılmaktadır (Ruas, 2002; Dunkars, 2004; Sarjakoski, 2007).

Bu aşamada ölçek ve çözünürlük arasındaki ayrımın iyi yapılması gerekmektedir. Pratikte ölçek, yeryüzü gerçekliğinin modellenmesi aşamasında yeryüzündeki birim uzunluğun haritadaki karşılığını belirlemede kullanılan orandır. Çözünürlük ise ölçeğe bağlı olarak hesaplanan ve verinin içerdiği en küçük obje ya da özellik olarak tanımlanmaktadır. Goodchild (1991) ölçek ve çözünürlük ilişkisini;

$$R = M \times 0.5mm \qquad \textbf{(2.1)}$$

eşitliği ile açıklamıştır. Bu eşitlikte R çözünürlüğü, M ise ölçek katsayısını ifade etmektedir. Eşitlikte sabit olarak kullanılan 0.5 mm ise basılı haritalarda anlamlı bir şekilde gösterilebilen en küçük obje boyutunu temsil etmektedir. Başaraner (2005) nesne tabanlı vektörel bir mekansal veritabanı için söz konusu olan çözünürlükleri Peng (2000) tarafından yapılan çalışmaları da dikkate alarak semantik, geometrik, zamansal ve grafik olmak üzere dört ana grupta ele almıştır. Çoklu gösterimlerde çözünürlük söz konusu olduğunda ise bu dört grup kapsamında haritada gösterime konu olan verinin miktarı ve yoğunluğu da göz önünde bulundurulmaktadır.

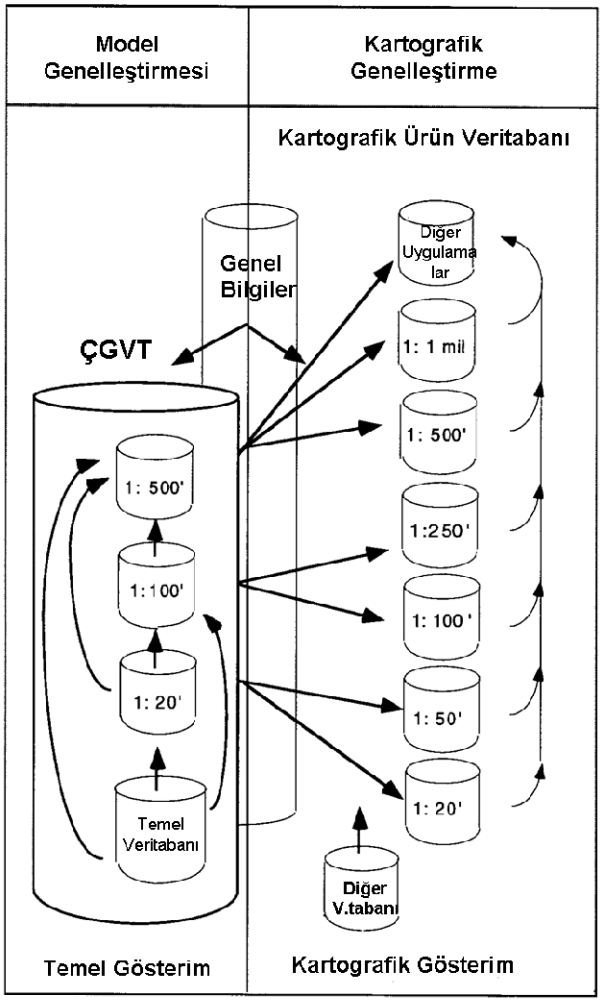
Buttenfield ve Delotto (1989) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda faklı seviyelerdeki objelerin birbirleri ile ilişkilendirilmesinin yanı sıra bu objelerin otomatik türetimine yönelik genelleştirme işlemlerinin önemi de vurgulanmıştır. Bu çıkarımdan hareketle gerçekleştirilen kavramsal model tasarımı, otomatik ölçek değişimi işlemleri ve harita basitleştirmesini kapsayan çalışmalara kartografik tasarımın otomasyonuna ilişkin araştırmalar da eklenmiştir. Örneğin Trevisan (2004) tarafından yapılan çalışmada Fransa'nın temel topografik veritabanı BDTopo'nun 1:25 000 ve 1:50 000 ölçekli sayısal arazi modellerinden çok gösterimli "Sayısal Kartografik Modellerin" türetilmesine yönelik bir model oluşturulmuştur. Yine de çoklu gösterimler ve bu gösterimleri üretmeye yönelik sistemlerin tasarımı ve uygulaması çalışmaları temelde öncelikli olarak ihtiyaç duyulan topografik haritaların üretimini ve bu haritaların üretildiği ulusal mekansal veri tabanlarının bu mantıkta modellenmesini amaçlamıştır. Kilpelainen (1992, 1995a, 1995b) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda topografik verinin bilgi temelli genelleştirmesinde çoklu gösterimlerin önemi vurgulanmış ve çoklu gösterim veritabanlarının aşamalı (incremental) genelleştirmede kullanımı ve faydaları açıklanmıştır. Çoklu gösterim yaklaşımının veritabanı güncelleştirilmesinde kullanımının da açıklandığı bu çalışmalar sonucunda topografik haritaların üretimine yönelik gerçekleştirilen genelleştirme sürecinin çoklu gösterim veritabanı yaklaşımı ile ilişkilendirilmesi yapılmıştır (Kilpelainen, 1997). Bu çalışmada ayrıca çoklu gösterim veritabanlarına ait detaylı bir kavramsal model oluşturulmuştur. Topografik harita tasarımı için çok ölçekli genelleştirme ve topografik bilgi üretimine yönelik çoklu gösterim veritabanı tasarımı konularında Hardy (2000), Kreiter (2002) ve Dunkars (2004) tarafında da önemli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Topografik harita tasarımına yönelik çalışmaların yanı sıra mevcuttaki ulusal mekansal veritabanlarının çoklu gösterim yaklaşımına uyumu için Polonya ve Fransa gibi bir çok Avrupa ülkesinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir ve gerçekleştirilmeye devam edilmektedir (Trevisan, 2004; Gotlib ve Olszewski, 2006). Yine Almanya'da devam eden WIPKA (Wissensbasierter Photogrammetrisch-Kartographischer Arbeitsplatz) projesi ile ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) projesinin sonuçlarının ÇGVT yapısında yeniden düzenlenmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Hampe ve diğ., 2003).

Tüm bu çalışmalara ek olarak, ÇGVT kapsamında ele alınması gereken veritabanı yaklaşımı konusunda da bir çok araştırma yapılmıştır. Bu kapsamda Jones (1991) tarafından çok ölçekli CBS için veritabanı mimarisi geliştirilmiştir. Bir çok çalışmada ortak görüş olarak ÇGVT tasarımının nesne yönelimli bir yaklaşımla gerçekleştirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır (Kilpelainen, 1997; Bergman, 1997; Hardy, 2000; Dunkars, 2004). Bu fikrin temel dayanağı ilişkisel veritabanlarının yeryüzü gerçekliğinin en iyi şekilde modellenebilmesi için gerekli olan çok büyük hacimlerdeki karmaşık veriler için tasarlanmamış olmasıdır. Ayrıca ilişkisel veritabanlarında zamana bağlı olarak yapılması gereken veri güncelleştirmelerinin nesne yönelimli yaklaşıma kıyasla daha zor gerçekleştirilmesi ve nesne yönelimli veritabanı yaklaşımlarında genelleştirmeye yönelik özel çözümlerin geliştirilmiş olması da bu seçimin yapılmasının etkenlerindendir (Doğru, 2004). ÇGVT'de nesne yönelimli veri tabanlarının kullanımı konusu Hardy (2000) ve Doğru (2004) tarafından detaylı olarak ele alınmıştır. Ayrıca bu konu MurMur Projesi kapsamında da incelenmiştir (The MurMur Consortium, 2000).

2.1 ÇGVT'nin Temel Yapısı

ÇGVT için en kapsamlı model Kilpelainen (1997) tarafından tanımlanmıştır. Kilpelainen'in modeline göre ÇGVT; Şekil 2.1'de de görüldüğü gibi model genelleştirme aşamasını düzenleyen ve kartografik genelleştirme sürecine hazırlık aşaması olarak algılanabilecek bir yapıdır. Kartografyada yeryüzünün görselleştirilme süreci için tanımlanan model teorisi (Bildirici, 2000; Uçar ve diğ., 2003) kapsamında ele alındığında ÇGVT modeli; farklı amaçlar için hazırlanan yeryüzünün görselleştirilmiş "Sayısal Kartografik Modele" (SKM, ikincil model) konu olacak veriyi içeren farklı ölçeklerdeki "Sayısal Mekan Modeli" (SMM, birincil model) ortak bir SMM'den türetilmesini kapsamaktadır (Bkz. Şekil 3.2). Yani ÇGVT, ikincil modelleri türetmeye yarayan birincil modellerin yüksek çözünürlüklüden düşük çözünürlüklüye doğru türetimini içermektedir.

ÇGVT temelde farklı amaç, ölçek ve çözünürlüklerde hazırlanan gösterim seviyelerini, bu gösterim seviyelerinin kendi içlerinde ve birbirleri arasındaki ilişkilerini sağlayan ilişkileri / bağlantıları ve model genelleştirme işlemlerinin ve iki yönlü ilişkilerin pratikteki kullanımını düzenleyen yorumlama süreci (reasoning process) aşamalarını içermektedir.



Şekil 2.1 : ÇGVT Yapısı, Kilpelainen (1997) den uyarlanmıştır.

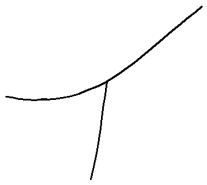
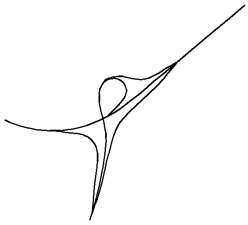
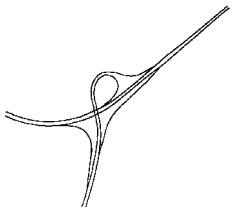
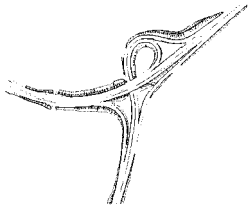
2.1.1 Gösterim seviyeleri

ÇGVT modeli, yapılan uygulamanın amacına yönelik olarak biri temel olmak üzere farklı seviyeleri içerir. Her bir seviye aynı verinin farklı ölçek, amaç ve çözünürlükteki gösterimlerini içerir (Çizelge 2.1).

ÇGVT'nin temel seviyesi, en çok doğruluk gerektiren ve ileri aşamalarda da diğer düşük çözünürlükteki gösterimlerin türetilmesinde kullanılacak olan seviyedir. Temel seviye en fazla detayda veriyi içerdiği için pratikte bu seviyenin kartografik gösterimi tam olarak mümkün değildir. Modeli oluşturan diğer seviyelerin sayıları ve karmaşıklık düzeyleri uygulamaya bağlı olarak değişir. Bu seviyelerde objeler daha az detayda ve daha küçük ölçekte dolayısıyla da çözünürlükte yer alırlar (Kilpelainen, 1997; Ruas, 2002; Dunkars, 2004; Doğru, 2004). Objelerin kavramsallaştırılma dereceleri, temel seviye ile karşılaştırılan seviyenin derecesi

arasındaki fark ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Yani gösterim seviyesi yükseldikçe kavramsal genelleştirme derecesi artmaktadır. Bu da bir objenin gösteriminin, seviyeden seviyeye farklılık gösterdiği anlamına gelmektedir. Örneğin Çizelge 2.1'de sunulan yol ağına ilişkin gösterim seviyelerinde olduğu gibi temel seviyede tüm detayları ile alansal olarak sunulan bir otoyol bir üst seviyede şerit orta çizgileri, üçüncü seviyede ise tek bir çizgi ile gösterilebilir. Dahası bu yol ağına ait karmaşık kavşak yapıları temel seviyede detaylı bir biçimde (yol dış sınırları, dolgu, yarma ve benzeri yapılar) modellenirken, en düşük seviyede yalnızca noktasal mekansal bir obje kullanılır (Doğru, 2004; Ulugtekin ve diğ., 2004).

Çizelge 2.1 : ÇGVT'de gösterim seviyeleri, Doğru (2004) dan alınmıştır.

Gösterim Seviyeleri	Geometrik İçerik	Semantik İçerik
4. Seviye		Yol ağı gidiş ve dönüş yönlerini birleştiren tek çizgi geometrisinde modellenir. Bu model kavşağa ait ayrıntıları içermez. Kavşak iki yolun bağlantısında düğüm noktası olarak modellenir.
3. Seviye		Yol ağı gidiş ve dönüş yönlerini birleştiren tek çizgi geometrisinde modellenir. Kavşağa ait ayrıntılar basit bir biçimde belirtilir. Kavşak alansal yayılım gösterir.
2. Seviye		Yol ağı gidiş ve dönüş olarak iki ayrı yol orta çizgisi geometrisinde modellenir. Kavşak alansal yayılım gösterir.
1. (Temel) Seviye		1:5000 ölçeğinde detaylı bir gösterim. Yol ağları detaylı bir biçimde (iç ve dış sınırları, dolgu ve yarma gibi yapılar vb.).

Kilpelainen (1997) modelinde ÇGVT tasarımında amaca yönelik gösterimlerin temel seviyeden ya da varsa bir üst gösterim seviyesinden genelleştirme ile türetilmesi önerilmekte ve böylelikle de uygulamada ihtiyaç duyulmayacak bilgilerin kullanıcılara sunulmasını engelleyerek anlaşılırlığı en üst seviyeye çıkartılması amaçlanmaktadır. Dunkars (2004) ÇGVT'de gösterim seviyelerinin kendinden

önceki seviyelerden ya da temel seviyeden türetilebileceği gibi farklı amaçlar için tasarlanmış mekansal modellerin obje eşleştirme yöntemleri ile aralarındaki bağlantıları tanımlanarak ÇGVT oluşturulabileceğini de vurgulamıştır. Bu yaklaşımı destekleyen çalışmalarda farklı gösterim seviyelerindeki geometrilerine göre noktasal, alansal ve çizgisel olarak sınıflandırılan objelerin aralarındaki bağlantıların kurulabilmesi için eşleştirmelerine yönelik bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir (Volz, 2006; Olteanu, 2007a; Olteanu, 2007b; Mustière ve Devogele, 2008).

2.1.2 Bağlantılar ve ilişkiler

ÇGVT'nin temel amaçlarından ikisi gösterim seviyelerin otomatik olarak türetilmesi ve bir seviyede yapılan bir güncelleştirmenin diğer seviyelere otomatik olarak aktarılabilmesidir. Her iki işlevin de yerine getirilebilmesi için seviyeler içi ve seviyeler arası ilişkilerinin tanımlanması gerekmektedir. Böylelikle bir anlamda seviyeler arasında iletişim sağlanacak ve bu da otomatik genelleştirme ya da veri güncelleme problemlerinin en aza indirilmesini hatta ortadan kaldırılmasını sağlayacaktır.

Bağlantılar ile aynı objenin farklı seviyelerdeki, farklı gösterimleri arasında elde edilen iki yönlü bağlar ve referanslar anlatılmaktadır. Aynı seviyedeki farklı objeler arası bağlar ise ilişki olarak tanımlanmaktadır (Kilpelainen, 1997; Doğru, 2004).

2.1.3 Yorumlama işlemi (reasoning process)

Yorumlama işlemi ÇGVT'de tam fonksiyonla çalışmayı sağlamak için gerekli bir aşamadır. Bu aşamada, ÇGVT kapsamında belirlenmiş gösterim seviyeleri ve bu seviyelerdeki gösterime konu olan veri miktarlarının, seviye içi ve seviyeler arası ilişkileri de dikkate alarak yorumlayan ve buradan elde edilen çıkarımları kullanarak gösterim seviyelerinin otomatik türetiminde kullanılacak olan genelleştirme yöntemlerini belirleyen çalışmalar yapılır. Aynı zamanda bu işlem, temel ya da daha üst seviyelerden türetilmiş gösterimlerdeki topolojik ilişkilerin tutarlılık kontrolünü sağlamak için gereklidir. Bu kapsamda ÇGVT uygulamasının gerçekleştirilebilmesi için uygulama sırasında kullanılması gereken genelleştirme işlemlerinin iyi bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle uygulama sırasında söz konusu işlemlerin neler olduğu ya da uygulamaya bağımlı olarak bu işlemler dışında ne gibi gereksinimlerin olduğuna karar vermek ve bu bileşenleri tanımlamak gerekmektedir (Kilpelainen, 1997; Doğru, 2004).

2.2 Genel Değerlendirme

Çoklu gösterim veritabanları, uygulamada kullanılan verinin yoğunluğunun azaltılması, farklı amaç ve ölçekteki gösterimlerin otomatik olarak elde edilmesi, otomatik genelleştirme ve güncelleme işleminin hızlı bir şekilde yapılması konularındaki mevcut problemlerin aşılması için ortaya atılan bir yaklaşımdır. Dolayısıyla ÇGVT, mekansal veriye gereksinim duyan uygulamalarda kullanılan bir yapıdır. Söz konusu uygulamalar yalnız CBS ile sınırlı olmayıp veriyi farklı ölçek ve çözünürlüklerde kullanmaya ihtiyaç duyan tüm alanları kapsamaktadır. Navigasyon da bu uygulamaların başında gelmektedir. Bir çok Avrupa ülkesinin işbirliği ile yürütülen ve 2004 yılında tamamlanan GiMoDig (Geospatial info-mobility service by real-time data-integration and generalisation) projesi ile de ÇGVT'nin navigasyon uygulamaları kapsamında kullanımı konusunda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda cep telefonları ya da taşınabilir donanımlar üzerinden hizmet veren yaya navigasyonu sistemlerinin gereksinimleri belirlenerek, ÇGVT destekli yaya navigasyonu sistemi prototip olarak geliştirilmiştir.

Sonuç olarak ÇGVT üzerine yapılan çalışmaların yoğunluğu konunun bilimsel açıdan öneminin bir göstergesidir. Bu tezle de araç navigasyon haritalarının, ÇGVT yaklaşımının temel ilkelerini dikkate alarak, üretimine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda gösterim seviyelerinin belirlenmesi ve seviyelere ilişkin bağlantı ve ilişkilerin tanımlanmasına yönelik çalışmalar uygulamada anlatılmıştır (Bkz. Bölüm 5).

3. HARİTA TASARIMI

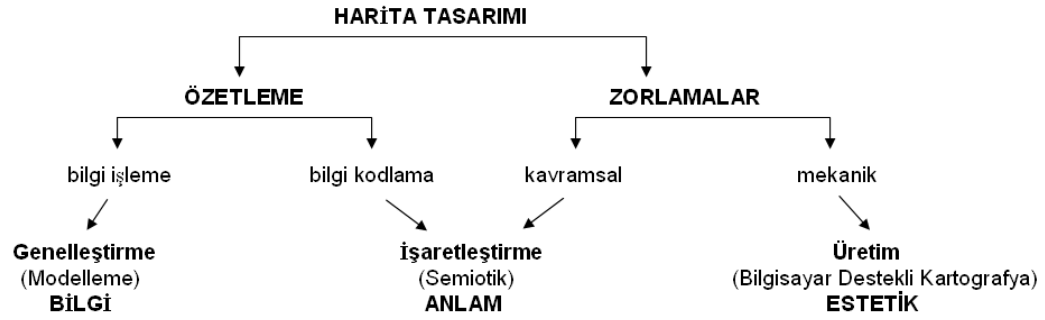
Harita tasarımının temel amacı, bilginin tek anlamlı ve estetik olarak kullanıma sunulmasıdır. Harita tasarımı, harita ölçeği ve amacını da içeren çok yönlü bir üretim sürecidir. Bu süreç:

- yeryüzü gerçekliğinin özetlenmesi ve harita aracılığı ile sunumu için gerçek dünyanın kodlanmasını,
- amaca yönelik kullanım için, konumsal ilişkilerin öncül olanlarını, coğrafi gerçekliğin objelerini ve karakteristik yanlarını seçerek tasarımlanmasını,
- harita ölçeğine, özetlemenin derecesine bağlı olarak sunulacak objelerin seçiminin yapılmasını,
- üretim ortamına bağlı olarak grafik sınırların belirlenmesini,
- estetik ve açıklık ilkelerinin uygulanmasını içerir (Uluğtekin ve Doğru, 2005).

Şekil 3.1'de de gösterilen harita tasarımı sürecini etkileyen faktörlerin başında zorlamalar gelmektedir. Harita tasarımını mekanik kısıtlar yüzünden doğrudan üretim aşamasında etkileyen zorlamalar olduğu gibi veri özetlemesi sırasında bilginin kodlandığı işaretleştirme sürecini etkileyen kavramsal zorlamalar da vardır. Her iki bileşenin de semiyotik açıdan kuramsal bir temeli vardır. Semiyotik, işaretlerin anlamları ve biçimleri arasındaki ilişkileri düzenleyerek kartografik işaret oluşturma için bir yaklaşım sağlar. Kartografik işaret oluşturma; hem özetleme hem de kavramsal zorlamaları kapsayarak harita tasarımı sürecinde, genelleştirme ile harita üretimi adımları arasında bir köprü görevi görür. İşaret oluşturma, görsel kartometrik kurallar kadar kavrama-algılama (biliş) kurallarının da dikkate alındığı semiyotiğin bir bileşeni olarak algılanmalıdır (Uluğtekin ve Doğru, 2005).

Harita tasarımının temel bileşenlerinden olan genelleştirme ve işaretleştirme kartografyanın ana konularındandır. Her iki bileşen de genel anlamda harita üretimi, daha özelde ise farklı amaç ve ölçekteki harita ve harita benzeri gösterimlerin üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. ÇGVT kapsamında da genelleştirme bilgi üretimi için işaretleştirme de verinin görselleştirilmesi ve basitleştirilmesi için

önemlidir. Bu tezde navigasyon haritalarının üretimine yönelik ÇGVT'ye dayalı veri türetiminde genelleştirme ve işaretleştirme konularına değinilmiştir. Bu nedenle kartografik işaretleştirme ve genelleştirme konuları; Bölüm 3.1 ve Bölüm 3.2'de daha detaylı ele alınmıştır.



Şekil 3.1 : Harita tasarımı süreci, Buttenfield ve Mark (1990, s:135) dan uyarlanmıştır.

3.1 Kartografik İşaretleştirme

Kartografik işaretleştirme fiziksel yeryüzünün görselleştirilmesinin önemli adımlarındandır. Görselleştirme sırasında doğru işaretin ya da yöntemin seçilmesi kartografın deneyimiyle yakından ilgilidir. Bertin (1983) bu durumu "*eğer on farklı kartograf aynı amaç için harita tasarlasa, tasarlanan haritaların onu da birbirinden farklı olur*" diyerek vurgulamıştır. İşaretleştirme aşamasında ortaya çıkan yorum farklılıkları kartografik genelleştirme sürecinin tam anlamıyla otomatikleştirilememesinin de temel nedenlerindendir. Yeryüzü gerçekliği haritada noktasal, çizgisel ve alansal işaretler ile görselleştirilir. Aynı zamanda yazı da haritanın bilgi aktarımını sağlayan temel bileşenlerindendir. Bir işaret, temsil edilecek obje ya da olgunun özniteliğinin temel karakterini vurgulayacak şekilde olmalıdır. Görselleştirilecek veri nitelik ya da nicelik belirtebilir. Nitel veri adlandırmalı (nominal) olarak sınıflandırılırken, nicel veri aralıklı ya da oransal (interval / ratio) olarak tanımlanabilir. Verinin sıralı (ordinal) olması da hem niteliğe hem de niceliğe bağlı bir özelliktir. Sıralı veri hiyerarşik olarak sınıflandırılır (Kraak ve Ormeling, 2002; Ulugtekin ve Dogru, 2004). Verinin bu özellikleri işaret tasarımında kullanılan ve Bertin (1983) tarafından konum, boyut, doku, biçim, yön, renk ve beyazlık değeri olarak tanımlanan grafik (görsel) değişkenlerin seçimini dolayısı ile işaret seçimini etkiler.

Her grafik değişkenin farklı bir bilgi aktarım gücü vardır ve bazen zorlamaların da etkisiyle farklı tür haritalarda farklı amaçlar ile kullanılabilirler. Örneğin analog haritalarda alansal bilgi aktarımında sıklıkla tercih edilen doku kullanımı, ekran haritalarında karmaşıklığı arttırdığı ve algı seviyesini düşürdüğü için tavsiye edilmez (Kraak, 2002). Ayrıca nicel karakterli verinin bağıl ya da mutlak olması da işaret tasarımı ve seçimini etkileyen faktörlerdendir. Mutlak veri sınıflandırmaları orasal işaretler ile gösterilebilirken, bağıl veriler renk tonu ile sınıflandırılır. Tez kapsamında navigasyon haritalarının tasarımı konu edildiği için bu bölümde harita tasarımında kullanılan kartografik işaretler bu eksende ele alınacaktır.

Kartografik işaretlerden noktasal işaretler resimsel, geometrik ve alfa nümerik olmak üzere üç grupta sınıflandırılırlar. Noktasal işaretler basit tasarımlı ve kolay anlaşılır oldukları için noktasal objelerin gösteriminde sıklıkla kullanılırlar. Resimsel işaretler tasarımları ile temsil ettikleri obje ya da olayları anımsatan bir yapıda oldukları için bu işaretler çoğu zaman haritada açıklamalarına bakmaksızın kolayca algılanabilirler. İşte bu nedenle resimsel işaretler navigasyon haritalarının tasarımında ilgi noktalarının (POI) gösteriminde tercihen kullanılır. Bu işaretlerin sunum alanı kısıtlı donanımlar için yapılan harita tasarımında kullanımı, görsel algıyı da arttırmaktadır (Lahtiranta ve diğ., 2001; Ulugtekin ve Dogru, 2004; Sarjakoski ve Sarjakoski, 2005). Geometrik işaretlerin birbirlerinden ayırımı navigasyon haritalarında da diğer haritalarda olduğu gibi renk ve biçim gibi grafik değişkenlerin kullanımı ile yapılır. Bu değişkenler noktasal işaretler ile nitelik belirten bilginin aktarımında etkin olarak kullanılır. Noktasal işaretlerle nicel karakterli bilgi aktarımı boyut değişkeninin kullanımı ile mümkündür.

Çizgisel işaretler; yollar, nehirler ve sınırlar gibi çizgisel olarak ifade edilebilen objelerin ya da olguların harita üzerinde görselleştirilmesinde kullanılan işaretlerdir. Bu işaretler temelde yol ağı üzerinden seçilen bir güzergah ve yakın çevresine ilişkin bilgi aktarımını amaçlayan navigasyon haritalarının temel bileşenlerindendir. Navigasyon haritalarında algıyı arttırmak için renk değişkeni kullanılarak yolları temsilen kullanılan işaretlerin nitel karakterli bilginin sağlanır. Ayrıca boyut grafik değişkeninin kullanımı ile yolların hiyerarşik sınıflandırılması yapılır ki bu da haritalardaki görsel algıyı arttırmaya yönelik bir uygulamadır. Çok ince karakterdeki çizgisel işaretlerinin tasarımı sırasında doku değişkeninin kullanımı çoğu zaman anlaşılır bilgi aktarımı yapmadığı için önerilmemektedir (Uluğtekin ve diğ., 2003).

Alansal objelerin ya da alansal yayılım gösteren olay ya da olguların gösteriminde kullanılan alansal işaretlerin tasarımında renk, doku, biçim ve yön değişkenleri sıklıkla kullanılır. Alansal işaret tasarımında grafik değişkenlerin bilinçsiz kullanımı semantik hatalara neden olabilmektedir. Navigasyon haritalarında alansal işaretler, ada ve bina gösteriminde kullanılırlar. Fakat sınırlı sunum alanında tüm binaların gösterilmesi karmaşıklığa neden olacağı için ilgi noktası ya da nirengi niteliğindeki binaların dışındaki yapılar alansal olarak gösterilmezler. Bu durumda binalara ait alansal bilginin adalar üzerinden aktarılabilmesi için adalar arazi kullanım özelliklerine göre sınıflandırılır (Bkz. Bölüm 5.2.4.2) ve bu sınıfların birbirlerinden ayrımı renk değişkeninin kullanımıyla yapılır. Son olarak navigasyon haritaları da ekran haritası olduğu için bu haritalarda da alansal işaretlerin tasarımında doku kullanımı, karmaşıklığa neden olduğu gerekçesiyle, tavsiye edilmez.

Bir haritada temel bilgi aktarım yollarından bir diğeri de hiç şüphesiz yazı kullanımıdır. Fakat yazı kullanımında da dikkat edilmesi gereken özellikler vardır. Yazının boyutu, yönü ve karakteri okunabilirlik açısından önem taşırken yazıların yoğunluğu da anlaşılırlığı etkilemektedir. Ayrıca yazı kullanımında bir sistematiğin uygulanması anlaşılırlığı arttırmak için gereklidir. Örneğin benzer özellikteki yer isimlerinde ya da benzer bilgileri aktaran yazılarda aynı yazı karakterinin kullanılması önerilmektedir. Doğal ve yapay obje isimlerinin yana yatık yazı türü kullanımı ile ayrılması da bu duruma örnek gösterilebilir. Navigasyon haritalarında yazının yoğun ve özensiz (yerleştirme, tür seçimi vb. gibi) kullanımı çoğu zaman karmaşıklığa neden olmaktadır.

3.2 Genelleştirme

"Genelleştirme, bilginin okunaklığı ve anlaşılırlığını geliştirmek için mekansal objelerin geometrik gösterimleri üzerine uygulanan metrik ve kavramsal dönüşümler bütünü olarak görülebilir. Aynı zamanda bazı olguların yüksek düzeydeki gösterimlerine öncülük eden yorumlama işlemi olarak da algılanabilir" (Muller ve diğ., 1995; Pavia, 1998). Pavia ve Muller'in genelleştirme tanımında kullanılan yüksek düzeydeki gösterimler, aynı objenin daha az detay içeren gösterimleridir. ÇGVT kapsamında bu gösterimler, bir objenin yüksek seviyeli gösterimlerdeki karşılığıdır. Başka bir tanımda ise genelleştirme, *"detaylı, büyük ölçekli mekansal veri kaynağından ya da grubundan istenen özelliklere uygun daha az detaya sahip,*

küçük ölçekli bir veri grubu türetme işlemi" olarak ele alınmaktadır (Van Smaalen, 1996).

Harita üretim süreci coğrafi verinin toplanması, modellenmesi ve kullanımı olmak üzere üç farklı bileşeni içermektedir. Genelleştirme bu aşamaların her biri için gereklidir ve yalnız görsel kartografik ürünlerin üretimi işleminin bir parçası değil, aynı zamanda coğrafi veri yönetiminin de bir bileşenidir. İşte bu nedenle genelleştirme tüm harita üretim sürecinin farklı bir çok yerinde karşımıza çıkmaktadır (Kilpelainen, 1997).

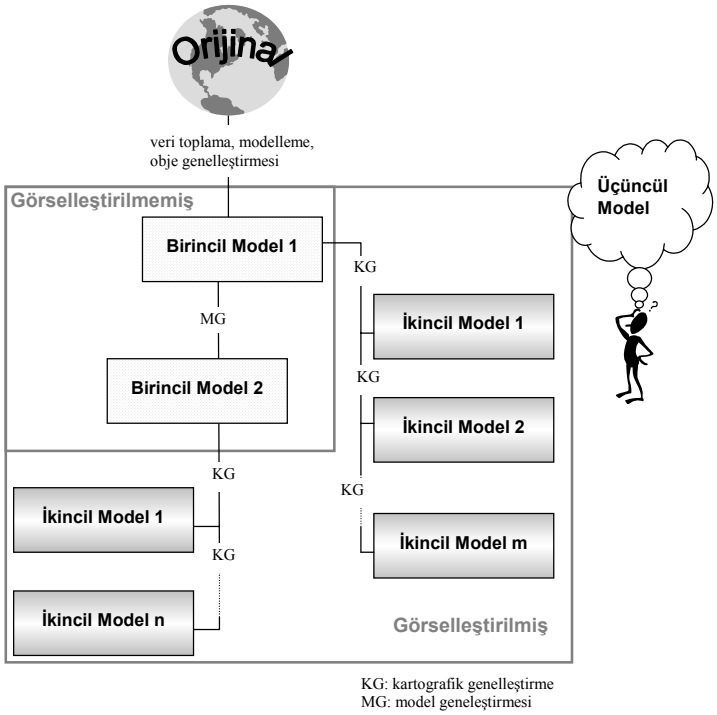
Veri toplama aşamasında genelleştirmenin varlığı eskiden beri kabul edilmektedir ve bu tür genelleştirme bazı kaynaklarda "obje genelleştirmesi" adını almaktadır. Verinin modellenmesi aşamasında yapılan genelleştirme işlemine "model genelleştirmesi", modellenen verinin kullanılarak görselleştirilmesi sürecinde yapılan genelleştirmeye ise "kartografik genelleştirme" denir (Kilpelainen, 1997; Uçar ve diğ., 2003; Doğru, 2004).

Model genelleştirmesi Şekil 3.2'de gösterilen kartografik model teorisinin "Sayısal Mekan Modeli" (SMM, Birincil Model 1) daha düşük geometrik, semantik ve/veya zamansal çözünürlüğe sahip SMM'lerin (Birincil Model 2) seçme ve sınıflandırma gibi yöntemler kullanılarak türetilmesinde kullanılan kontrollü veri indirgemeleridir (Bildirici, 2000; Uçar ve diğ., 2003). Model genelleştirmesindeki temel amaç veri yoğunluğunun amaca uygun olarak azaltılmasıdır.

Kartografik genelleştirme ise SMM'den yeryüzünün amaca yönelik görselleştirilmiş modeli olan "Sayısal Kartografik Model'in" (SKM) üretiminde kullanılır. Kartografik genelleştirme; ölçek ve/veya amaca bağlı olarak haritada gösterime konu olan objelerin, tür ve önemlerine göre belirlenen kıstasları ve harita tasarımının getirdiği zorlamaları göz önünde bulundurularak işaretleştirilmelerini amaçlar. Kartografik genelleştirme yalnızca belirli objelerin seçimini değil basitleştirme, öteleme ve birleştirmeden kaynaklanan geometri değişikliklerini de içerir. Bu nedenle sorgulama sonrası ortaya çıkan her bir gösterim için farklı bir veri modelinin depolanması gerekmektedir. Burada sorun, farklı gösterim seviyelerinde birbiriyle ilgili objelerin nasıl ilişkilendirileceğidir (Kreiter, 2002).

3.2.1 Genelleştirmenin Temel İşlemleri

Genelleştirmenin temel işlemleri, farklı kaynaklarda; genelleştirmenin adımları, araçları ya da genelleştirme operatörleri gibi isimlerle anılmaktadır. Bu tanımlar da hatalı değildir, çünkü " temel işlemler" terimi ile genelleştirmenin yapılabilmesi için gerçekleştirilen adımlar ve bu sırada kullanılan yöntemler ifade edilmektedir. Bu nedenle genelleştirme işlemleri, genelleştirme sürecinin en önemli bileşenlerindendir (Doğru, 2004).



Şekil 3.2 : Kartografya'da model kavramı, Bildirici (2000) den alınmıştır.

Genelleştirme işlemleri ile ilgili en kapsamlı model Shea ve McMaster (1989) tarafından geliştirilmiştir. Bu modelde genelleştirmenin üç ana bileşeni olan "neden, nasıl ve ne zaman" sorularından ikincisinin cevabı 12 genelleştirme işlemi ile açıklamıştır. Shea ve McMaster (1989) tarafından tanımlanan genelleştirme işlemleri 10 geometrik dönüşümü ve iki kavramsal veri dönüşümünü içermektedir. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere bu işlemlerin yaptığı etkiler Shea ve McMaster tarafından genel olarak dönüşüm biçiminde adlandırılmıştır. Çünkü bu işlemler temel veritabanı üzerinde mekansal ya da kavramsal değişikliklere neden olmaktadır. Söz konusu 10 mekansal dönüşüm işlemi; basitleştirme (simplification), arıtma ya da seçme (refinement), yumuşatma (smoothing), öteleme (displacement), alan, nokta ve çizgi birleştirme (sırasıyla amalgamation, aggregation ve merging), abartma

(exaggeration), iyileştirme (enhancement) ve geometri dönüşümüdür (collapse). Diğer iki kavramsal veri dönüşümü işlemi ise sınıflandırma (classification) ve işaretleştirmedir (symbolization).

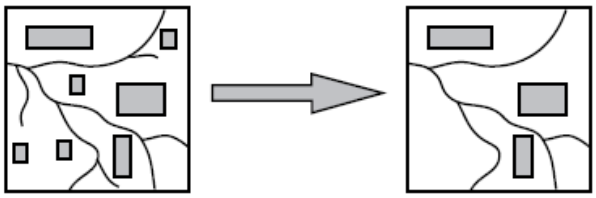
Günümüzde de hala en geçerli modellerden birini oluşturan bu işlemler model genelleştirmesi için genel bir altyapı meydana getirmiştir. Model ve kartografik genelleştirme kapsamında yapılan çalışmalar genelde bu işlemler ekseninde geliştirilmekte, gerektiğinde farklı yaklaşımlar ele alınmakta ve yeni işlemler tanımlanmaktadır. Örnek olarak Robinson ve diğ. (1995) kartografik genelleştirmeyi beş temel işlem üzerine tanımlamaktadır. Bunlar sınıflandırma, basitleştirme, abartma, işaretleştirme ve yorumlamadır (sonuç çıkarma - induction). Bu modele göre seçme işlemi genelleştirme öncesinde uygulanan ve genelleştirilecek objeleri düzenleyen ön hazırlık sürecinin bir parçası olarak ele alınmıştır. She ve McMaster (1989) tarafından tanımlanan geometri dönüşümü, yumuşatma, tipikleştirme ve öteleme gibi diğer işlemler ise sınıflandırma, basitleştirme ve abartmanın alt bileşenleri olarak ele alınmıştır.

ÇGVT pratikte model genelleştirmesi sürecini kapsayan bir uygulamadır. Bu tez kapsamında gerçekleştirilecek olan genelleştirmede farklı seviyelerde gösterime konu olacak verilerin türetimi amaçlanmıştır. Uygulama konusu olarak araç navigasyonu seçildiği için gösterime konu olacak objelerin modellemesinde, yol geometrisini değiştirmeyen seçme ve sınıflandırma işlemleri kullanılarak bir genelleştirme yapılmıştır. Bu nedenle temel işlemlerden yalnız seçme ve sınıflandırma işlemleri aşağıda detaylı olarak tartışılmıştır.

3.2.1.1 Seçme (Eleme, Arıtma)

Eleme ve arıtma (refinement) olarak da adlandırılan seçme işlemi bir sınıf içerisindeki obje sayısının azaltılmasında kullanılır (Şekil 3.3). Klasik ve sayısal ortamda genelleştirmede çok sık olarak kullanılan ve sayısal amaçlı kullanıma da iyi uyum gösteren bu işlem ile hedef harita için gereksiz görülen verilerin elenmesi ile harita üzerinde farklı amaçlar için kullanılabilecek boş alanların yaratılması sağlanır. Shea ve McMaster (1989), seçme aşamasının kavramsal olarak genelleştirmenin bir parçası olmamasına rağmen geometrik olan ve olmayan dönüşümler için gerekli bir hazırlık aşaması olarak ele alınması gerektiğini belirtmektedir. Çünkü hemen hemen tüm sayısal genelleştirme uygulamaların ilk aşamasını mevcut bir veritabanından

bazı öznitelik değerlere, kodlama sistemine ya da metrik sınır değerlere bağlı olarak obje seçimi oluşturmaktadır (Kilpelainen, 1997).



Şekil 3.3 : Seçme işlemi, Lee (1996) den alınmıştır.

Seçme işleminin denetimi, harita üzerinde uygun bilgi yoğunluğunun bilinmesine dayalıdır. Harita ölçeğine bağlı olarak harita üzerindeki obje sayısının değişimine ilişkin basılı harita serilerinin karşılaştırıldığı deneysel çalışmalar sonucunda "Töpfler'in Radikal Kanunu" ya da "Seçme Kuralı" olarak adlandırılan ve

$$n_h = n_k \times \sqrt{\frac{S_k}{S_h}} \qquad \textbf{(3.1)}$$

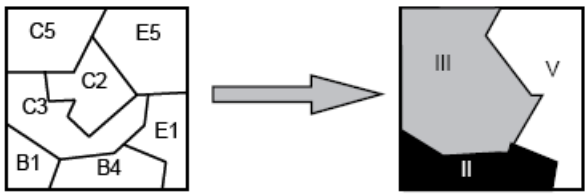
olarak ifade edilen eşitliği elde edilmiştir (Robinson ve diğ., 1995; Jones, 1997). Bu eşitlikte n_h hedeflenen obje sayısını, n_k kaynak obje sayısını, S_k ve S_h ise sırasıyla kaynak ve hedeflenen ölçek katsayılarını göstermektedir. İşaret büyüklüklerinin eşlenik obje boyutlarıyla doğrudan orantılı olduğu büyük ölçekli haritalarda uygulanan bu eşitliğin küçük ölçekli haritalarda farklı obje türlerinin seçimi için geliştirilen uyarlamaları da mevcuttur.

Son zamanlara kadar seçme işlemi için genel olarak metrik eşik değerler kullanılmıştır, fakat seçme kriteri olarak objelere ilişkin öznitelik verilerinin kullanılması da önerilmektedir. Örneğin binalar için alan gibi metrik bir eşik değer kullanılabileceği gibi, benzer bir seçme işlemi, veritabanında depolanan binaların kültürel önemi, kat adedi ya da kullanım şekli gibi öznitelik bilgileri ile de yapılabilir. Kilpelainen (1997) bu konu üzerine kümeleme (aggregation) işleminin bloklarda bulunan binalara ait öznitelikler kullanılarak yapılandırılabileceğini dile getirmiştir (Doğru, 2004). Aynı şekilde yol ağlarının farklı karakterlerine göre seçilerek genelleştirme işlemlerine tabi tutulması konusunda, Thomson ve Richardson (1999), Jiang ve Harrie (2004) gibi yazarlar tarafından önemli araştırmalar yapılmıştır. Thomson ve Richardson tarafından geliştirilen "stroke" algoritması ile yol ağlarının geometrik özelliklerine bakılarak uzun süre kesintiye uğramadan devam eden yollar belirlenmiştir. Bu yöntem daha sonra genelleştirme

amaçlı yapılan yol ağı sınıflandırmalarında da etkin olarak kullanılmıştır (Thomson, 2006). Jiang ve Harrie (2004) tarafından yapılan çalışmada da "stroke" yönteminde geometrik ilişkilerin yanı sıra yol isim ve türleri gibi öznitelik verilerinin de kullanılması önerilmiştir.

3.2.1.2 Sınıflandırma

Benzer ya da aynı nitelikteki değerlere sahip objelerin bir grup altında toplanması işlemidir. Bu yöntem benzer değerlerin haritada aynı sınıf altında toplanmasını dolayısıyla da aynı sınıfa dahil değerlerin aynı görselleştirme yöntemi ile gösterilmesini sağlar. Başka bir deyişle sınıflandırma işlemi Şekil 3.4'te de görüldüğü gibi haritada görsel karmaşıklığı azaltarak haritanın anlaşılırlığını artırmak için kullanılır. Ayrıca sınıflandırma kartografik genelleştirme yöntemlerinin daha etkin ve hızlı bir şekilde uygulanmasına olanak sağlayan bir hazırlık süreci olarak da ele alınabilir. Öznitelik bilgisinin gösteriminde, sınıflandırma işleminin daha verimli bir şekilde kullanılması önem teşkil etmektedir (Kilpelainen, 1997).



Şekil 3.4 : Sınıflandırma işlemi Lee (1996) den alınmıştır.

3.3 Genel Değerlendirme

Haritanın tasarımını etkileyen temel faktörler ölçek ve amaçtır. Bölüm 2'de de anlatıldığı gibi ölçek, haritanın çözünürlüğünü bir anlamda da doğruluğunu etkilemektedir. Amaç ise haritanın temel tasarım yöntemlerini etkilemektedir. Çünkü haritanın tasarımında kullanılan yöntemler haritanın, dolayısıyla da harita ile aktarılan bilginin, algılanabilirliğini ve anlaşılırlığını etkilemektedir. Bu durumda haritalar üretilirken temel tasarım ilkelerinin yanı sıra amaca ve bu amaç dolayısıyla oluşan zorlamalara yönelik ortaya çıkan tasarım kriterlerine dikkat edilmelidir. Tezin bu bölümünde harita tasarımı konusu temel tasarım ilkeleri çerçevesinde ele alınmıştır. Bu kapsamda harita tasarım sürecinin her evresini doğrudan etkileyen kartografik genelleştirme ve işaretleştirme konuları navigasyon haritalarının tasarımı konusu da irdelenerek anlatılmıştır. Navigasyon haritalarının tasarımında sıklıkla kullanılan çizgisel, noktasal ve alansal işaretlerin seçimi ve tasarımı konusunda

bilgilendirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda noktasal işaretlerden resimsel işaretlerin kullanımı kolay anlaşılır ve basit tasarımlı oldukları için önerilmiştir. Çizgisel işaretlerin kullanımında sağlanan semantik ve görsel hiyerarşinin haritaların algılanabilirliğini arttıracağı vurgulanmıştır. Alansal gösterimlerin kullanımında görsel algıyı arttıracak sınıflandırma ve işaretleştirme yöntemlerinin kullanımı önerilmiştir. Tezde gerçekleştirilen uygulamalar ÇGVT kapsamında değerlendirildiği için özellikle model genelleştirmesi çalışmaları yapılmıştır. Bu nedenle bu bölümde genelleştirme türlerinin anlatımının ardından model genelleştirmesinin temel işlemlerinden seçme ve sınıflandırma konusu detaylı olarak ele alınmıştır. Ayrıca bu konular, kartografik model teorisiyle de ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak tezin bu bölümünde harita tasarımı konusu çalışmanın amacına uygun olarak anlatılarak, uygulama kapsamında ele alınan konuların daha iyi anlaşılması için hazırlık yapılmıştır.

4. ARAÇ NAVİGASYONU

Navigasyon işlemi uygulama alanlarına göre uçak, gemi, araç navigasyonu ya da kişisel navigasyon gibi çeşitli isimler almaktadır. Her ne kadar adı geçen navigasyon yöntemleri, amaç ve uygulama ortamına bağlı olarak ortaya çıkan kısıtlamalar nedeniyle önemli farklılıklar içerse de yol bulma isteği tüm bu yöntemlerin temelini oluşturmaktadır (Doğru, 2004).

Araç navigasyonunun temel amacı, araç kullanıcısının özellikle yabancı bir ortamda yapacağı hareketlerin, bir sistem dahilinde, gerekli yönlendirmeler yapılarak desteklenmesi ve yönlendirilmesidir. Navigasyon sistemleri bu amacı dört temel bileşenini kullanarak gerçekleştirir. Bunlar;

- sistem dahilinde kullanım şartlarına bağlı olarak tercih edilecek bir konum belirleme sistemi,
- uygun konum belirleme sistemi ile elde edilen verilerin ilişkilendirileceği ve sistemin doğru bir şekilde çalışmasını sağlayacak nitelikteki geometrik ve geometrik olmayan veri,
- tüm verileri değerlendirecek, yön bulma işlemi için gerekli analiz ve hesaplamaları yapacak ve elde edilen sonuçlar dahilinde kullanıcıyı yönlendirecek bir yazılım ve
- bu işlemlerin gerçekleştirilebileceği araç içi donanım (Bkz. Şekil 4.1) olarak sıralanabilir.

Navigasyon işlemi yol ağlarının geometrik ve fiziksel koşullarına göre belirli yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Bu yöntemler temel mekansal sorgulamalar ve analizlerdir. Söz konusu sorgulama ve analizler objelerin karakteristiklerini tanımlayan özniteliklerini ve bu objelerin mekansal bilgilerini kullanan analitik yöntemler topluluğudur. Navigasyon sistemlerinde kullanılan analizler mekansal sorgulamalar, yakınlık analizleri ve ağ analizleri olmak üzere üçe ayrılır. Mekansal sorgulamalar ya da yakınlık analizleri navigasyon işlemi sırasında karşılaşılabilecek özel durumlarda aracın yönlendirileceği yerin belirlenmesinde kullanılır. Aracın bulunduğu noktaya en yakın benzin istasyonunun yerinin belirlenmesi bu tür

sorgulamaya örnektir. Son analiz grubunu oluşturan ağ analizleri ise navigasyon işleminin temel hedefleri olan en kısa yoldan, en uygun yoldan, ya da amaca yönelik uğrak noktaları üzerinden istenilen noktaya ulaşım işlemlerinin yerine getirilmesinde kullanılır. Bu analizler matematikte çizge kuramı (graph theory) kapsamında da ele alınan problemler olup farklı amaçlar için en kısa yol çözümleri çeşitli yöntemler kullanılarak elde edilmektedir (Christofides, 1975; Diestel, 2005). Bu yöntemlerin günümüzde de hala sıklıkla kullanılanı Dijkstra (1959) tarafından geliştirilmiştir.



Şekil 4.1 : Araç navigasyon sistemi örneği.

Ağ analizinin temel amacı çizgi karakteristiklerinin mekansal analizidir (Doğru ve Uluğtekin, 2005). Ağ analizleri uygulamada; optimum güzergah belirleme (route optimization), adres belirleme (address matching) ve kaynak tahsisi (resource allocation – location allocation) olmak üzere üç şekilde belirlenir.

Birden fazla bağlantısı olan iki düğüm noktası arasında bağlantılardan hangisinin en iyi çözüm olduğuna karar vermek amacıyla yapılan işlemler optimum güzergah belirleme olarak adlandırılır. En uygun çözüm en kısa mesafe olabileceği gibi bağlantı özelliğine ve kullanıcı isteğine bağlı olarak değişim gösteren bir güzergah da olabilir. Ağ üzerinde öznitelik bilgisi bilinen bir noktayı tespit etme işlemi adres belirleme olarak isimlendirilir. Bu özellik yardımıyla ağ üzerinde istenilen noktaya ulaşım sağlanır. Kaynak tahsisi ise planlama ve yatırıma yönelik faaliyetlerdeki önemli işlerden biridir. Ağ yapısındaki coğrafi varlıkların aynı anda analiz edilerek optimum merkezin noktasal olarak tespit edilmesi işlemine Coğrafi Bilgi Sistemlerinde kaynak ya da konum tahsisi analizi adı verilir (Longley ve diğ., 2001; Curtin, 2007).

Her biri bir CBS analizi olan bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için uygulama kapsamında kullanılan verilerin iyi tanımlanmış, veritabanlarının da tutarlı olması gerekmektedir. Aynı zamanda kullanılan geometrik altlık çizgi düğüm topolojisinde düzenlenmiş vektör veri olmalıdır. Topoloji, mekansal ilişkilerin matematiksel anlatımıdır. Başka bir deyişle "koordinat uzayı deforme edildiğinde geometrinin değiştirilemeyen özellikleridir." Topoloji, "kesen, komşu, değen, vb." gibi geometrik ilişkileri açık bir şekilde tanımlayan bir yapıdır. Kartografya'da topoloji konusu farklı çalışmalarda detaylı olarak ele alınmıştır (Pavia, 1998; Hardy ve diğ., 2003; Doğru, 2004). Ayrıca kullanılan veritabanının güncel olması da elde edilen sonuçların güvenilirliği açısında önem teşkil etmektedir.

4.1 ÇGVT Uygulaması Olarak Araç Navigasyonu

Genel olarak bakıldığında sistemin temel bileşenleri veri, yazılım ve donanımdır. (Doğru ve Uluğtekin, 2005). Sistem dahilinde kullanılan verinin geometrik ve semantik anlamda doğruluğu navigasyon yazılımı tarafından gerçekleştirilen ağ analizleri sonucunda hesaplanan güzergahın doğruluğunu etkilemektedir. Veri; genel olarak aracın takip edeceği yol ağını, ilişkili objeleri ile birlikte içeren geometrik veri ve kullanıcının seyahatine etki edecek yol ağına ilişkin hız sınırı ve yol türü gibi öznitelik verilerdir. Sistem kapsamında geometrik verilerin kaynağı haritalardır. Bu haritalar navigasyon uygulamasının kapsamına göre fiziksel yeryüzünün detaylı gösterimlerini içerebileceği gibi, düşük çözünürlüklerde yalnızca hesaplanan güzergahın genel bilgilerini aktaran referans haritalar da olabilir. Dolayısıyla navigasyon haritalarının üretiminde aynı veritabanının farklı amaçlar için kullanılması söz konusudur. Bu yapı ÇGVT yaklaşımı ile önerilen sistem ile örtüşmektedir. Ayrıca haritaların tasarımında kullanılan verilerin zaman içerisinde yol geometrisi ya da her hangi başka bir bileşende görülen değişimler nedeniyle güncellenmeleri gerekmektedir. Bu süreçte başarılması gereken adımlar ve ortaya çıkan problemler de ÇGVT'nin kapsamı içerisindedir. Bu nedenle bir çok çalışmada navigasyon haritalarının üretimi ve ilgili veritabanlarının modellenmesinde ÇGVT yaklaşımının kullanımı önerilmiştir (Doğru, 2004; Sarjakoski ve Sarjakoski, 2005).

4.2 Navigasyon Amaçlı Harita Tasarımı

Zaman içerisinde teknolojik anlamda yaşanan gelişmeler bir çok disiplin gibi kartografyayı da etkilemiştir. Klasik harita tasarımı ile başlayan süreç, bilgisayar teknolojilerinin gelişimiyle ekran haritalarının tasarımına yönelmiştir. Bununla birlikte harita tasarımı sürecinin otomatikleştirilmesi kartografların önemli araştırma alanlarından biri haline gelmiştir. Harita tasarımını etkileyen bir çok faktör tasarlanacak haritanın türüne bağlı olarak özelleşmiştir. Bu kapsamda analog haritaların tasarımında klasik yöntemlerin kullanımı sürdürülürken, ekran haritalarının tasarımında bu yöntemlere ek olarak farklı yorumlamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin doku değişkeninin ekran haritalarında kullanımının iyi sonuçlar vermemesi transparanlık ve gölge değişkenlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Bertin, 1983; Ed, 2001; Kraak, 2002; Ulugtekin ve Bildirici 2002; Ulugtekin ve diğ., 2003) Dahası donanım teknolojilerindeki gelişmeler ile küçük ekranlı taşınabilir bilgisayarların kullanımının yaygınlaşması ile küçük ekran için harita tasarımı farklı bir araştırma alanı olmuştur. Navigasyon haritalarının tasarımı da bu konu kapsamında ele alınmalıdır.

Küçük boyutlu donanımlara yönelik olarak yapılacak tasarım konusunda Finlandiya, İsveç ve Almanya'daki bazı kurum ve üniversitelerin katılımıyla tamamlanan GiMoDig projesi çerçevesinde geniş kapsamlı çalışmalar yapılmıştır (Sarjakoski ve Sarjakoski, 2005). Projede yaya navigasyonu uygulama konusu seçilerek bu eksende mobil topografik haritalar için kullanıcı gereksinimleri belirlenmiş, mobil harita servisleri için market analizleri yapılmış, küçük ekran haritalarının tasarım kriterleri belirlenerek yapılan araştırmalarda elde edilen kazanımlar geliştirilen bir prototip üzerinde uygulanmıştır. Çalışma aynı zamanda ÇGVT yaklaşımının navigasyon amaçlı kullanımını vurgulaması ve mobil sistemlerde gerçek zamanlı genelleştirme çalışmalarını desteklemesi açısından önemlidir (Sester ve diğ., 2004). Bu çalışmaların sonuçları bir rapor olarak sunulmuş ve aynı zamanda Nivala ve Sarjakoski (2003) navigasyon haritaları tasarımında dikkat edilmesi gereken kullanıcı istekleri üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmalar kapsamında elde edilen temel sonuçlar genel anlamda aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Navigasyon haritaları, kullanıcının ve gerektiğinde başka elemanların konum bilgisini iletmelidir.

- Sistem güzergah bilgilerini görselleştirmelidir.
- Navigasyon haritalarının tasarımında kullanılacak işaret ve gösterilecek objelerin boyutları ve yazıların türleri kullanıcı tarafından kolay anlaşılabilmesi için çok iyi seçilmesi gerekmektedir.
- Resimsel işaretler ve renk grafik değişkeninin navigasyon haritası tasarımında kullanımı anlaşılırlığı arttırır.
- Harita veri formatı seçimi bellek probleminin aşılması için önemlidir.
- Haritada gösterilmesi gereken detay miktarı yine haritanın anlaşılırlığı bakımından önemli bir parametredir.

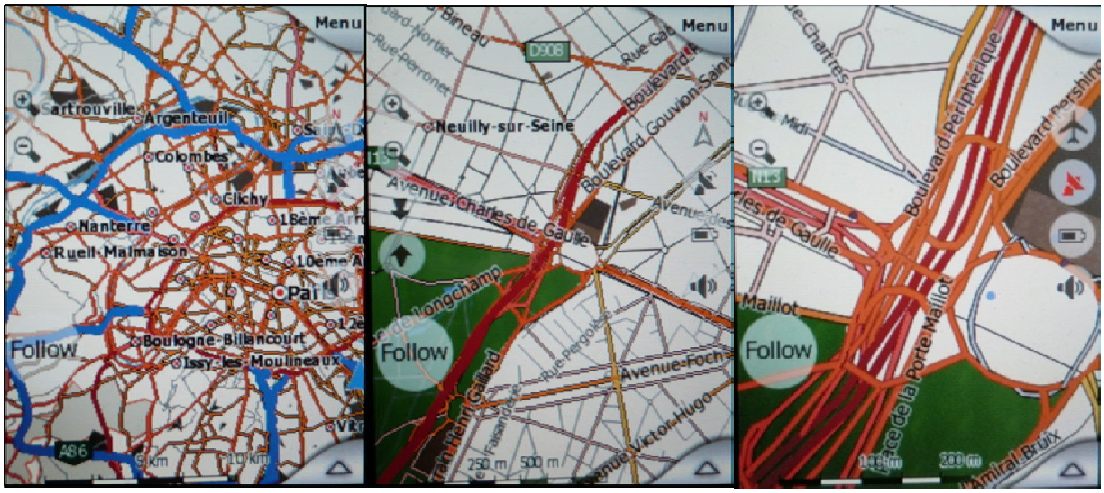
Bu tezde navigasyon haritalarının kartografik tasarımından ziyade kartografik tasarım için kullanılacak verilerin tek bir veritabanından otomatik olarak türetilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç dahilinde gerçekleştirilen çalışmada navigasyon haritalarında gösterime konu olan detay miktarlarının optimize edilmesi konusunda teoriler geliştirilmiştir. Detay türü ve miktarını belirleme süreci de ÇGVT perspektifinde ele alınmıştır. Bu nedenle küçük ekran harita tasarımına yönelik kartografik temeller bu çalışmanın dışında tutulmuştur.

4.3 Araç Navigasyon Sistemlerinin Genel Değerlendirmesi

Araç navigasyon sistemleri veri, donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşmaktadır. Sistem dahilinde elde edilen konum verisi referans alınarak araç sürücüsünün bir noktadan başka bir noktaya olan seyahatinde izleyeceği güzergah planlanmakta ve bu işlemin sonuçları araç kullanıcısına harita ya da ses ve görüntü gibi çoklu ortam olanakları kullanılarak aktarılmaktadır. Yani haritalar araç navigasyon sistemlerinde veriden ağ analizleri ile elde edilen bilginin iletişimi için kullanılmaktadır. Navigasyon haritalarının tasarımındaki temel sorun sınırlı boyutlara sahip bir ekranda sistem kullanıcısının gereksinim duyduğu optimum bilgiyi doğru, okunabilir ve anlaşılır bir şekilde sunmaktır. Sistem, farklı ölçek ve çözünürlükteki haritaları kullandığı için her bir seviyede gösterime konu olacak detayların belirlenmesi ve bu detayların temel veriden türetilerek görselleştirilmesi gerekmektedir.

Ticari olarak kullanılan navigasyon sistemlerinde yeryüzü gerçekliği; noktasal, çizgisel ve alansal işaretler kullanılarak görselleştirilmektedir. Bu kapsamda temel navigasyon verisi ise yol ağı, yol ağının çevrelediği alanlar ve navigasyon sırasında

araç sürücüsünün ihtiyaç duyabileceği hizmetlerin verildiği ilgi noktalarına ilişkin verilerden oluşmaktadır. Uygulamanın farklı ölçeklerdeki haritalara olan ihtiyacı CBS uygulamalarında olduğu gibi veri gruplarının gösterileceği ölçek seviyelerinin belirlenmesi yöntemi ile karşılanmaktadır (Şekil 4.2). Çoklu gösterim mantığına dayanan bu yöntemde her ölçek seviyesinde kullanıcıya sunulacak olan verinin kapsamı ve miktarı söz konusu seviyenin kullanıldığı ölçek aralığı için daha önceden tanımlanmaktadır. Uygulamada ise her gösterim seviyesi için temel veri tabanından, tanımlanmış içeriğe bağlı olarak seçilen veriler, kartografik genelleştirme ve görselleştirme işlemlerinden geçirilerek sonuç haritalar oluşturulmaktadır. Bu aşamada seçme işlemi öznitelik verileri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Yol ağının seçilmesinde yol tipi, ilgi noktalarının seçiminde ise ilgi noktası olmaya aday binanın kendisine ya da bağımsız bölümlerine ait öznitelik bilgilerinden yararlanılmaktadır. Alansal verilerin genelleştirilmesi, söz konusu alanların arazi kullanım özelliklerine göre sınıflandırılması ile mümkün olmaktadır.



Şekil 4.2 : Farklı gösterim seviyeleri, IGO 2006 yazılımından örneklenmiştir.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan navigasyon sistemleri pratikte önemli yararlar sağlamaktadır. Fakat sistem dahilinde kullanılan haritalarda özellikle yalnız öznitelik verileri kullanılarak gerçekleştirilen genelleştirme sonucunda Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de de görüldüğü gibi anlaşılması zor karmaşık gösterimler elde edilmektedir. Bu haritalardaki karmaşıklıkların nedenleri ölçeğe göre farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle bu problemler büyük ve küçük ölçekte karşılaşılan problemler olarak iki ana grupta ele alınabilir (Bkz. Bölüm 5.2.4 ve Bölüm 5.2.5). Büyük ölçekte karşılaşılan problemler Şekil 4.2c ve Şekil 4.3'te gösterildiği gibi yol ağı verisinin yoğunluğu ve

harita yazılarının yeteri kadar optimize edilmemesidir. Çalışma kapsamında harita yazılarına ilişkin problemlere değinilmeyecektir. Yol ağı verisinin yoğunluğu, haritada gösterime konu olacak çizgisel objelerin seçiminin yol özniteliklerine (genellikle yol tipi kullanılır) bağlı olarak yapılmasından kaynaklanmaktadır. Sisteme en detaylı seviyede tüm yol tiplerini göstermesi koşulu tanıtıldığı için genellikle bu seviyede bir genelleştirme yapılamamaktadır. Bu da özellikle ana yolları birbirine bağlayan katlı kavşakların olduğu bölgelerde karmaşıklığa neden olmaktadır. Aynı probleme küçük ölçek gösterimlerde de rastlanmaktadır. Şekil 4.2a'da da görüldüğü gibi bu ölçekte ayrıca karmaşık kavşak gösterimlerinin genelleştirilmemesinden kaynaklanan problem de eklenmektedir. Büyük ölçekte karşılaşılan problemler seçme işleminin yol özniteliklerinin yanı sıra yol geometrisini de dikkate alan bir yöntemle uygulanması ile aşılabilecektir. Küçük ölçek problemlerin çözümü için ise yol ağlarındaki karmaşık kavşak yapılarını genelleştirilmesine yönelik yöntemler geliştirilmelidir. Bu sorunların giderilmesi sonucunda tasarlanacak karmaşıklığı en aza indirgenmiş haritaların kullanımı ile sistem kullanıcısının görsel algısı arttırılabilecek, bu da sürüş güvenliğini arttıracaktır. Ayrıca gelişen teknolojilerin etkisiyle navigasyon sistemlerinin tasarımında 3 boyutlu ve hatta gerçek zamanlı uygulamalara önem verilmektedir. Bu süreçte sistemlerin yalnız donanım ya da yazılım olarak değil kullanılan haritalar açısından da statik yapıdan dinamik yapıya doğru geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.3 : Detaylı gösterim, IGO 2006 yazılımından örneklenmiştir.

Var olan uygulamalardan elde edilen deneyimlerin de etkisiyle bu tez kapsamında mevcut navigasyon haritalarındaki veri yoğunluğunun giderilmesi için kullanılabilecek olan genelleştirme yöntemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, özellikle çizgisel verinin seçimi ve alansal verinin sınıflandırılma

doğruluğunun arttırılması konularında hem mevcut yöntemler uyarlanmış hem de yeni yaklaşımlar geliştirilerek bunların teorik ve pratik anlamda uygulanabilirliği gösterilmiştir. Tezin 5. bölümünde yukarıda söz edilen problemlerin çözümüne yönelik geliştirilen yöntemler ve gerçekleştirilen uygulama detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Çalışmanın amacı navigasyon haritalarının tasarımını ÇGVT kapsamında ele almak olduğu için uygulama süreci de ÇGVT adımlarına bağlı olarak anlatılmıştır. Bu kapsamda ilerleyen bölümlerde öncelikle navigasyon uygulamasında kullanılacak olan gösterim seviyelerinin belirlenmesi konusu ele alınacaktır. Daha sonra seviye içi ve seviyeler arası ilişkilerin belirlendiği veritabanı modeli detaylı olarak anlatılacaktır. Bir sonraki aşamada da hem gösterim seviyelerinin otomatik türetildiği hem de navigasyon haritalarındaki büyük ve küçük ölçekteki problemlerin çözümü için geliştirilen yöntemlerin kullanıldığı prototip yazılımın tasarımı ve uygulaması anlatılacaktır. Son bölümde ise uygulamada elde edilen sonuçlar sunularak bu sonuçların değerlendirmesi yapılacaktır.

5. UYGULAMA

5.1 Uygulamaya İlişkin Genel Bilgiler

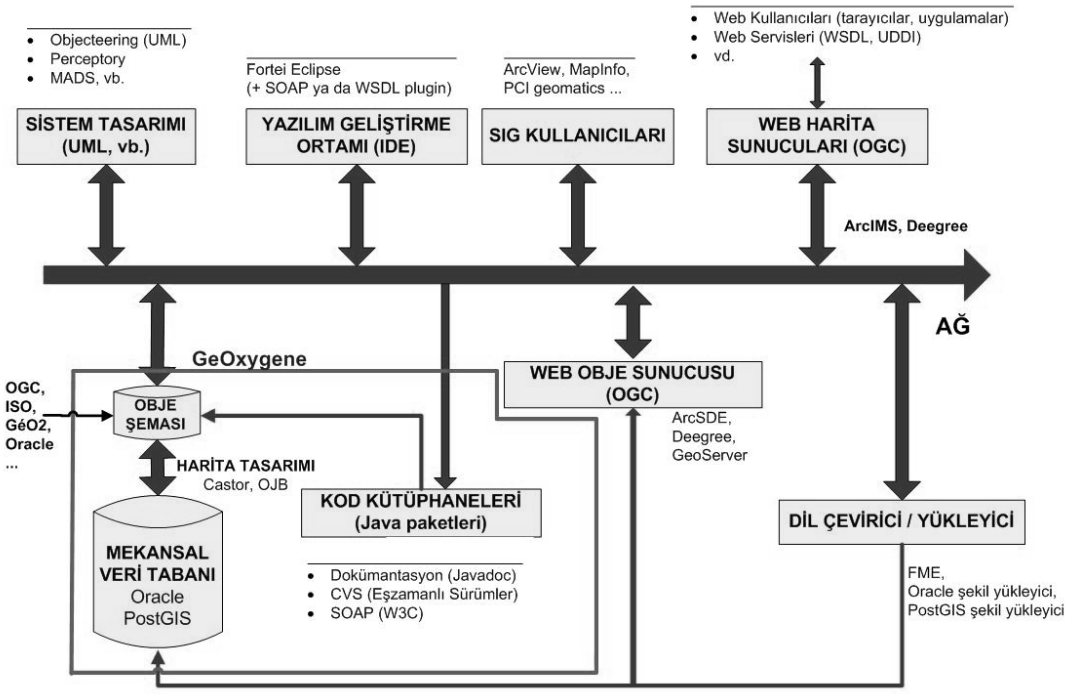
Bu tezin temel amacı araç navigasyon haritalarını Çoklu Gösterim Veritabanı (ÇGVT) yaklaşımı kapsamında üretilmesi için gerekli veritabanı yapısının oluşturularak temel veritabanından uygulamaya yönelik veritabanlarının otomatik olarak türetilmesini sağlayan bir sistem tasarlamak ve uygulamaktır. Ayrıca oluşturulan sistem ile günümüzde ticari amaçlı kullanılan yazılımlardaki haritaların tasarım sorunlarının çözümüne yönelik uygulamalar da yapılması amaçlanmıştır. ÇGVT ve araç navigasyon sistemlerinin ilişkisi yazar tarafından tamamlanan "Araç Navigasyon Haritalarının Tasarımında Kavşak Yapılarının Modellenmesi İçin Çoklu Gösterimler" başlıklı Yüksek Lisans tezinde detaylı olarak ortaya koyulmuştur (Doğru, 2004). Bu çalışmadan yola çıkılarak gerçekleştirilen bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmaları dört ana grupta toplamak mümkündür. Öncelikle araç navigasyonu uygulamasında ihtiyaç duyulan farklı ölçek ve çözünürlükteki haritalar belirlenerek araç navigasyon sistemleri için ÇGVT gösterim seviyeleri içerikleri ile birlikte belirlenmiştir. Daha sonra, belirlenen gösterim seviyelerine uygun olarak ÇGVT tasarımı yapılmıştır. Bu çalışmalara paralel olarak sürdürülen araştırmalarla mevcut navigasyon haritalarının büyük ve küçük ölçekteki tasarım eksiklikleri belirlenmiştir. Son olarak Bölüm 4.3'de detaylı olarak anlatılan bu problemlerin çözümüne yönelik yöntemler geliştirilerek harita geometrik verisinin otomatik üretimi için tasarımlanan sistem üzerinde uygulamalar yapılmıştır.

Küçük ölçekli navigasyon haritalarında katlı kavşakların genelleştirilmesine yönelik önerilen yöntemler Belçika Gent Üniversitesi Coğrafya Bölüm'ünde yapılan çalışmalar ile geliştirilmiştir. Büyük ölçekli navigasyon haritalarında yol ağlarının ve alansal objelerin genelleştirilmesi için önerilen yöntemler ise Fransa'nın Ulusal Harita Kurumu (National Mapping Agency) Ulusal Coğrafya Enstitüsü (Institut Geographique National - IGN) COGIT (Conception Objet et Généralisation de l'Information Topographique – Obje Tasarımı ve Topografik Bilginin Genelleştirmesi) Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen çalışmalarda geliştirilmiştir.

Bilgisayar ortamında otomatik ya da yarı otomatik olarak gerçekleştirilen uygulamalar COGIT Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

5.1.1 Uygulamada kullanılan teknolojiler

Tez araştırması uygulaması kapsamında COGIT Laboratuvarı'nda geliştirilen açık kaynak kodlu GeOxygene yazılım geliştirme platformu kullanılarak bir prototip geliştirilmiştir. GeOxygene platformu, ticari CBS yazılımlarında sıklıkla görülen veritabanı yönetim sistemi kullanım olanaklarının yetersizliği, veri modellerinin ISO (International Standards Organization) ve OGC (Open Geospatial Consortium) tarafından belirlenen birlikte işlerlik gereksinimlerini karşılamaması, kullanılan uygulama geliştirme yazılımlarının özel yazılımlar olması gibi problemleri ve son olarak da bu yazılımların kullanımlarının ekonomik boyutları göz önünde bulundurularak bu tür sorunların bulunmadığı açık kaynak kodlu bir araştırma geliştirme platformunu hizmete sunmak amacıyla yaratılmıştır (Badard ve Braun, 2004). GeOxygene; Şekil 5.1'de görülen mimari çerçevesinde yukarıda söz edilen sorunları çözmek amacıyla İnternet erişimli nesne yönelimli yazılım dili Java'yı, UML (Unified Modelling Language) gibi nesne yönelimli bileşen tasarımı ve analiz tekniklerini, Oracle ve PostGIS gibi ilişkisel ya da obje ilişkisel veritabanı yönetim sistemlerini, XML gibi web üzerinden veri transferine olanak sağlayan yapılandırılmış dilleri, WSDL (Web Services Description Language) ve SOAP (Simple Object Access Protocol) gibi İnternet hizmetleri tanım ve dağıtık programlama yapıları için uzaktan kullanım işlemlerini bünyesinde birleştirmiştir. İnternet üzerinden sürekli güncellenen ve uygulama programı arayüz (API - Application Programming Interface) desteği verilen GeOxygene platformu, Java temelli geliştirildiği için Eclipse gibi IDE (Integrated Development Environments) geliştirme platformları üzerinden çalışabilmekte ve sonuç ürünleri yine Java'yı destekleyen OpenJump gibi açık kaynak kodlu CBS yazılımları kullanılarak görselleştirilebilmektedir (URL1, URL2).



Şekil 5.1 : GeOxygene platform mimarisi.

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen uygulamada Java programlama dili kullanılmış ve PostgreSQL ve PostGIS veritabanı teknolojilerinden yararlanılmıştır. Geliştirilen prototip uygulamaya ilişkin örnek kodlar Ek A.1'de verilmiştir. Ayrıca gösterim seviyeleri veri modeli ve ilişkilerinin görselleştirilmesinde ve faaliyet diyagramlarının oluşturulmasında UML modelleme dili kullanılmıştır. Uygulama kapsamında verilerin düzenlenmesi ve sonuçların görselleştirilmesi aşamalarında OpenJump yazılımının yanı sıra ArcGIS 9.x yazılımı da kullanılmıştır. Kavşak yapılarının ağaç biçiminde tanımlanması java tabanlı JGraph uygulama programında gerçekleştirilmiştir (URL3). IGO isimli navigasyon yazılımının örnek haritaları da tezin farklı bölümlerinde örnek olarak kullanılmıştır.

PostgreSQL, Kaliforniya Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Bölümü'nde geliştirilen açık kaynak kodlu obje ilişkisel bir veritabanı yönetim sistemidir. Daha önce geliştirilen POSTGRES yazılımının SQL (Structured Query Language) standart sorgu dilini destekleyen bir yapıya getirilmesiyle ortaya çıkan PostgreSQL, iyi performans veren, güvenli ve geniş özellikleri olan bir Veri Tabanı Yönetim Sistemidir. Hemen hemen tüm Unix ya da Unix türevi (Linux, FreeBSD gibi) işletim sistemlerinde çalışır ve ayrıca NT çekirdekli tüm Windows sistemlerde de çalıştırılabilir (URL 4).

UML ise yazılım sistemlerinin, organizasyonel yapıların ve her türden karmaşık sistemlerin tanımlanması, yapılandırılması, modellenmesi ve bu adımların dokümante edilerek görselleştirilmesi amacıyla kullanılan standart bir dildir. Günümüzde UML en gelişmiş mühendislik uygulamalarının karmaşık sistemlerinin modellenmesi, nesne yönelimli yazılım ve yazılım geliştirme süreçlerinin vazgeçilmez bir bileşeni olarak kabul edilmektedir (URL 5). Bu tezde de UML'in sınıf ve faaliyet diyagramları kullanılarak modeller geliştirilmiştir. Faaliyet diyagramları için kullanılan UML notasyonu Ek A.2'de verilmiştir.

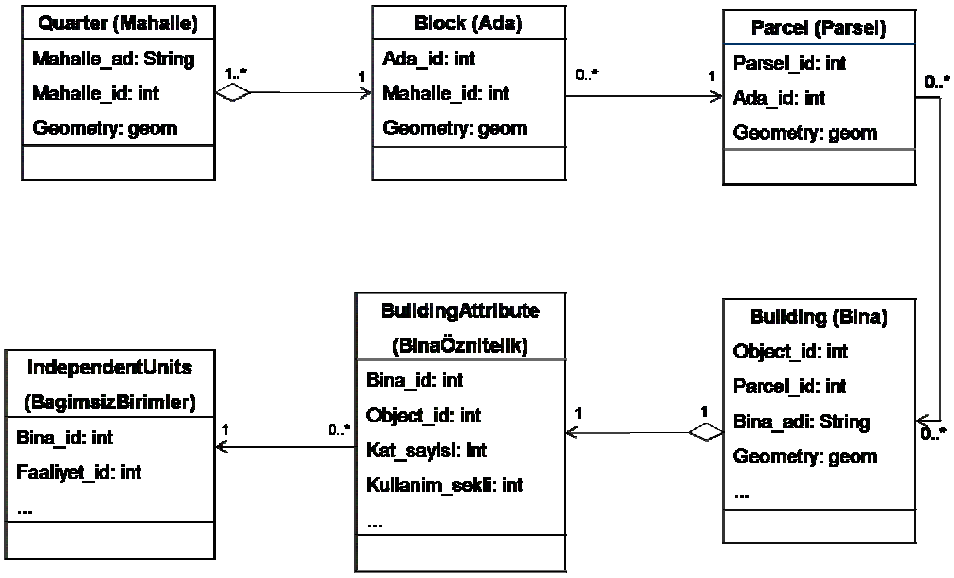
5.1.2 Çalışma bölgesi ve veriler

Uygulama kapsamında İstanbul, Beşiktaş ilçesi, çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir. Bu seçimde ilçenin ulusal ve uluslararası standartta yollara sahip olması, İlçe Belediyesi tarafından hazırlanmış çalışan bir kent bilgi sistemi uygulamasının kullanılıyor olması, ilçeye ait geometrik verilerin CBS'ye uygun şekilde düzenlenmiş ve güncel bir yapıda bulunabilecek olması etkili olmuştur.

Çalışma kapsamında kullanılan verilerin bir kısmı Beşiktaş Belediyesi'nden temin edilmiştir. Belediyecilik uygulamaları kapsamında geliştirilen kent bilgi sisteminde de kullanılan veriler; mahalle, ada, parsel, bina, ve yollara ilişkin geometrik veriler ve bu objelere ilişkin ad, tür, id gibi temel öznitelikleri içermektedir. Ayrıca bina verileri binaların ve bağımsız bölümlerinin kullanım şekillerini de içermektedir. Geometrik veriler 2002 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 1:1000 ölçekli hava fotoğraflarından sayısallaştırma yoluyla elde edilmiştir. Bu veriler 3^o dilim genişlikli Gauss-Kruger (Transversal Mercator) Projeksiyon sisteminde ED50 Datumu'nda (Avrupa Datumu 1950 - European Datum 1950) tanımlanmıştır. Dilim orta meridyeni ise 30^o alınmıştır. Beşiktaş Belediyesi Kent Bilgi Sisteminin temel veri kümesini oluşturan bu veriler kullanılmakta olan sistemde ilişkisel veritabanı yaklaşımı ile modellenmiştir. Bu kapsamda ilgili topografik objelere ait hem alansal geometrik veriler hem de bunlara ilişkin öznitelik verileri aralarındaki ilişkileri de içerecek şekilde UML sınıf diyagramları kullanılarak Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 5.3'te Beşiktaş Belediyesi tarafından sağlanan verilerin genel görünümü gösterilmektedir.

Beşiktaş Belediyesi'nden elde edilen verilerin (Bkz. Şekil 5.3) değerlendirilmesi sonucunda mevcut yol ağı verilerinin navigasyon amaçlı tasarlanmadığı için tez

çalışması kapsamında kullanılamayacağı anlaşılmıştır. Çünkü navigasyon uygulamasında ağ analiz sonuçlarının doğru bir şekilde elde edilmesi için yol yönlerinin ve hesaplarda maliyet olarak ele alınan ve metrik uzunluklardan farklı bir kapsamda değerlendirilen hız sınırı, ortalama hız ya da yol türü gibi öznitelik verilerinin tanımlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca navigasyon için tasarımlanmış yol ağı geometrisinin her bir yol parçasının varsa kendinden önceki ve sonraki yol parçaları ile ilişkilerinin tanımlandığı çizgi düğüm topolojisine uygun bir şekilde sayısallaştırılmış olması gerekmektedir.

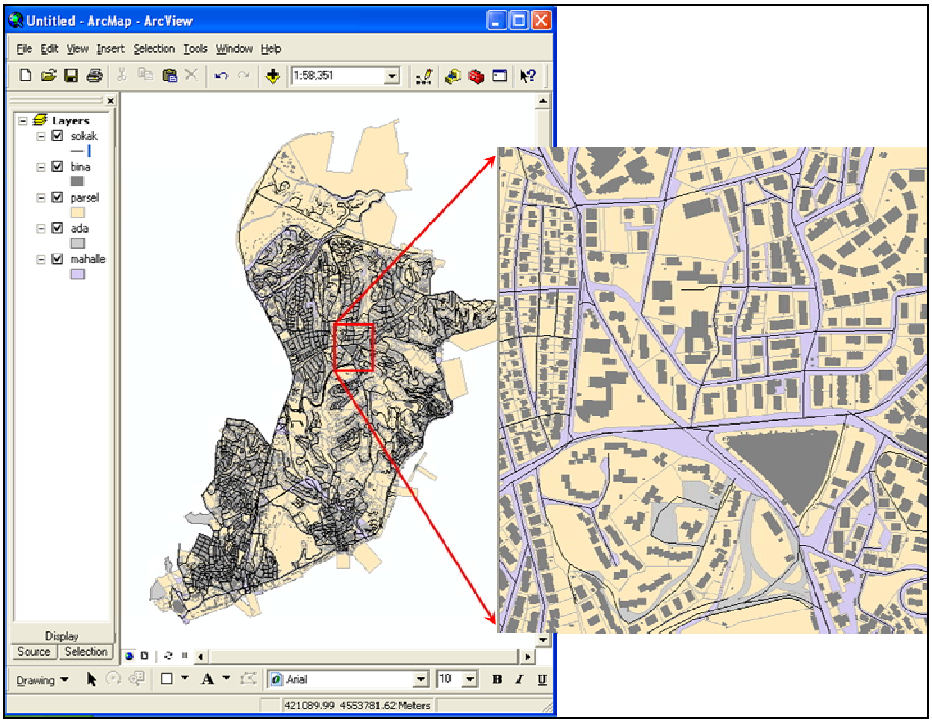


Şekil 5.2 : Başlangıç veri yapısı UML gösterimi.

Uygulamada kullanılan yol ağı geometrik verisi Beşiktaş ilçesi için tüm yol ağının yanı sıra İstanbul Avrupa yakasının bir kısmının ana yollarını içermektedir (GDF 3.0, 1995). Bu ayırımın sebebi Beşiktaş ilçe sınırları içerisinde yüksek çözünürlükte alansal verilerimizin olmasıdır. İlçe sınırları dışında kalan geometrik yol ağı verileri özellikle navigasyon haritaları tasarımındaki küçük ölçekte karşılaşılan sorunların çözümüne yönelik uygulamalarda kullanılacağı için verinin daha az detayda olması tez kapsamında kullanılmak üzere yeterlidir.

Yol ağı geometrik verileri Başar Bilgisayar Sistemleri Ltd. Şti.'den temin edilmiştir. Büyük oranda navigasyon verisi tasarımı için uluslararası bir standart olan GDF (Geographic Data Files) dosya yapısına uygun bir şekilde yapılandırılan ve arazide araçla gezen ekipler tarafından GPS (Global Positioning System – Global Konum Belirleme Sistemi) kullanılarak toplanan bu veriler, WGS84 (World Geodetic System 1984) datumunda tanımlanmış enlem boylam değerlerini içermektedir. Şekil

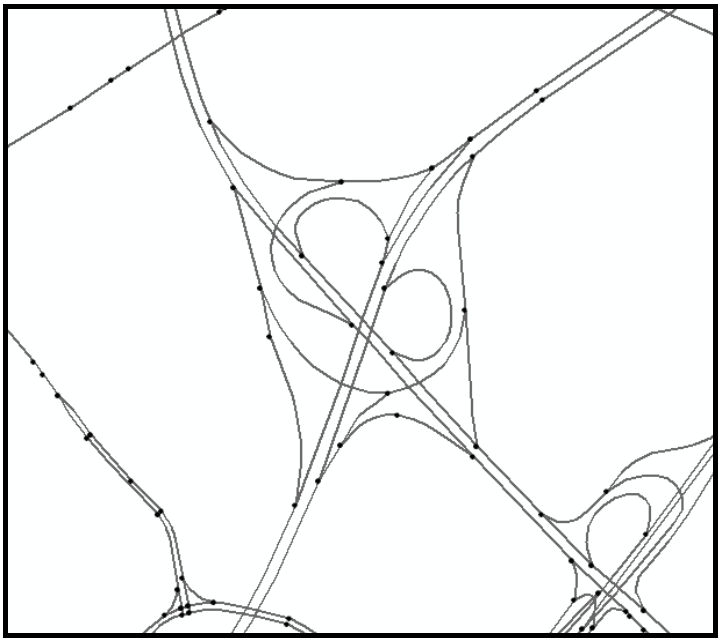
5.4'de yol veri yapısının UML sınıf diyagramı verilmiştir. Yol parçalarının kesişim noktalarının çizgi düğüm topolojisinde tanımlanan geometrik veride katlı kavşakların kesişimlerinde Şekil 5.5'te görüldüğü gibi düğüm noktaları tanımlanmamıştır. Şekil 5.4'de yol ağı verisinin özellikle tez kapsamında sıklıkla kullanılan özniteliklerine, GDF standartlarında adı geçen isimlendirmelerine göre yer verilmiştir. Bunlardan "z-level" kavşak kesişimlerinde yol parçalarının birbirlerine göre topolojik ilişkilerini (altında ve üstünde) tanımlamaktadır. "df" (direction of flow) akış yönlerini tanımlarken, "fc" (functional class) yol tipi, "as" (avarage speed) ortalama hız, "road_name" de yol adı bilgisini vermektedir. Şekil 5.6'da Başar Bilgisayar Sistemleri Ltd. Şti. tarafından sağlanan verilerin genel görünümüne yer verilmiştir.



Şekil 5.3 : Beşiktaş Belediyesi tarafından sağlanan veriler.

Road (Yol)
df: int
fc: int
z_level: int
as: int
road_name: String
Geometry: geom
...

Şekil 5.4 : Yol verisi UML gösterimi.



Şekil 5.5 : Yol ağının geometrik yapısı.

5.2 Uygulama Adımları

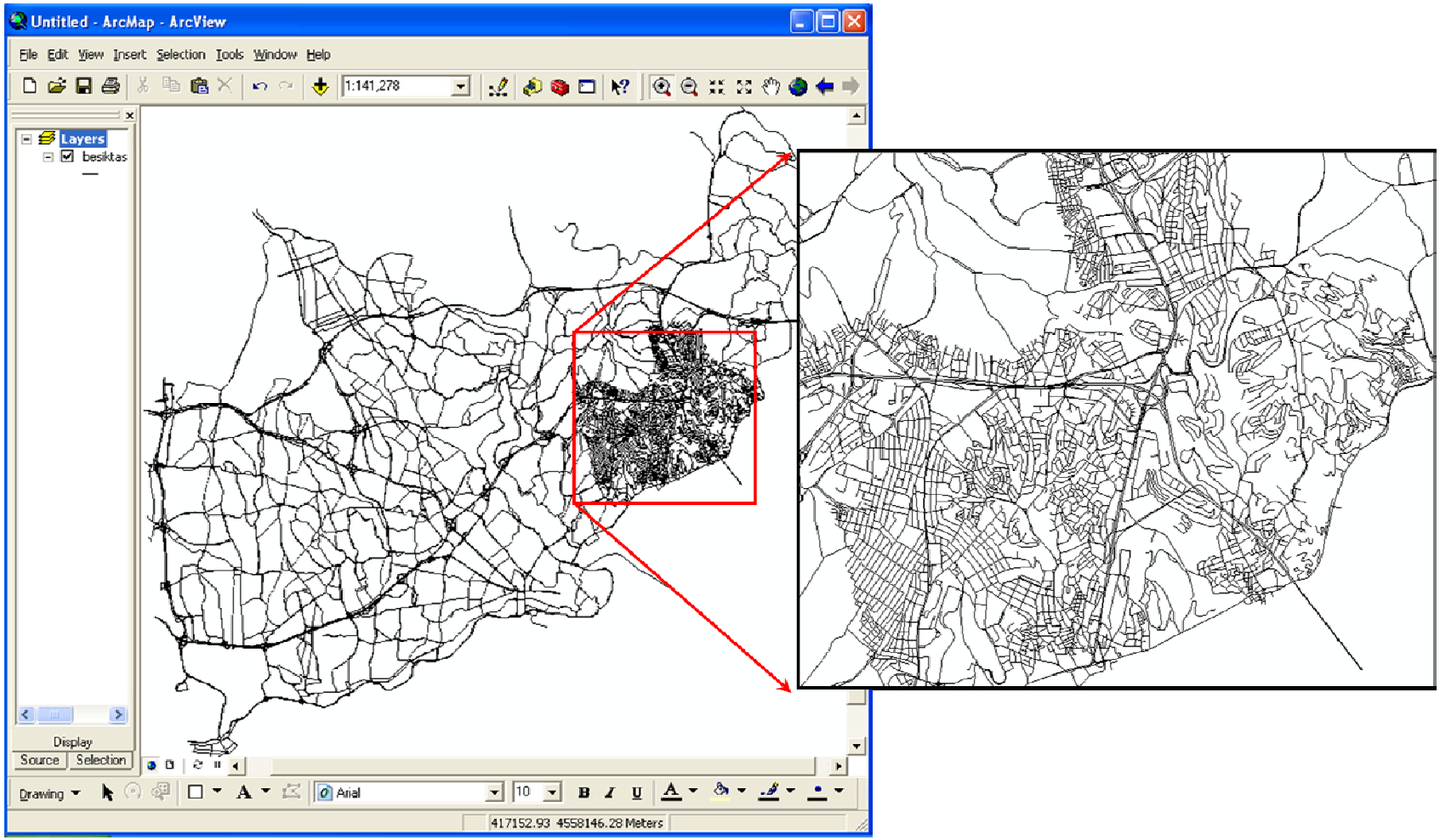
5.2.1 Verilerin düzenlenmesi

Çalışmanın başlangıcında mevcut verilerin bir değerlendirmesi yapılarak bu verilerin uygulamanın amacına bağlı olarak kullanabilirlikleri araştırılmıştır. Bu kapsamda öncelikle farklı kaynaklardan elde edilen ve farklı sistemlerde tanımlanmış verilerin ortak bir sisteme dönüştürülmesi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra mahalle, ada, parsel, bina geometrilerinden ve bina ve bağımsız birim özniteliklerinden oluşan verilerin yapısal ve ilişkisel incelemesi yapılmıştır (Şekil 5.2).

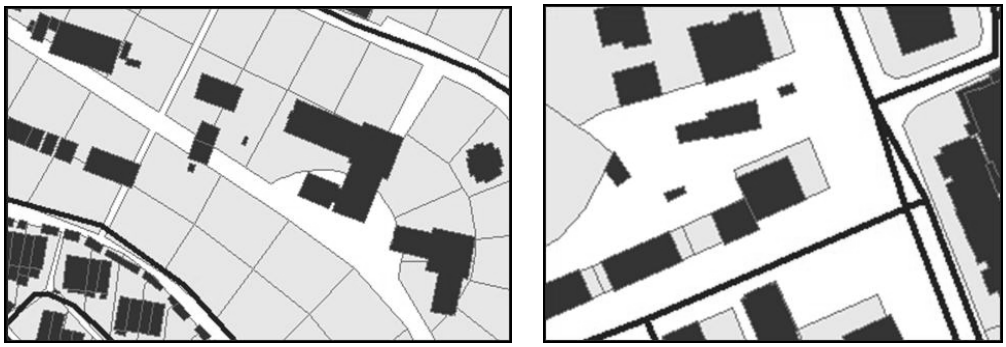
İlişkisel veri tabanı mantığında yapılandırılmış olan verilerde öncelikle parsel ve bina geometrik verileri arasında uyuşumsuzlukların olduğu saptanmıştır. Bu uyuşumsuzluklar Şekil 5.7'de de görüldüğü gibi bazı durumlarda;

- binaların parsellerinin olmaması,
- bir parselde birden fazla binanın bulunması,
- bir binanın birden fazla parseli ya da adayı kapsaması,

yolların bina, ada ya da parseli kesmesi biçiminde sıralanabilir.

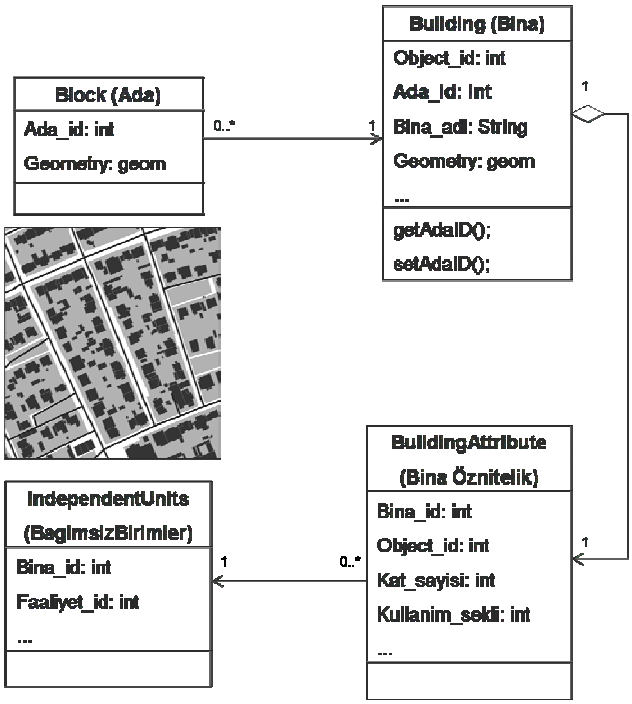


Şekil 5.6 : Yol ağı geometrik verisi genel görünümü.



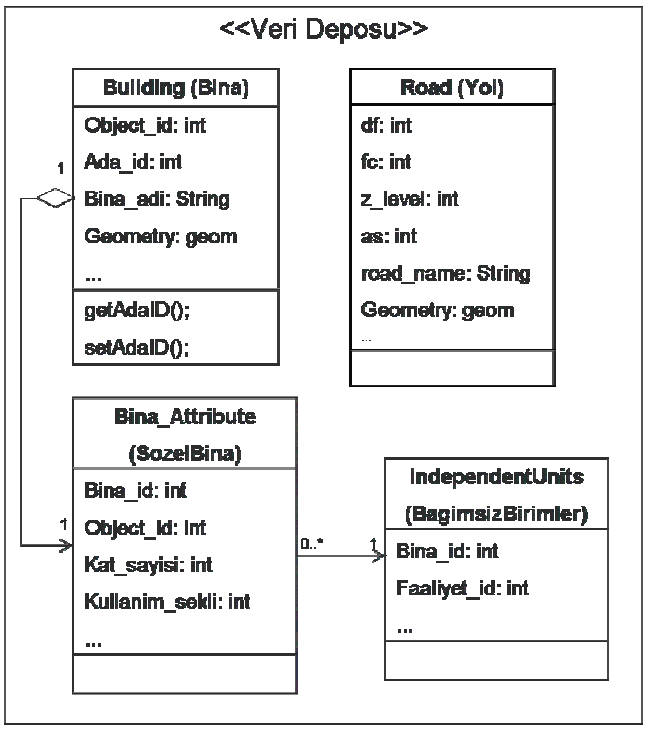
Şekil 5.7 : Geometrik verideki uyuşumsuzluklar.

Yapılan inceleme sonrasında geometrik veride karşılaşılan bu uyuşumsuzlukların geometrik düzeltmeler ile çözülmesinin, hem veri uyuşumsuzluklarındaki çözümsüzlükler hem de yapılacak işlemlerin zaman ve işlem kapasitesi bakımından maliyetli olması gerekçesiyle etkin bir çözüm olmayacağı düşünülmüştür. Bu nedenle uygulama kapsamında en çok uyuşumsuzluğa konu olan parsel verisinin kullanılmamasına karar verilmiştir. Bu karar sonrasında da ilişkisel veri tabanı kapsamında ada geometrik verisi ile parsel numaraları (Parsel_id) üzerinden ilişkilendirilen bina geometrik verileri için yeni bir ilişkilendirme yapılmış ve bu amaç için yazılan kod ile tüm binalar için ada numaraları (Ada_id) tanımlanmıştır. Sonuç olarak Şekil 5.8'de gösterilen ara veri yapısı elde edilmiştir.



Şekil 5.8 : Ara veri yapısı UML gösterimi.

Elde edilen ara veri yapısında ada sınırlarının kadastral sınırları içermesi nedeniyle navigasyon amaçlı kullanılamayacağına karar verilmiştir. Çünkü navigasyon amaçlı tasarlanan veride yol orta çizgileri ada sınırlarını oluşturmaktadır. Bu nedenle ada verilerinin de uygulamada kullanım dışında bırakılması planlanarak adaların tasarlanacak sistem dahilinde yol orta çizgilerinden üretilmesine karar verilmiştir. Uygulama sırasında otomatik üretilen adalar ile bu adaların kapsadığı binaların yine otomatik ilişkilendirilmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak yapılan bu ön çalışma ile belediyelerde CBS uygulamalarında 1:1000 ölçekli hava fotoğraflarından türetilerek elde edilen verilerin tamamının navigasyon amaçlı kullanımının sağlıklı sonuçlar vermeyeceği belirlenmiş ve tez kapsamındaki uygulamada bu verilerden yalnız yol ağı ve bina verilerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bunun sonucunda çalışma başka bir boyut kazanarak yalnız yol ağı ve binaya ilişkin geometrik ve öznitelik verilerin bulunduğu bir veri tabanından navigasyon haritalarının tasarımında kullanılacak verilerin türetimini de kapsamıştır. Bu da tez çalışmasına minimum detaydaki veri ile navigasyon amaçlı kullanılabilecek haritaların üretimi amacını da eklemiştir. Veri değerlendirmesi sonucunda kullanımına karar verilen verilerin yapısı ve ilişkileri Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9 : Uygulamada kullanılan veri grupları ve ilişkileri UML gösterimi.

5.2.2 Gösterim seviyelerinin belirlenmesi

Fiziksel yeryüzünün çoklu gösterimleri Bölüm 2.1'de de anlatıldığı gibi amaç ve ölçeğe bağlı üretilmektedir. Araştırmacı tarafından daha önce gerçekleştirilen çalışmada Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi araç navigasyon sistemleri için gösterim seviyelerinin yol geometrilerine bağlı olarak belirlenmesi yöntemi denenmiştir (Doğru, 2004; Doğru ve Uluğtekin, 2007). Bu yöntem yol ağı geometrisinin farklı seviyelerdeki gösterimlerinin detay miktarı optimizasyonunu sağlar. Fakat, yalnız yol ağına bağlı olarak gösterim seviyelerini belirlemek, araç navigasyonunda kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak için yetersiz kalabilir. Bu nedenle tez kapsamında gösterim seviyelerini belirlenirken hem navigasyon sistemlerinin kullanımı için tasarlanan veritabanında bulunması gereken temel detaylar hem de navigasyon uygulamasında kullanıcının ihtiyaç duyabileceği haritalar göz önünde bulundurulmuştur (Bkz. Çizelge 5.1).

Navigasyon haritalarında araç kullanıcısının fiziksel yeryüzünü algılamasına olanak sağlayacak temel detaylardan daha fazlasına yer verilmesi mümkün değildir. Çünkü navigasyon haritaları Bölüm 4.2'de de anlatıldığı gibi küçük ekranlı donanımlarda sunulmaktadır. Bu da sunulacak olan bilginin dolayısıyla da ilgili verinin optimizasyonunu gerektirmektedir. Navigasyon haritalarında öncelikle temel ulaşım ağı bilgisinin verilmesi gerekmektedir. Bu da yol ağı ve bu yol ağı ile etkileşimde olabilen demir yolları ve akarsu objelerini içermektedir. Akar ve durgun su objeleri navigasyonda fiziksel yeryüzüne ait önemli bir bilgi olduğu için navigasyon haritalarının algılanmasını kolaylaştıracağı için önemlidir. Navigasyon sistemlerinde kullanılan donanımların işlemci ve bellek kapasiteleri sınırlı olduğu ve sınırlı boyuttaki sunum alanında optimum detayda verinin görselleştirilmesi gerektiği için bu sistemlerde kullanılan haritalarda bina bazında veriyi görselleştirmek tercih edilen bir yöntem değildir. Fakat bina verisi gerekli veri olmadığı durumlarda yol ağlarının çevrelediği adaların arazi kullanımlarına göre sınıflandırılmaları için önemlidir (Bkz. Bölüm 5.2.4.2). Tüm bunlara ek olarak navigasyon haritalarında araç kullanıcısının seyahati sırasında yararlanabileceği hizmetlere ilişkin bilgiler bina ve bina bağımsız bölüm özniteliklerinden yararlanılarak türetilebilir. İlgi noktaları (POI – Point of Interest) olarak adlandırılan bu noktasal veriler; eczane, akaryakıt istasyonu, raylı ulaşım istasyonları, oteller, turistik yapı ya da merkezler gibi çok farklı amaç ve çeşitlilikte olabilir. Ayrıca araç sürücüsünün yol ağında seyahatini kolaylaştıracak

nirengi özelliğindeki yapı ya da tesislere ilişkin veriler de (Landmark ya da nirengiler) noktasal, hatta günümüzde üç boyutlu, sunulmak üzere navigasyon sistemlerine dahil edilmektedir. Nirengilere; mimari ya da yapısal özellikleri ile dikkat çeken yapılar ve kavşak noktalarındaki alışveriş merkezi ya da benzin istasyonları gibi yönlendirmeye katkı sağlayacak yapılar örnek gösterilebilir. POI ile nirengi arasındaki temel fark; POI'lerin navigasyon sırasında ihtiyaç duyulabilecek hizmetleri belirtirken, nirengilerin navigasyon sırasında fiziksel gerçekliğin (güzergahı ve yakın çevresini) algılanması artıracak nitelikteki doğal ve yapay objelerden seçilmesidir. Bu durumda her POI bir nirengidir ya da her nirengi bir POI'dir gibi bir çıkarım yapmak doğru olmayacaktır. Önemli olan bu bileşenlerin farklı amaçlara hizmet ettiğinin ayırımına varmaktır. Navigasyon sistemleri kapsamında nirengilerin kullanımı bir çok araştırmaya konu olmuştur (Burnett ve diğ., 2001; Elias, 2002; Hampe ve Elias, 2004; Sarjakoski ve Sarjakoski, 2005; May ve diğ., 2005). Bu araştırmaların ortak sonucu nirengi kullanımının araç kullanıcısının navigasyonunu kolaylaştırdığı yönündedir.

Bu kapsamda ticari navigasyon sistemlerinde yapılan deneysel araştırmalar sonucunda araç kullanıcısının ikisi genel ikisi detaylı gösterimler için kullanılmak üzere en az dört farklı seviyede haritaya ihtiyaç duyacağı öngörülmüştür. Çizelge 5.1'de bu gösterim seviyeleri detaylı bir şekilde aktarılmıştır. Genel kapsamlı (referans) haritaların uygulamanın başlangıcında güzergahın uzunluğuna ve dolayısıyla da uygulama alanının genişliğine bağlı olarak il ya da ulusal/uluslararası ölçekte güzergah hakkında hangi şehirlerden ya da ülkelerden geçileceği, hangi ana yolların kullanılacağı gibi genel bilgiler vermesi planlanmıştır. Bu tür referans haritalara aracın yüksek hızlarda hareket ettiği durumlarda da genel bilgi aktarımı için ihtiyaç duyulmaktadır. Bu haritalarda gösterime konu olacak veriler Çizelge 5.1'de aktarılan gösterim seviyelerinin dördüncü ve beşincisinde türetilmektedir. Güzergaha ilişkin daha detaylı bilgi vermesi planlanan haritalardan ilki, araç harekete başladığı anda ya da şehir içinde düşük hızlarda yapılan seyahatlerde takip edilmesi gereken yola ve yakın çevresine ait bilgilerin kullanıcıya aktarımında kullanılır. Aracın yine şehir içinde fakat daha yüksek hızlarda hareket ettiği durumlarda ise daha az detayı içeren haritaların kullanımı gereklidir. Araç hızının gösterim seviyelerinin kullanımında bir parametre olarak ele alınmasının nedeni, navigasyon sisteminin anlık konum verisinin gerçek zamanlı gösterimini yapmasıdır. Detaylı

gösterimi amaçlayan haritaların verileri oluşturulan gösterim seviyeleri kapsamında 2. ve 3. seviyede ele alınmıştır (Çizelge 5.1).

Günümüzde ticari navigasyon yazılımlarında özellikle en detaylı seviyedeki gösterimlerin zenginleştirilmesi için perspektif gösterimler de kullanılmaktadır. Hatta Şekil 5.10'da görüldüğü gibi bu gösterimler 3 boyutlu bina modelleri ve sayısal yükseklik modelleri ile desteklenerek fiziksel yeryüzünün harita üzerinden anlaşılırlığını arttırmak amaçlanmaktadır.



Şekil 5.10 : IGO8 yazılımında detaylı gösterim örneği.

Çizelge 5.1'de gösterilen birinci seviye ÇGVT kapsamında daha yüksek seviyedeki gösterimlerin türetileceği temel veridir. Gösterim seviyeleri çizelgesindeki ölçek aralıkları referans bilgi olması amacıyla ticari navigasyon sistemlerinde deneysel olarak; genelde Türkiye, özelde ise İstanbul baz alınarak belirlenmiştir. Gösterim seviyelerinin detay miktarları seviye numarasıyla ters orantılıdır. Yani seviye yükseldikçe ölçek küçülmekte ve çözünürlük azalmaktadır. Buna bağlı olarak da detay miktarı azalmaktadır. Seviye yükseldikçe özellikle yol ağı verisinde yoğun bir eleme yapılırken, akar ve durgun su objeleri, hesaplanan güzergah gibi temel referans verileri her seviyede bulunmaktadır. Fakat su bilgisi son seviyede yalnız durgun su objeleri ile aktarılmaktadır. İkinci seviyede alansal gösterim ile sunulan POI ve nirengiler, üçüncü gösterim seviyesinde noktasal gösterilmektedir. Seviyeler arasındaki bu tür ilişkiler özellikle veritabanı tasarımı sırasında göz önünde bulundurulmalıdır.

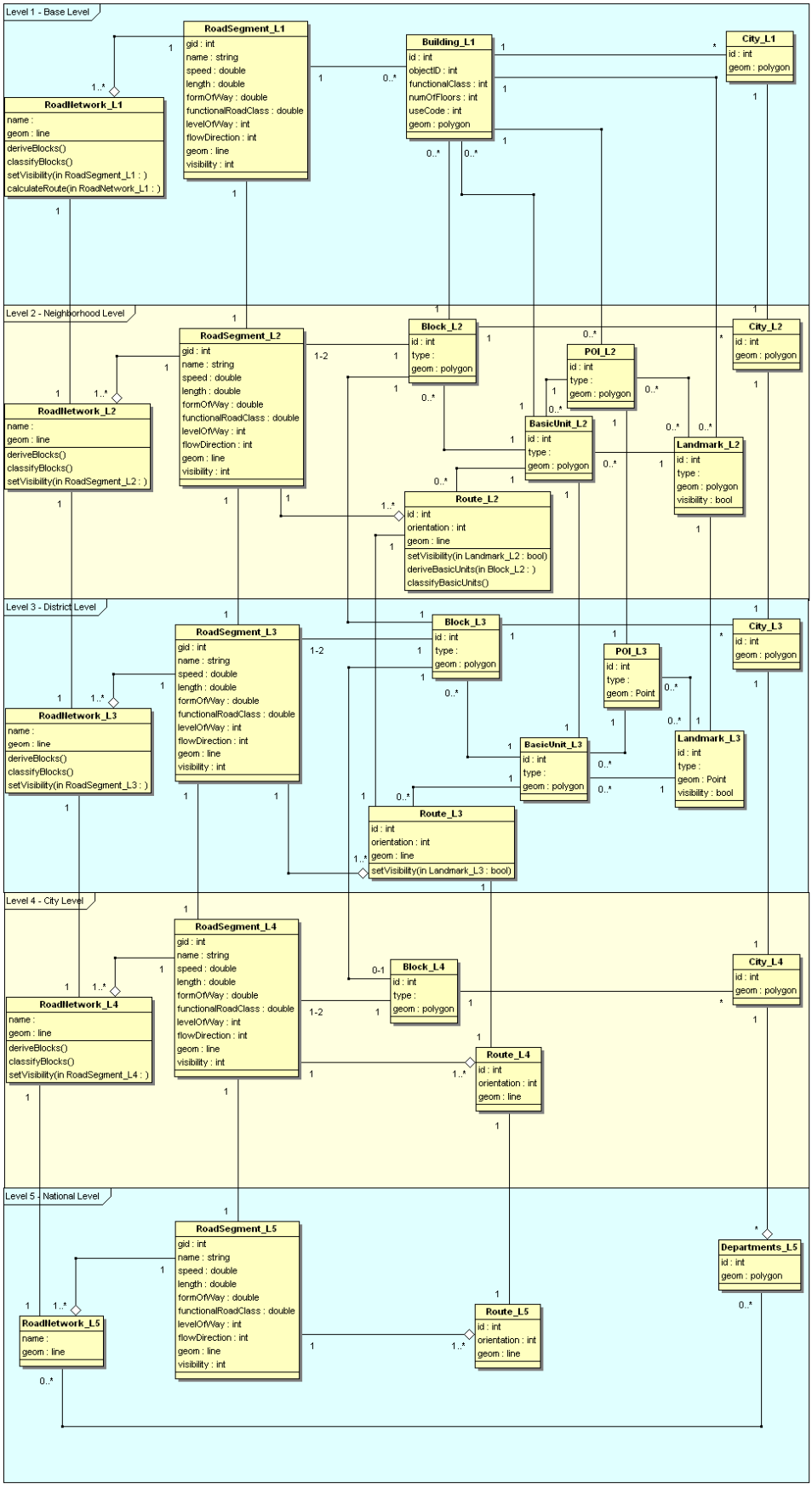
Çizelge 5.1 : Navigasyonda gösterim seviyeleri.

Gösterim Seviyeleri	Uygulama Kapsamı	Uygulama Amacı	Ölçek Aralığı	İçerik
5. Seviye	Genel	Ulusal ya da uluslararası düzeyde referans gösterimler aracılığıyla genel güzergah bilgisi iletimi.	1 : 10 000 000 (Türkiye)	Hesaplanan güzergah, ulusal ve idari sınırlar (ülke ve bölgeler), kara yolları (otoyollar ve devlet yolları), durgun su objeleri.
4. Seviye	İl	İl düzeyinde referans gösterimler aracılığıyla genel güzergah bilgisi iletimi.	1 : 500 000 (İstanbul)	Hesaplanan güzergah, alansal arazi kullanımı bilgisi (yerleşim, endüstri, diğer), idari sınırlar (il), kara yolları (otoyolları, devlet yolları ve anayollar), demir yolları, akar ve durgun su objeleri.
3. Seviye	İlçe	Orta ölçekli gösterimler ile güzergah bilgisi sağlamak.	1 : 25 000 - 1 : 50 000	Hesaplanan güzergah, alansal arazi kullanımı bilgisi (yerleşim, endüstri, diğer), temel alansal birimler, idari sınırlar (il), ilgi noktaları (POI ve nirengiler – noktasal gösterim), kara yolları (tüm yollar ve görünürlük bilgisi), demir yolları, akar ve durgun su objeleri.
2. Seviye	Mahalle ya da Köy	Aracın yakın çevresinin güzergah ekseninde detaylı gösterimini yaparak bilgi aktarımını sağlamak.	1 : 5 000 - 1 : 10 000	Hesaplanan güzergah, alansal arazi kullanımı bilgisi (yerleşim, endüstri, diğer), temel alansal birimler, idari sınırlar (il), ilgi noktaları (POI ve nirengiler – alansal gösterim), kara yolları (tüm yollar ve görünürlük bilgisi), demir yolları, akar ve durgun su objeleri.
1. (Temel) Seviye	Temel seviye	Yüksek seviyeli veritabanlarının türetileceği temel veriyi sağlamak.	1 : 5 000	Kara yolları, demir yolları, binalar, akar ve durgun su objeleri.

Bu tez, yol ağı ve bina verisi kullanarak navigasyon haritalarının farklı gösterim seviyelerine konu olan temel verilerin model genelleştirmesi aşamasında türetilmesini amaçlamaktadır. Akar ve durgun su objeleri ve raylı ulaşım sistemlerine ilişkin veri gruplarına dair yapılacak çalışmalar tezin kapsamı dışında olup uygulamada kullanılan veriler temel veritabanındaki yol ağı ve bina geometrik verileri ile üst gösterim seviyelerinde sunulmak üzere bu verilerden türetilen ada, temel alansal birimler, güzergah, POI ve nirengi verileridir. Bu nedenle tasarlanan veritabanında diğer verilere yer verilmemiştir.

5.2.3 ÇGVT yapısına uygun veri modelinin tasarımı

Bölüm 2.1 de anlatıldığı gibi ÇGVT temelde gösterim seviyeleri, bağlantılar/ilişkiler ve yorumlama süreci gibi bileşenleri içermektedir. ÇGVT'nin temel amaçları olan sistemin otomasyonu ve zaman içerisinde yapılacak güncellemelerin seviyeler arası otomatik aktarımı işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için veritabanı tasarımının gösterime konu olan objelerin aynı seviyede ve seviyeler arasındaki bağlantı ve ilişkilerini de göz önünde bulundurularak yapılması gerekmektedir. Terim olarak 'bağlantı', aynı objenin farklı seviyelerdeki gösterimleri arasında tanımlanan iki yönlü (bidirectional) bağları içermektedir. Aynı seviyedeki farklı objeler arası bağlar ise 'ilişki' olarak tanımlanmaktadır (Bkz. Bölüm 2.1.1). Bu çalışma kapsamında ÇGVT gereksinimlerini karşılayacak bir veritabanının kavramsal modeli oluşturulmuştur. Söz konusu modelde her bir gösterim seviyesinin veri sınıfları ve bu sınıfların bağlantı ve ilişkileri UML sınıf diyagramları kullanılarak tanımlanmıştır (Şekil 5.11). Veritabanı şemasının büyütülmüş ve daha okunaklı bir hali Ek A.3'de verilmiştir. Şekillerde de görüldüğü gibi kavramsal veritabanı modelinde gösterim seviyeleri birbirinden renkler ile ayrılmıştır ve her gösterim seviyesinde objelerin birbirleri ile olan ilişkileri ve aynı objenin seviyeler arası bağlantıları gösterilmiştir. Bu ilişki ve bağlantılar aşağıdaki gibi özetlenebilir.



Şekil 5.11 : Veritabanının kavramsal tasarımı.

5.2.3.1 İlişkiler

1. Seviye ilişkileri: Bu seviye temel verileri içeren seviye olup alan geometrisi ile modellenen bina (Building) ve il (City) verisi ile çizgisel karakterli yol ağı (Road Network) ve yol parçalarını (Road Segment) içermektedir. Modelde il ve bina objeleri arasındaki ilişki 1-n olarak tanımlanmıştır. Bu tanıma göre her il objesi n tane binayı içermektedir. Yine bu seviyede bulunan yol ağı ise yol parçalarından oluşmaktadır. Aralarındaki ilişkiye göre bir yol ağı bir ya da birden fazla yol parçasından oluşmaktadır. İlişkinin cinsi "aggregation" olarak tanımlanmıştır bu da yol ağlarını oluşturan yol parçalarının model içerisinde bağımsız olarak da kullanılabileceğini gösterir. Yol ağı ve yol parçaları arasındaki ilişki tüm seviyelerde aynı şekildedir. Ayrıca her bir yol parçası da sıfır ya da daha fazla bina ile ilişkilidir. Bu ilişki topolojik komşuluk ilişkisi biçiminde tanımlanabilir.

2. Seviye ilişkileri: Yol parçalarından oluşan yol ağı, ada (Block), güzergah (Route), temel alan (Basic Unit), POI, nirengi (Landmark) ve il obje sınıflarını içerir. Adalar yol ağından bu obje için tanımlanan bir yöntem "deriveBlocks()" kullanılarak üretilir. Bu seviyede her yol parçası sağı ya da solundaki bir ya da iki ada ile ilişkilidir. Her il birden fazla adayı içerir. Güzergah sınıfı yol ağına benzer bir biçimde yol parçalarından oluşmuştur. Güzergah objesine tanıtılan yöntem kullanılarak temel alanlar belirlenir ve yine güzergaha tanımlı başka bir yöntem yardımı ile tüm nirengiler arasından o güzergahla ilişkili olanlar seçilir. Aralarında tanımlanan ilişkiye göre her bir temel alan n tane POI ya da nirengi içerebilir. Ada ile temel alan arasında da benzer bir ilişki vardır.

3. Seviye ilişkileri: Bu seviyedeki obje sınıfları ve bu sınıflar arası ilişkiler 2. Seviye ilişkileri ile aynı biçimde tanımlanmıştır. Bu seviyenin bir önceki seviyeden temel farkı 2. Seviyede alansal karakterde tanımlanan POI ve nirengilerin bu seviyede noktasal karakterli tanımlanmasıdır.

4. Seviye ilişkileri: İl seviyesi olarak adlandırılan bu seviye de yol parçaları, yol ağı, ada, güzergah ve il sınıfları vardır. Bu sınıflar arası ilişkiler alt seviyelerde tanımlandığı gibidir.

5. Seviye ilişkileri: Son gösterim seviyesidir ve en az miktarda detay içerir. Yol ağı, yol parçası ve güzergah sınıflarının yanı sıra bu seviyede bölge (Departments) sınıfı

da bulunmaktadır. Düşük seviyeli gösterimlerden farklı olarak bu seviyede yer alan bölge obje sınıfı yol ağı ile n-n biçiminde ilişkilidir.

5.2.3.2 Bağlantılar

Veritabanı kapsamında bağlantılar farklı seviyelerde fiziksel gerçeklikteki aynı objeyi ifade eden farklı karakterdeki objeler arasındaki ilişkiler olarak ele alınır. Bağlantıların tanımlanması ile bir objenin modelinin, farklı gösterim seviyelerinde hangi genelleştirme işlemlerinden sonra ne şekilde tanımlanacağı belirlenir. Aynı zamanda bağlantılar, farklı geometrilerde tanımlanmış aynı objeye ait modellerin otomatik olarak güncellenmesinde de kullanılır. Tez kapsamında oluşturulan veritabanı modelinde bağlantılar her bir obje için tanımlanmıştır. Bu amaçla, yol ağı ve yol ağını oluşturan yol parçası obje sınıfları 1., 2. ve 3. gösterim seviyeleri arasında bire bir ilişkili olmakla birlikte bu objelere kartografik genelleştirme amaçlı kullanımlara yönelik görünürlük bilgisi tanımlanmıştır. Bu bilgi hem yol özniteliklerinden hem de çalışma kapsamında gerçekleştirilen yol ağı sınıflandırma sonuçlarına göre elde edilmektedir. Her seviyedeki güzergah obje sınıfı da kendinden önceki ve/veya sonraki obje sınıfı ile bire bir ilişkilidir. İl ya da yerleşim birimine ilişkin alansal sınırların tanımlandığı il obje sınıfı ilk dört gösterim seviyesinde birebir ilişki ile tanımlanırken, beşinci gösterim seviyesinde alan birleştirmesi sonucunda il objelerinden oluşan bölge sınıfı dördüncü seviyedeki il sınıfına 1-n ilişki ile bağlanmıştır. İki, üç ve dördüncü seviyelerdeki ada sınıfları arasında bire bir ilişki vardır. Temel alanlar söz konusu olduğunda iki ve üçüncü seviye temel alanlar arasında birebir ilişki varken, ikinci seviyedeki her temel alan temel seviyedeki n adet binayı içermektedir. POI ve nirengiler de kendi aralarında birebir ilişkilidirler ve aynı zamanda ikinci seviyedeki her POI ve nirenginin birinci seviyede bina olarak bir karşılığı bulunmaktadır.

5.2.4 Büyük ölçekli gösterimlerin iyileştirilmesine yönelik yaklaşımlar

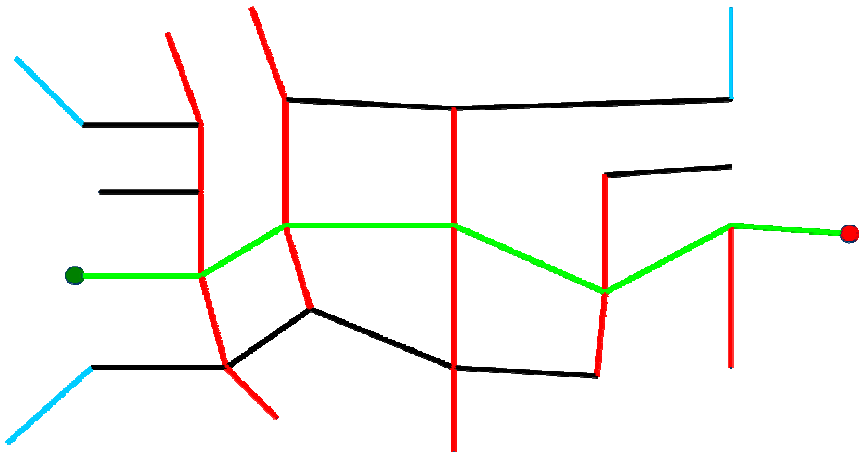
Bölüm 5.2.2'de de vurgulandığı üzere araştırma kapsamında navigasyon sistemlerinde kullanılmak üzere 5 farklı gösterim seviyesi içerikleri ile birlikte belirlenmiştir (Çizelge 5.1). Bu gösterim seviyelerinden birincisi diğer gösterim sevilerinin türetildiği temel seviye olup farklı kaynaklardan elde edilen verilerin düzenlenerek zenginleştirilmesi sonucunda elde edilmiştir. İkinci gösterim seviyesi ise navigasyon işleminin en detaylı seviyesi olup bu seviyedeki gösterimler

uygulamada hem iki boyutlu haritalar hem de perspektif gösterimler biçiminde kullanılmaktadır. Navigasyon sistemlerinde kullanılan ve Bölüm 4.3'de anlatılan önceden belirlenmiş ölçek seviyeleri yaklaşımına bağlı olarak bu seviyede tüm yol tiplerinin gösterilmesi bazı durumlarda karmaşıklıklara neden olabilmektedir.

Bu sorunların çözümüne yönelik 2. seviye gösterimlerinde kullanılmak üzere bir genelleştirme yöntemi geliştirilmiştir. Bu kapsamda yol ağlarını öznitelik verilerinin yanı sıra geometrilerine bağlı olarak da sınıflandıran bir yaklaşım geliştirilerek gösterimlerin içeriğinin belirlenmesindeki seçme işleminde bu sınıfların da kullanılması sağlanmıştır. Gösterim seviyelerinin temel seviyeden türetilmesi aşamasında 3, 4 ve 5'inci gösterim seviyeleri için günümüzde navigasyon sistemlerinde kullanılan yaklaşım esas alınmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında navigasyon haritalarında iletilen alansal bilgilerin (arazi kulanım bilgisi) doğruluğunu arttırmak için de bir yöntem önerilmiştir.

5.2.4.1 Yol ağı genelleştirmesi çalışmaları

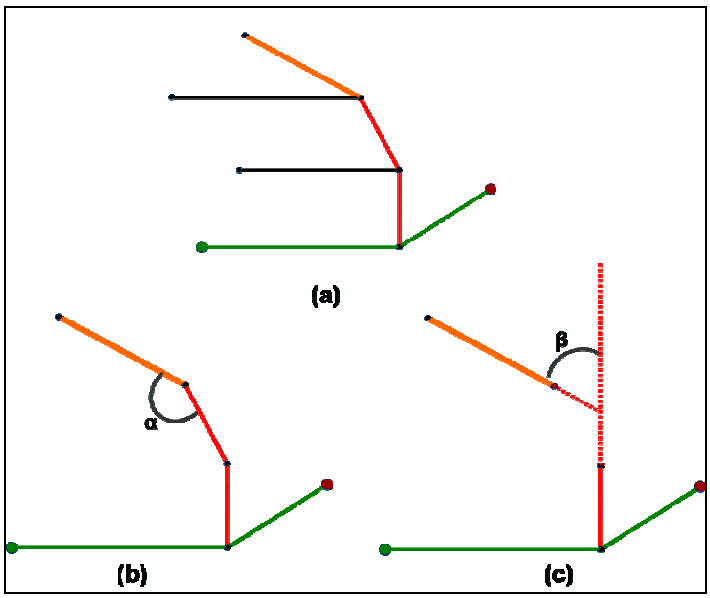
İkinci seviye gösterimlerin elde edilmesi amacıyla geliştirilen yaklaşımın temelinde yol ağının geometrik özelliklerine göre sınıflandırılması bulunmaktadır. Bu kapsamda yol geometrilerini sınıflandırmak için bir referansın belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada referans obje olarak hesaplanan güzergah kullanılmıştır. Sınıflandırma için de özellikle kentleşmiş alanlarda güzergah üzerindeki kavşak noktalarında güzergaha bağlanan tüm yollar için araç sürücüsü tarafından görülüp görülmeyeceğine ilişkin bir tanımlama yapılmıştır. Kullanıcının hesaplattığı güzergahın referans alınması sonrasında da kullanıcıya bağlı olarak bir sınıflandırma yapılması geliştirilen yöntemin "kullanıcı merkezli" olarak adlandırılmasını sağlamaktadır. Yöntemin temel amacı; bir güzergahın başlangıç ve bitiş noktalarına bağlı olarak belirlenmesinin ardından (Güzergah Şekil 5.12'de yeşil yol parçası ile gösterilmiştir.) yol ağının diğer parçalarının bu güzergahla olan ilişkilerine göre 3 önem sınıfına ayrılmasıdır. Bu önem sınıfları yol ağı parçalarının güzergah üzerindeki kavşak noktalarından araç sürücüsü tarafından görülebilirliğine göre belirlenmeye çalışılmıştır (Dogru ve diğ., 2008). Şekil 5.12'de birinci önem sınıfı kırmızı ikinci ve üçüncü önem sınıfları ise sırasıyla siyah ve mavi renk ile gösterilmiştir.



Şekil 5.12 : Geometriye bağlı yol ağı sınıflandırması.

Geliştirilen algoritmada güzergaha komşu olan yol parçaları 1. önem sınıfında kabul edilerek bundan sonraki adımlarda bu sınıftaki yol parçalarının komşu yol parçaları ile ilişkilerine bakılarak bir sınıflandırma yapılmaktadır. Bu ilişkiler işleme tabi tutulan yol parçaları arasında 3 aşamalı bir değerlendirme ile belirlenmektedir. Sınıflandırma aşamasında yapılan ilk kontrol işleme tabi olan yol parçasının ilgili kavşağa olan mesafesinin belirlenmesidir. Örneğin kavşak noktasından 3 km mesafedeki yol parçaları güzergaha olan uzaklıkları nedeniyle sınıflandırma işlemine dahil edilmemektedir. Diğer iki aşamada yol parçaları arasındaki sapma açısı hesaplanarak görüş alanı dışında kalması muhtemel yol parçaları 2. önem sınıfında toplanmaktadır. İki aşamada gerçekleştirilen sapma açısı kontrolünde ilk aşamada işleme tabi tutulan yol parçası ile kendinden bir önceki yol parçası arasındaki sapma açısı (α), deneysel yöntemler ile belirlenen sınır değerlere göre değerlendirilir. Eğer α sapma açısı kabul edilebilir bir açı ise ikinci aşamada işleme tabi tutulan yol parçası ile o yol parçasının ilişkili olduğu ve güzergah kavşak noktasından çıkış alan yol parçası arasında benzer bir sapma açısı (β) kontrolü yapılır. Eğer ikinci kontrolde de açı kabul edilebilir değerler içinde ise yol parçası birinci derece, eğer bu kontrollerden her hangi biri başarısız olursa yol parçası ikinci derecede sınıflandırılır. İkinci derece olarak sınıflandırılan yollardan çıkış alarak devam eden diğer yol parçaları ise herhangi bir işleme tabi tutulmadan üçüncü derece yol parçası olarak sınıflandırılır. Sapma açısı kontrolü Şekil 5.13'de gösterilmiştir. Şekil 5.13a'da yeşil ile gösterilen güzergaha bağlı olarak sınıflandırmaya tabi tutulan bir yol ağı görülmektedir. Şekilde kırmızı yol parçaları birinci, siyahlar ise ikinci sınıf yolları belirtmekte ve turuncu yol parçası sınıflandırma için işleme tabi tutulmaktadır. Şekil 5.13b'de görüldüğü gibi α sapma açısı kontrolü seçili yol parçası ile kendinden bir

önceki yol parçası arasında yapılmaktadır. β sapma açısı kontrolü ise güzergaha komşu yol parçası baz alınarak gerçekleştirilmektedir (Şekil 5.13c).



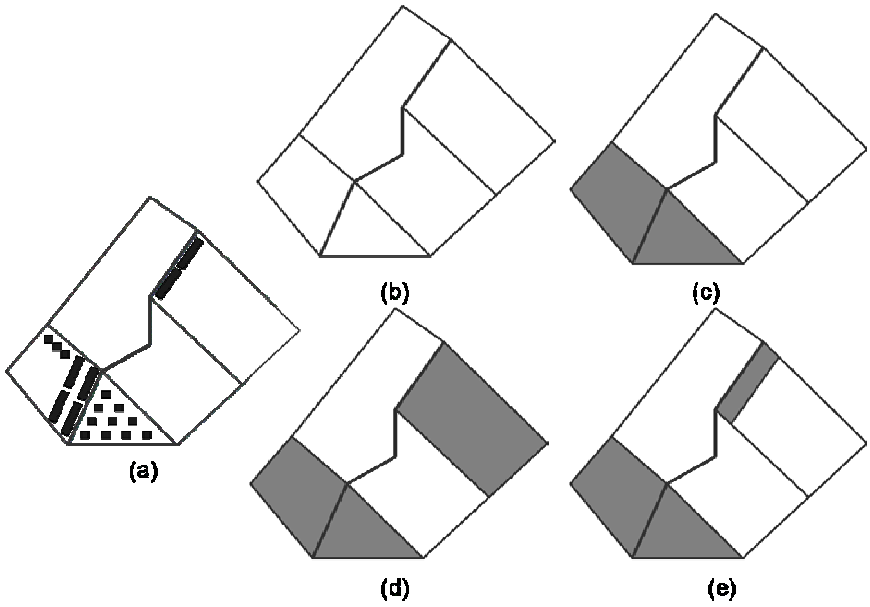
Şekil 5.13 : Sapma açısı kontrolü.

İki aşamalı sapma açısı kontrolünün amacı güzergahtan ayrılarak belirli bir mesafede fazla açısal sapma göstermeden devam eden dolayısıyla kavşaktan görülebilirliği yüksek olan yol parçalarının belirlenmesidir. Bu tür kontroller Thomson ve Richardson (1999) tarafından geliştirilen ve tüm yol ağında kendi içerisinde uzun süre devamlılık gösteren yolları özniteliklerden bağımsız bir yöntemle belirlemeyi amaç edinen "stroke" yönteminde de kullanılmıştır. Thomson yönteminin uyarlanabilirliğini daha sonra yaptığı çalışmasında da göstermiştir (Thomson, 2006). İlk iki önem sınıfı belirlendikten sonra bu sınıflarda yer almayan başka bir deyişle sınıflandırma işlemine tabi tutulmayan tüm yol parçaları ise 3. önem sınıfını oluşturmaktadır. Bu sınıflar sonuç haritaların üretimi sırasında seçme işleminde kriter olarak kullanılmaktadır. Örneğin isteğe bağlı olarak 1. önem sınıfındaki yol parçaları görselleştirilirken diğerleri genelleştirilebilir ya da yol parçaları önem sınıflarına göre farklı kartografik yöntemler kullanılarak görselleştirilerek sonuç haritalarda görsel bir hiyerarşi oluşturularak anlaşılırlık arttırılabilir.

5.2.4.2 Alansal genelleştirme çalışmaları

Navigasyon haritalarına konu olan alansal gösterimler, kısıtlı olanaklara sahip sunum alanının etkin kullanımını sağlamak amacıyla, arazi kullanımlarına göre; yerleşim, sanayi ya da yeşil alan ve benzeri olarak, sınıflandırılmış adalar ile sınırlandırılmıştır.

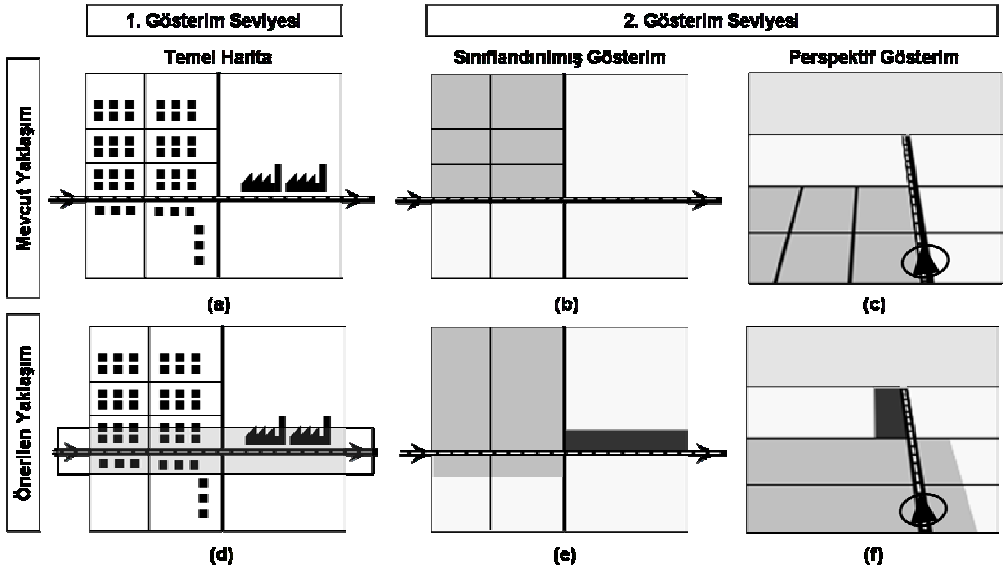
Bu aşamada arazi kullanım bilgisi, ada sınırları içerisinde kalan yapıların kullanım türlerine ilişkin öznitelik verileri kullanılarak yapılan işlemler ile hesaplanır. Bu konudaki karar, farklı yöntemler ile belirlenen sınır değerlerin kontrolü ile verilir. Bazı durumlarda Şekil 5.14'te de görüldüğü gibi sınır değerlere bağlı olarak farklı sonuçlar elde edilebilir. Bu şekilde gri renkli adalar yerleşim alanlarını temsil etmektedir. Sınıflandırmada karar değeri olarak kullanılan sınır değere göre Şekil 5.14a'da gösterilen bir alan tamamen boş alan biçiminde sınıflandırılabilir (Şekil 5.14b) ya da alana ait adalar farklı şekillerde sınıflandırılabilirler (Şekil 5.14c-e). Önemli olan en doğru sınıflandırmayı elde edebilmektir. Bunun içinde temel kriter sınıflandırılacak olan adanın alanıdır.



Şekil 5.14 : Alansal gösterimlerin genelleştirilmesi.

Gerçekleştirilen çalışmada arazi kullanım sınıflarının en doğru şekilde belirlenebilmesi için, hesaplanan güzergaha bağlı olarak uygulanan bir yöntem geliştirilmiştir. Bu kapsamda amaca yönelik hesaplanan navigasyon güzergahını merkez kabul eden bir tampon bölge Şekil 5.15d'de görüldüğü gibi tanımlanmış ve böylece güzergaha komşu alanlar çalışma kapsamında temel alanlar olarak isimlendirilen daha küçük alanlara ayrılmıştır. Tampon bölge tanımlanarak elde edilen alansal birimler mevcut yaklaşımlarda kullanılan yöntemler ile tekrar sınıflandırılmıştır (Şekil 5.15e). Bu yöntemle sınıflandırılan alan küçültülerek sınıflandırma doğruluğunun arttırılması sağlanmıştır. Örneğin Şekil 5.15a'da görülen fabrikalar ya da güzergahın altında kalan konutlar mevcut yaklaşımlarda, kabul edilen sınır değerlere bağlı olarak, içinde bulundukları alana göre çok daha az yer

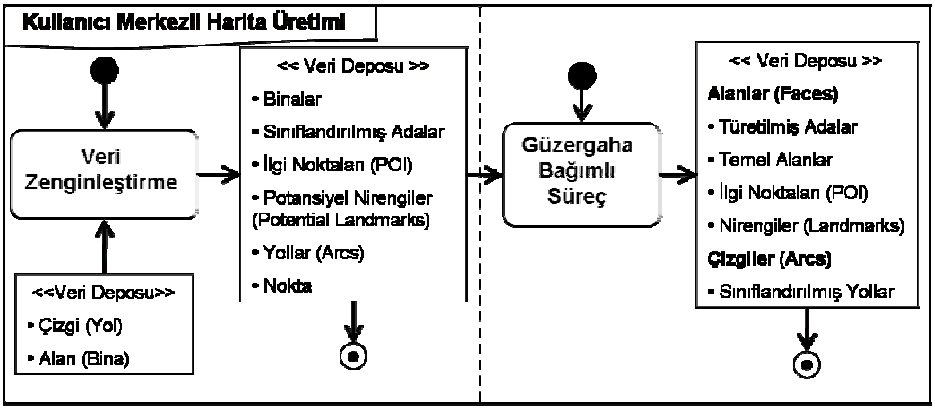
kapladıkları için sınıflandırmayı etkilemeyebilirler (Şekil 5.15b). Fakat önerilen yöntemdeki alan küçültme mantığı Şekil 5.15e'de görüldüğü gibi sınıflandırmanın daha doğru bir şekilde yapılmasını sağlayabilir. Arazi kullanım sınıflandırmasında görülen bu değişimin detaylı seviyede sıklıkla kullanılan perspektif gösterimlere etkisi Şekil 5.15c ve Şekil 5.15f'de sunulmuştur.



Şekil 5.15 : Seviye 2 gösterimlerinin elde edilmesi.

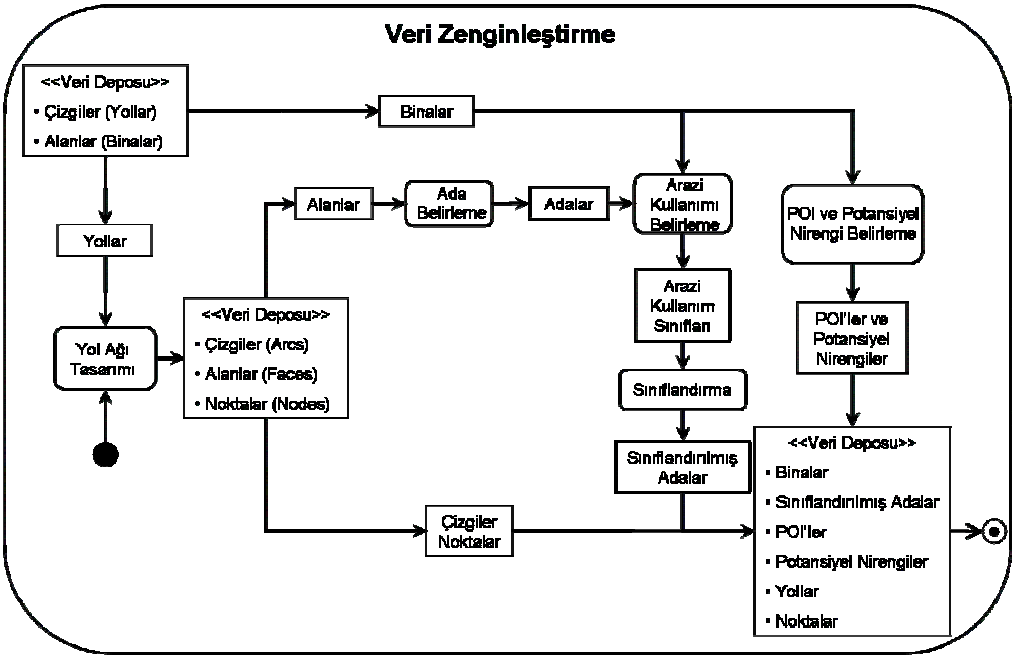
5.2.4.3 Önerilen yaklaşımların uygulanması

Araştırma kapsamında önerilen bu yaklaşımlar GeOxygen yazılım geliştirme platformunda geliştirilen prototip aracılığıyla uygulanmıştır (Bölüm 5.1.1). Şekil 5.16'da gösterilen UML diyagramından da anlaşılacağı gibi uygulama süreci temel verinin elde edildiği veri zenginleştirme (ön işleme) sürecini ve her güzergah seçiminde bu veriyi kullanan güzergaha bağımlı süreci içermektedir.



Şekil 5.16 : Kullanıcı merkezli harita üretim süreci UML gösterimi.

Şekil 5.17'de veri zenginleştirme sürecine ilişkin UML faaliyet diyagramı verilmiştir. Bu diyagramdan da takip edilebileceği gibi veri zenginleştirme sürecinin ilk aşamasında uygulama kapsamında elde edilen ve ön değerlendirmeden geçirilen verilerden (Bkz. Bölüm 5.1.2 ve Bölüm 5.2.1) yollar kullanılarak yol ağı oluşturulmuştur. Yol ağı tasarımı sırasında yollar; çizgi, düğüm ve alanlar karakterli düzenlenmiştir. Yol orta çizgilerinden oluşturulan alanlar ada belirleme işlemine tabi tutularak ada karakterinde olmayan alanlar göz ardı edilmiştir. Daha sonra belirlenen adalar kaynak veride bulunan bina geometrileri ve özniteliklerinden yararlanılarak arazi kullanımlarına göre üç ana sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflar yerleşim, sanayi ve boş ya da yeşil alandır. Sınıflandırma işlemi sırasında önce bir ada içerisindeki her bir grubu temsil edecek özellikteki binalar bina kullanım şekillerini içeren öznitelikler kullanılarak belirlenmiş ve farklı bina gruplarının toplam alanları hesaplanmıştır. Daha sonra bu alanların adanın toplam alanına oranları birbirleriyle karşılaştırılarak adanın arazi kullanımı sınıfına karar verilmiştir. Bu aşamada ayrıca bina ve bağımsız birimlere ilişkin öznitelikler (sırasıyla kat_sayısı ve faaliyet_id) kullanılarak navigasyon sürecinde gerekli olabilecek POI ve potansiyel nirengiler belirlenmiştir. Yapılan sınıflandırma sonucunda elde edilen sınıflandırılmış adalar, çizgiler ve noktalar POI ve nirengiler ile birlikte veri zenginleştirme sonrasındaki aşmalarda kullanılmak üzere saklanmıştır.



Şekil 5.17 : Veri zenginleştirme süreci UML faaliyet diyagramı.

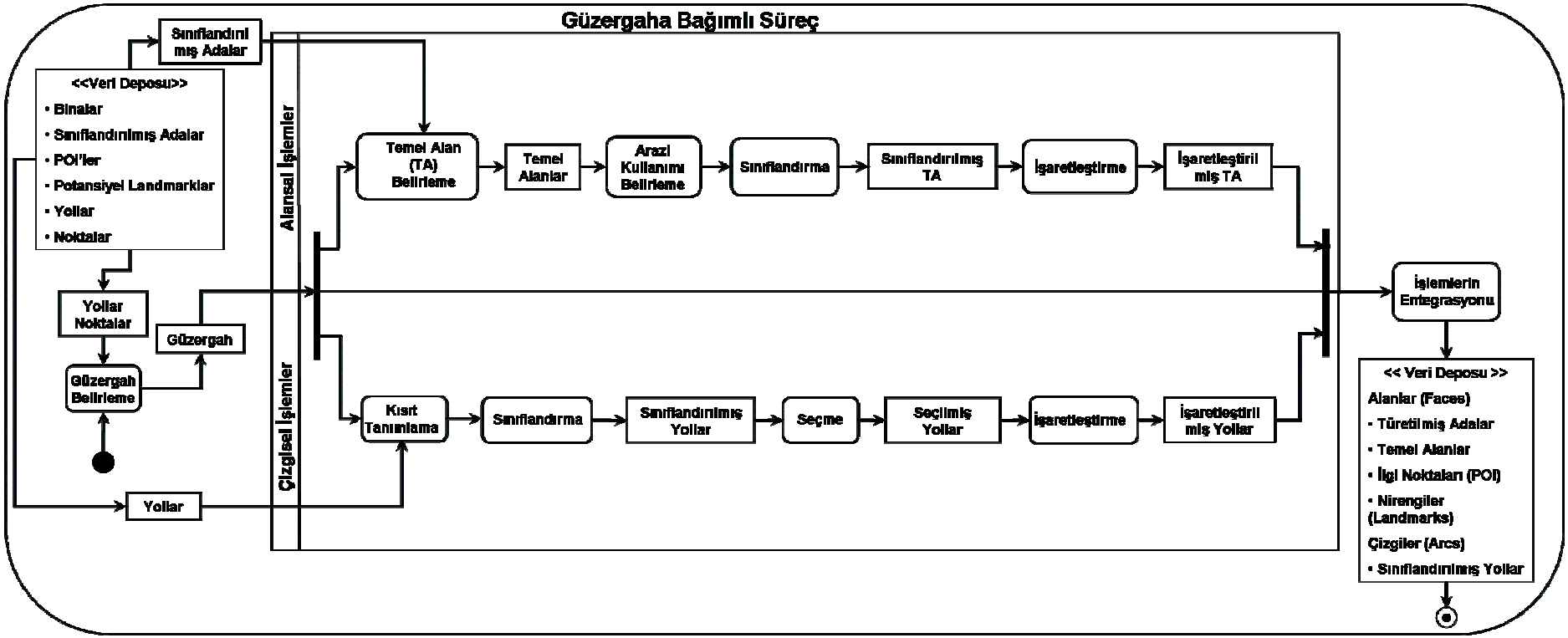
Şekil 5.18'de detaylı bir şekilde sunulan faaliyet diyagramında da görüldüğü uygulamanın ikinci aşamasında yapılan çalışmalar güzergah belirleme işlemi ile başlar. Uygulama kapsamında güzergah belirleme için Dijkstra (1959) tarafından çizge kuramı kullanılarak geliştirilen ve GeOxygene platformunda daha önceden tanımlı olan en kısa yol algoritması kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 4). En kısa yol hesabında yol uzunluklarının yanı sıra karar aşamasında kullanılan maliyet bilgisi olarak da yol ortalama hız verisinden yararlanılmıştır.

Güzergah belirlemenin sonrasında başlayan süreç, alansal ve çizgisel işlemlerden oluşan iki paralel sürecin ortak ürünüdür. Alana yönelik uygulama adımları hesaplanan güzergah boyunca temel alansal birimlerin belirlenmesi, temel alansal birimlerin arazi kullanımlarına göre sınıflandırılması ve sınıflandırılmış alansal objelerin işaretleştirilmesinden oluşmaktadır. Temel alansal birimler belirlenirken güzergah boyunca tampon bölge tanımlanır. Uygulama kapsamında GeOxygen Platformu'nda tanımlı olan tampon bölge belirleme algoritması kullanılmıştır. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken husus tampon bölge genişliğini belirlemektir. Çalışma kapsamında konu ile ilgili farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu kapsamda alansal çalışmalarda araç sürücüsünün seyir halindeyken görebildiği yola komşu alanlarda o alanın arazi kullanım bilgisine etki edebilecek yapıları içerebilecek bir tampon bölge belirlenmeye çalışılmıştır.

Deneysel yöntemle belirlenen 100m'lik tampon bölge genişliğinin yanı sıra Şekil 5.19 ve Şekil 5.20'de görülen yol ağına en uzak ya da en yakın bina mesafelerinden ortalama değerler hesaplayan farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden ilkinde güzergaha komşu alanların her biri için alan sınırları içerisinde kalan ve yol ağına en uzak mesafedeki bina belirlenmiştir. Şekil 5.19b'de görülen tampon bölge genişliği;

$$d = \frac{d_1 + d_2 + ... + d_n}{n} \qquad \textbf{(5.1)}$$

biçiminde, n ölçülen mesafelerin toplam sayısı olmak üzere aritmetik ortalama alınarak, hesaplanmıştır.

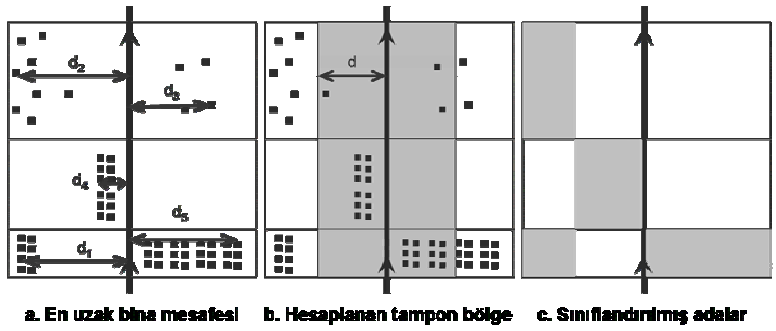


Şekil 5.18 : Güzergaha bağımlı süreç UML faaliyet diyagramı.

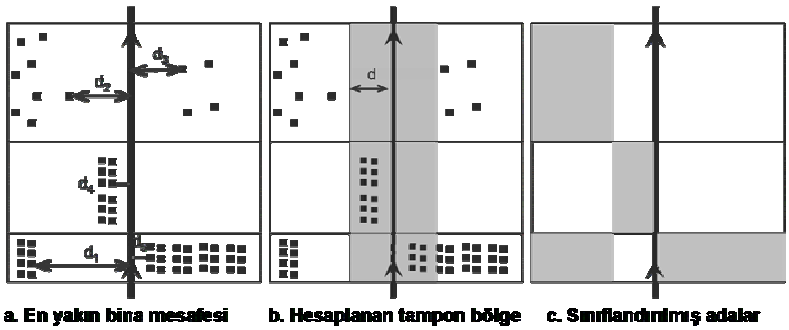
İkinci yöntemde ise güzergaha en yakın binalar kullanıldığı için aritmetik ortalama ile hesaplanan değere 10m gibi bir sabit değer (*k*) eklenerek tampon bölge genişliği belirlenmiştir (Şekil 5.20). Yapılan bu uygulamanın amacı bina merkezlerinden hesaplanan mesafenin binanın tamamını içine alacak şekilde genişletilmesidir.

$$d = k + \frac{d_1 + d_2 + ... + d_n}{n} \qquad \textbf{(5.2)}$$

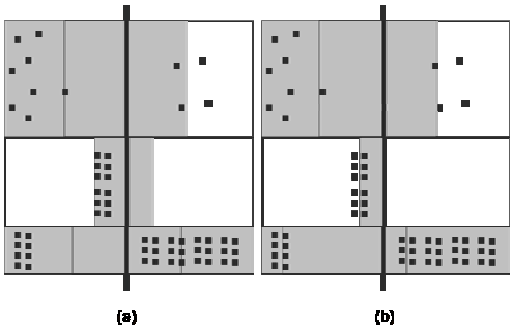
Tampon bölge hesabı için geliştirilen yöntemler Şekil 5.21'de görüldüğü gibi en uzak ya da en yakın bina mesafelerinin her bir yol parçası için hesaplanıp buna bağlı olarak her bir yol parçası için farklı bir tampon bölge tanımlanması (Şekil 5.21a) ya da benzer yöntemlerle tampon genişliğinin yol parçasının sağı ve solu için farklı ayrı ayrı hesaplanarak tampon bölge belirlemesi (Şekil 5.21.b) yapılabilir. Bu tür işlemler çoğaltılabilir. Fakat bu aşamada donanımsal kısıtların kullanılacak yöntemlerin uygulanabilirliğine etkisi göz ardı edilmemelidir. Uygulama kapsamında tampon bölge belirlendikten sonra bu bölgeleri içine alan adalar tampon bölge sınırlarına göre parçalara ayrılmıştır. Bu şekilde oluşturulan temel alanların arazi kullanımları veri zenginleştirme aşamasındaki yöntem kullanılarak tekrar belirlenmiş ve bu alanların sınıflandırılması yapılmıştır.



Şekil 5.19 : En uzak bina mesafelerinden ortalama tampon bölge hesabı.



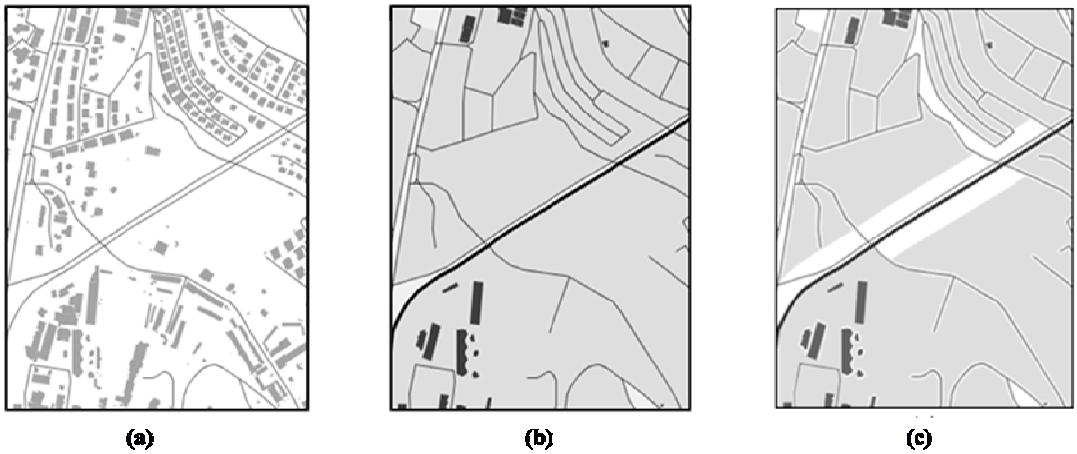
Şekil 5.20 : En yakın bina mesafelerinden ortalama tampon bölge hesabı.



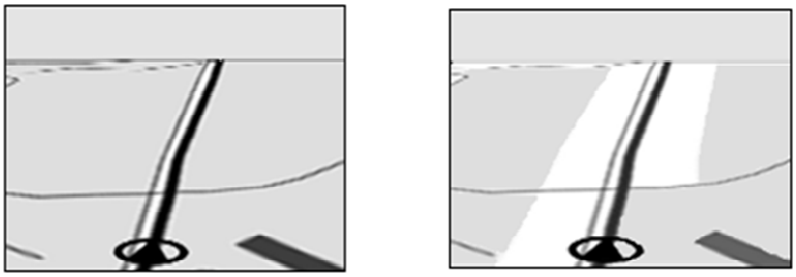
Şekil 5.21 : Değişken mesafeli tampon bölge hesabı.

5.2.4.4 Büyük ölçek gösterimlere yönelik uygulama sonuçları

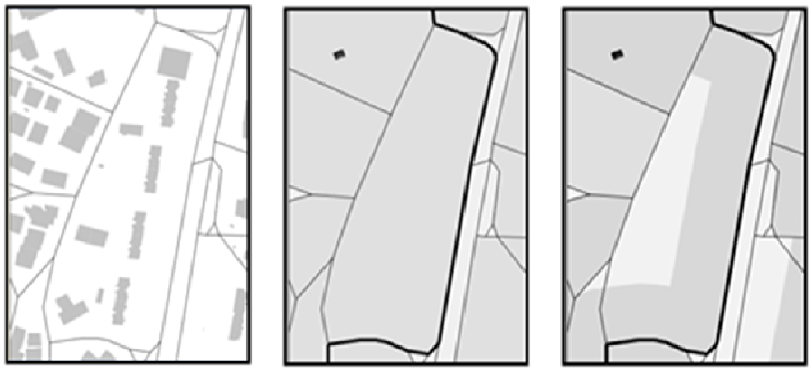
Çalışmada uygulanan alansal genelleştirme işleminin sonuçlarından bazıları Şekil 5.22, 5.23 ve 5.24'de sunulmuştur. Şekil 5.22'de de görüldüğü gibi mevcut yöntemler kullanıldığında yerleşim olarak sınıflandırılabilen adalar tampon bölge tanımlanması ile yapılan sınıflandırma sonucunda boş alan olarak tanımlanmıştır. Şekil 5.23'de Şekil 5.22'deki sınıflandırmaların perspektif gösterime etkisi verilmek istenmiştir. Şekil 5.24'de ise Şekil 5.22'deki durumdan farklı olarak tampon bölge kullanımının tampon bölgeye komşu alanın sınıflandırılmasına olan etkisi gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi 5.24b'de yerleşim olarak tanımlanan bir alanın bir kısmı 5.24c'de ada içerisinde yer alan binaların büyük kısmı tampon bölge içinde kaldığı için boş alan olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 5.22 : Alan genelleştirmesi örneği 1: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile sınıflandırılmış gösterim. c) Önerilen yöntem ile sınıflandırılmış gösterim.

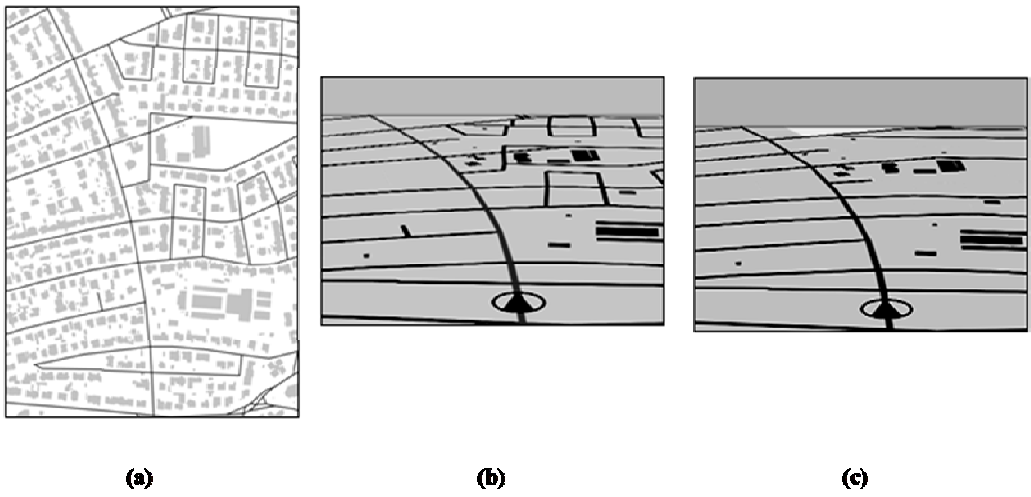


Şekil 5.23 : Şekil 5.22b (a) ve Şekil 5.22c'nin (b) perspektif gösterimi.



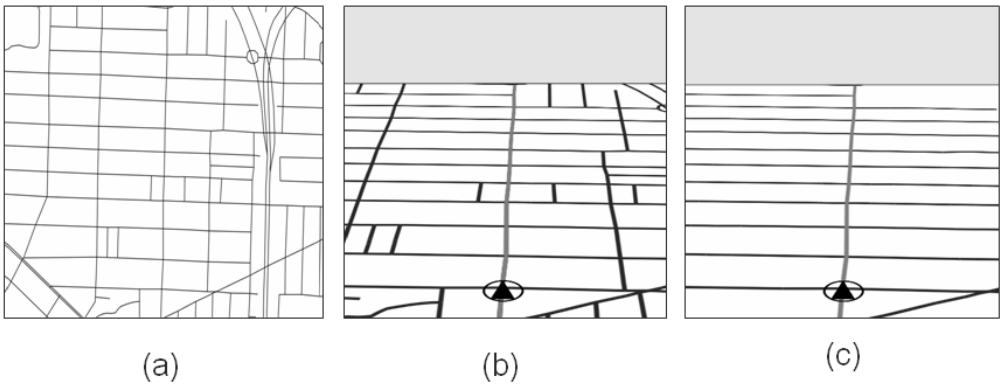
Şekil 5.24 : Alan genelleştirmesi örneği 2: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile sınıflandırılmış gösterim. c) Önerilen yöntem ile sınıflandırılmış gösterim.

Çalışmanın yol ağı genelleştirmesine yönelik sonuçlarından biri Şekil 5.25'de verilmiştir. Bu örnekte yol ağı, hesaplanan güzergahtaki kavşak noktalarından görülme ihtimali düşük olan yol parçaları elimine edilerek yol tipinden bağımsız genelleştirilmiştir. Şekil 5.25b'de Şekil 5.25a'da gösterilen geometrik verilerin genelleştirilmemiş perspektif gösterimi sunulurken Şekil 5.25c'de önerilen yöntemle gerçekleştirilen genelleştirme işleminin sonuçlar görülmektedir. Bu gösterimde, geliştirilen yazılım ile hesaplanan navigasyon güzergahına bağlı olarak geometrik özelliklerine göre üç ana sınıfa ayrılan yol verilerinden birinci derece yollar gösterime konu edilmiştir. Şekilde de görüldüğü üzere yol ağına uygulanan genelleştirme haritadaki veri yoğunluğunu önemli oranda ve anlamlı bir şekilde azaltmıştır. Bu Şekilde genelleştirme sonrasında da gösterime konu olan binalar POI ya da nirengi özelliğindeki yapılardır.

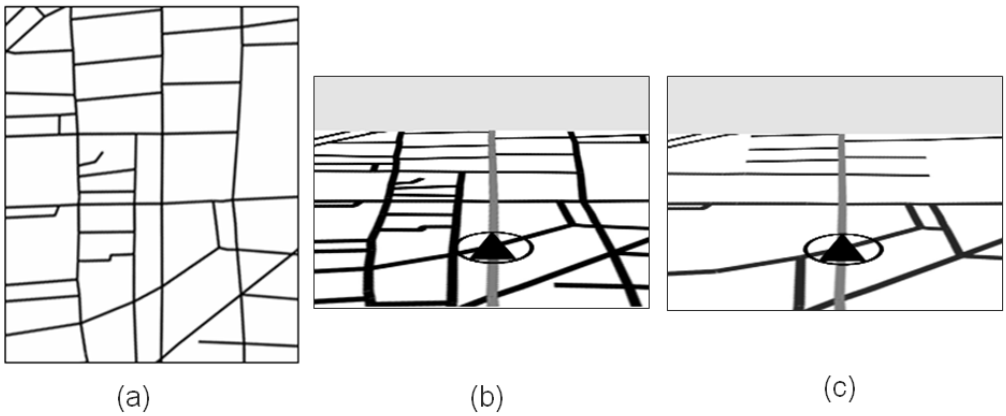


Şekil 5.25 : Yol ağı genelleştirmesi 1: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile genelleştirilmiş yol ağı. c) Önerilen yöntem ile genelleştirilmiş yol ağı.

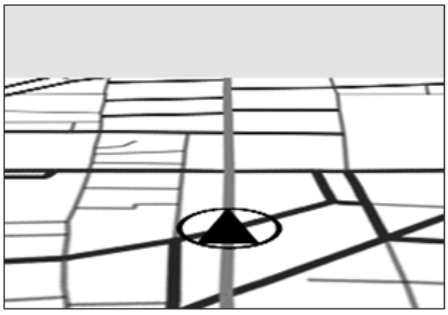
Şekil 5.26 ve 5.27'de de benzer genelleştirme sonuçları sunulmuştur. Fakat bu sonuçlarda özellikle de Şekil 5.27'de uygulanmış olan genelleştirmede yol ağında navigasyona devam edilebilecek fakat yakın çevreyi algılamayı güçleştirecek haritalar görülmektedir. Bu gibi olumsuz durumlar sınıflandırma ile elde edilen bilginin doğru kullanımı ile aşılabilir. Örneğin Şekil 5.28'de gösterildiği gibi haritaların tasarımında birinci derece yolların baskın gösteriminin yanı sıra diğer yollarda önem sırasına göre uygun bir görsel hiyerarşide sunulabilir. Yani kaynak verinin görselleştirme sırasında kullanılabilecek öznitelikleri içerecek şekilde düzenlenmesi sonrasında haritalar, uygun kartografik görselleştirme yöntemleri kullanılarak daha anlaşılır olacak şekilde tasarlanabilirler.



Şekil 5.26 : Yol ağı genelleştirmesi 2: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile genelleştirilmiş yol ağı. c) Önerilen yöntem ile genelleştirilmiş yol ağı.



Şekil 5.27 : Yol ağı genelleştirmesi 3: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile genelleştirilmiş yol ağı. c) Önerilen yöntem ile genelleştirilmiş yol ağı.



Şekil 5.28 : Önerilen yöntem ile genelleştirilmiş yol ağı.

5.2.5 Küçük ölçekli gösterimlerin iyileştirilmesine yönelik yaklaşımlar

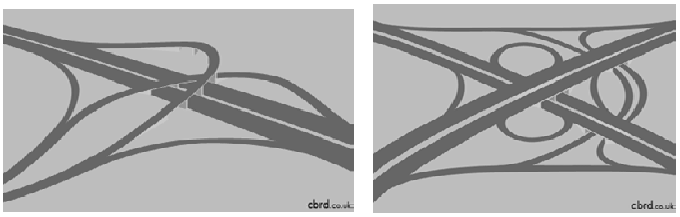
Çalışmanın son kısmında yalnız navigasyon haritalarında değil her ortamda sunulan yol haritalarında da özellikle küçük ölçek gösterimlerinde karşılaşılabilen genelleştirme probleminin çözümüne yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu kapsamda yol ağlarının en karmaşık yapıları olan katlı kavşakların genelleştirilmesi amaçlanmıştır. Günümüzde klasik yöntemlerle ya da bilgisayar ortamında etkileşimli bir şekilde gerçekleştirilen bu tür genelleştirme işlemlerinin otomasyonuna yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada öncelikle genelleştirmenin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için genelleştirilecek olan objenin amaca yönelik, eksiksiz bir şekilde tanımlanması gereğinden yola çıkılarak kavşak tanımlama yöntemleri geliştirilmiştir. Çalışmanın bir sonraki aşaması ise tanımlanan kavşakların sınıflandırılmasıdır.

5.2.5.1 Katlı kavşakların tanımlanması

Kavşaklar, kent içi veya kent dışı karayollarında araç ile aracın ve/veya araç ile yayaların iki, üç ya da daha fazla yol ile kesiştiği yerlerde trafik akımının;

- sürekliliğinin kesilmesi,
- emniyetin azalması,
- hızın azalması,
- durma ve gecikmelerin artması,
- taşıt işletme maliyetlerinin artması,
- kapasitenin azalması

gibi olumsuzlukların giderilmesi amacıyla yapılan bir mühendislik yapısı olup yolun bir parçası olarak görev yapmaktadır. Kavşaklar genelde trafik yoğunluğu az olan yollarda hemzemin (eş düzey), trafik yoğunluğu fazla olan ya da tam erişme kontrollü yollarda (otoyollar) farklı düzey (seviyeli, katlı) olarak düzenlenir (Tunç, 2003; Doğru, 2004). Çalışma kapsamında ele alınan kavşak tanımlaması, özellikle otoyollar, devlet yolları gibi yüksek seviyeli yolların birbirlerini farklı düzeylerden kestiği (fiziksel olarak kesmeden birbirlerinin üstünden ya da altından geçtiği) durumlarda oluşan yapıları, bu yolları birbirlerine bağlayan bağlantı yollarıyla birlikte kapsamaktadır. Söz konusu kavşaklar Şekil 5.29a ve 5.29b'de gösterildiği gibi sırasıyla üç ya da dört yolun birleşimi olabildikleri gibi bu sayı daha da arttırılabilir.



Şekil 5.29 : Katlı kavşaklara örnekler.

Çalışmanın bu kısmının temel amacı, katlı kavşakların küçük ölçekli navigasyon haritalarında ya da basılı yol haritalarında kullanılacak kavşak verisini elde etmek için yapılması gereken genelleştirme işleminde gerekli olan bilgileri içeren bir tanımlama yapmaktır. Dikkat edilmesi gereken husus; yapılan tanımlamanın bilgisayar ortamında uygulanabilmesi ve sonrasında da sınıflandırma aşamasında kullanılabilmesi için amaca uygun olarak tek anlamlı sonuçlar vermesi ve matematiksel (hesaplanabilir ve programlanabilir) bir boyutunun olmasıdır. Navigasyon ya da yol haritalarında genelleştirilmiş kavşak gösterimlerinin vermesi gereken temel bilgiler kavşağın kaç yolun birleşimi olduğu, kavşaktan hangi yönlere çıkış yapılabileceği gibi ulaştırma faaliyetlerine ilişkin bilgilerdir. Bu bilgilerin yanı

sıra kavşağın geometrik şekline ilişkin bilgiyi içeren bir tanımlama kartografik genelleştirme için de çok faydalı olacağı değerlendirilmiştir.

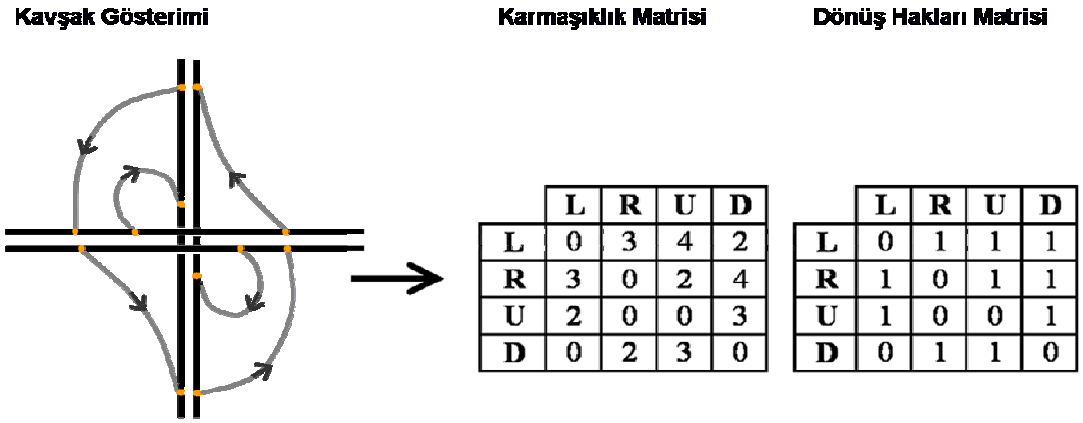
Bu hususlardan hareketle çalışma kapsamında kavşak yapılarının o kavşaktan geçmekte olan bir araç sürücüsünün ihtiyaçları doğrultusunda, yani kavşağın kullanıma açık tüm bileşenleri ile tanımlanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda kavşak yapıları hem matris hem de ağaç yapısı biçiminde tanımlanmıştır. Bu tanımlamaların yapılabilmesi için kavşaklara ait geometrik verinin yol orta çizgilerinden her yön için çizgi düğüm veri yapısında üretilmiş olması gerekmektedir. Çalışmada ayrıca yol ağı içersinden katlı kavşakları belirlemeye yarayan yarı otomatik bir uygulama da geliştirilmiştir. Bu uygulama yazılan kodun çalışması ile belirlenen kavşakların bir sonraki adım öncesinde elle düzenlenmesi gerektiği için yarı otomatik olarak adlandırılmıştır.

Kavşakların matris olarak tanımlanması

Kavşakların matris olarak tanımlanması yönteminin temeli kavşağa herhangi bir yönden giren araç sürücüsünün kavşaktan ayrılana kadar geçeceği düğüm noktalarının toplam sayısını belirlemektir. Bu hesap kavşakta birleşen tüm yollar için karşılıklı olarak yapıldığında bu değerleri kullanarak, her kavşak için; n kavşakta kesişen yol sayısını belirtmek üzere (nxn) boyutlu M matrisini üretmek mümkün olacaktır. M matrisinde i ve j sırasıyla satır ve sütun sayısını belirtmek üzere $m_{i,j}$ değerleri yapılan hesapla elde edilen sonuçları yansıtmaktadır. Şekil 5.30'da bu teori şekil üzerinden anlatılmıştır. Örnek kavşak gösterimi dört yol kesişimi olduğu için oluşturulan matrisler, şekle bakış doğrultusuna göre belirlenen tüm yönlerin (L, R, U ve D sırasıyla sol, sağ, üst ve alt) geçişli olarak irdelendiği 4x4 boyutunda matrislerdir. Teoriye göre oluşturulan karmaşıklık matrisinde sağdan (R) kavşağa giren bir sürücünün yukarı (U) yönde devam etmesi için iki düğüm noktasını geçmesi gerektiği için $m_{R,U}$ değeri ikiye eşittir.

Bu yönteme göre bir yönden bir diğerine çıkış ne kadar uzun ve karmaşık ise matriste yer alan değer de o kadar büyük olacaktır. İşte bu nedenle Şekil 5.30'daki ilk matrise karmaşıklık matrisi adı verilmiştir. Yine aynı şekilde hesaplanan $m_{R,R}$ değeri de kavşağa sağ yönden giriş yapan aracın yalnız bu kavşağı kullanarak geldiği yöne geri dönme imkanı olmadığı için sıfırdır. Bu durumda kavşakların matris gösterimi ile bir kavşakta hangi yönlere dönüş yapılabileceği bilgisi

tanımlanmaktadır. Şekil 5.30'da gösterilen dönüş hakları matrisi karmaşıklık matrisinden türetilmiştir. Karmaşıklık matrisindeki sıfırdan farklı her değer dönüş hakları matrisinde 1 olarak yer almıştır. Bu matriste 0 değeri kavşaktan o yönde dönüş olmadığını belirtirken, 1 değeri dönüş izni olduğu bilgisini vermektedir.



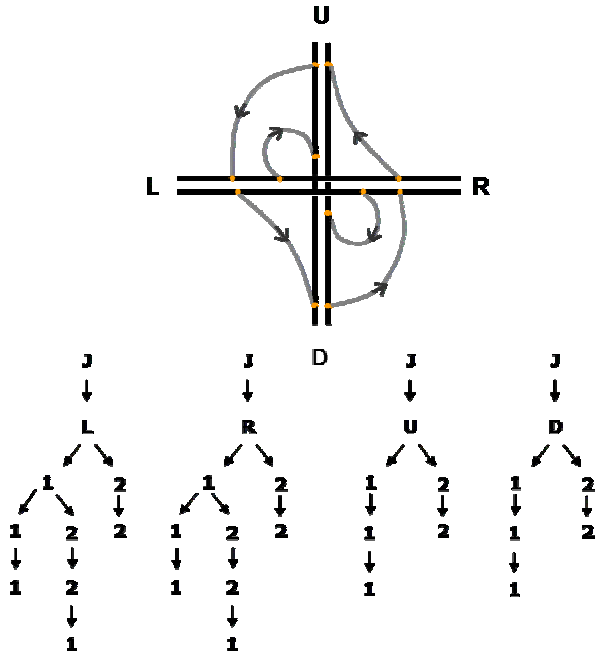
	L	R	U	D
L	0	3	4	2
R	3	0	2	4
U	2	0	0	3
D	0	2	3	0

	L	R	U	D
L	0	1	1	1
R	1	0	1	1
U	1	0	0	1
D	0	1	1	0

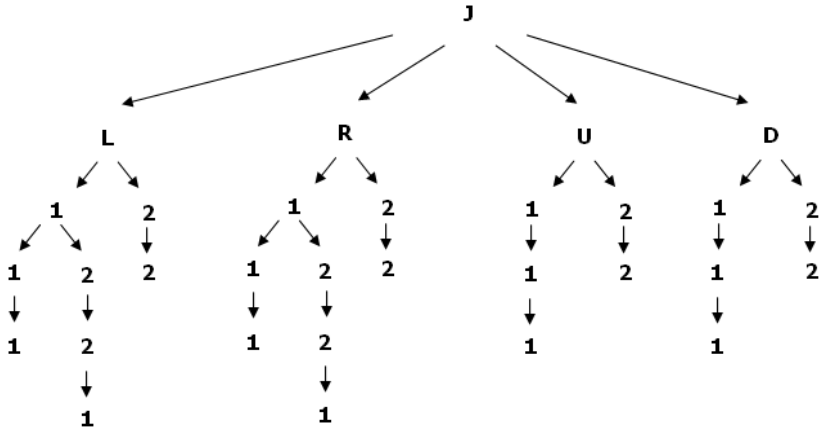
Şekil 5.30 : Matris gösterim.

Kavşakların ağaç yapısı olarak tanımlanması

Kavşakların ağaç olarak tanımlanması fikri ağaç yapılarının yol ağlarına benzer bir çizge (graph) yapısında olmasından geliştirilmiştir. Bu benzerlikten yararlanılarak kavşağa herhangi bir noktasından giriş yapan araç sürücüsünün o kavşaktan çıkmak için kullanabileceği tüm yollar Şekil 5.31'de görüldüğü gibi ağaç yapısı düzeninde tanımlanması önerilmiştir. Bu tanımlamada kavşağa bir yönden giriş yapan araç sürücüsünün geçtiği her bir düğüm noktasında seçmesine izin verilen tüm yollar modellenmeye çalışılmıştır. Örneğin Şekil 5.31'de L yönünden kavşağa giriş yapan bir araç kullanıcısı karşılaştığı ilk düğüm noktasında sağa (2) ya da sola (1) gidebilir. Eğer kullanıcı 2 yönünü seçerse bir sonraki düğüm noktasında yine 2 yönünü yani sağı seçerek D yönünde kavşaktan çıkış yapar. Bu şekilde kavşak üzerinde yapılacak olası hareketler tanımlanır ve bu tanımlama sonuncunda her bir kavşak için o kavşakta kesişen kol sayısı kadar ağaç tanımlanır. Daha sonra bu ağaç yapıları tek bir kök altında birleştirilerek ortak ağaç gösterimi elde edilebilir (Şekil 5.32).



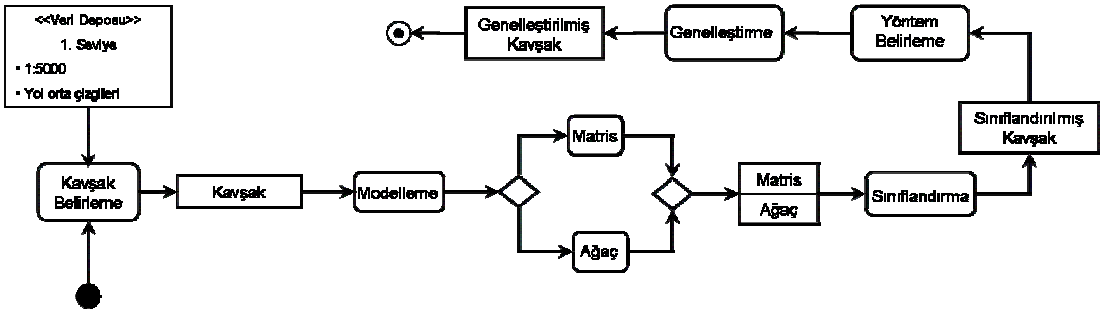
Şekil 5.31 : Bir kavşağın farklı yönlerden ağaç gösterimleri, 1: sol, 2: sağ.



Şekil 5.32 : Bir kavşağın ağaç gösterimi.

5.2.5.2 Önerilen yöntemlerin uygulanması

Kavşakların tanımlanmasına yönelik geliştirilen her iki yöntem de GeOxygene yazılım geliştirme platformunda uygulanmıştır. Şekil 5.33'de görüldüğü gibi uygulama süreci yol ağı içerisindeki katlı kavşakların belirlenmesi ile başlamıştır. Bu aşama yine aynı yazılım geliştirme platformunda geliştirilen yazılım ile yarı otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen yazılım ile belirlenen katlı kavşaklar geometrilerindeki hataların düzeltilmesinin ardından kavşak tanımlama için hazırlanan yazılımda işlenmiştir.

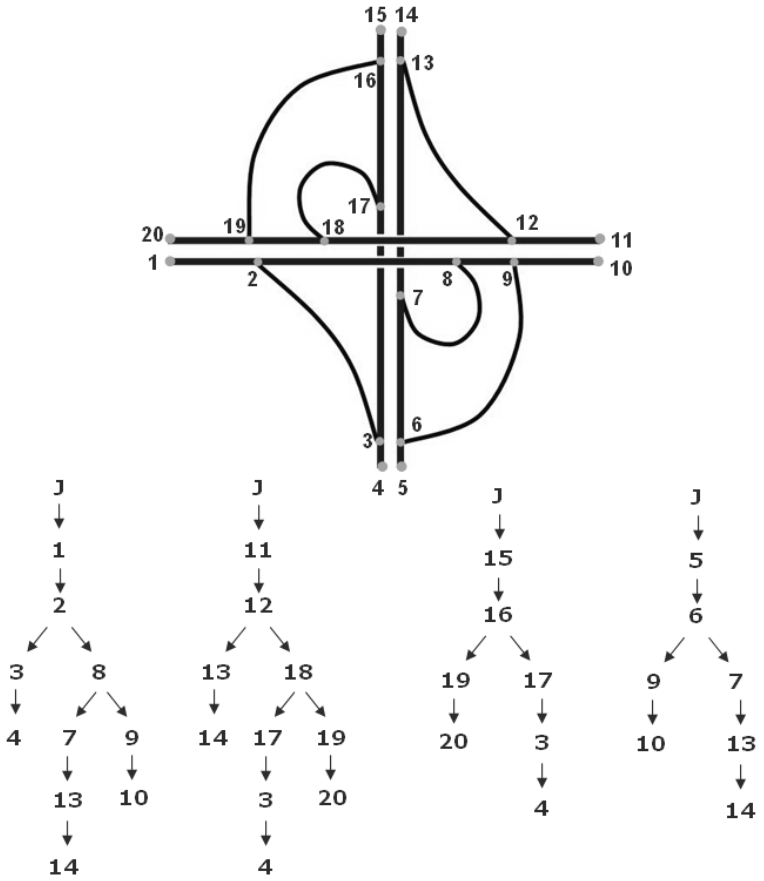


Şekil 5.33 : Kavşak çözümlerinin UML faaliyet diyagramı.

Kavşakların tanımlanmasının ardından otomatik modelleme aşamasına geçilmiştir. Kavşakların matris olarak tanımlanması için geliştirilen yazılımda öncelikle her bir kavşağın düğüm noktaları giriş, çıkış ya da ara geçiş noktası olarak ayrı ayrı tanımlanmış sonrasında da giriş ve çıkış noktalarına ilişkin aynı yöne ait gruplar (nokta çiftleri) belirlenmiştir. Teoride çift olarak adlandırılan fakat uygulamada bir kavşağa aynı yönden birden fazla giriş ya da çıkış olabileceği için 2'den fazla olabilen bu gruplar belirlendikten her bir kavşağın kendi içerisinde düzgün bir şekilde sıralanarak matrise ait değerlerin hesaplanması için her kavşakta ortak özellikleri taşıyan referans noktası belirlenmiştir. Bu referans noktası genellikle kavşakların ana kollarının kesişiminde oluşan alanın ağırlık merkezidir. Belirlenen nokta çiftleri referans noktasına göre konumları dikkate alınarak numaralandırılmıştır. Böylece matrisin teoride yönlere göre (Şekil 5.30) yapılan satır sütun sıralaması, pratikte nokta çiftlerinin her kavşak için belirlenen referans noktasına göre dağılımı dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Ağaç gösterimlerin oluşturulması sırasında teoride 1 ve 2 ile gösterilen ve sırasıyla sol ve sağdaki yolları temsil eden yapı pratikte sürücünün geliş doğrultusuna göre düzenlenmiştir. Bunun için tüm kavşak Şekil 5.34'de görüldüğü gibi çizgi düğüm yapısında tanımlanmıştır. Bu amaçla kavşak yapısına ait tüm düğüm noktaları sabit olarak numaralandırılmıştır. Teoride yönler ile ifade edilen kavşağa giriş noktaları bu yapıda kavşak girişindeki düğüm noktasının numarası ile ifade edilmiştir. Bunun için matris tanımlama uygulamasında olduğu gibi bir kavşağın giriş çıkış noktaları belirlenerek gruplandırılmıştır. Ağaç gösterimi bir düğüm noktasından diğerine olan hareketi yönüyle birlikte gösterecek şekilde yapılandırılmıştır. Bunun sonucunda da teoride Şekil 5.31'de olduğu gibi tanımlanan ağaç yapısı pratikte Şekil 5.34'te

gösterildiği gibi tanımlanmıştır. Bu yolla oluşturulan kavşağa ait farklı yönlerdeki ağaç yapıları birleştirilerek kavşağı tek bir ağaç yapısında tanımlamak mümkündür.



Şekil 5.34 : Uygulamada bir kavşağın ağaç gösterimi.

5.2.5.3 Kavşakların sınıflandırılması

GeOxygene platformunda geliştirilen uygulama ile test verisindeki katlı kavşaklar belirlenmiş ve bu kavşakların matris ve ağaç gösterimleri elde edilmiştir. Her iki yöntemle de yapılan tanımlama sonucunda; bir kavşağın kaç yolun birleşimi olduğu, kavşağın dönüş hakları açısından türü, eğer 3 yol kesişimi ise bu kesişimin cinsi gibi bir çok bilginin tanımlanması mümkün olmuştur. Kavşaklar dönüş haklarına göre tam (complete) ya da kısmi (partial) olmak üzere iki temel şekilde sınıflandırılır. Tam kavşaklar bir yönden giriş yapıldığında diğer tüm yönlere çıkış imkanı olan kavşaklardır. Kısmi kavşaklarda ise kavşaktan her yöne çıkış hakkı tanınmamaktadır. Kavşaklar hakkındaki bu bilgi küçük ölçekli yol haritalarının tasarımında kavşakların gösteriminde kullanılacak olan noktasal işaretin türünü belirlemek için gereklidir. 3 yol kesişimi olan eşdüzey kavşaklar kesişen kolların birbirine göre olan açılarına göre T, Y ve çatal tipi kavşaklar olarak üçe ayrılırlar (Grosso, 2004; Touya, 2007;

Dogru ve diğ., 2007). T tipi kavşaklarda kollar birbirlerini yaklaşık olarak iki dik (90^o) ve bir yarım açıyla (180^o) keserken çatal tipi kavşaklar da kollar bir dar ve iki geniş açı ile sıralanırlar. Y tipi kavşaklarda ise kollar arasındaki açılardan biri yaklaşık 180^o iken bir diğeri dar açılıdır. Bu çalışmada katlı kavşaklar konu edilmiş olmasına rağmen her iki kavşak türünün benzer yapıları nedeniyle bu sınıflandırma benimsenmiştir.

Tez kapsamında kavşak tanımlamalarını kullanan otomatik sınıflandırma algoritmaları geliştirilerek GeOxygene Platformunda kavşakların tanımlanması için geliştirilen uygulamaya eklenmiştir. 40 farklı katlı kavşağa ait veri kullanılmıştır. Test alanında bulunan katlı kavşakların özelliklerine göre sayısal dağılımları belirlenmiştir. Bu kapsamda tüm kavşakların türlerine göre sayısal dağılımına ilişkin bilgiler Çizelge 5.2'de, 3 yol kesişimi kavşakların türlerine göre sayısal dağılımı ise Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Kavşakların türlerine göre dağılımı.

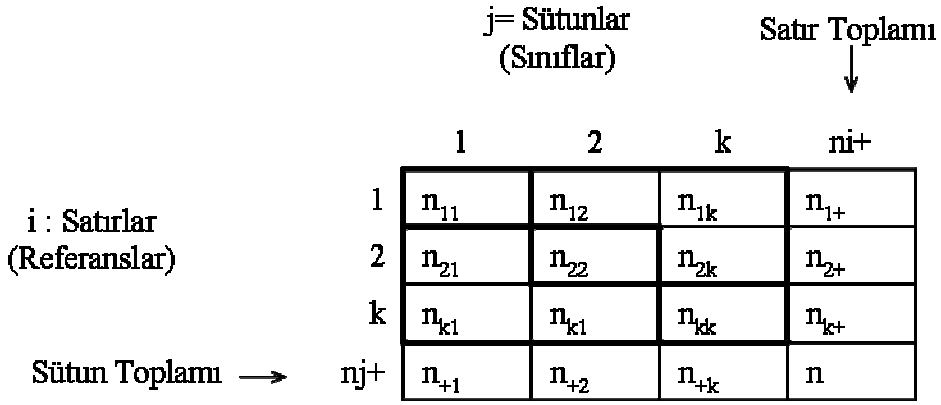
Kavşak Türü	Tam Kavşak	Kısmi Kavşak	Toplam
3 Yol Kesişimi	12	3	15
4 Yol Kesişimi	15	8	23
5 Yol Kesişimi	0	1	1
6 Yol Kesişimi	0	1	1
Toplam	27	13	**40**

Prototip yazılım tarafından otomatik olarak yapılan kavşak sınıflandırması işleminin doğruluk analizi de gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırmada doğruluk analizi, sınıflandırmadan elde edilen sonuçların referans veriden çıkarılan test alanlarındaki sınıfı bilinen veriler ile karşılaştırılmasıyla yapılır. Sınıflandırmanın doğruluk derecesini tanımlamak için en yaygın yol hata matrisi oluşturmaktır. Hata matrisi; sınıflandırma sonuçlarının gerçek değerler ile karşılaştırıldığı kare matristir (Jensen, 1996). Referans veriler matrisin ilk satırında, tahmin edilen sonuçlar ise matrisin ilk sütununda yer alır. Hata matrisinde köşegen değerler doğru olarak sınıflandırılmış obje sayısını gösterir.

Çizelge 5.3 : Üç yol kesişimi kavşakların türlerine göre dağılımı.

Kavşak Türü	T Tipi	Y Tipi	Çatal Tipi	Toplam
3 Yol Kesişimi	10	2	3	15

Şekil 5.35'de verilen hata matrisinden sınıflandırmanın doğruluğuna ait bir çok ölçüt türetilebilir. Bunlardan en yaygın olanı, doğru olarak belirlenmiş sınıfların yüzdesinin hesaplandığı "Toplam doğruluk"'tur (overallaccuracy). Toplam doğruluk, hata matrisindeki köşegen değerlerin toplamının, yani doğru olarak sınıflandırılan toplam obje sayısının, sınıflandırılan toplam obje sayısına oranının 100 ile çarpılmasıyla elde edilir.



Şekil 5.35 : Hata matrisi, Foody (2002) ve Bektaş (2003) ten uyarlanmıştır.

Sınıflandırma sonrası doğruluk analizinde, bağımsız olarak tanımlanmış kontrol alanlarındaki objeler ile bu objelere karşılık gelen sınıflandırma sonuçları, doğru sınıflandırılmış obje yüzdeleri (üretici doğruluğu) ile sınıflandırılmış objelerin yeryüzünde var olma olasılıklarının yüzdeleri (kullanıcı doğruluğu) hesaplanmıştır. "Üretici doğruluğu" (producer's accuracy), her sınıf içinde doğru olarak sınıflandırılmış objelerin sayısını, test veride bu sınıf için kullanılan obje sayısına bölümü ile bulunur. "Kullanıcı doğruluğu" (user's accuracy), her sınıf içinde doğru sınıflandırılmış obje sayısını, bu kategori içinde sınıflandırılan objelerin toplam sayısına bölünmesiyle bulunur ve "dahil etme hatası"'nı gösteren bir ölçüdür. Bu doğruluk değeri, herhangi bir sınıfa atanan bir objenin bu sınıfı gerçekte temsil etme olasılığını gösterir (Foody, 2002).

Çalışma sonucunda kavşaklar öncelikle kavşakta kesişen yol sayılarına ve kavşak türlerine göre, daha sonra da 3 yol kesişimi olan kavşaklar türlerine göre Şekil 5.36'da sınıflandırılmışlardır. Çalışma bölgesi verilerinden (Bkz. Şekil 5.6) üretilen kavşakların, kesişen yol sayısına göre sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilmesi için hazırlanan hata matrisi Çizelge 5.4'de verilmiştir. Şekil 5.36'da siyah, kırmızı ve yeşil renkte gösterilen kavşaklar sırasıyla 3, 4 ve 5 yolun birleşimi olarak sınıflandırılan kavşaklardır. Hata matrisinden de anlaşılacağı üzere referans veride 6

yol kesişimi olup da 5 yol kesişimi olarak sınıflandırılan bir kavşak dışında tüm sınıflandırmalar doğrudur. Bu sınıflandırmanın toplam doğruluğu; hesaplamalar ([39 x 100] / 40) sonucunda %97.5 olarak belirlenmiştir. Bu sınıflandırmada her bir sınıfın kullanıcı ve üretici doğrulukları Çizelge 5.5'de gösterilmiştir.

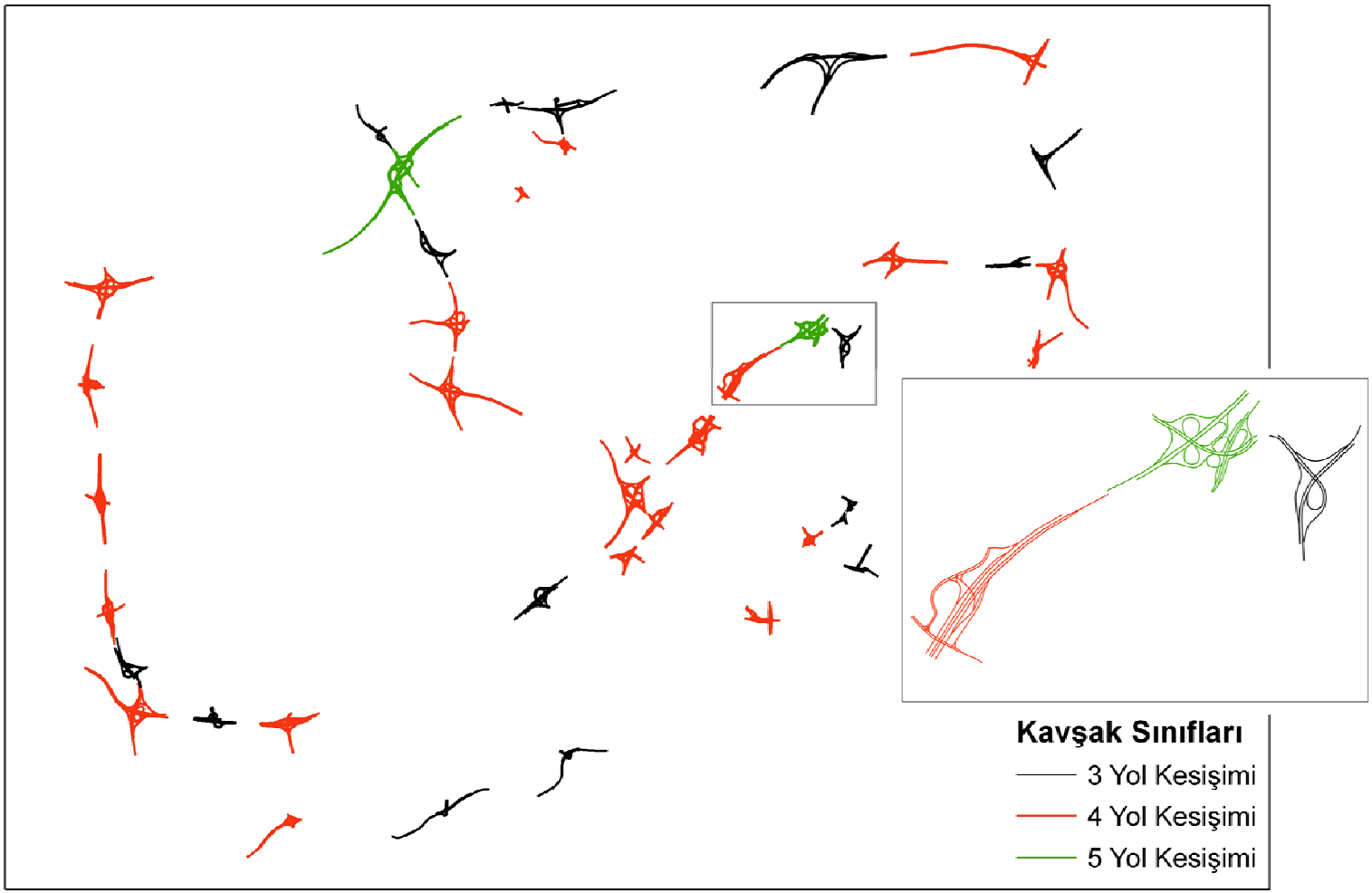
Çizelge 5.4 : Kesişen yol sayısına göre sınıflandırmanın hata matrisi.

Tahmin \ Kesin	**3**	**4**	**5**	**6**	**Toplam**
3	15	0	0	0	15
4	0	23	0	0	23
5	0	0	1	0	1
6	0	0	1	0	1
Toplam	15	23	2	0	**40**

Çizelge 5.5 : Kesişen yol sayısına göre sınıflandırmanın kullanıcı ve üretici doğrulukları.

	Kullanıcı Doğruluğu	**Üretici Doğruluğu**
3	1	1
4	1	1
5	0.5	1
6	-	0

Bu doğruluk değerleri referans verinin ya da sınıflandırmanın doğruluğunu farklı yönlerden ele almak için anlamlıdır. Kavşakların dönüş hakları türüne göre yapılan sınıflandırmanın görsel sonuçları Şekil 5.37'de verilmektedir. Bu şekilde tam, yani her hangi bir yönden kavşağa giren araç kullanıcısına diğer tüm yönlerde çıkış imkanı tanıyan, kavşaklar yeşil, kısmi kavşaklar ise kırmızı renkte gösterilmiştir. Çizelge 5.6'da verilen bu sınıflandırmaya ait hata matrisinden hareketle toplam doğruluk ([38 x 100] / 40) hesabı ile %95 olarak belirlenmiştir. Şekil 5.36 ve Şekil 5.37 Ek A.4 ve Ek A.5'de büyütülmüş olarak verilmiştir.



Şekil 5.36 : Kesişen yol sayısına göre yapılan sınıflandırma sonuçları.

Çizelge 5.6 : Kavşak türüne göre sınıflandırmanın hata matrisi.

Tahmin \ Kesin	Tam	Kısmi	Toplam
Tam	27	0	27
Kısmi	2	11	13
Toplam	29	11	**40**

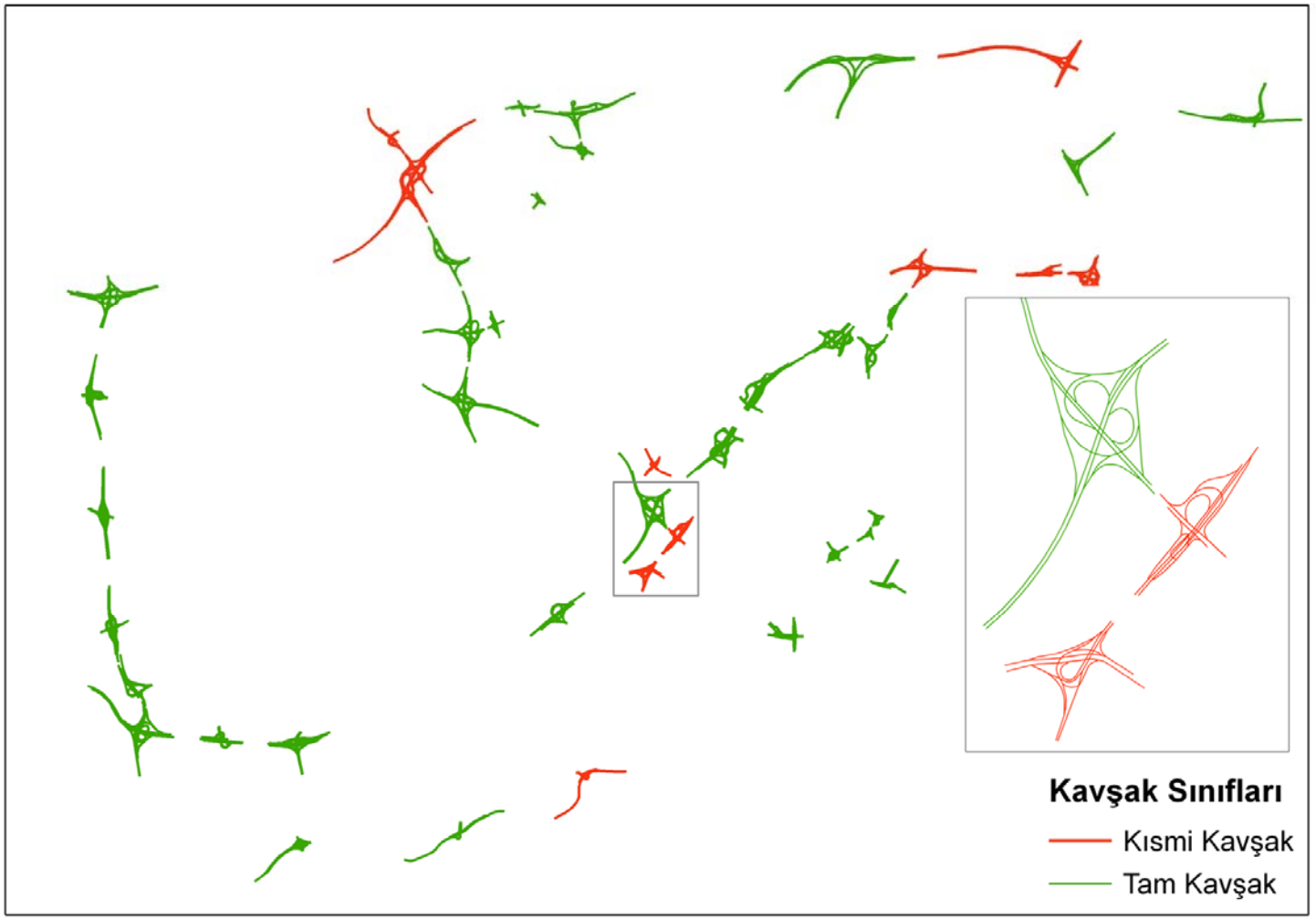
Çizelge 5.7 : Kavşak türüne göre sınıflandırmanın kullanıcı ve üretici doğrulukları.

	Kullanıcı Doğruluğu	Üretici Doğruluğu
Tam	0.93	1
Kısmi	1	0.85

Tezde gerçekleştirilen doğruluk analizi, uydu görüntülerinin sınıflandırma doğruluğunu belirlemek için kullanılan bir yöntem olup uygun sayı ve dağılımdaki referans noktasına göre yapılan karşılaştırmaları içerir. Bu uygulamada referans veriler temel veriden kontrollü olarak seçilmiştir, fakat örnek veri grubunda 5 ve 6 yol kesişimi olan kavşakların sayısı azdır. Bu durum kullanıcı ve üretici doğruluğu sonuçlarını Çizelge 5.5'de görüldüğü gibi özellikle 6 yol kesişimi kavşaklar için etkilemiştir. Test alanının genişletilmesi ya da farklı bölgelerden alınan kavşak örnekleri ile desteklenerek sayısal dağılımın iyileştirilmesi elde edilen sonuçların doğruluğunu ve güvenilirliğini arttıracak yöntemlerdir.

5.2.5.4 Kavşakların genelleştirilmesi

Tezde yapılan kavşak sınıflandırma çalışmaları, bu kavşakların küçük ölçekteki gösterimlerini elde etmek için yapılan hazırlıklar olarak algılanmalıdır. Bu çalışmalar sonucunda farklı özelliklerine göre sınıflandırılan kavşaklar, bu özelliklerine uygun olarak geliştirilen yöntemler ile genelleştirilebilir. Tezin bu bölümünde navigasyon haritalarının düşük çözünürlükteki gösterimlerinde kullanılacak kavşak gösterimlerinin belirlenmesi için otomatik olarak yapılan kavşak tanımlama ve sınıflandırma çalışmalarının sonuçlarından faydalanılacaktır. Küçük ölçekli araç navigasyon haritalarının ya da farklı ortamlarda sunulmak üzere tasarlanmış yol haritalarının temel amacı seyahat sırasında takip edilecek yollar ile ilgili genel bilgileri almaktır.



Şekil 5.37 : Kavşak türüne göre yapılan sınıflandırma sonuçlar.

Dolayısıyla bu tür haritalarda kavşakların tüm bağlantı yolları ile birlikte gösterilmesine ihtiyaç yoktur. Bu kapsamda tasarlanan bir çok haritada kavşak gösterimleri Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi yolların kesişiminde noktasal işaret olarak gösterilir. Navigasyon haritalarında ise, Bölüm 4.3'de anlatıldığı ve Şekil 4.2a'da gösterildiği gibi, bu anlamda bir genelleştirme işlemi uygulanmamaktadır.

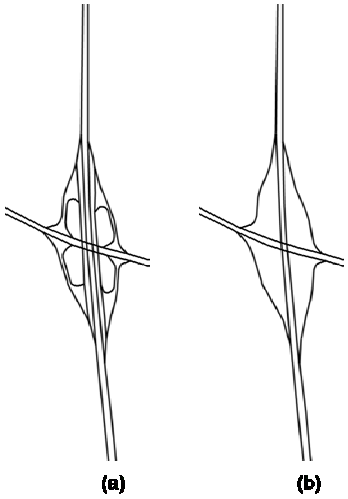
Kavşakların noktasal işaretleri ile gösterildiği durumlarda kullanılacak olan işaretin türünün belirlenmesi ve tek bir işaretle kavşağa ait önemli bilgilerin aktarılması yapılacak olan genelleştirme işlemini anlamlı kılacaktır. Bir kavşağın temelde vermesi gereken bilgiler o kavşakta kaç yolun birleştiği ve kavşaktan her yöne ulaşım olup olmadığıdır. Bu amaçlar için geometrik işaretlerin kullanımı uygundur. Çizelge 5.7'de farklı kavşak türleri için kullanılabilecek noktasal işaretler verilmiştir. Geometrik işaret kullanımı kavşakta birleşen yol sayısı ile kullanılacak işareti arasında bir ilişki kurulmasına olanak vermektedir. Yapılan öneride üç, dört ve beş yol birleşimi olan kavşaklar için sırasıyla üçgen, dörtgen ve beşgen biçiminde işaret kullanımı, daha fazla yol birleşmesi durumunda ise daire kullanımı planlanmıştır. Dönüş haklarına göre kullanım türü ise dolgu kullanımı ile ayırt edilmiştir. Kavşakların otomatik tanımlanması sırasında kavşakların kolları arasındaki açılar da bir anlam da belirlenmiştir. Bu gibi bilgilerin yardımıyla ileri araştırmalarda her sınıf için otomatik seçilen noktasal işaretin kavşağın geometrisine göre yöneltmesi de yapılabilecektir.

Çizelge 5.8 : Kavşakların noktasal gösterimleri.

Yol Sayısı \ Tür	Tam	Kısmi
3		
4		
5		
>5		

Tez kapsamında ayrıca otomatik olarak belirlenen her kavşak sınıfı için ara seviyelerdeki gösterimleri elde ederken kullanılabilecek o sınıfa özel genelleştirme algoritmalarının belirlenebileceği düşüncesiyle bir çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda dört yol birleşimi kavşakların ana yollar ve bu yollar arasında geçişi sağlayan ana

bağlantılar dışındaki bileşenlerinin otomatik olarak elimine edilmesi amaçlanmıştır. Buradaki temel amaç genelde kavşakların orta bölümünde yoğunlaşan ve ölçek küçüldükçe karmaşıklaşarak anlaşılırlığı azalan parçalarını genelleştirmektir. Geliştirilmekte olan program ile sınırlı da olsa sonuçlar alınmaya başlamıştır. Şekil 5.38a ve 5.38b'de yonca tipi kavşağa ait sırasıyla genelleştirme öncesi ve sonrası gösterimleri paylaşılmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar devam etmektedir.



Şekil 5.38 : Sınıfa özel genelleştirme çözümü örneği.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında yapılan çalışma ile temelde navigasyon haritalarının Çoklu Gösterim Veritabanı (ÇGVT) yaklaşımı ekseninde üretimi amaçlanmış ve bu amaç doğrultusunda çalışmanın farklı aşamalarında mevcut problemlere çözümler aranmıştır.

Navigasyon uygulamasının ÇGVT ile temel ilişkisi; navigasyonun fiziksel yeryüzünün farklı özelliklerdeki gösterimlerini düzenli bir şekilde kullanımına ihtiyaç duyması, ÇGVT'nin de bu gösterimleri düzenleyen sistem olmasıdır. Farklı seviyedeki gösterimler yol ağının geometrik özelliklerine göre belirlenebileceği gibi uygulama aşamasının amacına göre de yapılabilmektedir. Gösterim seviyelerinin yol geometrisine bağlı olarak belirlenmesi haritaların amaca göre tasarımlanması kuralına uygun değildir. Zira bu aşamada yol ağı geometrisini her şekilde korumayı amaçlayan bir sistemde gösterim seviyelerinin uygulama aşamalarının amacına ve bu amaca yönelik ihtiyaç duyulacak bilgiye göre belirlenmesi yöntem olarak daha anlamlı, bu şekilde tasarlanan bir sistemin de sonuç ürünleri amaca uygun olacaktır.

Uygulama kapsamında belediyecilik hizmetleri için geliştirilen CBS uygulamalarında kullanılan büyük ölçekli hava fotoğraflarından üretilen sayısal haritalar kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşamalarında bu verilerin genel değerlendirmesi yapılarak navigasyon haritalarının tasarımında kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Sonuç olarak kadastral amaçlı üretilen büyük ölçekli haritalara ilişkin verilerin bütün olarak navigasyon amaçlı kullanılamayacakları anlaşılmıştır. Fakat yapılan çalışmalar ile bu verilerin de yardımıyla navigasyon haritalarının tasarımında kullanılabilecek alansal verinin türetilebileceği gösterilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde navigasyon amaçlı yol ağı verilerinin bu amaca yönelik özel yöntemler ile toplanmış ve modellenmiş olması gerektiği anlaşılmıştır.

Tez çalışmasının temel ürünlerinden biri hiç şüphesiz ÇGVT gösterim seviyelerine ilişkin verileri temel veri tabanından otomatik olarak türetmek üzere geliştirilen sistemdir. Bu sistem ile navigasyon haritalarında gösterime konu olan alansal, çizgisel ve noktasal karakterdeki temel veriler, yalnız yol ağı ve bina verisinden

otomatik olarak türetilmiştir. Bu da minimum veri türü kullanılarak navigasyon haritalarına konu olan verilerin türetilmesine bir örnek olmuştur.

ÇGVT kapsamında veri türetimine yönelik sistemin tasarımının yanı sıra günümüzde kullanılan araç navigasyon haritalarının tasarım yöntemlerinin de incelendiği bu çalışmada mevcut yöntemler ile üretilen haritaların statik yapısının yeni teknolojiler açısından yetersiz olacağı öngörülmüştür. Farklı ölçek seviyelerinde sunulacak verinin genelleştirilmesi için kullanılan önceden belirlenmiş ölçek seviyeleri yaklaşımının haritalarda amaç ile örtüşmeyen ve özellikle yol ağlarında görülen ve karmaşıklığı arttırarak algıyı düşüren düzeyde bir içerik yoğunluğuna neden olduğu örneklerle gösterilmiştir. Uygulamada bu tür eksikliklerin kullanıcı ihtiyaçlarını dikkate alan bir genelleştirme yönteminin kullanılması ile giderilebileceği belirlenerek çözüme yönelik öneriler geliştirilmiştir. Bu amaçla hesaplanan navigasyon güzergahına bağlı olarak gerçekleştirilen bir yol ağı genelleştirmesi yaklaşımı geliştirilmiştir. Seçme işleminin uygulanmasına yönelik olan bu yaklaşım ile navigasyon uygulamasında her güzergah seçiminde o güzergaha bağlı olarak yol ağını kullanıcı ihtiyaçlarına göre otomatik olarak sınıflandırılmasını ve genelleştirilmesini sağlayan bir uygulama ÇGVT kapsamında otomatik harita üretimi için tasarlanan sistemle bütünleştirilmiştir. Önerilen yöntem ile yol ağlarının, günümüzde navigasyon sistemlerinde kullanılan öznitelik temelli ölçek seviyeleri yaklaşımından farklı olarak, geometrik özelliklerine göre sınıflandırılması ve genelleştirilmesi işlemlerinin otomatikleştirilmesi konusunda önemli sonuçlar sağlanmıştır.

Tüm bunlara ek olarak haritalarda sunulan alansal bilginin mevcut veriden elde edilerek bu bilginin uygun görselleştirme teknikleri ile sunumuna yönelik geliştirilen bir yaklaşım ile haritalarda sunulan alansal bilginin doğruluğunun arttırılması amaçlanmıştır.

Geliştirilen sistem ve uygulanan yöntemler ile günümüzde statik anlayış ile tasarlanan navigasyon haritalarının, hesaplanan güzergaha bağlı gerçek zamanlı üretimi konusunda önerilerde bulunularak bu amaca uygun çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Böylece gerçek zamanlı navigasyon ve 3 boyutlu (3B) navigasyon uygulamalarına yönelik yapılan çalışmalar kapsamında, donanım ve yazılım teknolojilerinde yaşanacak gelişmelerin de etkisiyle, yakın gelecekte ihtiyaç

duyulması öngörülen gerçek zamanlı dinamik bir harita üretim sisteminin temellerine bu tez çalışmasıyla önemli katkı verildiği değerlendirilmektedir.

Çalışmanın bir başka önemli sonucu küçük ölçeklerdeki katlı kavşak gösterimlerinin genelleştirilmesinde etkin olarak kullanılabilecek otomatik kavşak tanıma ve sınıflandırma metodolojisinin geliştirilmesidir. Bu kapsamda kavşakların matris ve ağaç gösterimler olarak tanımlanmaları otomatik olarak yapılmıştır. Bir kavşağın dönüş haklarına göre türü ve kavşakta birleşen yol sayısı gibi temel özelliklerinin belirlenebildiği bu tanımlamalar kullanılarak kavşaklar otomatik olarak sınıflandırılmıştır. Test verisi üzerinde yapılan doğruluk analizi ile kavşakların, o kavşakta kesişen yol sayısına göre sınıflandırılmasının %97.5, kavşaktaki dönüş haklarına göre yapılan tür sınıflandırmasının da %95 doğrulukla gerçekleştirildiği görülmüştür. Farklı amaçlar için geliştirilen sınıflandırma algoritmalarının verimlerinin de bu seviyeye çıkarılması için çalışmalar devam etmektedir. Sınıflandırmada her sınıfın doğruluk analizinin yapıldığı kullanıcı ve üretici doğruluklarının hesabında çalışma bölgesini kapsayan örnek verinin bazı kavşak türlerinden yeterli sayıda içermediği görülmüştür. Bu nedenle bu sınıflar için belirlenen kullanıcı ve üretici doğruluklarının anlamlı ya da güvenilir sonuçlar vermediği anlaşılmıştır. Bu problem test bölgelerinin arttırılması ya da eşit sayısal dağılımda kavşak türlerinden oluşan daha zengin içerikli test verilerinin kullanılmasıyla aşılabilecektir. Farklı test bölgeleri için alınacak olan yüksek doğruluktaki sonuçların, geliştirilen yöntemlerin bilimsel güvenilirliğini ve değerini arttıracağı değerlendirilmektedir.

Gerçekleştirilen sınıflandırma küçük ölçekte kavşak gösterimleri yerine kullanılmak üzere daha önceden belirlenen noktasal işaretlerin ait oldukları kavşaklar ile otomatik eşleştirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu da günümüzde büyük ölçekteki kavşak bilgilerine başvurularak etkileşimli bir şekilde gerçekleştirilen işaretleştirme sürecinin otomatikleştirilmesi yolunda önemli bir adımdır.

Tasarlanan sistemin veriminin ve elde edilen ürünlerin kullanılabilirliğinin belirlenmesi gelecek çalışmaların temel konularını oluşturmaktadır. Bu kasamda sistem üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. Geliştirilen yazılım ile bu aşamada 21980 yol parçasından oluşan bir ağ üzerinde 120 parçalık bir güzergaha bağlı yol ağı genelleştirmesi süresi 4 sn.'de yapılmaktadır. Masaüstü sistemler ile elde edilen bu verimin günümüzde akıllı telefonlar ve cep bilgisayarları ile yapılan navigasyon

uygulamalarında kullanılabilirliği tartışmalıdır. Yapılacak olan verim analizlerinden daha iyi sonuçlar almak için uygulamanın geliştirilmesi yönünde çalışmalar devam edecektir. Aynı şekilde ÇGVT kapsamındaki büyük ölçekli haritaların tasarımında kullanılması önerilen yöntemlerle elde edilen sonuç ürünlerin kullanılabilirliğinin belirlenmesine yönelik anketler düzenlenecektir.

Tez uygulaması kapsamında geliştirilen ve güzergaha bağlı olarak yol ağını sınıflandıran yöntemin, 3B navigasyon uygulamalarında navigasyon işlemi sırasında görselleştirilecek binaların belirlenmesi ve sesli yönlendirme komutlarının planlanması çalışmalarına katkı sağlayacağı öngörülmüştür. Konunun bu boyutunu içeren araştırmalar gelecek çalışmalar arasında yer almalıdır.

Bu tez çalışmasının devamında yapılacak çalışmalar ile araç navigasyon haritalarının tasarımındaki yazı yerleştirmesi, yazı ve noktasal işaretlerin optimizasyonu gibi konularda karşılaşılan sorunların çözümüne yönelik yaklaşımlar geliştirilmelidir. Çünkü her bir bileşeninin tasarımı farklı bir araştırma konusu olan haritalar, bilginin sunumu aşamasında bir bütün olarak değerlendirilir ve bileşenlerin yalnız birinde karşılaşılan tasarım problemi, bütünün algılanmasını zorlaştıran sonuçlar yaratır. Bu nedenle farklı araştırma konularının sonuçları bütüncül olarak ele alınmalı ve bu aşamada her bir sonucun bir diğerine olan olumlu ya da olumsuz etkileri de göz ardı edilmemelidir.

KAYNAKLAR

Badard, T., and Braun A., 2004. Oxygene: A platform for the development of interoperable geographic applications and web services, *In Proceedings of the 15th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'04),* IEEE Press, pp. 888-892.

Başaraner, M., 2005. Nesne yönelimli coğrafi bilgi sistemi ortamında orta ölçekli topografik haritalar için bina ve yerleşim alanlarının otomatik genelleştirilmesi, *Doktora Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bektaş, F., 2003. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Entegrasyonu: 'Gökçeada & Bozcaada Örneği', *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bergman, A., 1997. Object – oriented database for multiple representation, *Annual Report to KSS,* University of Galve, Swiss.

Bertin, J., 1983. *Semiology of Graphic: Diagrams, Networks, Maps.* University of Wisconsin Press, Madison.

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.

Burnett, G.E., Smith, D., and May, A.J., 2001. Supporting the navigation task: characteristics of 'good' landmarks, In M.A. Hanson (Ed.) *Contemporary Ergonomics*, pp.441-446. London: Taylor and Francis.

Buttenfield, B.P., and Mark, D.M., 1990. *Expert Systems in Cartographic Design, Geographic Information Systems-The Microcomputer and Modern Cartography,* (Edited by D.R.F. Taylor), pp. 129-151, Pergamon Press.

Buttenfield, B.P., and Delotto, J.S., 1989. Multiple representations. *Scientific Report*, National Center for Geographic Information and Analysis, NCGIA, Buffalo, p.p. 26.

Curtin, K.M., 2007. Network analysis in geographic information science: review, assessment, and projections, *Cartography and Geographic Information System,* **34**, 2, 103-111.

Christofides, N., 1975. Graph theory: an algorithmic approach, *Academic Press*, ISBN 0121743500, p. 400, New York.

Clarke, K.C., 2002. *Getting Started With GIS*, Prentice Hall, USA.

Diestel, **R**, 2005. *Graph Theory* Third Edition, Heidelberg Graduate Texts in Mathematics, **173,** p.431 *Springer-Verlag*.

Dijkstra, **] E.W.,** 1959. A note on two problems in connection with graphs, *Numer Math*. **1**, 269-271.

Dogru, A.O., and Ulugtekin, N., 2006. Car navigation map design in terms of multiple representations, *First International Conference on Cartography and GIS,* 25-28 January, Borovets, Bulgaria.

Dogru, A.O., Van de Weghe, N., Ulugtekin, N.N., and De Maeyer, Ph., 2007. Classification of road junctions based on multiple representations: adding value by introducing algorithmic and cartographic approaches, *23rd International Cartographic Conference (ICC 2007)*, 4-10 August 2007, Moscow, Russia.

Dogru A.O., Duchêne, C., Mustière, S., and Ulugtekin, N., 2008. User centric mapping for car navigation systems, *11th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, 20-21 June, Montpellier, France.

Doğru, A.Ö., 2004. Araç navigasyon haritalarının tasarımında kavşak yapılarının modellenmesi için çoklu gösterimler. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Doğru, A.Ö., ve Uluğtekin, N., 2005**.** CBS uygulaması olarak araç navigasyon sistemleri. *Ege Üniversitesi CBS Sempozyumu*, 27-29 Nisan, pp. 175-181, İzmir.

Doğru, A.Ö., ve Uluğtekin, N., 2007. Çoklu gösterim veritabanları ve navigasyon haritası tasarımı, *İTÜ Mühendislik Dergisi/d*, Nisan 2007, **6,** 2, 3-14.

Dunkars, M., 2004. Multiple representation databases for topographic information, *PhD Thesis,* KTH Royal Institute of Technology, Sweden.

Ed, M., 2001. *Cartographic Design Using ArcView GIS.* OnWord *Press*, Canada.

Elias, **B.**, 2002. Automatic derivation of location maps, in: *GeoSpatial Theory, Processing and Applications*, **34/4**, Ottawa, Canada.

Foody, G.M., 2002. Status of land cover classification accuracy assessment, *Remote Sensing of Environment* **80,** 185-201**.**

GDF 3.0, 1995. Geographic Data Files, European Committee for Standardisation, *European Standard*, CEN TC 278.

Goodchild, M.F., 1991. Issues of quality and uncertainty. In Muller J C (ed) *Advances in Cartography*. London, Elsevier, pp. 113–139.

Gotlib, D., and Olszewski, R., 2006. Integration of the topographic database, vmap l2 database and selected cadastral data - a step towards the integrated, MRDB reference database in Poland Portland – USA *11th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*: 20th to 21st June 2008, Montpellier

Grosso, E., 2004. Etude des carrefours d'un réseau routier – Première approche: modélisation et implémentation d'outils de détection des carrefours (plate-forme Oxygène). *Master thesis*. COGIT Laboratory, Institut Géographique National.

Hampe, M., Anders, K-H., and Sester, M., 2003. MRDB applications for data revision and real-time generalisation, In: *Proceedings of the ICA Generalization Workshop,* 28-30 April 2003, Paris, France.

Hampe, M., Sester, M., and Harrie, L., 2004. Multiple representation databases to support visualisation on mobile devices, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing,* Istanbul, Turkey.

Hampe, M., and Elias, **B.,** 2004. Integrating topographic information and landmarks for mobile navigation, in: G. Gartner (Eds.), *Location Based Services & TeleCartography, Proceedings of Symposium*, Vienna University of Technology, January 28-29, Vienna, pp. 147-155.

Hardy, P., 2000. Multi-scale database generalisation for topographic mapping, *Hydrography and Web Mapping, Using Active Object Techniques, IAPRS*, Vol. **33**, Amsterdam.

Hardy, P., Hayles, M., and Revell, P., 2003. A new environment for generalisation using agents, Java, XML and topology, In: *Proceedings of the ICA Generalization Workshop,* 28-30 April 2003, Paris, France.

Jensen, J.R., 1996. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall,

Jiang, B., and Harrie, L., 2004. Selection of streets from a network using self-organizing maps, *Transactions in GIS* **8,** 3, pp.335-350.

Jones, C.B., 1991. Database architecture for multi-scale GIS, *International Archives ACSM-ASPRS*, Baltimore, **6**, 1-14.

Jones, C., 1997. *Geographical Information Systems and Computer Cartography.* Essex, England: Addison Wesley Longman, Ltd. 319 p.

Kilpelainen, T., 1992. Multiple representations and knowledge-based generalization of topographic data, *Int. Arch. of Photogrammetry and Remote Sensing,* Commission III, part B3, pp. 954-964, Washington, D.C.

Kilpelainen, T., 1995a. Requirements of a multiple representation database for topographical data with emphasis on incremental generalization, *Proceedings of the 17th International Cartographic Conference,* Barcelona, **2**, 1815-1825.

Kilpelainen, T., 1995b. Updating multiple representation geodata bases by incremental generalization, *Geo - Informations - Systeme,* Jahrgang 8, Heft 4, Wichmann, pp. 13-18.

Kilpelainen, T., 1997. Multiple representation and generalization of geo-databases for topographic maps, *PhD Thesis,* Finnish Geodetic Institute, Finland.

Kraak, M.J., 2002. Cartographic principles. *Web Cartography: Developments and Prospects*. Edited by M - J. Kraak & A. Brown. ITC Division of Geoinformatics, Cartography and Visualisation, Enschede, The Netherlands, Taylor & Francis, London and New York. pp. 53-72.

Kraak, M.J., and Ormeling, F.J., 2002. *Cartography: Visualization of Spatial Data*, 2nd Ed., Longman, London p.224.

Kreiter, N., 2002. Multiple representation database as basis for topographic maps, *ISPRS / ICA Workshop,* Ottawa.

Lahtiranta, J., Nurmi, J., and Seppanen, J., 2001. visualization of information in hand held devices, Turku University of Computer Science, http://users.utu.fi/~juhsep/Visualization_of_Information.pdf. alındığı tarih Şubat 2009.

Lee, D., 1996. Automation of map generalization – the cutting edge technology, *An ESRI White Paper.*

Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., & Rhind, D.W., 2001. *Geographic Information Systems and Science,* pp. 303-323, John Wiley & Sons, p. 454, England.

May, A.J., Ross, T., and Bayer, S.H., 2005. An overview of results from the regional project. *The Journal of Navigation*, **58**, 47–65. The Royal Institute of Navigation DOI: 10.1017/S0373463304003054 Printed in the United Kingdom Incorporating Landmarks in Driver Navigation System Design.

Muller, J.C., Lagrange, L.P., and Weibel, R., 1995. *GIS and Generalization Methodology and Practice*, Taylor&Francis, London.

Mustière, S., and Devogele D., 2008. Matching networks with different levels of detail. *GeoInformatica*, **12**, 4, 12/2008, 435-453

Nivala, A.M., and Sarjakoski L., T., 2003. An approach to intelligent maps: context awareness, *Workshop HCI in Mobile Guides*, Udine, Italy.

Olteanu, A.M., 2007a. A multi-criteria fusion approach for geographical data matching, *In proceedings of the 5th ISSDQ*, 13-15 Juin, Enschede, Netherlands.

Olteanu, A.M., 2007b. Matching geographical data using the theory of evidence, *in proceedings of the XXIst International Cartographic Conference*, 4-10 August 2007, Moscow, Russia

Paiva, J.A.C., 1998. Topological Equivalence And Similarity In Multi Representation Geographic Databases, *PhD Thesis,* The Graduate School University of Maine, US.

Pekinken, P., and Rainio, A., 2002. Market Analysis of Mobile Map Services, *GiMoDig Scientific Report.*

Peng, W., 2000. Database generalization: concepts, problems, and operations, In P*roceedings of the XIX ISPRS Congress*, 16- 23 July 2000, Amsterdam, The Netherlands.

Robinson, A.H., Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., Kimerling, A.J., and Guptill, S.C., 1995. *Elements of Cartography*, 6th ed John Wiley and Sons, Brisbane.

Ruas, A., 2002. *Generalisation et Representation Multiple*, Hermes Science Publications, Paris.

Sarjakoski T., and Sarjakoski L.T., 2005. Geospatial info-mobility service by real-time data-integration and generalisation, *The GiMoDig Public Final Report*.

Sarjakoski, L.T., 2007. Conceptual models of generalisation and multiple representation. In: *Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications*, Mackaness, W.A., Ruas, A., Sarjakoski, L.T. Eds. Elsevier, pp. 11-35.

Sester, M., Sarjakoski, L.T., Harrie, L., Hampe, M., Koivula, T., Sarjakoski, T., Lehto, L., Elias, B., Nivala, A-M., and Stigmar, H., 2004. Real-time generalisation and multiple representation in the gimodig mobile service. GiMoDig-project, IST-2000-30090, Deliverables D7.1.1*, D7.2.1* and D7.3.1, *Public EC report*, 151 p. http://gimodig.fgi.fi/deliverables.php, alındığı tarih 03 Şubat 2009.

Shea, K.S., and McMaster, R., 1989. Cartographic generalization in a digital environment: when, and how to generalize. In *Proceedings for Auto-Carto*, Baltimore, **9**, 56-67.

Van Smaalen, J.W.N., 1996. Spatial abstraction based on hierarchical re-classification, *Cartographica,* **33**, 1, 65-73.

The MurMur Consortium, 2000. Supporting multiple representations in spatio - temporal databases, *6th EC-GI & GIS Workshop,* Lyon, France.

Thomson, R.C., and Richardson, D.E., 1999. 'The 'good continuation' principle of perceptual organization applied to the generalization of road networks', in *Proceedings of the ICA 19th International Cartographic Conference*, Ottawa, Canada, pp. 1215–1223.

Thomson, R.C., 2006. The 'stroke' concept in geographic network generalization and analysis, in *Progress in Spatial Data Handling*, Springer Berlin Heidelberg, pp 681-697.

Timpf, S., and Devogele, T., 1997. New tools for multiple representations, *International Cartographic Conference 97,* Stockholm, Eds. Ottoson L., pp. 1381-1386.

Timpf, S., Volta, G.S., Pollock, D.W., and Egenhofer, M.J., 1992. A conceptual model of wayfinding using multiple levels of abstractions. *In Theories and Methods of Spatio - Temporal Reasoning in Geographic Space*, edited by Frank, A.U., Campari, I., and Formentini, U. 639. Heidelberg-Berlin: Springer Verlag, pp. 348-367.

Touya, G., 2007, A road network selection process based on data enrichment and structure detection. *In proceedings of 10th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*. Moscow (Russia).

Trevisan, J., 2004. From DLM to multi-representation DCM – modelling and application on buildings, *ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Leicester.

Tunç, A., 2003. *Trafik Mühendisliği ve Uygulamaları*, Asil Yayınevi, Ankara.

Uçar, D., Bildirici, İ.Ö., ve Uluğtekin, N., 2003. Coğrafi bilgi sistemlerinde model genelleştirmesi kavramı ve geometri ile ilişkisi, *Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Uluğtekin, N., ve Bildirici, İ.Ö., 2002. Web kartografya, *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 351-363, Konya.

Uluğtekin, N., Bildirici, İ.Ö., ve Doğru, A.Ö., 2003. Web haritalarının tasarımı. *9. Türkiye Harita Bilimsel Teknik Kurultayı*, 347-359, Ankara.

Uluğtekin, N., ve Doğru, A.Ö., 2005. Coğrafi bilgi sistemi ve harita: kartografya. *Ege Üniversitesi CBS Sempozyumu*, 27-29 Nisan, pp. 209-215, İzmir.

Ulugtekin, N., Dogru, A.O., and Thomson, R., *2004.* Modelling urban road networks integrating multiple representations of complex road and junction structures*, Proceedings of the 12th International Conference on Geoinformatics*, *pp. 757-764 Gavle, Sweden.*

Ulugtekin, N., and Dogru, A.O., 2004. *Consideration of map design for hand held* devices. *International Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields.* pp: 259-265, 4-5 November 2004. Sofia, Bulgaria.

Ulugtekin N., and Dogru, A.O., 2005. Map design for navigation purposes. *XXIInd International Cartographic Conference*, 9-16 July, A Coruna, Spain. (CD-ROM)

URL – 1, <http://oxygene-project.sourceforge.net>, alındığı tarih 03 Şubat 2009.

URL – 2, <http://jump-pilot.sourceforge.net>, alındığı tarih 03 Şubat 2009.

URL – 3, < http://www.jgraph.com>, alındığı tarih 03 Şubat 2009.

URL – 4, <http://www.postgresql.org>, alındığı tarih 03 Şubat 2009.

URL – 5, <http://atlas.kennesaw.edu/~dbraun/csis4650/A&D/index.htm>, alındığı tarih 03 Şubat 2009.

Volz, S., 2006. An iterative approach for matching multiple representations of street data. Hampe, M., Sester, M. and Harrie, L. (eds.): *ISPRS Vol. XXXVI., ISPRS Workshop - Multiple representation and interoperability of spatial data;* Feb. 22-24, Hannover, Germany

Weibel, R., and Dutton, G., 1999. Generalizing spatial data and dealing with multiple representations. In: Longley, P., M.F. Goodchild, D.J. Maguire and D.W. Rhind, Eds. G*eographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, 2nd Edition, Vol. **1**, Cambridge: GeoInformation International, pp. 125-155.

EKLER

EK A.1 : Uygulamada yazılan kod
EK A.2 : UML faaliyet diyagramı notasyonu
EK A.3 : Veritabanının kavramsal tasarımı
EK A.4 : Kesişen yol sayısına göre yapılan sınıflandırma sonuçları
EK A.5 : Kavşak türüne göre yapılan sınıflandırma sonuçları

EK A.1

Obje Sınıfı Tanımlaması Örneği:

```
package fr.ign.cogit.appli.bdmul.ozgur.workingShema.derivedData;


import fr.ign.cogit.geoxygene.feature.FT_Feature;

/** Classe geographique. Classe generee automatiquement par le
chargeur de la plate-forme GeOxygene*/

public class Poi extends FT_Feature {

     protected int cogitid;
     public int getCogitid() {return this.cogitid; }
     public void setCogitid (int Cogitid) {cogitid = Cogitid; }

     protected int type;
     public int getType() {return this.type; }
     public void setType (int Type) {type = Type; }

     protected int gid;
     public int getGid() {return this.gid; }
     public void setGid (int Gid) {gid = Gid; }

}
```

Obje Sınıfı ile Veri Tabanı Arası Bağlantıların XML ile Sağlanması Örneği:

```
<class-descriptor
class="fr.ign.cogit.appli.bdmul.ozgur.workingShema.derivedData.Poi"
table="poi" >
  <field-descriptor name="cogitid"  column="COGITID" jdbc-
type="INTEGER" primarykey="true" autoincrement="true"/>
  <field-descriptor name="type" column="tur" jdbc-type="INTEGER" />
  <field-descriptor name="geom" column="geom" jdbc-type="STRUCT"
conversion="fr.ign.cogit.geoxygene.datatools.ojb.GeomGeOxygene2Dbms"
/>
</class-descriptor>
```

Geliştirilen Prototipe İlişkin Kaynak Kod Örneği:

```
            ////////////////////////////////////////////
            ////////BUFFER DISTANCE DETERMINATION/////////
            ////////////////////////////////////////////

            System.out.println("Buffer Distance Determination
started at "+(new Time(System.currentTimeMillis())).toString());
            double avarageDistance =
route.determineBufferDistance(sp,blocks, buildings);
            System.out.println("Buffer Distance Determination
completed at "+(new Time(System.currentTimeMillis())).toString());



            ////////////////////////////////////////////
            ////////AREAL PROCESS STARTS//////////////////
            ////////////////////////////////////////////
```

```
            if(avarageDistance > 0){
                  System.out.println("Areal Process started at
"+(new Time(System.currentTimeMillis())).toString());
                  route.arealProcess(avarageDistance, landmarks,
blocks, buildings);
                  System.out.println("Areal Process completed at
"+(new Time(System.currentTimeMillis())).toString());
            }


            ////////////////////////////////////////////
            ////////LINEAR PROCESS STARTS/////////////////
            ////////////////////////////////////////////
            FT_FeatureCollection secondDegreeSelectedArcs = new
FT_FeatureCollection();
            FT_FeatureCollection countyRoads = new
FT_FeatureCollection();
            FT_FeatureCollection cityRoads = new
FT_FeatureCollection();
            FT_FeatureCollection interCityRoads = new
FT_FeatureCollection();
            FT_FeatureCollection nationalRoads = new
FT_FeatureCollection();
            System.out.println("Linear Process started at "+(new
Time(System.currentTimeMillis())).toString());
            FT_FeatureCollection selectedRoads =
route.linearProcess(sp, anglemin, anglemax, angleDeflection,
myNetwork.getListearcs(), secondDegreeSelectedArcs, countyRoads,
cityRoads, interCityRoads, nationalRoads);
            System.out.println("Linear Process completed at "+(new
Time(System.currentTimeMillis())).toString());
```

```
      ////////////////////////////////////////////////////
      /////////////////              ////////////////////
      ///////////////// AREAL PROCESS ////////////////////
      /////////////////              ////////////////////
      ////////////////////////////////////////////////////

      public void arealProcess(double avarageDistance,
            FT_FeatureCollection
            potentialLandmarks,FT_FeatureCollection derivedblocks,
            FT_FeatureCollection buildings) {

            // Determination of Basic Unit
            determineBasicUnits(avarageDistance, derivedblocks,
            buildings);
            System.out.println("BASIC UNITS DETERMINED");

            // land use detection, classification
            landUseDetection(buildings);
            System.out.println("LAND USE DETECTED");

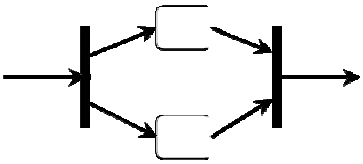
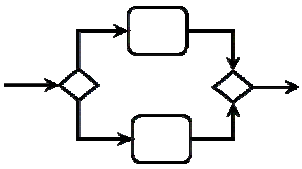
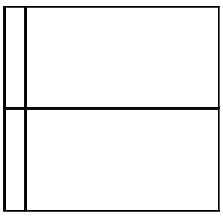
            //select Landmarks related to the route should be added
            here

            FT_FeatureCollection surroundingLandMarks =
            potentialLandmarks.select(this.getBuffer());
System.out.println("SURROUNDING LANDMARKS SELECTED");
```

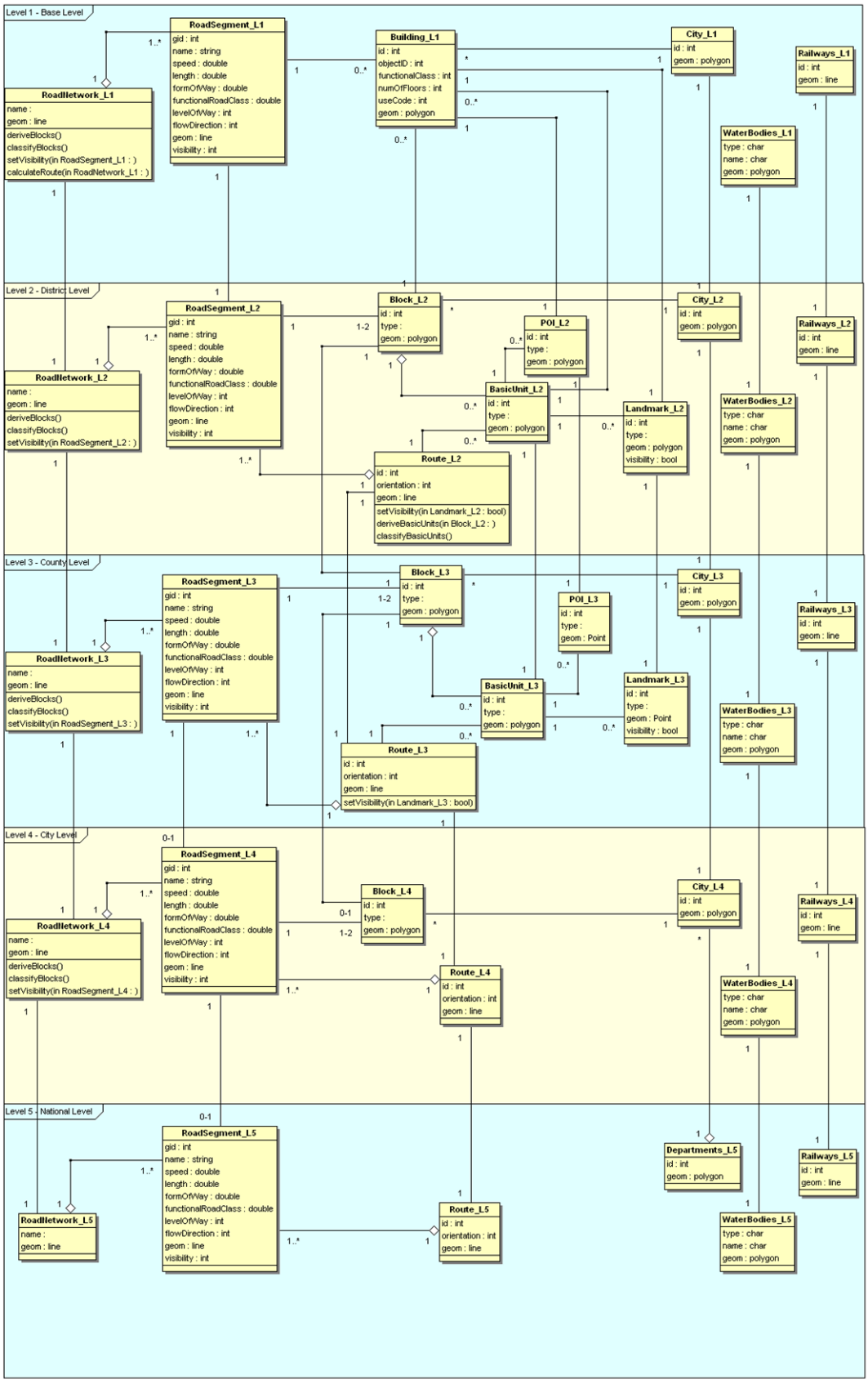
```
Iterator<FT_Feature> itlandmarks =
surroundingLandMarks.getElements().iterator();
while (itlandmarks.hasNext()) {
      FT_Feature pLM = (FT_Feature) itlandmarks.next();
      GM_Object geom = pLM.getGeom();
            if (geom != null && geom.coord().size() != 0){
                  this.getLandmarks().add(pLM);
            }
      }
}
```

EK A.2

Çizelge A.2: Tezde kullanılan UML faaliyet diyagramı notasyonu.

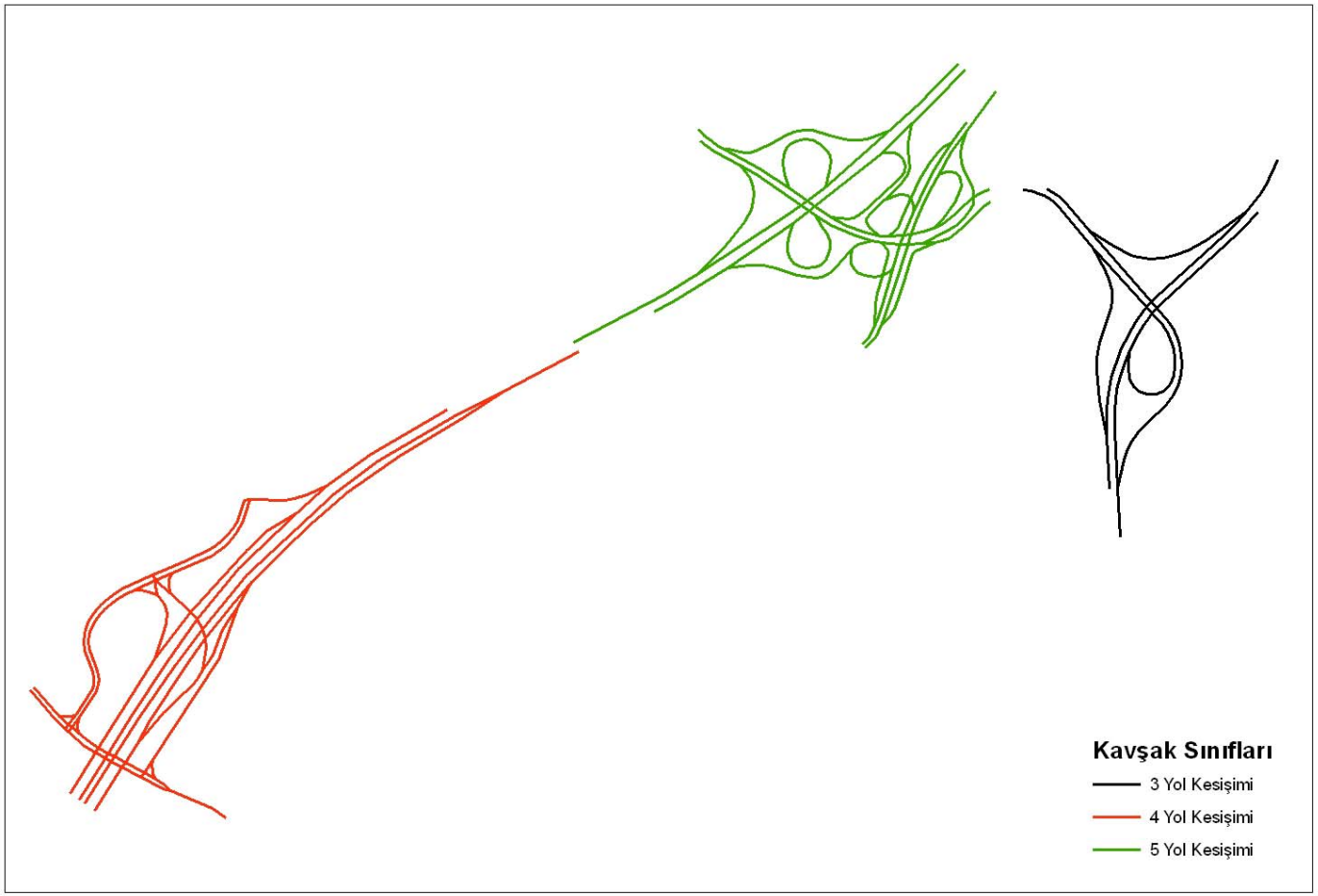
UML İşareti	İsim	Açıklama
	Faaliyet	Tüm eylem, komut akışı ve diğer bileşenleri kapsayan düzenlenmiş davranış sırasıdır.
	Eylem	Faaliyet içerisindeki her bir adımı temsil eder.
	Komut akışı	Bir eylemden diğerine olan akışı gösterir.
	Başlangıç noktası	Faaliyeti başlatan komuttur.
	Faaliyet bitiş noktası	Faaliyeti bitiren komuttur.
	obje	Faaliyet dahilinde kullanılan ya da üretilen objeleri gösterir.
	Çatallaşma ve birleşme noktaları	Birbirine paralel devam eden eylemleri ayıran ve birleştiren elemanlardır.
	Karar ve birleşim noktaları	Faaliyet sırasında karar gerektiren noktalarda olasılıklı eylemleri ayırıp sonuçları birleştiren elemanlardır.
	Bölme	Düşey yada yatay olarak yerleştirilen ve bir faaliyetteki eylemleri ilgili bölümlerine ayıran elemanlarıdır.

EK A.3



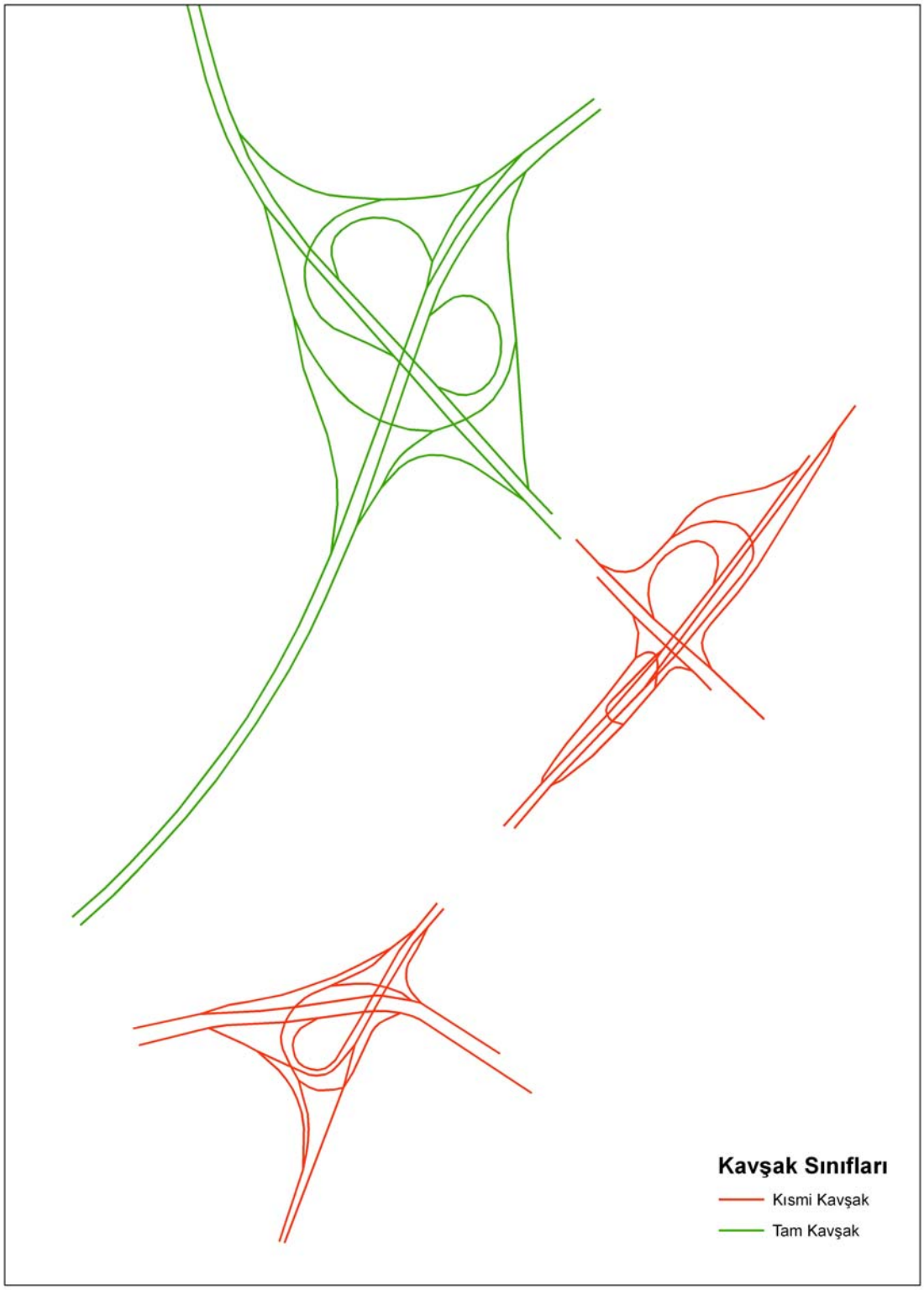
Şekil A3: Veritabanının kavramsal tasarımı

EK A.4



Şekil A4: Kesişen yol sayısına göre yapılan sınıflandırma sonuçları

EK A.5



Şekil A5: Kavşak türüne göre yapılan sınıflandırma sonuçları



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ahmet Özgür DOĞRU

Doğum Yeri ve Tarihi: Aydın, 13.06.1979

Adres: İTÜ İnşaat Fak. Kartografya ABD. 34469 Maslak.

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

Uluslararası Yayınlar:

SCI Makaleler:

Ulugtekin, N., Bektas, F., **Dogru, A.O.**, Goksel, C., Alaton, A.I., Orhon, D.: The Use Of Remote Sensing And GIS Technologies For The Evaluation Of River Basins: A Case Turkey, Marmara River Basin, and Istanbul. Journal of Environmental Science and Health Part A-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering, Vol. 44 (4), pp. 388-396, 2009.

Dogru A.O., Balcik, F., Sanli, F., Goksel, C., Ulugtekin, N.: A Change Detection Analysis in the Izmir Bird Paradise: Integration of Remote Sensing and Geographic Information System, Fresenius Environmental Bulletin (FEB), Vol 18, No 1, pp. 51 – 56, 2009.

Alkoy, S., **Dogru, A.O.,** Basaraner, M., Sahin, U., Ulugtekin, N., Seker, D.Z., Determination of the Epidemiological Aspects of Air Pollution in Istanbul by Utilizing GIS, Fresenius Environmental Bulletin (FEB), Vol 18, No 1, pp. 117 – 122, 2009.

Alkoy, S., Ulugtekin, N., **Dogru, A.O.**: Monitoring Vaccination Coverage in Istanbul Using The Lot Quality Assurance Sampling and Geographic Information System, The Journal of International Medical Research Vol.35:2. pp: 242-252, 2007.

Dogru, O.A., Bektas Balcik, F., Goksel, C., and Ulugtekin, N.: Monitoring Coastal Dunes by Using Remote Sensing and GIS Integration in Northwest Part of Turkey: A Case Study of Kilyos Dunes, Fresenius Environmental Bulletin (FEB) Vol.15; No. 9b pp. 1216-1220, 2006.

Konferanslarda Sunulan Bildiriler:

Ulugtekin, N.N., **Dogru A.O.,** Kurtcebe, F.: Studies in Cartography Division of Istanbul Technical University, In: Georg Gartner & Felix Ortag (Eds.): Proceedings of the First ICA Symposium for Central and Eastern Europe 2009, Vienna University of Technology, pp. 535 – 549, 2009.

Dogru A.O., Duchêne C., Mustière S., and Ulugtekin N.N.: User Centric Mapping for Car Navigation Systems, 11th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, 20-21 June 2008, Montpellier, France.

Ulugtekin N., **Dogru A.O.,** and Dabanli A.: Map Design For Navigation Purposes: Cartographic Evaluation of a Turkish Navigation Product, International Conference on Cartography and GIS. 21-24 January 2008. Borovets, Bulgaria.

Selcuk M., Basaraner M., Ulugtekin N., Gokgoz T., Gulgen F., Yucel M.A., **Dogru A.O**., Bilgi S., Cetinkaya S., and Ucar D.: GIS and Cartography for Mountain Activities and Natural Resources, International Conference on Cartography and GIS. 21-24 January 2008. Borovets, Bulgaria.

Bildirici İ.Ö., Üstün A., Uluğtekin N., Selvi H.Z., Abbak R.A., Buğdaycı İ., and **Doğru A.Ö.**: Comparison of SRTM and 25K Topographic Maps in Turkey, International Conference on Cartography and GIS. 21-24 January 2008. Borovets, Bulgaria.

Alkoy S., **Dogru A.O.**, Basaraner M., Sahin U., Ulugtekin N., and Seker D.Z.: Determination of the Epidemiological Aspects of Air Pollution by Using GIS in Istanbul, 14th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region. October 10-14, 2007, Seville, Spain.

Dogru A. O., Bektaş Balçık F., Balik Sanli F., Goksel C., and Ulugtekin N.: Izmir Bird Paradise Change Detection Analysis: Remote Sensing and Geographic Information System Integration, 1414th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region. October 10-14, 2007, Seville, Spain.

Gokgoz T., Basaraner M., Yucel M.A., Gulgen F., **Dogru A.O.**, Ulugtekin N., Cigizoglu H.K., Seker D.Z., and Selcuk M. Effects of Watershed Delineation Accuracy From DEMs on the Estimation of Diffuse Pollution, 14th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region. October 10-14, 2007. Seville, Spain.

Bildirici, O., Ustun, A., Ulugtekin, N., Selvi, H.Z., Abbak, A., Bugdayci, I., **Dogru, A.O**.: SRTM Data In Turkey: Void Filling Strategy and Accuracy Assesment, Middle East Spatial Technology 4th conference & Exhibition (MEST 2007), 10-12 December 2007, Bahrain Krallığı.

Ulugtekin, N.N., **Dogru, A.O**.,: Current Scopes of Cartography: Small Display Map Design. Middle East Spatial Technology 4th conference & Exhibition (MEST 2007), 10-12 December 2007, Bahrain Krallığı.

Dogru, A.O., Demirel, H., Ulugtekin N.: Adding Value to Car Navigation– Visual Approaches for Knowledge Discovery, 5th International Symposium on Spatial Data Quality 13-15 June 2007, ITC, Enschede, The Netherlands. http://www.itc.nl/ISSDQ2007/proceedings/Postersession/dogru%20et%20al.pdf *(last accessed Feb. 2009)*

Dogru, A.O., Ulugtekin, N.N., Alkoy, S.: GIS Applications on Epidemiology with Cartographic Perspective in Turkey, 23rd International Cartographic Conference (ICC 2007), 4-10 August 2007, Moscow, Russia (CD).

Dogru, A.O., Van de Weghe, N., Ulugtekin, N.N., De Maeyer, Ph.: Classification of Road Junctions Based on Multiple Representations: Adding Value by Introducing Algorithmic and Cartographic Approaches, 23rd International Cartographic Conference (ICC 2007), 4-10 August 2007, Moscow, Russia (CD).

Ulugtekin, N., Bektas, F., **Dogru, A.O.** Goksel, C., Alaton, A.I., Orhon, D.: The Use Of Remote Sensing And GIS Technologies For Evaluation Of Turkish River Basins: A Case Study Of Marmara River Basin And Istanbul. International Conference on Environment: Survival and Sustainability. 19-24 February 2007, Nicosia-Northern Cyprus. (CD)

Gokgoz, T., Ulugtekin, N., Basaraner, M., Gulgen, F., **Dogru, A.O.,** Yucel, M.A., Bilgi, S., Cetinkaya, S., Selcuk, M., Ucar, D.: *Watershed Delineation from grid DEMs in GIS: Effects of Drainage Lines and Resolution.* IWA DipCon 2006, 10th International Specialized Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management. 18- 22 September, 2006, The Editors: A.Tanik, I.Ozturk, M.Gurel, M.S. Yazgan, E. Pehlivanoglu Maras. Istanbul. Turkiye (CD)

Dogru, A.O., Ulugtekin, N., Ozlutas, M.N., Sonatli, C, 2006. Perception of Geodesy and Photogrammetry Engineering Students on GIS, 5th Turkish German Joint Geodetic Days, 28-31 March 2006, Berlin, Germany. (CD)

Avci O., Celik R.N., **Dogru A.O.,** 2006. Data Acquisition and Database Design in terms of Car Navigation, 5th Turkish German Joint Geodetic Days, 28-31 March, Berlin, Germany. (CD)

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

Saroglu, E., Bektas, F., **Dogru, A.O.**, Ormeci, C., Musaoglu, N., Kaya. S., 2005. *Environmental Impact Analyses of Quarries Located on the Asian Side of Istanbul Using Remotely Sensed Data*. XXIInd International Cartographic Conference, 9-16 July, A Coruna, Spain. (CD)

Ulugtekin N., **Dogru, A.O.**, 2005. *Map Design for Navigation Purposes*. XXIInd International Cartographic Conference, 9-16 July, A Coruna, Spain. (Poster Presentation) (CD)

Bektaş Balcik, F., **Dogru, A.O.,** Goksel, C., Ulugtekin, N., 2005. *Monitoring Coastal Dunes by Using Remote Sensing and GIS Integration in Northwest Part of Turkey: A Case Study of Kilyos Dunes,* 13. Mediterranean Scientific Association of Environmental Protection (MESAEP) Symposium, 8-12 Ekim 2005. Thesaloniki, Greece. Book of Abstract: 255.

Ulugtekin, N., Bektas, F., **Dogru, A.O.,** Goksel, C., Alaton, I., Orhon, D., 2005. The Use of Remote Sensing and GIS Technologies for Comprehensive Wastewater Management, 31. International Symposium on Remote Sensing of Environment, Global Monitoring for Sustainability and Security, 20-24 June, Saint Petersburg, Russia. (CD)

Ulugtekin, N., **Dogru, A.O.**, 2004. *Consideration of Map Design for Hand Held* Devices. International Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields. pp: 259-265, 4-5 November 2004. Sofia, Bulgaria.

Dogru, A.O., Ulugtekin, N., 2004. *Junction Modeling in Vehicle Navigation Maps and Multiple Representations*. Proceedings of the XXth Congress of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol:35, Part B4, Com.IV, pp: 244-248,12-23 July 2004. Istanbul, Turkey.

Ulugtekin N., **Dogru A.O.,** Thomson, R., 2004. *Modeling Urban Road Networks Integrating Multiple Representations of Complex Road and Junction Structures*, Proceedings of the 12th International Conferences on Geoinformatics, pp. 757-764, Gavle, Sweden.

Ulusal Yayınlar:

Makaleler:

Dogru, A.O., ve Ulugtekin, N., 2007. Çoklu Gösterim Veritabanları ve Navigasyon Haritası Tasarımı, İTÜ Mühendislik Dergisi/d, Nisan 2007, Cilt 6 Sayı 2, 3-14, İstanbul.

Dogru, A.O., Ulugtekin, N., Çelik R.N., 2006. Araç Takip Sistemleri ve Harita, hkm Jeodezi Jeoinformasyon Arazi Yönetimi Dergisi, ISSN 1300-3534 TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Yayın Organı, 2006/1, sayı 94, pp.17-23, Ankara.

Konferanslarda Sunulan Bildiriler:

Bildirici, İ.Ö., Üstün, A., Uluğtekin, N.N, Selvi, H.Z., Buğdaycı, I, **Doğru, A.Ö.,** 2008. SRTM Verilerine Dayalı Ülke Bazında 3"×3" Çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması: Proje Sonuçları, Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu, 13-15 Ekim 2008, Kayseri.

Doğru, A.Ö., Alkoy, S., Başaraner, M., Şahin, Ü., Uluğtekin, N., Şeker, D.Z., 2008. Hava Kirliliğinin Halk Sağlığı Üzerindeki Etkilerinin CBS ile Değerlendirilmesi, Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları'08 Sempozyumu, 02-06 Kasım 2008, İstanbul (CD).

Selçuk, M., Başaraner, M., Uluğtekin, N., Gökgöz, T., Gülgen, F., Yücel, M.A., **Doğru, A.Ö.,** Bilgi, S., Çetinkaya, S., Uçar, D., 2007. Dağcılık Faaliyetlerine Yönelik Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulması ve Tematik Harita Üretimi, TMMOB Harita ve

Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.

Bildirici, İ.Ö., Üstün, A., Ulugtekin, N., Selvi, H.Z., Abbak, A., Buğdaycı, İ., Doğru**, A.Ö.**: SRTM Verilerine Dayalı Ülke Bazında 3"x 3" Çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği IV. Sempozyumu. 5-7 Haziran 2007, CD, İTÜ, İstanbul.

Doğru, A.Ö., Uluğtekin, N., 2007. Yol Ağlarının Çoklu Gösterim Yaklaşımı Temelinde Modellenmesi. 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan 2007, Ankara. (Sunulmuş bildiri).

Doğru, A.Ö., Bektas Balçık, F., Uluğtekin, N.N., Göksel, Ç., Aslan Alaton, I., Orhon, D., 2007. Türkiye Su Havzalarının CBS ve Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Yönetimi İçin Bir Yaklaşım. 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan 2007, Ankara. (Sunulmuş bildiri).

Uluğtekin, N., **Doğru, A.Ö.**, Alkoy, S., 2007. Hekim ve Harita Mühendislerinin Ortak Paydası CBS: Epidemioloji Uygulaması. 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan 2007, Ankara. (Sunulmuş bildiri).

Alkoy, S., **Doğru, A.Ö.**, Uluğtekin, N., 2006. İstanbul'da Aşılama Hizmetlerinin Kalitesinin LOT Kalite Tekniği (LKT) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Değerlendirilmesi. 10. Ulusal Halk Sağlığı Kongresi, 6-8 Eylül 2006, s: 108-109, Van. (Poster sunum)

Uluğtekin, N., **Doğru, A.Ö.**: Coğrafi Bilgi Sistemi ve Harita: Kartografya. Ege Üniversitesi CBS Sempozyumu, 27-29 Nisan 2005, s: 209-215, İzmir.

Doğru, A.Ö., Uluğtekin, N.: CBS Uygulaması Olarak Araç Navigasyon Sistemleri. Ege Üniversitesi CBS Sempozyumu, 27-29 Nisan 2005, s: 175-181, İzmir.

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

Girişken, M.U., Akkoca, G., Avşar, E.Ö., Ayhan, E., Şatıroğlu, A., ve **Doğru, A.Ö.,** 2005. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğrencilerinin Dünyadaki Örgütlenmesi, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Sunulmuş Bildiri.

Uçar, D., **Doğru, A.Ö.**, 2005. CBS Projelerinin Stratejik Planlaması ve SWOT Analizinin Yeri, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Sunulmuş Bildiri.

Çelik, R.N., Özlüdemir, M.T., **Doğru, A.Ö.**, Güney, C., 2005. Mekansal Veri Toplama Teknolojileri ve Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Sunulmuş Bildiri.

Uluğtekin, N., Bildirici, İ.Ö., **Doğru, A.Ö.**, 2003. Web Haritalarının Tasarımı. 9.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 347-359, Ankara, Sunulmuş Bildiri.

Güney C, Avcı Ö, **Doğru A.Ö.**, Kılıç C, Çelik R.N., Filo Yönetim Sistemi Tasarımı, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30.Yıl Sempozyumu, 550-562, 2002, Konya, Sunulmuş Bildiri.

Kitap İçinde Bölüm:

Selçuk, M., Uçar, D., Uluğtekin, N., Bildirici, İ.Ö., Gökgöz, T., Başaraner, M., Yücel, M.A., Gülgen, F., Bilgi, S., ve **Doğru, A.Ö.,** Sayısal Kartografya ve Mekansal Bilişim. Türkiye Bilişim Ansiklopedisi, s: 689-693. Türkiye Bilişim Vakfı - Papatya Yayıncılık Eğitim. Ankara.
http://www.papatya.gen.tr/bilisimAnsiklopedisi.htm