

# Araç Navigasyon Sistemleri İçin Güzergaha Dayalı Harita Tasarımı

A. Özgür DOĞRU<sup>1</sup>, Necla ULUĞTEKİN<sup>2</sup>, Cecile DUCHÊNE<sup>3</sup>, Sebastien MUSTIÈRE<sup>3</sup>

## Özet

*Bu çalışmada günümüzde kullanılan araç navigasyon haritalarının tasarım yöntemleri ve sonuçları tartışılmıştır. Bu kapsamda içeriği ve kapsamı önceden belirlenmiş ölçek seviyelerinin kullanımı ile geliştirilen haritalar ele alınmış ve bu haritalardaki kullanım amacı ile uyumayan gösterimler belirlenmiştir. Özellikle yol ağlarının gösteriminde, sunulan verinin içeriğinin amaca ve ölçüğe oranla yoğun olması bir problem olarak kabul edilmiş ve bu problemin çözümü için yaklaşımlar geliştirilmiştir. Kullanıcı ihtiyaçlarını dikkate alan ve navigasyon sırasında hesaplanan güzergaha bağlı olarak gerçekleştirilen bir genelleştirme önerilen yaklaşımların dayanağını oluşturmaktadır. Bu temelden hareketle çalışmada, çizgisel ve alansal objelere ilişkin verilerin geliştirilmesi konusunda çalışmalar yapılmıştır. Çizgisel genelleştirme çalışmaları yol ağı verisinin geliştirilmesini içerirken alansal genelleştirme ise yapı adalarının kullanım tiplerine göre sınıflandırılarak görselleştirilmesini kapsamaktadır. Çalışmada önerilen yaklaşımlar GeOxygene uygulama geliştirme platformu kullanılarak geliştirilmiştir.*

## Anahtar Sözcükler

*Harita, genelleştirme, navigasyon, çoklu gösterimler.*

## Abstract

### Vehicle Tracking Systems and Maps

*In this study, 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 route dependant 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 study. This approach covers generalization processes applied on both areal and linear objects for optimizing the data presented at detailed level. Both areal and linear generalizations were realized by using calculated route geometry and proposed approaches were implemented by using GeOxygene platform.*

## Keywords

*Map, generalization, navigation, multiple representations.*

## 1. Giriş

Araç navigasyonunun temel amacı, araç kullanıcısının özellikle yabancı bir ortamda yapacağı hareketlerin, bir sistem dahilinde, gerekli yönlendirmeler yapılarak desteklenmesidir. 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 olarak sıralanabilir.

Genel olarak bakıldığında sistemin temel bileşenleri veri, yazılım ve donanımdır (DOĞRU ve ULUĞTEKİN 2005). Sistem dahilinde kullanılan verinin geometrik ve semantik anlamda doğruluğu navigasyon yazılımı tarafından gerçekleştirilen ağ analizleri sonucunda hesaplanacak güzergahın doğruluğunu etkilemektedir. Veri; genel olarak aracın takip edeceği yol ağını ilgili objeleri ile birlikte içeren geometrik veri ve kullanıcının seyahatine etki edecek yol ağına ilişkin hız sınırı ve yol türü gibi öznel verilerdir. Sistem kapsamında geometrik verilerin kaynağı haritalardır. Sistemin sonuçları da, ki bu sonuç genel olarak araç ve dolayısıyla da sistem kullanıcısının takip etmesi gereken güzergah bilgisini içerir, yine haritalar aracılığıyla kullanıcıya iletilir. Bu haritalar, navigasyon uygulamasının kapsadığı alana 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. Söz konusu kullanım Çoklu Gösterim Veritabanları dahilinde değerlendirilmektedir (DOĞRU ve ULUĞTEKİN 2007, DOĞRU, 2009).

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 özelleştirilmiştir. Bu kapsamda analog haritaların tasarımında klasik yöntemlerin kullanımı sürdürülürken, ekran haritalarının tasarımında, bu yöntemlere ek olarak, farklı yorumlamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gelişmelerin yanı sıra donanım teknolojilerindeki gelişmeler ile küçük ekranlı taşınabilir bilgisayarların kullanımının yaygınlaşması ile küçük ekran

için harita tasarımı farklı bir araştırma alanı olmuştur. 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 ekseninde mobil topografik haritalar için kullanıcı gereksinimleri belirlenmiş, mobil harita servisleri için pazar analizleri yapılmış, küçük ekran haritalarının tasarım kriterleri belirlenerek yapılan araştırmalarda elde edilen deneyimler geliştirilen bir örnek üzerinde uygulanmıştır. Araç navigasyon haritalarının tasarımı da bu kapsamda ele alınmalıdır. Küçük ekran harita tasarımının en önemli gereksinimlerinden biri sınırlı sunum ekranında uygulama amacına yönelik beklentileri karşılayacak bilgiyi anlaşılır bir şekilde aktarabilmektir. Bu kapsamda gösterime konu olacak detayın miktarındaki artış anlaşılabilirliği azaltan bir faktör olarak değerlendirilmelidir. Anlaşılabilirliği arttırmak içinse sunuma konu olacak detay tür ve miktarlarında bir optimizasyon yapmak gerekmektedir. Söz konusu optimizasyon amaca yönelik uygulanacak model ve kartografik genelleştirme aşamalarını içermektedir (DOĞRU 2009). Bu çalışmada navigasyon haritalarının kartografik tasarımından ziyade kartografik tasarım için kullanılacak verilerin tek bir veritabanından otomatik olarak türetilmesi yani model genelleştirme amaçlanmıştır. Bu amaç dahilinde gerçekleştirilen çalışmada navigasyon haritalarında gösterime konu olan detay miktarlarının optimize edilmesi konusunda teoriler geliştirilmiştir. Bu kapsamda bildirinin ikinci bölümünde genelleştirme konusuna değinilecek ve mevcut navigasyon sistemlerinde kullanılan model genelleştirme yaklaşımları tartışılarak mevcut sorunlar ortaya koyulacaktır. Üçüncü bölümde ise belirlenen sorunların çözümüne yönelik önerilen yaklaşımlar anlatılırken söz konusu önerilerin uygulaması sonuçlarıyla birlikte dördüncü bölümde aktarılacaktır. Son bölümde ise sonuçlar ve öneriler tartışılacaktır.

## 2. Araç Navigasyonu İçin Genelleştirme

### 2.1. Genelleştirme

“Fiziksel yeryüzünün belirli bir ölçek ve amaca uygun olarak kağıt ya da bilgisayar ekranı gibi ortamlara aktarılması sırasında, mekansal verinin geometrik ve semantik açıdan özetlenip amaç ve ölçeğe uygun hale getirilerek kullanıcıya sunulması sürecinin temelini oluşturan işlemler bütünü” olarak tanımlanan genelleştirme, kartografyanın ana konularından biridir (DOĞRU 2004). Veri modellemesi mekansal veri tabanlarında temel rol oynamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisi konusunda yaşanan gelişmeler ve mekansal bilginin üretiminde veri modellemesi aşamasının harita derlemesi aşamasından ayrı tutulamayacağı gerçeği, genelleştirmenin veri modellemedeki kullanımı ve yararları konusundaki görüşleri etkilemiştir. Sonuç olarak genelleştirme süreci model genelleştirme ve kartografik genelleştirme olmak üzere iki ana bölümde incelenmeye başlanmıştır (KILPELAINEN 1997, UÇAR vd. 2003). Model ve

kartografik genelleştirmenin her ikisi de verinin kullanım amacına hizmet etmektedir. Model genelleştirme analiz fonksiyonları için veri modellemesi aşamasında, kartografik genelleştirme ise uygulamalarda türetilen ürünlerin görselleştirilmesi aşamasında kullanılmaktadır. Her iki genelleştirme aşamasını da gerek klasik gerekse bilgisayar destekli olarak gerçekleştirilebilmesi için çeşitli yöntemler tanımlanmıştır. Farklı araştırmacılar tarafından amaca bağlı olarak farklı şekillerde tanımlanan ve sınıflandırılan bu yöntemler (SHEA ve MCMASTER 1989, ROBINSON vd. 1995, KILPELAINEN 1997) temel veriyi geometrik olarak değiştiren; basitleştirme, yumuşatma, birleştirme, öteleme, abartma, iyileştirme ve seçme işlemleri ile veriyi kavramsal olarak düzenleyen sınıflandırma ve işaretleştirme işlemlerini içermektedir.

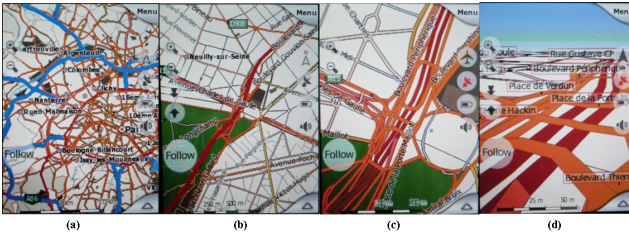
Bu çalışmanın amacı navigasyon haritalarının tasarımı için yeni yaklaşımlar geliştirmektir. Navigasyon işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için kullanılan verinin hem geometrik hem de semantik anlamda doğruluğu çok önemlidir. Çünkü navigasyon sistemlerinde bilgi aktarımı aşamasında, farklı yöntemler kullanılarak elde edilebilen araca ait anlık konum verisi gerçek zamanlı olarak görselleştirilmektedir. Navigasyon sistemlerinin bu tür gereksinimleri, bu sistemler için tasarlanan haritalarda uygulanacak olan genelleştirme yöntemlerini de sınırlamaktadır. Bu kapsamda navigasyon sistemlerinde kullanılmak için tasarlanan haritaların genelleştirilmesinde daha çok geometrik doğruluğu etkilemeyen nitelikteki seçme ve sınıflandırma işlemleri kullanılmaktadır.

### 2.2. Araç Navigasyon Sistemlerinin Genel Değerlendirmesi

Ticari olarak kullanılan navigasyon sistemlerinde fiziksel yeryüzü; nokta, çizgi ve alan 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 (POI, Point of Interest) ilişkin verilerden oluşmaktadır. Uygulamanın farklı ölçeklerdeki haritalara olan ihtiyacı CBS uygulamalarında olduğu gibi veri gruplarının gösterileceği ölçek seviyelerinin belirlenmesi yöntemi ile karşılanmaktadır (Şekil 1). 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 (DOĞRU 2009).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan navigasyon sistemleri pratikte önemli yararlar sağlamaktadır. Fakat bu sistemlerde kullanılan haritalarda gerçekleştirilen

genelleştirme uygulamalarında, özellikle karar aşamasında, yalnız objelere ait öznitelik verilerinin kullanılması sonucunda Şekil 1'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 (DOGRU vd. 2008). Büyük ölçekte karşılaşılan problemler Şekil 1c ve d'de gösterildiği gibi yol ağı verisinin yoğunluğu ve harita yazılarının yeteri kadar optimize edilmemesidir. 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 ölçekli gösterimlerde de rastlanmaktadır. Ayrıca Şekil 1a'da da görüldüğü gibi küçük ölçekli navigasyon haritalarında karmaşık kavşak gösterimlerinin uygun bir şekilde genelleştirilmemesinden kaynaklanan tasarım sorunlarına da rastlanmaktadır.



Şekil 1: Farklı gösterim seviyeleri, IGO 2006 yazılımından örneklenmiştir

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 artırılabilir, 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 (DOGRU 2009).

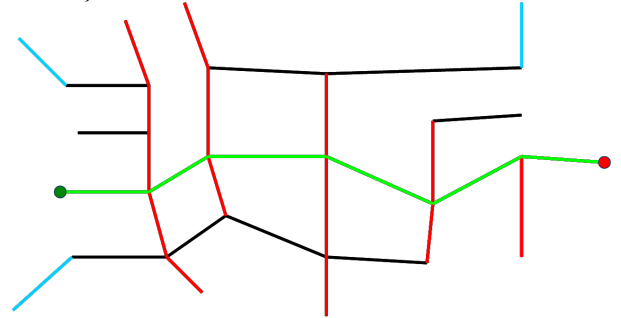
### 3. Büyük Ölçekli Navigasyon Haritalarının İyileştirilmesine Yönelik Yaklaşımlar

Navigasyon sistemlerinde kullanılan ve Bölüm 2'de anlatılan önceden belirlenmiş ölçek seviyeleri yaklaşımına bağlı olarak bu seviyede tüm yol tiplerinin gösterilmesi bazı durumlarda veri yoğunluğuna bağlı karmaşıklıklara neden olabilmektedir. Bu çalışmada, veri yoğunluğundan kaynaklanan karmaşıklıkların çözümü için alansal ve

çizgisel objelerin genelleştirilmesinde kullanılan bir genelleştirme yöntemi geliştirilmiştir. Bu kapsamda yol ağlarını öznitelik verilerinin yanı sıra geometrilerine bağlı olarak da sınıflandıran bir yaklaşım önerilerek gösterimlerin içeriğinin belirlenmesindeki seçme işleminde yol geometriyelerinin de kullanılması sağlanmıştır (DOGRU 2009). Ayrıca çalışma kapsamında navigasyon haritalarında iletilen alansal bilgilerin (arazi kullanım bilgisi) doğruluğunu arttırmak için de bir yöntem önerilmiştir. Önerilen her iki yöntem de hesaplanan navigasyon güzergahına bağlı olarak geliştirilmiştir. Bu nedenle önerilen genelleştirme yöntemleri güzergaha dayalı yöntemler olarak adlandırılmıştır.

#### 3.1. Yol Ağı Genelleştirilmesi

Geliştirilen yaklaşımın temelinde yol ağının geometrik özelliklerine göre sınıflandırılması bulunmaktadır. Bu kapsamda yol geometriyelerini sınıflandırmak için bir referansın belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada referans olarak hesaplanan güzergah kullanılmıştır. Sınıflandırma için ise özellikle kentleşmiş alanlarda kavşak noktalarında güzergaha bağlanan yollara ait yol parçaları için araç sürücüsü tarafından ilgili kavşaktan görülüp görülmeyeceğine ilişkin bir tanımlama yapılmıştır. Yöntemin temel amacı başlangıç ve bitiş noktalarına bağlı olarak bir güzergahın belirlenmesinin ardından 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 vd. 2008, DOGRU 2009). Şekil 2'de hesaplanan güzergah yeşil, birinci önem sınıfı kırmızı ve üçüncü önem sınıfları ise sırasıyla siyah ve mavi renk ile gösterilmiştir.



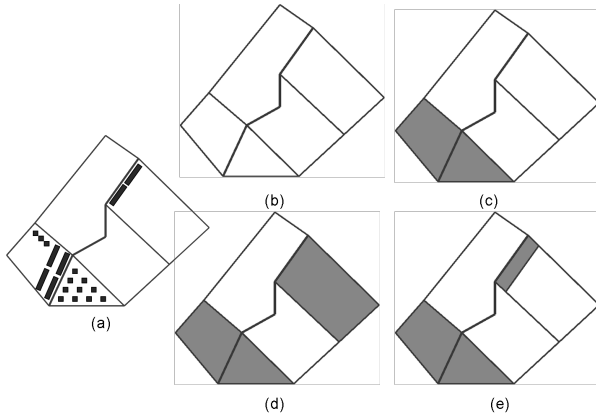
Şekil 2: Geometriye bağlı yol ağı sınıflandırması

Geliştirilen algoritma'da 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. Bu kapsamda kavşak noktasından belirli bir mesafeden daha uzak yol parçaları sınıflandırma işlemine dahil edilmemektedir. Diğer iki aşamada yol parçaları arasındaki sapma açısı hesaplanarak görüş alanı dışında kalması muhtemel yol parçaları 2. önem sınıfında toplanmaktadır. 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. Sonuç haritalarının üretiminde bu sınıflar seçme işleminde kriter olarak kullanılmaktadır.

### 3.2. Alan Genelleştirilmesi

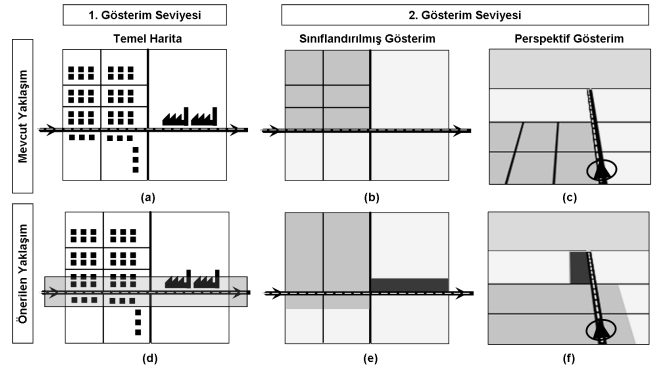
Navigasyon haritalarına konu olan alansal gösterimler, kısıtlı olanaklara sahip sunum alanının etkin kullanımını sağlamak amacıyla, arazi kullanımlarına göre; yerleşim, sanayi ya da yeşil alan ve benzeri olarak, sınıflandırılmış adalar ile sınırlandırılmıştır. Bu aşamada arazi kullanım verisinin olmadığı durumlarda bu veri, ada sınırları içerisinde kalan yapıların kullanım türlerine ilişkin öznel verileri kullanılarak hesaplanmaktadır. Arazi kullanım türünün belirlenmesinde farklı yöntemler ile belirlenen sınır değerler karar aşamasında etkin olarak kullanılır. Bazı durumlarda Şekil 3'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 3a'da gösterilen bir alan tamamen boş alan biçiminde sınıflandırılabilir (Şekil 3b) ya da alana ait adalar farklı şekillerde sınıflandırılabilirler (Şekil 3c, 3d ve 3e). Bu aşamada önemli olan en doğru sınıflandırmayı elde edebilmektir.



Şekil 3: 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 4d'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 4e). Bu yöntemle, sınıflandırılan alan küçültülerek sınıflandırma doğruluğunun artırılması sağlanmıştır. Örneğin Şekil 4a'da görülen fabrikalar ya da güzergahın altında kalan konutlar mevcut yaklaşımlarda, kabul edilen sınır değerlere bağlı olarak, içinde buldukları alana göre çok daha az yer kapladıkları için sınıflandırmayı etkilemeyebilirler (Şekil 4b). Fakat önerilen

yöntemdeki alan küçültme mantığı Şekil 4e'de görüldüğü gibi sınıflandırmanın daha doğru bir şekilde yapılmasını sağlayabilir. Arazi kullanım sınıflandırmasında görülen bu değişimin detaylı seviyede sıklıkla kullanılan perspektif gösterimlere etkisi Şekil 4c ve 4f'de sunulmuştur.

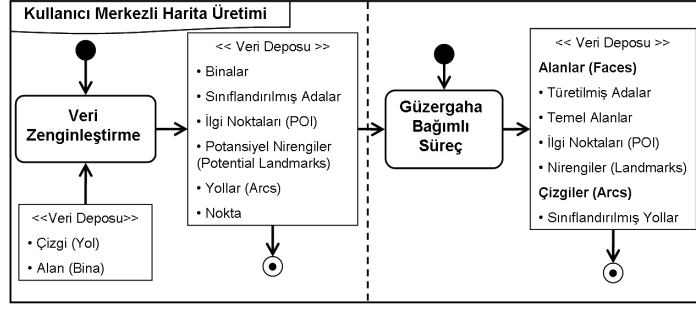


Şekil 4: Seviye 2 gösterimlerinin elde edilmesi

### 4. Uygulama

Araştırma kapsamında önerilen bu yaklaşımlar Fransa Ulusal Harita Kurumu Ulusal Coğrafya Enstitüsü COGIT Laboratuvarı'nda geliştirilen açık kaynak kodlu GeOxygene yazılım geliştirme platformu kullanılarak geliştirilen bir örnek uygulama üzerinde uygulanmıştır. 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).

Şekil 5'de gösterilen UML (Unified Modeling Language) faaliyet 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. Veri zenginleştirme aşamasında işlenen veriler uygulamanın ikinci aşamasında kaynak veri olarak kullanılmaktadır. Bu aşama navigasyon güzergahının hesaplanması ile başlar sonuç verilerin türetilmesi ile son bulur. Uygulama kapsamında güzergah belirleme için DIJKSTRA (1959) tarafından çizge kuramı kullanılarak geliştirilen ve GeOxygene platformunda daha önceden tanımlı olan en kısa yol algoritması kullanılmıştır. En kısa yol hesabında yol uzunluklarının yanı sıra karar aşamasında kullanılan maliyet bilgisi olarak da yol ortalama hız verisinden yararlanılmıştır.

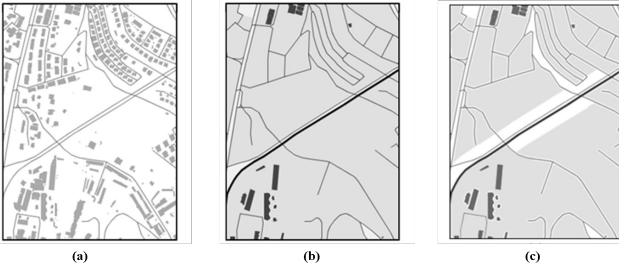


Şekil 5: Kullanıcı merkezli harita üretim süreci UML gösterimi

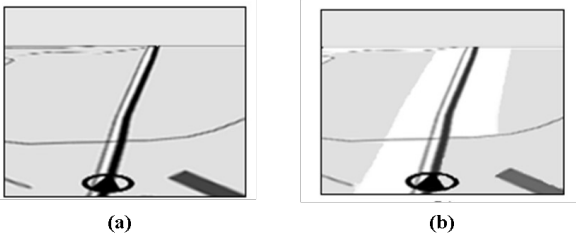
Güzergah belirlemenin sonrasında başlayan süreç, alansal ve çizgisel işlemlerden oluşan iki paralel sürecin ortak ürünüdür. Alana yönelik uygulama adımları hesaplanan güzergah boyunca temel alansal birimlerin belirlenmesi, temel alansal birimlerin arazi kullanımlarına göre sınıflandırılması ve sınıflandırılmış alansal objelerin işaretleştirilmesinden oluşmaktadır. Temel alansal birimler belirlenirken güzergah boyunca tampon bölge tanımlanır.

## 5. Sonuçlar

Çalışmada uygulanan alansal genelleştirme işleminin sonuçlarından bazıları Şekil 6 ve 7'de sunulmuştur. Şekil 6'da mevcut yöntemler kullanıldığında yerleşim olarak sınıflandırılabilen adalar (Şekil 6b) tampon bölge tanımlanması ile yapılan sınıflandırma sonucunda boş alan olarak tanımlanmıştır (Şekil 6c). Şekil 7'de Şekil 6'daki sınıflandırmaların perspektif gösterimleri verilmiştir.



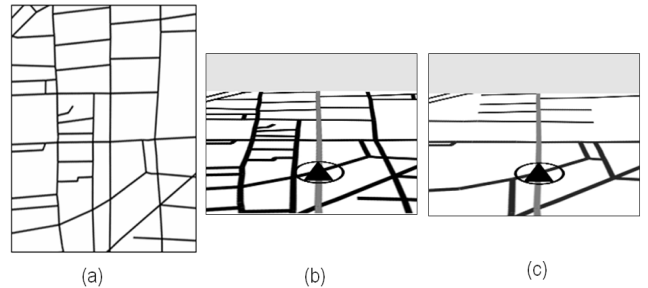
Şekil 6: Alan genelleştirme örneği: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile sınıflandırılmış gösterim. c) Önerilen yöntem ile sınıflandırılmış gösterim



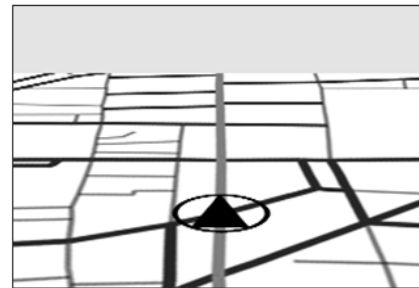
Şekil 7: a ve b sırasıyla Şekil 6 b ve Şekil 6c'nin perspektif gösterimi

Çalışmanın yol ağı genelleştirmesine yönelik sonuçlarından biri Şekil 8'de verilmiştir. Bu örnekte yol ağı, hesaplanan güzergâhtaki kavşak noktalarından görülmeye ihtimali düşük olan yol parçaları elimine edilerek yol tipinden bağımsız genelleştirilmiştir. Şekil 8b'de Şekil 5.8a'da gösterilen geometrik verilerin genelleştirilmemiş perspektif gösterimi sunulurken, Şekil 8c'de önerilen yöntemle gerçekleştirilen genelleştirme işleminin sonuçları

görülmektedir. Bu gösterimde, geliştirilen yazılım ile hesaplanan navigasyon güzergâhına 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 azaltmıştır. Uygulanmış olan genelleştirmede yol ağına navigasyona devam edilebilecek fakat yakın çevreyi algılamayı güçleştirecek haritalar görülmektedir. Bu gibi olumsuz durumlar sınıflandırma ile elde edilen bilginin doğru kullanımı ile aşılabılır. Örneğin Şekil 9'da 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 kullanılabilir özellikleri içerecek şekilde düzenlenmesi sonrasında haritalar, uygun kartografik görselleştirme yöntemleri kullanılarak daha anlaşılır olacak şekilde tasarlanabilir (DOĞRU, 2009).



Şekil 8: Yol ağı genelleştirme: a) Orijinal veri. b) Mevcut yöntemler ile genelleştirilmiş yol ağı. c) Önerilen yöntem ile genelleştirilmiş yol ağı



Şekil 9: Önerilen yöntem ile genelleştirilmiş yol ağı

## 6. Öneriler ve Gelecek Çalışmalar

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 örnek uygulama geliştirilmiştir. Uygulanan yöntemler ile yol ağlarının, günümüzde navigasyon sistemlerinde kullanılan öznitelik temelli ölçek seviyeleri yaklaşımından farklı olarak, geometrik özelliklerine göre sınıflandırılması ve genelleştirilmesi sağlanmıştır.

Çalışmanın temel ürünlerinden biri hiç şüphesiz uygulamaların gerçekleştirildiği ve gösterim seviyelerine ilişkin verileri temel veri tabanından otomatik olarak türetmek üzere geliştirilen örnek uygulamadır. Bu uygulama ile navigasyon haritalarında gösterime konu olan alansal, çizgisel ve noktasal karakterdeki temel veriler, yalnız yol ağı ve bina verisi kullanılarak otomatik olarak türetilmiştir. Bu da minimum veri türü kullanılarak navigasyon haritalarına konu olan verilerin türetilmesine bir örnek olmuştur.

Tüm bunlara ek olarak; bu çalışmada, navigasyon haritalarında sunulan alansal bilginin yol ağı ve bina verisinden türetilerek uygun görselleştirme teknikleri ile sunumuna yönelik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım ile navigasyon haritalarında sunulan alansal bilginin doğruluğunun artırılması 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 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 çalışmayla önemli katkı verildiği değerlendirilmektedir. Gelecek çalışmalar navigasyon sistemlerinin 3 boyutlu ve gerçek zamanlı haritalama teknolojilerinin etkin bir şekilde kullanımını sağlayacak yapıda geliştirilmesine yönelik araştırmaları kapsmalıdır. Ayrıca bu çalışma ile önerilen yöntemlerin çoklu gösterim veritabanları yaklaşımıyla uygulanması da önemli bir çalışma konusudur. Bu kapsamda gerçekleştirilecek çalışmalar farklı ölçek gruplarındaki haritaların üretimi için geliştirilen yöntemlerin birbirleri ile entegrasyonunu da içermelidir.

## Teşekkür

Bu çalışmayı Projem İstanbul kapsamında destekleyen İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne, çalışmanın veri sağlayıcıları olan Beşiktaş Belediyesi ve Başar Bilgisayar Sistemleri Ltd. Şti.'ye teşekkür ederiz. Çalışmanın ilk yazarı TÜBİTAK tarafından Yurtdışı Araştırma Bursu Programı kapsamında desteklenmiştir. TÜBİTAK'a bilim ve araştırmaya verdikleri katkılar için ayrıca teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

BADARD T., ve BRAUN A., **Oxygene: A platform for the Development of Interoperable Geographic Applications and web Services**, Proceedings of the 15th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'04), IEEE Press, pp. 888-892, 2004.

DİJKSTRA J.E.W., **A Note on Two Problems in Connection With Graphs**, Numer. Math. 1, pp. 269-271, 1959.

DOĞRU A.Ö., Araç Navigasyon Haritalarının Tasarımında Kavşak Yapılarının Modellenmesi İçin Çoklu Gösterimler, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004.

DOĞRU A.Ö., ve ULUĞTEKİN N., **Navigasyon Haritalarının Tasarımında Çoklu Gösterim Veritabanları**, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Cilt:1, s: 431-441, Ankara, 2005.

DOĞRU A.Ö., ve ULUĞTEKİN N., **Çoklu Gösterim Veritabanları ve Navigasyon Haritası Tasarımı**, İTÜ Mühendislik Dergisi/d, Nisan 2007, Cilt 6 Sayı 2, 3-14, İstanbul, 2007.

DOGRU A.O., DUCHÊNE C., MUSTIÈRE S., ve ULUGTEKİN N., 2008. **User Centric Mapping for Car Navigation Systems**, 11<sup>th</sup> ICA on Generalisation and Multiple Representation, 20-21 June, Montpellier, France, 2008.

DOĞRU A.Ö., Çoklu Gösterim Veritabanları Kullanılarak Araç Navigasyon Haritası Tasarımı için Kartografik Yaklaşımlar, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.

KILPELAINEN T., Multiple Representation and Generalization of Geo-Databases for Topographic Maps, PhD Thesis, Finnish Geodetic Institute, Finland, 1997.

ROBINSON A.H., MORRISON J.L., MUEHRCKE P.C., KIMERLING A.J., ve GUPTILL, S.C., **Elements of Cartography**, 6th ed John Wiley and Sons, Brisbane, 1995.

SARJAKOSKI T., ve SARJAKOSKI L.T., **The GiMoDig Public Final Report**, Geospatial info-mobility service by real-time data-integration and generalisation, <http://gimodig.fgi.fi/> (04.03.2007), 2005.

SHEA K.S., ve MCMASTER R., **Cartographic Generalization in a Digital Environment: when, and How to Generalize**, In Proceedings for Auto-Carto 9, Baltimore, pp. 56-67, 1989.

UÇAR D., BİLDİRİCİ İ.Ö., ve ULUĞTEKİN, N., **Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Model Genelleştirme Kavramı ve Geometri ile İlişkisi**, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2003.