

Araç navigasyon haritası tasarımı için yol genelleştirmesi

A. Özgür DOĞRU*, N. Necla ULUĞTEKİN

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarında, fiziksel yeryüzünün farklı amaç ve ölçeklerdeki haritaların oluşturulması aşamasında veri yoğunluğundan kaynaklanan problemler çıkmaktadır. Bunların 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.) bir çok 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. Araç navigasyonu uygulaması da farklı ölçek ve çözünürlükteki haritaları bilgi iletişim aracı olarak kullandıkları için ÇGVT uygulaması olarak kabul edilir. Günümüzde ticari olarak kullanılan sistemlerde farklı ölçeklerdeki navigasyon haritası 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, sunum ve üretim yöntemleri açısından geliştirilmelidir. Bu çalışmada araç navigasyon sistemleri için harita tasarımı konusunda ÇGVT yaklaşımını da göz önünde bulundurularak bir tasarım yapılmıştır. Bu kapsamda sistemin en detaylı bilgiyi içeren kullanım seviyesi için genelleştirme yöntemleri önerilerek bu yöntemlerin uygulaması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çoklu gösterim veritabanları, navigasyon, genelleştirme.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: A. Özgür DOĞRU, ozgur.dogru@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 38 27.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Programı'nda tamamlanmış olan "Çoklu gösterim veritabanları kullanılarak araç navigasyon haritası tasarımı için kartografik yaklaşımlar" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 27.02.2009 tarihinde dergiye ulaşıp, 10.03.2009 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.09.2009 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Road generalization for car navigation map design

Extended abstract

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 generaliza-

tion 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, current commercial car navigation products were examined depending on the methods that they used for map design. Design problems, which are related with generalization issues, of navigation maps were determined for large and small scale representations. Optimization of the road network was one of the main design problems for any kind of navigation maps currently in use. In this study, this problem was examined for large scaled maps of MRDB designed for navigation purposes. A route dependant generalization approach that will be used for optimizing road network data was proposed. This approach based on the idea of classifying the road segments of a road network in three classes depending on their geometrical relations with calculated navigation route. Therefore this approach is applied whenever a navigation route calculated and it gives different results for each application. After classifying the road segments, they are selected for representation depending on their determined classes. This approach, which enables the cartographer to generalize the road network depending on their geometries in addition to their attributes, is also implemented and a sample result were presented in this study.

Keywords: *Multiple Representational Database, navigation, generalization, GIS.*

Giriş

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulamalarında kullanıcı gruplarının beklenti farklılıkları; uygulamayı, özellikle verilerden bilgi elde edilmesine olanak sağlayacak sonuç ürünlerin, yani haritaların oluşturulması aşamasını etkilemektedir. Çünkü tüm haritalar kullanıcı beklentilerini karşılamak için tasarlanırlar. 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. Bu gereksinim günümüzde yaygın olarak kullanılan araç navigasyon sistemlerinin de temel ihtiyaçlarından birini oluşturmaktadır. Uygulamaya yönelik farklı amaç ve ölçekteki ürünlerin tasarımında kullanılacak veritabanlarının, ortak ve temel bir veritabanından otomatik genelleştirme ile türetilmesini amaçlayan Çoklu Gösterim Veritabanları (ÇGVT) bu ihtiyaçların karşılamasının yanı sıra, otomatik güncelleştirmelere olanak tanıyan bir yapıdadır. (Kilpelainen, 1997; Ruas, 2002; Dunkars, 2004; Sarjakoski, 2007). Bu nedenle navigasyon haritalarının tasarımında ÇGVT yaklaşımının kullanılması önerilmektedir (Doğru, 2004; Sarjakoski ve Sarjakoski, 2005).

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 tasarım sorunlarını belirlemek ve bunlara yönelik çözüm olabilecek genelleştirme yöntemlerini geliştirerek bu yöntemlerin uygulanabilirliğini göstermektir.

Genelleştirme

“Yeryüzü gerçekliğinin belirli bir ölçek ve amaç uygun olarak kağıt ya da bilgisayar ekranı gibi ortamlara aktarılması sırasında, mekansal verinin geometrik ve semantik olarak özetlenip

amaç ve ölçeğe uygun hale getirilerek kullanıcıya sunulması sürecinin temelini oluşturan işlemler bütünü” olarak tanımlanan genelleştirme, kartografyanın ana konularından biridir (Doğru, 2004). Genelleştirme, harita üretim sürecinin tüm aşamalarında (mekansal verinin toplanması, modellenmesi ve kullanımı) etkin olarak kullanılan bir yöntemdir. Genelleştirmenin temel amacı, var olan veriden farklı ölçek serilerindeki klasik haritaların üretilmesidir. Fakat bilgi teknolojilerinde özellikle de CBS kapsamında yaşanan gelişmelerin de etkisiyle genelleştirmenin görselleştirilmiş sonuçları arasına, geleneksel haritaların yanı sıra ekran haritaları ve farklı gör-selleştirme ürünleri de eklenmiştir (Kilpelainen, 1997). Bu da klasik genelleştirme problemlerinin üzerine veri modellemesi, veritabanı tasarımı ve otomasyon gibi güncel teknolojileri de içeren yeni boyutlar eklemiştir.

Veri modellemesi mekansal veri tabanlarında temel rol oynamaktadır. CBS 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 kullanımı amacına hizmet etmektedir. Model genelleştirme analiz fonksiyonları için veri modellemesi aşamasında, kartografik genelleştirme ise uygulamalarda türetilen ürünlerin görselleştirilmesi aşamasında kullanılmaktadır.

Günümüz teknolojileri kullanılarak fiziksel yeryüzünün düzleme aktarılmasının en önemli adımlarından biri olan genelleştirme işleminin bilgisayar ortamında, otomatik olarak bire bir taklit edilmesi henüz başarısızdır. Otomatik genelleştirme sürecinde mevcut verinin en uygun şekilde sunumu için farklı araçlar kullanılmaktadır. Genelleştirme işlemleri olarak adlandırılan bu araçlar, klasik genelleştirme tekniklerini ve matematiksel yöntemleri taklit etme gayreti ile tanımlanmıştır. Genelleştirme işlem-

leri ile ilgili en kapsamlı model Shea ve McMaster (1989) tarafından geliştirilmiştir. Bu modelde genelleştirme sürecini genel hatları ile tanımlamak için sorulan “neden, nasıl ve ne zaman” sorularından ikincisinin cevabı 12 genelleştirme işlemi ile açıklamıştır. Bu işlemlerden 10 tanesi geometrik iki tanesi ise kavramsal veri dönüşümünü içermektedir. Tanımdan da anlaşılacağı üzere bu işlemlerin yaptığı etkiler Shea ve McMaster (1989) 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 işaretleştirme (symbolization).

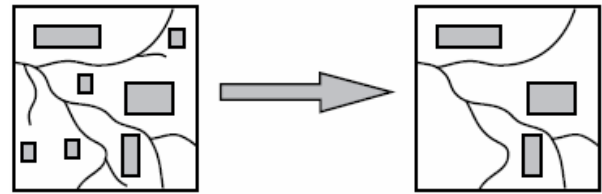
Günümüzde de hala en geçerli modellerden birini oluşturan bu işlemler model genelleştirme için genel bir altyapı meydana getirmiştir. Model ve kartografik genelleştirme kapsamında yapılan çalışmalar genelde bu işlemler ekseninde geliştirilmekte, gerektiğinde farklı yaklaşımlar ele alınmakta ve yeni işlemler tanımlanmaktadır. Örnek olarak Robinson ve diğerleri (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. Shea ve McMaster (1989) tarafından tanımlanan geometri dönüşümü, yumuşatma, tipikleştirme ve öteleme gibi diğer işlemler ise sınıflandırma, basitleştirme ve abartmanın alt bileşenleri olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı navigasyon haritalarının tasarımı için yeni yaklaşımlar üretmektir. 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 sınırlandırmaktadır. Bu kapsamda navigasyon sistemlerinde daha çok geometri dönüşümünü içermeyen seçme ve sınıflandırma işlemleri kullanılmaktadır.

Seçme

Eleme ve arıtma (refinement) olarak da adlandırılan seçme işlemi bir sınıf içerisindeki obje sayısının azaltılmasında kullanılır (Şekil 1). 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 kullanılacak 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 uygulamalarının ilk aşamasını mevcut bir veritabanından bazı öznelik değerlere, kodlama sistemine ya da metrik sınır değerlere bağlı olarak obje seçimi oluşturmaktadır (Kilpelainen, 1997).



Şekil 1. Seçme işlemi (Lee, 1996)

Son zamanlara kadar seçme işlemi için genel olarak metrik eşik değerler kullanılmıştır, fakat seçme kriteri olarak objelere ilişkin öznelik verilerinin kullanılması da önerilmektedir. Örneğin binalar için alan gibi metrik bir eşik değer kullanılabilmesi gibi, benzer bir seçme işlemi, veritabanında depolanan binaların kültürel önemi, kat adedi ya da kullanım şekli gibi öznelik

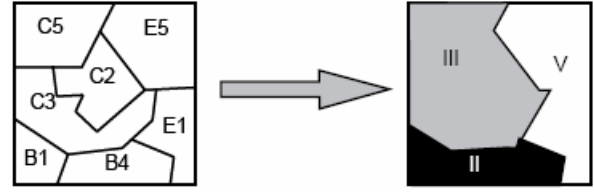
bilgileri ile de yapılabilir. Kilpelainen (1997) bu konu üzerine kümeleme (aggregation) işleminin bloklarda bulunan binalara ait öznitelikler kullanılarak yapılandırılabilirliğini dile getirmiştir (Doğru, 2004). Aynı şekilde yol ağlarının farklı karakterlerine göre seçilerek genelleştirme işlemlerine tabi tutulması konusunda, Thomson ve Richardson (1999), Jiang ve Harrie (2004) gibi yazarlar tarafından önemli araştırmalar yapılmıştır. Thomson ve Richardson (1999) tarafından geliştirilen “stroke” algoritması ile yol ağlarının geometrik özellikleri incelenerek iyi devamlılık gösteren 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.

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 2’de de görüldüğü gibi haritada görsel karmaşıklığı azaltarak haritanın anlaşılabilirliğini artırmak için kullanılır. Ayrıca sınıflandırma kartografik genelleştirme yöntemlerinin daha etkin ve hızlı bir şekilde uygulanmasına olanak sağlayan bir hazırlık süreci olarak da ele alınabilir. Sözel bilginin gösteriminde, sınıflandırma işleminin daha verimli bir şekilde kullanılması önem teşkil etmektedir (Kilpelainen, 1997).

Navigasyon sistemi için 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 birçok faktör tasarlanacak haritanın



Şekil 2. Sınıflandırma işlemi (Lee, 1996)

türüne bağlı olarak özelleşmiştir. Bu kapsamda kağıt 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 vd., 2003). Donanım teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak küçük ekranlı taşınabilir bilgisayarların kullanımının yaygınlaşması ile küçük ekran için harita tasarımı farklı bir araştırma alanı olmuştur. Navigasyon haritalarının tasarımı da bu kapsamda ele alınmalıdır.

Küçük boyutlu donanımlar için yapılacak tasarım konusunda Finlandiya, İsveç ve Almanya’daki bazı kurum ve üniversitelerin katılımıyla tamamlanan GiMoDig (Geospatial Information Mobility Service by Real-time Data-Integration and Generalisation) 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 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 vd., 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:

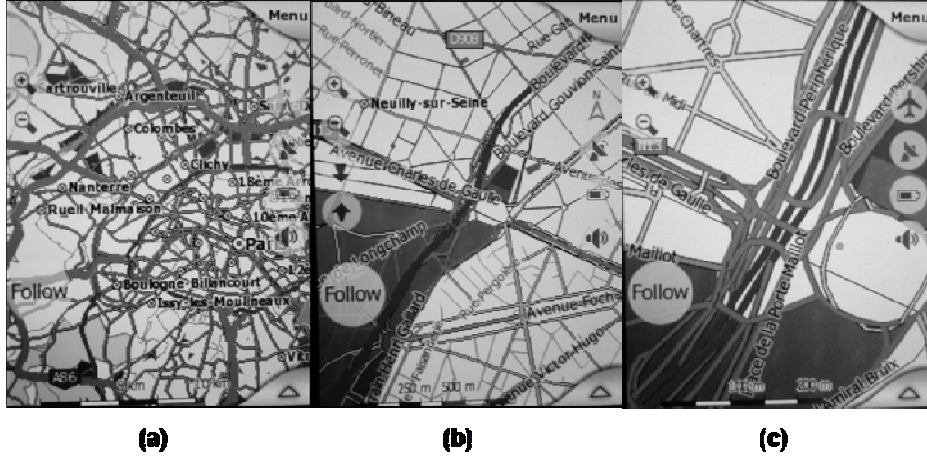
- Navigasyon haritaları, kullanıcının ve gerektiğinde başka elemanların konum bilgisini iletmelidir.
- Sistem güzergah bilgilerini görselleştirmektedir.
- Navigasyon haritalarının tasarımında kullanılacak işaret ve gösterilecek objelerin boyutları ve yazıların türleri kullanıcı tarafından kolay anlaşılabilmesi için çok iyi seçilmesi gerekmektedir.
- Resimsel işaretler ve renk grafik değişkeninin navigasyon haritası tasarımında kullanımı anlaşılabilirliği artırır.
- Harita veri formatı seçimi bellek probleminin aşılması için çok büyük önemlidir.
- Haritada gösterilmesi gereken detay miktarı yine haritanın anlaşılabilirliği bakımından önemli bir parametredir.

Ticari olarak kullanılan navigasyon sistemlerinde yeryüzü gerçekliği objelerin geometrilerine bağlı olarak; 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 3). 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.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan navigasyon sistemleri pratikte önemli yararlar sağlamaktadır. Fakat sistem dahilinde kullanılan haritalarda özellikle yalnız öznitelik verileri kullanılarak gerçekleştirilen genelleştirme sonucunda Şekil 3 ve Şekil 4'de de görüldüğü gibi anlaşılması zor karmaşık gösterimler elde edilmektedir. Bu haritalardaki karmaşıklıkların nedenleri ölçeğe göre farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle mevcut problemler büyük ve küçük ölçekte karşılaşılan problemler olarak iki ana grupta ele alınabilir. Büyük ölçekte karşılaşılan problemler Şekil 3c ve Şekil 4'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 türü 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. Benzer problemler küçük ölçekli gösterimlerde de görülmektedir.

Şekil 3a'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 yapılarının genelleştirilmesine yönelik yöntemler geliştirilmelidir. Bu sorunların giderilmesi sonucunda tasarlanacak karmaşıklığı en aza indirgenmiş haritaların kullanımı ile sistem kullanıcısının görsel algısı artırılacaktır, bu da sürüş güvenliğini arttıracaktır. Ayrıca gelişen teknolojilerin etkisiyle navigasyon sistemlerinin tasarımında 3 boyutlu ve hatta gerçek



Şekil 3. Farklı gösterim seviyeleri (IGO, 2006)

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.

Var olan uygulamalardan elde edilen deneyimlerin de etkisiyle bu tez kapsamında mevcut navigasyon haritalarındaki veri yoğunluğunun giderilmesi için kullanılabilir olan genelleştirme yöntemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, özellikle çizgisel verinin sınıflandırılarak seçimi konusunda hem mevcut yöntemler uyarlanmış hem de yeni yaklaşımlar geliştirilerek bunların teorik ve pratik anlamda uygulanabilirliği gösterilmiştir.



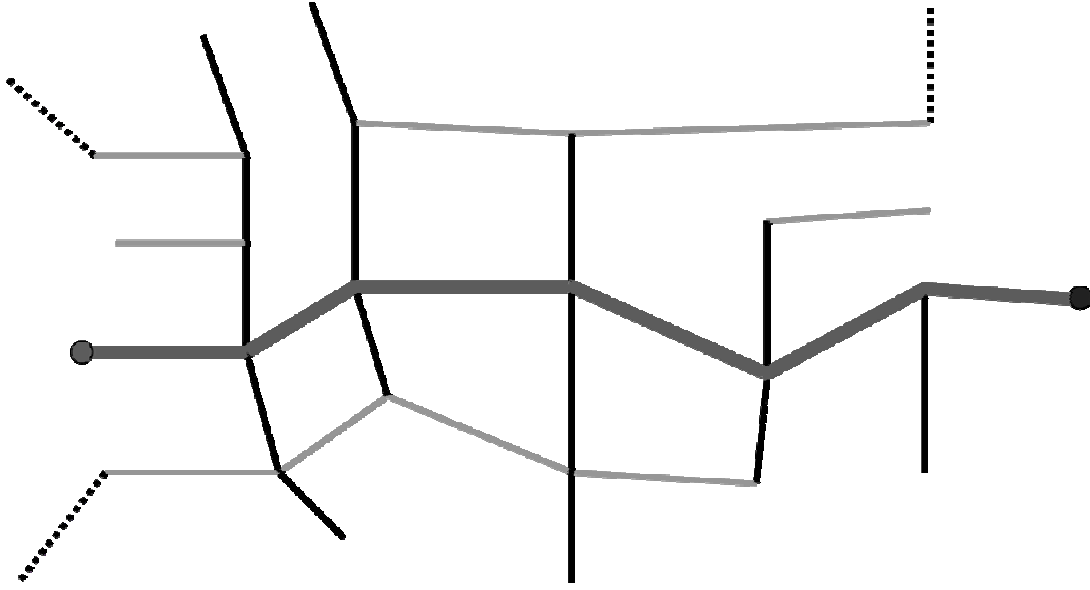
Şekil 4. Detaylı gösterim (IGO, 2006)

Yol ağı genelleştirmesi çalışmaları

Navigasyon işleminde detaylı gösterimlerin elde edilmesi amacıyla geliştirilen yaklaşımın teme-

linde yol ağının geometrik özelliklerine göre sınıflandırılması bulunmaktadır. Bu kapsamda yol geometrilerini sınıflandırmak için bir referansın belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada referans 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 tahmin yapılmıştır. Yöntemin temel amacı başlangıç ve bitiş noktalarına bağlı olarak bir güzergahın belirlenmesinin ardından Güzergah Şekil 5'te gri renk kalın çizgi tipi 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 vd., 2008). Şekil 5'de hesaplanan güzergah kalın ve gri renkle gösterilirken birinci ve ikinci sınıf yol parçaları siyah ve gri, üçüncü sınıf yol parçaları ise noktalı karakter ile gösterilmiştir.

Geliştirilen algorithmada 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 nok-



Şekil 5. Geometriye bağlı yol ağı sınıflandırması

tasından 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 aşamalı olarak 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 (Bkz. Şekil 6). 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 herhangi biri başarısız olursa yol parçası ikinci derece olarak 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 6'da gösterilmiştir. Şekil 6a'da kalın çizgi tipi ve gri renk ile vurgulanan güzergaha bağlı olarak sınıflandırmaya tabi tutulan bir yol ağı görülmektedir. Şekilde siyah yol parçaları birinci, griler ise ikinci sınıf yollar olarak belirlenmiştir

ve noktalı karakter ile görselleştirilen yol parçası sınıflandırma için işleme tabi tutulmaktadır. Şekil 6b'de görüldüğü gibi α sapma açısı kontrolü seçili yol parçası ile kendinden bir önceki birinci derecede sınıflandırılmış yol parçası arasında yapılmaktadır. β sapma açısı kontrolü ise güzergaha komşu yol parçası baz alınarak gerçekleştirilmektedir (Şekil 6c).

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 kapsamda yapılan görülebilirlik analizi iki boyutlu bir analiz olup topografyayı dolayısıyla da üçüncü boyutu içermemektedir. Bu nedenle iki boyutlu analizler kesin değil olası sonuçları vermektedir. Bu tür kontroller Thomson ve Richardson (1999) tarafından geliştirilen ve tüm yol ağında kendi içerisinde iyi devamlılık gösteren yolları özneliklerden bağımsız olarak belirlemeyi amaç edinen "stroke" yönteminde de kullanılmıştır.

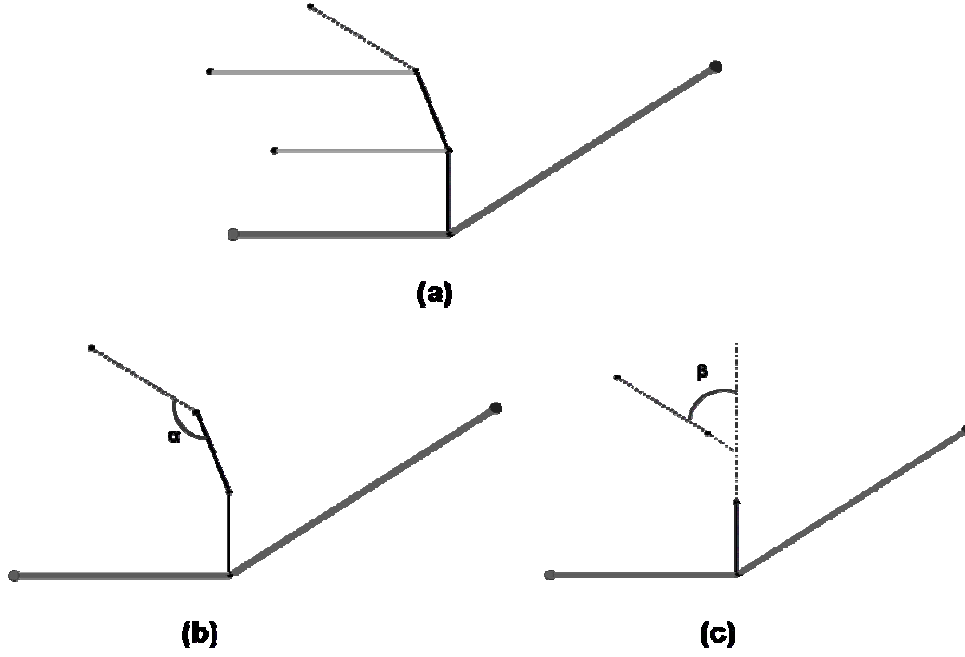
Bu yöntemle elde edilen sınıflar sonuç haritalarının üretiminde seçme işleminde kriter olarak kullanılmaktadır. Örneğin isteğe bağlı olarak 1. önem sınıfındaki yol parçaları görselleştirilirken diğerleri genelleştirilebilir ya da yol parçaları önem sınıflarına göre farklı kartografik yöntem-

ler kullanılarak görselleştirilerek sonuç haritalarda görsel bir hiyerarşi oluşturularak anlaşılabilirlik artırılabilir.

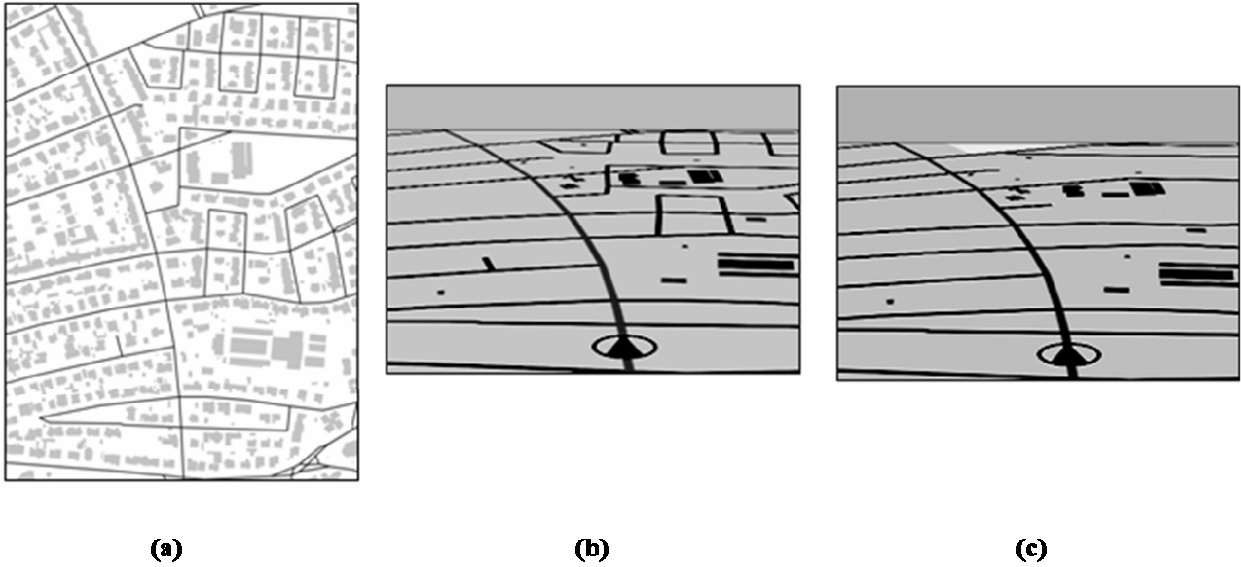
Yol ağı genelleştirilmesi sonuçları

Çalışmanın yol ağı genelleştirilmesine yönelik sonuçlarından biri Şekil 7'de verilmiştir. Bu örnekte yol ağı, hesaplanan güzergahtaki kavşak noktalarından görülme ihtimali düşük olan yol

parçaları elimine edilerek yol tipinden bağımsız olarak genelleştirilmiştir. Yani bu gösterimde geliştirilen yazılım ile navigasyon güzergahına bağlı olarak geometrik özelliklerine göre üç sınıfa ayrılan yol verilerinden yalnız birinci derece yollar gösterime konu edilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere yol ağına uygulanan genelleştirme haritadaki veri yoğunluğunu önemli oranda ve anlamlı bir şekilde azaltmıştır.



Şekil 6. Sapma açısı kontrolü



Şekil 7. Yol ağı genelleştirilmesi: a) Orijinal veri b) Mevcut yöntemler ile genelleştirilmiş yol ağı c) Önerilen yöntem ile genelleştirilmiş yol ağı

Sonuçlar ve öneriler

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 sisteme entegre edilmiştir. Önerilen yöntem ile yol ağlarının, günümüzde navigasyon sistemlerinde kullanılan öznelilik temelli ölçek seviyeleri yaklaşımından farklı olarak, geometrik özelliklerine göre sınıflandırılması ve genelleştirilmesi sağlanmıştır.

Geliştirilen sistem ve uygulanan yöntem 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 katkı sağlandığı değerlendirilmektedir.

Tez uygulaması kapsamında geliştirilen ve güzergaha bağlı olarak yol ağını sınıflandırılan 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 çalışmaların 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 bileşenin tasarımı farklı bir araştırma konusu olan haritalar, bilginin sunumu aşamasında bir bütün olarak değerlendirilir ve bileşenlerin yalnız birinde karşılaşılan tasarım problemi bütünü algılanmasını zorlaştıran sonuçlar yaratır. Bu nedenle farklı araştırmaların sonuçları bütüncül olarak ele alınmalı ve bu aşamada her bir sonucun bir diğerine olan olumlu ya da olumsuz etkileri de göz ardı edilmemelidir.

Teşekkür

Bu çalışmanın türetildiği “Çoklu Gösterim Veritabanları Kullanılarak Araç Navigasyon Haritası Tasarımı İçin Kartografik Yaklaşımlar” adlı doktora tezine veri sağlayıcısı olarak destek veren Beşiktaş Belediyesi ve Başar Bilgisayar Sistemleri Ltd. Şti.’ye teşekkür ederiz. Adı geçen doktora çalışması İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından Projem İstanbul kapsamında, araştırmacı ise TÜBİTAK tarafından Yurtdışı Araştırma Bursu kapsamında desteklenmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi’ne ve TÜBİTAK’a destekleri için teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Bertin, J., (1983). *Semiology of graphic: Diagrams, networks, maps*, University of Wisconsin Press, Madison.
- Doğru, A.Ö., (2004). Araç navigasyon haritalarının tasarımında kavşak yapılarının modellenmesi için çoklu gösterimler, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Dogru A.O., Duchêne, C., Mustière, S. ve Uluğtekin, N., (2008). User centric mapping for car navigation systems, *11th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, 20-21 June, Montpellier, France.
- 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.
- Jiang, B., ve Harrie, L., (2004). Selection of streets from a network using self-organizing maps, *Transactions in GIS*, **8**, 3, 335-350.
- 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, 53-72.
- Lee, D., (1996). Automation of map generalization – the cutting edge technology, *An ESRI White Paper*.
- Nivala, A-M. ve Sarjakoski L.T., (2003). An approach to intelligent maps: Context awareness, *Workshop HCI in Mobile Guides*, Udine, Italy
- Robinson, A.H., Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., Kimerling, A.J. ve Guphill, 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. ve 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 et al. Eds. Elsevier, 11-35.
- Sester, M., Sarjakoski, L.T., Harrie, L., Hampe, M., Koivula, T., Sarjakoski, T., Lehto, L., Elias, B., Nivala, A-M. ve 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.
- Shea, K.S. ve McMaster, R., (1989). Cartographic generalization in a digital environment: when, and how to generalize, *Proceedings for AutoCarto 9*, Baltimore, 56-67.
- Thomson, R.C. ve 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, 1215–1223.
- Thomson, R.C., (2006). The ‘stroke’ concept in geographic network generalization and analysis, in *Progress in Spatial Data Handling*, Springer Berlin Heidelberg, 681-697.
- Uçar, D., Bildirici, İ.Ö. ve Uluğtekin, N., (2003). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde model genelleştirme 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.