

Çoklu gösterim veritabanları ve navigasyon haritası tasarımı

A. Özgür DOĞRU*, N. Necla ULUĞTEKİN

İTÜ İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarında; farklı disiplinlerden, farklı amaç ve istekteki kullanıcılar görev almaktadır. Bu da söz konusu uygulamalarda kullanılan verinin organizasyonunu güçlendirmekte ve veri yoğunluğu, çözülmesi gereken bir sorun olarak gündeme gelmektedir. Diğer taraftan uygulamalarda aynı yeryüzü fiziksel gerçekliğinin farklı amaç ve ölçeklerde modellenmek istenmesi de aşılması zor olan sorunları gündeme getirmektedir. Bu tür sorunların aşılması amacıyla yapılan çalışmalarda yeryüzü gerçekliğinin çoklu gösterimi ilkesini temel alan farklı bir veritabanı yaklaşımı ortaya atılmıştır. Çoklu Gösterim Veritabanları olarak adlandırılan bu yaklaşımda, uygulamaya yönelik farklı amaç ve ölçekteki ürünlerin, tek bir veritabanından otomatik genelleştirme ile türetilmesi ve daha sonra güncelleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada ilk olarak, günümüzde kartografların önemli çalışma ve araştırma alanlarından biri olan genelleştirme konusunda genel bilgiler verilmiş ve sonrasında CBS uygulamalarının önemli bir sorunu olan veri organizasyonuna yeni bir yaklaşım getiren çoklu gösterim veritabanları, tüm bileşenleri ve sağlayacağı avantajları ile ele alınmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmada araç sürücülerinin bir sistem dahilinde yönlendirilmesini amaçlayan araç navigasyon sistemlerinde kullanılan yol haritalarının tasarımı, çoklu gösterim veritabanları perspektifinde incelenerek söz konusu veritabanı yapısı temel bileşenleri ile örneklendirilmiştir. Bu kapsamda yol ağlarının, algılanması en zor parçalarını oluşturan kavşak yapıları ele alınmış ve navigasyon haritaları için uygun tasarım modellerine yönelik bir araştırma yapılmıştır. Bu amaçla, farklı ölçek ve çözünürlük seviyelerinde kullanılan kavşak ve yol ağı gösterimleri baz alınarak farklı gösterim seviyeleri belirlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma ile çoklu gösterim veritabanı yaklaşımının navigasyon uygulamalarında kullanılmasına yönelik temel altlık hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çoklu gösterim veritabanları, navigasyon, genelleştirme, CBS.

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

Makale metni 28.12.2005 tarihinde dergiye ulaşılmış, 12.12.2006 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.12.2007 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Multiple representational databases and navigation map design

Extended abstract

The invention of the computer is certainly one of the most important events affecting the everyday life in 20th Century. This event have triggered a new restructuring and renovation process in each sector therefore work habits and operating methods changed and developed for each disciplines. Geodesy and Photogrammetry engineering has been affected from this change as well as the other disciplines.

As a result of stated change, classical map design and production methods are postponed by the use of the computer aided design technologies additionally new studies have been executed to achieve full automated generalization. On the other hand, since the amount of the data increased as a result of the use of these technologies, new studies have been conducted to develop new database and database management system approaches for managing the collected data. Finally, the effective use of Geographical Information Systems (GIS) has accelerated these developments lived in spatial data sector.

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. Geographic Information Systems are the most effective communication methods of world reality recently. Moreover GIS is the product of inter disciplinary solidarity and cooperation. As a result of GIS requirements for multiple aimed production and updating data regularly researches executed on automated generalization become effective. Furthermore representations with different aims, scale and capabilities have come out, because each user contributed to their work in GIS, to represent their expertise and specific information by using the rules and the methods. Besides researches on automated generalization, data base design for multiple representations with very huge amount of data became a current problem. Thus, multiple representations and multiple representational databases (MRDB) became significant component of GIS.

Navigation is a fundamental human activity and an integral part of everyday life. People have navigated themselves with no maps; technological developments facilitated navigation by providing paper

maps. Nowadays, advanced navigation systems have been developed, integrating positioning and communication techniques, digital mapping, computer and handheld device technologies. Navigation is specified according to its application area – such as aircraft, marine, nautical, personal, and car navigation etc. Although these navigation types have significant differences because of their application dependent constraints and aims, the demand for way-finding lies at the core of them all.

Map design for navigation purposes should be considered in terms of two different approaches; base map which will be used as geometric layout and the map used as user interface. The map on which spatial analysis will be executed, geometric layout, needs high accuracy and less generalization while the other one is highly generalized in terms of application. Therefore while designing these maps particularly geometry of the road networks should be strictly preserved and other related and required objects should be generalized and symbolized for navigation.

In this paper, multiple representational databases, which are a new approach for data organization problem of GIS, were examined with its all components and benefits. In this concept, this database structure was sampled with its main components in terms of map design for car navigation. In this scope, junctions, which are the most complex structure of the roads, were considered as a problem and different design models were examined for navigation maps. Key problem areas for navigation are those parts of the network where a change in topology occurs with a change in scale. A divided highway with a two-line representation will be represented by a single line at a sufficiently small scale and, with continued scale change, may even be completely eliminated. Such changes can be expected to produce many problems to the navigating user, and hence to the cartographer. Fundamentals of multiple representational databases are developed for the urban road data, where the significant transformations in junctions and roadways are identified and tracked. Tools for formalizing and handling multi-scale representations are presented. As a result, the fundamental infrastructure for the use of multiple representational databases in navigation map design applications was formed in this paper.

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

Giriş

Coğrafi objelere ait mekansal verilerin; toplanması, depolanması, yeniden kullanılması ve bu verilerin yapılan sorgulamalar, dönüşümler ve coğrafi analizler ile coğrafi bilgiye dönüştürülüp sunulmasını kapsayan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), disiplinler arası bir çalışmadır (Clarke, 2002). Dolayısıyla CBS uygulamalarında, farklı disiplinlerden, farklı amaç ve istekteki kullanıcılar yer almaktadır. Bu da söz konusu uygulamalarda kullanılan verinin organizasyonunu güçlendirmekte ve veri yoğunluğu, çalışmaların bir çoğunda çözülmesi gereken bir sorun olarak gündeme gelmektedir. Son yıllarda bu tür sorunların aşılmasına yönelik yapılan çalışmalarda farklı bir veritabanı yaklaşımı ortaya atılmıştır. Çoklu Gösterim Veritabanları (ÇGVT - Multiple Representational Data Base) olarak adlandırılan bu yaklaşımda, uygulamaya yönelik farklı amaç ve ölçekteki ürünlerin tek bir veritabanından otomatik genelleştirme ile türetilmesi amaçlanmaktadır (Kilpelainen, 1997; Doğru, 2004). Günümüzde bir çok ülkede ÇGVT konusunda çalışmalar yapılmakta ve mevcut sistemlerin bu yaklaşıma göre yeniden tasarlanması üzerine durulmaktadır. (Dunkars, 2004; Trevisan, 2004; Hampe vd., 2004) Bu kapsamda ÇGVT'nin uygulama alanı olan CBS, navigasyon, genelleştirme gibi çeşitli alanlarda çalışmalar sürdürülmektedir. Bu çalışmada ÇGVT yapısı genel hatları ile anlatılacak ve navigasyon haritalarının tasarımında ÇGVT yaklaşımı üzerine durulacaktır. Bu kapsamda konular arasındaki bağlantının sağlanabilmesi ve ÇGVT konusunun daha iyi anlaşılabilmesi için genelleştirme ile ilgili temel bilgiler verildikten sonra ÇGVT ve navigasyon uygulamalarına değinilecektir.

Genelleştirme

“Yeryüzü gerçekliğinin belirli bir ölçek ve amaç uygun olarak kağıt ya da bilgisayar ekranı gibi ortamlara aktarılması sırasında, mekansal verinin, belirli kısıtlar dahilinde geometrik ve semantik olarak özetlenip amaç ve ölççeğe uygun hale getirilerek kullanıcıya sunulması sürecinin temelini oluşturan işlemler bütünü” olarak tanımlanan genelleştirme, kartografyanın ana ko-

nularından biridir (Doğru, 2004). Genelleştirme, harita üretim sürecinin tüm aşamalarında (coğrafi verinin toplanması, modellenmesi ve kullanımı) etkin olarak kullanılan bir yöntemdir. Kısa bir süre öncesine kadar genelleştirmenin temel görevi, var olan veriden farklı ölçek serilerindeki klasik haritaların üretilmesi olarak görülmüştür. Fakat bilgi teknolojilerinde özellikle de Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) yaşanan gelişmelerin de etkisiyle genelleştirmenin görselleştirilmiş sonuçları arasına, geleneksel haritaların yanı sıra ekran haritaları ve farklı görselleştirme ürünleri de eklenmiştir (Kilpelainen, 1997). Bu da genelleştirmeyi daha karmaşık bir yapıya sokmuş ve genelleştirmenin daha önceden var olan problemlerinin üzerine veri modellemesi, veritabanı tasarımı ve otomasyon gibi güncel teknolojileri de içinde barındıran yeni boyutlar eklemiştir.

Veri modellemesi coğrafi 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 iki ana bölümde incelenmeye başlanmıştır; model genelleştirmesi ve kartografik genelleştirme (Kilpelainen, 1997; Uçar vd., 2003). Model ve kartografik genelleştirmenin her ikisi de verinin kullanımı amacına hizmet etmektedir. Model genelleştirmesi 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 işlemleri 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. Günümüzde de hala en geçerli modellerden birini oluşturan bu işlemler, model genelleştirme işlemlerinin oluşturulması için genel bir altyapı meydana getirmiştir. Günümüzde yürütülen çalışmalar Shea ve McMaster’ın (1989) tanımladığı bu işlemler üzerine geliştirilmekte, gerektiğinde farklı yaklaşımlar ele alınmakta ve yeni işlemler tanımlanmaktadır. Genelleştirme işlemleri 10 mekansal dönüşümü ve iki sözel veri dönüşümünü içermektedir. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere genelleştirme işlemleri kullanılarak gerçekleştirilen uygulamalar Shea ve McMaster (1989) tarafından genel olarak dönüşüm şeklinde adlandırılmıştır. Çünkü bu işlemler temel veritabanı üzerinde geometrik ya da anlamsal değişikliklere sebep olmaktadır. Söz konusu 10 mekansal dönüşüm işlemi; basitleştirme (simplification), arıtma (refinement), yumuşatma (smoothing), öteleme (displacement), alansal birleştirme (amalgamation), abartma (exaggeration), noktasal birleştirme (aggregation), iyileştirme (enhancement), çizgisel birleştirme (merging) ve geometri dönüşümüdür (collapse). Diğer iki sözel veri dönüşümü işlemi ise sınıflandırma (classification) ve işaretleştirme (symbolization).

Çoklu gösterim ve çoklu gösterim veritabanları

Dünyanın tek olmasına karşın bu gerçekliğin gösterimi kullanım amacına yönelik olarak değişiklik göstermektedir. Bu nedenle de aynı yeryüzü olgusu üzerinde değişik amaçlarla yapılan gösterimler sonucunda birbirinden farklı ürünler ortaya çıkmaktadır. İsviçre’de yapılan MurMur "Multi-representations and multiple resolutions in geographic databases" Projesi çerçevesinde söz konusu farklılıkların; hangi bilginin toplanacağı, bunun nasıl tanımlanacağı, nasıl organize edileceği, nasıl kodlanacağı, uygulanacak kurallar ve işlemler, sunum şekli gibi aşamalarda

ortaya çıktığı dile getirilmektedir (The MurMur Consortium, 2000).

Aynı yeryüzü gerçekliğine ait farklı gösterimlere olan ihtiyaç, CBS teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle daha da fazla görülmeye başlanmıştır. Çünkü CBS uygulamalarında, aynı veritabanına ait veriler farklı disiplinlerdeki kullanıcılar tarafından farklı amaçlar ve ölçeklerde görüntülenmek istenmektedir. Bu da tek bir veritabanından bir çok gösterimin elde edilmesi anlamına gelmektedir. Bu sonuç, CBS’nin disiplinler arası bir çalışmanın ürünü olduğu gerçeğinin bir yansımasıdır. Tüm bunlara ek olarak, her geçen gün farklı format ve çözünürlükte elde edilen mekansal veri miktarı gözle görülür bir şekilde artmış, bunun sonucunda depolanması gereken verinin yoğunluğunda dikkate değer bir artış olmuş ve farklı seviyelerdeki verilerin birbirleri ile entegrasyonu ve bu verilerin idaresi bir problem olarak ortaya çıkmıştır (Pavia, 1998). Bu ve benzer sebepler araştırmacıları yeni bir veritabanı ve gösterim modeli arayışı içine itmiştir. Bu arayışların sonucunda çoklu gösterim ve çoklu gösterim veritabanları kavramları başlığı altında bir model geliştirilmiştir.

Amerika’daki Ulusal Coğrafi Bilgi ve Analiz Merkezi çoklu gösterim veritabanları ile ilgili çalışmalarına 1980’lerin sonlarına doğru başlamıştır (Buttenfield ve Delotto, 1989). Araştırma, farklı detay seviyelerindeki obje tanımlarının ve bu seviyelerden birinin üzerinde yapılan değişikliklerin diğer seviyelerde de tanınabilmesi için seviyeler arasındaki bağlantının formalize edilme ihtiyacından yola çıkmıştır (Pavia, 1998). Bu tanımda adı geçen seviye kavramı; farklı ölçek, amaç ve içerikteki gösterim aşamalarının her biri için kullanılan terimdir. Kartografik genelleştirme açısından ise bu çalışmada, genelleştirme algoritmalarının (objelerin genel yapısını korumak ve farklı detay seviyelerindeki verilerin tutarlılığını sağlamak amacıyla) kapsamı gereken ek sınırlamalara olan ihtiyacı göz önünde bulundurulmuştur. ÇGVT ile ilgili olarak, son yıllarda, çok çözünürlüklü veritabanlarının modellenmesi ve sorgulanması, otomatik harita genelleştirmesinde çoklu paradigmlar, genelleştirme için veri ve bilgi modelleri

mesi, çoklu gösterimler için nesne yönelimli veri modeli, çok ölçekli CBS için veri tabanı tasarımı ve mekansal verinin çoklu gösterimleri arasındaki tutarlılık konularında çalışmalar yapılmıştır (Kilpelainen, 1995, 1997; Pavia, 1998; Dunkars, 2004).

Çoklu gösterimler, yukarıda adı geçen problemler sonucu geliştirilen modelin temelini oluşturan ve tek bir mekansal veritabanının farklı ölçek, amaç ve çözünürlükteki gösterimleridir. Başka bir deyişle çoklu gösterim, tek bir olgunun ya da varlığın, tek bir sistem içerisinde farklı boyutlarda bir çok defa gösterilmesidir. Bu boyutlar; zaman, doğruluk, çözünürlük, presizyon, ölçek, mekansal veri modeli, uygulama vb. olabilir (Timpf ve Devogele, 1997). Çoklu gösterim veritabanları ise farklı presizyon, doğruluk ve çözünürlük seviyelerindeki bu gösterimlerin amaçlandığı ve yeni gösterimlerin türetilmesinde kullanılan mekansal veritabanlarıdır. Gösterimler, 2 ya da 3 boyutlu geometrik gösterimleri ve belirli bir modelde ele alınmış kavramsal gösterimleri içerebilir. ÇGVT’de farklı gösterim seviyeleri arasındaki bağlantılar, değişikliklerin temel seviyeden diğer seviyelere otomatik olarak geçirilebildiği bir yapıda tanımlanmıştır. Çoklu gösterim probleminin en önemli aşamalarından biri de bu bağlantıları tek anlamlı ve matematiksel olarak tanımlayabilmek için bir teori geliştirmektir (Bkz. Nedenleme İşlemi). ÇGVT içerisinde sadece farklı veri gösterimleri değil aynı zamanda mevcut verilerden türetilen gösterimler de bulunabilir (Kilpelainen, 1995).

ÇGVT’nin yapısı

Bir ÇGVT; gösterim seviyeleri, bağlantılar ve nedenleme işlemi olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır.

ÇGVT’de 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 kapsamdaki gösterimlerini kapsamaktadır. ÇGVT’nin temel seviyesi, en çok doğruluk gerektiren ve ileriki aşamalarda da

farklı gösterimlerin türetilecek olduğu seviyedir. Temel seviyede coğrafi objeler, en fazla detay, presizyon ve doğrulukta bulunur. Temel seviye en fazla detayda veriyi içerdiği için pratikte bu seviyenin tam olarak gösterimi mümkün değildir. Modeli tamamlayan diğer seviyelerin sayıları ve karmaşıklık düzeyleri uygulamaya bağlı olarak değişir. Bu seviyelerde objeler daha az detayda ve daha küçük ölçekte dolayısıyla da doğrulukta yer alırlar. Yani gösterim seviyesi yükseldikçe kavramsallaştırma değeri artmaktadır. Bu da bir objenin gösteriminin, seviyeden seviyeye farklılık gösterdiği anlamına gelmektedir. Örneğin 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 karmaşık çizgiler ile gösterilirken en düşük seviyede yalnızca bir noktasal işaret ile sunulabilir.

ÇGVT yapısının temel amaçlarından biri olan otomatik genelleştirme ve güncelleme işlemlerinin yapılabilmesi için tüm seviyeler çok büyük önem arz etmektedir. Fakat yine de en önemli seviye temel seviyedir. Çünkü diğer seviyeler temel seviyeden ya da kendinden önceki her hangi bir seviyeden genelleştirilerek elde edilir. Temel seviyede yapılacak olan bir güncelleme ise diğer seviyeleri de etkilemektedir (Kilpelainen ve Sarjokoski, 1995).

ÇGVT’de bağlantılar

ÇGVT’de otomatik genelleştirme ve güncelleme işlemlerinin yapılabilmesi için gösterim seviyelerinin varlığı yeterli değildir. ÇGVT’de gösterim seviyelerine ek olarak, bu seviyelerin birbirleriyle ve kendi içinde olan ilişkilerinin tanımlanması ve bu ilişkilerin iyi bir şekilde formalize edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla ÇGVT’de modelleme aşamasında objeler ve gösterim seviyeleri arasındaki bağlantılar- ilişkiler matematiksel olarak tanımlanır. Böylelikle bir anlamda seviyeler arasında iletişim sağlanacak ve bu da veri güncelleme işleminin otomatik olarak yapılmasını sağlayacaktır.

Bağlantılar ile aynı objenin farklı seviyelerdeki, farklı gösterimleri arasında elde edilen iki yönlü

bağları ve referansları anlatılmaktadır. Aynı seviyedeki farklı objeler arası bağlar ise ilişki olarak tanımlanmaktadır. Bu yapının oluşturulması uygulama aşamasında ortaya çıkan bir sorundur (Kilpelainen, 1997). Farklı gösterim seviyelerindeki objeler arasındaki iki yönlü bağlantıların var olmasının iki sebeple önemli nedeni vardır. Öncelikle temel seviyedeki veritabanına ait objelerin güncellenmesi halinde bağlantılar yok ise güncellemelerin otomatik olarak diğer seviyelerdeki gösterimlere yansıtılması mümkün olmayacaktır. Diğer taraftan farklı seviyeler arasındaki nedenleme işlemi (reasoning process) için de söz konusu bağlantıların elde edilmiş olması gerekmektedir (Kilpelainen, 1997).

Nedenleme işlemi

Nedenleme işlemi ÇGVT’de tam fonksiyonla çalışmayı sağlamak için gerekli bir aşamadır. Bu işlem, bir ÇGVT kurulurken temel seviyedeki veritabanından genelleştirme işlemleri kullanılarak farklı gösterimleri elde etmeyi sağlar. Aynı zamanda bu işlem, temel ya da daha üst seviyelerden türetilmiş gösterimlerdeki topolojik ilişkilerin tutarlılık kontrolünü sağlamak için gereklidir.

Nedenleme işlemi, güncellemelerin, düşük seviyedeki gösterimlerden genelleştirme yapılarak elde edilen yüksek seviyedeki gösterimlere, otomatik olarak taşınabilmesini sağlayan bir yapının oluşturulmasıdır. ÇGVT’nin genelleştirme ile ilişkisi bu aşamada ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla, iyi bir ÇGVT uygulamasının yapılabilmesi, uygulama kapsamında bulunan objelerin farklı seviyelerdeki gösterimlerini elde etmek için kullanılması gereken genelleştirme işlemlerinin iyi bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Bu nedenle söz konusu işlemlerin neler olduğu ya da uygulamaya bağımlı olarak bu işlemler dışında ne gibi gereksinimlerin olduğuna karar vermek ve bu bileşenleri tanımlamak gerekmektedir.

ÇGVT’nin fayda ve gereksinimleri

Veri analiz olasılıkları, gösterimin, veritabanı içindeki veri işlemlerinden ayrılmasına dayanmaktadır. Bu aynı zamanda CBS’nin de temel ilgi alanıdır. Mevcut veriden yeni bilgiler türetilmesi yeteneği CBS’yi otomatik harita sisteminden ayıran bir özelliktir. Bu, uygulama yö-

nelimli ürünlerin (application-oriented outputs) daha esnek ve verimli bir şekilde üretilmesini mümkün kılmaktadır. Bu ürünler, haritaları, grafikleri ve diğer bilgileri içerebilir. CBS’de elde edilen bu olanaklara benzer yararlar, daha esnek bir yapıda olan ÇGVT’nin kullanımı ile de elde edilebilir. Veri analizleri temel veritabanındaki sorgulara dayandırılabilir ve en yüksek doğrulukta veri, ÇGVT üst seviyeleri ile temel seviye arasındaki bağlantıların varlığı ile elde edilir. (Kilpelainen, 1997).

ÇGVT ile kartografik üretim amaçlı bir veritabanı arasındaki en belirgin farklardan biri de ÇGVT’de elde edilen son veritabanının tutarlılığının, güncelleme işlemi sırasında otomatik olarak kontrol edilmesidir. ÇGVT’de farklı seviyelerin güncellenmesi olanaklıdır. Bu da seviyeler arası bağlantıların nedenleme işleminde tanımlanması ile mümkün olmaktadır. Genelleştirilmiş kartografik ürünlerin güncellenmesi ise aynı yöntemle etkileşimli olarak yapılabilmektedir. Bazı ürünler için de bu güncelleme, otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Eğer otomatik genelleştirme mekanizması mevcut değilse genelleştirme işlemi etkileşimli olarak devam edebilir (Kilpelainen, 1997).

ÇGVT’nin oluşturulabilmesi için veritabanı ve genelleştirme konularında bazı gereksinimler ortaya çıkmaktadır. Veritabanı konusunda özellikle düzenli veri girişi ve çoklu gösterimlerin aralarındaki ilişkiyi kurabilmek için çoklu topolojik ve metrik versiyonların düzenlenmesi gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bu kapsamda ÇGVT işleminin başarılı olabilmesi için, veri model ve yapıları tek anlamlı ve düzenli bir şekilde tanımlanmalı, uygulama amacına göre farklı seviyeleri belirlenmeli ve bu seviyelerde kullanılacak genelleştirme işlemlerine karar verilmeli, gösterimler arası topolojik ilişkiler veri yapısında açıkça modellenmeli ve veri güncellemelerine ilişkin süreçler düzenlenmelidir.

Bir ÇGVT uygulaması olarak navigasyon

Navigasyon işlemi denizde ve havada rota, karada ise güzergah belirleme ve yön bulma gibi çok farklı uygulama alanında bir gereklilik ola-

rak kendini göstermektedir. Bu sebeple uygulama alanlarına göre uçak, gemi, araba 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 sebebiyle 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, dört temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlar:

- Sistem dahilinde kullanım şartlarına bağlı olarak tercih edilecek bir konum belirleme sistemi (Global Konum Belirleme Sistemi: Global Positioning System-GPS ya da Atalet Seyir Sistemi: Inertial Navigation System-INS),
- Uygun konum belirleme sistemi ile elde edilen verilerin ilişkilendirileceği ve sistemin doğru bir şekilde çalışmasını sağlayacak nitelikteki geometrik ve semantik veri,
- Tüm verilerin değerlendirecek, yön bulma işlemi için gerekli analiz ve hesaplamaları yapacak ve elde edilen sonuçlar dahilinde kullanıcıyı yönlendirecek bir yazılım,
- Bu işlemlerin gerçekleştirilebileceği araç içi donanım olarak sıralanabilir.

Genel olarak bakıldığında sistemin en karmaşık iki bileşeni veri ve yazılımdır. Günümüzde birçok Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı navigasyon sırasında güzergah belirlenmek için kullanılan en kısa ya da en uygun yoldan ya da amaca yönelik uğrak noktaları üzerinden ulaşım yöntemlerine uygun araçları içermektedir. Ayrıca günümüzde bu tür yazılımlar farklı ticari firmalarca üretilerek gerekli donanımları ile birlikte satılmaktadır (Doğru, 2004). Fakat sistemin diğer bir bileşeni olan verinin yapılandırılması her ülke için farklı problemleri bünyesinde barındıran önemli bir sorundur. Bu kapsamda veri; genel olarak aracın takip edeceği yol ağını ilişkili objeleri ile birlikte içeren geometrik veri ve kulla-

nıcının seyahatine etki edecek yol ağına ilişkin hız sınırı ve yol türü gibi semantik verilerdir. Semantik veriler geometrik verilerle ilişkilendirilerek sorgu ve analizlerde yardımcı veriler olarak kullanılmaktadır. Sistem kapsamında geometrik verilerin kaynağı haritalardır. Navigasyon haritaları olarak adlandırılan bu tür özel amaçlı haritaların tasarımı, sunum ortamlarının (araç içi bilgisayar, Pocket PC, vb.) boyutlarının kısıtlı olması sebebiyle farklı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Dar bir ekranda sistem kullanıcısı için optimum bilgiyi içerecek bir haritanın tasarımı, yoğun genelleştirme işlemlerinin uygulandığı özel uzmanlık gerektiren bir süreçtir (Uluğtekin ve Doğru, 2004). Ayrıca tasarlanan haritaların zaman içerisinde yol geometrisi değişimi nedeniyle güncellenmeleri gerekmektedir. Bu süreçte başarılması gereken adımlar ve ortaya çıkan problemler ÇGVT'nin kapsamı ile örtüşmektedir. Bu sebeple navigasyon haritalarının üretimi ve ilgili veritabanlarının modellenmesinde ÇGVT yaklaşımının kullanımı söz konusudur.

Bu çalışmada, navigasyon haritaları ve ilgili veritabanlarının tasarımının ÇGVT perspektifinde yapılması konusunda TEM otoyolunun Ümraniye Çifte Kaynak, Beylik Tepe ve Ümraniye Tepesi mevkiilerinde bulunan bağlantı yolları ile geçişi sağlayan kavşaklara (Şekil 1) ait veriler kullanılarak örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Gösterim seviyelerinin belirlenmesi

ÇGVT'nin temel bileşenlerinden biri olan gösterim seviyeleri, temel ve uygulamaya bağlı olarak sayısı değişebilen yüksek seviyeli gösterimler olarak iki ana grupta toplanmaktadır. Yüksek seviyeli gösterimler, temel ya da kendinden daha düşük seviyelerden otomatik olarak türetilen gösterimlerdir. Çalışma kapsamında temel gösterim seviyesi (birinci seviye) olarak uygulama alanını içeren 1:5000 ölçekli haritalar kullanılmıştır. Şekil 2'de de görüldüğü gibi bu seviyede kavşaklar çok detaylı bir şekilde gösterilmektedir. Dolayısıyla en fazla veriyi içeren temel seviye, yeryüzü gerçekliğini en iyi temsil eden gösterim seviyesidir. Bu seviyenin her uygulamada altlık olarak kullanılamayacağı açıktır.

Yapılan çalışmada temel seviyenin yanı sıra 3 farklı gösterim seviyesi incelenmiştir. İkinci ve üçüncü gösterim seviyeleri, araç navigasyon sistemlerinin kullanıcıları olan sürücülerin, haritada yeryüzü gerçekliğini en iyi şekilde görme beklentilerinden yola çıkılarak belirlenmiştir. Her iki seviye de, yol ağlarını karmaşık bir hale getiren kavşakların, mümkün olduğunca az veri ile temel seviyeye en yakın gösterimlerini içermektedir. Şekil 2’de görülen bu seviyelerde yol ağları ve dolayısıyla kavşaklar tek ve çift yönlü olmak üzere iki ayrı şekilde gösterilmektedir. Dördüncü seviye ise günümüzde araç navigasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılan gösterimdir. Bu seviyede kavşaklar yol ağı üzerinde tek bir nokta ile tanımlanmaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi tüm verileri içeren temel seviye navigasyon uygulamaları sırasında doğrudan kullanılmaz. Bu gösterim seviyesi, farklı navigasyon uygulamalarında kullanılacak olan gösterimlerin türetildiği temel veriyi içermektedir. Bu sebeple çalışmada temel gösterim üzerine ayrıntılı bir inceleme yapılmamıştır. Son gösterim seviyesi de yeryüzü gerçekliğini yansıtmada yetersiz kaldığı için araç navigasyon haritalarında genel güzergah gösteriminin dışında kullanılmamalıdır. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında ikinci ve üçüncü gösterim seviyelerinin navigasyon amaçlı kullanımları irdelenecektir.



Şekil 1. Uygulama yapılan kavşaklara ait bir görünüm (İBB, 1999)

Bağlantıların belirlenmesi ve tanımlanması

ÇGVT yapısında daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi farklı gösterim seviyelerinin kendi içlerindeki ve birbirleri ile olan ilişkileri-

nin belirlenmesi ve tanımlanması gerekmektedir. Başka bir deyişle harita objelerinin ve bu objeler arası topolojik ilişkilerin matematiksel modeli oluşturulmalıdır. Çalışma kapsamında yol ağlarında sadece ağın parçaları ele alındığında karşılaşılabilecek temel topolojik ilişki tipleri kesişim ve bağlanma olarak tanımlanmış ve bu ilişkiler “predicate calculus” kullanılarak formalize edilmiştir. “Predicate calculus” Doğru/Yanlış ifadelerine dayalı olan mantıksal bir modelleme dilidir (Kilpelainen, 1997; Doğru, 2004).

Sonuç olarak çalışma kapsamında obje ve ilişkilerin tanımlanması çerçevesinde düğüm noktaları, birbirinden farklı iki yol üzerinde de bulunan noktalar uzayına ait kümenin her elemanı olarak tanımlanmıştır ve bu ifade x ve y yol parçaları ve N noktalar uzayı olmak üzere;

$$\forall n \text{ (Düğüm}(n) \rightarrow (\text{Üzerinde}(n,x) \wedge \text{Üzerinde}(n,y)) \wedge (x \neq y) \wedge n \in N)$$

şeklinde yazılmıştır.

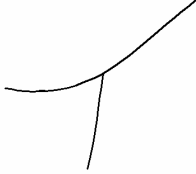
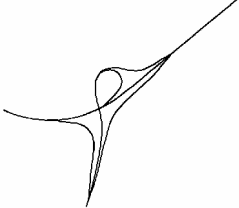
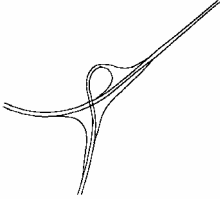
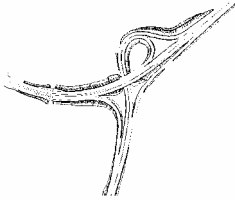
Aynı yöntem kullanılarak tek bir yol parçası da; her biri noktalar uzayının bir elemanı olan başlangıç ve bitiş noktalarına sahip tüm objeler yol (x) şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanım predicate calculus kullanılarak;

Aynı yöntem kullanılarak tek bir yol parçası da; her biri noktalar uzayının bir elemanı olan başlangıç ve bitiş noktalarına sahip tüm objeler yol (x) şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanım predicate calculus kullanılarak;

$$\forall x \text{ (Yol}(x) \rightarrow \text{BşlNoktası}(x) \wedge \text{BtşNoktası}(x)) \wedge \forall \text{BşlNoktası, BtşNoktası} \in N$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Aynı yöntem kullanılarak tek bir yol parçası da; her biri noktalar uzayının bir elemanı olan başlangıç ve bitiş noktalarına sahip tüm objeler yol (x) şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanım predicate calculus kullanılarak;

4. Seviye		Yol ağı tek çizgi ile gösterilir. Kavşağa ait ayrıntılar gösterilmez. Kavşak noktasal olarak ele alınır.	3. seviyedeki yol ağı tek çizgi ile gösterilir. Bunun için ana yol sınıfındaki objeler seçilir. Kavşak iki yolun bağlantısında tanımlanan düğüm noktası olarak gösterilir.
3. Seviye		Yol ağı tek çizgi ile gösterilir. Kavşağa ait ayrıntılar sade bir şekilde belirtilir. Kavşak alansal olarak ele alınır.	2. seviyedeki çift yönlü yollar seçilir, bu yolların gidiş ve dönüş yönleri birleştirilir ve tek çizgi halinde yol orta çizgisi olarak gösterilir. Yol bağlantı noktalarının konumları ötelenir.
2. Seviye		Yol ağı gidiş ve dönüş olarak iki ayrı çizgi ile gösterilir. Kavşağa ait ayrıntılar sade bir şekilde belirtilir. Kavşak alansal olarak ele alınır.	Temel seviyedeki yolların sadece iç ve dış sınırları seçilir ve çizgi birleştirme ile gidiş ve dönüş yönlerine (şerit orta çizgilerine) dönüşür. Yol parçalarının bağlantı yerleri düğüm olarak tanımlanır.
Temel Seviye		1:5000 ölçeğinde ayrıntılı bir gösterim. Yol ağları iç ve dış sınırları ile gösterilir.	Uygulamada değişiklik yapılmaz

Şekil 2. ÇGVT için gösterim seviyeleri ve nedenleme işlemi adımları

“ $\forall x$ (Yol(x) \rightarrow BşlNoktası(x) \wedge BtşNoktası(x)) \wedge \forall BşlNoktası, BtşNoktası $\in N$ ”

şeklinde ifade edilmektedir.

Bu kapsamda yol ağının temel elemanları tanımlandıktan sonra bu elemanlar arasındaki temel ilişkiler olan bağlanırlık ve kesişim durumları da aşağıdaki ifadeler ile tanımlanmıştır.

$\forall x,y$ (Bağlanır(x,y) \rightarrow Üzerinde((BşlNoktası(x) \vee BtşNoktası(x)),y) \wedge (x \neq y))
 $\forall x,y$ (Kesişir(x,y) \rightarrow ($\exists n$ (Üzerinde(n,x) \wedge Üzerinde(n,y)) \wedge (n \neq (BşlNoktası \wedge BtşNoktası))))

Bu ifadelerden ilki bağlanırlık durumunu açıklamaktadır ve başlangıç ya da bitiş nokta-

sı başka bir y yolunun üzerinde olan her x yolu, y yoluna bağlanır anlamını taşımaktadır. Kesişim ifadesi ise x ve y yollarının her ikisinde de bulunan bir düğüm noktasının varlığından yola çıkılarak yazılmıştır. Fakat bu düğüm noktası için her iki yolun da başlangıç ya da bitiş noktası olmama koşulu getirilmiştir. Aksi takdirde kesişim ve bağlanırlık durumlarını birbirinden ayırmak mümkün olmayacaktır. Mevcut yol elemanları ve bunlara ait ilişkiler için yapılan genel tanımlar kullanılarak kavşaklar irdelenmiş ve Şekil 3a için aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

Yol(x) \rightarrow {a,b,c,d,e,f}
 Düğüm(n) \rightarrow {n1,n2,n3,n4,n5}
 n1 Bağlanır(e,a)
 n2 Bağlanır(d,a)
 n3 Bağlanır(c,a) \wedge Bağlanır(f,a)
 n4 Bağlanır(e,b) \wedge Bağlanır(f,b)
 n5 Bağlanır(c,b) \wedge Bağlanır(d,b)

Aynı yöntemle Şekil 3b'nin irdelenmesi sonucunda da aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Yol(x) -> {ag,ad,bg,bd,e,f}

Düğüm(n) -> {n1,n2,n3,n4,n5,n6}

n1 Bağlanır(e,ag)

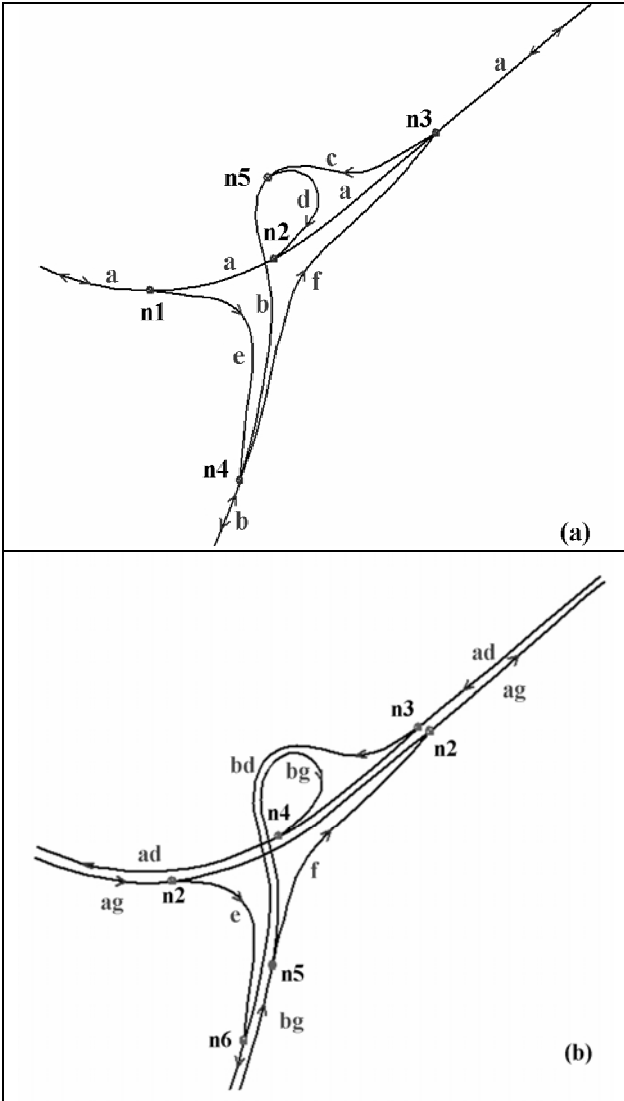
n2 Bağlanır(f,ag)

n3 Bağlanır(bd,ad)

n4 Bağlanır(bg,ad)

n5 Bağlanır(f,bg)

n6 Bağlanır(e,bd)



Şekil 3. Örnek kavşak modelleri

Sonuç olarak yukarıda belirtilen temel ifadeler kullanılarak gidiş ve dönüş şeritlerinin ayrı ayrı tanımlandığı 2. gösterim seviyesindeki tüm yollar tanımlanabilmektedir. Fakat her tür

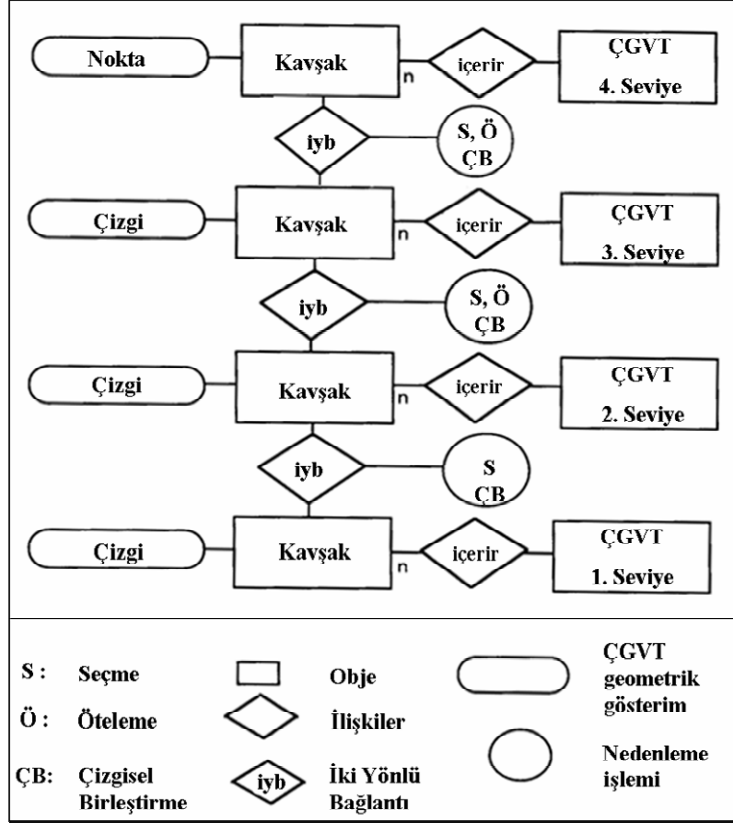
yolun tek bir çizgiyle gösterildiği 3. seviyenin tanımlanmasının yapılabilmesi için ek ifadelerin yazılması gerekmektedir. Çünkü bu seviyede çift ya da tek yönlü olmak üzere iki ayrı yol kavramı vardır. Bu sorunun aşılması için yön bilgisinin sistemde sözel veri olarak kullanılması öngörülebilir.

Nedenleme aşaması

Bu aşamada çalışma kapsamında belirlenen gösterim seviyelerinin otomatik olarak elde edilmesi sırasında kullanılacak olan genelleştirme işlemleri belirlenmiştir. Genel anlamda çizgi genelleştirmesi için kullanılan işlemler; seçme, basitleştirme, yumuşatma, abartma, çizgisel birleştirme olarak sıralanabilir. Uygulamada yalnızca belirli bir alanda çizgisel objeler dikkate alındığı için tasarlanması öngörülen navigasyon haritasının tüm elemanları yerleşim, bina vb. için bir yaklaşım ortaya koyulmamıştır. Bu durumlar ilerleyen çalışmalarda incelenecektir.

Nedenleme sürecinde kullanılacak olan yapıya ilişkin açıklamalar Şekil 2'de yapılmıştır. Açıklamalardan da anlaşıldığı gibi uygulamada kullanılan temel seviye için gösterimde hiç bir değişiklik yapılmamaktadır.

Temel seviyede yollar iç ve dış sınırları ile gösterilmekte ve bu gösterim yollara ait refüj, şev, banket gibi detayları da içermektedir. Genel anlamda gösterim çizgiseldir. İkinci seviyede elde edilmesi hedeflenen gösterim gidiş ve dönüş olmak üzere şerit orta çizgilerini içermektedir. Yollara ait diğer ayrıntılar bu gösterimde göz ardı edilir. Bu gösterimi elde etmek için öncelikle seçme ve çizgisel birleştirme işlemleri kullanılmaktadır. Basitleştirme ve yumuşatma işlemleri de ihtiyaca göre kullanılacaktır (Doğru, 2004). Yolların tek bir çizgiyle gösterildiği üçüncü seviyedeki gösterimin elde edilebilmesi için de yine benzer işlemler kullanılacaktır. Bu gösterim seviyesinde ayrıca öteleme işleminin yapılması gerekmektedir. Son seviyede ise hiç bir detay olmaksızın yalnızca iki yolun kesişimi gösterilmektedir. Bu gösterim seçme işleminin yoğun bir şekilde kullanılması ile mümkün olacaktır. Tüm bu işlemler Şekil 4'te şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4. Nedenleme işlemi (şematik gösterim)

Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışmada, genel olarak, araç navigasyonu uygulamalarında kullanılacak olan yol haritalarının; kullanıcı istekleri, sunum alanı sınırları, bellek kapasitesi gibi kısıtlamalara bağlı olarak, nasıl üretilmesi gerektiği konusu üzerinde durulmuştur. Bu konu, kullanılacak verilerin elde edilip bir veri tabanında toplanmasından, model ve kartografik genelleştirme sonucunda yol haritalarının üretilmesine hatta kullanıcı gereksinimleri ve çeşitli etkenlere bağlı olarak üretilen haritaların güncelleştirilmesine kadar oldukça geniş kapsamlı işlemleri içermektedir.

Çalışmanın çıkış noktalarından biri olan Çoklu Gösterim Veritabanları, navigasyon gibi günümüzde üzerine yoğun çalışmalar yapıldığı ve gelecekte de ülkelerin veri tabanlarının oluşturulmasında büyük rol oynayacak bir modeldir. Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemlerinin gereksinimlerini karşılama konusundaki çalışmalarda ÇGVT modeli üzerine yoğunlaşmaktadır. Aynı zamanda ÇGVT, genelleştirmenin otomasyonu

için çeşitli yaklaşımlar öne sürmekte böylece otomatik genelleştirme ve otomatik güncelleme çalışmalarına farklı bir yaklaşım getirmektedir. Yapılan çalışma sonucunda ikinci gösterim seviyesinin üçüncü seviyeye oranla daha fazla detay içermesine rağmen bu seviyede obje tanımlarının daha kolay yapıldığı anlaşılmıştır. Çünkü üçüncü gösterim seviyesinde yolların tek çizgi ile temsil edilmesi sebebiyle çift yönlü yol kavramı ortaya çıkmaktadır. Bu da daha kapsamlı tanımların yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ayrıca uygulama kapsamında "predicate calculus" kullanılarak yapılan obje ve ilişki tanımlarında yolların eğrisel olarak tanımlanamaması gibi sorunlar ile karşılaşmıştır. Bu sorunu aşabilmek için yol tanımları Çizge Kuramı (Graph Teorisi) gibi farklı matematiksel yöntemler kullanılarak tekrar ele alınmalıdır.

Sonraki çalışmalarda yapılan uygulama genişletilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır. Bu amaçla öncelikle tüm İstanbul'un ana yolları ele alınmalı ve hemen ardından şehir içi yollar çalışmaya dahil

edilmelidir. Kavşaklar için genel bir model türetilmeli, bu sırada yol ağları yalnız çizgisel olarak değil, etraflarındaki alansal ve noktasal objelerle birlikte değerlendirilmeli ve uygulanacak genelleştirme işlemleri bu kapsamda tekrar gözden geçirilmelidir. Ayrıca gösterim seviyelerinin otomatik olarak üretilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Bu güne kadar yapılan ve ileride yapılacak olan çalışmalar büyük emek, sermaye ve farklı disiplinlerin desteğini gerektiren bir süreci içermektedir. Bu nedenle yapılan çalışmaların doğru amaçlara yönlendirilmesi ve elde edilen sonuçların kullanılabilirliği için yazılım firmaları ile ortak çalışmalar yapılmalıdır. Bu ortaklıklar bilgisayar, matematik, elektronik gibi farklı disiplinlerce desteklenmelidir. Navigasyon ve navigasyon amaçlı kullanılan verilerin genelleştirilmesi, navigasyon haritalarının tasarımı ve benzeri alanlarda yaşanan sorunlar ancak bilimsel ortaklıklar ve disiplinler arası çalışmalar ile çözülebilecektir.

Kaynaklar

- Buttenfield, B.P. ve Delotto, J.S., (1989). Multiple representations. *Scientific Report*, National Center for Geographic Information and Analysis, NCGIA, Buffalo, 26.
- Clarke, K.C., (2002). *Getting Started With GIS*, Prentice Hall, USA.
- Doğru, A. Ö., (2004). Araç navigasyon haritalarının tasarımında kavşak yapılarının modellenmesi için çoklu gösterimler, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dunkars, M., (2004). Multiple representation databases for topographic information, *PhD Thesis*, KTH Royal Institute of Technology, Sweden.
- Hampe, M., Sester, M. ve Harrie, L., (2004). Multiple representation databases to support visualisation on mobile devices, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Istanbul, Turkey.
- İBB, (1999). *Hava Fotoğraflarıyla İstanbul Şehir Rehberi*. Anadolu Yakası, İBB Planlama ve İmar Daire Başkanlığı Harita Müdürlüğü Yayınları, İstanbul.
- Kilpelainen, T., (1995). Requirements of a multiple representation database for topographical data with emphasis on incremental generalization, *Proceedings of the 17th International Cartographic Conference*, Barcelona, 2, 1815-1825.
- Kilpelainen, T. ve Sarjokoski, T., (1995). *Incremental Generalization for Multiple Representations of Geographical Objects*, GIS and Generalization, eds., Müller, J-C., Lagrange, J-P., and Weibel, R., Taylor & Francis, 209-218.
- Kilpelainen, T., (1997). multiple representation and generalization of geo-databases for topographic maps, *PhD Thesis*, Finnish Geodetic Institute, Finland.
- Paiva, J.A.C., (1998). Topological equivalence and similarity in multi representation geographic databases, *PhD Thesis*, The Graduate School University of Maine, US.
- Shea, K.S. ve McMaster, R., (1989). Cartographic generalization in a digital environment: when, and how to generalize, *Proceedings for Auto-Carto 9*, Baltimore, 56-67.
- The MurMur Consortium., (2000). Supporting multiple representations in spatio-temporal databases, *6th EC-GI & GIS Workshop*, Lyon, France.
- Timpf, S. ve Devogele, T., (1997). New tools for multiple representations, *International Cartographic Conference 97*, Stockholm, Eds. Ottoson L., 1381-1386.
- Trevisan, J., (2004). From DLM to Multi-Representation DCM – Modelling and application on Buildings, *ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Leicester.
- 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., Doğru A.O., (2004). Consideration of map design for hand held devices, *International Symposium "Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields* Sofia, Bulgaria.